



Bureaustudie Natuurlijker Markermeer en IJmeer

Ecologische verbindingen en Habitatdiversiteit

Rijkswaterstaat

4 juni 2015

Definitief rapport

9V6742

Larixplein 1
Postbus 80007
5600 JZ Eindhoven
+ 31 88 348 42 50 Telefoon
+31 88 348 42 51 Fax
info@rhdhv.com E-mail
www.royalhaskoningdhv.com Internet
Amersfoort 56515154 KvK

Documenttitel Bureaustudie Natuurlijker Markermeer en
IJmeer
Ecologische verbindingen en
Habitatdiversiteit
Verkorte documenttitel Bureaustudie
Status Definitief rapport
Datum 4 juni 2015
Projectnaam Natuurlijker Markermeer en IJmeer
Projectnummer 9V6742
Opdrachtgever Rijkswaterstaat
Referentie RDCEW_9V6742_R213_902795_F1

Auteur(s) Frank van Herpen, Sylvia den Held, Ronald Buskens
& Geoffrey de Rooij
Collegiale toets Roel Knoben, Simon Groot & Ruurd Noordhuis
Datum/paraaf 4 juni 2015
Vrijgegeven door Fred Haarman
Datum/paraaf 4 juni 2015

INHOUDSOPGAVE

	Blz.	
1	INLEIDING	1
1.1	Introductie	1
1.2	Aanpak	1
1.3	Doelstelling	1
1.4	Relevant beleid	2
1.5	Wat kunnen we leren van al uitgevoerde projecten?	3
1.6	Leeswijzer	5
2	HABITATS VAN HET MARKERMEER EN IJMEER	6
2.1	Ecotopen	6
2.2	Zeer diep water (Pampusput, Vaargeulen)	6
2.3	Diep water	8
2.4	Matig diep en ondiep water	9
2.5	Zandplaten	11
2.6	Hard substraat	11
2.7	Land-waterzones (moeraszone en vochtige oeverzone)	12
3	WATERKWALITEIT	13
3.1	Nutriënten	13
3.2	Doorzicht, zwevend stof en chlorofyl	15
4	VOEDSELKETENS	19
4.1	Huidige voedselketens	19
4.2	Voedselketens in een natuurlijke situatie	19
4.3	Benthificatie	21
5	THEMA VERMINDERING SLIBGEHALTE	23
5.1	Licht	23
5.2	Sleutelsoort: ondergedoken vegetatie	25
5.3	Het belang van troebele en heldere zones	26
5.4	Sleutelsoort: driehoeksmosselen	27
5.5	Luwtestructuren	29
5.5.1	Luwe delen - huidige situatie	29
5.5.2	Te verwachten ecologische effecten van luwtestructuren	32
5.5.3	Bijdrage van luwtestructuur aan veerkrachtig systeem	34
5.5.4	Locaties en te realiseren areaal voor luwtezones	35
5.6	Verdiepen	36
5.6.1	Diepe delen - huidige situatie	36
5.6.2	Te verwachten ecologische effecten van verdiepingen	38
5.6.3	Locaties en te realiseren areaal voor verdiepingen	39
5.7	Afdekken slib	41
6	THEMA VERGROTING HABITATDIVERSITEIT	43
6.1	Vooroevers en zones met ondiep water	43
6.1.1	Vooroevers - huidige situatie	43

6.1.2	Te verwachten ecologische effecten van vooroevers	46
6.1.3	Sleutelsoort: plantminnende vissen	47
6.1.4	Bijdrage van vooroevers aan veerkrachtig systeem	50
6.1.5	Locaties geschikt voor aanleg van ondiepe waterzones	50
6.2	Grootschalige land-water overgangen en moeras	52
6.2.1	Land-waterovergangen en moeras - huidige situatie	52
6.2.2	Sleutelsoort: riet	54
6.2.3	Karakterisering van grootschalige land-waterzone	56
6.2.4	Sleutelsoort: ganzen	57
6.2.5	Locaties geschikt voor aanleg van land-waterovergangen	58
6.2.6	Te verwachten ecologische effecten van land-waterovergangen	58
6.2.7	Bijdrage van land-waterovergangen aan een veerkrachtig systeem	61
6.2.8	Dimensies van een grootschalig moerasgebied	63
6.3	Waterpeil	65
6.3.1	Huidige waterpeil	65
6.3.2	Dynamiek door peilbeheer	67
6.3.3	Ervaringen met natuurlijker peilbeheer in andere meren	69
6.3.4	Gewenst peilverloop voor een ecologisch systeem	71
6.4	Enkhuizerzand	75
6.4.1	Ligging	75
6.4.2	Bodem	76
6.4.3	Waterkwaliteit	78
6.4.4	Vissen	79
6.4.5	Vogels	84
6.4.6	Macrofauna	88
6.4.7	Fytoplankton	90
7	THEMA ECOLOGISCHE VERBINDINGEN - VIS	91
7.1	Huidige situatie visstand	91
7.1.1	Huidige visstand	91
7.1.2	Migrerende soorten in het Markermeer	92
7.2	Knelpunten	97
7.2.1	Knelpunten vismigratie Rijkswateren	97
7.2.2	Regionale knelpunten vismigratie	102
7.3	Te verwachten ecologische effecten van verbindingen voor vis	104
7.4	Technische mogelijkheden voor realisatie vismigratie	107
7.5	Migratie via spuisluizen en spuikokers	107
8	THEMA ECOLOGISCHE VERBINDINGEN: ANDERE SOORTGROEPEN	110
8.1	Huidige situatie	110
8.2	Knelpunten	112
8.2.1	Hollandse Kust	112
8.2.2	Vooroever Lepelaarsplassen	114
8.2.3	Grootschalig moerasgebied	115
8.3	Meervleermuis	118
8.4	Te verwachten effecten van ecologische verbindingen	124

9	THEMA VISSERIJ	126
9.1	Recente inzichten	126
9.2	Vergunningen	126
9.3	Ontwikkelingen	127
10	LITERATUUR	129

1 INLEIDING

1.1 Introductie

Deze rapportage is het resultaat van een bureaustudie aan de thema's habitatdiversiteit en ecologische verbindingen. In de bureaustudie is vooral aandacht besteed aan de volgende maatregelen binnen het NMIJ:

- grootschalig moerasgebied;
- luwe zones;
- vooroevers Lepelaarsplassen;
- verbindingen.

Alle kennis en inzichten opgedaan in aanvullende veldmonitoring, modellering en de veldexperimenten worden in separate studies samengevat en komen hier dus slechts beperkt aan bod. Het rapport over bijna 20 jaar monitoring in het Markermeer vormt een belangrijke kennisbasis [Noordhuis 2010]. In het rapport wordt een aantal keer verwezen naar het Peipsi meer. Het Peipsi meer is een ondiep meer op de grens van Estland en Rusland en wordt als referentiemeer gebruikt voor het IJsselmeergebied [Van Eerden et al., 2007]. Tot slot is er in een uitgebreid wetenschappelijk onderzoek ook veel uitgezocht en beschreven over het ecologisch functioneren en de autonome ecologische neergang van het Markermeer [Noordhuis et al 2014]. De uitkomsten uit deze ANT studies zijn niet opgenomen in deze bureaustudie.

1.2 Aanpak

De bureaustudie is een groeidocument en omvat de resultaten van diverse tussentijdse versies. In 2010 is gestart met de bureaustudie ecologie, de laatste versie is in 2014 opgeleverd. In de tussentijd zijn ook de ideeën en hypothesen over het functioneren doorontwikkeld, onder meer door ANT [Noordhuis et al 2014], de Waterproeftuin en de veldexperimenten. De inhoud van de bureaustudie reflecteert deze ontwikkeling in de tijd. Sommige thema's zijn uitgebreid verkend in de bureaustudie in 2010 maar bleken toch minder belangrijk dan gedacht volgens het ANT. Verder hebben de oude versies van de bureaustudies ook gediend als input voor de grootschalige veldexperimenten (luwtestructuur; grootschalig moerasgebied), waardoor er ook meetgegevens beschikbaar zijn van deze experimenten.

De bureaustudies ecologie die zijn uitgevoerd en zijn gebundeld in deze rapportage zijn:

2010: Initiële bureaustudie ecologie: habitatdiversiteit [Van Herpen, 2010].

2010: Initiële bureaustudie ecologie: ecologische verbindingen [Van Herpen, 2010].

2012: update bureaustudie ecologie. Beide thema's geïntegreerd [Den Held en Buskens, 2012].

2014: Update bureaustudie afdekken [De Rooij, 2014].

2014: Bureaustudie Habitatdiversiteit en Ecologische Verbindingen. Actualisatie 2014 [Van Herpen, 2014].

1.3 Doelstelling

Het doel van de bureaustudie is om de relevante informatie met betrekking tot de onderzoeksvragen te bundelen in een rapportage.

Deze rapportage wordt, samen met de uitkomsten van ANT, aanvullende monitoring, de veldexperimenten en de waterproeftuin gebruikt om antwoorden te geven op de onderzoeksvragen van het NMIJ. De bureaustudie geeft geen conclusies, die komen in het NMIJ-kennissysteem te staan.

1.4 Relevant beleid

Het onderzoek rondom het Markermeer is mede ingegeven door nationale en Europese regelgeving.

Kaderrichtlijn Water

De Europese Kaderrichtlijn water (richtlijn 2000/60/EC) is in 2000 van kracht geworden en heeft als doel de kwaliteit van oppervlakte- en grondwater in Europa te waarborgen. De KRW schrijft voor dat de lidstaten waterlichamen aanwijzen en doelstellingen formuleren voor deze waterlichamen. Waterlichamen hebben een minimale grootte (voorgeschreven door de richtlijn; oppervlak > 50 ha voor meren). Aan de waterlichamen is een watertype toegekend. De doelstellingen die geformuleerd moeten worden voor waterlichamen bestaan onder andere uit doelstellingen voor de ecologische toestand. Onderdeel hiervan zijn vier biologische kwaliteitselementen (BKE) waaronder vis. In Nederland zijn maatlatten opgesteld waarmee per watertype de ecologische doelen bepaald worden [Van der Molen en Pot [red] 2007]. De doelstellingen voor de BKE worden uitgedrukt in een Ecologische Kwaliteitsratio (EKR; schaal 0-1). Met de maatlatten kan aan de hand van monitoringsgegevens de EKR worden berekend.

Het Markermeer-IJmeer is aangewezen als KRW-waterlichaam (NL92_Markermeer) van het type M21 (grote diepe gebufferde meren). De huidige toestand en KRW-doelstelling voor het kwaliteitselement vis staat gegeven in Tabel 1-1. Naar de mening van de experts scoort de huidige toestand voor het BKE vis een veel te hoge waarde. Het gevolg is dat de huidige situatie te gunstig wordt beoordeeld als zijnde in de matige toestand, terwijl de situatie eerder onvoldoende is [RWS Waterdienst, 2009a].

Tabel 1-1: Huidige ecologische situatie en doelstelling Markermeer voor kwaliteitselement vis [RWS Waterdienst, 2009a; Informatiehuis Water 2014]

Wat	EKR
Huidige toestand (<i>Geaggregeerd over 2006-2008</i>)	0,51
Huidige toestand (<i>Geaggregeerd over 2009-2011</i>)	0,52
KRW-doelstelling Markermeer	0,48

Vogel- en Habitatrichtlijn

De Vogel- en Habitatrichtlijn richten zich op de instandhouding van natuurlijke habitats en in het wild voorkomende flora en fauna, respectievelijk op het behoud van de vogelstand. Eén van de doelstellingen is de totstandkoming van een samenhangend Europees netwerk van beschermde natuurgebieden.

Ter uitvoering van deze richtlijnen worden door de lidstaten beschermde natuurgebieden aangewezen (Natura2000 gebieden). In 2009 is het Markermeer-IJmeer grotendeels aangewezen als vogelrichtlijngebied en gedeeltelijk aangewezen als habitatrichtlijngebied.

Het Markermeer-IJmeer is van belang voor onder ander visetende vogels zoals fuut, aalscholver, nonnetje, grote zaagbek, dwergmeeuw, zwarte stern. De omstandigheden voor deze soorten zijn sinds 1990 sterk verslechterd door de afname van de spiering in zowel het IJsselmeer als het Markermeer [Ministerie van LNV, 2006; 2009]. Voor de rivierdonderpad (soort van bijlage II, habitatrictlijn) geldt als doelstelling het behoud van de omvang en de kwaliteit van het leefgebied voor het behoud van de populatie [Ministerie voor LNV, 2009].

Benelux beschikking

In 1996 is door de Benelux een beschikking opgesteld over de vrije migratie van vissoorten. In 2009 is deze beschikking herzien (aanpassen aan de KRW). De beschikking van het Comité van Ministers van de Benelux Economische Unie inzake de vrije migratie van vissoorten in de hydrografische stroomgebieden van de Benelux heeft een aantal kernpunten voor de waterbeheerders zoals het in kaart brengen van de knelpunten en prioritering van de aanpak van knelpunten.

Aalverordening

Het gaat niet goed met de paling in Europa. In 2007 is een speciale EU verordening over de aal inwerking getreden (verordening 1100/2007/EG) tot vaststelling van maatregelen voor het herstel van het bestand van Europese aal. Doel van deze verordening is het herstel van het aalbestand. Van de schieraal moet 40% van de ongestoorde populatie in staat zijn om naar zee te trekken. Ook moeten de lidstaten een aalbeheerplan opstellen.

1.5 Wat kunnen we leren van al uitgevoerde projecten?

In het IJsselmeergebied zijn ca. 30 projecten voor natuurontwikkeling uitgevoerd, in uitvoering of in de planfase [Bak et al 2007]. De uitgevoerde projecten zijn in 2007-2008 geëvalueerd, onder andere op bijdrage aan behalen doelen KRW en N2000. Veel van deze natuurontwikkelingsprojecten zijn een succes omdat één of meerdere van de oorspronkelijk geformuleerde natuurdoelen zijn gerealiseerd. Echter, dit zijn vaak doelen met betrekking tot vogels (rust-, foerageer, nestgebieden). Het stimuleren van waterplanten (als paai- en opgroei-habitat voor vis) blijft nog achterwege in de projectdoelen. Bijkomend aspect is dat de monitoring bij natuurontwikkeling voor aquatische soortgroepen vaak beperkt is, in tegenstelling tot bijvoorbeeld vogels [Bak et al, 2007; Liefveld et al, 2008].

In het onderzoek van Bak et al [2007] zijn natuurontwikkelingsprojecten in het IJsselmeergebied kwalitatief beoordeeld op bijdrage aan bereiken van:

- oorspronkelijk gedefinieerde doelen;
- KRW-doelen;
- N2000-doelen.

In Tabel 1-2 zijn de projecten geordend op aanlegperiode.

Opvallend is dat vooral de projecten in de periode 1994-2001 goed scoren qua bijdrage aan doelbereik, maar er zijn ook uitzonderingen (luwtegebied Oostvaardersdijk). Over het algemeen geldt dat er tijd nodig is na uitvoering van een maatregel voor ecologische effecten om zichtbaar te worden (ontwikkeling vegetatie, vestiging macrofauna) [Bak et al 2007].

De jaar tot jaar variatie kan overigens wel groot zijn, zoals beschreven voor de ontwikkeling van de watervegetatie bij de vooroevers van de Houtribdijk (zie onder andere hoofdstuk 6.1.1).

Tabel 1-2: Bijdrage van natuurontwikkelingsprojecten aan oorspronkelijke doelen, KRW-doelen en N2000 doelen, gerangschikt op jaar van aanleg [bewerkt naar Bak et al 2007]

Regio	Gebied	Aanlegperiode	Bijdrage aan oorspronkelijke doelen	Bijdrage aan KRW-doelen	Bijdrage aan N2000-doelen
Oostelijke Randmeren	Polsmaten	1989/1990			
IJsselmeer	Onderdijk	1991/1995/1996			
IJsselmeer	Workumerbuitenwaard	1992			
Oostelijke Randmeren	Horst	1992			
Zuidelijke Randmeren	De Visdief	1992			
IJsselmeer	Mirnserklif	1993/1994			
IJsselmeer	Bocht van Molkwerum	1994/1995			
Oostelijke Randmeren	De Abbert	1994/1995			
IJsselmeer	It Soal	1995/1997			
Ketelmeer Vossemeer	Vossemeer	1997/2000			
Ketelmeer Vossemeer	IJsselmonding	1997/2001/2005			
Oostelijke Randmeren	Natte as	2000/2003			
Oostelijke Randmeren	Delta Schuitenbeek	2001/2005			
IJsselmeer	De Kreupel, 1e fase	2003/2004			
Markermeer en IJmeer	De Waterlandse Kust	2003/2005			
Oostelijke Randmeren	Rietveld Elburg	2005/2006			
Markermeer en IJmeer	Luwtegebied Oostvaardersdijk	2005/2006			
Markermeer en IJmeer	Diemervijfhoek	2005/2007			
Oostelijke Randmeren	Visintrek Roggebotsluis	2007			

Legenda

Geen tot klein positief effect
Beduidend positief effect
Sterk positief effect

1.6 Leeswijzer

Het rapport is thematisch opgebouwd. In hoofdstuk 2 worden de habitats van het Markermeer beschreven. In hoofdstuk 3 wordt kort ingegaan op de waterkwaliteit. In hoofdstuk 4 komen de voedselketens aan bod. De hoofdstukken 5 (slib), 6 (habitatdiversiteit), 7 (vismigratie), 8 (ecologische verbindingen voor andere soortgroepen) en 9 (visserij) gaan over de onderzoeksthema's van het NMIJ.

2 HABITATS VAN HET MARKERMEER EN IJMEER

2.1 Ecotopen

In het Markermeer komen verschillende ecotopen en habitats voor. Denk aan:

- open water met slibbodem;
- open water met harde bodem (Enkhuizerzand);
- luw water met waterplanten (Gouwzee, Hoornsche Hop);
- harde oeververdediging (Oostvaardersdijk, Houtribdijk, golfbrekers, strekdammen);
- zandige eilanden (Hoeckelingsdam);
- diepe delen (Pampusput; vaargeul voor Flevoland).

Habitats die momenteel niet of zeer beperkt aanwezig zijn in het Markermeer-IJmeer zijn geleidelijke land-waterovergangen. In Tabel 2-1 is een overzicht opgenomen van de in het Markermeer aanwezige ecotopen afgeleid van het Ecotopenstelsel van Rijkswaterstaat [Willems *et al.*, 2007].

Tabel 2-1: Ecotopen (combinaties) en het aandeel in Markermeer [bron: Willems et al. 2007]

Zone	Ecotoop (combinatie)	Typering	Aandeel
Oppervlaktewater	Zeer diep water	5 m	1207 ha
	Diep water	-3 tot - 5 m	52.618 ha
	Matig diep water	-1 tot -3 m	14.834 ha
	Ondiep water	-0,3 tot -1 m	284 ha
Natte oeverzone	Zandplaten	matig –sterk dynamisch	24 ha
	Hard substraat, golfbrekers enz.	matig-sterk dynamisch	57 ha
	Moeras- of rietzone	gering dynamisch	76 ha
Vochtige oeverzone	Overstromingsgrasland of tijdelijk kaal (eiland)		57 ha
	Moerasruigte		11 ha
	Wilgenstruweel of zachthoutoobos		147 ha
Overstromingsvrij	Diverse begroeiingen		

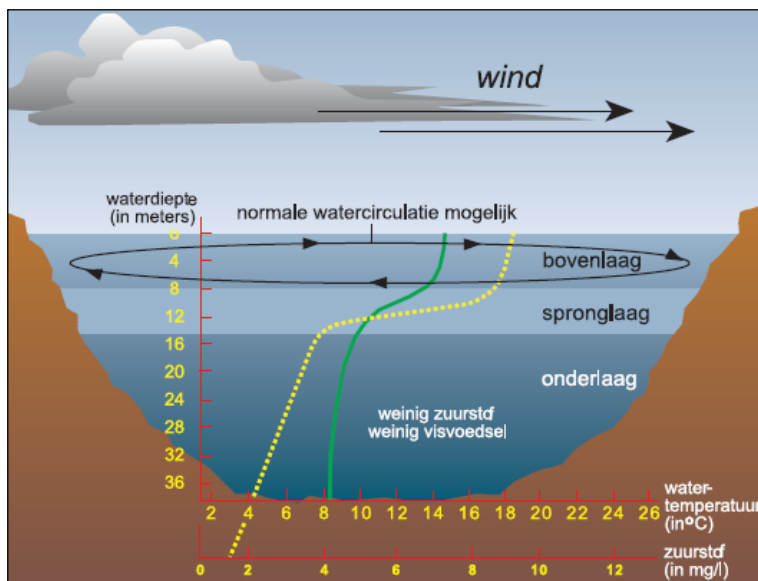
2.2 Zeer diep water (Pampusput, Vaargeulen)

De diepe delen in het Markermeer en het IJmeer zijn de zandwinputten (Pampusputten) en de vaargeulen (Amsterdam – Lelystad). De Pampusput (voor de kust bij Muiden) is een voormalige zandwinput (diepte 30 m) die is gebruikt om zand en slib in te storten (huidige diepte 10-15 m). De put is ondieper geworden door inzakken van de randen en sedimentatie van slib [Van Rijn et al 2005].

Water heeft een dichtheid afhankelijk van temperatuur. In de zomer wordt de bovenlaag van een meer opgewarmd waardoor een scheiding kan ontstaan tussen een warme, lichtere waterlaag aan het oppervlak (epilimnion) en een koelere, diepere waterlaag (hypolimnion). Dit proces heet stratificatie. De overgang tussen beide waterlagen (thermocline of spronglaag) is een grens voor planten en dieren en voorkomt ook uitwisseling (zowel convectief als diffusief) tussen beide lagen. De diepe waterlaag is koeler (zomer) of warmer (winter) dan de bovenlaag en heeft grote delen van het jaar een lager zuurstofgehalte (door afbraak dood organisch materiaal; geen fotosynthese). De sterkte van de stratificatie hangt af van de dichtheidsverschillen tussen waterlagen.

Stormen kunnen het water zodanig in beweging brengen dat de thermocline wordt doorbroken en al het water in het meer weer zal mengen. In het voorjaar en najaar vallen de temperatuurverschillen weg tussen boven en onderlaag waardoor ook menging optreedt. De diepte van de spronglaag bij zomerstratificatie ligt rond de 8-10 m. In zandwinputten langs rivieren treedt stratificatie al op vanaf 5 m diepte [pers. med. dhr. Lammens, 2010]. Uit analyses van continumetingen in het ANT project blijkt dat in perioden van langdurig rustig weer door ongelijke opwarming van de waterkolom al temperatuur stratificatie kan optreden in de diepe delen van het Markermeer. Deze kan soms enkele dagen aanhouden, maar verdwijnt weer als de windkracht toeneemt [pers. med. Dhr. Noordhuis, 2012]. In normale jaren is alleen microstratificatie gedurende enkele tientallen dagen aan de orde om in de avond weer gemengd te worden. Daarbij daalt het zuurstofgehalte (op één meter boven de bodem) in de regel niet onder de 8 mg/l. Als de gelaagdheid meer dan twee dagen aanhoudt kan dat wel het geval zijn (meetpaalgegevens ANT 2010-2011).

De lage zuurstofgehalten van het hypolimnion in diepe putten heeft grote gevolgen voor het voorkomen van organismen (o.a. vissen, macrofauna) in de diepe delen. Voor driehoeksmosselen is de bodem van een diepe put vaak ongeschikt habitat vanwege de sedimentatie van anorganisch slib en het uitzakken van dode algen en een laag zuurstofgehalte. In de zandwinput in het IJmeer komen geen driehoeksmosselen voor [Noordhuis 2009]. Op de bovenste delen van het talud worden vaak wel meer driehoeksmosselen en andere organismen aangetroffen [Van Rijn et al 2004].



Figuur 2-1: Stratificatie in diep water. [uit: Zoetemeyer en Lucas, 2001]

Diepe putten spelen een belangrijke rol voor de overwintering van (kleine) vis in het IJsselmeergebied. Vissen zoeken dan de diepere waterlagen op, die warmer zijn dan de bovenste waterlaag. Dit effect wordt ook gevonden in oude getijdengeulen van de Zuiderzee die nog aanwezig zijn in het IJsselmeer. Deze geulen zijn dieper dan de omliggende waterbodem (> 8 m diep). Uit dit onderzoek aan de visstand blijkt dat in de winter vissen voornamelijk voorkomen in deze diepere (voormalige) getijdengeulen. In de zomer verspreiden de vissen over een groter gebied [Kruitwagen en Klinge, 2008].

Mogelijk is een waterzone tussen de 5 – 10 m diepte geschikt als tijdelijk refugium in de winter.

Diepe putten kunnen hypothetisch in de warme zomers mogelijk dienen als refugia voor organismen die het warme water willen ontvluchten. Een voorbeeld hiervan is de spiering die bij hoge zomertemperaturen en lage zuurstofwaarden te maken kan krijgen met hoge sterfte. Spiering zoekt in de zomer diepere delen op van Markermeer en IJsselmeer, wat mogelijk duidt op ontwijkingsgedrag voor ongunstige omstandigheden. Ook uit het buitenland is bekend dat spieringen hoge watertemperaturen ontvluchten door naar zee te vluchten of diepe delen op te zoeken van meren. [De Leeuw, 2007]. Naar verwachting zullen diepe putten geen goed refugium blijken te zijn voor vissen [pers. med. dhr. Lammens 2010] want:

- er is geen lokstroom van koel water uit diepe delen naar warme bovenlaag;
- putten moeten voldoende groot zijn qua oppervlakte voor vissen om ze te vinden;
- zuurstofgehalte onder spronglaag vaak te laag.

Vrije migratie tussen de meren en Waddenzee kan ook soelaas bieden in warme zomers [De Leeuw, 2007], hoewel dit voor de meeste vissoorten in het Markermeer niet het geval zal zijn (zie hoofdstuk 7).

Daarnaast scholen vissen samen rond de diepe delen om de kans op predatie door roofvis en visetende vogels te beperken. Een aantal vogelsoorten weet echter juist te profiteren van de samenscholing bij de diepe putten. Dat geldt vooral voor de periode in het voorjaar waarin de overwinterende vis de putten weer verlaat [Van Rijn et al 2004].

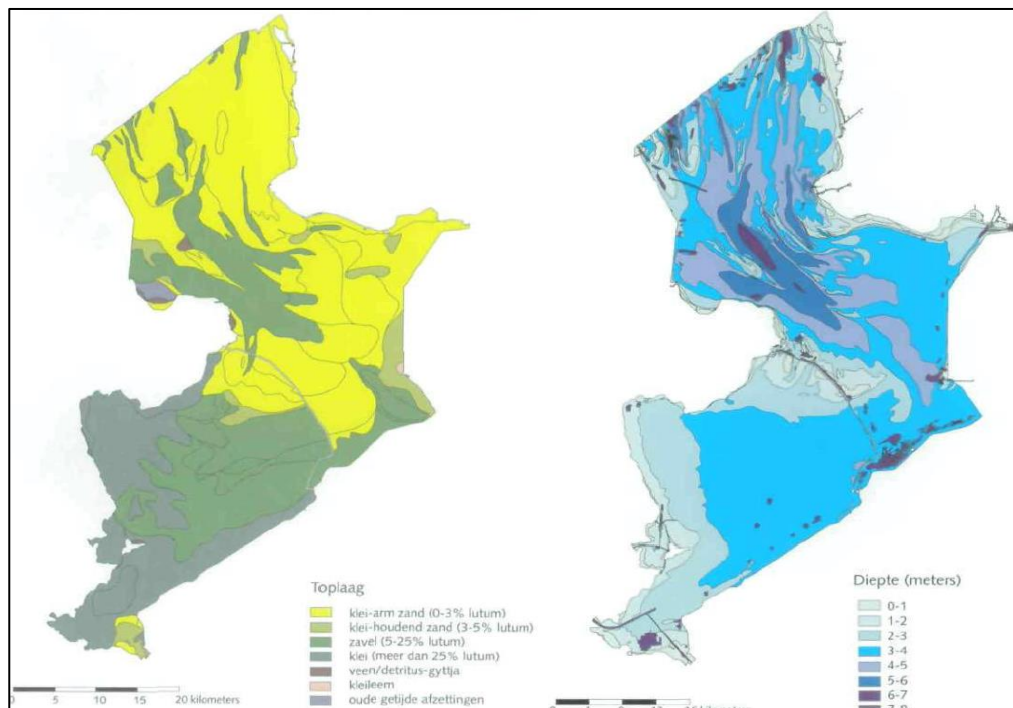
2.3 Diep water

Het Markermeer bestaat voor het grootste gedeelte uit open water. Velden met onderwater-vegetatie komen voor in de Hoornsche Hop, Gouwzee en voor de kust bij Muiden. De bodem van het Markermeer bestaat grotendeels uit klei (>25% lutum) en zavel (5-25% lutum). Het Markermeer is in het westelijk deel ondieper (ca. 2 m diep) dan in het oostelijk deel (ca. 4 m diep). In het noorden ligt een zandige ondiepte (Enkhuizerzand). De Noord-Hollandse kust is van oorsprong een afslagkust hetgeen nog terug te vinden is in de overgang van de ondiepe naar de diepere delen (Figuur 2-2).

Gemiddeld liggen gehalten van totaal fosfor en, afhankelijk van de wind, zwevend stof in het westen en zuiden (Hoornsche Hop, IJmeer) iets lager en is het doorzicht gemiddeld beter. De biologische productie van de vis, de driehoeksmossel, zoöplankton, en algen in Markermeer is tot wel de helft lager dan in het IJsselmeer [Lammens & Hospers 1998].

Op de open kleibodems leeft een bodemfauna van ongewervelde dieren. Belangrijk zijn de driehoeksmossel (*Dreissena polymorpha*) en de quaggamossel (*Dreissena bugensis*), die zich in grote aantallen vasthechten op schelpen in de oude Zuiderzeeafzettingen. In deze mosselbanken leven allerlei andere ongewervelden. Buiten de mosselbanken leven onder meer slakken, erwtenmosselen, mosselkreeftjes, muggenlarven en wormen. Deze gemeenschappen zijn het best ontwikkeld in het westen van het meer, waar relatief weinig mobiel slib op de bodem ligt. De vrije waterkolom is het leefgebied van zoöplankton en de aasgarnaal (*Neomysis integer*).

Het open, niet al te heldere water is ook bij uitstek het habitat voor vissoorten zoals spiering en snoekbaars, die de met waterplanten begroeide gebieden juist mijden en baat hebben bij niet al te grote helderheid in verband met vogelpredatie [Noordhuis, 2001].



Figuur 2-2: Bodemtype (links) en diepteprofiel (rechts) Markermeer en IJsselmeer [Lammens en Hosper 1998]

De sliblaag lijkt in samenstelling opvallend veel op de kleibodem, wat het vermoeden ondersteunt dat het slib in het Markermeer vooral of vrijwel uitsluitend bestaat uit geërodeerde klei [Witteveen+Bos, 2012].

2.4 Matig diep en ondiep water

Het ondiepe water in het Markermeer en IJmeer is vooral aanwezig in het westen van het Markermeer (Hoornsche Hop, Gouwzee) en in het zuiden (bij Muiden). Deze gebieden zijn begroeid met waterplanten. In Smits et al [2005] en Tjeertes [2007] worden de monitoringsresultaten voor vegetatie in het Markermeer gegeven. Vegetatie is vooral aanwezig in:

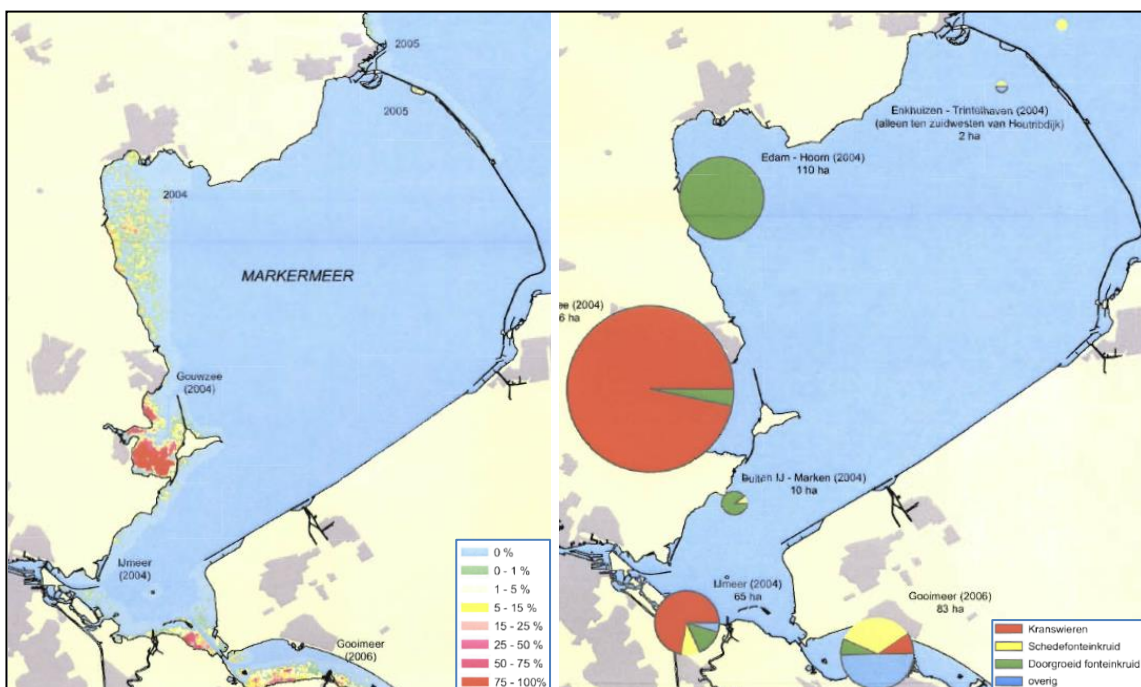
- Zuidelijk deel van de Gouwzee (Nederlands grootste bestand van sterkranswier).
- Hoornsche Hop (waarschijnlijk Nederlands grootste bestand van doorgroeid fonteinkruid).
- Ten zuidoosten van het kunstmatige eiland Hooft (bij Muiderberg) liggen velden met waterplanten (kranswieren).

De soort samenstelling van de waterplanten in het Markermeer is uniek in de regio, met een éénsoortig bestand van sterkranswier (*Nitellopsis obtusa*) op een diepte van ca. 2 meter in de Gouwzee en een éénsoortig bestand van doorgroeid fonteinkruid (*Potamogeton perfoliatus*) op nog grotere diepte in de Hoornsche Hop.

Beide soorten zijn belangrijk voor hun Natura2000 habitattypen, respectievelijk Natura2000 type H3140 (kranswierwateren) en H3150 (meren met krabbescheer en fonteinkruiden). Voor Natura2000 is alleen een instandhoudings-doelstelling opgenomen voor habitattypen H3140 [Ministerie van LNV, 2009].

De soortsaamenstelling van waterplanten wordt vooral bepaald door verschillen in diepte en doorzicht. Bij een slecht lichtklimaat zijn waterplanten in het voordeel die tot aan het wateroppervlak groeien en daar uitspreiden (o.a. fonteinkruiden). In het Markermeer komt doorgroeid fonteinkruid (*Potamogeton perfoliatus*) op relatief grote diepte en tot op grote afstand van de kust voor. Deze soort kan in relatief troebel water groeien omdat met reservevoedsel uit de ondergrondse delen de onderste, donkere laag kan worden overbrugd. Daarnaast kan deze soort een hogere bodemschuifspanning (turbulentie) aan dan kranswier of schedefonteinkruid [Van Zuidam & Peeters in press; Van Zuidam ongepubliceerd]. Als het licht dieper kan doordringen in de waterlaag en de maximum bodemschuifspanning in het voorjaar kleiner is dan 0,9 Pa [Van Zuidam & Peeters in press] krijgen ook andere soorten een kans, en uiteindelijk verliezen fonteinkruiden de concurrentie van soorten die meer licht nodig hebben maar niet tot aan het oppervlak komen (bv kranswier) [Noordhuis 2010].

Uit Lake Peipsi is bekend dat de litorale zone goed is voor 10% van de totale primaire productie in het meer, waarbij de primaire productie door waterplanten op kan lopen tot 84% in de velden met waterplanten [Nöges et al 2010].



Figuur 2-3: Uitsnede kaart verspreiding waterplanten in Markermeer 2004-2006. Links: bedekkingspercentage vegetatie. Rechts: voorkomen soorten. [overgenomen uit: Tjeertes, 2007]

2.5 Zandplaten

In het Markermeer en IJmeer zijn een aantal zandige gebieden aanwezig, zoals het opgespoten eiland voor de kust van Waterland (Hoeckelingsdam) en het opgespoten terrein bij het naviduct. De natuurwaarde van deze nieuwe zandige eilanden en opspuitingen wordt vaak in hoge mate gevormd door pioniersoorten zoals kale-grondbroeders (visdief, kluut, plevieren) en de beschikbaarheid van open terrein, bijvoorbeeld als slaapplek voor sterns. Deze natuurwaarden pieken in het algemeen tussen ca. 2 en 5 jaar na aanleg, en blijven daarna alleen in stand door met intensief beheer de vegetatiesuccessie tegen te gaan. De visdieven en zwarte sterns op het naviduct zijn verdwenen door verruiging en verbossing [Van Rijn 2005; Turlings et al 2009].

In het IJsselmeer is een kunstmatig eiland aangelegd voor vogels (De Kreupel). Hier huist sinds enkele jaren de grootste kolonie visdieven in Nederland (4000-7000 paar) en rusten in de nazomer tienduizenden zwarte sterns. De visdieven zijn grotendeels verdwenen uit het Markermeer door aantrekkende werking van De Kreupel in IJsselmeer [Van Rijn 2005].

2.6 Hard substraat

Geleidelijke overgangen tussen land en water ontbreken in het Markermeer en het IJmeer. Bijna het gehele meer is voorzien van harde bedijking met een abrupte overgang tussen water en land, vaak met onnatuurlijke harde materialen. De harde gedeelten van deze oeververdediging zijn een onnatuurlijk habitat voor een laaglandmeer, maar vormen een habitat voor soorten die zich aan kunnen passen of behoefte hebben aan een harde ondergrond, waaronder in het bijzonder een aantal exoten.

De uitheemse reuzenvlokreeft (*Dikerogammarus villosus*) en Kaspische slijkgarnaal (*Chelicorophium curvispinum*) vinden bijvoorbeeld schuilplekken en voedsel op deze plek. Daarnaast biedt de verharding substraat voor zoetwatersponzen, mosdierpjes en poliepen. Driehoeksmosselen en quaggamosselen kunnen tussen de stenen hoge dichtheden bereiken en bepaalde vissoorten zetten hun eieren af op of in de onmiddellijke nabijheid van de dijken (rivierdonderpad, spiering). Recent is dit habitat ook bevolkt door grote aantallen van de uit de Donau afkomstige zwartbekgrondel (*Neogobius melanostomus*).

Boven de waterlijn biedt de harde oeververdediging ruimte voor een aantal bijzondere soorten korstmossen [Noordhuis 2010]. Het voorkomen van een aantal korstmossoorten, relicten uit de Zuiderzeeperiode, hangt samen met de cultuurhistorische betekenis van de dijk. Deze soorten komen vooral voor op de granieten bekleding ("Noorse steen") en de basalt en kalksteen die op een aantal plaatsen nog aanwezig is uit de eerste helft van de achttiende eeuw, toen de houten beschoeiing door steen moest worden vervangen vanwege de paalwormepidemie.

Ook de onverdedigde oevers die buitendijks zijn ontstaan door afslag kunnen tot de harde oevers worden gerekend. Deze afslagoevers ontstaan doordat het water vanwege het vaste peil steeds op dezelfde hoogte tegen de oever slaat. Geleidelijke overgang tussen water en oever ontbreekt op deze locatie.

Op sommige plaatsen (west en zuidwest) komen de afslagoevers van nature voor als relict uit de Zuiderzee. Dit zogenaamde voorland had de functie om de meer naar binnen gelegen dijk tegen stormvloeden te beschermen. Het meeste voorland is in de loop der eeuwen weggeslagen, maar hier en daar zijn nog resten met afslagoevers aanwezig, soms later alsnog verdedigd.

2.7 Land-waterzones (moeraszone en vochtige oeverzone)

Geleidelijke overgangen tussen land en water ontbreken in het Markermeer-IJmeer, maar zijn van nature wel de gebieden met grote natuurwaarde. Luwe zones, natuurlijke oevers en randen van moerassen langs oppervlaktewater zijn van groot belang voor vissen en vogels. Luwe zones vormen paai- en opgroeigebieden voor vissoorten van helder en plantenrijk water (o.a. snoek, kleine modderkruiper en ruisvoorn) of zuurstoftolerante vissoorten (zeelt en kroeskarper). Moeraszones bieden geschikt biotoop voor moeras- en rietvogels. Daarnaast biedt een moeraszone rust-, rui- en broedplekken voor watervogels. Daarnaast kunnen amfibieën en reptielen hier leefgebieden vinden (rugstreepad, ringslang).

Ondiepe delen langs de oevers vormen geschikt leefgebied voor driehoeks- en quaggamosselen. Het gaat om de plekken waar door waterbeweging voedsel wordt aangevoerd en er geen slibdeeltjes sedimenteren. De overgangen land-water met waterplanten zijn armer aan driehoeks- en quaggamosselen, maar rijker aan andere macrofauna dan de zone met open water, met name als het gaat om grotere prooidieren zoals slakken, vlokreeften, kevers en wantsen [Ecofide 2012]. Deze soorten vormen in de oeverzone een voedselbron voor vogels en vissen en defragmenteren plantenmateriaal, waarmee ze aan het decompositieproces deelnemen [Balkema et al, 2010].

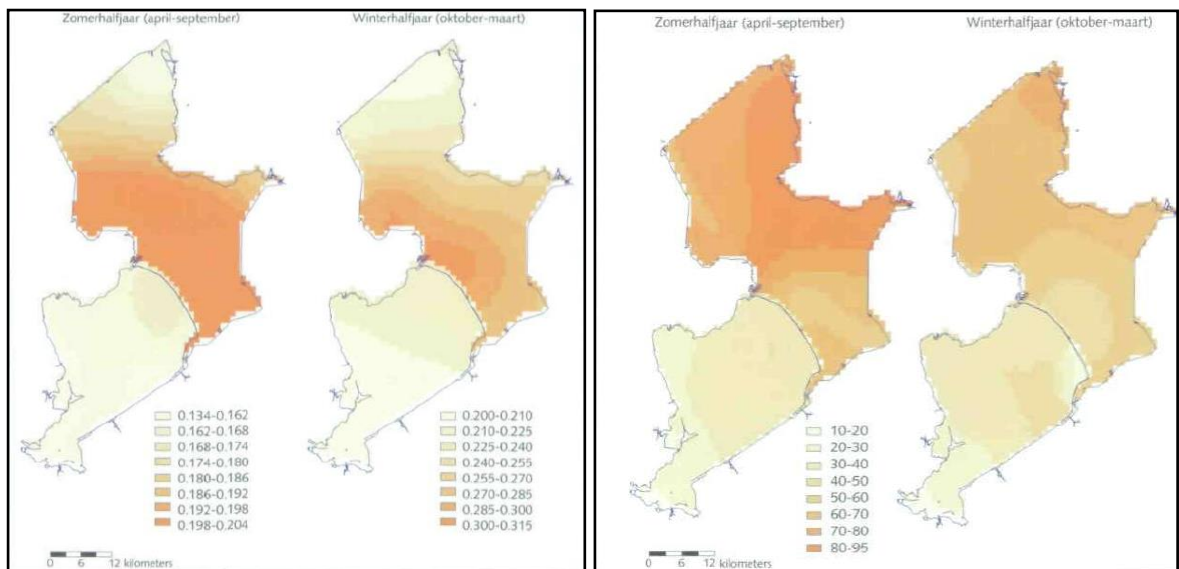
Het sleutelproces voor oeverzones in ondiepe meren is peilfluctuatie. Deze fluctuatie remt verlanding doordat strooisel wegspoelt bij hoog water, en houdt open water en boomloos moeras in stand. Door kieming van oeverplanten bij laag water komt een geleidelijke land-water overgang tot stand. De waterpeilfluctuatie vond van nature onder meer plaats door (seizoensgebonden) fluctuaties in de toestroom van rivierwater, getij en op- en afwaaiing. Verschillen tussen droge en natte jaren hadden daarbij grote invloed op de vegetatie-ontwikkeling. Tegenwoordig resteert alleen een afgezwakte mate van op- en afwaaiing, terwijl verschillen tussen jaren nagenoeg ontbreken.

Eén van de maatregelen om de habitatdiversiteit van het Markermeer en IJmeer te vergroten is door het aanleggen van deze geleidelijke overgangen tussen land en water. Dat kan langs de dijk (Noord-Hollandse kust, Oostvaardersdijk) in aansluiting op het achterland, of in de vorm van een groot, aaneengesloten moeras.

3 WATERKWALITEIT

3.1 Nutriënten

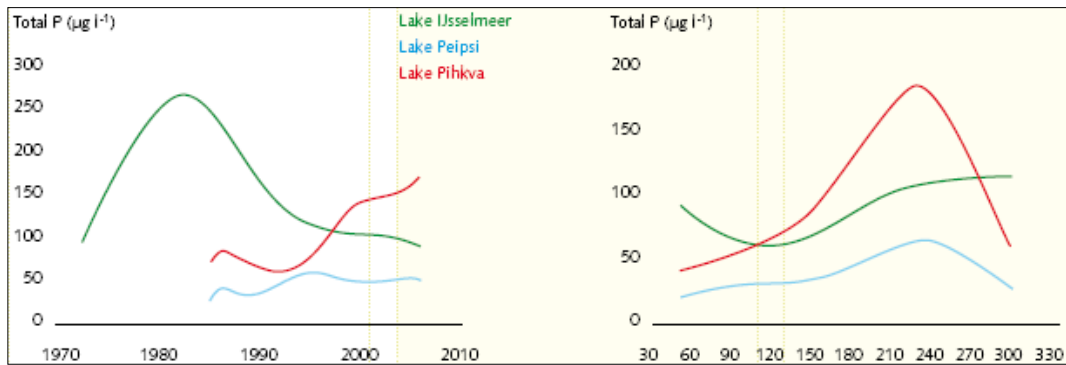
Het Markermeer had tot begin jaren '80 de kenmerken van een voedselrijk, troebel meer. De nutriëntenconcentraties in het water zijn eind jaren zeventig fors gedaald ten opzichte van die van het IJsselmeer, door bouw van de Houtribdijk. Vanaf begin jaren tachtig zijn de concentraties geleidelijk verder afgenomen. Gemiddeld liggen gehalten van totaal fosfor en, afhankelijk van de wind, chlorofyl stof in het westen en zuiden (Hoornsche Hop, IJmeer) iets lager (Figuur 3-1). Dit is niet alleen een effect van de aanwezigheid van waterplanten in deze gebieden maar ook van de beschutte ligging en wellicht de relatief hoge dichtheden van mosselen (filtratie). Het Markermeer onderscheidt zich van het IJsselmeer doordat de biologische productie (o.a. vissen, mosselen, zoöplankton en algen) in Markermeer tot wel de helft lager is [Lammens en Hosper 1998].



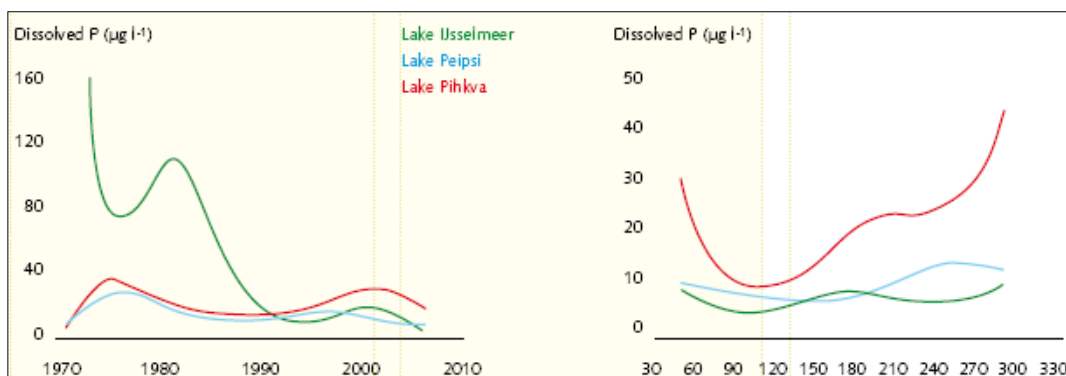
Figuur 3-1: Geïnterpoleerd beeld van de totaal-P (mg/l) (links) en chlorofyl-gehalten (µg/l) (rechts) in IJsselmeer en Markermeer

In Van Eerden et al [2007] worden de fosfaatgehalten vergeleken voor IJsselmeer en het Peipsi-meer in Estland (zie Figuur 3-2 en Figuur 3-3). De concentraties totaal fosfor in het IJsselmeer zijn sinds jaren '80 lager geworden maar waren nog lange tijd duidelijk hoger dan de fosfor totaal concentraties in het Peipsi meer. Na de in Figuur 3-2 weergegeven periode zijn de concentraties in het IJsselmeer echter verder gedaald en is het hier aangegeven niveau van Peipsi bereikt (ca. 50 µg/l; Figuur 3-4). Dit is waarschijnlijk meer geleidelijk gegaan dan Figuur 3-4 suggereert; analyses voor ANT hebben aangetoond dat de relatief hoge getallen uit de jaren 2005-2010 onbetrouwbaar (te hoog) zijn in verband met onder meer een tijdelijk verhoogde detectielimiet. Het totaal-P gehalte voor Markermeer is tegenwoordig niet meer zoveel lager dan het totaal-P gehalte in het IJsselmeer. De concentraties aan opgelost fosfor in het IJsselmeer, Markermeer en het Peipsimeer zijn sinds de jaren '90 min of meer gelijk (Figuur 3-5). In het IJsselmeer en Markermeer (en ook in bv. het Veluwemeer) zijn de concentraties omstreeks 2004 opnieuw belangrijk gedaald.

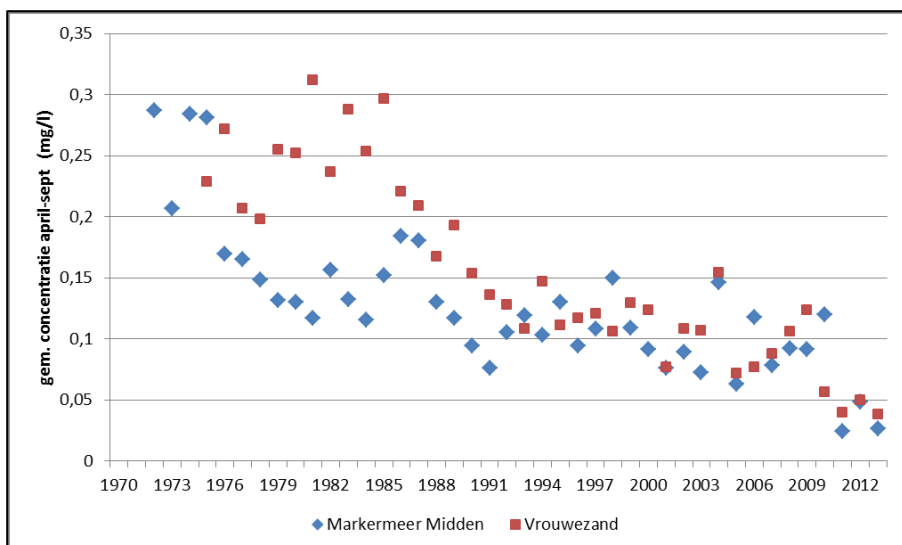
Sindsdien liggen de gemiddelde zomerconcentraties tussen 1 en 4 µg/l, laag genoeg om nutriëntlimitatie van fytoplanktongroei te veronderstellen.



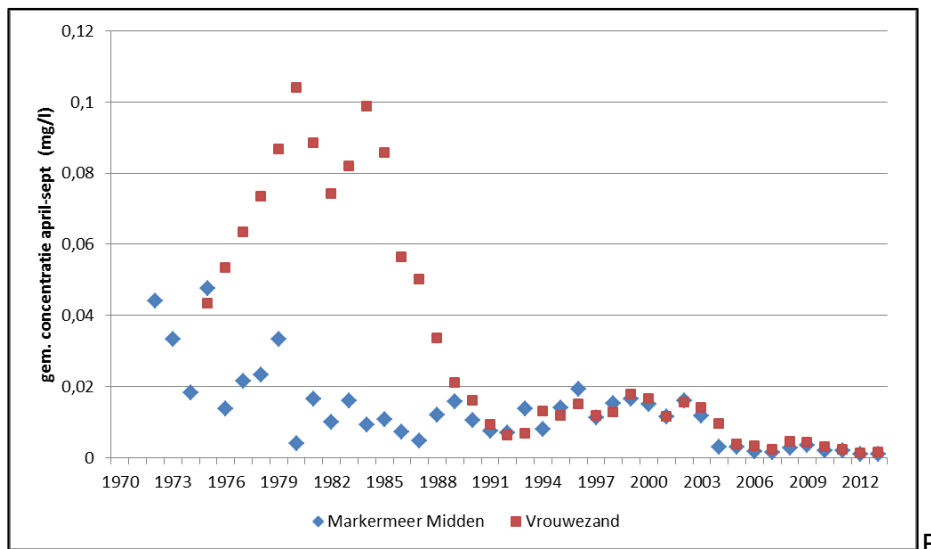
Figuur 3-2: Concentratie totaal-P (µg/l) voor de periode 1970-2006 (peildatum 1 augustus) (links) en de jaarlijkse seizoensvariatie in totaal-P (µg/l, peiljaar 2005) (rechts) [Bron: Van Eerden et al 2007]



Figuur 3-3: Concentratie opgelost-P (µg/l) voor de periode 1970-2006 (peildatum 1 augustus) (links) en de jaarlijkse seizoensvariatie opgelost-P (µg/l, peiljaar 2005) (rechts) [Bron: Van Eerden et al 2007]

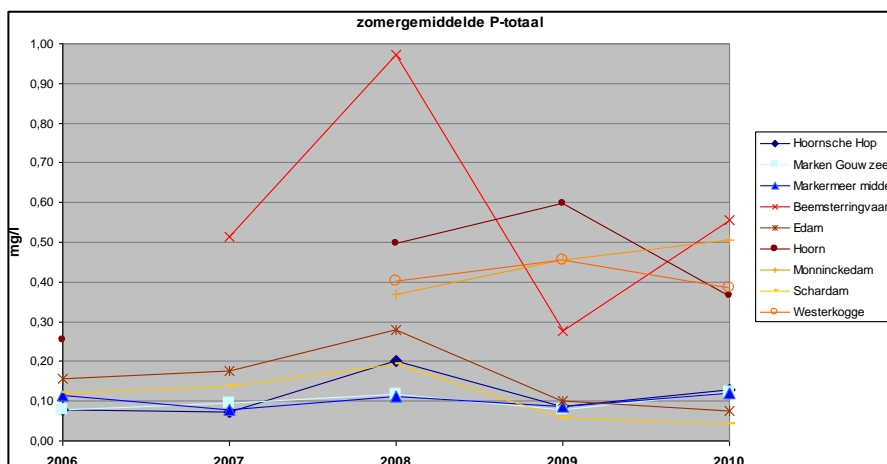


Figuur 3-4: Zomergemiddelde concentraties totaal-P (mg/l) voor het Markermeer (locatie Midden) en IJsselmeer (Vrouwezand). Herkomst data: Rijkswaterstaat – Waterbase



Figuur 3-5: Zomergemiddelde concentraties opgelost fosfaat voor het Markermeer (locatie Midden) en IJsselmeer (Vrouwezand). Herkomst data: Rijkswaterstaat – Waterbase

Figuur 3-6 geeft het zomergemiddelde totaal-P voor wateren van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (HHNK) nabij inlaatpunten en gemalen. Deze concentraties zijn vergeleken met de waarnemingen in het Markermeer. De meetpunten Schardam en Edam komen voor totaal-P goed overeen met de totaal-P zomergemiddelden in het Markermeer. Dat is te verklaren door inlaat van Markermeer water op deze locaties. De andere meetpunten van HHNK hebben duidelijk hogere concentraties aan totaal-P.

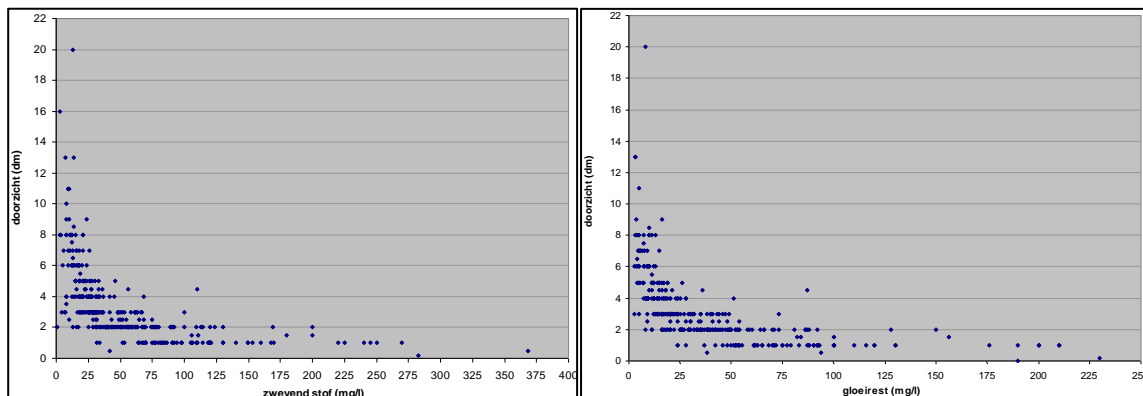


Figuur 3-6: Zomergemiddelde P-gehalte vergeleken voor Markermeer en HHNK

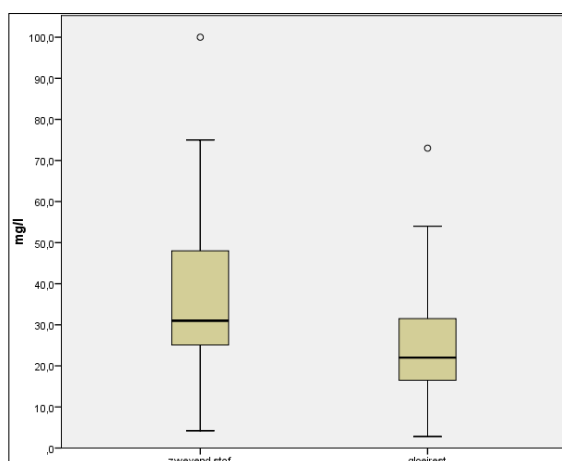
3.2 Doorzicht, zwevend stof en chlorofyl

Doorzicht wordt bepaald door de aanwezigheid van algen (chlorofyl-a) en zwevend stof. Voor Markermeer-midden zijn gegevens bewerkt voor de periode 1982-2008 (data uit MWTL-metnet van RWS). In Figuur 3-7 zijn meetwaarden voor gloeirest (anorganisch materiaal) en zwevend stof uitgezet tegen waarden voor doorzicht op dezelfde datum.

De doelstelling voor doorzicht in het Markermeer voor de KRW is door RWS vastgesteld op 0,30 m [GEP; Rijkswaterstaat, 2009, eveneens herziene versie 2012]. Figuur 3-8 laat de waarden voor zwevend stof en gloeirest zoals gemeten in Markermeer bij een doorzicht van 0,25 m tot 0,35 m. Een groot deel van het zwevend stof bestaat bij het doorzicht rond de 0,30 m uit anorganisch materiaal. Gemiddeld over het zomerhalfjaar is dit aandeel echter rond 2000 gedaald van ca. 35% tot ca.45-50%. Dit komt door een afname van de hoeveelheid opgewerveld sediment en niet door een toename van fytoplankton. Hierdoor verschilt de samenstelling van het zwevend stof in het Markermeer niet zoveel meer van het IJsselmeer (ca. 50-55%; Figuur 3-9). Het doorzicht is daarbij iets toegenomen tot waarden die in het midden en oosten van het meer net onder het bovengenoemde KRW doel liggen (gem. 0,25-0,28 m; 2001-2012). In het westen (Hoornsche Hop) bedraagt het doorzicht sinds 2001 gemiddeld 0,45 m. In het IJmeer nam de gemiddelde waarde van 0,57 m (2001-2009) abrupt sterk toe tot gemiddeld 1,00 m in 2010-2013 in samenhang met kolonisatie door de quaggamosseel [Noordhuis et al. in press].

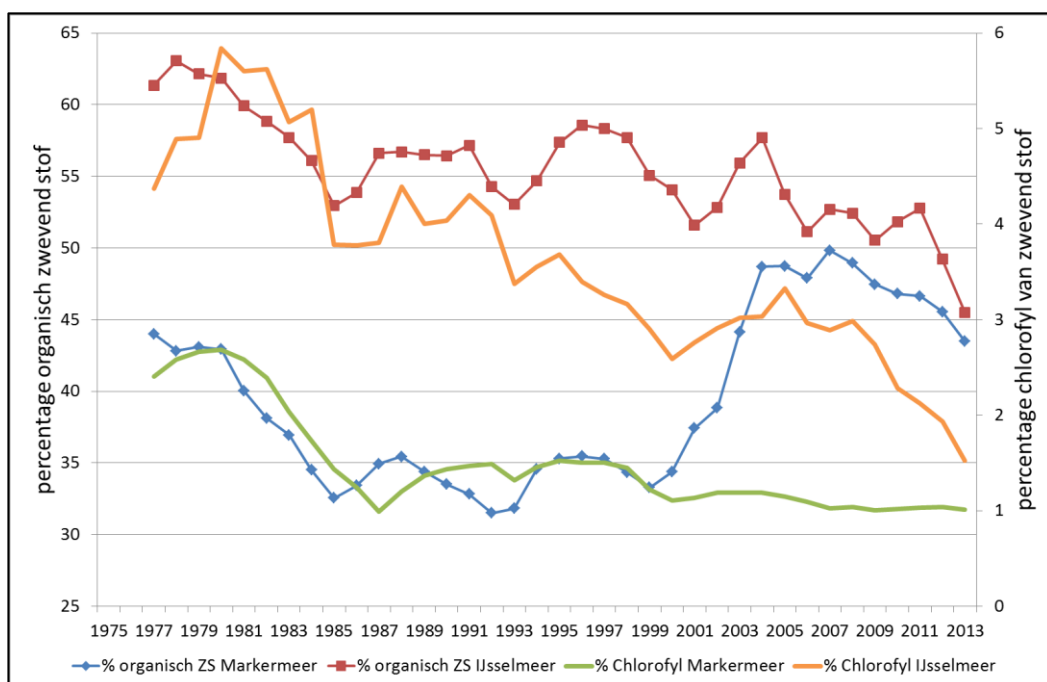


Figuur 3-7: Doorzicht (dm) uitgezet tegen zwevend stof (links, mg/l) en gloeirest (rechts, mg/l) voor meetpunt Markermeer-midden voor periode 1982-2008 (Gegevens: Waterbase – Rijkswaterstaat)

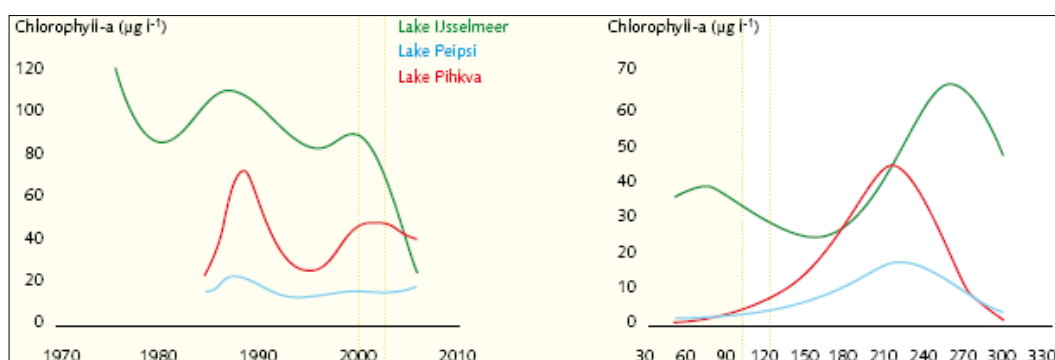


Figuur 3-8: Waarden voor zwevend stof en gloeirest in het Markermeer aangetroffen bij een doorzicht van 0,25 tot 0,35 m in het Markermeer (KRW-doelstelling: doorzicht 0,30 m) (Zwarte lijn: mediaan. Box: 25-percentiel tot 75-percentiel. Whiskers: minimum en maximum. Cirkel: uitschieters (meer dan 1,5x de interkwartielafstand). De figuur laat zien dat een groot deel van het zwevend stof in het Markermeer bestaat uit anorganisch materiaal. Data: RWS, 1982-2008

Chlorofylgehalten in Peipsi zijn duidelijk lager dan die in het IJsselmeer (Figuur 3-9) In Lake Pihkva, het zuidelijke compartiment van Peipsi, kent hogere concentraties, waarvan zowel seizoensgemiddelden als seizoenspatroon vergelijkbaar is met de situatie in het zuidelijke deel van het IJsselmeer na 2000. In het noorden van het IJsselmeer (meetstation Vrouwezand) zijn de gehalten hoger, ook al daalde de gemiddelde zomerconcentratie na 2000 geleidelijk van ca. 75 naar ca. 50 $\mu\text{g/l}$ (RWS MWTL). Het doorzicht in het Peipsi Meer in de zomer kan oplopen tot 2 à 3 m, maar net als in het IJsselmeer en Markermeer is er ook in het Peipsi sprake van ruimtelijke variatie in doorzicht. Het zuidelijke deel van het meer heeft een lager doorzicht door de groei van fytoplankton (zie Figuur 3-10).

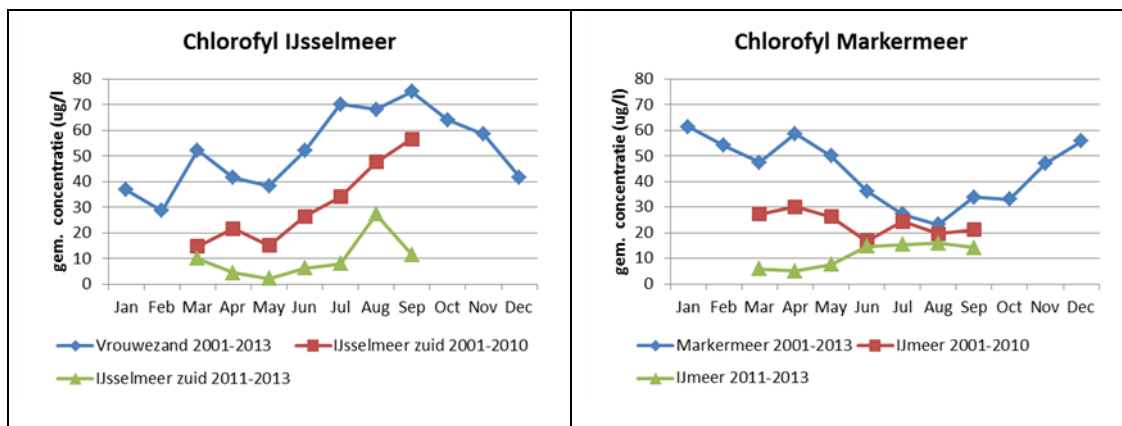


Figuur 3-9: Veranderingen in de samenstelling van zwevend stof (ZS): percentage organisch zwevend stof en percentage chlorofyl van totaal zwevend stof in het Markermeer (vijfjarig lopend gemiddelde van de locaties Hoornsche Hop, Midden en Noordoost/Lelystad) in op locatie Vrouwezand in het IJsselmeer



Figuur 3-10: Concentratie chlorofyl-a ($\mu\text{g/l}$) voor de periode 1970-2006 (peildatum 1 augustus) (links) en de jaarlijkse seizoensvariatie opgelost-P ($\mu\text{g/l}$, peiljaar 2005) (rechts). [Bron: Van Eerden et al 2007]

De ruimtelijke variatie in het IJsselmeer en Markermeer komt duidelijk tot uiting in Figuur 3-11, waaruit blijkt dat chlorofylgehalten in de zuidelijke delen van beide meren aanzienlijk lager zijn. Dit is gedeeltelijk het gevolg van hogere dichtheden van filterende mosselen. Vanaf 2011 zijn de concentraties in deze gebieden vanaf 2011 nog lager geweest in samenhang met de opkomst van quaggamosselen. Een opvallend verschil tussen het Markermeer zelf en het IJsselmeer en Lake Peipsi is het “omgekeerde” seizoenspatroon van chlorofyl in het Markermeer, met relatief hoge waarden in de winter (Figuur 3-11). Dit hangt samen met de intensievere interactie tussen algen en slibdeeltjes in het Markermeer [De Lucas Pardo et al. 2015], waardoor de chlorofyl concentratie meer windafhankelijk wordt. Dit is bovendien een aantal jaren versterkt geweest door tijdelijk sterke toename van de in de winter bloeiende (begrazingsgevoelige) groenalg *Tetrastrum komarekii* [Noordhuis 2014].



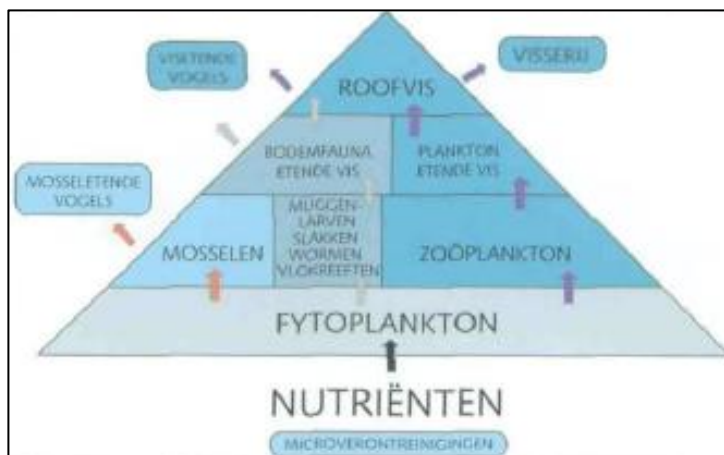
Figuur 3-11: Seizoenpatronen van chlorofyl na 2000 in delen van het IJsselmeer (links) en Markermeer (rechts; data RWS-MWTL)

4 VOEDSELKETENS

4.1 Huidige voedselketens

Een gezond ondiep meer in een laagland omgeving heeft een uitgebreid voedselweb met interactie tussen veel verschillende soorten. Lammens en Hosper [1998] hebben uitgebreid onderzoek gedaan naar de voedselketens binnen Markermeer en IJsselmeer mede met het oog op het belang voor vissen en vogels. Voor het open water van IJsselmeer en Markermeer onderscheiden zij grofweg vier ketens, die allemaal algen als basis hebben (Figuur 4-1) en waarvan er drie betekenis hebben voor vogels:

1. Algen - zoöplankton - vis - roofvis/vogels - visserij/vogels.
2. Algen - detritus - bodemorganismen - vis - roofvis/vogels - visserij/vogels.
3. Algen - driehoeksmosselen - duikeenden.
4. Algen - detritus- bacteriën/schimmels.



Figuur 4-1: Voedselweb open water Markermeer en IJsselmeer [uit: Lammens en Hosper, 1998]

De voedselpiramide in het Markermeer is vrij smal omdat de basis alleen wordt gevormd door fytoplankton en voor vogels vooral driehoeksmosselen en spiering beschikbaar zijn als voedsel. Het vermoeden is dat voedselketens daardoor niet echt robuust zijn [Lammens en Hosper 1998]. Sinds het verschijnen van waterplanten en kranswieren in Gouwee, Hoornsche Hop en delen van het IJmeer is er een nieuwe voedselketen bijgekomen. De basis wordt gevormd door de waterplanten, macrofauna en slakken en uiteindelijk macrofauna en slakken etende vis en vogels [Noordhuis, 2010].

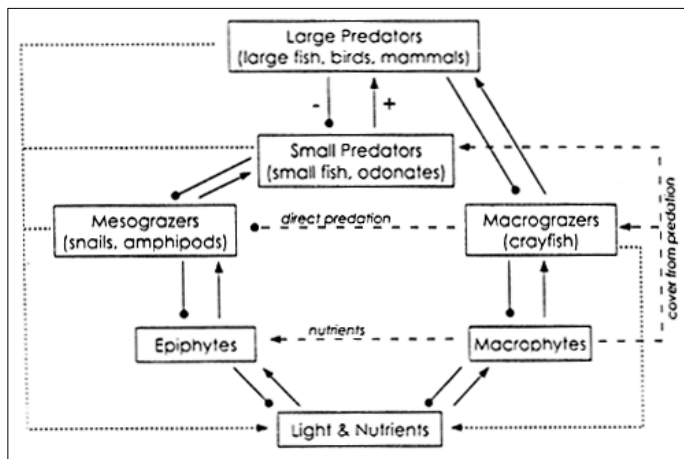
4.2 Voedselketens in een natuurlijke situatie

De voedselketens in het huidige Markermeer zijn door de smalle basis niet echt robuust. In een natuurlijk functionerend, ondiep meer zijn er naast fytoplankton ook voedselketens gerelateerd aan waterplanten [Petr, 2000]:

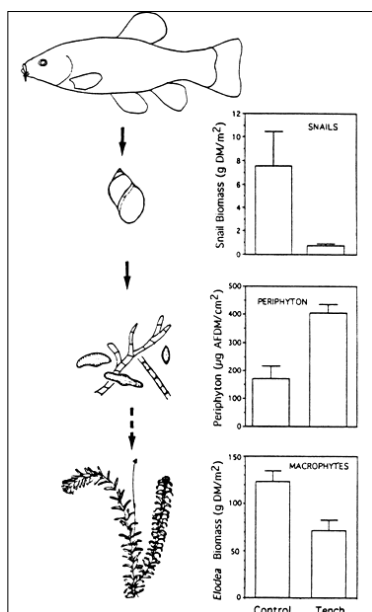
1. Waterplanten - detritus - bodemorganismen - vis - roofvis/vogels - visserij/vogels.
2. Waterplanten - herbivore vogels.
3. Waterplanten - macrofauna - vis - roofvis/vogels - visserij/vogels.
4. Waterplanten - epifyton - macrofauna - vis - roofvis/vogels - visserij/vogels.

Figuur 4-2 geeft een overzicht op hoofdlijnen van het voedsel web met waterplanten aan de basis. In de Gouwee is bijvoorbeeld de krooneend afhankelijk van de aanwezige kranswiervelden.

Aanwezigheid van predatoren (bijvoorbeeld de zeelt als predator van ongewervelden als slakken) werkt door in het gehele voedselweb. Figuur 4-3 geeft een voorbeeld van top-down effecten van een slakketende vis. Bij afwezigheid van deze predator zijn er meer slakken. Deze slakken eten het perifyton (algen die op waterplanten groeien) op, waardoor er meer licht beschikbaar is voor de waterplanten en er dus meer waterplanten groeien. Als de slakken worden opgegeten door de zeelt, dan is er geen graas meer op de perifyton, waardoor deze toenemen en de groei van waterplanten wordt beperkt.

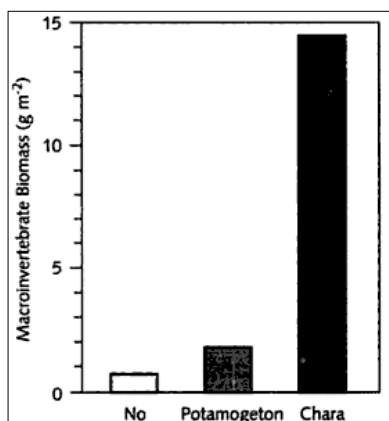


Figuur 4-2: Vereenvoudigd voedselweb in een ondiep meer op basis van waterplanten [bron: Petr, 2000]



Figuur 4-3: Gevolgen aanwezigheid slakketende zeelt (tench) op waterplanten, perifyton en slakken [bron: Petr, 2000]

Een aandachtspunt is verder dat de draagkracht van een ecosysteem mede afhankelijk is van de soort waterplanten. In een meer in Zweden blijkt de biomassa van macrofauna in kranwier vele malen hoger dan tussen fonteinkruiden (Figuur 4-4).



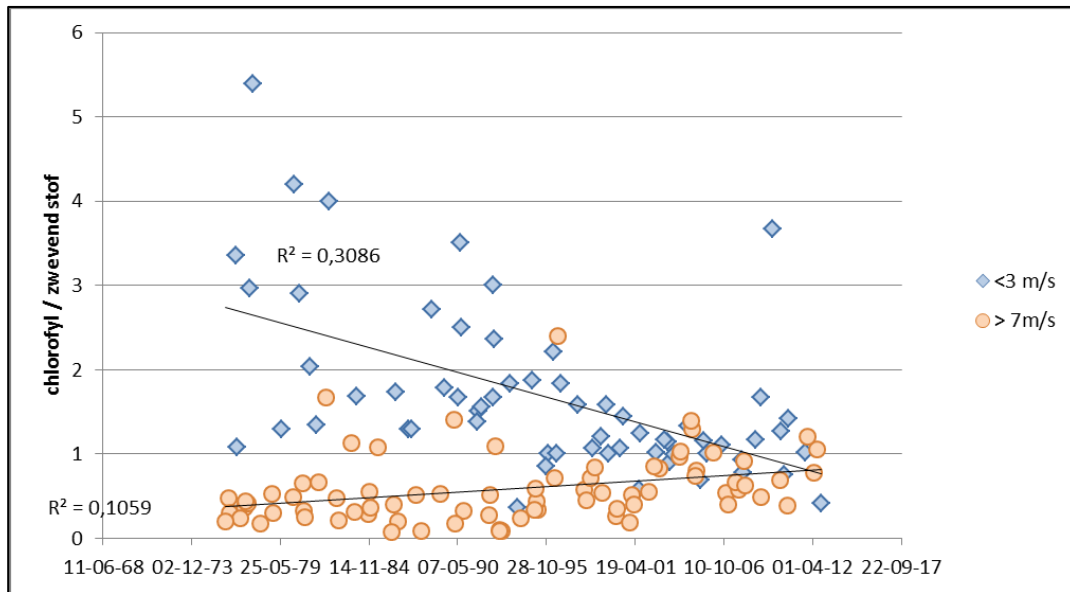
Figuur 4-4: Macrofauna biomassa in kranwievelden (Chara), fonteinkruiden (Potamogeton) en zonder vegetatie [uit: Scheffer 1998]

In een natuurlijk meer zullen naast de voedselketens van het open water ook voedselketens zijn gerelateerd aan de oeverzone. Niet of weinig begroeide zandplaten en slikken waar macrofauna leeft van detritus zijn van betekenis voor waadvogels [zie Smit, 1995 en Van Dam, Noordhuis & Wiersma, 1996]. Oeverzones met emergente vegetaties waar oeverplanten zoals bijvoorbeeld riet domineren, worden begraasd door watervogels zoals ganzen [Bakker, 2010] en vormen een paai/broed- en opgroeigebied voor vissen en moerasvogels dankzij de macrofauna die in deze zone tot ontwikkeling komt.

4.3 Benthificatie

In een meer met afnemende voedselrijkdom vindt vaak een proces van benthificatie plaats; een verschuiving van een accent op het pelagische deel van het voedselweb, dus de waterkolom, met planktonische algen en spiering, naar het benthische deel, dus de bodem. Door afname van de hoeveelheid algen kan bijvoorbeeld meer licht op de bodem vallen, zodat enerzijds meer waterplanten kunnen groeien, maar anderzijds ook bodemalgen, die opwerveling van sediment afremmen. Dit is een zichzelf versterkend proces. Er zijn tekenen dat zo'n verschuiving zich na 2000 in het Markermeer heeft afgespeeld [ANT analyses; Noordhuis et al. in prep.]. Aanwijzingen zijn afname van de hoeveelheid opgewerveld sediment vergeleken met de windsnelheid, sterke afname van fosfaat in bij hardere wind opgewerveld sediment, afname van chlorofyl in zwevend stof bij weinig wind en toename bij veel wind (meer bodemalgen; Figuur 4-5). Ook de sterke opmars van quaggamosselen en zwartbekgrondels past hier in.

Omdat in de meet- en monitoringsprogramma's minder aandacht wordt besteed aan de bodem ten opzichte van de waterkolom, ontsnapt een deel van deze verschuiving aan de aandacht. Toch is kennis hieromtrent relevant voor het bepalen van noodzaak en effect van maatregelen.

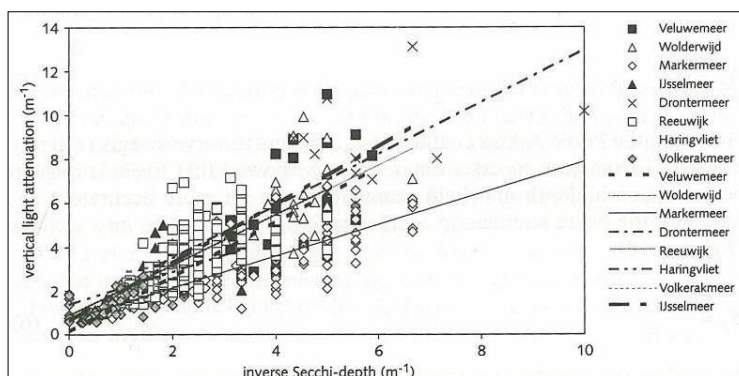


Figuur 4-5: Verhouding tussen chlorofyl en zwevend stof bij hoge (>7m/s) en lage (< 3 m/s) windsnelheid (gemiddelde van dag van meting en voorgaande dag, Schiphol, data KNMI)

5 THEMA VERMINDERING SLIBGEHALTE

5.1 Licht

Groei van planten en algen wordt grotendeels bepaald door licht: zonder licht geen fotosynthese en dus geen primaire productie. Licht onder water heeft te maken met absorptie en verstrooiing. Adsorptie en verstrooiing worden vooral veroorzaakt door deeltjes in het water. Kleideeltjes verstrooien het licht, terwijl organisch materiaal fotonen adsorbeert. Beide dragen bij aan de extinctie van licht onder water (light attenuation) en de zichtdiepte (Secchi-diepte). Verstrooiing heeft een grote invloed op zichtdiepte maar minder op lichtextinctie omdat fotonen ook naar diepere waterlagen verstrooid kunnen worden. Dit speelt bijvoorbeeld in het Markermeer waar kleideeltjes het licht sterk verstrooien waardoor zichtdiepte minder groot is dan de extinctie (Figuur 5-1). Dat betekent dat de zichtdiepte (dus tot hoe diep het water in gekeken kan worden) beperkt is, maar dat het licht wel dieper in het water door kan dringen, wat wel fotosynthese mogelijk maakt [Scheffer 1998].

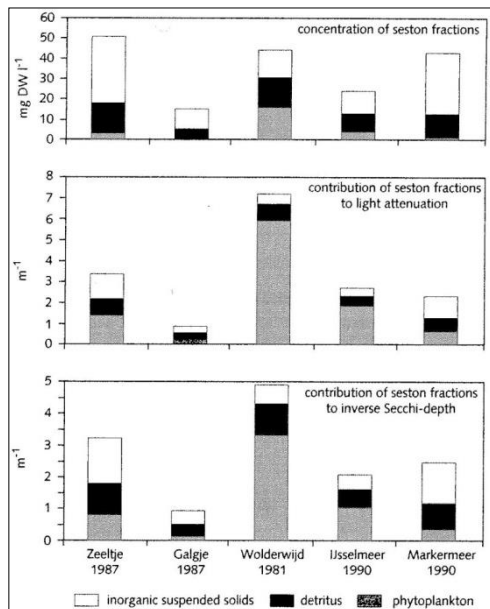


Figuur 5-1: Relatie tussen inversie secchi-diepte en inverse licht-extinctie voor 8 Nederlandse meren. De afwijking voor het Markermeer wordt veroorzaakt door het grote aandeel kleideeltjes in het water. Kleideeltjes zorgen wel voor verstrooiing van het licht (i.e. Secchi/diepte) maar minder op uitdoving. [Uit: Scheffer 1998]

De eufotische diepte van een meer is de diepte waarop de hoeveelheid licht zo laag wordt dat er geen fotosynthese meer mogelijk is door algen. Grof gesteld is dat de diepte waarop de lichtintensiteit nog maar 1% van de lichtintensiteit aan de wateroppervlakte is. Deze diepte is dus afhankelijk van verstrooiing en adsorptie van licht in de waterkolom. De Secchi-diepte en lichtextinctie geven een indicatie van de eufotische diepte en hangen af van chlorofyl-a, detritus en anorganisch zwevend stofgehalte. Scheffer [1998] heeft voor een vijftal meren op basis van veldgegevens de bijdrage bepaald van chlorofyl, detritus en anorganisch zwevend stof aan de uitdoving en aan de sechi-diepte (Figuur 5-2).

Voor het Markermeer (in 1990) bestaat zwevend stof voor ongeveer 2/3 deel uit anorganisch materiaal (kleideeltjes). Deze fractie is voor de helft verantwoordelijk voor lichtextinctie en doorzicht. Overigens zijn het gegevens van voor de instorting van de populatie driehoeksmosselen in de jaren '90.

Van Nes [2005] heeft voor verschillende meetpunten in het Markermeer het verband tussen zichtdiepte en gloeirest/chlorofyl-a bepaald na de opkomst van de driehoeksmosselen. De waarden kwamen redelijk overeen met de waarden zoals bepaald door Scheffer [1998].



Figuur 5-2: Bijdrage van verschillende fracties zwevend stof (boven) aan lichtextinctie (midden) en inverse secchi-diepte (onder) [Uit: Scheffer 1998]

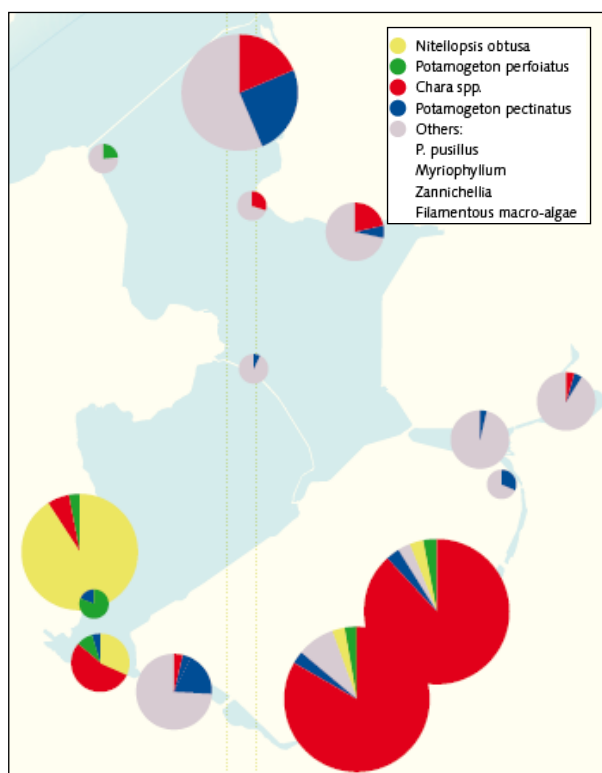
Op de vraag bij welke concentratie gesuspendeerd slib het doorzicht nog voldoende is voor de ontwikkeling van waterplanten kan dan ook niet een eenduidig antwoord worden gegeven. Duidelijk moet zijn tot op welke diepte plantengroei gewenst is (euphotic depth), hoe het zit met concentraties detritus en chlorofyl en hoe deze concentraties zullen veranderen bij verandering van zwevend stof gehalte. Van Nes [2005] heeft toename van doorzicht als gevolg van afname van algen met een model geschat voor het Markermeer. Bij een reductie van 100% van het chlorofyl (dus een Markermeer zonder algen) wordt het doorzicht (gemiddeld) niet groter dan 0,50 m (afgezien van mogelijk versterkende effecten van planten en bodemalgen).

Iedema *et al* [1996] geeft aan dat bij een doorzicht van meer dan één meter waterplanten dichte velden van waterplanten kunnen voorkomen tot een diepte van 1 m, maar dat waterplanten kunnen groeien tot een diepte van zeker 2,5 meter. Door de verstrooiing dringt het licht wel tot dieper door. In het Peipsi-meer komen waterplanten voor tot een diepte van 1,5 m [Van Eerden et al 2007]. Visser [2007] heeft gerekend aan opwervelingen in bodemsediment en gevolgen daarvan voor lichtextinctie in het Markermeer. Voor plantengroei tot op 2 m diepte is het maximale gehalte opgewerveld sediment (organisch en anorganisch) ca. 13 mg/l. Het zomergemiddelde zwevend stof gehalte in het Markermeer is ca. 30 mg/l (zie Figuur 3-8).

5.2 Sleutelsoort: ondergedoken vegetatie

Kranswieren komen in het IJsselmeergebied voor in de Gouwzee maar ook veel in de Randmeren. Sterkranswier (*Nitellopsis obtusa*) komt vooral voor in de Gouwzee. *Chara*-kranswieren komen vooral voor in de ondiepe Randmeren. De blijvend dominante rol van *Chara* in de Veluwerandmeren wordt mogelijk ondersteund door het kwelwater dat van de Veluwe afkomstig is. Kranswieren hebben meer licht nodig dan fonteinkruiden [Van den Berg et al. 1998] maar gaan efficiënter om met koolstof [Van den Berg et al. 2002]. In goede lichtomstandigheden zal kranswier de fonteinkruiden verdringen [Noordhuis 2010]. Kranswieren worden vaak beschouwd als pioniersoorten maar in het IJsselmeergebied vormen ze het climaxstadium [Noordhuis, 2010]. Kranswieren zijn belangrijk voor de waterkwaliteit en habitatdiversiteit. (Re)suspensie van sediment wordt verminderd door kranswieren en ze concurreren met algen om voedingsstoffen. Gevolg hiervan is dat het water bij kranswievelden vaak erg helder is [Van den Berg et al. 1998; Noordhuis 2010]. Doordat kranswieren de omgeving positief beïnvloeden (water helderder te maken), kunnen kranswievelden uitbreiden in omliggende gebieden met minder gunstige omstandigheden (als een soort olievlek) [Noordhuis, 2010].

Van kranswieren is bekend dat ze allelopathische stoffen uitscheiden die de ontwikkeling van fytoplankton remmen. *Chara aspera*, *Chara globularis* and *Nitellopsis obtuse* zijn drie soorten die sterke allelopathische activiteit vertonen en met name groei van cyanobacteriën remmen [Berger & Schagerl 2004]. Ook sommige soorten groenalgen kunnen geremd worden in groei door *Chara* maar niet alle soorten hebben evenveel hinder [Mulderij et al 2003].



Figuur 5-3: Kranswieren (*Nitellopsis obtusa* en *Chara*) en fonteinkruiden (*Potamogeton perfoliatus* en *P. pectinatus*) in het IJsselmeergebied [Noordhuis 2010]

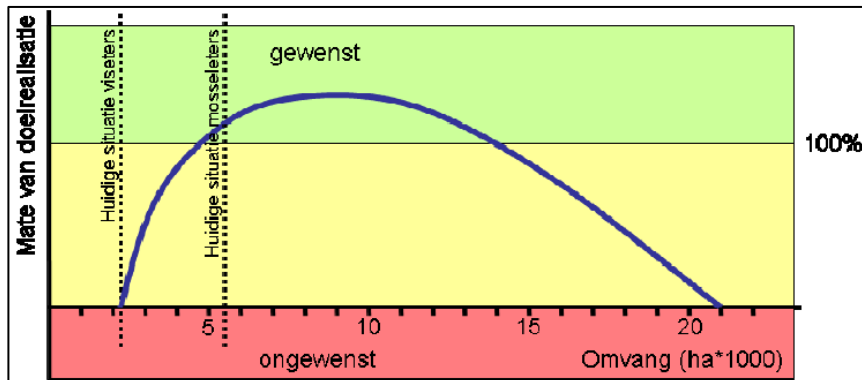
Fonteinkruiden (o.a. schedefonteinkruid *Potamogeton pectinatus* en doorgroeid fonteinkruid *Potamogeton perfoliatus*) zijn beter in staat dan kranswieren om te groeien in slechte lichtomstandigheden. Ze groeien tot aan het wateroppervlak om daar uit te spreiden om zo veel licht op te vangen. Schedefonteinkruid heeft als extra voordeel dat deze soort kan groeien met behulp van reservevoedsel in wortelknollen waardoor deze soort in staat is bij troebel water te handhaven [Noordhuis 2010]. Schedefonteinkruid vormt wortelknolletjes voor de overwintering. Deze zijn rijk aan zetmeel en vormen belangrijke voedselbron voor watervogels (o.a. kleine zwaan). Doorgroeid fonteinkruid en schedefonteinkruid zijn beide redelijk bestand tegen eutrofiering. Doorgroeid fonteinkruid is een soort die het vooral goed doet in pioniersmilieus met veel dynamiek [Scheffer en Cuppen 2005].

5.3 Het belang van troebele en heldere zones

Heldere zones zijn van belang voor de groei van waterplanten (zie paragraaf 4.2). Helder water is voor mosselelers ook van belang zodat de mosselen gevonden worden. Helder water heeft als nadeel dat organismen beter zichtbaar zijn voor predatoren. Gradiënten in doorzicht zijn daarmee van belang voor vissen, zodat deze voor predatoren kunnen vluchten in troebeler water. Aan de andere kant is het voor viseters als visdief van belang dat ze minder direct zichtbaar zijn voor prooivissen. Het vangstsucces van sterns kent een optimum in water dat niet al te helder is, maar ook niet al te troebel. De ontwikkeling van watervegetatie draagt overigens in belangrijke mate bij aan schuilmogelijkheden van vissen, waardoor het belang van slibgradiënten afneemt. Deze laatste zijn vooral functioneel in onbegroeide wateren [Kollen & Jaspers, 2012].

De aanwezigheid van gradiënten in doorzicht in een meer garandeert dat dit optimum ergens aanwezig is. Het is hierbij van belang dat de gradiënten zo breed mogelijk zijn. Overgangszones van helder naar troebel zijn van nature al op verschillende plaatsen in het Markermeer-IJmeer aanwezig. De benodigde omvang van deze zone is moeilijk kwantificeerbaar en hangt samen met de omvang aan helder water. Wanneer een voldoende areaal aan helder water kan worden gecreëerd door bijvoorbeeld luwtemaatregelen dan zijn in principe voldoende gradiënten in doorzicht te verwachten en hoeven hiervoor geen aparte maatregelen te worden getroffen.

In Haarman et al. [2012] is een expert schatting gemaakt van het benodigde areaal aan helder water in het Markermeer (Figuur 5-4). In de huidige situatie is in principe voldoende areaal aan waterzones met voldoende doorzicht aanwezig om te voorzien in de voedselbehoefte van de mosselelers. Daarbij wordt ervan uitgegaan dat de quaggamossel de positie van de driehoeksmossel als belangrijkste bron van voedsel vrijwel geheel zal overnemen. Voor voldoende draagkracht voor de viseters is een uitbreiding van het areaal aan zones met de juiste milieucondities benodigd van minimaal 3000 ha. Bij deze aanname wordt verondersteld dat de afname van spiering als voedsel voor de viseters voor een belangrijk deel kan worden overgenomen door baars en blankvoorn. Niet alle experts zijn hier echter van overtuigd.

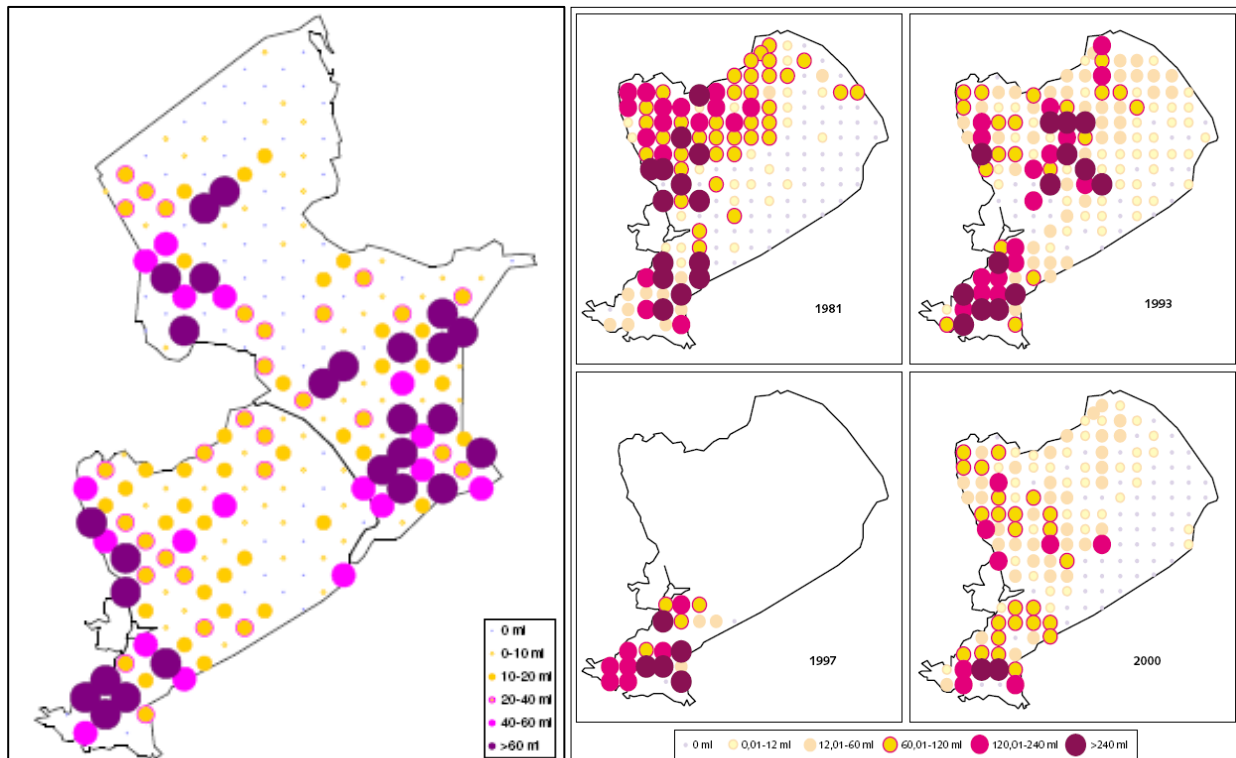


Figuur 5-4: Relatie tussen de mate van doelrealisatie en de totale omvang van helderwater zones bij optimale waarden van overige condities [bron: Haarman et al., 2012]

5.4 Sleutelsoort: driehoeksmosselen

Driehoeksmosselen *Dreissena polymorpha* zijn zoetwatermosselen. De oorspronkelijke verspreiding van de driehoeksmossel ligt in zuidoost Rusland. De driehoeksmossel is sinds de 19^e eeuw in Nederland aanwezig. De driehoeksmossel is een belangrijke voedselbron zijn voor vogels als de kuifeend. Doordat de driehoeksmosselen vaak massaal voorkomt leveren ze een bijdrage aan het verwijderen van zwevend materiaal. De driehoeksmossel heeft sinds 2006 in Nederland concurrentie gekregen van de quaggamossel (de nauwe verwante *Dreissena bugensis*). Naast de driehoeksmossel en quaggamossel komen ook zwanenmosselen, erwtenmosselen en korfmosselen voor in het Markermeer [Van Eerden, 2009].

Driehoeksmosselen komen vooral voor in het IJsselmeer en de Randmeren. In het Markermeer en IJmeer zijn de driehoeksmosselen sterk achteruit gegaan. In het Markermeer komen driehoeksmosselen vooral voor in Hoornsche hop en IJmeer [Noordhuis en Houwing 2003, Van Eerden et al (red) 2007]. In het IJmeer is de mosseldichtheid 10-20 keer groter dan die in het Markermeer, maar ook in het IJmeer is de mosselstand afgenomen. In Figuur 5-5 wordt een overzicht gegeven van de verspreiding van de driehoeksmossel in het Markermeer en IJsselmeer in 2006 en de afname van de driehoeksmossel in Markermeer-IJmeer periode 1980-2000.



Figuur 5-5: Links: Dichtheid driehoeksmossel in IJsselmeer en Marker-meer in 2006 (uitgedrukt in biovolume in ml per m²) [Van Eerden et al (red) 2007]. Rechts: de ontwikkeling van het biovolume in het Markermeer voor de periode 1991 – 2000 [Houwing 2003]

Restanten van Zuiderzee schelpenbanken vormen het substraat voor de driehoeksmossel in het IJsselmeergebied. In het IJmeer komt de ruimtelijke variatie van de mosselhoeveelheden overeen met de eigenschappen van het water en de bodem [Van Rijn et al 2005]. In het Markermeer is het voorkomen van driehoeksmosselen positief gecorreleerd met de beschikbare hoeveelheid substraat (Zuiderzeeschelpen) en negatief met de hoeveelheid slib in de toplaag [Noordhuis en Houwing, 2003]. Driehoeksmosselen komen in het Peipsi-meer vooral voor in de ondiepe delen langs de oevers. Het gaat om de plekken waar door waterbeweging voedsel wordt aangevoerd en er geen slibdeeltjes sedimenteren [Van Eerden et al 2007].

In het IJsselmeer, maar vooral in het Markermeer worden de driehoeksmosselen minder groot dan in het verleden [Noordhuis, 2009]. Uit gegevens uit het IJsselmeer blijkt dat hier ook de vetgehalten in de mosselen zijn afgenomen [Noordhuis 2010]. De belangrijke rol van driehoeksmosselen als stapelvoedsel voor duikeenden [De Leeuw 1997] moet daarmee zijn verkleind. Dit wordt bevestigd door maagonderzoek aan de vogels, waaruit blijkt dat het menu diverser is geworden [Van Rijn et al. 2012]. Daar tegenover heeft de driehoeksmossel zich in de randmeren opnieuw gevestigd nadat de waterkwaliteit in de jaren 1990 is verbeterd [Hulsege et al 2004].

Doordat temperatuurschommelingen en stratificatie kunnen leiden tot verstoring van de voortplanting en sterfte van driehoeksmosselen is een grote amplitude in peil nadelig.

Verhoging van het peil, ten opzichte van het huidig peil, kan met name in de zomer leiden tot verhoogde kans op stratificatie en daardoor verslechtering van habitat voor mosselen in de diepere delen [Maarse & Harezlak 2011].

De laatste jaren is de quaggamossel (*Dreissena bugensis*) sterk in opmars in Nederland, waarbij ook de driehoeksmossel deels wordt verdrongen. In de Great Lakes in Noord-Amerika is gebleken dat de quaggamossel meer habitats kan bezetten dan de driehoeksmossel: ook in diepere wateren en op zacht substraat komt de soort voor. Voor wat betreft tolerantie: quaggamossel is beter bestand tegen voedselarmere wateren dan de driehoeksmossel. Als ze dit voedselarme water verder filteren valt te verwachten dat dit zal leiden tot meer doorzicht dan bij filtratie door de driehoeksmossel. Dit kan ook leiden tot een (in eerste instantie) (verdere) toename van de waterplantengroei. Hoewel de quaggamossel zich in Nederland in een aantal aspecten anders lijkt te gedragen dan in Noord-Amerika [Van Emmerik 2014] zijn er ook overeenkomsten. Zo is sterke toename bijvoorbeeld in de zuidelijke randmeren gepaard gegaan met versnelde toename van waterplanten bij relatief hoge fosfaatgehalten (toename van doorzicht door graasbeperking van fytoplankton), met onder meer sterke ontwikkeling van draadalgen ("flab") in plaats van kranswier [Noordhuis & van Geest 2015; Noordhuis et al. in press]. Op plaatsen waar de dichtheden het hoogst zijn (zuidelijk IJsselmeer, Ketelmeer, Eemmeer en Gooimeer) is de vleesinhoud (asvrij drooggewicht) tegenwoordig laag [Bij de Vaate & Jansen 2012; Bouma et al. 2014]. Watervogels reageren voornamelijk niet op de opmars van quaggamosselen met toenemende aantallen of verplaatsingen in de richting van de gebieden met de hoogste mosseldichtheden [telgegevens M. van Eerden, ANT bewerkingen S. van Rijn].

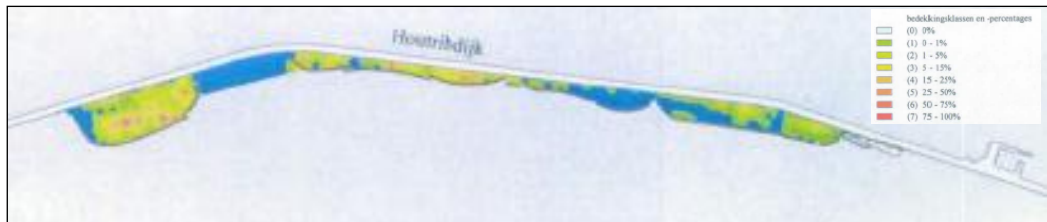
Voor macrofauna zouden temperatuurverschillen de soortensamenstelling kunnen beïnvloeden. Onderzoek heeft al aangetoond dat de quaggamossel beter bestand is tegen extreme temperaturen [Baldwin et al., 2002; Carlton en Johnson, 2000]. In de toekomst zou de quaggamossel dus de concurrentiestrijd met de driehoeksmossel kunnen winnen.

5.5 Luwtestructuren

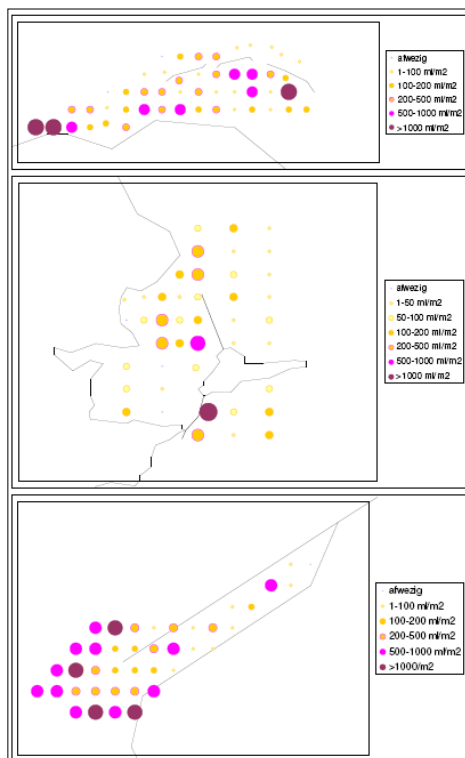
Een luwtestructuur heeft als doelstelling om delen van het meer luw te maken. Situaties waarbij een dam langs een oever wordt gelegd om bijvoorbeeld vooroevers te realiseren of oever te beschermen kunnen ook als neveneffect hebben dat het water daarachter is beschermd tegen de wind en opwervelingen, waardoor het doorzicht toeneemt.

5.5.1 Luwe delen - huidige situatie

In het Markermeer zijn (afgezien van het uitgevoerde veldexperiment) geen bewust aangelegde luwtestructuren aanwezig. Wel zijn er luwe delen achter vooroevers en golfbrekers, bijvoorbeeld bij de Houtribdijk. Achter deze vooroevers is vegetatie zoals scheidfonteinkruid en tenger fonteinkruid beperkt tot ontwikkeling gekomen (Figuur 5-6). De vooroevers liggen vrij dicht op de dijk (100-300 m). Uit de Monitoring bestaande situatie uitgevoerd door Waardenburg in 2010 en 2011 blijkt dat de hoge bedekkingen van kranswier in 2010 achter de hockeysticks en Naviduct ook in 2011 nog aanwezig waren (bedekking kranswier Naviduct 75%).



Figuur 5-6: Waterplantenkartering 2004 – Enkhuizen – Trintelhaven [Smits et al, 2005]

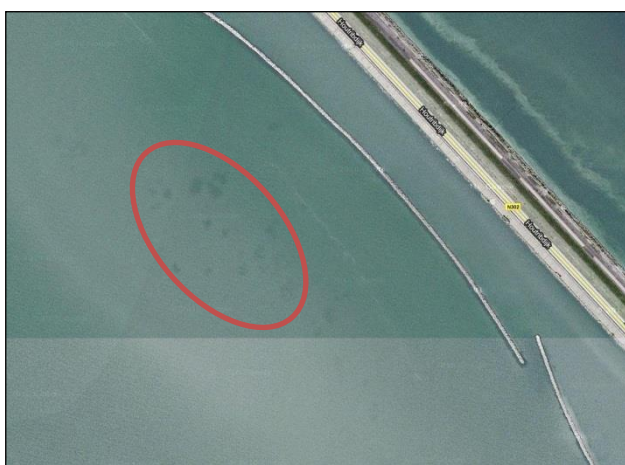


Figuur 5-7: Verspreiding van driehoeksmosselen in luwe gebieden in het Markermeer in 2007 (Muiden, Gouwzee en Pampushaven) [uit: Noordhuis 2009]

In de luwe delen van het Markermeer en IJmeer zijn relatief hoge dichtheden van driehoeksmosselen gevonden, zie Figuur 5-7. Uit veldonderzoek van Bureau Waardenburg [2007] en Bij de Vaate [2012] en data-analyse blijkt dat luwtestructuren goed kunnen werken voor driehoeksmosselen door het voorkomen van opwerveling en bieden van hard substraat waardoor in delen van deze gebieden grotere dichtheden aan mosselen kunnen ontstaan zoals bij Muiden. Waar achter luwtestructuren waterplanten toenemen is echter weinig ruimte voor mosselen, waardoor de totale dichtheden in luwtegebieden niet hoger zijn dan buiten deze structuren. Ook blijkt uit dit onderzoek dat de mosselen in luwtegebieden niet harder groeien dan er buiten [Noordhuis, 2009].

De luwtestructuren kunnen lokaal leiden tot ophoping van slib, en ook op dergelijke locaties kunnen de dichtheden laag zijn (Pampushaven en vaargeulen bij Muiden). Uit de monitoring van bestaande structuren uitgevoerd door Bureau Waardenburg [2011] blijkt wel dat de stenen van de dammen wel als nieuw substraat worden benut.

Verrassend genoeg zijn buiten de dammen (in het open, onbeschutte water) waterplanten gevonden, namelijk klonen van doorgroeid fonteinkruid (Figuur 5-8). Deze planten zijn kennelijk toch bestand zijn tegen de hoge dynamiek met veel water- en sedimentbeweging in dit deel van het meer. Uit ongepubliceerde gegevens [Van Zuidam, pers. med.] blijkt dat doorgroeid fonteinkruid inderdaad aanzienlijk toleranter is, en schuifspanningen van ten minste 1,5 Pa tolereert. Via het gebruik van reservevoedsel uit de ondergrondse delen kan deze soort bovendien de eerste afstand naar helder water overbruggen, waardoor hij grotere dieptes weet te koloniseren dan veel andere soorten. Door de lage dichtheden zijn dergelijke vegetaties echter ecologisch weinig functioneel (en toch hinderlijk voor recreatie).



Figuur 5-8: Luchtfoto vooroevers houtribdijk en met in het onbeschutte deel donkere vlekken gevormd door klonen van doorgroeid fonteinkruid [bron: google earth, pers. med. M.R. van Eerden]

Terwijl het effect op de mosselpopulatie dus beperkt is, bieden luwtestructuren goede kansen voor het stimuleren van een gevarieerde begroeiing met waterplanten. Behalve toename van de hoeveelheid licht achter luwtestructuren kan ook de reductie van de bodemschuifspanning de vestiging van waterplanten stimuleren. ANT onderzoek aan de relatie tussen deze schuifspanning en het voorkomen van kranswier en schedefonteinkruid leverde een tolerantiegrens op van ongeveer 0,9 Pa maximale schuifspanning in het voorjaar [Van Zuidam & Peeters in press]. Reductie onder deze waarde levert een sterke toename op van de kansen voor deze plantensoorten, en dus van een diverse, soortenrijke vegetatie.

Het creëren van meer luwe zones is gericht op realisatie van de gewenste slibgradiënten en de daarmee samenhangende diversiteit in habitats. Sleutelsoorten in het huidige ecosysteem zoals spiering (restant van de oude Zuiderzeepopulatie) en driehoeksmossel (exoot die profijt heeft van onnatuurlijk hard substraat) in het “oude” systeem bestaan bij de gratie van de kunstmatigheid, eenzijdigheid en onvolledigheid van het ecosysteem. In de aquatische zones van luwtegebieden kunnen wel enkele richtsoorten worden aangegeven.

De afname van de golfdynamiek en de afname van het transport van slibrijk water van en naar het luwtegebied verbetert de doorzichtcondities en vermindert de golfbelasting waardoor de vestigingskansen voor waterplanten (mits ondiep) toenemen.

Op de dieptegradiënt ontstaat een zonering met *Zannichellia* en smalbladige fonteinkruiden op de meest ondiepe locaties, dan achtereenvolgens *Chara*-kranswier, sterkranswier (*Nitellopsis obtusa*) en in de diepere delen langstengelige soorten zoals doorgroeid fonteinkruid. De open fonteinkruidvegetaties hebben daarbij waarschijnlijk een andere betekenis dan de gesloten en laag blijvende kranswier-vegetaties. De samenstelling van de vegetatie is in de eerste plaats afhankelijk van het diepteverloop in combinatie met het doorzicht.

De vegetatie vormt een habitat voor ongewervelden en een paai- c.q. opgroei gebied voor vis, met name baars en blankvoorn en op termijn mogelijk limnofiele soorten als rietvoorn en snoek. De laatste is een zichtjager die kan dienen als sleutelsoort, of liever indicator, van een goede kwaliteit van de land-water overgangen.

Mosselpopulaties ontwikkelen zich vooral in de diepere delen waar minder planten staan, waarbij ijle fonteinkruidvegetaties een opgroei habitat vormen voor het broed. Dichte kranswievelden sluiten mosselen echter min of meer uit, evenals accumulatie van slib. De ongewervelde fauna die geassocieerd is met waterplanten is soortenrijk en bestaat uit ongewervelden zoals slakken en waterinsecten. Deze gemeenschap is aantrekkelijk voor foeragerende watervogels, met name herbivoren en omnivoren als meerkoet, tafeleend en krooneend.

5.5.2 Te verwachten ecologische effecten van luwtestructuren

Een luwtestructuur is op te vatten als een structuur die een zone genereert met luwte (afname golfdynamiek) en meer doorzicht en een substraat dat vestigingsmogelijkheden biedt voor organismen. Een luwtestructuur is ook uit te breiden naar een landschapselement waar nog weer andere soorten een thuis kunnen vinden (eiland, landtong, zandplaat, combinatie met strand enz.). Zie voor dat laatste hoofdstuk 6.

De afname van de golfdynamiek en de afname van het transport van slibrijk water van en naar het luwtegebied verbetert de doorzichtcondities en vermindert de golfbelasting waardoor de vestigingskansen voor waterplanten (mits ondiep) toenemen. Monitoring van bestaande luwtegebieden in het Markermeer toont aan dat in veel gevallen inderdaad luwte ontstaat waarin ondergedoken vegetaties ontstaan met een opgroeifunctie voor jonge vis (baars en blankvoorn). Luwtegebieden worden intensief gebruikt als rustgebied door vogels, en als het gebied voldoende schaal heeft kunnen zich omvangrijke ruiconcentraties ontwikkelen (o.a. Kuifeend) (Tabel 5-1). De te verwachten natuurwinst van luwtemaatregelen is in te schatten op basis van vogeldichtheden. In Klinge et al. [2012] zijn enkele scenario's met een gefaseerde aanleg van luwtestructuren in het Markermeer op basis hiervan nader uitgewerkt.

Tabel 5-1: Afhangelijkheid van vogelsoorten, rivierdonderpad en kranswervegetatie met een instandhoudingsdoel (N2000) voor luwe zones

Soorten	Hard substraat (mossels, slakken)	Ondiep water
Aalscholver (broedvogel)		Foerageergebied (vis)
Visdief (broedvogel)		Foerageergebied
Zwarte stern, meervleermuis		Foerageergebied
Dwergmeeuw		Foerageergebied

Lepelaar		
Grauwe gans		Rustgebied
Smient, krakeend, slobeend, tafeleend, meerkoet, brandgans		Rust-/foerageergebied
Krooneend		Rust-/foerageergebied (kranswieren)
Nonnetje, grote zaagbek		Rust-/foerageergebied (vis)
Brilduiker, kuifeend, topper	Foerageergebied	Rust-/foerageergebied (schelpdieren)
Rivierdonderpad	Rust/foerageergebied	
Kranswervegetatie		Groeigebied

Recente bevindingen over de relatie tussen jaar-op-jaar fluctuaties in de gemiddelde bedekking van waterplanten in IJsselmeer en Markermeer en fluctuaties in lichtuitdoving en windsnelheid (resuspensie) suggereren dat de vegetatie in hoge mate gelimiteerd is door licht. In bestaande luwe gebieden met geringe diepte worden de fluctuaties gedempt via stabilisatie door de vegetatie (met name door kranswier). Waterplanten zorgen dus zelf ook voor het vergroten van doorzicht door het dempen van de golfdynamiek. Goijer et al. [2012] bepleiten om zo nodig matten met geweven slierten die waterplanten nabootsen af te rollen en op strategische plaatsen te positioneren (Figuur 5-9). Een sterk positieve reactie van de watervegetatie in een seizoen met weinig wind en lage lichtuitdoving (2010) en de teruggang in het seizoen daarna (bv. Friese Kust) geeft eveneens aan dat de vegetatie licht gelimiteerd is en dus kan worden gemanipuleerd door golfreductie [Klinge et al 2012].



Figuur 5-9: De aanleg van kunstmatige waterplanten op een diepte van 2-3 meter. De verwachting is dat in de loop van de tijd daar natuurlijke waterplanten tussen gaan groeien en zich uitbreiden in de ontstane luwte [bron: Goijer et al., 2012]

Voor luwtedammen geldt dat hierbij vooral rekening gehouden moet worden met de golfdynamiek. Om een geleidelijke land-waterovergang te realiseren is een talud van 1:30 gewenst [Liefveld 2008].

Monitoring van vis in oevergebonden habitats in het Markermeer (MWTL, elektrisch schepnet) laat zien dat de visgemeenschap in deze deelgebieden (baars, blankvoorn, winde) sterk verschilt van die van het open water (spiering en pos). Spiering, in het verleden de sleutelsoort voor visetende vogels, lijkt gebieden met waterplanten in hoge

mate te mijden. Door de habitatverdeling te manipuleren, kan de soortsamstelling van de totale visgemeenschap dus worden beïnvloed

5.5.3 Bijdrage van luwtestructuur aan veerkrachtig systeem

De betekenis van luwe zones is in kwalitatieve termen beschreven en heeft betrekking op waterplanten, ongewervelden, vis en vogels. De aanleg van luwtegebieden is gericht op afname van golfwerking en opwerveling van sediment, op versterking van de gradiënt in doorzicht en toename van de diversiteit aan soorten via ontwikkeling van ondervertegenwoordigde habitats. Via waterplanten en een daarmee verbonden toename van de diversiteit van vis en ongewervelden zullen een aantal aquatisch foeragerende vogelsoorten juist van deze maatregelen profiteren, waaronder een aantal visetende soorten en omnivore soorten die de laatste twee decennia een neergaande trend hebben vertoond.

Opvallend is dat in bestaande luwtegebieden de dichtheden van mosselen in het algemeen relatief laag zijn. Recente inzichten over verandering in de soortsamstelling van het fytoplankton en veranderde interactie met slibdeeltjes [De Lucas Pardo 2014] als mogelijke oorzaak van afname van de mosselen geven aanleiding voor vragen omtrent het nut van reductie van resuspensie voor mosselen. Via luwtegebieden wordt dus vooral ingezet op alternatieven voor de oude sleutelsoorten uit het Markermeer zoals driehoeksmossel en spiering.

Door in te zetten op alternatieven wordt het ecosysteem diverser, gaat het efficiënter met nutriënten om en biedt het meer weerstand tegen verdere nutriëntafname en druk van klimaatverandering en menselijk gebruik. In een diverser systeem zijn bv. vogels tevens minder afhankelijk van “sleutelsoorten” als spiering en driehoeksmossel, doordat alternatieven aanwezig zijn als deze populaties verdwijnen.

Met behulp van het modelleerprogramma HABITAT zijn de effecten van de maatregelen luwtestructuren en grootschalig moerasgebied 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 [Harezlak et al., 2012].

Voor een deel kan dit effect ook worden bereikt in luwe gebieden in of achter het grootschalig moerasgebied of de vooroever Lepelaarsplassen, maar deze maatregelen zijn in de eerste plaats gericht op land-water overgangen.

Terwijl deze maatregelen dus gericht zijn op de compleetheid van het ecosysteem en op kansen voor soorten die nu ontbreken, zijn luwtegebieden van relatief groot belang voor Natura 2000 vogelsoorten met neergaande trends en een anderszins moeilijk te realiseren behouds- of verbeteropgave. Dit wordt bevestigd in Haarman et al. [2012]. In deze verkenning gericht op kostenindicatie van maatregelen voor ANT-soorten wordt aangegeven dat luwtestructuren bepalend zijn met name voor waterplanten en visetende vogels, maar dat beperking spieringvisserij voor visetende vogels ook enorm relevant is.

Een temperatuurstijging als gevolg van klimaatverandering is mogelijk problematisch voor fytoplankton. De combinatie van luwte, 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. Gezien het feit dat de concentraties opgeloste nutriënten al sinds 2004 zo laag zijn (1-4 ug/l) dat de productie van algen in de waterkolom daardoor theoretisch beperkt moet worden (bij <10 ug/l), is de kans op lokale overproductie achter luwte elementen beperkt. Accumulatie van drijvende algen bij rustig weer kan optreden, maar beperking van de kans hierop kan wellicht ook in het ontwerp worden meegenomen.

5.5.4 Locaties en te realiseren areaal voor luwtezones

Verskillende configuraties van luwtestructuren zijn onderzocht met modellering. Recent zijn nog weer scenario's doorgerekend met HABITAT [Harezlak et al., 2012]. In principe kan het hele Markermeer luw gemaakt worden, maar dit wordt beperkt door haalbaarheid. Fysisch gezien zouden langs alle oevers luwtezones kunnen worden aangelegd, en mogelijk zijn deze dan nog effectief ook. Er zullen veeleer ruimtelijke en economische beperkingen bestaan.

De luwtestructuren mogen niet te ver van de kust staan omdat anders de strijklengte van de wind weer te groot wordt en achter de dam alsnog sprake is van opwerveling. Visser [2007] heeft berekend dat golfbrekers tot 1600 m uit de kust een positief effect hebben op het lichtklimaat, waarbij het meeste effect wordt bereikt in de eerste 800 m.

Verder dienen de luwtezones nog een zekere mate van open verbinding te hebben, ten behoeve van een goede waterkwaliteit en eventueel voor toegankelijkheid voor recreatie(vaart) en dergelijke. Haarman et al. [2012] gaan in op het benodigde areaal aan luwtestructuren voor NMIJ-soorten. De conclusie is dat een uitbreiding van 3000 ha helder water zone (Figuur 5-4) wenselijk is met name ten gunste van visetende vogelsoorten.

5.6 Verdiepen

Diepe delen kunnen lokaal zorgen voor helderheid doordat zwevend stof en algen bezinken en verdwijnt uit de ondiepe waterlaag. In diepe delen van meren kan wel thermische stratificatie optreden, met de daarbij behorende voor- en najaarsomkering. In een diepe put is licht limiterend voor algen- en plantengroei.

5.6.1 Diepe delen - huidige situatie

De diepe delen in het Markermeer en het IJmeer zijn de zandwinputten (Pampusputten) en de vaargeulen (Amsterdam – Lelystad). In de jaren '70 en '80 is aan twee proefputten in het Markermeer het optreden van deze stratificatie inderdaad aangetoond [Rijkswaterstaat, 1990]. De stratificatieperiode van de putten varieerde van 3 tot 23 dagen waarbij tijdens de zomer 3 à 4 van deze stratificaties voor kwamen. Voor ontgrondingen in het IJmeer vlak onder de kust (dus beschermt) is een stratificatieperiode van 3-4 maanden gevonden. De diepte van de spronglaag en zuurstofgehalten van hypolimnion zijn afhankelijk van ligging van de put. Gezien de beperkte omvang van de putten ten opzichte van het totale watervolume in het Markermeer had het opheffen van de stratificatie geen effecten op het zuurstofgehalte van het meer [Rijkswaterstaat 1990]. Het is de verwachting dat door klimaatverandering (afname gemiddelde windsnelheid en toename van de zomertemperatuur) er een toename is van de omstandigheden waarbij stratificatie optreedt in de diepe delen van het Markermeer [De Groot *et al* 2011].

Ook is invloed van de taludhelling onderzocht in het onderzoek van jaren 70 en 80, omdat het idee leefde dat bij een minder steil talud stratificatie wellicht niet of minder sterk zou optreden. Er is enig verschil geconstateerd, maar dat was gering. Wel komen de onderzoekers tot de conclusie dat een langwerpige put beter is dan een ronde. Wat betreft zuurstof is de praktijkervaring dat het verzadigingspercentage afneemt tot onder de 50% op een diepte van 5 meter voor putten vlak onder de kust. Voor putten in open water lag deze grens op 20 m diepte.

De diepe putten kunnen optreden als nutriënterval doordat organisch materiaal met het sediment bezinkt en niet meer kan resuspendieren. Anderzijds kan bij najaarsomkering nutriënten die vanuit ingevangen organisch materiaal zijn vrijgemaakt weer beschikbaar komen voor gehele meer.

Tot slot kunnen onder zuurstofloze omstandigheden in het hypolimnion fosfaten uit de bodem vrij komen [STOWA 2010]. In het onderzoek in de jaren 70 en 80 is fosfaat- en stikstofnalevering van de bodem bepaald op 0,20-0,25 gram P/m² putoppervlak en 0,90 gram N/m² putoppervlak [Rijkswaterstaat 1990]. IJzer en sulfaat in de waterbodem spelen ook een rol in de nutriëntenhuishouding door binding van fosfaat aan de waterbodem. Oude veenlagen kunnen een bron van nutriënten zijn; in klei en leem kunnen sedimenten vaak goed worden vastgelegd.

Rond de putranden op de gradiënt tussen diep en ondiep blijkt zich relatief veel vis op te houden. Vissen scholen samen rond de diepe delen om de kans op predatie door roofvis en visetende vogels te beperken. Echter tijdens stratificatie zullen vissen niet beneden hypolimnion voorkomen vanwege te lage zuurstofconcentraties (< 3 mg/l). In de winter is het ook bekend dat vissen in scholen concentreren in de diepe putten om te overwinteren (8 tot 12 m diepte).

Ter hoogte van de Afsluitdijk tussen Breezanddijk en Kornwerderzand in het IJsselmeer zijn nog oude Zuiderzee-getijdengeulen aanwezig. Deze geulen zijn dieper dan de omliggende waterbodem (> 8 m diep). In dit gebied is onderzoek uitgevoerd naar de visstand. Uit dit onderzoek blijkt dat in de winter vissen voornamelijk voorkomen in de diepere (voormalige) getijdengeulen. In de zomer verspreiden de vissen over een groter gebied [Kruitwagen en Klinge, 2008].

Voor vis vormen diepe putten overwinteringsplaats in verband met het relatief warme water (4 °C i.p.v. 1 °C vlak aan oppervlakte). Er is geen eensluidend beeld of dit in de zomer omgekeerd werkt, namelijk dat koude minnende vis zoals spiering het relatief koude water van rond de spronglaag actief opzoekt. De vraag is of ze deze (betrekkelijk kleine) locaties kunnen vinden, er is geen lokstroom van koud water om ze te leiden en mogelijk is het zuurstofgehalte te laag.

Vissen gebruiken diepe putten als overwinteringsplekken in de winter. Rond de putranden op de gradiënt tussen diep en ondiep blijkt zich relatief veel vis op te houden. Vissen scholen samen rond de diepe delen om de kans op predatie door roofvis en visetende vogels te beperken. Visetende vogels zoals aalscholvers en futen profiteren van deze aantrekkingskracht van diepe putten voor pelagische vis. Sommige maken ook gebruik van het puttalud door vis tegen de rand op te jagen. Duikeenden konden in de jaren tachtig en het begin van de jaren negentig in het Markermeer tot 3,5 - 4 m diepte nog efficiënt foerageren op mosselen. Als ze dieper moesten duiken dan wogen de energiekosten voor foerageren niet meer op tegen energie uit het eten [De Leeuw 1997]. De voedingswaarde van de mosselen is echter sindsdien waarschijnlijk verder verslechterd in is nu de laagste van het IJsselmeergebied [Noordhuis, 2010]. Van visetende vogels is wel bekend dat ze gebruik maken van diepe putten met de winterconcentraties van vissen [Van Rijn et al 2004].

Diepe putten bieden geen areaal voor waterplanten omdat in diepe putten veelal teveel sprake is van lichtuitdoving waardoor op de bodem de waterplanten geen fotosynthese meer kunnen doen. Op de bodem van diepe putten komen (ondergedoken) waterplanten dan ook niet voor. Bij het aanleggen van putten op plekken waar waterplanten groeien, zullen herbivore vogels (waaronder N2000 soorten) dit areaal als verlies ervaren. Algen nemen in diepe putten de rol over als primaire producten.

Blauwalgen hebben in geïsoleerde diepe plassen een concurrentievoordeel ten opzichte van groenalgen doordat ze in staat zijn om hun zweefvermogen te reguleren. Voor Markermeer zal dit door grote oppervlakte (en windwerking) minder het geval zijn (menging). Lokale verbetering van het doorzicht als gevolg van de verdieping biedt meer kansen voor fytoplankton om te groeien. Invloed van verhoogde groei van algen voor het gehele Markermeer is afhankelijk van omvang van de putten. Gezien de lage concentraties nutriënten en door uitvloeking met slibdeeltjes [De Lucas Pardo et al. 2015] zal de toename van fytoplankton echter beperkt zijn.

De diepe profundale zones zijn arm aan ongewervelden. In deze zone overheersen de afbraakprocessen en de soorten die daarmee samen hangen (detrivoor, tolerant voor lage zuurstofgehalten) zoals wormen en muggenlarven [Klink 1995]. Voor driehoeks-mosselen zijn diepe putten geen geschikt habitat. Bij de proefputten in het IJsselmeergebied in de jaren '80 is gevonden dat maximum van bodemdieren op het talud van een put wordt bereikt op een diepte van 5 – 10 m. In putten dieper dan 15 m worden geen driehoeksmosselen meer aangetroffen [Van Rijn *et al*, 2004].

Zoöplankton kunnen diepe putten mogelijk gebruiken als refugium omdat vissen zuurstofarme, diepe gedeelte meestal vermijden. Zoöplankton vertoont een dag-nacht migratiepatroon waarbij ze over grote diepte kunnen migreren. Hierbij kunnen ze door de spronglaag heen migreren [STOWA, 2010].

5.6.2 Te verwachten ecologische effecten van verdiepingen

Verdiepingen hebben geen negatief effect op habitatdiversiteit op schaal van het hele Markermeer. Stratificatie zal gedurende beperkte tijd van het jaar optreden, maar door het kleine oppervlak ten opzichte van het Markermeer zijn effecten van najaarsomkering naar verwachting zeer beperkt. Door klimaatverandering zijn er wel vaker omstandigheden waarbij stratificatie kan ontstaan.

Lokaal treden positieve effecten op. Boven de verdieping wordt het water helderder met in het Markermeer 25-50% minder zwevend stof [Van Duin 1992], met een uitstralend effect tot op 2-3 km vanaf de put [Nagel et al. 2000]. Indien de algengroei lichtbeperkt was (maar dit is gezien de lage nutriëntgehalten waarschijnlijk niet meer het geval) kunnen na verdieping eventueel meer algen gaan groeien. Maar het is ook mogelijk dat juist zoöplankton toeneemt doordat ze minder last hebben van slib en waardoor juist graas op fytoplankton toeneemt [Vermij et al. 1992]. Zichtjagers op vis kunnen eventueel profiteren van de nieuwe ontstane gradiënten. Wel kan lokaal verslechtering van omstandigheden optreden voor bepaalde soortgroepen (macrofauna, waterplanten), maar dit kan worden ondervangen door de ligging van de verdiepingen.

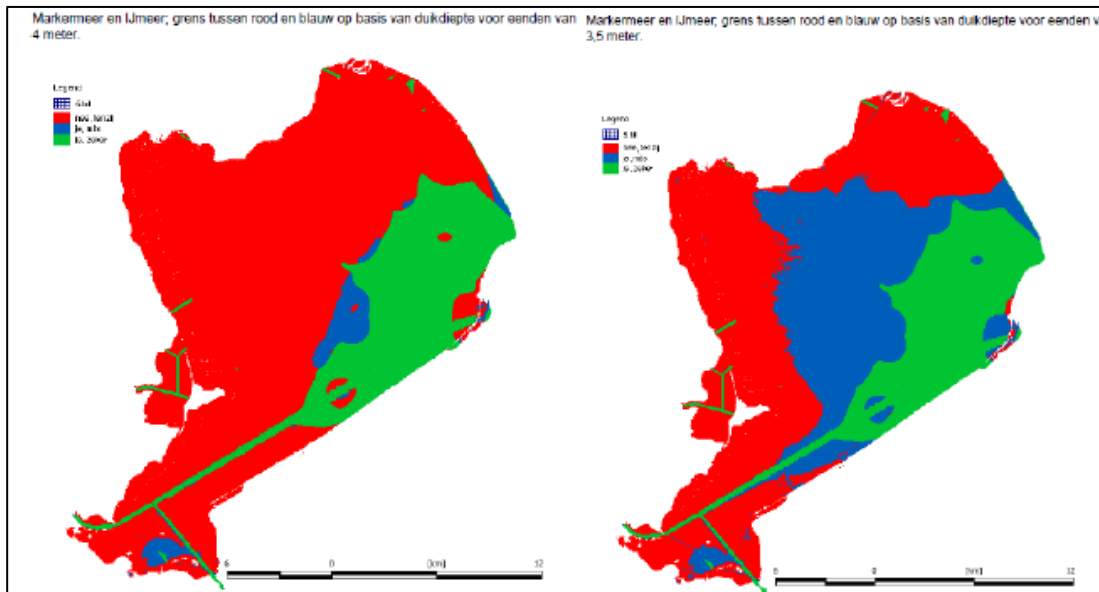
In de winter vormen diepe putten een geschikt overwinteringshabitat voor vis. Vooral in het vroege voorjaar zijn diepe putten daarom ook in trek als foerageergebied voor visetende vogels [Van Rijn et al. 2004]. Putten met een zodanig grote oppervlakte/diepte verhouding dat geen of minder vaak stratificatie optreedt, zijn mogelijk ook in de zomer aantrekkelijk voor koude minnende vis zoals spiering. De randen van putten, waar het water wel koeler is maar het zuurstofgehalte niet te laag, kunnen specifieke natuurwaarden herbergen in de vorm van verhoogde dichtheden van macrofauna of (bij gering omgevingsdiepte) bepaalde waterplanten.

Samenvattend: het meest relevante negatieve effect van de aanleg van nieuwe diepe putten lijkt een verlies van bodemfauna (en planten bij beperkte startdiepte), meest relevante positieve effecten zijn de eventuele overwinteringsfunctie voor vis en de daaraan verbonden foerageerfunctie voor visetende vogels in het vroege voorjaar.

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. 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. Ook wordt 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.

5.6.3 Locaties en te realiseren areaal voor verdiepingen

Verdiepingen worden bij voorkeur niet aangelegd op ondiepe plaatsen waar waterplanten en/of driehoeksmosselen voorkomen. Noordhuis [2011] heeft op basis van waterplanten (max diepte > 2,70 m; >5% bedekking), duikdiepte voor eenden (3,5 – 4,0 m) en biovolume driehoeksmosselen voor Markermeer bepaald wat gunstige en wat minder gunstige locaties zijn voor verdiepingen. Als diepe putten worden aangelegd in een gebied dat begroeid is door waterplanten dan heeft dit een negatief effect op waterplanten en herbivore vogelsoorten. Als de diepe putten worden aangelegd in gebieden met veel driehoeksmosselen dan gaat dat ten koste van de mosseletende soorten.



Figuur 5-10: Kaart met mogelijkheden voor zandwinning in het Markermeer op basis van diepte voor eenden [Noordhuis 2011]

De vorm en oriëntatie van een diepe put moet worden geoptimaliseerd ten opzichte van de overheersende windrichting door de effecten van stratificatie te beperken. Bij toepassen van een diepe put in combinatie met andere maatregelen (bijvoorbeeld in het midden van een moeras of achter een vooroever) ontstaat een relatief gesloten systeem waarbij najaarsomkering lokaal wel een groot effect kan hebben.

Verdiepingen brengen habitats (diepteklassen) aan die nu in het Markermeer ondervertegenwoordigd zijn. Daardoor neemt in principe de robuustheid van het systeem toe. De effecten zijn echter tijdelijk en kunnen mogelijk gepaard gaan met negatieve effecten (diepere putten, stratificatie, lage zuurstofconcentraties en verarming bodemfauna). De effectiviteit is het grootst bij combinatie met luwtemaatregelen en de bijdrage kan op deze manier worden gezien als versterking van de bijdrage daarvan.

5.7 Afdekken slib

Door de bodem van het Markermeer af te dekken met een zwaarder materiaal (zand) kan de slibconcentratie in het Markermeer worden teruggebracht. Zowel de bron van het slib, de continue erosie van de kleibodem, als de resuspensie worden aangepakt. Randvoorwaarde is dat het gebruikte zand ontzilt is en vrij is van nutriënten. Daarnaast dient de zandlaag een minimale dikte van 20 cm en liever nog 25-30 cm te hebben. Deze zandlaagdikten zijn gebruikt in de case studies van de Bergse Plassen en de Kralingse Plas [Deltares 2011], de enige referenties voor deze ingreep. Echter, in de case studie Bergse plassen zijn meerdere maatregelen tegelijkertijd uitgevoerd en met een ander doel dan in het Markermeer. Dit maakt een goede vergelijking van de resultaten met de situatie in het Markermeer lastig. Naast het afzanden is namelijk ook actief biologisch beheer gepleegd (wegvangen van een groot deel van het visbestand), een chemische toeslagstof was toegevoegd aan het bezandingsmateriaal om fosfaatsniveaus uit de bodem te stoppen en externe nutriëntenvruchten werden gereduceerd. De bodem in de Bergse plassen bestaat deels uit veen en deels uit slib, in beide situaties bleef het zand goed op deze lagen liggen.

Doordat het zand bovenop het slib ligt, is er nu meer interactie tussen het zand en het water in plaats van tussen het organische sediment en het water [Van der Wijngaart, 2008]. Het zand bevat geen nutriënten in tegenstelling tot het onderliggende sediment. Hierdoor neemt de interne eutrofiëring af. Bovendien is zand aanmerkelijk zwaarder dan de slib- en kleideeltjes en zal het niet worden opgewerveld, waardoor de hoeveelheid zwevend stof in de waterkolom afneemt en het doorzicht toeneemt [Lamers et.al., 2006]. Aandachtspunt is het proces van bioturbatie door bodemfauna zoals wormen en muggenlarven. Bij een te dunne afdeklag zou echter de bodemfauna mogelijk via bioturbatie kunnen zorgen dat het afdek materiaal snel wegzakt in het systeemeigen materiaal [De Lucas Pardo, 2014].

Een tweede doel is het verbeteren van de habitatgeschiktheid voor mosselen. Door afdekken met hard substraat verbetert het vestigingsklimaat voor mosselen [Anoniem, 1991 en Bij de Vaate, 1991]. Daarvan profiteren indirect weer benthosetende watervogels. De laatste jaren is er een (in het IJmeer een forse) toename van mosseldichtheden door invasie van een nieuwe, nauw aan de driehoeksmossel verwante exoot (quaggamossel) waargenomen in het Markermeer, maar ook in andere grote Nederlandse watersystemen. Deze invasie heeft voor een autonome, natuurlijke toename van “afdek materiaal” (in de vorm van mosselschelpen) gezorgd die wellicht al enig remmend effect op de erosie heeft gehad, maar de bestendigheid van deze ontwikkeling is anno 2015 nog niet duidelijk. Het toedekken van lagen met veel slib en weinig mosselen in de uitgangssituatie kan hoe dan ook aanvullende positieve effecten hebben naast ontwikkeling en groei van mosselbanken.

Het afdekken van de bodem in luwtegebieden kan de verbetering in doorzichtcondities versterken met name in de eerste periode na aanleg van de luwtestructuur. Enige onzekerheid met betrekking tot mosselen bestaat omdat de chlorofylconcentratie waarschijnlijk zal dalen bij reductie van resuspensie. Fytoplankton is in het Markermeer niet licht- maar nutriëntbeperkt en chlorofylconcentraties zijn sterk positief gecorreleerd aan golfhoogte (opwerveling).

De winst voor mosselen hangt dan af van de relatie tussen de daling in chlorofyl en de eventuele verbetering van de verhouding tussen eetbaar en oneetbaar materiaal in het zwevend stof en de eventuele invloed op de soort samenstelling (en eetbaarheid) van het fytoplankton.

De aanwezigheid en vestiging van ondergedoken waterplanten wordt in beginsel beïnvloed door het afdekken. In het zand dat wordt gebruikt om mee af te dekken zitten waarschijnlijk vrijwel geen zaden of delen van planten, dus indien planten zich willen vestigen, moeten zaden of propagulen van buiten worden aangevoerd. Uitvoering van een dergelijke maatregel in de Bergse Plassen, waarbij waterbodemmateriaal uit het Veluwemeer is ingebracht, is overigens weinig effectief gebleken [Deltares, 2011]. Daarbij zijn grote delen van het Markermeer diep, waardoor daar (vrijwel) geen waterplanten aanwezig zijn, behoudens ondiepe zones in de randzones, bijvoorbeeld bij de Gouwzee.

Het is daarmee in eerste instantie aannemelijk dat het afdekken van slibrijke gebieden met zandig materiaal een netto positief effect op de verschillende habitats in het Markermeer heeft. Deze maatregel is echter slechts één keer uitgevoerd en verder heeft er nog geen onderzoek plaatsgevonden naar de effecten van het aanbrengen van zand op een nutriëntenrijke sedimentlaag. Deze maatregel kan dus alleen worden geëvalueerd aan de hand van de case study Bergse Plassen. Bezanding voegt niet veel toe op plaatsen met mosselbanken of plekken waar schelpen zich hebben geconcentreerd, omdat hier al weinig opwerveling plaatsvindt.

6 THEMA VERGROTING HABITATDIVERSITEIT

6.1 Vooroevers en zones met ondiep water

In dit hoofdstuk worden situaties behandeld waarbij een dam langs een oever wordt gelegd om bijvoorbeeld vooroever te realiseren of een oever te beschermen. Bij luwtestructuren gaat het om delen van het meer luw te maken en waarbij ook zones met ondiep water kunnen ontstaan. Deze luwte structuren worden behandeld in hoofdstuk 5.

6.1.1 Vooroevers - huidige situatie

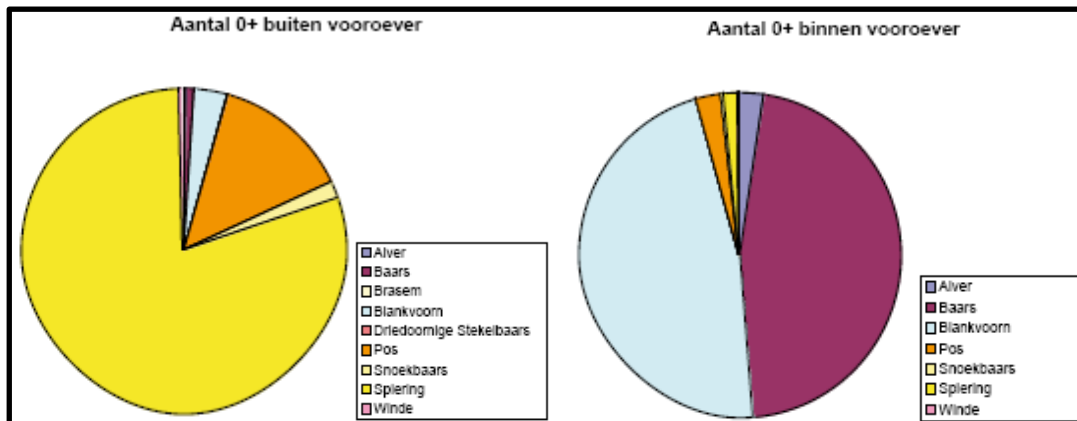
Golfbrekers en vooroevers hebben tot doel de achterliggende structuren te beschermen tegen de eroderende werking van golfslag en kruierend ijs. Daarnaast wordt achter de golfbreker de opwerveling van slib beperkt waardoor de helderheid van het water en daarmee de plantengroei wordt gestimuleerd. In 1992 zijn vooroevers aangelegd langs de Houtribdijk in de vorm van hockeysticks. Doelstelling van de vooroevers was in eerste instantie om de dijk te beschermen tegen golfslag en ijsgang. De vooroevers bestaan uit dammen met daarin openingen naar het Markermeer. De diepte van de vooroevers varieert van < 1 m bij de Houtribdijk tot 1,5 tot 2 m diepte bij de dammen. De vooroevers zijn 1,5-2 km lang en 150-300 m breed. Achter deze vooroevers is vegetatie (beperkt) tot ontwikkeling gekomen (schedefonteinkruid, tener fonteinkruid). De vooroevers liggen vrij dicht op de dijk (100-300 m).

Golfbrekers, slibschermen maar ook ander structuren die in water staan bieden organismen kans deze te koloniseren. In feite bieden ze naast de luwe zones ook nieuwe habitats in het open water. Structuren aangelegd in zout en zoet water hebben positieve uitwerking op de macrofauna, ongeacht het substraat (reef bollen; basalt; schelpen; betonpuin). In het zoete water bieden ze substraat voor o.a. de driehoeksmossel maar voor succesvolle kolonisatie is aanwezigheid van mosselbroed wel noodzakelijk. Voedselrijkdom, slibsedimentatie en predatie zijn factoren die kolonisatie van onderwaterstructuren door driehoeksmosselen kunnen beperken [Liefveld et al, 2008].

Afhankelijk van de locatie en ligging ten opzichte van de overheersende (zuid)westelijke wind en vorm blijken dammen langs oevers in het Markermeer positieve ecologische effecten te kunnen hebben. Binnen de luwte van de onderzochte dammen zijn duidelijk meer ondergedoken waterplanten en visbroed gevonden en iets meer vissoorten (met name kleinere soorten als rivierdonderpad en kleine modderkruiper) dan in het open water. Op de stenen van de dammen zelf komen ook meer mosselen voor dan op de bodem van het open water. Het water is niet per definitie helderder, maar wel minder turbulent bij veel wind. Afhankelijk van de ligging in het Markermeer is er ook een minder dikke sliblaag achter de dammen bij de oevers waargenomen, vermoedelijk door minder aanvoer van slib. Ondergedoken waterplanten in beschut, zeer ondiep water zoals bij het Naviduct (<0.5 meter) zijn wel extra gevoelig voor vraat door watervogels waardoor de bedekking behoorlijk kan fluctueren door het jaar [Evers et al. 2011]

De dammen langs de Houtribdijk waren in 2004 en uitgebreid in 2006 eerder onderzocht [Noordhuis en Van Schie, 2007]. De vergelijking van de resultaten maakt duidelijk dat de ecologische ontwikkeling nog steeds gaande is. Vooral de bedekking van waterplanten (met name kranswieren) neemt nog steeds sterk toe.

Dit geldt echter niet voor het aantal soorten waar eerder een kleine afname in is te zien ten opzichte van 2006. Mogelijk dat de zeer hoge bedekking met kranswieren hier mee te maken heeft (concurrentie). De dam langs de Oostvaardersdijk is pas recent aangelegd en nog niet eerder bemonsterd. Tijdens een eerste kleine inventarisatie bij de dammen aan de Houtribdijk in 2000 [De Vries, 2001] bleken daar ook nog nauwelijks ondergedoken soorten voor te komen. Het is aan te bevelen om de ontwikkeling achter de dam langs de Oostvaardersdijk te blijven volgen.



Figuur 6-1: Soortsamenstelling visbroed binnen en buiten de vooroevers op basis van aantallen [uit: Noordhuis & Van Schie 2007]

De biomassa van vis binnen de vooroevers was hoger dan de visbiomassa buiten de vooroevers. Ook de soortsamenstelling verschilt tussen gebieden binnen en buiten de vooroevers, niet alleen voor juveniele en adulte vis maar ook voor visbroed. Het gebied achter de vooroevers wordt in de zomer gebruikt als opgroei gebied voor jonge vis. Buiten de vooroevers wordt vooral baars gevonden; binnen de vooroevers was dit vooral blankvoorn. Spiering werd niet gevangen binnen de vooroevers, wel buiten de vooroevers. Wat betreft visbroed is het aandeel buiten de vooroevers van spiering en pos erg groot. Visbroed binnen de vooroevers bestaat vooral uit winde en baars. (Figuur 6-1). De vooroevers zorgen voor een groei in waterplanten en daarmee voedsel voor vogels. Soorten die vooral aanwezig zijn, zijn knobbelzwaan, meerkoet en kuifeend. De vooroevers vormen voor de kuifeenden een belangrijk ruigebied.

De totale bedekking van waterplanten binnen de vooroevers liep op tot 18% (15 verschillende soorten). Buiten de vooroevers was de bedekking tot 0,3% (7 soorten). Wat betreft diversiteit en bedekking is de vegetatie in 2006 een stuk verder ontwikkeld dan in 2002 en 2004. Ten opzichte van 2004 is in 2006 de bedekking verviervoudigd en de soortenrijkdom verdubbeld. De luwte (bescherming tegen golven) lijkt voor de groei van de vegetatie achter de vooroever belangrijker dan de helderheid van het water. Overigens zijn luwtegebieden geen garantie voor toename in waterplanten: de luwtegebieden De Waterlandse kust en Polsmaten hebben niet geleid tot meer waterplanten [Bak et al., 2007]. Een mogelijke reden voor de positieve ontwikkeling van de vegetatie in 2006 ten opzichte van 2004 is het zeer slechte doorzicht van het Markermeer in de zomer van 2004. De vegetatie van de vooroevers staat onder druk van begrazing (meerkoet; knobbelzwaan) maar dit lijkt de ontwikkeling van de vegetatie niet in de weg te staan. [Noordhuis & Van Schie 2007].

Tabel 6-1: Vegetatie-opname 2006 vooroevers

Soort	Toestand 2006
Schedefonteinkruid	Handhaving
Tenger Fonteinkruid	Uitbreiding t.o.v. 2004
Zannichellia	Uitbreiding t.o.v. 2004
Aarvederkruid	Uitbreiding t.o.v. 2004
Gekroesd Fonteinkruid	Nieuw t.o.v. 2004
Waterpest	Nieuw t.o.v. 2004
Grof Hoornblad	Nieuw t.o.v. 2004
Klein Kroos	Nieuw t.o.v. 2004
Puntkroos	Nieuw t.o.v. 2004

De locatie en ligging van de dam als bescherming van een oever ten opzicht van de wind zijn erg belangrijk voor de grootte van de ecologische meerwaarde van de dam als het gaat om planten en mosselen (*Dreissena*):

- De dammen langs de Houtribdijk (Hockeystickdammen en die bij het Naviduct) liggen vrijwel dwars op de overheersende (zuid)westelijke wind. Hierdoor is er weinig doorstroming met slibrijk water. Deze doorstroming wordt ook beperkt door de naar de Houtribdijk gebogen uiteinden van de dammen. Achter deze dammen is weinig tot geen slib aanwezig en anderzijds veel waterplanten, met een beperkte dichtheid aan mosselen op en tussen deze planten. Deze dichte bedekking met kranswieren is de oorzaak van de lagere dichtheden aan mosselen achter de dam. De stenen van de dammen en de dijk zelf bevatten hogere dichtheden aan mosselen. Het water is dieper dan bij het Naviduct waardoor de effecten van vraat aan planten door watervogels hier ook minder lijken te zijn.
- De dam langs de Oostvaardersdijk ligt globaal zuidwest-noordoost en is open aan beide zijden. Hierdoor is er veel doorstroming met slibrijk water. Daardoor ligt er een dikke sliblaag en is er veel turbulentie achter de dam. Hierdoor zijn er nauwelijks ondergedoken waterplanten en mosselen. Feitelijk zijn er niet veel meer dan op de referentielocaties buiten de dam. Omdat de dam er pas enkele jaren ligt en gezien de sterke vegetatieontwikkeling die sinds 2004 bij de dammen langs de Houtribdijk heeft plaatsgevonden, zou wellicht in de toekomst ook hier de bedekking met waterplanten nog wat toe kunnen nemen. Gezien de dikke sliblaag en de zeer lage bedekking met ondergedoken waterplanten op dit moment is de verwachting dat dit niet zo uitbundig zal zijn als bij de dammen langs de Houtribdijk. De dam zelf heeft beperkte waarden als groeiplek voor oeverplanten (vooral algemene soorten) en als substraat voor mosselen. Door slibbezinking binnen de dammen zijn lokaal op de stenen minder mosselen aanwezig dan op de stenen in het referentie gebied waar vrijwel geen slib ligt. Bij veel wind lijken vissen de iets luwere wateren vlak achter de dam op te zoeken.

De bedekking met mosselen blijft laag rond de dammen aan de Houtribdijk, al lijkt de gemiddelde grootte wel toe te nemen. Dit komt waarschijnlijk door de opkomst van *Dreissena bugensis* ten koste van *Dreissena polymorpha*. Dat de quaggamossel harder groeit en gemiddeld groter wordt is inmiddels in meer onderzoeken aangetoond [Bij de Vaate, 2011; Bij de Vaate & Jansen 2012].

In de visgemeenschap zijn verschuivingen te zien in met name de biomassa's.

Grotere soorten als brasem, karper en snoekbaars nemen op basis van biomassa een groter aandeel in vergeleken met kleinere soorten zoals baars en blankvoorn (2011 t.o.v. 2006). Deze kleine soorten blijven wel in aantallen domineren. Luwe gebieden met een open vegetatie hebben daarbij hogere dichtheden aan vis in vergelijking met gebieden met zeer dichte (kranswier)vegetaties. De afwezigheid van spiering in de broedvallen in 2011 is opvallend, zeker gezien de zeer hoge aantallen in 2006. Omdat het een vis betreft die in scholen leeft, zou dit ook toeval kunnen zijn, maar verdere achteruitgang van de spiering is niet uit te sluiten. Verder zijn er enkele nieuwe exoten gevonden, waarbij vooral de zwartbekgrondel potentieel een grote impact gaat hebben op het Markermeer (zie hoofdstuk 7.1.2).

De chlorofylconcentraties zijn in 2011 iets lager dan in 2006 en ondanks dat er meer onopgeloste bestanddelen zijn aangetroffen is het doorzicht hierdoor ook wat hoger. Dit geldt voor zowel binnen als buiten de dammen [Evers et al 2011].

6.1.2 Te verwachten ecologische effecten van vooroevers

Een vooroever in een meer kenmerkt zich door de aanwezigheid van een golfbreker opgebouwd uit natuurlijk materiaal of uit stenen met een luwe zone met ondiep water tussen golfbreker en de landzijde. Daarnaast is er vaak ook een land-waterovergang met begroeide, relatief flauwe oevers en eventueel ook onbegroeide, slijkige oevers of platen. De vooroever vertoont overeenkomst met luwtestructuren vanwege de aanwezigheid van een golfbreker en eventueel de aanwezigheid van ondiep water. Een vooroever heeft echter altijd een land-waterovergang in tegenstelling tot de luwtestructuur.

Een vooroever leidt in het Markermeer tot vergroting van de habitatdiversiteit wanneer ondiep water ontstaat dat geschikt is voor waterplanten, als paai- en opgroeigebied voor vissen en als rust- en pleisterplaats voor watervogels. Daarnaast is het positief als er slijkige of zandige platen of stranden aanwezig zijn die geschikt zijn als rust- en foerageerbiotoop voor waadvogels of als broedbiotoop voor bijvoorbeeld sterns. Moerassige vegetaties of ondiep rietland dat tot ontwikkeling komt en fungeert als paai- en opgroeigebied voor vissen en als habitat voor vogelsoorten zoals lepelaar, blauwborst, baardman etc. en hard substraat of dood hout in het water aanwezig is waar driehoeksmosselen zich kunnen vestigen.

Slibophoping achter vooroevers/oeverdammen moet worden voorkomen gelet op negatieve effecten op waterplanten en driehoeksmosselen. Het aanleggen van luwtegebieden waar nu al veel waterplanten groeien, brengt om die reden een (groot) risico met zich mee [Liefveld et al 2008].

De invloed van klimaatverandering en in het bijzonder temperatuurstijging is onderzocht met behulp van het modelleerprogramma HABITAT. 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]. De effecten zijn onderzocht voor de groepen fytoplankton, macrofyten, kranswieren, oevervegetatie, fonteinkruid, driehoeksmossel, quaggamossel, spiering, rivierdonderpad, plantetende vogels, bodemfauna-etende vogels, visetende vogels en fuut.

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 (TBES) rekening dient te worden gehouden met de factor temperatuur.

6.1.3 Sleutelsoort: plantminnende vissen

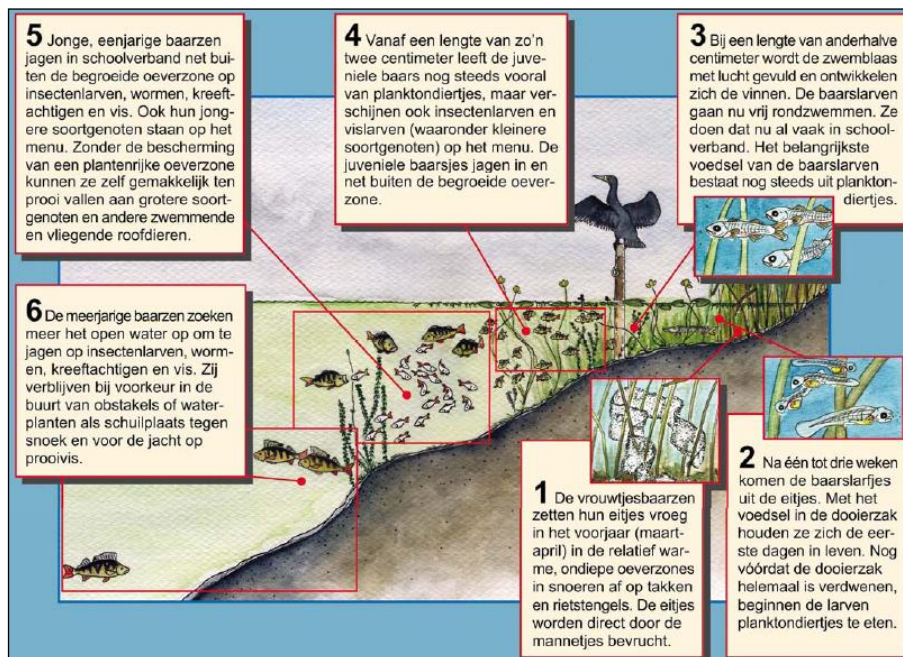
Ondiepe zones met waterplanten bieden goed paai- en opgroei-habitat voor diverse vissoorten in het Markermeer, zoals bijvoorbeeld baars, snoek, blankvoorn. In Tabel 6-2 zijn voor een aantal van de belangrijkste vissoorten in het Markermeer de paaivereisten op een rijtje gezet. Figuur 6-2 en Figuur 6-3 schetsen voor leefgebied van snoek en baars gedurende de levenscyclus.

De heldere zones met waterplanten, voerovers en het grootschalig moerasgebied bieden kansen voor de uitbreiding van de gemeenschappen voor zeelt-kroeskarper, ruisvoorn-snoek en snoek-blankvoorn. De visgemeenschappen van groot open (troebel) water zullen niet verdwijnen met de uitvoering van de natuurherstelmaatregelen. Een groot deel van het Markermeer blijft open water dat relatief troebel is. Deze vissoorten zijn van belang zijn als voedsel voor watervogels met een instandhoudingsdoel.

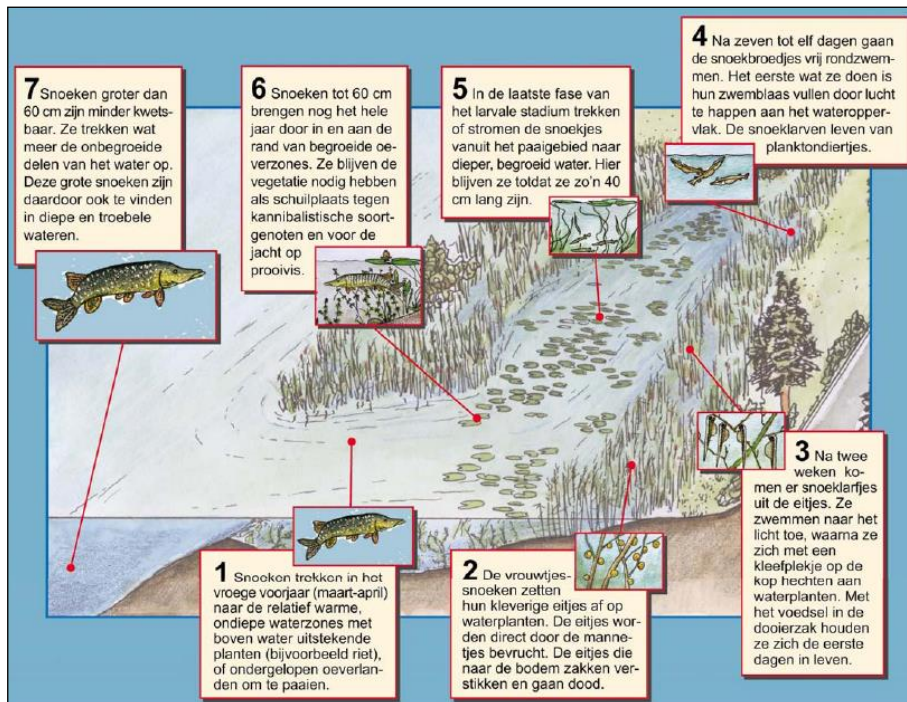
Tabel 6-2: Paaivereisten kenmerkende vissoorten Markermeer [Bron: Sportvisserij Nederland, 2006; Aarts, 2007; Peters 2009; De Laak & Van Emmerik 2006; Kottelat & Freyhof 2007]

Soort	Leefwijze adult	Paai-migratie	Paai-periode	Paai-gedrag	Paai-substraat	Eieren	Embryo's/larven
Rivier-donderpad	Nachtactief; schuilplaatsen tussen stenen en boomwortels	Zeer beperkt	Februari -juli	♂ maakt nestruimte onder steen;	Eitjes afgezet tegen plafond broedhol onder steen	♂ bewaakt/ verzorgt eitjes	Embryo's tussen stenen; larven pelagisch
Spiering (land-locked)	Pelagisch; voorkeur voor water met laag doorzicht ivm ontlopen predatie	Naar oevers	Maart	Afzet eieren 0-17 m diepte; vaak sterfte na paai (korte levenscyclus)	Hard substraat (zand, steen, grind, waterplanten)	Hechten aan substraat; stroming ter voorkoming van verstikking	Larven eten plankton
Baars	Leeft/jaagt in cholen; zichtjager; Adult voorkeur open water	Naar ondiepe, snel opwarmende delen	Maart-mei	Eieren binnen 5 sec na leggen bevrucht	Takken; rietstengels; boomwortels; Stenen	Afgezet in snoeren	Plankton; leven ook pelagisch

Soort	Leefwijze adult	Paai-migratie	Paai-periode	Paai-gedrag	Paai-substraat	Eieren	Embryo's/ larven
Snoek	Solitair; zichtjager jonge snoek jaagt vanuit beschutting; redelijk plaatsgetrouw	Naar ondiep water met emergente waterplanten ondergelopen oeverlanden	Maart-april	Afzet op waterplanten; met intervallen; kan tot 3 dagen duren	Waterplanten; riet. Niet op lisdodde	Eieren zijn gevoelig voor lage of hoge O ₂ en H ₂ S	Hangen aan waterplanten om verstikking te voorkomen
Snoekbaars	Voorkeur troebel water. Neemt rol snoek over in troebel water	Ondiepe oeverzones	April-mei	♂ maakt nest; tussen boomwortel takken/planten	Nest boven harde ondergrond (zand/klei/grind)	♂ bewaakt/verzorgt eitjes; verwijdert slib	Plankton, insecten. pelagisch

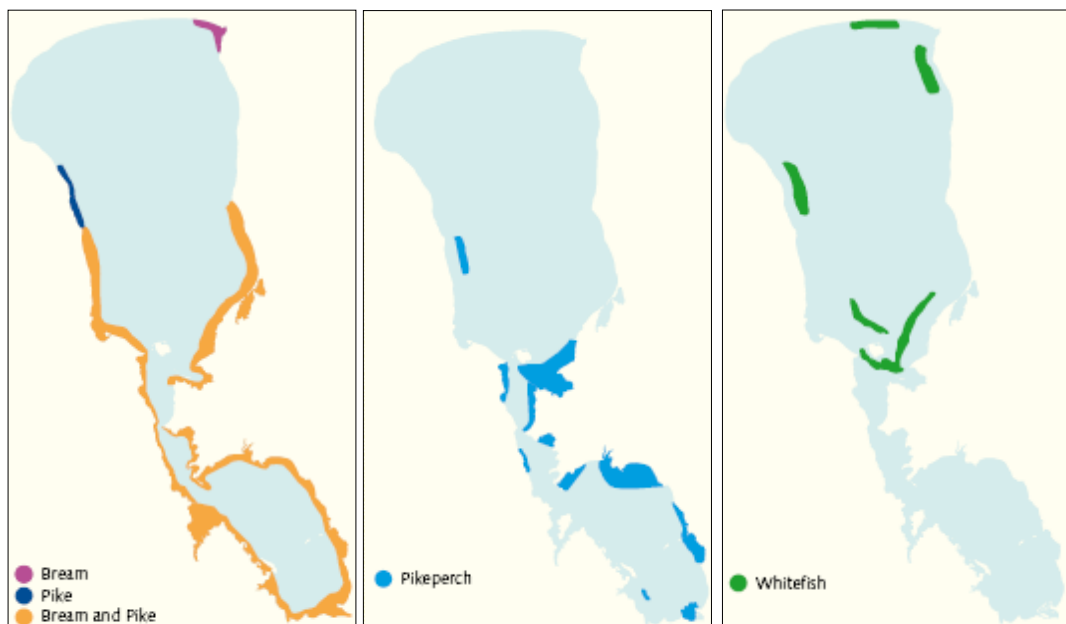


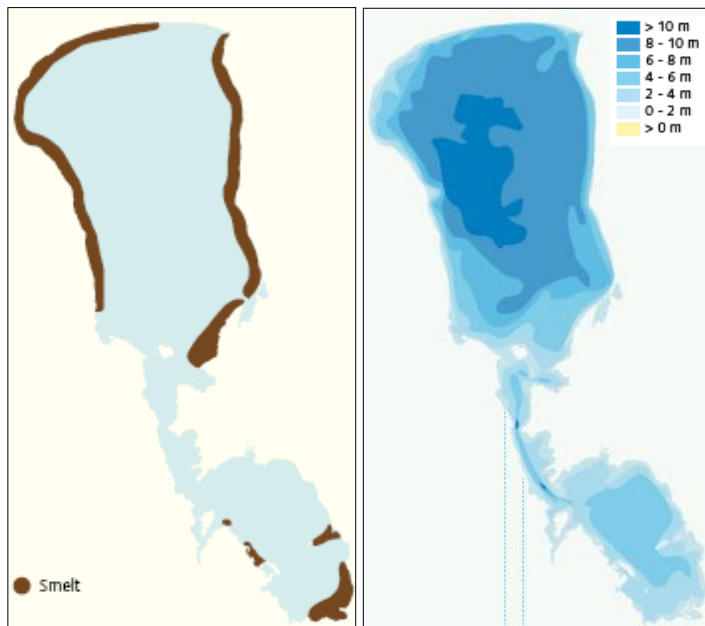
Figuur 6-2: Levenscyclus baars [Sportvisserij Nederland, 2006]



Figuur 6-3: Levenscyclus snoek [Sportvisserij Nederland, 2006]

Figuur 6-4 geeft een overzicht van de paaigronden van de belangrijkste commerciële vissoorten in het Peipsi-meer en het diepte-profiel van het Peipsi-meer. Bijna de gehele oeverzone van het Peipsi-meer is in gebruik als paaigrond voor vis [Van Eerden et al, 2007]. Dit in tegenstelling tot de (harde) oevers van het Markermeer [zie hoofdstuk 7 over vismigratie].





Figuur 6-4: Paaigronden en diepteprofiel voor belangrijkste commerciële vissoorten in Peipsi meer. Bream: brasem; Pike: snoek; Pikeperch: snoekbaars; whitefish: marene; smelt: spiering. [bron: Van Eerder et al 2007]

6.1.4 Bijdrage van vooroevers aan veerkrachtig systeem

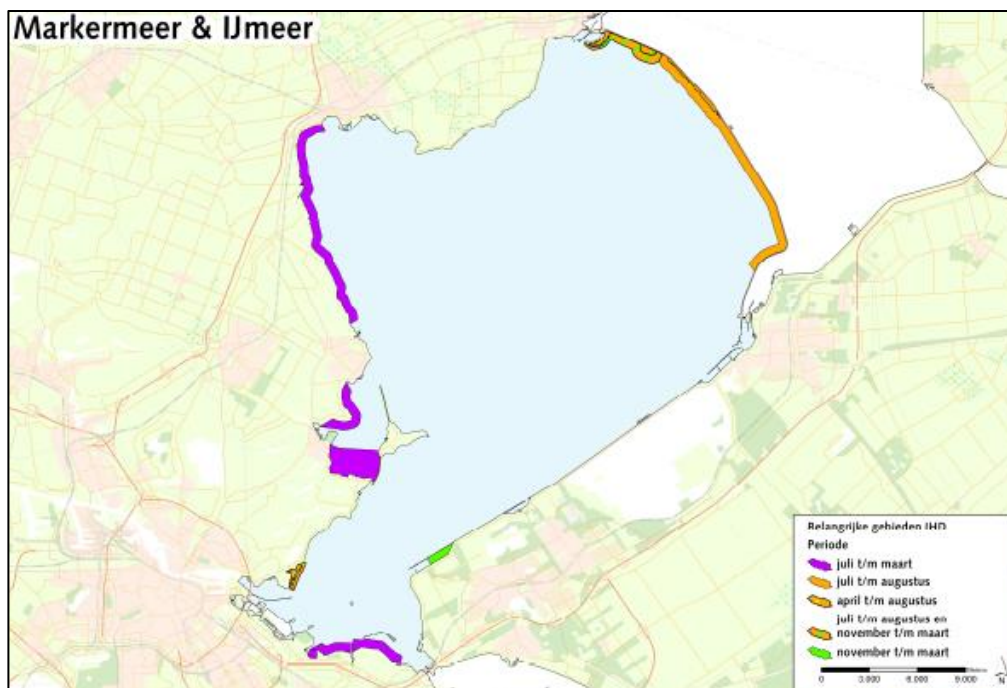
Dammen langs oevers kunnen voor alle onderzochte soortgroepen een (aanzienlijke) toegevoegde waarde hebben ten opzicht van het grote oppervlak openwater. Vooral voor ondergedoken waterplanten en in mindere mate mosselen is het belangrijk dat de dammen dwars op de wind liggen met zo min mogelijk instroming van slibrijk water. Tot slot moet de waterdiepte dusdanig groot zijn dat de vraat door watervogels beperkt blijft. Bij een diepte van circa 2 meter krijgen ook fonteinkruiden weer een voordeel ten opzichte van de (dichte) kranwierden. Dergelijk gebieden hebben ook meer potenties voor (jonge) vis en mosselen.

6.1.5 Locaties geschikt voor aanleg van ondiepe waterzones

Geschiktheid voor aanleg van ondiepe waterzones hangt samen met abiotische kenmerken, ecologische meerwaarde, maatschappelijke haalbaarheid, kosten-baten verhouding en integrale afwegingen. In deze rapportage ligt het accent op ecologische afwegingen. In eerdere visies voor het Markermeer/IJmeer [Zwart *et al* 2008] is aangegeven dat het westelijk deel van het Markermeer al tamelijk ondiep is de gewenste plantengroei kent. Het ontwikkelen van ondiepe waterzones voegt in die zin minder toe aan de natuurwaarde van Markermeer en IJmeer omdat deze er al zijn. Het aanleggen van ondiepe waterzones in diepe, slibrijke delen in oostelijk deel Markermeer zijn qua ecologisch winst interessanter omdat hier geen natuurwaarden zijn.

De bestaande geschiktheid is nader onderzocht in Turlings *et al.* [2009]. Voor het Markermeer zijn de gebieden in kaart gebracht die gedurende verschillende perioden in het jaar van belang zijn voor de instandhoudingsdoelen van het N2000 gebied. De Houtribdijk is een belangrijk ruigebied in het najaar voor met name kuifeenden en futen.

De gehele dijk van Lelystad tot naviduct wordt hiervoor gebruikt maar concentraties zijn het hoogst op het noordelijk deel van de dijk [Turlings et al., 2009]. Langs de kust van de Flevopolder zijn geen belangrijke gebieden met betrekking tot instandhoudingsdoelen gelegen (Figuur 6-5). In de visie voor Markermeer/IJmeer [Zwart *et al* 2008] is met name de Flevodijk ter hoogte van de Lepelaarsplassen als locatie aangemerkt waar een vooroever een toegevoegde waarde kan hebben, omdat hier ook het gemaal Blocq van Kuffeler ligt en met een vispassage een verbinding met het achterland mogelijk wordt.



Figuur 6-5: Ligging van belangrijke gebieden voor instandhoudingsdoelen van het N2000-gebied

Een vooroever kan bestaan uit een luwtestructuur en een ondiepe water- en oeverzone. De volgende leerpunten gesignaleerd in Evers *et al* [2011] zijn van belang voor de aanleg van dammen bij oevers in het Markermeer:

- Dammen langs oevers hebben voor alle onderzochte soortgroepen een (aanzienlijke) toegevoegde waarde ten opzicht van het grote oppervlak openwater. Vooral voor ondergedoken waterplanten en in mindere mate mosselen is het belangrijk dat de dammen dwars op de wind liggen met zo min mogelijk instroming van slibrijk water. Des te minder slibaanwas achter de dam, des te meer planten en mosselen aanwezig kunnen zijn. Voor vissen lijkt de slibrijkdom achter de dam minder relevant, maar in grote lijnen hebben dammen die dwars op de overheersende windrichting liggen (zuidwesten) de hoogste ecologische potenties. Voor kranswieren is een diepte van ca. één meter het meest ideaal (weinig vraat) en een diepte van ca. twee meter leidt tot meer fonteinkruiden. Gebieden met een open vegetatie aan fonteinkruiden hebben meer potenties voor mosselen en (jonge) vis dan dichte kranswiervelden. Een variatie in diepte is dus belangrijk om in alle ecotopen te kunnen voorzien.

- Een luwtestructuur kan dus het voorkomen van mosselen ten goede komen (voorkomen opwerveling; bieden van hard substraat) en leiden tot grotere dichtheden mosselen (Muiden). Echter, als de luwtestructuur tot grote ophoping van slib leidt, verhindert dit de vestigingsmogelijkheden waardoor dichtheden van mosselen lager zijn (Pampushaven, vaargeulen bij Muiden en dam voor de Oostvaardersdijk).
- Locaties met veel oude schelpen hebben meer potentie voor mosselen; ook een wat hardere bodem met zand kan positief effect hebben. Het aanbrengen van dergelijk geschikt substraat in de omgeving van een luwtestructuur zal daarom positief werken op de dichtheid aan mosselen. De dammen zelf hebben in veel gevallen ook dat effect door de aanwezigheid van hard substraat als golfbreker. Dit geldt ook voor substraat zoals palen en basaltblokken die boven een eventuele sliblaag uit steken.

De oeverzone in een vooroever biedt de mogelijkheid voor ontwikkeling van emergente vegetatie. Riet vestigt zich alleen spontaan uit zaad bij periodieke (eens per 3-10 jaar) langdurige droogval in de zomer. Andere helofyten zoals Lisdodde kunnen zich wel vestigen onder permanent natte condities. Is riet gewenst bij een gefixeerd (tegennatuurlijk) peil dan is alleen planten van riet een optie. Deze aanplant kan bij te kleine schaal vervolgens bedreigd worden door ganzenvraat, afhankelijk van de waterstand tussen de planten. Zonder inundatie vindt verruiging plaats naar wilgenbos.

In dit wilgenbos kunnen zich na verloop van jaren Aalscholvers vestigen, waarna bij kleinschalige aanleg relatief grote veranderingen in de aard van het gebied optreden (Trintelhaven). Gebruik van zacht materiaal voor de verondieping kan vervanging van riet door Grote Lisdodde betekenen.

In 2013 is een pilot voor het grootschalig moerasgebied aangelegd in het oostelijk deel van het Markermeer in de nabijheid van de Houtribdijk.

6.2 Grootschalige land-water overgangen en moeras

6.2.1 Land-waterovergangen en moeras - huidige situatie

Grootschalige land-waterovergangen zijn momenteel niet aanwezig in het Markermeer. Op klein schaalniveau geeft de hockeystick bij het Naviduct een beeld van een kleinschalige land-waterovergang. Natuurlijke oevers en randen van moerassen langs oppervlaktewater zijn van groot belang voor vissen en vogels. Luwe zones vormen paai- en opgroeigebieden voor vissoorten van helder en plantenrijk water (o.a. snoek, kleine modderkruiper en ruisvoorn) of zuurstoftolerante vissoorten (zeelt en kroeskarper). Moeraszones bieden geschikt biotoop voor moeras- en rietvogels. Daarnaast biedt het grootschalig moerasgebied rust-, rui- en broedplekken bieden voor watervogels. Door uitbreiding van het areaal oeverzones kan het voedselaanbod worden vergroot. Daarnaast kunnen amfibieën en reptielen hier leefgebieden vinden (rugstreepad, ringslang).

Ook de Oostvaardersplassen geven een beeld van hoe grootschalige land-waterovergangen eruit kunnen zien op voormalige Zuiderzeebodem. Door droogval van oeverzones eens in de zoveel jaar wordt de begrazing door watervogels beperkt en kan de groei van helofyten weer worden gestimuleerd. Het waterbeheer van de Oostvaardersplassen is op dit principe gestoeld [Vulink et al 2009].

Van Eerden et al. [2007] hebben het Peipsi-meer en het Vörtsjärv-meer op de grens van Estland en Rusland bestudeerd als referentie voor het IJsselmeergebied. Hieruit is een omvang van 4.500 ha grootschalig moerasgebied afgeleid waarvan 50% plasdras, 15% slik, 20% ondiep water en 15% overige habitats.

Ondiepe delen langs de oevers kunnen geschikt leefgebied vormen voor driehoeksmosselen. Het gaat om de plekken waar door waterbeweging voedsel wordt aangevoerd en er geen slibdeeltjes sedimenteren. Naast driehoeksmosselen komen in een meer ook andere soorten macrofauna voor. De overgangen land-water met waterplanten zijn rijker aan macrofauna dan de pelagische zone. En dan met name als het gaat om grotere prooidieren zoals slakken, vlokreeften, kevers en wantsen [Ecofide 2012]. Deze soortgroep kan daarmee een extra schakel betekenen in de voedselketen. Ze vormen in de oeverzone een voedselbron voor vogels en vissen en defragmenteren plantenmateriaal, waarmee ze aan het decompositieproces deelnemen [Balkema et al., 2010]. Deze groep zou een (lokale) achteruitgang van Driehoeksmossel als stapelvoedsel voor vogels en vis voor tenminste een deel kunnen compenseren. Daarnaast zullen ook andere vogels waaronder rallen, reigers en steltlopers hierop reageren.

Het moeras kan de waarden van het open water ondersteunen, waardoor de voedselrijkdom van het gehele gebied beter te benutten is door vogels. De oevers vormen namelijk extra rust- en broedgebied voor vogels. Ervaringen met de Kreupel onderbouwen laten zien dat aanleg van rust- en broedgebied voorziet in een behoefte. Hierdoor ontstaat een robuuster systeem. Daarnaast kan een grotere habitatdiversiteit zorgen voor meer diverse fauna, waardoor het systeem minder afhankelijk wordt van enkele sleutelsoorten zoals spiering. Negatieve trends bij visetende vogelsoorten door slecht stuurbare processen als klimaatverandering kunnen dan bijvoorbeeld worden gecompenseerd door een meer divers prooiaanbod. Het grootschalig moerasgebied zou kunnen functioneren als is een hydrologisch open systeem, waardoor vissen hun gehele levenscyclus in het Markermeer kunnen volbrengen.

Naast het peilverschil bepaalt de morfologie van het waterlichaam (taudhelling) hoeveel oppervlakte beschikbaar komt en voor hoe lang dit voldoet aan de optimale omstandigheden [Belgers & Arts, 2003]. Naast riet kunnen ook andere oeverplanten gaan groeien bij droogval (bv lisdodde). Welke plantensoorten dit zijn hangt af van de exacte omstandigheden tijdens het droogvallen. Daarbij is natuurlijk van belang welke zaden en andere propagulen (zoals stukjes wortel) aanwezig zijn. De verschillende soorten hebben een andere respons op droogval. Het moment van droogvallen is cruciaal. Kiemplanten hebben 1-2 maanden droogval in de zomer nodig om succesvol te vestigen, zij verdragen overstroming slecht [Vermaat, 2002].

De dynamische processen kunnen een duurzame instandhouding van het ecologisch systeem garanderen en het grootschalig moerasgebied versterkt de ecologische connectiviteit tussen het Markermeer en IJsselmeer als het aan weerszijden van de Houtribdijk is gesitueerd [Tauw, 2010].

6.2.2 Sleutelsoort: riet

Riet kan uitgebreide vegetaties vormen, andere oeverplanten verdringen en het karakter van een oeverzone sterk bepalen. Emergente vegetatie die in het water staat zoals riet is van bijzondere betekenis voor o.a. vispaai en moerasbroedvogels (grote karekiet).

Het sleutelproces voor riet is peilfluctuatie. De peilfluctuatie remt verlanding doordat strooisel wegspoelt bij hoog water, en houdt open water en een boomloos moeras in stand. Door kieming van oeverplanten bij laag water komt een geleidelijke land-water overgang tot stand. De waterpeilfluctuatie vond van nature onder meer plaats door (seizoensgebonden) fluctuaties in de toestroom van rivierwater, getij en op- en afwaaiing. Verschillen tussen droge en natte jaren hadden daarbij grote invloed op de vegetatie-ontwikkeling. Tegenwoordig resteert alleen een afgezwakte mate van op- en afwaaiing, terwijl verschillen tussen jaren nagenoeg ontbreken. Daarom moet meestal beheerd worden voor de ecologisch gewenste peilfluctuatie. Begrazing of maaibeheer is dan van belang voor het open blijven van het landschap (geen verbossing) en voor het behoud van “waterriet”.

Voor een aantal soorten vogels die voorkomen in rietzones in de noordelijke Randmeren (roerdomp, purperreiger, snor, grote karekiet, porseleinhoen en rietzanger) is een analyse uitgevoerd naar stuurfactoren [Van der Hut et al., 2008]. De belangrijkste factoren zijn:

- breedte waterrietzone;
- rietareaal met water op maaiveld;
- aanbod overjarig riet.

Deze factoren worden beïnvloed door het smaller worden waterrietzones, verdroging van rietvelden, opslibbing van de oeverzone en niet goed uitgevoerd beheer en onderhoud.

Voor natuurwaarden (met name rietvogels) is de aanwezigheid van overjarig riet van belang. Het is dus zaak om niet jaarlijks al het riet te maaien. Voor sommige broedvogels die al vroeg in het jaar beginnen met broeden is het belangrijk niet te ver in het voorjaar door te gaan met maaien en/of branden [Vogelbescherming Nederland, 2008].

Voor riet en oevervegetatieontwikkeling kunnen de volgende uitgangspunten gehanteerd worden:

- Waterdiepten groter dan 100 cm zijn niet bevorderlijk voor goede groei van waterriet [Clevering, 1999]. In de zomer is droogval nodig in het waterriet voor goede vegetatieve vermeerdering [Belgers en Arts, 2003]. Dit levert een maximale waterschijf op van 100 cm in het diepste deel van de oever.
- In de maanden mei en juni moet het waterpeil net onder de waterbodem liggen ten behoeve van de kieming [Belgers en Arts, 2003].
- In de zomermaanden moet de waterbodem in de waterrietzone verder droogvallen voor goede vegetatieve vermeerdering [Belgers en Arts, 2003].
- Het voor riet geschikte deel is met name afhankelijk van het verschil tussen maximaal en minimaal peil.

Ontwikkeling van rietmoeras kan op verschillende manieren. De meest natuurlijke is via spontane kieming. Dit blijkt echter in veel gevallen problematisch. Andere mogelijkheden zijn vegetatieve vermeerdering of het inzaaien en/of aanplanten van riet.

Voor kieming van riet is de aanwezigheid van drooggevallen, littorale zones een vereiste. Riet kiemt het best op vochtig sediment/met water verzadigd substraat [Clevering 1999]. Op minerale grond is het kiemingspercentage groter dan op venige grond. De droogval moet lang genoeg zijn om de kiemplanten voldoende robuust te laten worden zodat ze tegen enige waterbeweging kunnen. De kiemplantjes mogen niet overstromen [Coops 1996], en het is dus belangrijk dat het waterpeil na droogval niet te snel stijgt [Clevering 1999]. Dit vergroot de kans op kieming van riet. De vereiste frequentie van droogval ligt vermoedelijk in de orde grootte van eens in de 3 tot 10 jaar. Rietzaad lijkt hogere temperaturen nodig te hebben (20 °C) voor kieming en is gevoelig voor stratificatie en dag-nacht fluctuaties in temperatuur.

In situaties waarbij het waterniveau het gehele jaar constant wordt gehouden of zelfs in de zomer verhoogd wordt, zal er geen generatieve vermeerdering van riet optreden. Succesvolle vestiging onder water is dus grotendeels beperkt tot soorten die ook goed kiemen onder water zoals kleine lisdodde en mattenbies. Wordt het waterpeil structureel verlaagd, waardoor de littorale zone blijvend droogvalt, dan zal er op den duur verruiging van de vegetatie optreden. Op die plaatsen waar door een stabiel waterpeil geen generatieve vermeerdering kan plaats vinden, zijn helofyten afhankelijk van vegetatieve vermeerdering. Dit gebeurt meestal via klonale uitbreiding [Belgers & Arts, 2003].

Riet kan in principe ook worden ingezaaid. Maar voor de kieming, vooral van riet, is langere tijd droogvallen noodzakelijk. Omdat dit vaak niet gegarandeerd is, wordt inzaaien afgeraden. Aanplanten kan op diverse manieren, dit gaat vaak sneller dan via zaad. Enkele methoden zijn: aanbrengen van zoden, kluiten of pollen, verspreiden van wortelstokken of stekken, plaatsen van uit zaad gekweekte jonge plantjes en aanbrengen van matten met voorgekweekte planten. Als ook grond aangebracht moet worden, kunnen delen van wortelstokken door de te storten grond worden gemengd [RWS/DWW, 1998]. Uit ervaringen met het aanleggen van helofytenfilters [Anonymus, 2010 en referenties hierin] blijkt dat de weersomstandigheden tijdens en na planten het resultaat mede bepalen. De waterstand en stroming zijn van invloed op de ontwikkeling van de vegetatie. Biezen en Lisdodden kiemen ook onder water. Overige soorten kiemen alleen op nat substraat. Bij de aanplant moet het water dus minder diep zijn dan bij een ontwikkelde vegetatie. Bij een waterstand hoger dan 50 cm zal riet geen nieuwe scheuten meer vormen, waardoor de vegetatie minder dicht wordt. De stroomsnelheid mag niet te hoog zijn (<0,7 m/s) om fysieke schade aan de planten te voorkomen. Daarnaast kan het van belang zijn om gedurende de eerste drie maanden van de ontwikkeling van de rietvegetatie de groei van onkruid te bestrijden door het waterpeil op 5 cm te houden. Vraat door watervogels kan eveneens worden bestreden door een niet te laag waterpeil aan te houden. Naast onkruid en vraat kunnen ook insecten, zoals de grote en kleine rietstengelboorder (*Brachmia inornatella* en *Chilo phragmitella*) en wortelstokboorder (*Rhizodra lutosa*), de vitaliteit van het riet aantasten.

Wetterskip Fryslân raadt aan om bij aanplant van riet liefst kluiten in plaats van stekken te gebruiken en liefst materiaal uit de omgeving [Claassen, 2008].

Bij stekmateriaal moet ook gelet worden op de ondergrond waarop die stekken zijn getrokken (die moet overeenkomen met de locatie van uitplanten). Dit wordt ook onderschreven door Belgers & Arts [2003]. Zij geven aan dat uit onderzoek blijkt dat de reactie van rietplanten op veranderingen in klimaat, hydrologie en zouttolerantie berusten op genetische oorsprong. Het is dus belangrijk bronmateriaal van een vergelijkbaar gebied te gebruiken.

Riet kan in principe op vrijwel alle bodemsoorten tot ontwikkeling komen. Een aandachtspunt vormt de kwaliteit van eventueel op te brengen grond. Deze moet van goede kwaliteit zijn (let op (ijzerbonden) fosfaat in verband met mogelijke interne eutrofiering). Onder die omstandigheden doet riet het niet goed [Lamers et al., 2005]. Uit ervaring van Landschapsbeheer Zuid-Holland [Landschapsbeheer Zuid-Holland, 2008] blijkt dat op plaatsen waar enkel bagger is gebruikt die bij de aanleg niet ver boven het water uitkomt, de begroeiing blijft steken in het stadium met grote lisdodde. Vermoedelijk zijn zuurstofgebrek, chemische processen die in de bagger plaats vinden en het ontbreken van structuur in de bodem de belangrijkste factoren die rietgroei tegengaan. Verder is onderhoud op dergelijke plaatsen nauwelijks mogelijk, terwijl het 's winters maaien van de vegetatie juist de groei van riet bevordert. Voor herstel van rietzones in de noordelijke Randmeren worden door Van der Hut et al [2008] drie aanbevelingen gedaan:

- minimale breedte van overjarige rietzomen van 50 m;
- achtjarig cyclisch maaibeheer op minimaal 50% van het rietareaal met delen die tot 7 jaar oud worden;
- gedurende voorjaar en zomer water aanwezig op maaiveld met cyclisch beheerd riet.

6.2.3 Karakterisering van grootschalige land-waterzone

Landwaterovergangen zijn te realiseren met vooroevers maar vooral ook met ontwikkeling van (grote) moerassituaties. Een grootschalig moerasgebied heeft niet de betekenis van oeroud of oorspronkelijk. Met grootschalig moerasgebied wordt de basisvorm of eerste stadium in moerasvorming bedoeld. Uit het eerste stadium grootschalig moerasgebied kunnen verschillende typen moeras tot ontwikkeling komen leidende tot laagveenmoeras, broekbos, hoogveen, enz.. Maar het grootschalig moerasgebied kan ook in stand blijven en zich niet verder ontwikkelen [Van Wirdum, 1984]. Deze vorm van moeras kan als een grootschalige land-waterzone onder bepaalde omstandigheden (waarbij het systeem vaak wordt teruggezet naar pionierstadium) langdurig aanwezig zijn. Dit is de vorm die hier wordt bedoeld.

Een grootschalig moerasgebied is als volgt te kenschetsen:

- voldoende groot oppervlak om ruimte te bieden aan dynamische processen en vogelkolonies;
- ver van menselijke invloed ten behoeve van rust;
- meer water (ondiep, plasdras) dan land;
- water en moeras met kleiige bodem (voedselrijk);
- nog geen (voltooide) verlanding, dus nog geen veen of veenvorming;
- visrijk en rijk aan water- en moerasvogels;
- dynamiek, bv. overstroming waardoor habitats ook temporeel kunnen zijn;
- opbouw (pioniermilieus) en afbraak;
- bij uitstek in delta van grote rivieren.

Een grootschalig moerasgebied heeft een zodanige diepte-oppervlakteverdeling in relatie tot het waterpeil dat er een verscheidenheid bestaat aan habitats die langdurig plasdras, doorwaadbaar of ondiep zijn en aan natuurlijke oeverzones waarvan de totaallengte zeer groot is. De overgangen tussen land en water zijn zeer geleidelijk zodat gering peilverschil al groot effect heeft.

Tabel 6-3: Bouwstenen voor grootschalige land-water overgangen

Bouwsteen	Niveau (m) t.o.v. winterpeil	Aanvulling of opmerking
Plasdras	0 tot - 0,5	Waadzone (langdurig onder water) die begroeid raakt met vooral oeverplanten
Oeverzone	0 tot -2	Overgang tussen plasdras en ondiep water of kreek
Geul of kreek	0 tot -2	Ondiep water, maar lijnvormig gelegen in plasdras zone
Slik of plaat	0,3 tot -0,3	Geëxponeerd en daardoor in tegenstelling met plasdraszone niet of weinig begroeid
Open water	-0,5 tot -2	Indien lijnvormig, zie dan geul of kreek

Zacht substraat is makkelijker te begroeien door planten. Dit is nadelig voor kale grondbroeders, maar weer geschikt voor ander soorten. Nadeel van zacht substraat is dat dit makkelijker wordt weggeslagen en dat dus bescherming nodig is de vorm van een vooroever of fixatie met behulp van hard substraat. Dit gaat dan wel ten koste van de land-waterovergang. Voedselrijk substraat zorgt voor een snellere vegetatieontwikkeling dan voedselarm substraat zoals zand. [Liefveld et al, 2008] Masten, paaltjes e.d. bieden predatoren uitkijkplaatsen en beïnvloeden daarmee predatiedruk, o.a. op broedende vogels. [Bak et al, 2007; Liefveld et al, 2008].

6.2.4 Sleutelsoort: ganzen

De grauwe gans is in Nederland zowel broedvogel als wintergast. Aan het eind van het voorjaar verzamelen zich grote ruiconcentraties in de Oostvaardersplassen in Zuidelijk Flevoland. Tijdens de rui wordt vooral gefoerageerd op riet, terwijl vlak ervoor en vlak erna ook veel op gras wordt gefoerageerd. Daarnaast kunnen op verschillende plaatsen in Nederland ruiconcentraties worden aangetroffen, vooral in de Gelderse Poort, op de Ventjagersplaten en op de Maasplassen. De eerste trekkers concentreren zich in augustus vooral in de grootschalige landbouwgebieden, zoals het Lauwersmeer en de Flevopolders, waar vooral op stoppelvelden wordt gefoerageerd. De grootste aantallen worden in oktober-november gezien, met belangrijke concentratie in het Lauwersmeer, Zuidwest-Friesland, de IJsseldelta, Zuidelijk Flevoland en het noordelijke Deltagebied, waar voornamelijk op stoppelvelden en oogstresten van suikerbieten wordt gefoerageerd. In november vindt massale wegtrek plaats, maar langs de Westerschelde blijven grote aantallen overwinteren. Hier wordt voornamelijk gefoerageerd op ondergrondse knollen of worteldelen van zeebies, zeeaster, riet of lisdodde, maar ook wel op grasland en kwelders. De slaapplekken bevinden zich tot op enkele tientallen kilometers van de foerageergebieden, op zoet of zout water, zand- en modderbanken.

De ervaringen in de Oostvaardersplassen hebben geleerd dat de grauwe gans te benoemen is als een sleutelsoort voor het aan te leggen grootschalig moerasgebied in het Markermeer.

Vraat door grauwe ganzen heeft grote invloed op het areaal aan moerasplanten en leidt tot inkrimping van de helofytenzone. Eventueel kunnen enclosures worden aangelegd wanneer ganzenvraat een probleem vormt [Anonymus, 2009].

6.2.5 Locaties geschikt voor aanleg van land-waterovergangen

Grootschalige land/waterovergangen zijn op meerdere plaatsen in het Markermeer en in meerdere vormen te ontwikkelen. Het kan ontwikkeld worden als een langgerekte moeraszoom langs de Houtribdijk of langs de Oostvaarderdijk. Denkbaar is een eilandvorm of als eilandcomplex (archipel) in het open water; vergelijk de Biesbosch vóór 1970. Een ontwikkeling langs de Houtribdijk en zodanig uitstekend het water in, dat de circulatiestroom van slib in het open water wordt verkleind, heeft bij meerdere partijen de voorkeur. Voor het Markermeer zijn de gebieden op kaart gezet die gedurende verschillende perioden in het jaar van belang zijn voor instandhoudingsdoelen van het N2000 gebied. Deze liggen deels langs de Houtribdijk (zie hoofdstuk 6.1.5 en Figuur 6-5)

De Houtribdijk is een belangrijk ruigebied in het najaar voor met name kuifeenden en futen. De gehele dijk van Lelystad tot het Naviduct wordt hiervoor gebruikt maar concentraties zijn het hoogst op het noordelijk deel van de dijk [Turling et al 2009]. Langs de kust van de Flevopolder (o.m. locatie vooroevers Lepelaarsplassen) zijn geen belangrijke gebieden met betrekking tot instandhoudingsdoelstellingen gelegen.

Het westelijk deel Markermeer is ondiep en heeft plantengroei. Aanleggen van grootschalige land-waterovergangen in dit gebied voegt in die zin weinig toe aan de natuurwaarde van Markermeer en IJmeer omdat daarmee de bestaande natuurwaarden verloren gaan. Het aanleggen van land-waterovergangen in diepe, slibrijke delen in oostelijk deel Markermeer zijn qua ecologisch winst een stuk interessanter: geen waterplanten, diep water, geen mosselen dus geen natuurwaarden die verdwijnen door de aanleg van een grootschalig moerasgebied.

Het moeras heeft een 'eigen plek' in diverse visies met uiteenlopende status. In de kustvisie van Lelystad (nog niet aangenomen door de raad) neemt een moerasontwikkeling een belangrijke plaats in. De locatie van de pilot valt binnen de projectie van het moeras zoals opgenomen in de kustvisie. In een visie van o.m. Natuur en Milieu Flevoland, Natuurmonumenten en Staatsbosbeheer op het 'Nationaal Waterpark IJmeer en Markermeer' is ook sprake van de ontwikkeling van een moeras. Ook deze ontwikkeling is geprojecteerd op de beoogde locatie van de pilot. Het in 2012 gelanceerde initiatief van Natuurmonumenten voor de Markerwadden maakt ook een keuze voor de Houtribdijk.
zijn.

6.2.6 Te verwachten ecologische effecten van land-waterovergangen

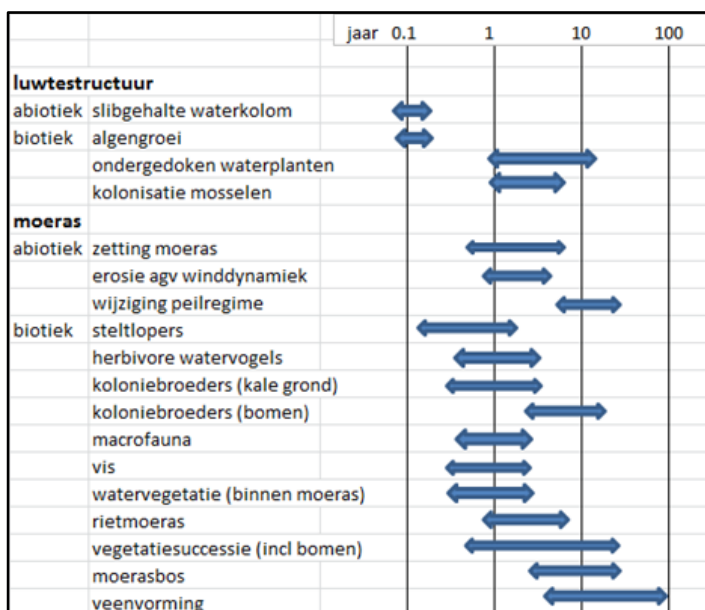
Het grootschalig moerasgebied draagt bij aan het vergroten van de habitatdiversiteit in een meer-ecosysteem. Een grootschalig moerasgebied kan bij voldoende omvang (enige duizenden hectares) naar voorbeeld van de Oostvaardersplassen, een bronfunctie voor moerasdieren naar omliggende gebieden vormen. Het grootschalig moerasgebied bestaat in ieder geval uit kleine tot grote plasdraszones met moerasplanten of riet.

Deze plasdraszones zijn omgeven met ondiep water en doorsneden door geulen of kreken, waardoor er veel oeverlengte is. In het water zijn slikken of platen aanwezig. Eilandvorming is gunstig voor vogels vanwege afwezigheid predatoren (rat, vos, marters). Tenminste een deel van het grootschalig moerasgebied is een hydrologisch open systeem, waardoor verversing van water mogelijk wordt en vissen hun gehele levenscyclus kunnen volbrengen in het open water. Eventueel zijn er nog (moeras-)bos, grasgebied of nooit overstromde eilanden aanwezig, maar dat is niet perse noodzakelijk.

De effectiviteit van de maatregel grootschalig moerasgebied wordt door experts (o.a., Prof. J. Verhoeven en Prof. E. Toorman) als zeer hoog ingeschat. Het voegt namelijk een aantal meerbiotopen en habitats toe die momenteel in het Markermeer ontbreken. Daarnaast hebben de Oostvaardersplassen geleerd dat alleen al door zijn grote omvang het moeras een belangrijke uitstralende werking naar andere gebieden zal hebben. Paai- en opgroeigebied voor vissen en rust-, rui en broed- gebieden voor vogels zullen beschikbaar komen. Het grootschalig moerasgebied zal ook bijdragen aan het thema 'Verbinding van systemen' omdat er een 'stepping stone' wordt gecreëerd tussen binnendijkse natuur en IJsselmeer en tussen Noordwest-Overijssel en de Hollandse en Utrechtse veengebieden.

De verschillende ecosysteemcompartimenten reageren met verschillende snelheden op ingrepen door middel van maatregelen. De reguliere, jaarlijkse monitoring van waterplanten laat zien dat enkele opeenvolgende jaren met een rustig voorjaar binnen enkele jaren tot een toename van de vegetatie in de ondiepe delen langs de Noordhollandse kust leiden. De pilot moeras leert dat in het luwe, open compartiment ondergedoken waterplanten meteen vol tot ontwikkeling komen. Op het droge deel van het moeras verschijnen pioniersvegetaties die binnen één jaar uit 50 plantensoorten bestaan. In Figuur 6-6 zijn indicaties voor reactietijden op basis van experimenten, monitoring en theoretische kennis op een logaritmische schaal uitgezet.

Figuur 6-6: Reactietijden systeemontwikkeling na uitvoering maatregel



Zoals uit Figuur 6-6 blijkt verlopen verschillende processen op verschillende tijdschalen en afhankelijk van het type maatregel, vanaf het moment van uitvoering.

Het realiseren van een veerkrachtig systeem wordt in de praktijk voornamelijk bepaald door het moment waarop de financiering van de uitvoering geregeld is.

Vanaf dat moment zijn de termijnen globaal als volgt:

- Planvorming, voorbereiding uitvoering, aanbesteding: 2-3 jaar.
- Uitvoering: 1 - 10 jaar, afhankelijk van de maatregel en fasering (bv. agv beschikbaarheid bouw materiaal).
- Effecten op slibgehalte: momentaan.
- Vegetatiesuccessie: 5-10 jaar (luwtezone resp. moeras).

De positie in combinatie met de omvang van het grootschalig moerasgebied in het Markermeer zou de circulatie van de slibpluim in de waterlaag van het Markermeer kunnen beïnvloeden. Naar verwachting draagt het grootschalig moerasgebied niet significant bij aan vermindering van het slibgehalte in het Markermeer [expert judgement T. van Kessel].

De maatregel 'aanleg van een grootschalig moerasgebied' wordt ingezet om de habitat diversiteit te vergroten. Hiermee worden de volgende doelen behaald:

- Creëren van geleidelijke land- waterovergangen. Het huidige oppervlak land-waterovergangen in het Markermeer is momenteel zeer beperkt door de harde en steile randen in combinatie met een vast peil waardoor de habitatdiversiteit laag is.
- Toevoeging van nieuwe natuurwaarden. Moeraszones bieden geschikte habitats als voortplantingsgebied voor allerlei soorten vissen en als rust-, broed- of voedselgebied voor moeras- en rietvogels. Daarnaast kan een moeras rust-, rui- en broedgelegenheid bieden voor watervogels.
- Versterking van de ecologische draagkracht. De toegankelijkheid van voedselgebieden in het open water voor vissen en watervogels wordt beter door in de nabijheid daarvan ook rustgebieden te creëren. De diversiteit van visgemeenschap van het open water wordt hoger doordat soorten die in geïnundeerd rietland/waterplanten paaïen of opgroeien worden toegevoegd.
- Stabiliseren en versterken van bestaande natuurwaarden. Een grootschalig moerasgebied biedt naast broedvogels ook kansen voor overwinteraars en trekvogels in het gebied (N2000). Het biedt voedsel aan planteneters en in mindere mate ook vis- en benthos eters (bijvoorbeeld: mosselen, slakken, muggenlarven). Het open water in het moeras en de luwtes achter het moeras bieden rustgebieden voor vogels die in het open water van het meer foerageren.
- Versterken van de ruimtelijke diversiteit. Door de schaal geeft een grootschalig moerasgebied kansen voor soorten die door kleinschaliger natuurontwikkeling langs de kusten van het oude land niet bediend kunnen worden. Dijkverbetering langs de Hollandse kust op ecologische wijze geeft mogelijkheden voor versterking van specifiek Noord-Hollandse, oevergebonden waarden en koppeling met het achterland (noordse woelmuis, waterspitsmuis, ringslang, meervleermuis, weidevogels).

Aandachtspunten bij de aanleg van grootschalige land-waterovergangen:

- Geen overlast voor scheepvaart.
- Aanwezigheid bestaande natuur (aalscholverkolonie).

- Bij aanleg vermoedelijk fasegewijze (gemoduleerde) opbouw: leidt mogelijk tot (ongewenste) natuurontwikkeling (bv. massale kieming van wilgen).

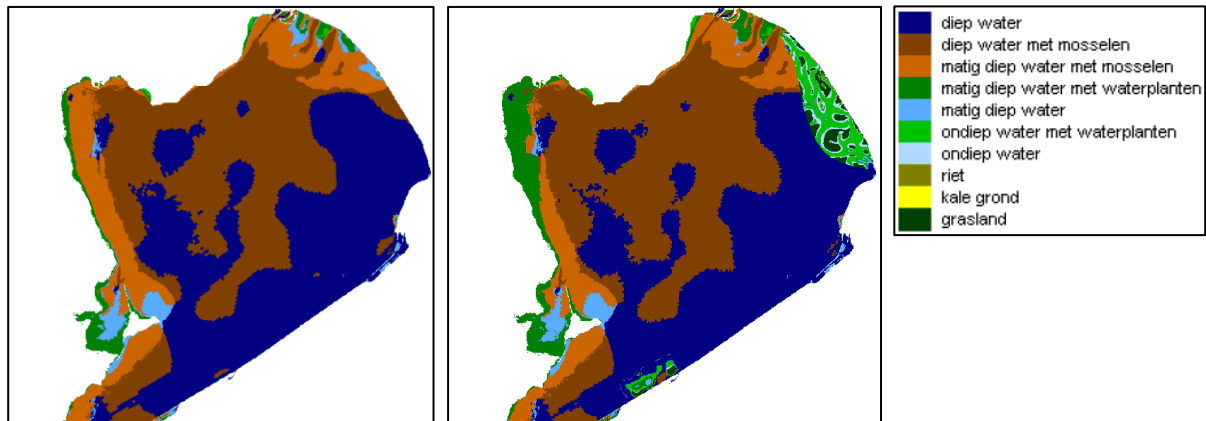
Belangrijkste lessen van het Peipsi-meer laten de ecologische processen zien voor een aan te leggen grootschalig moerasgebied:

- dynamisch, met opbouw en afbraak, pioniermilieus;
- bodemniveau grotendeels op of onder water (winterpeil);
- peilfluctuatie, opwaaiing, overstroming;
- erosie en sedimentatie onder invloed van wind, stroming, peilverschillen, kruierend ijs;
- voldoende groot, met variatie en rust (voor kolonievogels, ganzen, roofvogels, bever, otter).

6.2.7 Bijdrage van land-waterovergangen aan een veerkrachtig systeem

Met behulp van het modelleerprogramma HABITAT zijn de effecten van de maatregelen grootschalig moerasgebied 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 grootschalig moerasgebied heeft naar verwachting een positief effect op alle soortgroepen behalve rivierdonderpad en spiering.

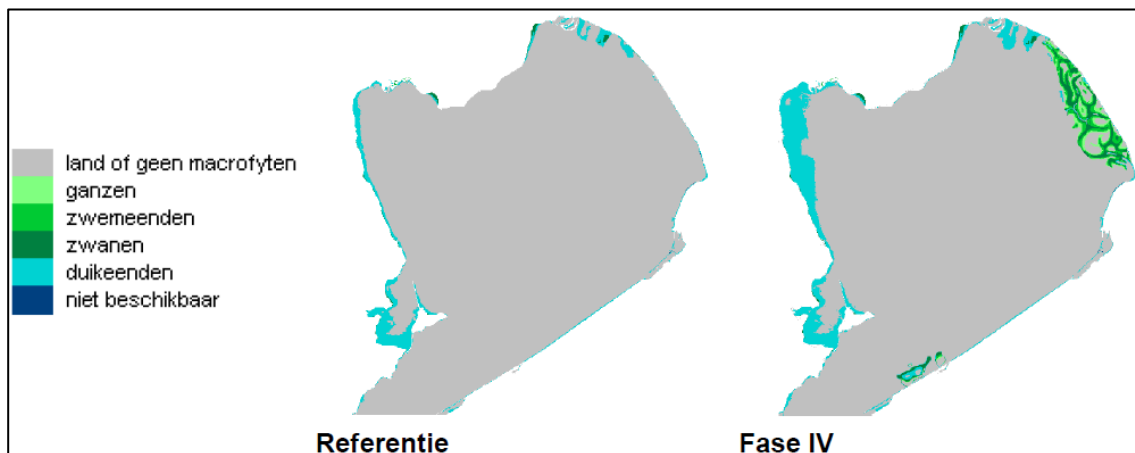
Lokaal zal de ecologische kwaliteit als gevolg van het toegenomen areaal land-waterovergangen toenemen. De maatregel grootschalig moerasgebied laat alleen een positief effect van de maatregel grootschalig moerasgebied zien voor de groep kranswieren. De maatregel grootschalig moerasgebied draagt sterk 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 grootschalig moerasgebied met luwtestructuur 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 [Droog, 2011].



Figuur 6-7: Verdeling van ecotopen in het Markermeer voor de referentie (links) en fase IV (rechts) [Harezlak 2012]

In een studie van Deltares zijn de effecten van de aanleg van luwtestructuren en moerasgebied op Natura2000 doelen in het Markermeer in beeld gebracht [Harezlak et al 2012].

In deze studie zijn m.b.v. het model Habitat de effecten van ingrepen in het Markermeer in beeld gebracht voor de ecotopen (in verschillende fases) (Figuur 6-7). Het eindbeeld (fase IV) gaat uit van aanleg van een grootschalig moerasgebied aan de Houtribdijk, luwtestructuren in de Hoornsche Hop, vooroever bij de Lepelaarsplassen. Deze ecotopen zijn ook vertaald naar habitatgeschiktheid van waterplantenetende vogels (Figuur 6-8).



Figuur 6-8: Potentieel geschikt foerageergebied voor bepaalde klassen waterplantetende vogels in de referentie (links) en in fase IV (rechts).

6.2.8 Dimensies van een grootschalig moerasgebied

Hoe groot moeten de diverse arealen zijn ten behoeve van natuurontwikkeling?

Daarover zijn verschillende arealen vastgesteld:

- Iedema *et al* [1996] geeft 1500 ha als ondergrens voor een grootschalig moerasgebied dat relaties heeft met omliggende gebieden. Voor een zelfstandig functionerend moeras geeft Iedema een ondergrens van minimaal 10.000 ha.
- Tosserams *et al* [1999] geeft 5.000-10.000 ha als areaal voor het grootschalig moerasgebied.
- Van Eerden *et al* [2008] geeft komt tot een areaal van 4000-6000 ha gebaseerd op ervaringen in het Peipsi-meer.
- In Balkema *et al* [2010] worden benodigde arealen voor gezonde kernpopulaties van doelsoorten op een rijtje gezet. Doelsoorten als woudaapje, otter en visarend hebben minimaal 10.000 ha nodig voor een levensvatbare populatie. Kleinere vogelsoorten (o.a. Karekiet, rietzanger), vissen, macrofauna, amfibieën kunnen met kleiner areaal toe.

In Van Eerden *et al* [2008] worden de percentages uit Tabel 6-4 gehanteerd voor de verschillende arealen binnen een grootschalig moerasgebied. Balkema *et al* hanteren andere aandelen voor de verschillende habitats (Tabel 6-5).

Tabel 6-4: Gewenste aandelen habitat in een grootschalig moerasgebieds [Van Eerden *et al* 2008]

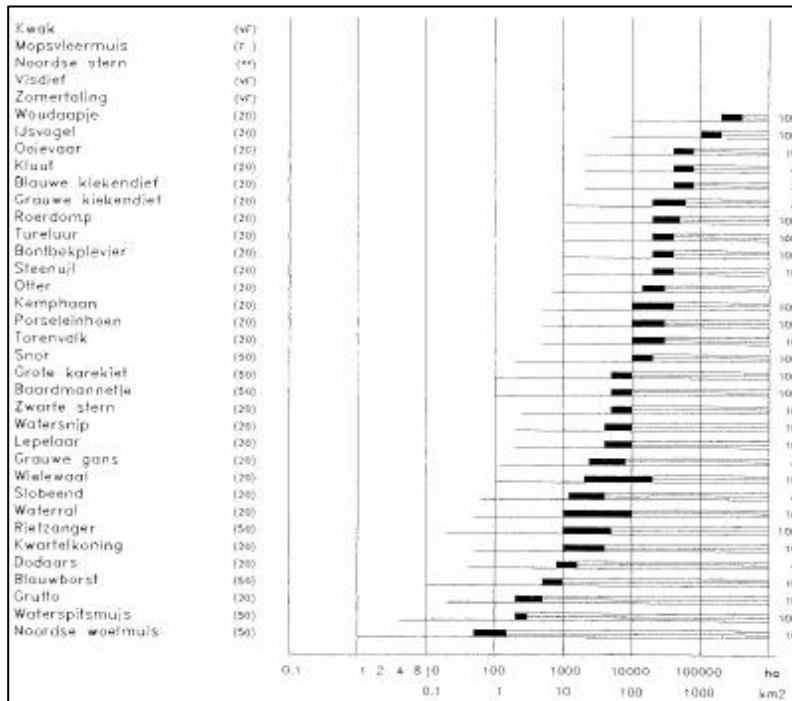
Habitat	Areaal
Ongestoord diep water (ca. 4.5 m diep)	25%
Ondiep water (0.5-1.5 m diep)	35%
plas-dras (op waterpeil)	30%
droog (1 m boven waterpeil)	10%

Tabel 6-5: Gewenste aandelen habitat in een grootschalig moerasgebied [Balkema *et al* 2010]

Habitat	Hoogte tov winterpeil	Areaal (%)	Areaal (ha)
Droog: ruigte, bos (wilg, els), riet	+ 1,0 m tot 0 m	5%	450 ha
Droog: nat grasland, poelen	+ 0,5 m tot 0 m	5%	450 ha
Plas-dras: onbegroeide slikken en pioniersvegetaties met o.a. moerasandijvie	0,3 tot -0,3 m	15%	675 ha
Plas-dras: deels in het water staande rietvelden met lokaal kleine lisdodde en mattenbies	0 tot -0,5 m	50%	2.250 ha
Ondiep water: waterplanten met lokaal open helofytenvegetaties en riet en mattenbies	Gem. -0,5 tot -2,0 m	20%	900 ha
Ongestoord diep water: open water zonder of met weinig waterplanten en helofyten	< -2,0 m (ca 4,5 m)	5%	225 ha

Voor grotere vogelsoorten (zeearend, visarend) kunnen grootschalig moerasgebied en Oostvaardersplassen als één geheel worden gezien [Van Eerden *et al* 2008].

Voor doortrekkers of ruiers is niet echt sprake van arealen maar meer van draagkracht (welke aantallen kan het gebied aan?).



figuur 6-9: Indicatie voor areaal van soorten in klei-grootschalig moerasgebied (legenda: streep is oppervlak voor enkele individuen tot kleine populatie; zwart blokje is oppervlak voor kernpopulatie en 3 strepen is oppervlak voor relatief grote populatie) [bron: Bal et al., 1995]

In het werkdokument van de NMIJ werkgroep grootschalig moerasgebied [Buskens, 2011] is de volgende afleiding gemaakt.

Daarbij is vooral gekeken naar het aandeel plasdras omdat dit de belangrijkste bouwsteen is van het grootschalig moerasgebied. Hierbij is gebruik gemaakt van onderstaande figuur met een indicatie van het optimale areaal voor diersoorten van een klei-grootschalig moerasgebied (vgl. natuurreservaat Oostvaardersplassen). Er moet dan eerst een vertaling plaatsvinden van klei-grootschalig moerasgebied naar plasdras. Volgens Bal *et al.* [2001] varieert het minimumareaal klei-grootschalig moerasgebied (natuurdoeltype 2.8) tussen 15 ha (voor gemiddeld aantal voortplantende faunadoelsoorten) tot 1250 ha (75% faunasoorten). Het aandeel plasdras is hierin ongeveer 1/3 (400 ha).

figuur 6-9 laat zien dat het benodigde oppervlak klei-grootschalig moerasgebied (met tenminste 1/3 deel plasdras) voor aantal karakteristieke diersoorten als volgt is: > 20 ha voor rietzanger, blauwborst, grutto; > 50 ha voor rallen, > 100 ha voor grauwe gans, baardman, grote karekiet, > 200 ha voor snor, watersnip, lepelaar; > 500 ha voor porseleinhoen; > 750 ha voor otter. Aandachtspunt is verder een voldoende groot areaal voor verberging (koloniebroeders) tegen predatie door vos.

Uitgaande van een geschiktheid voor groot aantal riet- en moerasvogels (tot en met de aanwezigheid van de porseleinhoen als broedvogel) is het minimaal benodigde oppervlak aan ecotoop plasdras 400 à 500 ha (4 a 5 km²).

Merk op dat voor de betreffende soorten riet- en moerasvogels bij dat oppervlak dan nog niet in alle gevallen sprake is van een kernpopulatie. Een minimumoppervlak plasdras is niet hetzelfde als gewenst aandeel.

Als ondergrens voor het gewenste aandeel van bouwstenen plasdras zou uitgegaan kunnen worden van het volgende:

Voor kernpopulaties van kwartelkoning, rietzanger, waterral, slobeend, grauwe gans is 1000 tot 4000 ha klei-grootschalig moerasgebied gewenst (waarvan aandeel plasdras 1/3). Bij meer dan 5000 a 6000 ha zijn kernpopulaties van grote karekiet en baardman te verwachten [Bal et al., 1995]. Het aandeel plasdras (meest geschikte biotoop voor de bovengenoemde soorten) is op basis hiervan te bepalen op 1200 tot 2000 ha. Dit ligt nabij de 45 a 50% plasdras van 4.500 ha grootschalig moerasgebied zoals afgeleid door Van Eerden et al [2007]. Het ligt ook nabij de genoemde ondergrens van 1500 ha voor grootschalig moerasgebied in het rapport van TAUW [2010]. Plasdras (inclusief rietmoeras) is hierin de belangrijkste component. In Iedema [1996] wordt een minimaal areaal van 1.500 ha genoemd voor een moeras met een kleiige ondergrond.

Een belangrijke voorwaarde is dat de plasdrasgebieden grenzen aan open water en/of doorsneden worden door geulen, zodat reigers, rallen en otter kunnen foerageren in oeverzone. Hoe groot het areaal aan ondiep water en slikken moet zijn is lastiger te bepalen. Enkele platen of slikken (meer dan twee uit oogpunt van risicospreiding) met omvang 5 ha of groter is wenselijk. Blijft over een niet nader te bepalen areaal aan ondiep water.

Resumerend:

- Gewenst areaal is 4.500 ha grootschalig moerasgebied.
- Aandeel plasdras: 1.200 tot 2.000 ha.
- Aandeel slik: tenminste 3 slikken met omvang van 5 ha of groter.
- Aandeel ondiep water: onbepaald, maar veel oeverlengte en kreken + geulen in plasdrasgebieden. Op basis van Peipsi-meer is voor 4.500 ha 20% ondiep water afgeleid.
- Minimumareaal van grootschalig moerasgebied (plasdras, slik, ondiep water) is 1.500 ha.

6.3 Waterpeil

6.3.1 Huidige waterpeil

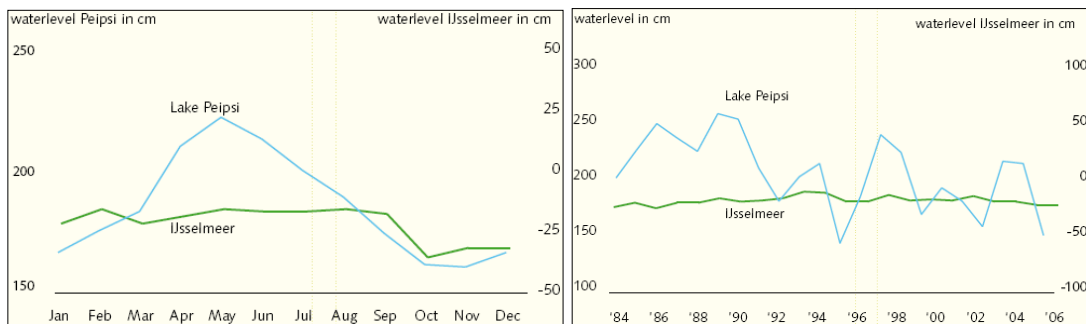
Het huidige peil van Markermeer en IJsselmeer is vastgelegd op het peil bij eb van de Zuiderzee. Voor het IJsselmeer en Markermeer wordt het waterpeil op een vast niveau gehouden (-40 cm NAP in winter; -20 cm NAP in de zomer). Rijkswaterstaat is verantwoordelijk voor het peilbeheer in het IJsselmeergebied (streefpeilen in peilbesluit; zie tabel). Het peilbeheer van Rijkswaterstaat is erop gericht de streefpeilen daadwerkelijk te realiseren maar dat lukt niet altijd. Dit komt door opwaaiing en/of verhoogde afvoer vanaf de IJssel.

Tabel 6-6: Peilbeheer in het IJsselmeergebied

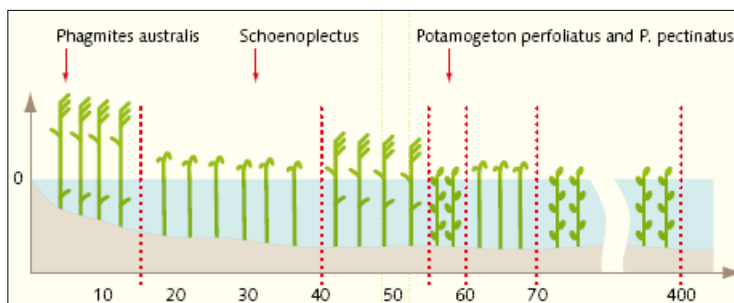
Water	Streefpeil winter	Streefpeil zomer
IJsselmeer	- 0,40 m NAP	- 0,20 m NAP
Markermeer-IJmeer	- 0,40 m NAP	- 0,20 m NAP
Randmeren Veluwe	- 0,30 m NAP	- 0,05 m NAP
Noordzeekanaal	- 0,40 m NAP	- 0,40 m NAP

Markermeer en Noordzeekanaal hebben in de winter hetzelfde streefpeil. In de zomer is het streefpeil voor Markermeer 20 cm hoger. De verblijftijd van het water in het Markermeer werd lange tijd geschat op gemiddeld 12-15 maanden [Ministerie V&W, 2009], maar voorlopige ANT berekeningen suggereren een aanzienlijk langere verblijftijd. Dit wordt momenteel nader onderzocht door Rijkswaterstaat.

In het Peipsi-meer is de seizoensvariatie in waterpeil veel groter. De variatie in het waterniveau varieert tussen 1,5 en 2,5 m met de top in mei en het dal in najaar en is veel groter dan in het IJsselmeergebied. Wel kunnen er in het Peipsi-meer grote verschillen zijn in peilfluctuatie tussen de verschillende jaren door weersomstandigheden. In Figuur 6-10 voor een overzicht van waterpeil van Peipsi en IJsselmeer. Hierdoor verandert de oeverlijn met honderden meters gedurende een jaar. Het resulteert in Peipsi-meer in brede rietkragen, de aanwezigheid van biezenvegetaties en zoneringen van riet naar waterplantenvegetaties [Van Eerden et al 2007].



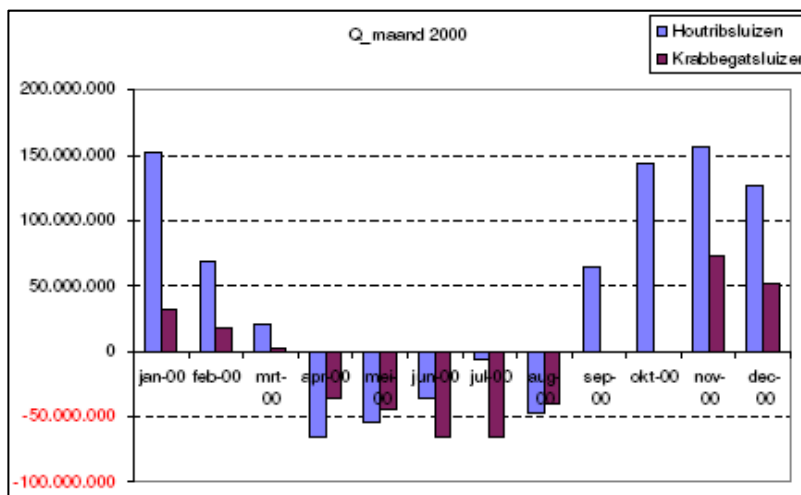
Figuur 6-10: Effect waterpeilen in IJsselmeer en Peipsi meer (links: verloop gedurende het jaar+ rechts jaargemiddelden voor 1984-2006). [uit:Van Eerden et al 2007]



Figuur 6-11: Zones van de vegetatie in de oeverzone van het Peipsi meer. X-as: afstand tot oever (in m), Y-as: waterdiepte. *P. australis*: riet; *Schoenoplectus*: biezen; *P. perfoliatus*: doorgroeid fonteinkruid; *P. pectinatus*: schedefonteinkruid; [Van Eerden et al 2007]

De grote variatie in waterpeil zorgt voor een brede land-waterovergang in het Peipsi meer met een goede ontwikkeling van oevervegetatie. De rietvegetatie in het Peipsi meer is het vitaalste in het deel van het meer met veel nutriënten en grote hydrodynamiek. In de delen met actieve sedimentatie groeien biezen beter (Figuur 6-11).

In Figuur 6-12 een overzicht van waterafvoer en wateraanvoer tussen Markermeer en IJsselmeer. In de zomermaanden (april- augustus) wordt water aangevoerd vanaf het IJsselmeer naar het Markermeer in verband met doorspoeling en watervoorziening. In de winter (september-maart) wordt overtollig water vanuit het Markermeer naar het IJsselmeer gespuid. Bij hoogwater op het Markermeer is spuien op het IJsselmeer of Noordzeekanaal mogelijk, maar dit komt niet zo vaak voor. Bij Lelystad liggen de Houtribsluizen. Naast sluizen voor scheepvaart zijn er ook spuisluizen die maximaal 630 m³/sec kunnen spuien. Bij Enkhuizen liggen de Krabbegatsluizen en het Naviduct. Het Naviduct is gebouwd om lange wachttijden bij de Krabbegatsluizen te verminderen en is gericht op de pleziervaart. De spuisluizen bij het Krabbersgat hebben een gemiddelde capaciteit van 210 m³/sec. De Houtribsluizen bij Lelystad, het Naviduct en de Krabbegatsluizen worden 24 uur per dag, 365 dagen per jaar bediend.



Figuur 6-12: Waterbewegingen tussen Markermeer en IJsselmeer (bron: Wanningen en Van Herk, 2007) Positief: water van Markermeer naar IJsselmeer (vis van IJsselmeer naar Markermeer) Negatief: water van IJsselmeer naar Markermeer (vis van Markermeer naar IJsselmeer)

Peilopzet in het IJsselmeer maakt dit meer dieper en is daarmee een alternatief voor de spiering om te warm of te helder water te ontvluchten [t Hoog en De Leeuw, 2008]. Natuurlijk peil in het Markermeer, dus lagere waterstand in de zomer, zal ervoor zorgen dat het Markermeer warmer wordt en daarmee minder geschikt als leefomgeving voor de spiering. Peilopzet in het IJsselmeer (zoetwaterbuffer) zal ervoor zorgen dat er peilverschillen komen tussen Markermeer en IJsselmeer en dat er voorzieningen nodig zijn voor vissen om tussen beide meren heen en weer te kunnen zwemmen.

6.3.2 Dynamiek door peilbeheer

Het instellen van een natuurlijker, seizoensgebonden peil leidt tot het vergroten van de dynamiek.

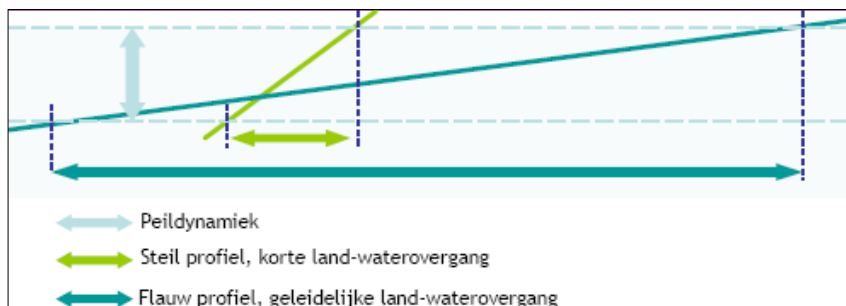
Onder seizoensgebonden peilbeheer wordt verstaan: peilbeheer waarbij streefpeilen worden gehanteerd die door het jaar heen variëren volgens een verloop dat is gebaseerd op neerslagpatronen of een natuurlijke afvoer van een rivier. De streefpeilen en te hanteren marges kunnen mogelijk zo worden ingesteld dat er positieve effecten zijn voor natuur en watervoorziening (hoog voorjaarspeil, uitzakkend in zomer), geen effecten ontstaan op maatgevende situaties voor de veiligheid (lage peilen in stormseizoen) en het voor andere gebruiksvormen neutraal tot positief uitpakt. Met natuurlijke peilvariatie wordt bedoeld: in de zomer laag, in de winter hoog, de grondwaterstand is volgend. Daarnaast is een afwisseling van droge en natte jaren gewenst [Meijer *et al* 2009].

Stratificatie (zie hoofdstuk 2.2) betreft alleen de diepere delen en de diepe putten van het meer en varieert met temperatuur, zodat een hoog voorjaarspeil dat op tijd uitzakt geen probleem hoeft te zijn. Peilopzet veroorzaakt geen verdere stratificatie in het Markermeer.

Voor de effectiviteit van verschillende, op termijn te realiseren, maatregelen die bijdragen aan het vergroten van de habitatdiversiteit (grootschalig moerasgebied, vooroevers en oeverdijken) is het huidige peilbeheer in het Markermeer-IJmeersysteem een sterk beperkende factor.

Het toekomstige waterpeilregime van het Markermeer (peilbesluit) dient eigenlijk te zijn geregeld voordat de maatregelen worden ontworpen en uitgevoerd. Voor een gewenste ecologische ontwikkeling rond land-waterovergangen is een variatie van waterpeil van minimaal 50 cm benodigd. Een aanpassing van het peilbeheer waarbij een voorjaarswaterstand oploopt (tot bijvoorbeeld NAP+0,1 m) en vervolgens naar de zomer uitzakt (naar bijvoorbeeld NAP-0,4 m) is van groot belang voor het kiemen van riet en de toegankelijkheid voor vis (paaigrond). Tevens wordt daardoor bosvorming in de landwaterzone tegengegaan. Langdurige inundatie (3 tot 4 maanden) gaat de opslag (groei) van wilgen tegen [Meijer *et al* 2009]. Nat grasland biedt bovendien kansen voor broedvogels en N2000/FF-wet soorten.

Bij een flauwe oever (1:100 tot 1:1000) heeft een klein verschil in waterpeil al invloed op een groot areaal (zie Figuur 6-13). Nadeel van een dergelijk flauw talud is het grote ruimtebeslag. Gewenste waterstandfluctuatie voor peildynamiek over seizoenen bedraagt 40-100 cm. Momenteel is peildynamiek voor de seizoenen zo'n 20 cm en tegennatuurlijk (zomer hoog - winter laag) [Balkema *et al* 2010]. Een natuurlijk peilverloop en de effecten op het totaal oppervlak inundatiegebied dat geschikt is voor kieming (mei-juni) laat zien dat het oppervlak dat geschikt is voor kieming van mei tot en met juni, bepaald wordt door de vorm en hellingshoek van de oever en het peilverschil. De grootste winst in oppervlak wordt behaald in flauwe oevers met een natuurlijke vorm [zie ook Haasnoot *et al*, 2005].



Figuur 6-13: Effect peilverschil op steil profiel en een flauw profiel [uit: Balkema et al, 2010]

De Veluwerandmeren, inclusief het Veluwemeer, kennen geringere peilfluctuaties bij een tegennatuurlijk peil. In het Veluwemeer speelt naast het tegennatuurlijk peilbeheer ook het gebrek aan dynamiek door wind en golfslag een rol. Hierdoor komen rietmoerassen slecht tot ontwikkeling. Noorduyn & Van der Windt [2006] hebben de oorzaken voor de problemen in de Veluwerandmeren op een rij gezet.

- Door het vaste tegennatuurlijke peil komt het riet niet goed tot ontkieming. Het riet zal zich dus niet via zaad kunnen vermeerderen, maar zal alleen moeizaam op bestaande plekken via wortelstokken kunnen uitbreiden.
- Door aanslibbing zal het riet op verondiepingen, vooroevers en eilanden verruigen of verbossen.
- Doordat de zuidwestenwind parallel aan de oever van het Veluwemeer loopt, hopen slib en strooisel zich op. Daardoor verdroogt het waterriet. Vertering van dit materiaal zonder zuurstof heeft een slechte invloed op de kwaliteit van het riet.
- Doordat de vaak harde noordwestenwind loodrecht op de oever van het Veluwemeer staat, is er een hogere golfbelasting op steeds dezelfde plekken in de rietzone waardoor het riet breekt. De erosie van de rietkraag wordt hierdoor versterkt.
- De klei-arme bodem levert kwalitatief minder sterk riet.

Deze ongunstige factoren leiden ertoe dat een natuurlijke rietmoerasontwikkeling niet mogelijk is. Zelfs rietaanplant of -ontwikkeling lijkt weinig succesvol, gezien de proeven hiermee. Op de aangelegde mini-eilandjes in het Drontermeer (de zogenaamde 'poffertjes') ontstaat voornamelijk wilgenopslag. Intensief beheer (maaien/grazen) blijkt maar ten dele in staat om de openheid te handhaven [Bak et al 2007].

6.3.3 Ervaringen met natuurlijker peilbeheer in andere meren

In de periode 1995-1999 is experimenteel veldonderzoek uitgevoerd naar de ontwikkeling van oevervegetatie in relatie tot peilbeheer in het Volkerak-Zoommeer [Tosserams, et al., 1999]. Zij concluderen dat een meer natuurlijk peilverloop in principe ideaal is voor ontwikkeling van helofyten. Uit onderzoek in de Oostvaardersplassen en het Volkerak-Zoommeer is gebleken dat bij een flexibel peil (lager in de zomer, hoger in de winter) rietvegetaties flink kunnen uitbreiden [Jans & Drost, 1995; Tosserams et al., 1999; Cornelissen et al., 2006]. Een soort zoals mattenbies (*Schoenoplectus lacustris*) is slecht bestand tegen uitdroging.

In het Volkerak-Zoommeer beperkte het zoutgehalte van de bodem en de begrazing door watervogels en /of vee echter de uitbreiding van helofyten [Tosserams *et al* 2009].

In Nederland is het Markiezaatsmeer interessant als één van de weinige meren met een fluctuerend (afgetopt) peilregime. Sinds de compartimentering in 1983 als gevolg van de aanleg van de Schelde-Rijnverbinding is dit voormalig deel van de Oosterschelde aan verzoeting onderhevig. Inmiddels is de verzoeting voortgeschreden tot de grens van zoet – zwak brak. Pioniersoorten zoals kluut, strand- en bontbekplevier weten zich hier te handhaven in combinatie met grote aantallen watervogels gedurende verschillende seizoenen en sinds het laatste decennium met een opkomend aantal moeras- en rietvogels. In het voorjaar zakt het peil uit waardoor onbegroeide platen boven water komen en pioniervogels hier tot broeden komen of vele steltlopers op doortrek hier foerageren. Op verschillende, weinig of niet-begraasde plaatsen langs oevers en in het water komt riet tot ontwikkeling. De waargenomen aantallen van baardmannetje, grote karekiet, roerdomp en rallen nemen nog steeds toe [Provincie Noord-Brabant 2014]. Deze ontwikkeling is in lijn met de eerder genoemde conclusies van Tosserams *et al.* [1999], namelijk dat een natuurlijk peilverloop gunstig is voor ontwikkeling van een oeverzone met helofyten en daarmee voor riet- en moerasvogels.

In de Brabantse Biesbosch zijn twee polders (Langeplaat en Noorderplaat) aanwezig, die een natuurfunctie hebben gekregen en waar het waterpeil op natuurlijke wijze fluctueert. De bekading is intact gebleven en de peilfluctuatie is daarmee onafhankelijk van het buitenwater. In deze polders zijn rietmoerassen ontstaan en deze zijn in de Biesbosch kerngebieden voor moerasvogels zoals roerdomp, porseleinhoen, waterral.

Bij de monding van de Schuitenbeek probeert men in het Veluwemeer een groot rietveld aan te leggen.

De rietaanplant is door vraat en door verdrinking al twee keer mislukt en ook is uitbreiding door rietplaggen nog zonder succes. Aanslibbing van rietzones zorgt ervoor dat waterriet achteruit gaat in de noordelijke randmeren. Grote lisdodde is in staat hiervan te profiteren [Van der Hut *et al* 2008]. Om bij een tegennatuurlijk waterpeilbeheer toch moerasontwikkeling mogelijk te maken zijn infrastructurele maatregelen nodig, zoals de aanleg van dammen, verondiepingen, vooroevers en eilanden.

In het kader van STOWA Watermozaïek is er vanaf 2010 onderzoek gedaan aan 'Tijdelijke droogval als waterkwaliteitsmaatregel' [Westendorp *et al* 2012]. In dit onderzoek werden over een periode van ongeveer twee jaar, op verschillende schaalniveaus, de effecten van een tijdelijke droogvalperiode op watersystemen onderzocht. Hiervoor werden onder meer vier Nederlandse plassen in de zomer van 2011 voor een periode van circa 2,5 maand drooggezet. Tijdelijke droogval bleek via verschillende processen positief in te grijpen op het functioneren van een watersysteem. Uit het onderzoek [Westendorp *et al* 2014] bleek dat tijdelijke droogval in de ondiepe meren leidde tot:

- binding van fosfaat uit het water aan de waterbodem;
- afvoer van stikstof uit het systeem via denitrificatie;
- oxidatie van toxische verbindingen (sulfide, ammonium, ammoniak);
- consolidatie van de waterbodem;
- vermindering van blauwalgen(bloeien);

- kieming en ontwikkeling van water- en oeverplanten (o.a. kranswieren en riet);
- verschuivingen in soortgemeenschappen.

In het kader van STOWA Watermozaïek is er vanaf 2010 ook onderzoek verricht aan flexibel peilbeheer [Schep *et al* 2012]. Flexibel peilbeheer geeft een impuls aan de oeverontwikkeling in alle gebieden. Er spoelen meer zaden aan op de oever, de kieming van zaden wordt gestimuleerd en de oevervegetatie breidt zich uit. Verder wordt geconcludeerd dat flexibel peilbeheer kan in de meeste gebieden bijdragen aan een betere waterkwaliteit door vermindering van de externe belasting met nutriënten en sulfaat. Gelet op de lage nutriëntenbelasting in het Markermeer speelt dit onderdeel van flexibel peil geen rol van betekenis. Stekjes van de testplant riet vestigden zich het beste in water minder dan 30 cm diep en groeiden beter bij toenemende peilfluctuaties en hogere voedselrijkdom van het water. In alle gebieden waar begrazing werd uitgesloten (door kooien ofwel exclusures te plaatsen), is het areaal oeverplanten in 2 jaar tijd uitgebreid. Dit laat zien dat de potentie tot verlanding in alle gebieden groot is. Door de opzet van de proef waren riet en lisdodde de belangrijkste verlanders. Verder troffen we ook grote egelskop en de kruiden moerasandoorn en moerasvergeet-me-nietje als dominante verlanders aan. Na twee jaar was de bedekking van het oppervlak in de exclusures gemiddeld 30% hoger dan die van de controle vlakken. Begrazing remt de uitbreiding van oeverplanten in alle gebieden. De uitbreiding van de oevervegetatie verminderde na een jaar met gemiddeld 0.5 m en na twee jaar met gemiddeld 1.3 m onder invloed van begrazing.

6.3.4 Gewenst peilverloop voor een ecologisch systeem

Voor riet- en moerasvogels is de aanwezigheid van waterriet een belangrijke voorwaarde.

Een natuurlijker peilbeheer is een essentiële voorwaarden voor waterriet en rietmoeras van goede kwaliteit (lage zomerpeilen en hoge winterpeilen) (zie hoofdstuk 6.2.2). Gebrek aan drooglegging zorgt voor beschadigingen aan de rietwortels en op den duur zal riet dan verstikken. Tijdens een periode van droogval wordt het opgehoopte organisch materiaal onder zuurstofrijke omstandigheden afgebroken. Hierbij komen geen giftige stoffen vrij. De ondergrondse delen blijven vitaal, zodat er een grotere dichtheid aan stengels komt, meer bloeistengels en meer zaad. Het peilverschil leidt tevens tot afvoer van drijvend en zwevend organisch materiaal dat zich tussen de stengels ophoopt [o.a. Belgers & Arts, 2003 en referenties hierin].

Voor submerse waterplanten is het gunstig om in het kiemingsseizoen (april, mei) een zo groot mogelijk areaal geschikt voor submerse waterplanten te hebben. Waterplanten in ondiepe delen die droogvallen na het kiemingsseizoen kunnen schade ondervinden bij uitzakken van het waterpeil met meer dan 30 centimeter [Maarse & Harezlak 2011]. Zolang voldoende grote arealen aanwezig zijn die ook bij een uitzakkend peil onder water blijven staan kan het effect op de waterplanten beperkt blijven. Droogval kan doorwerken in de soortsamenvestiging, ten nadele van de meest ondiep voorkomende soorten zoals *Zannichellia* en *Najas marina* (IJmeer), en bepaalde kranswiersoorten.

Voor de kieming van submerse waterplanten moet in het voorjaar 4-5% van het licht aan het oppervlak de bodem bereiken.

Verhoging van het voorjaarspeil betekent bij het gewenste behoud van een doorzichtgradiënt mogelijk dat dit over een kleiner oppervlak het geval is. Afhankelijk van de uitvoering van luwte-maatregelen is dit probleem mogelijk beperkt of verwaarloosbaar. In de zomer moet de waterstand zover zakken, dat er gedurende een paar maanden gronden in het moerasgebied en van de vooroevers droogvallen zodat er riet, en mogelijk ook zegges en biezen kunnen ontkiemen. De kieming van biezen en zegges vindt plaats in juni. Riet kan zich ook via uitlopers verspreiden, dit proces vindt vooral in juli en augustus plaats [Meijer et al 2009].

Daarnaast is er een korte piek in de waterstanden nodig om bestaande rietlanden 'schoon' te spoelen. Het dode organisch materiaal wordt hierdoor afgevoerd, waardoor er weer kieming van jonge planten kan plaatsvinden. Verbossing en verlanding van het moerasgebied wordt hiermee tegengegaan. Bovendien treden onder invloed van de peildynamiek erosie en sedimentatie-processen in het moerasgebied op. Door peildynamiek blijft de kwaliteit en diversiteit in het systeem in stand.

Een hoger waterpeil van 1 tot 2 maanden in de periode maart-mei waarbij ondiepe delen overstroomd levert paaigronden en kraamkamers voor vis (snoekbaars en snoek). Deze poeltjes moeten in het voorjaar in contact komen met de meren zelf, zodat de jonge vis de kraamkamers/broedpoeltjes kan verlaten. Daarna kunnen de waterstanden in de paaigronden zakken zodat een waterschijf van 20 á 85 cm ontstaat. Een lager waterpeil wat zorgt voor meer droge plekken waar watervogels kunnen rusten en broeden. Uitzakken van het peil vanaf het voorjaar is gunstig voor broedende vogels omdat er dan minder kans is op het onder water lopen van broedplaatsen (bijvoorbeeld door scheefstand als gevolg van windwerking). Een voorwaarde is wel dat het peil voor het broedseizoen al opgezet is [Maarse & Harezlak 2011] zodat droge delen niet overstroomd als gevolg van peilopzet omdat dit zeer schadelijk kan zijn voor grondbroeders [Liefveld, 2008, Noordhuis et al. 2009].

Uitzakkend peil in de zomer is gunstig voor broedvogels in de jongentijd, met name steltlopers, en ook voor vroege trekkers in deze groep. Voor enkele wintervogels kan het zijn dat een natuurlijk peil ongunstig werkt als het in het najaar hoger wordt. Mosselen en vooral waterplanten worden dan moeilijker bereikbaar. Kleine zwanen bv. ondergaan mogelijk invloed van intensieve zomergras van waterplanten door Knobbelzwanen. Zij hebben betere kansen als het peil in oktober omlaag gaat, zoals juist in de huidige situatie het geval is (in Markermeer echter geen doelsoort).

Daarnaast heeft het peilverloop invloed op de ganzenvraat. Ganzen vreten voornamelijk vanuit het water. Wanneer het waterpeil daalt zal de vraat minder zijn. Aan de andere kant zorgt droogval ervoor dat rietvelden bereikbaar voor zoogdieren die rietvogels kunnen prederen. Het riet dient bij dit natuurlijke peilbeheer uiteindelijk op ca. 1 meter diepte te wortelen om te voorkomen dat de groeiplaats gedurende de zomer droogvalt. In het najaar en de winter komen er grote groepen vogels foerageren in gebieden met land-waterovergangen. Hiervoor zijn ondiep water gebieden nodig, het waterpeil moet dus niet té snel stijgen in het najaar. Puijenbroek et al. [2012] signaleren dat bij veel peilvarianten voor het IJsselmeergebied de natuurbaten negatief zijn. Belangrijk aandachtspunt hierbij is dat in de onderzochte scenario's het uitzakken beneden het winterpeil niet mogelijk is en het tijdelijk oplopen van het voorjaarspeil leidt tot uitbreiding van diep water ten ongunste van ondiep water.

Binnen de studie aan seizoensgebonden peil [Meijer *et al* 2009] is binnen de randvoorwaarden van scheepvaart en veiligheid gezocht naar een peilverloop waarmee het meeste recht wordt gedaan aan de ecologische doelen uit de KRW, N2000 en EHS. De belangrijkste (voor deze rapportage relevante) conclusies zijn:

- Een meer seizoensvolgend peil is een stap in de goede richting om de verschillende natuurdoeleinden zoals KRW, VHR en EHS te bereiken, mits het peil op de juiste hoogte wordt ingesteld. Voor het Markermeer geldt dat de natuurparameters het meest profiteren van het maximaal toelaatbare peilverloop binnen de randvoorwaarden van scheepvaart en veiligheid (+0 NAP in maart en snel uitzakken tot -0,35m NAP in de winter).
- Het effect van het peilverloop is in sterke mate afhankelijk van het talud. Naarmate het talud natuurlijker (flauwer) verloopt zullen de natuurwinsten groter zijn.
- Inrichtingsmaatregelen als het verflauwen van het talud of grootschaligere natuurontwikkeling in de vorm van de aanleg van vooroevers of eilanden, kan de gunstige effecten van een natuurlijker peilverloop vergroten.
- Het is nodig rekening te houden met de ruimtelijke variatie in het IJsselmeergebied. Het niet meenemen van de ruimtelijk variabiliteit in de hoogteligging van het gebied kan leiden tot een verkeerde inschatting van effecten.

Intermezzo: Randvoorwaarden waterpeil vanuit veiligheid, zoetwatervoorziening en gebruiksfuncties

Vanuit **veiligheid** is het maximale peil op het Markermeer in mei, juni en juli +0,10 NAP. Na uitbreiding van de spuicapaciteit is dat +0,20 m NAP in mei, juni en juli en -0,05 NAP in maart. De verwachting is dat met een stijgende zeespiegel de effecten van de uitbreiding van de spuicapaciteit teniet zijn gedaan en de huidige veiligheidssituatie weer is bereikt.

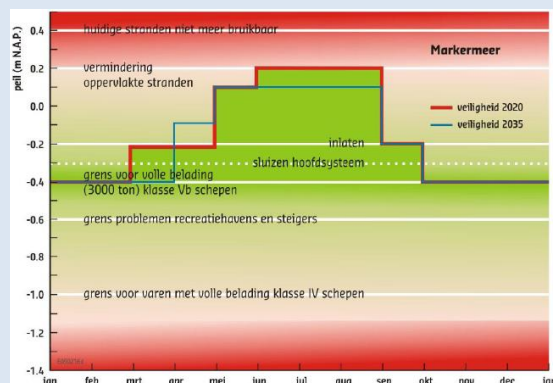
Vanuit **zoetwatervoorziening** bestaat de wens het peil zo lang mogelijk hoog te houden om voldoende buffer te verzekeren. De effecten van een seizoensgebonden peilbeheer op grondwater in de omgeving lijken mee te vallen. De kweldruk verandert dicht bij de oevers maar dit lijkt weinig invloed te hebben op de grondwaterstanden. Overigens levert een toename van kwel binnendijks niet alleen overlast maar biedt het ook kansen voor de ontwikkeling van binnendijkse natuur [Maarse & Harezlak 2011].

De verschillende vormen van recreatie lijken niet gebaat bij een verandering van de huidige peilsituatie.

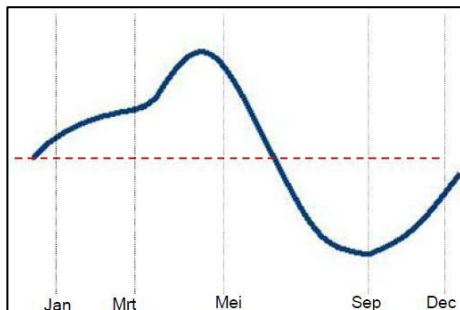
- Een (te) laag zomerwaterpeil levert vanwege diepgangsbependingen problemen op voor vaarrecreatie.
- Bij een peilverlaging kunnen aanwezige waterplanten overlast geven voor de pleziervaart.
- Een peilverhoging is riskant voor jachthavens in verband met extra schade door opwaaiing en het onder water staan van steigers, kades en voorzieningen. De aanpassing van havens brengt kosten met zich mee.
- Peilverhoging heeft gevolgen voor de bereikbaarheid vanwege de doorvaarhoogte van vaste bruggen.
- Grotere peilverschillen tussen meren leiden tot langere schut- wachttijden bij de sluisen.
- Een peilverhoging heeft negatieve effecten op het potentiële areaal strand. Bij een lager peil wordt de oppervlakte echter vergroot.
- Buitendijkse gebieden zullen bij een hoger peil vaker inunderen, wat schade oplevert.

Lagere peilen brengen kosten met zich mee voor de **beroepsscheepvaart**, de grootse scheepvaartklassen kunnen vanaf -0,40 AP niet meer met volle belading kunnen varen.

In onderstaande figuur zijn de verschillende randvoorwaarden voor waterpeil samengevat.



Op grond van deze wensen wordt voor natuur het peilverloop uit Figuur 6-14 optimaal verondersteld. Voor de landschapsvormende processen peilfluctuatie en waterstagnatie het noodzakelijk een hoog winterpeil te realiseren dat vervolgens geleidelijk uitzakt naar een lager zomerpeil. Het peilverschil bedraagt enkele decimeters (ca. 3). De peilfluctuaties zijn noodzakelijk voor uitbreidingsmogelijkheden van rietvegetaties en het beperkt houden van het aandeel struweel. Bij een te constant waterpeil ontstaan harde grenzen tussen open water en rietmoeras. Hierdoor zal uiteindelijk het waterriet verdwijnen en het overige riet via een fase van wilgenstruweel gaan verlanden tot essen-iepenbos. Voor meer variatie in het gebied en een bijdrage aan het natuurlijk functioneren van landschapsvormende processen is ook de variatie tussen jaren (natte en droge zomers) van belang. Voor het open water geldt een diepte van 2 meter, met plaatselijk diepe stukken (>3m, ten behoeve van vorstvrije overwintering van vissen).



Figuur 6-14: Optimaal peilverloop Markermeer

6.4 Enkhuizerzand

6.4.1 Ligging

Het Enkhuizerzand is een oude zandplaat in de voormalige Zuiderzee in het verlengde van het oude schiereiland van West-Friesland. Het Enkhuizerzand was op de vroegere scheepskarten en atlanten prominent aanwezig omdat het een hindernis was voor de scheepvaart van en naar Amsterdam vanaf de Noordzee, hoewel er ook doorgangen waren in het Enkhuizerzand. De meeste schepen voeren via de Val van Urk om het Enkhuizerzand naar Amsterdam. Het Enkhuizerzand loopt uit in een lange richel (Houtrib) en vormde een natuurlijke afscheiding tussen het zuidelijke deel van de Zuiderzee (De kom) en de geul die het water uit de IJssel naar de Noord- en Waddenzee afvoerde. Het grootste deel van het IJsselwater stroomde tussen deze tong en het eiland Urk naar het noorden door de "Val van Urk", wat daardoor het diepte deel van de Zuiderzee (en later IJsselmeer) is geworden. Vroeger viel de zandplaat regelmatig droog. Tegenwoordig ligt het Enkhuizerzand deels in het Markermeer en deels in het IJsselmeer en ligt het permanent onder water.



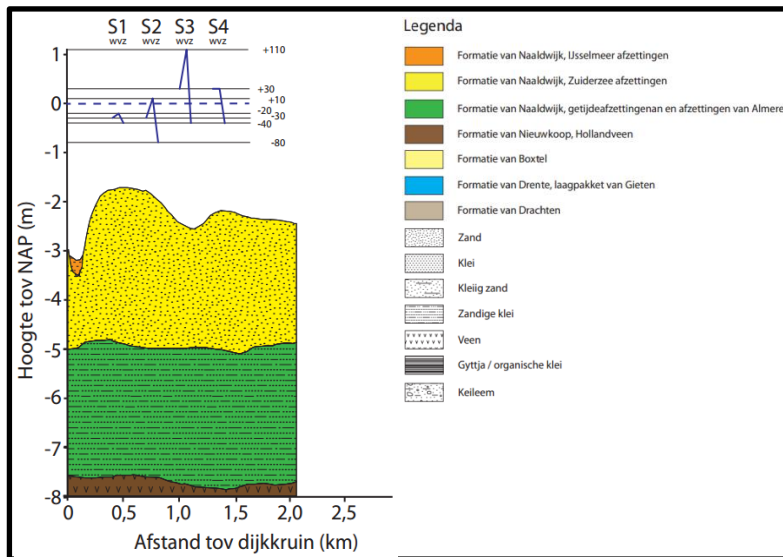
Figuur 6-15: Kaart links: uitsnede van de Kaart van de Republiek der Zeven Verenigde Nederlanden, gemaakt door Johannes Janssonius (1658). Hierop is de Zuiderzee, het Enckhuysen Sant en de Houtrib goed te zien. Kaart rechts: uitsnede van de Kaart van de Zuiderzee, 7e Staat van Johannes van Keulen uit 1735 met het Enkhuizerzand en de Houtrib (collectie Zuiderzeemuseum)



Figuur 6-16: Kaart links: huidige ligging Enkhuizerzand in het Markermeer en IJsselmeer (uitsnede uit kaart in Noordhuis, 2010); Kaart rechts: ligging meetpunten RWS rondom het Enkhuizerzand (excl. de meetpunten op de Houtribdijk)

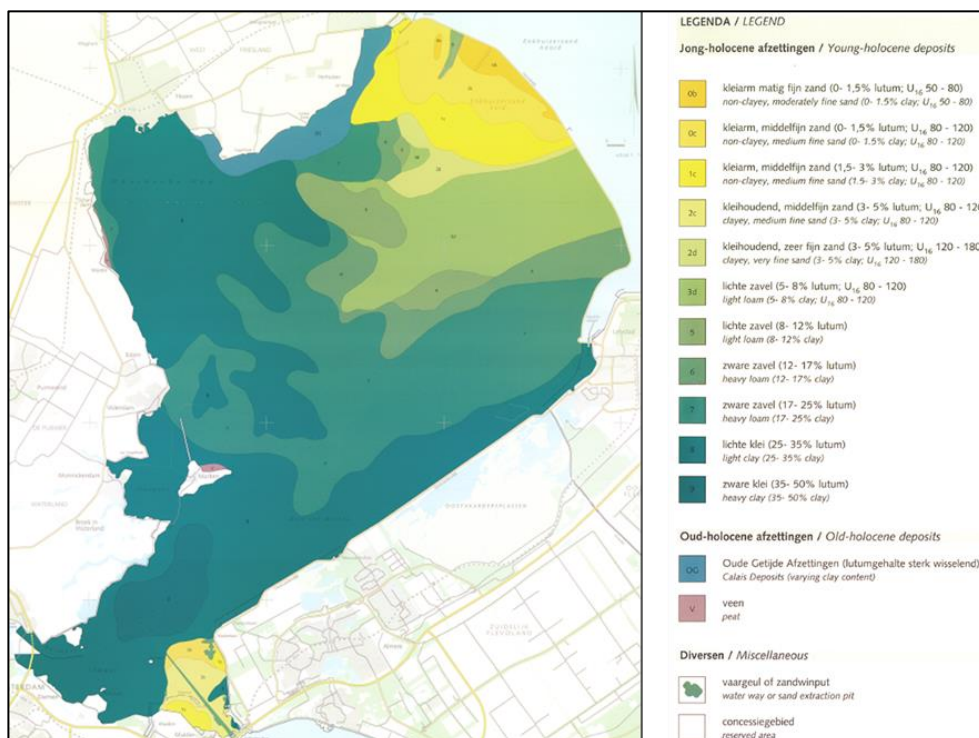
6.4.2 Bodem

De waterdiepte voor de Houtribdijk is door het Enkhuizerzand langs grote gedeelten van de dijk minder dan 2 meter. De geologische opbouw van het gebied bestaat uit een dikke toplaag van Zuiderzee afzettingen voornamelijk bestaand uit schone grove zanden. Op sterk de geëxposeerde delen van het meer (zoals aan de Markermeer-zijde van het Enkhuizerzand) staan weinig tot geen waterplanten. Dit wordt vermoedelijk veroorzaakt wordt door de hoge golf- en sedimentdynamiek op dergelijke locaties [Van Geest en Noordhuis 2014].

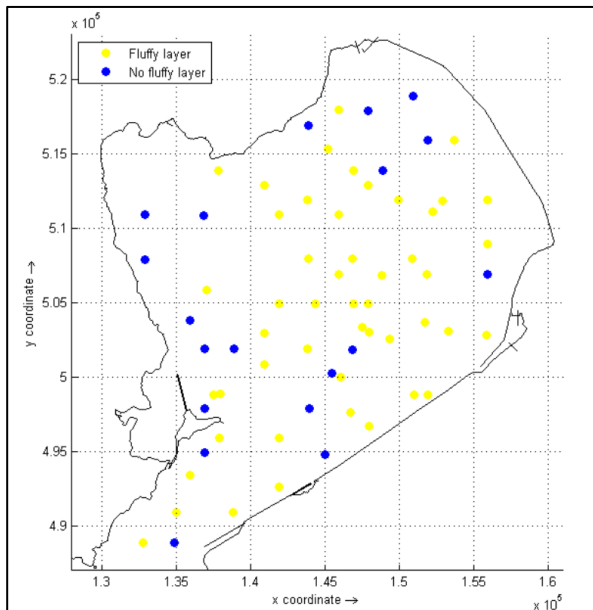


Figuur 6-17: Bodemopbouw IJsselmeer ter hoogte van het Enkhuizerzand [uit Wiersma en Verheij, 2012]. Blauwe peilen geven diverse scenario's aan voor peilverloop in Markermeer en IJsselmeer

Binnen het Markermeer is het Enkhuizerzand een afwijkend gebied dat door bodemtype, beperkte diepte en dynamiek contrasteert met de overige delen van het systeem. De begrenzingen van het gebied zijn niet nauw omschreven, maar zouden kunnen worden geïnterpreteerd als het gebied waar de toplaag van de bodem uit middelfijn tot matig fijn zand bestaat, plus de bodem van een geul die het gebied op 2 km ten oosten van het Naviduct doorsnijdt (Oude Hoornsche Gat; Figuur 6-18).



Figuur 6-18: Samenstelling van de toplaag (0-5 cm) van het sediment in het Markermeer-IJmeer [uit Lenselink & Menke, 1995]

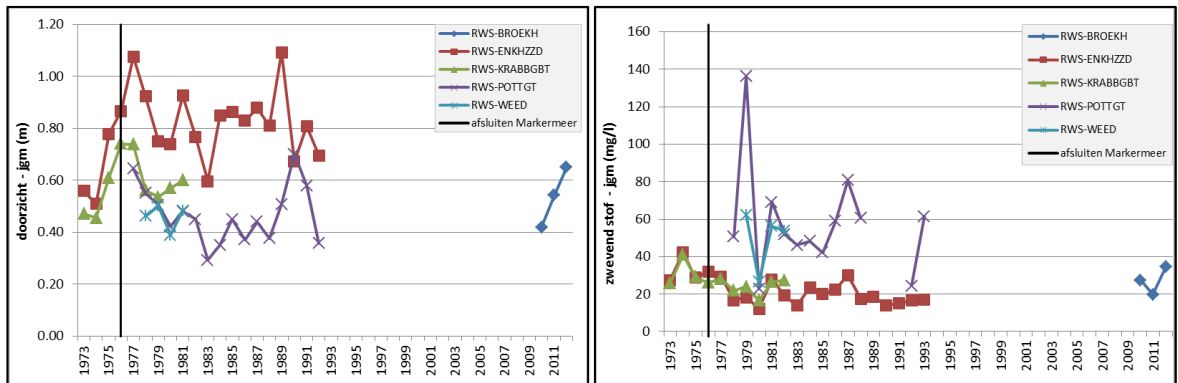


Figuur 6-19: Aan- en afwezigheid van een slappe sliblaag op de bodem van het Markermeer-IJmeer [M. de Lucas Pardo]

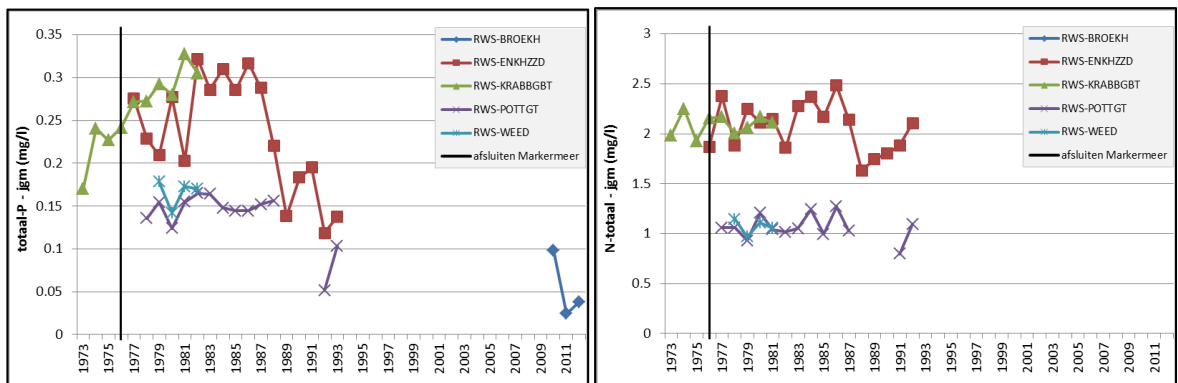
Door de ligging ten opzichte van de overheersende windrichtingen is het gebied zeer dynamisch. Dit uit zich onder meer in de afwezigheid van een zachte (mobiele) sliblaag op het sediment, zoals die elders in grote delen van het Markermeer aanwezig is (figuur 2). Het gebied waar deze laag ontbreekt komt min of meer overeen met het gebied waar de toplaag uit matig of middelfijn zand bestaat (Figuur 6-19). De diepte van dit gebied bedraagt aan de buitenrand ongeveer 4 meter en loopt langzaam, later sneller op richting Houtribdijk tot minder dan 2 meter.

6.4.3 Waterkwaliteit

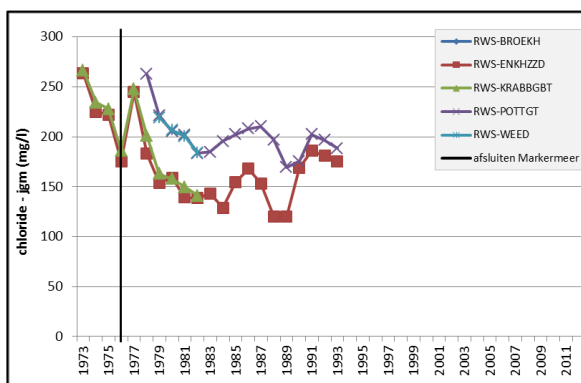
Er zijn 5 meetpunten vanuit Rijkswaterstaat gelegen op of rondom het Enkhuizerzand in het Markermeer en het IJsselmeer (zie Figuur 6-16). Alleen voor het meetpunt Broekerhaven zijn recente (> 2008) meetgegevens beschikbaar, maar dit ligt meer in de vaargeul en niet op het Enkhuizerzand. De meetgegevens zijn afkomstig uit de Limnodata Neerlandica [STOWA, 2014]. Het jaargemiddelde doorzicht is aan de IJsselmeerzijde van de Houtribdijk hoger (en het gehalte zwevend stof lager) dan aan de Markermeerzijde. De voedingsstoffen zijn de laatste decennia gedaald ten opzichte van de jaren '70 waarin het Markermeer is ontstaan. Chloride laat in de jaren '80 een verzoeting zien.



Figuur 6-20: Jaargemiddelde doorzicht (m; links) en zwevend stof (mg/l; rechts) rondom de Houtribdijk



Figuur 6-21: Jaargemiddelde totaal-P (mg/l; links) en totaal-N (mg/l; rechts) rondom de Houtribdijk



Figuur 6-22: Jaargemiddelde chloride (mg/l) rondom de Houtribdijk

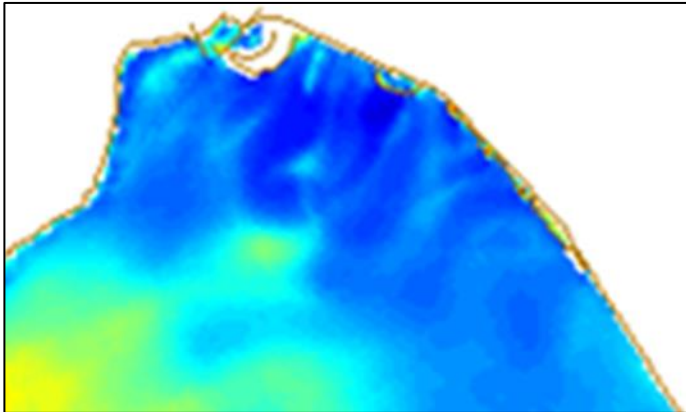
6.4.4 Vissen

Door de specifieke eigenschappen van het Enkhuizerzand zijn er karakteristieke bestaande hogere natuurwaarden, die elders in het systeem niet of in mindere mate voorkomen. Daarbij gaat het met name om een paaifunctie voor vis zoals baars en blankvoorn, en om een foerageer- en rustfunctie voor benthivore watervogels, in het bijzonder kuifeenden in de ruiperiode.

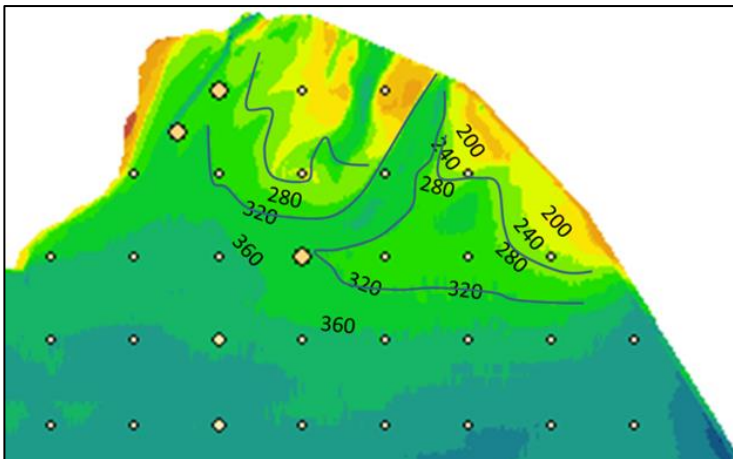
Over paailocaties bestaan geen specifieke, gestandaardiseerde monitoringsgegevens. Het Enkhuizerzand is voor bepaalde vissoorten waarschijnlijk een belangrijk paaigebied door de relatief stevige bodem. Basis voor het lokaliseren van de paaigebieden is een interview met Mennobart van Eerden [RWS WVL, d.d. 4 april 2014]. Op basis van veldervaringen (waarnemingen en diverse bemonsteringen, gesprekken met vissers e.d.) gaat het om de periode april-mei en om de soorten snoekbaars (jaren '80 – begin jaren '90), baars en blankvoorn. Mogelijk vertoont vooral baars daadwerkelijk paaitrek naar het Enkhuizerzand. Spiering (en ook brasem) paait elders, vaak langs en tegen de dijk, in het Markermeer vooral tussen Trintelhaven en Lelystad en langs de Oostvaardersdijk. De paai van de drie eerstgenoemde soorten is onder meer te lokaliseren met behulp van vliegtuigwaarnemingen van de verspreiding van foeragerende aalscholvers.

Een aantal randvoorwaarden voor vispaai werden genoemd:

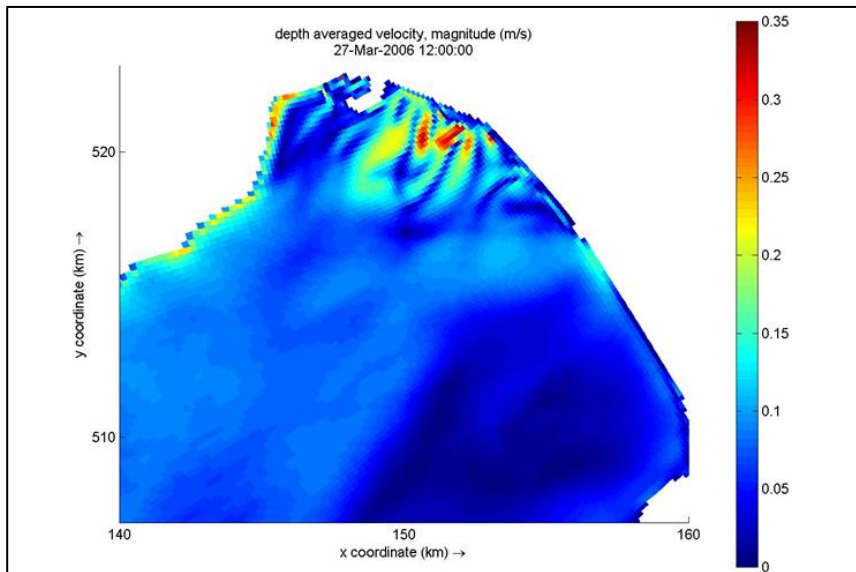
- Locatie: Verder uit de kust, (vanaf) ca. 1-2 km [pers. med. M. van Eerden].
- Bodemtype: Min of meer harde bodem (klei of zand/zavel, eventueel met schelpen). Op grotere diepte is de bodem bedekt met een sliblaag, waardoor geen goede hechtingsmogelijkheden bestaan substraat voor viseieren. In Figuur 6-18 is de samenstelling van de toplaag van het sediment weergegeven. In Figuur 6-19 is een weergave van de aan- en afwezigheid van een sliblaag. Niet al te dynamische, stevige zandbodems zonder sliblaag bieden in principe geschikt substraat voor vispaai.
- Dynamiek: Min of meer stabiele bodem. Op geringe diepte langs de Houtribdijk is de invloed van wind en golven zodanig hoog dat de toplaag van het sediment te veel in beweging is. Op basis van modelresultaten voor waterbeweging bij de bodem lijkt er in op ca. 6 km ten zuiden van het naviduct een gebied ten zijn met een relatief lange verblijftijd in de onderste waterlaag (Figuur 6-23) en relatief lage stroomsnelheden (Figuur 6-25 en Figuur 6-26) en schuifspanning (Figuur 6-27 en Figuur 6-28). Dit gebied heeft een bodem van lichte zavel tot fijn zand (Figuur 6-18) zonder sliblaag (Figuur 6-19), is ca. 3 meter diep, en sluit aan op een ondiepte aan de zuidkant van het Oude Hoornsche Gat (Figuur 6-24).
- Ruwheid: Enige ruwheid is gunstig, bijvoorbeeld in de vorm van zuiderzeeschelpen in de toplaag of van relatief lage tot intermediaire dichtheden van mosselen die in kluitjes voorkomen. Hieraan kunnen eieren of eisnoeren (baars) worden vastgehecht. De groeivorm van de mosselen (los, bank of kluitjes) wordt bij de karteringen niet geregistreerd. De dichtheid van mosselen en die van schelpen in de toplaag is op het Enkhuizerzand laag (Figuur 6-29, vergelijking met dieptekaart zie Figuur 6-24). Pas langs de randen, op zo'n 5 km uit de kust op een diepte van ongeveer 3 meter zijn de dichtheden van mosselen en schelpen wat hoger.
- Diepte: Mogelijk de best voorspellende parameter [pers. med. M. van Eerden]. Gunstige waarden van de andere parameters komen ruwweg voor in de dieptezone van 2 (2,5) – 3 meter waterdiepte. De dieptelijnen van 2,5 en 3 meter (waterdiepte) zijn globaal weergegeven in Figuur 6-24.



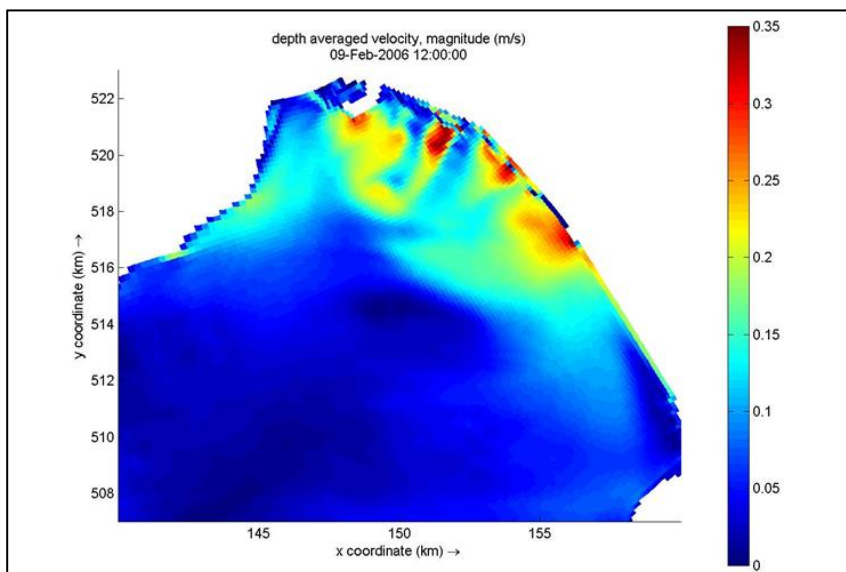
Figuur 6-23: Jaargemiddelde verblijftijd (in uren) in onderste laag voor 2006 [Uit Noordhuis et al. 2014]



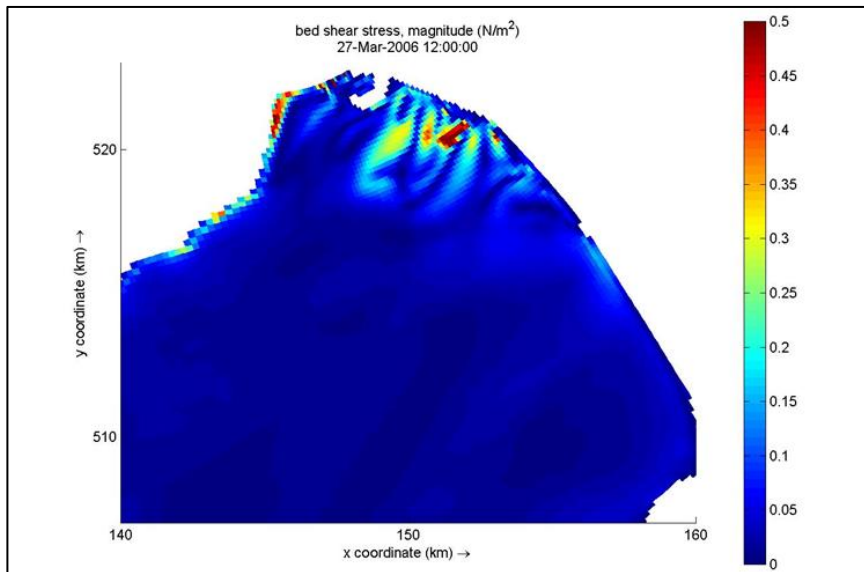
Figuur 6-24: Dieptekaart (NAP) met de diepte van de overgang tussen klassen van 40 cm en een indicatie van de dichtheden van mosselen in 2000. De lijnen geven globaal de begrenzingen aan van de dieptezone tussen 2,5 en 3 meter waterdiepte (bij zomerpeil van -20 cm NAP)



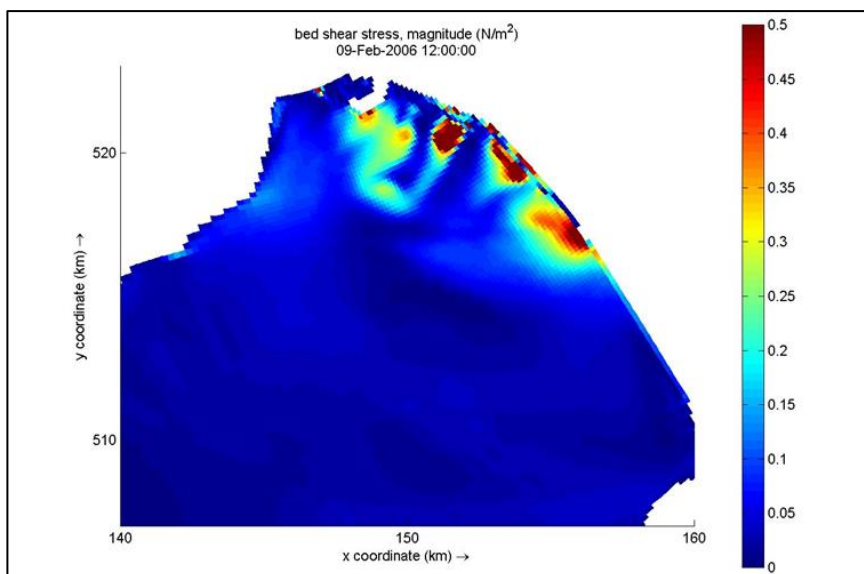
Figuur 6-25: Stroomsnelheid op 27 maart 2006, bij zuidwestenwind met een snelheid van 17 m/s



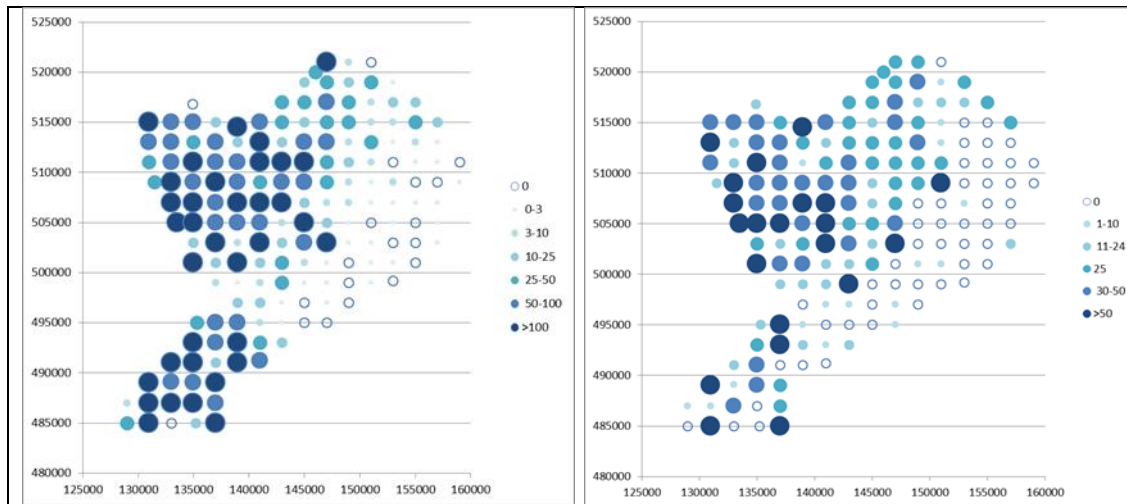
Figuur 6-26: Stroomsnelheid op 9 februari 2006, bij noordwestenwind met een snelheid van 14 m/s



Figuur 6-27: Schuifspanning bodem op 27 maart 2006, bij zuidwestenwind met een snelheid van 17 m/s



Figuur 6-28: Schuifspanning bodem op 9 februari 2006, bij noordwestenwind met een snelheid van 14 m/s

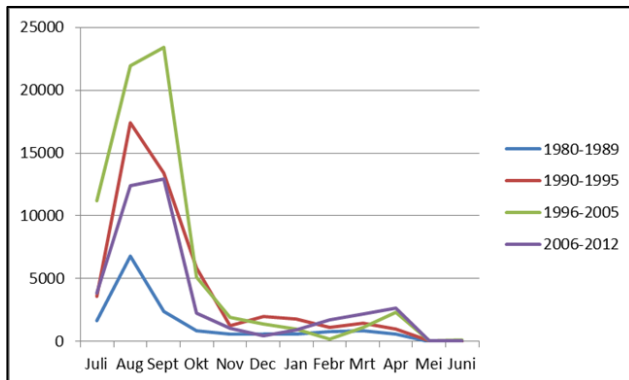


Figuur 6-29: Gemiddelde biovolumes (ml/m²; links) en gemiddeld percentage schelpen in de toplaag (rechts) op basis van de mosselkarteringen van 1981, 1993 en 2000 [data Rijkswaterstaat Dir. IJsselmeergebied]

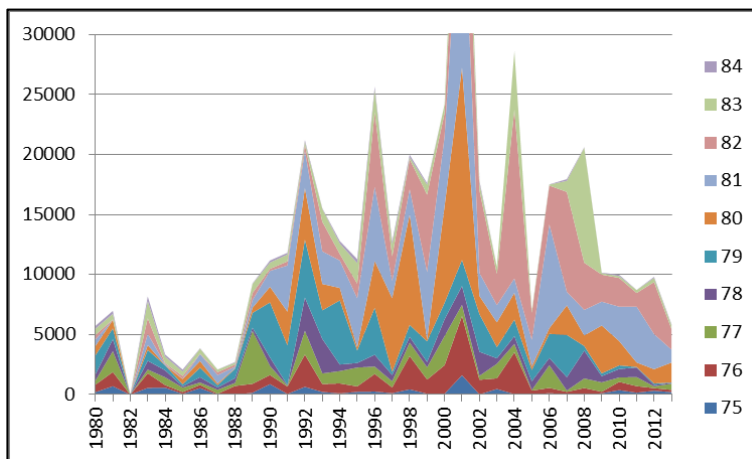
6.4.5 Vogels

Ruiende kuifeenden

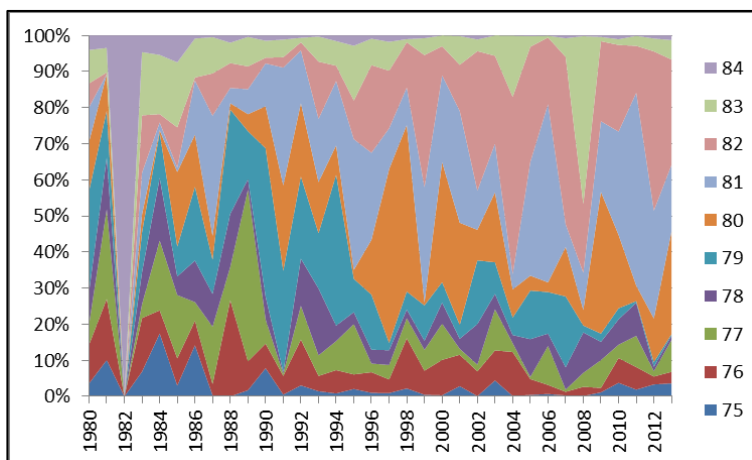
In de nazomer houden zich langs de Houtribdijk concentraties ruiende watervogels op. Met name bij de kuifeend zijn aantallen groot. Tijdens de slagpenrui zijn watervogels extra kwetsbaar, te meer daar ze dan enkele weken lang niet kunnen vliegen. Kuifeenden leven in de ruitijd vaak van andere prooi dan in de winter. Ruiende kuifeenden zijn langs de Houtribdijk vooral aanwezig in augustus en september (Figuur 6-30). Hun aantallen lopen dan op tot 10.000 – 20.000 [maandelijkse vliegtuigtellingen RWS, M. van Eerden]. De omvang van deze ruiconcentratie nam eind jaren tachtig sterk toe (Figuur 6-30 en Figuur 6-31), terwijl concentraties in het IJmeer sterk afnamen. Rond 1995 vond binnen het traject langs de Houtribdijk een verschuiving plaats in westelijke richting, van de telvakken ten oosten van Trintelhaven naar de telvakken ten westen van Trintelhaven (Figuur 6-32). De omvang van een kleinere ruiconcentratie aan de IJsselmeerszijde van de Houtribdijk nam toen af. Deze verschuiving naar de telvakken aan Markermeerszijde tussen Trintelhaven en Enkhuizen volgt op de aanleg van de ijsbrekerdammen (Hockeysticks) in 1992 (tegenover Trintelhaven) en de daarop volgende jaren [De Vries 2001]. Sindsdien rusten de ruiende kuifeenden met andere watervogels in de luwte van deze dammen, afhankelijk van de wind aan de binnen- of buitenkant. De laatste jaren neemt de omvang van de concentratie weer af en is een toename zichtbaar in de Gouwzee.



**Figuur 6-30: Seizoensverloop van het aantal Kuifeenden langs de Houtribdijk (Markermeerzijde).
Bron: maandelijkse vliegtuigtellingen RWS (M. van Eerden)**

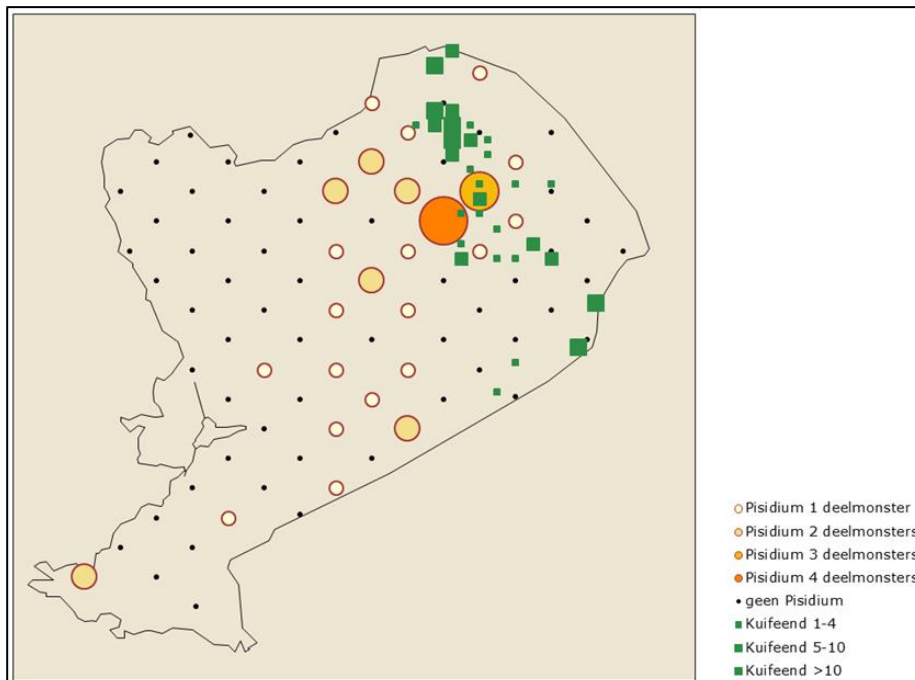


Figuur 6-31: Aantalsverloop over telvakken 75 t/m 84, telling van ZO naar NW, telvakken vanaf 80 liggen NW van Trintelhaven) van ruiende Kuifeenden langs de Houtribdijk. [Bron: maandelijkse vliegtuigtellingen RWS, M. van Eerden]



Figuur 6-32: Ruimtegebruik procentuele verdeling over telvakken 75 t/m 84, telling van ZO naar NW, telvakken vanaf 80 liggen NW van Trintelhaven) van ruiende kuifeenden langs de Houtribdijk. [Bron: maandelijkse vliegtuigtellingen RWS, M. van Eerden]

De ruiende kuifeenden rusten overdag (tijdens de tellingen) in de oeverzone langs de dijk, afhankelijk van de wind binnen of buiten de Hockeysticks. 's Nachts zwemmen ze enkele kilometers het meer op om te foerageren op bodemfauna. In de ruitijd worden in plaats van mosselen vooral kleine bodemorganismen gegeten, zoals brakwaterhorentjes (*Potamopyrgus*), erwtenmosseltjes (*Pisidium*) of mosselkreeftjes (Ostracoda). Gegevens over dieet en foerageergedrag in de jaren tachtig [Van der Kamp 1994] kunnen worden gecombineerd met recentere gegevens voor een indruk van het ruimtegebruik van de ruiende eenden. De ligging van het foerageergebied in de ruitijd is mogelijk enigszins af te leiden uit karteringsgegevens van *Pisidium* (bijproduct mosselkartering (Figuur 6-33) en uit de vangstlocaties van eenden die zijn verdronken in visnetten [Van Eerden 1997]. De verspreiding van de (foeragerende) kuifeenden die in visnetten zijn gevonden was geconcentreerd in een strook die min of meer parallel aan de Houtribdijk ligt op 5-6 km afstand. Dit is een afstand die tijdens de slagpenrui op en neer moet worden gezwommen. Deze afstand is ook bekend bij ruiende futen die in de schemer voor de ZW kust van Friesland op spiering foerageerden [Piersma 1997]. Tegenover Trintelhaven overlapt dit gebied met de verspreiding van *Pisidium*, waarvan de kern op iets grotere afstand van de dijk ligt, op een diepte van ongeveer 4 meter (Figuur 6-33). De grootste dichtheid van de gevangen eenden lag op ondiepere delen van het Enkhuizerzand (ca. 3 m waterdiepte, [Figuur 6-33; Van Eerden & Bij de Vaate 1984]. Verder naar het zuiden wordt mogelijk de dichtheid van de erwtenmosseltjes hoger, maar de zwemafstand en de duikdiepte (en –kosten) worden dan groter. Een met de diepte toenemende dichtheid kan overigens ook gedeeltelijk een gevolg zijn van deze predatie).

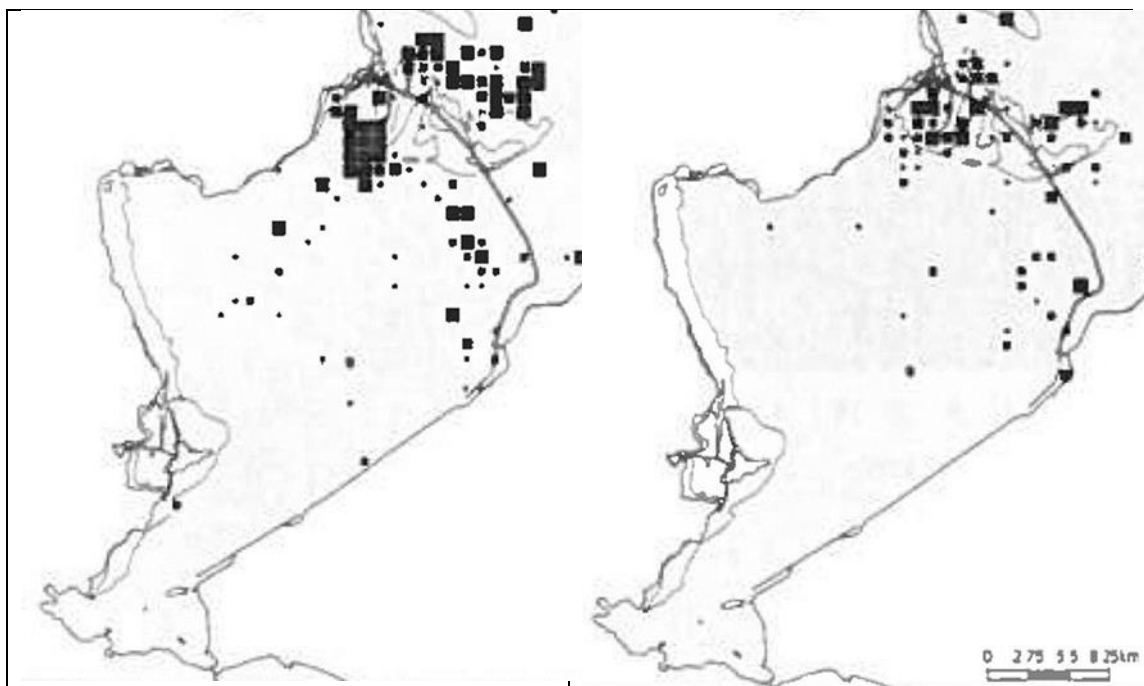


Figuur 6-33: Verspreiding van (grotere) *Pisidium subtruncatum* in 2006, vergeleken met die van in visnetten verdronken kuifeenden in de ruitijd in 1979 en 1980 (naar Van Eerden & bij de Vaate 1984). Uit Noordhuis 2010

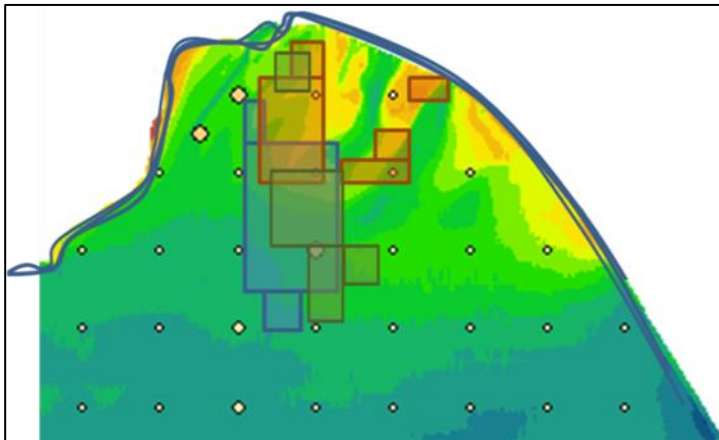
Overige benthivore watervogels

Foeragerende kuifeenden waren in de winters van 1979-1990 [Van Eerden 1997] veel meer verspreid over het Markermeer en IJmeer dan in de ruitijd (Figuur 6-34). Dat is in overeenstemming met de verspreiding van mosselen, hun voornaamste voedsel in de wintermaanden in die jaren [De Leeuw & van Eerden 1995]. Twee andere soorten benthivore eenden die alleen in de wintermaanden aanwezig zijn, de topper en de brilduiker, waren echter geconcentreerd op het Enkhuizerzand (Figuur 6-35). De topper, die iets groter is en wat dieper kan duiken dan de brilduiker, werd daarbij iets verder uit de kust gevangen dan de brilduiker. In grote lijnen is er echter een concentratiegebied dat overeenkomt met dat van de kuifeenden in de ruitijd (Figuur 6-33).

Vooraf uit de verspreiding van duikeenden die in visnetten zijn verdronken (gecorrigeerd voor visserij inspanning) komt een beeld van gunstige foerageer locaties voor benthivoren naar boven (Figuur 6-35). De kern van dit gebied, met name voor kuifeend en topper, komt qua ligging ongeveer overeen met het relatief laag dynamische gebied dat zichtbaar is in Figuur 6-23. De brilduiker lijkt meer te foerageren in de relatief ondiepe en dynamische gebieden rond het Oude Hoornsche Gat. Globaal komt het ook overeen met het deel van het potentieel gunstige vispaaigebied (Figuur 6-24) dat ten westen van het Pottengat ligt (de oostelijke van de twee groengekleurde doorsnijdingen in het Enkhuizerzand in Figuur 6-35).



Figuur 6-34: Verspreiding van toppers (links) en brilduikers (rechts) in de maanden oktober – maart van de jaren 1979-1990, op basis van vogels gevangen in visnetten, gecorrigeerd voor visserij-inspanning [Uit: Van Eerden 1997]



Figuur 6-35: Combinatie van de hoofdverspreiding van in visnetten verdrinken kuifeenden (groen; Figuur 6-33), toppers (blauw) en brilduikers (oranje; Figuur 6-34)

Mogelijk zijn de goede gebieden voor benthos en vispaai gedeeltelijk dezelfde. Het zijn vooral overgangsgebieden met waterbeweging die wel vernieuwing biedt en voorkomt dat geschikt sediment met slib bedekt raakt, maar niet zo dynamisch is dat bodemfauna of viseieren te vaak worden bedekt door nieuwe afzetting van zand. Bijzonder is een soort tong van relatief laag dynamisch water die vanuit het zuiden het Enkhuizerzand op komt, en die ook zichtbaar is op de sedimentkaart (Figuur 6-18). De beste locaties liggen dus niet vast en zijn gekoppeld aan een bepaalde combinatie van diepteverloop, sediment en dynamiek. Als door herinrichting deze condities veranderen kunnen gunstige locaties voor bodemfauna en vispaai dus verschuiven.

Voor benthivore eenden is bovendien de relatie met de rustplaatsen van belang. Bij ruiende Kuifeenden liggen deze in de luwte van de Houtribdijk en de Hockeysticks. Tijdens de slagpenrui moeten ze de foerageergebieden van daar uit zwemmend kunnen bereiken.

6.4.6 Macrofauna

Er zijn 10 meetpunten vanuit Rijkswaterstaat gelegen op of rondom het Enkhuizerzand in het Markermeer en het IJsselmeer (zie Figuur 6-16). Hierbij zijn de meetpunten op het harde onnatuurlijke substraat van de Houtribdijk zelf buiten beschouwing gelaten. Alleen voor het meetpunt Halfwegdijk en RWS-10064 zijn recente (na 2000) meetgegevens beschikbaar voor macrofauna. De meetgegevens zijn afkomstig uit de Limnodata Neerlandica [STOWA, 2014]. Voor de aangetroffen soorten is bepaald hoeveel kenmerkende, dominant negatieve en dominant positieve soorten er aanwezig zijn (conform KRW-systematiek voor type M21).

Dominant positieve taxa die zijn aangetroffen sinds 2004 zijn de *Dreissena polymorpha* en *Pisidium*. Bij bemonsteringen in 1992 is ook nog *Cladotanytarsus* aangetroffen maar dit taxon komt niet meer terug na 2000.

De onderstaande positieve en kenmerkende taxa voor een groot diep meer (KRW-type M21) zijn sinds 2004 aangetroffen op of rondom het Enkhuizerzand:

- *Ancylus fluviatilis* (slak; houdt van zuurstofrijk water met hard substraat);
- *Cryptochironomus* (dansmug; voorkeur voor zandig substraat);
- *Psammoryctides barbatus* (*Tubificidae* soort, voorkeur voor koeler water met zandig substraat);
- *Stictochironomus* (dansmug; mesotrofe soort);
- *Pisidium nitidum* (schelpdier);
- *Theodoxus fluviatilis* (slak);
- *Stictochironomus sticticus* (dansmug).

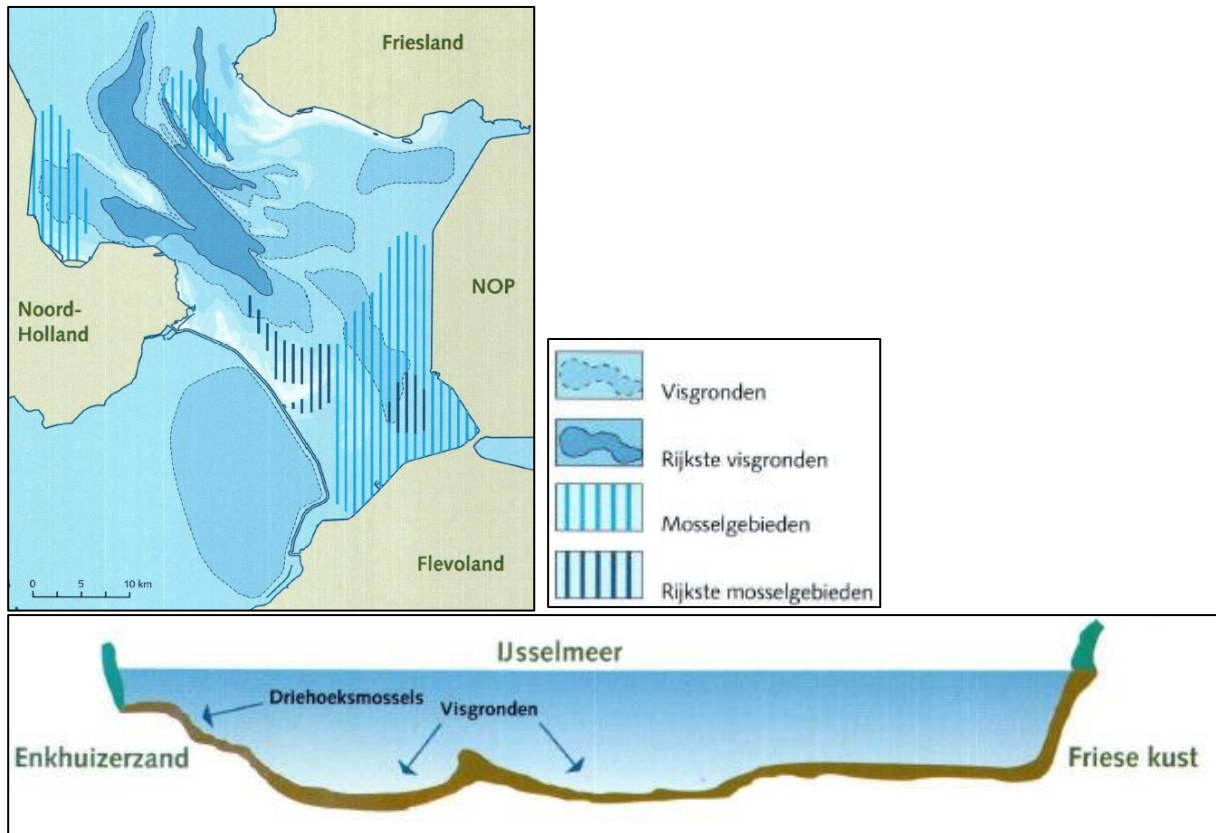
De onderstaande negatieve taxa voor een groot diep meer (KRW-type M21) zijn sinds 2004 aangetroffen op of rondom het Enkhuizerzand:

- *Chironomus* (dansmug);
- *Cricotopus sylvestris gr.* (dansmug);
- *Limnodrilus* (*Tubificidae* soort, voorkeur voor eutroof en warmer water);
- *Polypedilum nubeculosum* (dansmug);
- *Radix balthica* (slak);
- *Valvata piscinalis* (slak).

Tabel 6-7: Aangetroffen taxa op Enkhuizerzand die meetellen bij de KRW-beoordeling (vanaf 2004) [STOWA, 2014]

Mp	Jaar	Dominant Positief	Dominant Negatief	Kenmerkend
RWS-10064	2004	2	2	3
RWS-HALFWDK	2007	1	1	3
RWS-HALFWDK	2008	1	1	3
RWS-HALFWDK	2010	1	0	2
RWS-HALFWDK	2011	1	0	3
RWS-HALFWDK	2012	1	1	1

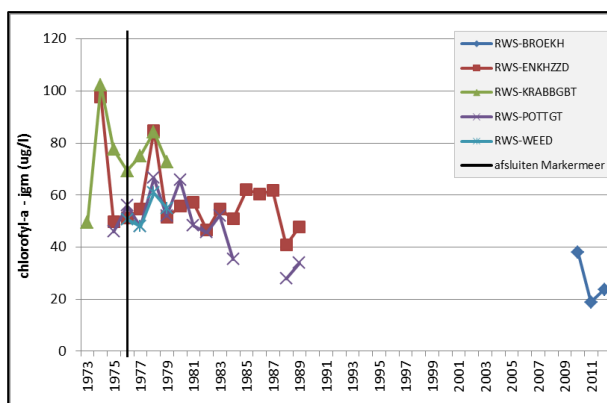
In een studie van het RIZA uit 1997 wordt beschreven dat op het Enkhuizerzand geen waterplanten groeien en dat de randen van het Enkhuizerzand geschikt zijn als substraat voor mosselen (licht eroderende werking zorgt ervoor dat substraat en mossels worden “schoongewassen”) [Rijnsdorp et al 1997].



Figuur 6-36: Verspreiding en dwarsdoorsnede visgronden en mosselgronden in het IJsselmeer [uit: Rijnsdorp et al, 1997]

6.4.7 Fytoplankton

Voor fytoplankton zijn er alleen gegevens uit 1992 en 1993 beschikbaar op of rondom het Enkhuizerzand. In totaal zijn er in de monsters 5 tot 36 verschillende taxa aangetroffen. Het chlorofyl-a gehalte vertoont een dalende lijn na afsluiting van het Markermeer. De gehalten van de laatste jaren (tussen 20 en 40 $\mu\text{g/l}$) vallen voor de KRW in de klasse matig. De aangetroffen taxa komen niet in voldoende hoge dichtheden voor om een bloei te veroorzaken in het Enkhuizerzand.



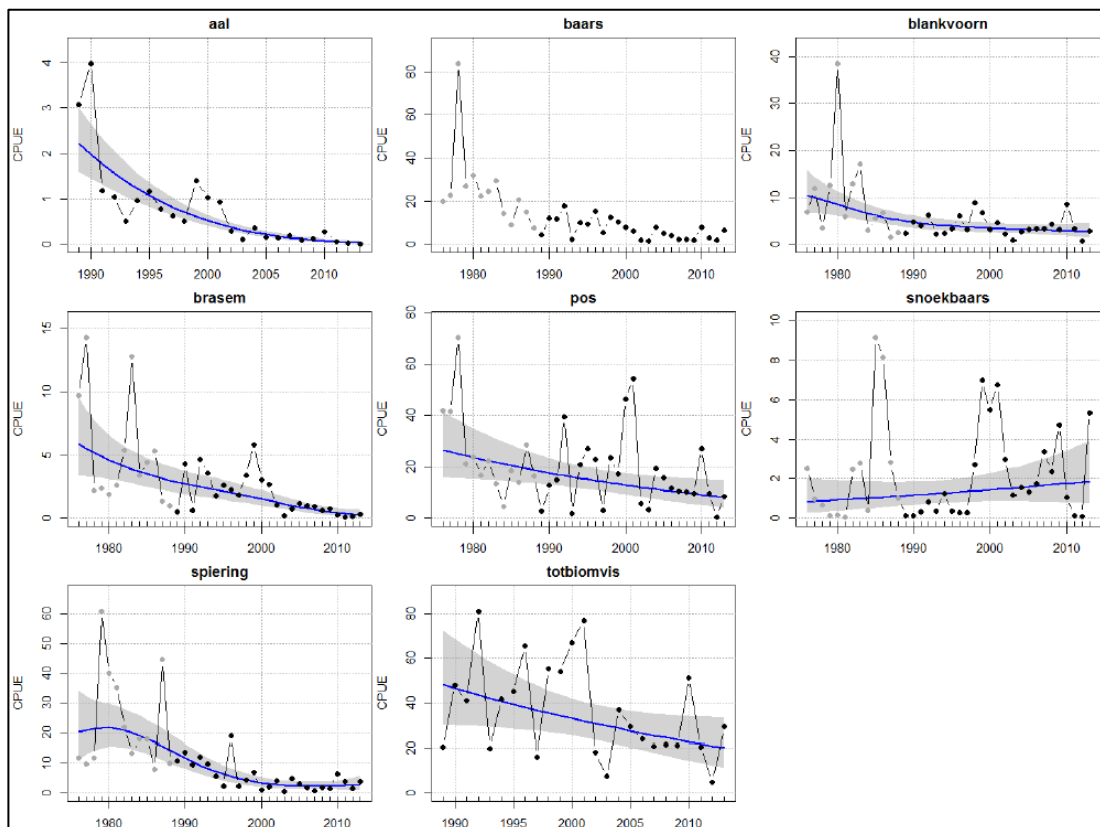
Figuur 6-37: Jaargemiddelde chlorofyl-a ($\mu\text{g/l}$) [STOWA, 2014]

7 THEMA ECOLOGISCHE VERBINDINGEN - VIS

7.1 Huidige situatie visstand

7.1.1 Huidige visstand

Sinds 1966 wordt de visstand van het IJsselmeer en Markermeer elk jaar bemonsterd, tegenwoordig door Imares. Bemonstering vindt plaats met een sleepnet en elektrokor. Deze bemonstering is gericht op de algemene en commercieel belangrijke vissoorten. Deze bemonsteringen worden aangevuld met data die beroepsvissers verzamelen. In aanvulling op de standaard monitoring is 1994 een bemonsteringsprogramma van zeldzame vissoorten gestart in het IJsselmeer en wordt sinds 2000 ook monitoring aan zeldzame diadrome vis aan de Waddenzeezijde van de Afsluitdijk uitgevoerd. Sinds 2007 vindt ook oeverbemonstering plaats gericht om plant minnende soorten [Imares, 2010].



Figuur 7-1: Gemiddeld vangstsucces (Catch Per Unit Effort als kg/hectare) van de commercieel benutte soorten in het Markermeer. Als de gegevens geschikt zijn voor trendanalyse: inclusief de uitkomst van de trendanalyse door middel van Trendspotter: geschat CPUE ('smoothed mean') per jaar (blauwe lijn) met 95% betrouwbaarheidsinterval van het jaargemiddelde (grijs vlak). Grijs punt: voorafgaand aan 1989 was de kuilbemonstering niet gestandaardiseerd en werd de biomassa deels geschat (zie rapport deel II). De gegevens van spiering zijn nog van voorlopige aard [De Graaf et al 2015]

De visstand van Markermeer en IJsselmeer wordt gedomineerd door spiering, pos, baars, blankvoorn, brasem, snoekbaars en aal. In 1998 is de biomassa vis voor het Markermeer geschat op 65 kg/ha, in 2013 is de biomassa gedaald tot ca. 20 kg/ha. Aal, brasem, pos en de totale visbiomassa vertonen een afname over de laatste 12 jaar. Blankvoorn, snoekbaars en spiering vertonen een onzekere trend over de laatste 12 jaar [De Graaf et al 2015].

De grootste biomassa vis wordt aan de zuidoostkant van het Markermeer gevonden. De productiviteit van het Markermeer (in algen, zoöplankton, driehoeksmosselen en vis) is ongeveer de helft lager dan van het IJsselmeer [Lammens en Hoesper, 1998]. Door de hoge visserijdruk (vissers en vogels) is in de huidige situatie het aandeel kleine vis onnatuurlijk hoog. Door het wegvangen van grote, oudere vis ontstaat er ruimte voor kleine, jonge vis. Voor het IJsselmeer lijkt de totaal beschikbare productieruimte maar deels gebruikt te worden. De verwachting is dat dit komt omdat pas in de zomer het visbestand in het open water toeneemt. In het voorjaar is er weinig vis in het open water aanwezig [Werkgroep voorbereiding VBC IJsselmeer en Markermeer, 2007]

In 1998 en 1999 is onderzoek uitgevoerd naar de visstand op het Markermeer en IJsselmeer, onder andere naar de ruimtelijke verdeling van een aantal vissoorten (waaronder baars, spiering, snoekbaars). Vorming van grote concentraties werden over het algemeen niet geconstateerd. Kleine variaties in het verspreidingspatroon waren wel aanwezig [Oosting et al 2000]. Spiering wordt in de zomer vooral aangetroffen in diepe deel van Markermeer bij Lelystad [pers med. B. de Witte – RWS IJsselmeergebied].

7.1.2 Migrerende soorten in het Markermeer

Redenen voor vissen om te migreren zijn divers:

- als vast onderdeel van de levenscyclus (o.a. zalm, paling);
- (her)kolonisatie habitats & zoeken naar foerageergebieden;
- vluchten voor ongunstige (milieu)omstandigheden;
- uitwisseling tussen populaties.

In Tabel 7-1 een overzicht van de vissoorten waarvoor het Markermeer-IJmeer een rol speelt in de migratie. De soorten zijn geselecteerd op basis van de regionale plannen rondom vismigratie van waterschappen Hollands Noorderkwartier, Amstel, Gooi en Vecht, en Zuiderzeeland, aangevuld met habitatsoorten en overige belangrijke soorten.

Tabel 7-1: Overzicht belangrijkste vissoorten voor Markermeer-IJmeer

Soort		Reden
Aal/paling	<i>Anguilla anguilla</i>	Aalverordening; KRW; sterk bedreigd
Spiering	<i>Osmerus eperlanus</i>	Voedsel voor visetende soorten van vogelrichtlijn; sterk achteruitgegaan
Driedoornige stekelbaars	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	Geselecteerd door de waterschappen als doelsoort voor vismigratie; mogelijk nog anadrome populaties
Rivierdonderpad	<i>Cottus perifretum</i>	Habitatrichtlijn;
Snoekbaars	<i>Sander lucioperca</i>	Belangrijke roofvis voor Markermeer
Baars	<i>Perca fluviatilis</i>	Belangrijke roofvis voor Markermeer; KRW
Blankvoorn	<i>Rutilus rutilus</i>	

Soorten die wel voorkomen in Markermeer maar verder niet in de bureaustudie worden meegenomen:

- Pos: kleine, bodembewonende vis; niet migrerend.
- Brasem: algemeen voorkomende soort; niet interessant vanuit oogpunt voor migratie en halen van KRW en N2000 doelen.

Aal

Glasaal migreert uit zee naar opgroeigebieden in het zoete water. De optrek vanuit zee naar de rivieren start als de watertemperatuur 10°C of hoger wordt. Voor Nederland van deze optrek in de maanden maart-juni. Glasalen trekken vooral s nachts landinwaarts. Oriëntatie gaat met behulp van het zijlijnorgaan dat de rivieroever waarneemt. Hoever de glasalen doorzwemmen hangt af van de plaatselijke dichtheden van aal en van de migratiekelpunten onderweg.

Schieraal (geslachtsrijpe aal) trekt naar zee om vervolgens in de Atlantische oceaan te paaien (Sargassozee). De schieralen trekken eind van de zomer en in het najaar vanuit het zoete water naar zee, met de piek in oktober. [Klein Breteler, 2005]. Mannetjes migreren eerder weg dan vrouwtjes (soms als ze nog geen schieraal zijn). De stroomafwaarts trekkende schieralen zwemmen bij voorkeur in de sterkste stromingen van de hoofdstroom van rivieren, maar laten zich bij voorkeur drijven in de onderste en middelste waterlagen. Ze kunnen echter ook in de ondiepe waterlagen voorkomen, maar ook over land kruipen. Schieralen migreren bij voorkeur s nachts [Klein Breteler, 2005].

De aalstand in het Markermeer was vroeger duidelijk lager dan de aalstand van het IJsselmeer (makkelijker om het IJsselmeer in te trekken vanuit zee dan het Markermeer), maar dit is de laatste jaren niet meer het geval. De afgelopen 15 jaar is de aalstand in het Markermeer afgenomen.

Aal migreert van zee naar opgroeigebieden en vice versa. Via het Noordzeekanaal (Oranjesluis) en het IJsselmeer en Houtribdijk kan de glasaal het Markermeer optrekken. Via dezelfde routes kunnen de schieralen naar zee trekken [Buijse et al. 2009]. Het Markermeer speelt een rol voor het ontsluiten van geschikte biotopen in de Flevopolders en delen van de beheergebieden van waterschap Amstel Gooi en Vecht en Vallei en Eem. De intrek van glasaal (jonge aal onderweg van zee naar opgroeigebieden) naar het IJsselmeer was in 2008 op de laagste stand ooit gemeten. Het aalbestand in het Markermeer en IJsselmeer lijkt sinds 1999 te verschuiven naar de grotere alen. Mogelijkheden hiervoor is een toename aan schieraal die vanuit de rivieren de meren opzwemmen of een grote overleving van volwassen aal door vermindering van de visserij [Van Overzee et al., 2009]. In de Randmeren wordt veel glasaal uitgezet door vissers [pers. med. B. De Witte – RWS IJsselmeergebied].

Naast deze lange afstand migratie vertoont de opgroeiende aal (rode aal) ook migratie over korte afstanden. Deze dagelijkse migratie hangt af van kenmerken van het watertype en varieert van 100 m in kleine watertypen tot 30 km in grotere wateren. De aal keert na deze dagelijkse migratie wel terug naar zijn schuilplaats. Als de plaatselijke omstandigheden slecht worden kan ook het hele aalbestand wegmigreren [Klein Breteler, 2005].

De trek wordt veroorzaakt door waterstanden en temperatuur en zorgt ervoor dat de alen gedurende het opgroeien een maximaal habitat (oppervlak en diversiteit) beschikbaar hebben. Rode alen migreren bij voorkeur 's nachts.

Het aanbod van glasaal in Nederland is al jaren zeer laag [De Graaf en Bierman, 2012]. Een laag aanbod bij de gemalen van HHNK voor intrek naar de polders is daarmee ook niet vreemd. In 2013 is er een modelmatig onderzoek gedaan aan de grootte van de knelpunten voor de uittrek van schieraal [De Winter et al 2013]. De verbinding tussen Markermeer en Vecht, de gemalen-sluizen en inlaten van Hollands Noorderkwartier naar het Markermeer en de sluiscomplexen in de Houtribdijk zijn voor de schieraal in deze studie niet als knelpunt aangewezen. De gemalen van Zuiderzeeland (Blocq van Kuffeler en Wortman) zijn wel ingeschat als groot migratieknelpunt voor schieraal.

Aal uit het Markermeer is relatief schoon en de TEQ-gehaltenes (maat voor verontreiniging met PCB en dioxines) blijven daar onder de norm. Aal uit de grote rivieren daarentegen is sterk vervuild met TEQ-gehaltenes tot 5 keer boven de gestelde normen [Van der Lee et al, 2009]. Het is de vraag of de palingen met verhoogde gehaltenes aan PCB's en dioxines in staat zijn om de paaigronden in de Atlantische oceaan te bereiken. Als dat niet het geval is wordt het belang van de schone aalpopulaties uit Markermeer en IJsselmeer belangrijker voor het paaisucces [AD Buijse, pers med].

Spiering

Spiering komt voor in kustwateren en de hierop uitkomende rivieren. Spiering kent populaties die voor de voortplanting vanuit zee naar zoetwater trekken (diadrome) en populaties die hun hele leven in zoetwater verblijven (binnenspiering). De spiering in het Markermeer is een restant van de afsluiting van de Zuiderzee en Markermeer en is ene binnenspiering. De diadrome spiering uit de Waddenzee komt niet tot aan het Markermeer. Vanuit de populatie in het IJsselmeer komen spieringen terecht in de grote meren en plassen van de omliggende gebieden (Noord-Holland, Utrecht). Spieringen in het binnenwater worden zelden ouder dan één jaar [Van Emmerik en De Nie, 2006]. Spiering is de grootste predator voor zoöplankton in Markermeer en IJsselmeer [Lammens en Hosper, 1998].

Voor de spiering in het Markermeer is migratie naar paaihabitat noodzakelijk. De binnenspiering migreert in het vroege voorjaar (maart) naar de kustzones van het Markermeer om daar op het harde substraat van de bedijking te paaien. Verbinding met andere Rijkswateren zoals het Noordzeekanaal of regionale wateren is niet nodig voor de paai. Migratie naar Noordzeekanaal is derhalve niet relevant. Ook migratie naar IJsselmeer is waarschijnlijk niet van belang voor het voortbestaan van de populatie [AD Buijse, pers med]. Spiering heeft een voorkeur voor troebel water, als het water helder of te warm wordt zal de spiering actief de diepere delen of de bodem opzoeken [De Leeuw, 2007].

Vanaf 1980 wordt gericht gevist op spiering gedurende de paaitrek in het vroege voorjaar. Deze visserij lijkt een aanzienlijke invloed te hebben op de omvang van het bestand aan grotere en oudere spiering. De spieringstand in het IJsselmeer en Markermeer bestaat voornamelijk uit nul-jarige vis. De spieringstand zit sinds 1989 in een dalende trend met af en toe een positieve uitschieter. Het voortplantingssucces, groei en overleving van een generatie bepaald de paaistand van het jaar erop.

Hierdoor kan de spieringstand van jaar tot jaar sterk schommelen, maar IJsselmeer en Markermeer laten niet dezelfde schommelingen zien. 2003 en 2006 waren zeer slechte jaren voor de spiering in het IJsselmeer. Immigratie vanuit Markermeer naar het IJsselmeer kan wellicht zorgen voor herstel van de populatie.

Wegens de slechte spieringstand was visserij niet toegestaan in 2004, 2005, 2007 en 2008. 2008 was voor de spiering in het IJsselmeer een goed jaar [De Leeuw et al, 2006; De Leeuw 2007; Van Overzee et al., 2009].

Driedoornige stekelbaars

Van driedoornige stekelbaars zijn twee soorten populaties: standpopulaties van het zoete water en anadrome populatie die in zee leven maar in zoet water paaien. [Van Emmerik en De Nie, 2006]. De anadrome populaties trekken in de maanden februari - april de zoete binnenwateren in om te paaien, bijvoorbeeld van de Waddenzee naar het IJsselmeer. De trek naar zee valt eind zomer begin najaar [Van Emmerik en De Nie, 2006].

De anadrome driedoornige stekelbaars wordt aangetroffen in het Noordzeekanaal en op het IJsselmeer, hoewel voor de driedoornige stekelbaars in het Noordzeekanaal meestal lokale standpopulaties zijn en niet de anadrome type [pers med Dhr. A Kikkert RWS Noord-Holland]. De anadrome stekelbaars komt in het NZK voor tot aan Amsterdam. Het Markermeer is niet van belang voor de anadrome driedoornige stekelbaars [AD Buijse, pers med].

Rivierdonderpad

Rivierdonderpadden migreren weinig en zijn meestal standplaats gebonden. Bij hoge populatiedruk of veranderende omstandigheden trekken de rivierdonderpadden wel weg. In Engeland zijn populaties waargenomen die na de paai in een reservoir naar riviertjes trekken om in het najaar weer terug te gaan naar het reservoir. Rivierdonderpadden verplaatsen zich over de bodem, bij voorkeur in de schemering of s nachts en kunnen geen hoge stroomsnelheden of hoogteverschillen overwinnen. Larven van de rivierdonderpad zijn pelagisch. Sommige rivierdonderpadden migreren in de winter naar de wat diepere delen van een meer om in het voorjaar de ondiepere oeverzone weer op te zoeken [Peters 2009].

De verwachting is dat het effect van temperatuurstijging als gevolg van klimaatverandering zal voor de rivierdonderpad groot zijn. De rivierdonderpad bezet 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.

Snoekbaars

Bestand van snoekbaars in zowel Marker- als IJsselmeer bestaat vooral uit jonge, meest nul-jarige vis (in aantallen bijna het gehele bestand). Van 1998 tot 2001 kende het Markermeer een serie goede jaarklassen om vervolgens weer wat terug te zakken. Snoekbaars groter dan 42 cm wordt nauwelijks aangetroffen doordat 42 cm voor de visserij de minimale aanvoerlengte is. [De Leeuw et al, 2006; Van Overzee et al., 2009].

In de grotere watersystemen kan in het voorjaar migratie optreden naar de paaiplekken en in het najaar naar de diepere overwinteringsplekken. Afgezien van deze trek lijkt de snoekbaars zich in grote wateren zoals het IJsselmeer maar weinig verplaatsen [Aarts, 2007]. Snoeksbaars is in staat door de vispassage Oranjesluizen te migreren van Noordzeekanaal naar Markermeer [Jansen en De Hoog, 1998].

Baars

Het baarsbestand van IJsselmeer en Markermeer bestaat voornamelijk uit jonge, meest nul-jarige vis. Sinds 1997 is de baarsstand in het Markermeer op een constant laag niveau, veroorzaakt door een serie van slechte jaarklassen (ook 2008). Ook de jonge aanwas van Baars in het Markermeer is sinds eind jaren '90 ver gedaald (helft van eerdere decennia). Baars groter dan 22 cm (minimummaat) wordt weggevisst, het aandeel van deze grotere baarzen in zowel Markermeer als IJsselmeer is klein. [Van Overzee et al., 2009]

De baars vertoont soms paaitrek, in grote meren trekken de baarzen naar de oevers om daar te paaien in het ondiepe, warmere water op waterplanten, stenen op de bodem of taluds. De paaitijd valt loopt van april tot juni [Van Emmerik en De Nie, 2006]. Jonge baars leeft vaak in ondiep water tussen beschutting, grote baarzen zoeken in groter en dieper water [Van Emmerik en De Nie, 2006]. Voor baarzen is paaitrek waargenomen uit het Noordzeekanaal naar het Markermeer door de vispassage van de Oranjesluizen [Jansen en De Hoog, 1998]

Blankvoorn

Blankvoorn is een eurytope soort die in veel Nederlandse watertypen voorkomt en een heel breed dieet heeft, bestaande uit onder andere, waterplanten, macrofauna en zoöplankton. Het is een abundante soort in het Markermeer welke paaimigratie naar ondiepe waterplantrijke gebieden vertoont.

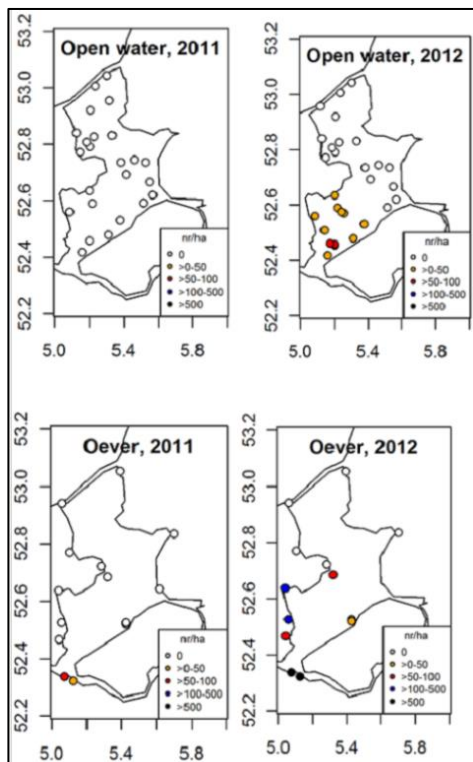
Overige soorten

Wateraanvoer naar het IJsselmeer gaat grotendeels via de IJssel Het water wordt via het IJsselmeer afgevoerd naar Waddenzee (Afsluitdijk) en IJmuiden (via Markermeer en Noordzeekanaal). Soms verdwalen (zeldzame) diadrome soorten in Markermeer (zalm, fint, houting) als ze vanaf het Waddenzee en IJsselmeer op weg zijn naar de IJssel. Verder spoelen vissen uit door gemalen bij kleinere watersystemen. Deze vissen willen vaak weer terug naar het regionale systeem maar de gemalen vormen obstakel om terug te keren. Terugkeer is vaak wel mogelijk via inlaatvoorzieningen. Op populatieniveau van soorten vormt dit geen knelpunt. [AD Buijse, pers med].

Exoten

Door verbindingen te maken tussen watersystemen kunnen exoten zich verspreiden. Een voorbeeld hiervan is de opkomst van de Ponto-kaspische soorten macrofauna (zoals *Dikerogammarus* sp) en grondels die zich langzaam verspreiden over Nederland. Deze opkomst is bezig sinds de verbinding van het Donau systeem met de Rijn midden jaren '90. Ook naar het Markermeer zijn nu al voldoende open verbindingen met andere (Rijks)wateren, waardoor deze soorten sterk in opmars zijn. Een voorbeeld hiervan is de opmars van de zwartbekgrondel de laatste jaren (zie Figuur 7-2). Het aanbrengen van vismigratievoorzieningen is dus geen extra risico voor het Markermeer.

Mogelijk brengt het verbinden van polders met het Markermeer wel een risico met zich mee voor de verspreiding van deze exoten naar de polders.



Figuur 7-2: Vangsten van zwartbekgrondel in de kuil tijdens de reguliere open water bemonstering (bovenste twee figuren) en langs stenen oevers tijdens de oeverbemonstering (onderste twee figuren) in 2011 en 2012. In 2012 komt de zwartbekgrondel zowel in de open water bemonstering als in de oeverbemonstering over het hele Markermeer voor, maar nog niet in het IJsselmeer [Imares 2013]

7.2 Knelpunten

7.2.1 Knelpunten vismigratie Rijkswateren

In het onderzoek van Kroes et al. [2008a] naar knelpunten in vismigratie wordt onderscheid gemaakt in zeven vismigratietypen. Voor het Markermeer-IJmeer (KRW-type M21) zijn migratietypen 2, 4 en 7 relevant (zie Tabel 7-1). Voor de overige migratietypen zijn geen knelpunten geïdentificeerd in de regio Markermeer-IJmeer.

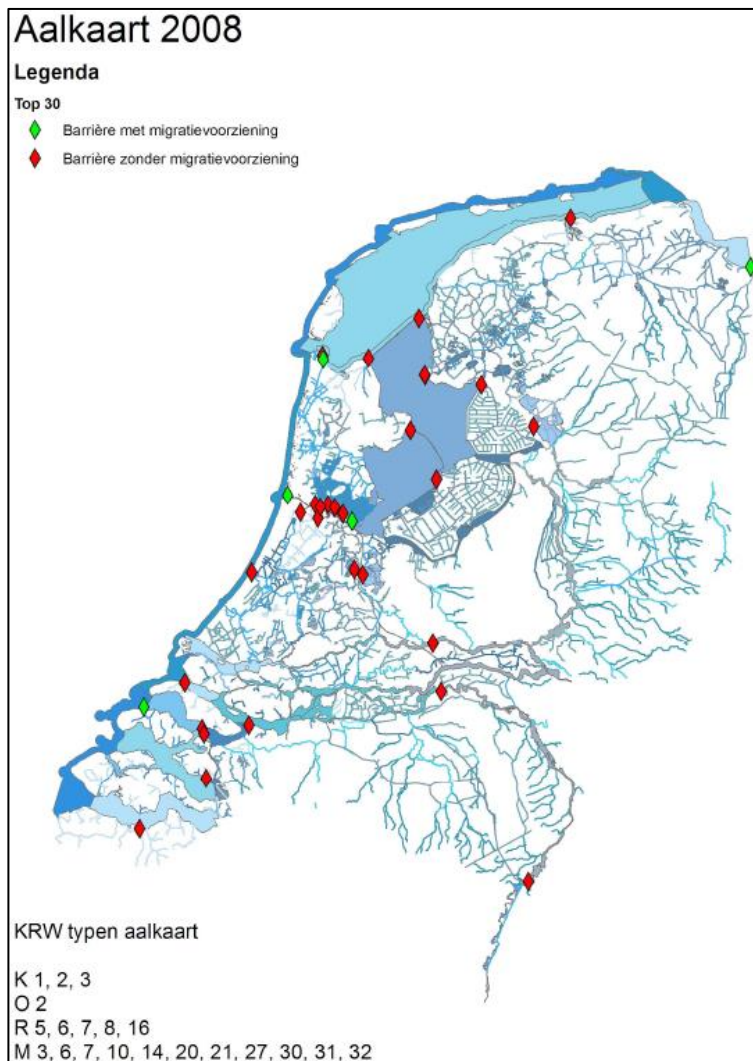
Tabel 7-2: De relevante vismigratietypen onderscheiden in de studie van Kroes et al. [2008a]

Type	Route	Soorten
Type 2	Tussen zee, overgangswateren en aangrenzende zoete waterlichamen;	Driedoornige stekelbaars, spiering
Type 4	Migratie van aal.	Aal
Type 7	Migratie tussen M-typen	Snoek, blankvoorn en baars

Hierbij is het belang van type 2 niet heel groot in het Markermeer. De trek van diadrome spiering en driedoornige stekelbaars gaat van de Waddenzee naar het IJsselmeer.

Voor Markermeer is vooral de migratie van de landlocked populaties van belang. Voor type 4 gaat het zowel om de stroomopwaartse migratie van de glasaal als de stroomafwaartse migratie van de schieraal. In een vervolgonderzoek op het landelijke onderzoek naar vismigratieknelpunten zijn de knelpunten voor de aal beter in kaart gebracht [Buijse et al. 2009]. De 30 grootste knelpunten zijn aangegeven met een ruit. Voor de aal in het Markermeer-IJmeer liggen de grootste knelpunten in de Houtribdijk en in het Noordzeekanaal. Bij de instroom en uitstroom van het Noordzeekanaal zijn overigens al voorzieningen aangelegd. Naast deze grote knelpunten zijn ook knelpunten geïdentificeerd vanuit het Markermeer naar Flevoland (twee gemalen) en het gebied van HH Noorderkwartier. Markermeer-IJmeer is een belangrijk meer omdat het door de grote omvang ervoor zorgt dat een groot achterland in verbinding staat met zee (via Noordzeekanaal en Waddenzee (via IJsselmeer)).

Voor de migratie tussen verschillende meren (type 7) worden in Kroes et al [2008a] geen knelpunten benoemd. Soorten zoals snoek, blankvoorn en baars kunnen in een meer of watersysteem de gehele levenscyclus voltooien. Migratie tussen verschillende M-typen is voor deze soorten dus niet noodzakelijk [AD Buijse, Deltares, pers med]. Wel worden handvatten aangereikt voor omgaan met knelpunten tussen M-typen. Naast de genoemde soorten kunnen ook andere soorten zoals de snoekbaars profiteren van het opheffen van knelpunten. Belangrijk aspect voor de visstand in meren is of er migratieknelpunten zijn of dat juist het habitat en/of waterkwaliteit onvoldoende zijn.



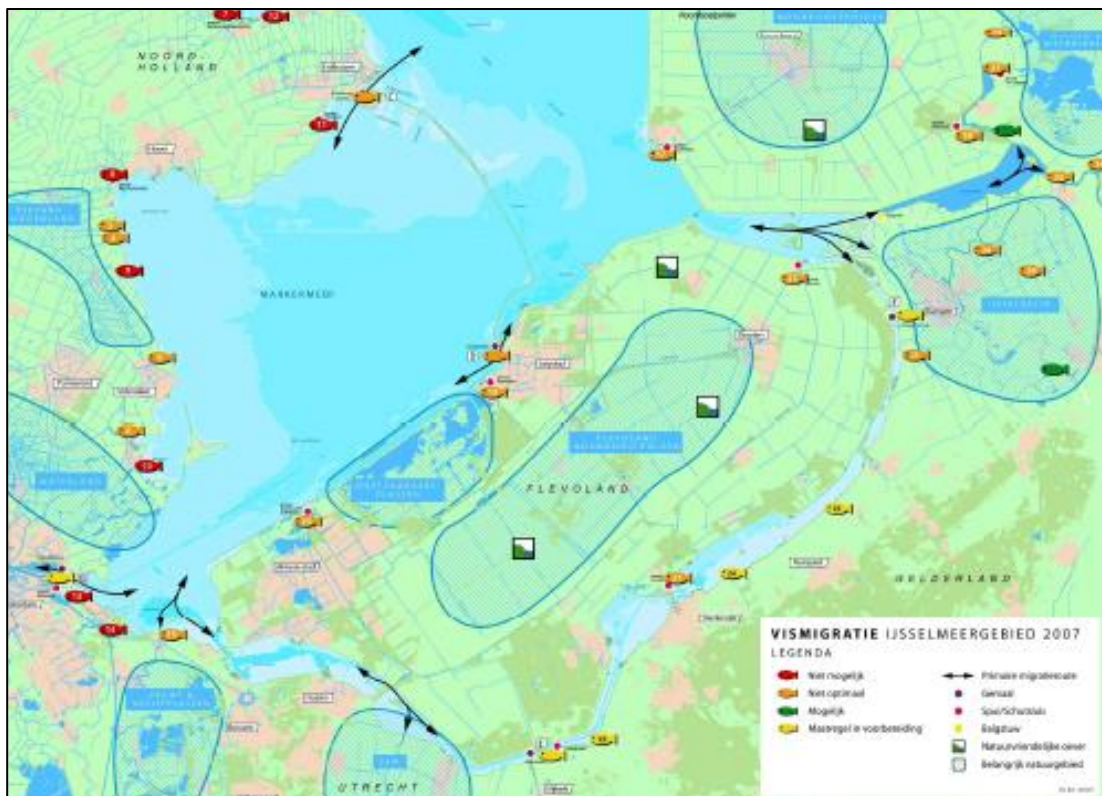
Figuur 7-3: De 'Top 30' van knelpunten waar migratievoorzieningen van groot belang zijn voor de aal [bron: Buijse et al 2009]

Een landelijk onderzoek aan de werking van 55 vispassages laat zien dat de relatief eenvoudige typen vispassages (vertical slots, De Wit en bekkenpassages) goed werken maar dat de vispassages bij complexe locaties (bv gemalen) vaak minder goed werken [Hogenkamp et al 2013]. Tevens zijn er diverse handboeken beschikbaar met daarin voorbeelden en aanbevelingen om tot goed werkende vispassages te komen [zie o.a. Kroes en Monden 2005; Gough et al 2012; Coenen et al 2013].

IJsselmeergebied

Rijkswaterstaat IJsselmeergebied heeft in 2007 onderzoek uit laten voeren naar de knelpunten voor vismigratie in het IJsselmeergebied [Wanningen en Van Herk, 2007]. Als belangrijkste knelpunt voor vismigratie in het IJsselmeergebied worden de spui- en schutsluizen in de Afsluitdijk genoemd. Dit geldt met name voor soorten die profijt hebben van de overgang tussen zoet en zout (bv anadrome driedoornige stekelbaars; bot) en soorten waarbij migratie tussen oceaan/zee en rivieren onderdeel is van de levenscyclus (bv zalm, houting, zeeprink).

Ook de sluisen in Houtribdijk in dit onderzoek aangemerkt als belangrijke knelpunten. De Oranjesluisen tussen IJmeer en Noordzeekanaal zijn al voorzien van een migratievoorziening. In het onderzoek is ook een vismigratiekaart ontwikkeld (op basis van waterhuishouding en interviews met de Waterbeheerders). Zie Figuur 7-4. Knelpunten in de Houtribdijk worden in dit onderzoek als relevant beschouwd voor katadrome (aal) anadrome (o.a. houting, zalm) en potadrome (o.a. winde, barbeel) soorten en soorten voor regionaal (o.a. baars, kwabaal) en lokaal migrerende soorten (o.a. snoek, blankvoorn, snoekbaars).



Figuur 7-4: Vismigratiekaart Markermeer. [Bron: Wanningen en Van Herk, 2007]

Houtribdijk

Spiering is vanouds een estuariene trekvis die in het voorjaar vanuit de Waddenzee het IJsselmeer in en in zomer en najaar weer uit wil. Intrek is in principe via de sluisen in de Afsluitdijk wel mogelijk, maar de belemmering is zodanig groot dat Spiering van buiten nauwelijks een bijdrage levert aan de populatie in het IJsselmeer [Tulp et al. 2013]. In het IJsselmeer en Markermeer komen zogenaamde landlocked populaties voor van de spiering, dat wil zeggen populaties die niet meer naar zee trekken. De populatie in het Markermeer is sterk lokaal. De populatie in het IJsselmeer geeft aanwijzingen voor uitwisseling met of het Markermeer of met de IJsseldelta [Tulp et al 2013].

In het najaar van 2011 en het voor- en najaar van 2012 zijn bij de spuisluizen nabij Lelystad gedurende 11 dagen opnames van vissen gemaakt met een akoestische camera: de DIDSON. De opnames zijn bij geopende stand van de spuisluizen gemaakt om inzicht te krijgen in het migratiegedrag van vis door de spuisluizen. Vissen gebruiken de spuiokers gebruiken om van het ene naar het andere meer te komen.

De resultaten duiden zowel op gerichte migratie als dispersie. Gerichte migratie betrof meestal geringe aantallen vis. Voor grotere vis zijn gerichte migratiebewegingen waargenomen zowel met de stroom mee als tegen de stroom in. Kleine vis (~10 cm) liet zich tijdens alle metingen, al dan niet passief, meevoeren met de stroming. Het sluiscomplex bij de Houtribdijk was in de voorjaren 2009 – 2011 in 12.6 – 22.5% (range over de jaren) van de dagen passeerbaar voor vis en in 20.9 – 39.6% van de dagen in het najaar [Griffioen et al 2013].

Afsluitdijk

Tussen 2007 en is een vismigratieonderzoek uitgevoerd bij de spuisluisen in de Afsluitdijk (Kornwerderzand), zowel naar uittrekkende als intrekkende vis [Witteveen en Bos et al 2009]. Vooral kleine (0-jarige) zoetwatervissen trekken of spoelen uit van IJsselmeer naar Waddenzee. In de winter gaat het hierbij vooral om baars en pos. Uitspoeling bedraagt naar schatting 50% van de netto productie voor de 0+ cohort. Zoetwatervissen die in de Waddenzee terecht komen blijken nauwelijks in staat terug te keren in het IJsselmeer.

Intrekkende vissoorten waren voornamelijk diadrome soorten (anadrome driedoornige stekelbaars, anadrome spiering). Intrek vanuit de Waddenzee naar IJsselmeer vindt vooral 's nachts plaats, met een piek bij de start van het spuien. Aantallen vis (m.n. spiering) die door het schutten via een sluis naar binnen trekken (uit Waddenzee naar IJsselmeer) is vele male hoger dan optrek door de spuisluis.

Voorlopige resultaten van onderzoek in 2014 van Rijkswaterstaat naar vismigratie door de sluisen in de Afsluitdijk blijkt dat glasaal, spiering en een tiental andere vissoorten door aangepaste bediening van de sluisen in de Afsluitdijk massaal van de Waddenzee naar het IJsselmeer trekken. Uit de voorlopige resultaten blijkt dat de intrek van vis voornamelijk 's nachts plaatsvindt. Daarnaast zwemmen de vissen bij de spuisluisen hoofdzakelijk over de bodem van de sluis naar binnen. Deze vissen liggen al voor de sluisdeuren te wachten als het spuien begint. Ze worden een handje geholpen door de deuren van de spuisluisen iets eerder open te zetten zodat korte tijd zout water met de vis mee naar binnen spoelt. Met de schutsluisen voert Rijkswaterstaat extra schuttingen uit, speciaal om vis te schutten. Het zoute water wordt daarna weer afgevoerd door te spuien. De scheepvaart ondervindt hiervan geen hinder [Rijkswaterstaat 2014].

De nieuwste ontwikkeling is de vismigratierivier. De vismigratierivier is een zes kilometer lange rivier met u-bochten die de trek van vissen van zoet (IJsselmeer) naar zout water (Waddenzee) en vice versa moet verbeteren. Door de lengte van de rivier kunnen vissen geleidelijk wennen aan de overgang tussen zout en zoet water en wordt voorkomen dat er zout water in het IJsselmeer terecht komt. De totale kosten van de Vismigratierivier bedragen 55 miljoen euro [Ministerie van infrastructuur en Milieu, 2015].

Noordzeekanaal

In 1997-1998 is de werking van de vertical-slot vispassage in de Oranjesluisen onderzocht [Jansen en De Hoog, 1998]. Stroomrichting door de passage is van het IJmeer naar Noordzeekanaal. Stroomopwaartse migratie loopt van Noordzeekanaal naar IJmeer. Uit dit onderzoek bleek dat veel vissoorten gebruik maken van de vispassage en dat vissen met een brede lengte-range kunnen passeren.

Het zwaartepunt echter ligt op kleine vissen, grote vissen maken minder vaak gebruik van de passage. Bij blankvoorn is sprake van paaitrek uit het Noordzeekanaal naar IJmeer, en ook bij baars lijkt dit het geval te zijn. Doordat streefpeilen in de winter gelijk zijn, is de lokstroom in deze maanden minimaal. Dit heeft effect op de migratie.

Bij IJmuiden wordt de zeesluis uitgebreid. Het risico op zout-indringing op het Noordzeekanaal wordt groter. Via de Oranjesluizen kan zout water vanuit het Noordzeekanaal het IJmeer instromen. Een verhoging van het chloridegehalte van het water op het IJmeer tot boven de 200 mg Cl/l is met name in het groeiseizoen ongewenst. Ook voor het IJmeer geldt een BKMW-norm van 200 mg/l (gemiddelde waarde zomerhalfjaar). Voor de MER is middels een studie aangetoond dat het risico op een dergelijke verhoging van het zoutgehalte zeer klein is [Royal HaskoningDHV 2014].

Wat betreft vismigratie wordt bij de aanpassing van de zeesluis rekening gehouden met de intrek door glasaal en driedoornige stekelbaars en de uittrek van schieraal [Royal HaskoningDHV 2014]. In 2015 wordt een voorstudie uitgevoerd in opdracht van Rijkswaterstaat om varianten uit te werken voor de optimalisatie van de vispassage Oranjesluizen [pers. med. A Kikkert, RWS, 2015].

7.2.2 Regionale knelpunten vismigratie

Zuiderzeeland

Knelpunten voor vismigratie tussen Flevoland en het Markermeer zijn de gemalen Wortman en Blocq van Kuffeler. Inzet op vismigratie in de Flevopolder verloopt via gemaal Colijn (Ketelmeer). Waterschap Zuiderzeeland legt prioriteit bij de knelpunten voor jonge aal en driedoornige stekelbaars [waterschap Zuiderzeeland, 2007]. Hierbij gaat het vooral om de verbinding tussen de grote wateren van het IJsselmeergebied en het water in de polders. Waterschap Zuiderzeeland heeft onderzoek uit laten voeren naar de migratie langs/door de knelpunten in het beheersgebied [Hop en Kampen, 2009c]. Kleine vissoorten als de stekelbaars blijken goed in staat om vanuit de polders door de gemalen naar de grote meren te komen. Grote vissen daarentegen passeren de gemalen niet. Er was niet voldoende schieraal gevangen om een uitspraak te doen over migratie. Migratie vanuit de meren naar de polders zorgt voor clustering van vis bij de knelpunten. Inlaatwerken bij deze knelpunten blijken met name voor de kleinere vissoorten een mogelijkheid te bieden om terug te keren in de polders.

In voorjaar en najaar 2009 is in opdracht van waterschap Zuiderzeeland onderzoek gedaan naar migratie rondom een aantal gemalen. In het voorjaar schoolt vis samen bij de uitslag van gemalen (lokstroom). Mogelijk gaat het hier om vissen die in een vroeger stadium zijn uitgespoeld naar de grote meren. Hierbij gaat het vooral om algemene eurytope soorten (baars, blankvoorn, e.d.) maar ook spiering en driedoornige stekelbaars. Via schutkolken is het voor vissen mogelijk de polders in te trekken, maar door het (huidige) tijdstip en frequentie van schutten zal de intrek van vis via de schutkolken beperkt zal zijn. Een inlaatwerk naast gemaal Colijn (Ketelhaven) blijkt zeer effectief voor de inlaat van de doelsoorten driedoornige stekelbaars en paling naar de polder [Hop en Kampen, 2009b].

Najaarsbemonstering bij gemalen van de Flevopolders laat zien dat vooral kleine vissen (<10 cm) door het gemaal heen gaan, maar dit grotendeels onbeschadigd doen.

Van de grote vissen gaat alleen de aal door het gemaal (sterke migratiedrang), overige soorten grote vis mijden de instroomopening van het gemaal [Hop en Kampen, 2009a].

Hollands Noorderkwartier

Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier heeft de belangrijke migratieroutes en knelpunten voor het beheergebied in beeld gebracht, inclusief doeltypen. De belangrijkste routes vanuit Markermeer-IJmeer naar het achterland (Schermerboezem en Waterland) lopen bij Schardam en Monnickendam. De prioritaire knelpunten zijn de inlaat Schardam en de Grafelijkheidssluis met inlaat bij Monnickendam. De boezemwateren van de Schermerboezem en Waterland zijn van belang als migratieroute voor eurytope vissoorten zoals snoek, blankvoorn en baars en diadrome vissoorten zoals de driedoornige Stekelbaars en aal. Hierbij de opmerking dat de belangrijkste migratieroutes voor de diadrome soorten via het brakke Noordzeekanaal, de Waddenzee bij Den Helder en IJsselmeer lopen. [Kroes et al., 2008b].

Nabij gemaal Westerkogge ligt een waterinlaat, waarmee bij droogte water uit het Markermeer kan worden ingelaten in de polder. Hier is aan de aanbodzijde (Markermeer) veel vis gevangen maar blijkt in de praktijk maar weinig vis via de inlaat te migreren naar de polders, waarschijnlijk door de geringe opening in de inlaat. In het najaar is er sprake van veel aanbod voor passage door de waterinlaat vanuit de polder naar het Markermeer, vooral van juveniele baars [Kroon en Van Wijk 2014].

De Noordersluis in Schardam is een waterinlaat waar water vanaf het Markermeer kan worden ingelaten in de boezem. Bij bemonsteringen in voorjaar 2012 is onderzocht hoeveel vis er vanuit het Markermeer naar de boezem trekt. Dit bleek veel vis te zijn, met name pos, baars en blankvoorn, maar ook de doelsoorten driedoornige stekelbaars, paling en spiering maakten van de route gebruik. Wel ging het om kleine individuen (5-25 cm), waarschijnlijk omdat de inlaat maar voor ene klein deel open stond. In het najaar zijn ook bemonsteringen uitgevoerd om de passage vanuit de polder naar het Markermeer te bepalen. Ook hierbij zijn vooral kleine vissen aangetroffen, maar dan wel in grote hoeveelheden (meest baars; beetje schieraal) [Kroon en Van Wijk 2012b].

Via de waterinlaat bij de Grafelijkheidssluis (Monnickendam) is in het voorjaar sprake van intrek van vooral kleine baarzen vanuit Markermeer naar de boezem. In het najaar is gekeken naar de vismigratie door de rinketten van de sluis, maar de hoeveelheid gevangen vis was niet erg groot (m.n. blankvoorn en baars; weinig schieraal). Bij hevige regenval komt het weleens voor dat de sluisdeuren open staan en dat water onder vrij verval door de sluis naar het Markermeer stroomt. In deze gevallen is migratie van schieraal zonder belemmering mogelijk [Kroon en Van Wijk 2012a].

Onderzoek bij gemaal Warder en bij gemaal Westerkogge laat zien dat er in het voorjaar sprake is van aanbod van driedoornige stekelbaars en enkele spieringen en glasaal vanuit uit het Markermeer nabij de uitstroom van het gemaal (dus vis die vanuit het Markermeer de polders in willen trekken). In het najaar is onderzoek gedaan naar aanbod van uittrekkende vis en de daadwerkelijke uittrek/uitspoeling door het gemaal. Aanbod en passage van schieraal (uit de polder naar het Markermeer) was gering voor gemaal Warder en wat groter voor gemaal Westerkogge. Gemaal Warder veroorzaakt veel schade bij passage, gemaal Westerkogge levert weinig schade op aan vissen. Bij gemaal Westerkogge is sprake van onvrijwillige uitspoeling van kleine vis.

Schieraal passeert het gemaal ook van polder naar Markermeer (zonder schade) [Kroon en Van Wijk 2014].

De knelpunten voor vismigratie tussen het gebied van HHNK en het Markermeer zijn met het gereedkomen van de migratievoorzieningen in de zeesluis bij Edam en de Noordersluis van Scharwoude opgelost [HHNK 2014].

Amstel, Gooi en Vecht

De Vecht staat via de zeesluis Muiden in verbinding met het Markermeer-IJmeer. De zeesluis is door het waterschap aangeduid als prioritair knelpunt dat in de periode 2010-2015 vispasseerbaar wordt gemaakt [waterschap Amstel, Gooi, Vecht, 2009]. Het waterschap ziet goede kansen om het waterrijke achterland te ontsluiten via onder andere de Vecht voor vissoorten als paling, driedoornige stekelbaars, spiering en winde [waterschap Amstel, Gooi en Vecht, 2010].

De zeesluis in Muiden is in 2010 op een kier gezet. Toen is geconcludeerd dat het aanbod van vis in de Vecht is toegenomen, waaronder spiering die vanuit het Markermeer via de zeesluizen naar de Vecht is getrokken. [pers med. J. van Alphen – Waternet 2011]. De knelpunten bij de Iepersloten/Diemendammer Sluis en de Steenen Beer zijn nog niet opgelost (volgen na 2015). In de periode sinds de initiële en update van de bureaustudie is er geen nieuw onderzoek meer uitgevoerd aan vismigratie [pers med. J. van Alphen - Waternet 2014].

7.3 Te verwachten ecologische effecten van verbindingen voor vis

Het onderwerp connectiviteit (voor vis) is een thema binnen de ANT-studies. De uitkomsten hiervan worden niet in deze update behandeld.

In principe is de aanleg van vispassages positief voor alle migrerende vis die voorkomt in het Markermeer. Hierbij gaat het om veel karperachtigen zoals rietvoorn en brasem, maar ook om de 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 verspreiding van de mogelijke vispassages is dit effect niet waarschijnlijk.

Onderzoek aan de gemalen en inlaatconstructies van HHNK laat zien dat er voldoende aanbod is van vissen vanuit het Markermeer die in het voorjaar naar de boezems en polders willen trekken. Een deel van de kleine vissen lukt dit ook via de inlaatconstructies. In het najaar is er sprake van uitspoeling vanuit de polders en boezem naar het Markermeer, waarbij de schade aan de vis na gemaalpassage varieert per gemaal. Wat betreft de grote obstakels voor vismigratie rondom het Markermeer zijn alleen de twee gemalen van Zuiderzeeland als echt migratieknelpunt benoemd voor de glasaal. Het aanbod van glasaal vanuit het Markermeer naar de polders is gering. Andersom is er ook maar beperkt sprake van migratie van schieraal uit de polders naar het Markermeer.

De huidige vispassage door spuikokers Houtribdijk vanuit IJsselmeer naar Markermeer draagt alleen bij voor grote vissen (zoals brasem). Daar staat tegenover dat er ook veel vis uitstroomt naar het IJsselmeer (passief).

Optimalisatie van het spuiregime is nodig om meer vismigratie mogelijk te maken. Oranjesluizen worden onderzocht in de Waterproeftuin. Er zijn geen negatieve effecten van de nieuwe zeesluis bij IJmuiden te verwachten voor het IJmeer/Markermeer. De inlaat bij zeesluizen Muiden lijkt effectief, maar geen recent onderzoek. De inlaten in HHNK werken maar alleen voor kleine soorten/individuen.

Exoten zijn al volop aanwezig in het Markermeer. Het risico van vismigratievoorzieningen voor de verspreiding van de exoten in het Markermeer is daarmee niet meer relevant, mede omdat er al voldoende open of semi-open verbindingen zijn, denk aan de (spui)sluizen.

Aal

Voor de aal heeft de aanleg van vispassages 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.

- Naar verwachting knelpunten vismigratie geen groot effect op populatieniveau paling; probleem zit grotendeels in vangst glasaal op zee.
- Wel maximale inzet nodig (Aalverordening etc.).
- Glasaal wordt al uitgezet in achterland door sector.

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).

- Van nature al sterke fluctuatie spieringstand.
- Zit al in het zuiden van verspreidingsrange.
- Knelpunten voor migratie niet van effect op populatieniveau.

Driedoornige stekelbaars

- Anadrome populatie nauwelijks in Markermeer dus verbinding daarvoor niet van belang.
- Uitspoeling vanuit de polder.
- Populatie niet in gevaar.

Rivierdonderpad

- Klein leefgebied/territorium.
- Migreren niet zoveel, alleen lokaal.
- Populatie niet door knelpunten in gevaar.

Snoekbaars

- Populatie wel onder druk (visserij; predatie).
- Populatie niet in gevaar door migratie-knelpunten.
- Komt in Nederland voor in alle grote, troebele wateren.
- Vertoont paaimigratie.
- Populatie snoekbaars kent wel sterke schommelingen in sterke van de jaarklasse.

Baars

- Populatie wel onder druk.
- Populatie niet in gevaar door knelpunten.
- Vertoont paaimigratie en legt haar eieren in ondiep water.
- Beschikbaar maken van geschikt areaal in polders door aanleg van vispassages heeft naar verwachting een positief effect op de baarspopulatie in het Markermeer.

Blankvoorn [Droog, 2011]

Daarnaast zijn analyses uitgevoerd met het model Blankvoorn. 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 zoöplankton. Van blankvoorn is ook bekend dat deze uitspoelt en sterft door verschillende typen turbines [De Laak 2009]. Dit maakt de blankvoorn tot een geschikte case study voor het thema ecologische verbindingen.

Met behulp van het Blankvoornmodel is gekeken wat het effect van de parameter passerbaarheid is op de stabiliteit van de populatie blankvoorns in het Markermeer. Uit de modellering blijkt dat de bijdrage zeer groot is. De robuustheid neemt drastisch toe als gevolg van een ecologische verbinding vanwege de uitwisseling met naburige metapopulaties. De parameters passeerbaarheid en lokstroom (welke samen de vispassage representeren) hebben de meeste invloed op de populatiedynamica.

De resultaten van de modellering laten goed zien dat de dynamiek van de blankvoorn biomassa in het Markermeer afhankelijk is van de draagkracht van het systeem en de toegang tot externe systemen [Droog 2011]. 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 van het Markermeer. Verhoging van deze kwaliteit heeft een direct effect op de carrying capacity maar ook op de habitat parameters die de groei en predatiedruk controleren (zoals bedekking door waterplanten). 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 factor.

De activiteit van de gemalen hebben een heel klein positief effect op de populatie in het Markermeer. Dit is te verklaren doordat oude, grotere 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. Een vispassage langs de gemalen heeft wel een zeer belangrijk effect op zowel de grootte van de populatie blankvoorn als de snelheid het bereiken van een stabiele situatie in het Markermeer. 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.

Echter, op basis van ecologische kennis kan worden gesteld dat de nabije beschikbaarheid van geschikt areaal limiterend is voor de effectiviteit van de vispassage. Als de populatie blankvoorns 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.

7.4 Technische mogelijkheden voor realisatie vismigratie

In het onderzoek van Wannings en Van Herk (2007) zijn oplossingsrichtingen verkend voor de knelpunten in Houtribdijk. Het voorkeursalternatief is het aanpassen van de spuikoker die wordt ingezet voor visvriendelijk spuibeheer. Makkelijker (en goedkoper) te realiseren dan de vispassage in de spuikoker is optimalisatie van het schutsluisbeheer. Dit is naar verwachting wel minder effectief dan visvriendelijk spuien en een vispassage in de spuikoker.

7.5 Migratie via spuisluizen en spuikokers

Visvriendelijk bedienen van spuisluizen is van belang indien peilverschil tussen Markermeer en IJsselmeer meer dan 5 cm is. Een vispassage in een spuikoker zorgt ervoor dat de stroomsnelheid laag genoeg blijft zodat ook bij een groter verval toch vissen kunnen passeren. Bij visvriendelijk schutsluisbeheer gaat het om extra schutting naast het reguliere schutten voor de scheepvaart, bijvoorbeeld 's nachts of in het voorjaar als de toeristenvaart nog niet helemaal op gang is gekomen.

Door de bediening van de spuisluizen en het uitvoeren van "loze" schuttingen af te stemmen op het (trek)gedrag van vissen, kunnen grotere groepen vissen tegelijk de (spui)sluizen passeren (in voor- en najaar tijdens migratieperiode weinig schuttingen t.b.v. scheepvaart). Het spuien van water werkt als een lokstroom voor deze vissen, maar de vissen kunnen nauwelijks tegen de stroming in via de sluisen naar binnen zwemmen. Door de sluisen iets eerder open te zetten, krijgen deze vissen even de tijd om gemakkelijker met de stroming het IJsselmeer op te zwemmen.

In 2011 en 2012 is onderzoek gedaan aan vismigratie door de geopende spuisluizen in de Houtribdijk. Vastgesteld is dat vissen de spuikokers gebruiken om te migreren tussen de meren, waarbij meer sprake is van dispersie dan van gerichte migratie. Belangrijke conclusie is dat er gemiddeld 1000 vissen per uur per spuikolk migreren (totaal van beide richtingen, Markermeer naar IJsselmeer en andersom). Daarnaast werd duidelijk dat de meeste vissen passeerden bij lage stroomsnelheden [Griffioen et al 2013]. In 2014 is onderzoek gedaan aan de voorkeursvarianten voor visvriendelijk sluisbeheer is de Afsluit- en Houtribdijk [Vriese et al 2014]. Kosten zijn kwalitatief geschat voor het implementeren en uitvoeren van het beheer omdat er onvoldoende inzicht is in de eventuele investeringen die noodzakelijk zijn om het visvriendelijke beheer te realiseren. Het gaat dus om kosten die naar verwachting gemaakt worden voor de uitvoering van een beheervariant. Dit is gekoppeld aan het aantal extra (nieuwe) handelingen, inzet van personeel en bedieningsgemak. De kosten zijn niet bekend in €.

Daarnaast zijn er ook extra kosten als gevolg van het energiegebruik. Ook deze zijn kwalitatief beoordeeld (geen €).

Tabel 7-3: Uitsnede tabel Multicriteria Matrix:Spuisluizen Houtribdijk [Vriese et al 2014]

Beoordelings-aspecten	Spuisluizen zo lang mogelijk open houden		Vis schutten met spuisluizen		Spuideuren op een kier bij klein verval	
	Opmerking	Oor-deel	Opmerking	Oor-deel	Opmerking	Oor-deel
Kosten	Geen aanpas-singen, capaciteit en handelingen benodigd.	3	Nieuwe hande-ling, extra capa-citeit benodigd, aanpassingen gewenst.	1	Nieuwe hande-ling, mogelijke extra capaciteit benodigd en aanpassingen gewenst.	2
Energie-verbruik	Is gelijk aan bestaande handelingen. En betreft geen extra handelingen.	3	Schutten met spuisluizen is intensief.	1	Deuren staan op een kier, dit wijkt af van normaal beheer maar kost geen extra energie.	3
Beoordeling	1		Minder			
	2		Neutraal			
	3		Beter			

Tabel 7-4: Uitsnede tabel Multicriteria Matrix:Schutsluizen Houtribdijk [Vriese et al 2014]

Beoordelings-aspecten	Schutsluizen zo lang mogelijk open houden		Migratie via rinketten in de sluisdeuren		Lokstroom via rinketten en mig-ratie door open sluisdeur		Sluisdeuren op een kier bij klein verval	
	Opm.	Oor-deel	Opm	Oor-deel	Opm	Oor-deel	Opm	Oor-deel
Kosten	Geen aanpas-singen, capa-citeit en handelingen benodigd.	1	Nieuwe handeling, extra capaciteit benodigd, aan-passingen gewenst.	3	Nieuwe handeling, extra capaciteit benodigd, aanpas-singen gewenst.	3	Nieuwe han-deling, moge-lijke extra capaciteit benodigd en aan-passingen gewenst.	2
Energie-verbruik	Is gelijk aan bestaande handelingen. En betreft geen extra handelingen.	1	Extra gebruik van rinketten.	3	1 Extra gebruik van rinketten en sluisdeur.	3	Deuren staan op een kier, dit wijkt af van normaal beheer maar kost geen extra energie.	1
Beoordeling	1		Minder					
	2		Neutraal					
	3		Beter					

De spuisluisen in de Houtribdijk zijn nog niet volledig geautomatiseerd (het openen en sluiten gaat nog handmatig). Het is wel de bedoeling dat in de toekomst het openen en sluiten van de spuisluisen volledig geautomatiseerd gaat worden. Dan kan ook het visvriendelijk spuien opgenomen worden in de software. Momenteel worden 's nachts de spuisluisen open gezet om vismigratie mogelijk te maken, maar alleen als het peilverschil tussen Markermeer en IJsselmeer minder dan 10 cm bedraagt. Bij meer dan 10 cm peilverschil wordt stroomsnelheid te groot (lastig voor vismigratie) en zijn er teveel negatieve effecten voor de veiligheid en peilbeheer. Op jaarbasis betekent dit dat de spuisluisen 's nachts ca. 60-80% van de tijd geopend zijn [pers. med. Bauke De Witte, RWS Midden Nederland, 13-02-2015].

Ook in Zeeland is onderzoek uitgevoerd aan het aanpassen van het sluisbeheer (Bergsediepsluis en de Krammersluizen) als maatregel ter bevordering van de vismigratie. De kosten van Natuurlijk Sluisbeheer zijn beperkt in relatie tot andere ecologische herstelmaatregelen in de Zuidwestelijke Delta omdat het veelal gaat om het aanpassen van software en slechts in beperkte mate om fysieke aanpassingen [RWS Zeeland 2010]. Ook in dit onderzoek zijn de benodigde aanpassingen niet op € gesteld. Sinds 2012 is het volledig geautomatiseerde inlaatwerk naast het gemaal Colijn bij Ketelhaven in gebruik genomen. Deze inlaat ontsluit het gehele gebied van Oostelijk en Zuidelijk Flevoland voor migrerende vissen. Om de vis aan te trekken is de stroming van het gemaal nodig. Daarnaast is de vis vooral in de schemering en 's nachts actief. Vanwege de nachtstroom wordt het gemaal meestal pas om 23.00 uur in werking gezet. Wanneer de stroming de tijd heeft gehad om de vis te lokken wordt om middernacht de inlaat voor een korte periode open gezet.

De kosten voor het automatiseren van het inlaatwerk bedragen circa € 40.000,-. Aan het uitmalen van het extra water dat via de inlaat Flevoland weer binnenstroomt zijn kosten verbonden. Deze bedragen circa € 2.700,- per jaar [Waterschap Zuiderzeeland, 2010].

De spuisluis bij Nieuwe Statenzijl (op de grens tussen de Westerwoldse Aa en Dollard) is middels visvriendelijk beheer van de spuisluisen vispasseerbaar gemaakt. Hierbij is er een soort vismigratiemodule gekoppeld aan de bestaande software van het sluis-complex. Deze maakt voor de bediening gebruik van bestaande waterstandsmetingen e.d. Hiervoor zijn de investeringskosten voor het uitvoeren van software aanpassingen en het testen (eenmalig) ca. € 10.000,- geweest. Hierbij wel de opmerking dat de spuisluisen al geautomatiseerd waren en voorzien van waterstandsmeters zodat daar geen extra kosten voor gemaakt zijn. De onderhoudskosten daarna zijn zeer beperkt (zolang de software zijn werk doet). De mechanische kosten (extra energieverbruik en slijtage door openen spuisluisen alleen voor vis) zijn niet in beeld gebracht, maar waarschijnlijk zijn de kosten om dit uit te rekenen hoger dan de daadwerkelijke kosten voor het openen van de deuren [pers. med. PP Schollema, waterschap Hunze en Aa's, 13-02-2015].

Naast aangepast sluisbeheer bij sluis- en spuisluisen en realisatie van een vispassage in een spuiwerker kan ook worden gedacht aan het geschikt maken van inlaatwerken voor vismigratie naar de polder en het aanleggen gemaalhevels lang de grote gemalen richting de polders. Daarnaast zijn voor de aal eenvoudigere vispassages mogelijk (aalgoten) welke een stuk goedkoper zijn in de aanleg.

8 THEMA ECOLOGISCHE VERBINDINGEN: ANDERE SOORTGROEPEN

8.1 Huidige situatie

Naast vissen kunnen ook andere soorten kunnen profiteren van verbindingen, met name tussen ondiepe delen en nabijgelegen natuurgebieden zoals de Lepelaarsplassen en Oostvaardersplassen. Te denken valt aan het verbinden van foerageer- en rustfuncties voor vogels, het bereikbaar maken van de nieuw aangelegde habitats voor kleine zoogdieren (Noordse woelmuis) en reptielen en amfibieën (salamanders; ringslang). Het Markermeer vervult ook een belangrijke rol in de noord-zuid en oost-west ecologische verbinding tussen waterrijke gebieden en moerassen, bijvoorbeeld van het Lauwersmeer en Biesbosch/Zeeuwse Delta en Oostvaardersplassen naar Waterland.

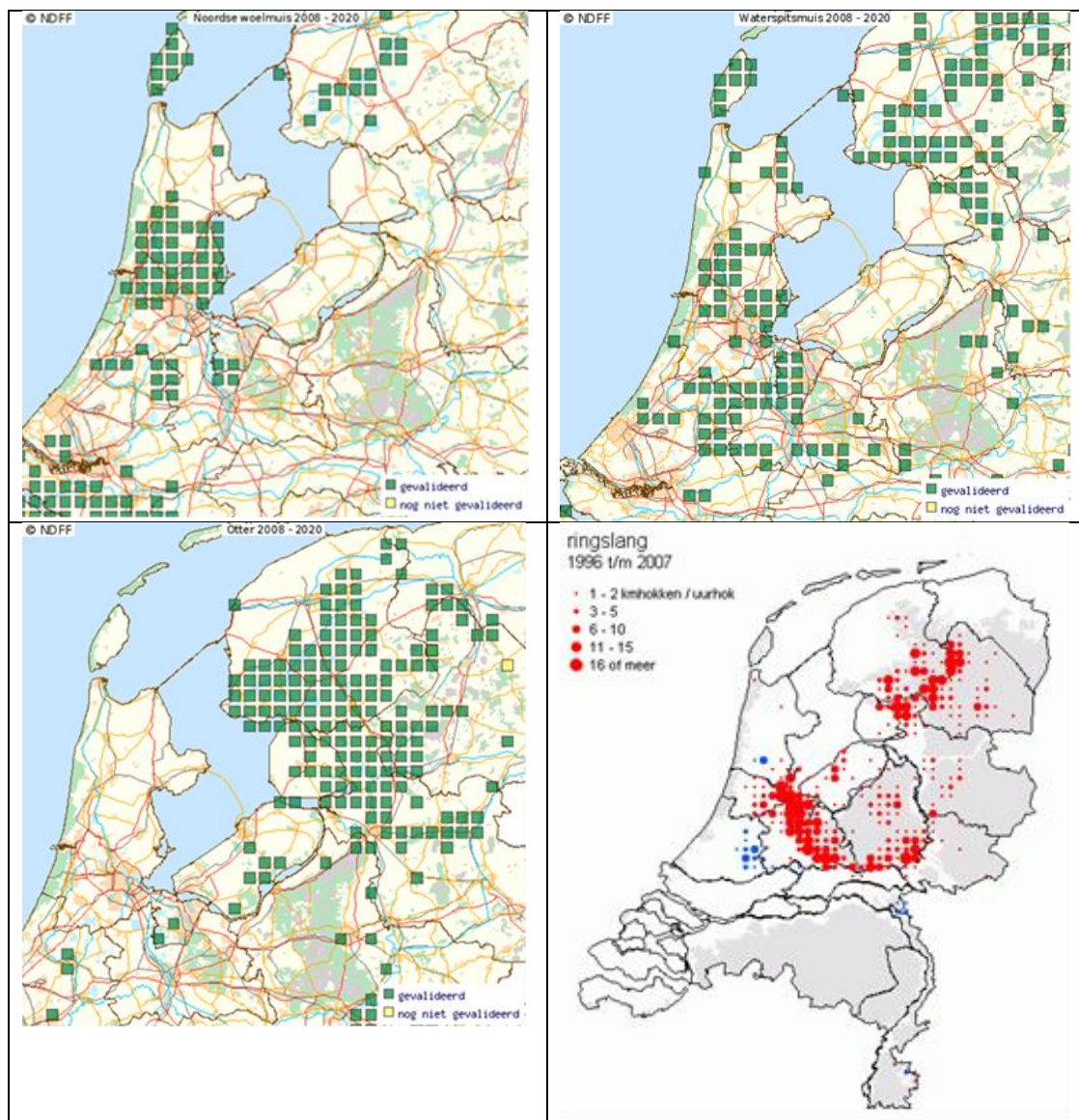
De Ecologische Hoofdstructuur wordt tegenwoordig (sinds 2014) het Natuurnetwerk Nederland genoemd. In het Natuurnetwerk Nederland liggen:

- bestaande natuurgebieden, waaronder de 20 Nationale Parken;
- gebieden waar nieuwe natuur aangelegd wordt;
- landbouwgebieden, beheerd volgens agrarisch natuurbeheer;
- ruim 6 miljoen hectare grote wateren: meren, rivieren, de kustzone van de Noordzee en de Waddenzee;
- alle Natura 2000-gebieden.



Figuur 8-1: Ecologische Hoofdstructuur (tegenwoordig: Nationaal Natuurnetwerk) [bron: CBS et al, 2012]

Figuur 8-2 geeft vier (deels al genoemde) aantrekkelijke doelsoorten die nu slechts aan één zijde van het Markermeer voorkomen en waarvoor oeverontwikkeling en moerasaanleg een verbindende functie kan hebben. Voor al deze soorten kan een ingericht Markermeer een brugfunctie hebben naar kolonisatie van nieuw leefgebied of het verbinden van bestaand, maar gescheiden leefgebied.



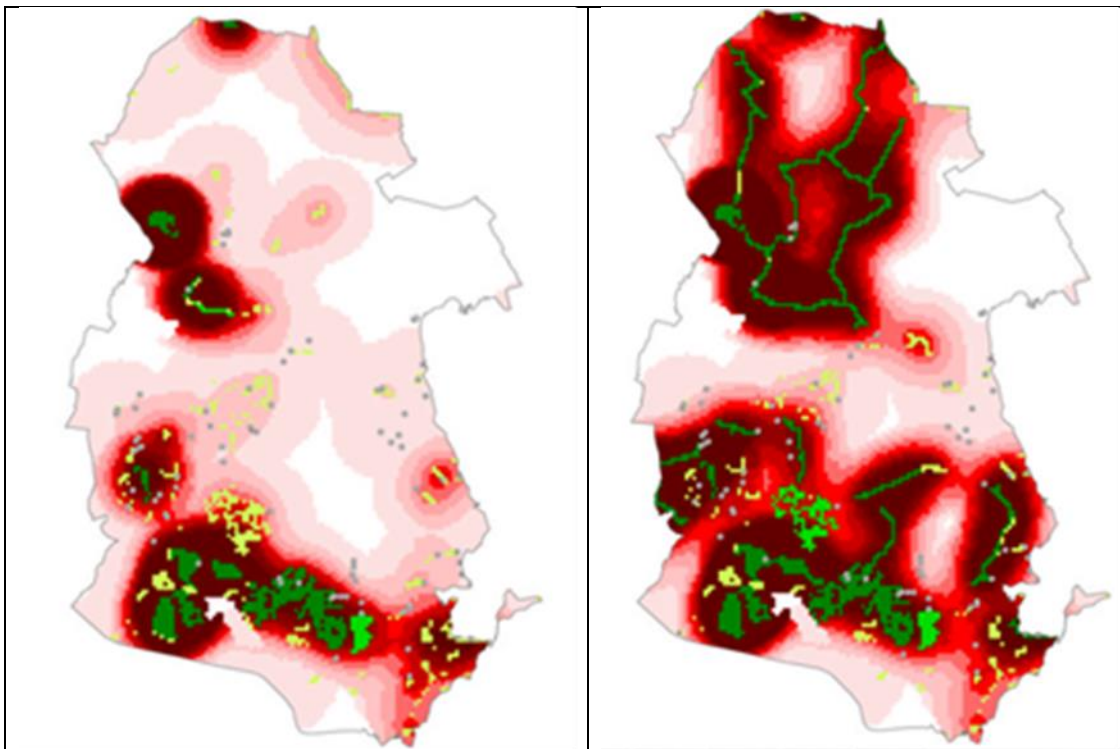
Figuur 8-2: Huidige verspreiding van vier mogelijke oevergebonden doelsoorten van natuurontwikkeling in en om het Markermeer: linksboven Noordse woelmuis; rechtsboven waterspitsmuis een linksonder otter volgens de Zoogdiervereniging, rechtsonder Ringslang volgens RAVON

8.2 Knelpunten

8.2.1 Hollandse Kust

In Noord-Holland tegen het Markermeer ligt het N2000 gebied Polder Zeevang. De Polder Zeevang is een kenmerkend open veenweidegebied met veel open water. De instandhoudingsdoelen voor deze polder zijn vogels (het is een vogelrichtlijngebied). Daarnaast is het gebied belangrijk voor diverse soorten vleermuizen (o.a. meervleermuis) en de Noordse woelmuis. Behoud en herstel van samenhang tussen slaappleaatsen en foerageergebieden in het bijzonder voor grasetende watervogels en meervleermuizen is dan ook opgenomen als opgave voor de landschappelijke samenhang en interne compleetheid voor dit N2000 gebied [Ministerie van Economische Zaken 2014].

Gelet op het habitat dat zich volgens de plannen buitendijks gaat ontwikkelen (water met waterplanten; geen land of plas-dras) (zie Figuur 6-7), en gelet op de doelsoorten voor het Markermeer (vogels en meervleermuis) is het niet nodig om verbindingen te creëren voor grondgeboden soorten. Daarnaast is het voor dieren die kunnen zwemmen ook al mogelijk om via de inlaatconstructies het gebied in en uit te komen (zie hoofdstuk 7 over vismigratie). De enige knelpunten waar aandacht aan moet worden besteed zijn eventuele obstakels in de vliegroutes en felle lichtbronnen. De weg die over de IJsselmeerdijk loopt ter hoogte van Zeevang is een lokale weg en vormt geen groot obstakel.



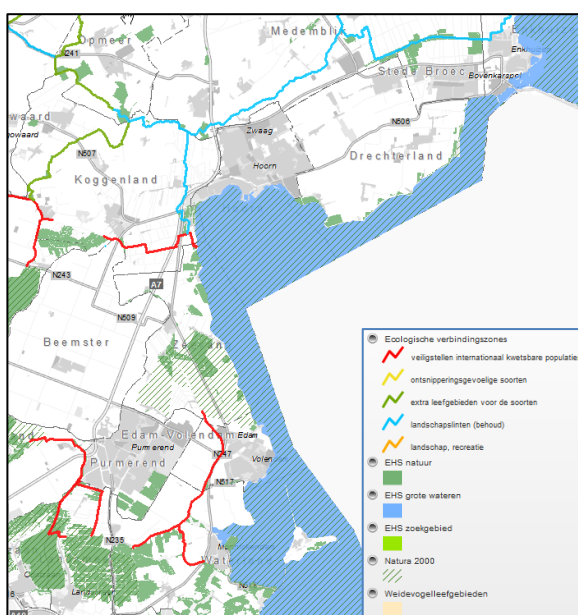
Figuur 8-3: Huidig (links) en potentieel leefgebied (rechts) en ruimtelijke samenhang van de potentiële leefgebieden voor de Noordse woelmuis in Noord-Holland Midden in de huidige situatie op basis van vegetatietype en grootte van het leefgebied. Tevens zijn de locaties waar individuen zijn gevangen aangegeven [Nijhof en Van Apeldoorn 2001]

Noordse woelmuis

De Noordse Woelmuis is een zoogdier dat karakteristiek is voor zeer natte oevergebieden. In de omgeving van het Markermeer komen twee van elkaar geïsoleerde populaties van de noordse woelmuis voor (ter hoogte van Warder en in Waterland) (Figuur 8-3). In de Flevopolder leven geen noordse woelmuizen en waterspitsmuizen zijn daar niet meer gezien in de periode na 1998. In de Noordoostpolder zijn bij het droger worden de noordse woelmuizen verdrongen door veldmuizen [Zoogdiervereniging, 1998]. De populaties van de noordse woelmuis zijn aanwezig in een netwerk van kleinere en grotere leefgebieden met kleinere populaties. Bij afstanden van 1 tot 3 km tussen leefgebieden is uitwisseling mogelijk en is sprake van een netwerkpopulatie (Ministerie van LNV 2008).

Het grootschalig moerasgebied zou een geschikt habitat kunnen vormen voor de noordse woelmuis. Bereikbaarheid voor de noordse woelmuis vormt wel een probleem of zelfs onoverkomelijkheid door afstanden van het grootschalig moerasgebied tot de bestaande populaties. Ook de aanwezigheid van veldmuis (*Microtus arvalis*) en de aardmuis (*Microtus agrestis*) heeft een zeker negatief effect op de mate van voorkomen van de noordse woelmuis.

Daarnaast speelt er ook nog de dijkversterking (Dijkversterking Hoorn-Edam en Dijkversterking Edam-Amsterdam). Voor het traject ter hoogte van Warder en Zeevang bestaat het voorkeursalternatief uit een oeverdijk [HHNK 2014b]. Door een ecologische variant van de dijkversterking (in aansluiting op maatregelen Hoornsche Hop) ontstaan voor de versterking van de verbinding binnen/buitendijks juist goede kansen, bijvoorbeeld via buitendijkse verbinding van de binnendijks versnipperde EHS. dit biedt kansen voor soorten als de Noordse woelmuis (prioritaire en bedreigde N2000 soort), waterspitsmuis en ringslang. Vooral een binnen/buitendijkse verbinding in de Gouwzee in combinatie met ecologische uitvoering van de dijkversterking biedt kansen voor de Noordse woelmuis (zie Figuur 8-3).



Figuur 8-4: Ligging Natuurnetwerk Nederland in Noord-Holland [Provincie Noord-Holland, 2014]

8.2.2 Vooroever Lepelaarsplassen

De vooroever Lepelaarsplassen komt dicht bij binnendijkse natuur te liggen. De Lepelaarsplassen zijn aangewezen als N2000 gebied (vogelrichtlijn). De doelsoorten zijn hier vooral water- en weidevogels. Daarnaast zijn diverse zoogdier- en amfibieënsoorten waargenomen provincie [Flevoland 2013]. Gelet op de habitats die zich kunnen ontwikkelen in de vooroever is het versterken van de verbinding binnen en buitendijks hier wel aantrekkelijk.

Overigens is met de slibmodellering al wel vastgesteld dat de effecten van de Vooroever Lepelaarsplassen is met het slibmodel alleen lokaal zijn en niet bijdragen op systeemniveau. Lokaal hebben vooroevers wel voor alle onderzochte soortgroepen een (aanzienlijke) toegevoegde waarde ten opzichte van het groot oppervlak open water (vooral voor ondergedoken waterplanten en in mindere mate mosselen).



Figuur 8-5: Ligging Natuurnetwerk Nederland in Flevoland, omgeving vooroever Lepelaarsplassen (Provincie Flevoland, 2014)

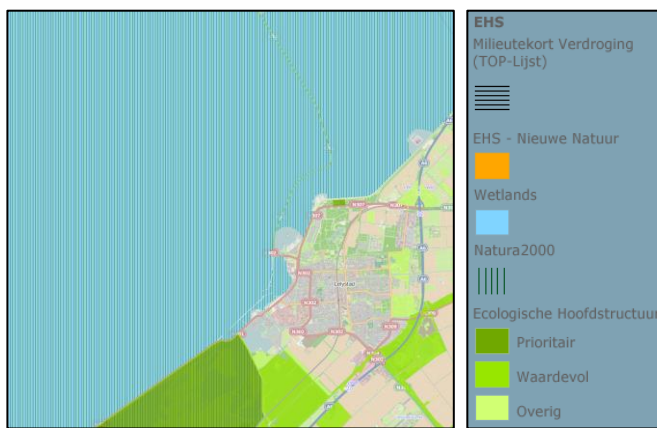
Goede ecologische verbindingen met het achterland vergroten de ecologische draagkracht van de regio als rui- en rustplaatsen en broed- of foerageergebieden aan weerszijden van de dijk kunnen worden gecombineerd. De Afsluitdijk is bijvoorbeeld een belangrijke locatie voor ruiende kuifeenden. [Van Rijn 2005]. Een gebied is pas geschikt als er zowel foerageer- als rustplaatsen zijn op niet te grote afstand van elkaar [Liefveld et al 2008]. Het bereiken van de verschillende locaties is voor vogels niet zozeer een probleem (vliegen), maar verstoring op de route is dat wel. Aandachtspunten hierbij zijn locatiekeuzes voor windmolens, verlichting en (oever)recreatie ten opzichte van vliegroutes van vogels. Recreatie zoals kitesurfen en windsurfen hebben mogelijk negatieve effecten op vogelsoorten [Turlings et al 2009].

Vogels die op de grond broeden zijn extra kwetsbaar voor predatie en verstoring. Wanneer een eiland bereikbaar is voor grondpredatoren (o.a. vossen) heft dit gevolgen voor het broedsucces. Naast het proberen om grondpredatoren buiten de deur te houden is het aanbieden van voldoende schuilgelegenheid ook een mogelijkheid. [Liefveld et al 2008].

8.2.3 Grootschalig moerasgebied

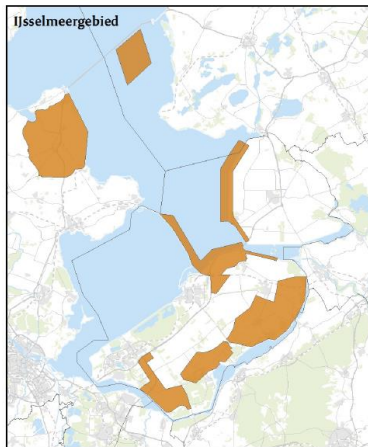
Het grootschalig moerasgebied ligt te ver van de binnendijkse natuurgebieden voor makkelijke bereikbaarheid door landorganismen. Gelet op de geplande locatie van het grootschalig moerasgebied (in de oksel van de Houtribdijk ten westen van de Houtribsluizen) zijn er diverse knelpunten aanwezig:

- Houtribsluizen & scheepsroutes;
- N302 (over Houtribdijk en richting A6);
- A6 op oever IJsselmeer;
- Oostvaardersdijk.



Figuur 8-6: Ligging Natuurnetwerk Nederland in Flevoland, omgeving grootschalig moerasgebied [Provincie Flevoland, 2014]

In de Structuurvisie Windenergie op Land (hierna SVWOL) wordt de keuze vastgelegd in welke gebieden en onder welke voorwaarden grootschalige windenergie mogelijk is. Ook in het IJsselmeergebied zijn gebieden voor grootschalige windenergie aangewezen. Deze gebieden liggen vlakbij de geplande locatie van het grootschalig moerasgebied aan de Houtribdijk. Omdat het IJsselmeer en Markermeer zijn aangewezen als N2000 gebied is er een passende beoordeling uitgevoerd [Royal HaskoningDHV 2013]. De kans op significante effecten is als groot ingeschat. Significante negatieve effecten op instandhoudingsdoelstellingen van ganzen, zwanen en eenden, meeuwen en sterns en rivieronderpad van het Natura 2000-gebied Markermeer & IJmeer zijn niet uit te sluiten. Deze risico's zitten in onderwatergeluid en verstoring van de migratie (seizoenstrek en lokale migratie van rust- naar foerageergebieden).



Figuur 8-7: Gebieden voor grootschalige windenergie in het IJsselmeergebied

Uit verschillende studies blijkt dat windmolenparken een groot negatief effect kunnen hebben op vleermuizen. Verschillende windmolenparken die op vliegroutes liggen van vleermuizen resulteren in hoge sterftcijfers. Deze sterfte komt niet voort uit fysiek contact met de bladen van de windturbines maar uit barotrauma [Baerwald et al 2008]. Barotrauma is een ziekteverschijnsel dat wordt veroorzaakt door een plotseling verschil in luchtdruk. Dit resulteert bij vleermuizen in ernstige longproblemen omdat ze vollopen met bloed en vloeistof door de grote druk. De luchtdrukverschillen zijn heel groot in de buurt van windturbines, met als gevolg dat een windmolenpark een soort van mijnenveld wordt midden op de vliegroute. Meervleermuizen vliegen over het algemeen laag bij de grond. Het is niet waarschijnlijk dat zij hierdoor beïnvloed worden.

Otters en bevers

Otters en bevers zijn soorten waarvoor het grootschalig moerasgebied geschikt habitat kan bieden. Beide soorten waren uitgestorven in Nederland maar zijn geherintroduceerd. Het herintroductie-programma van otters is gestart in 2002 met het uitzetten van exemplaren in de Wieden & Weerribben. In 2009 zijn otters gesignaleerd in het Zwarte Meer. Otters zijn in staat zich over grote afstanden te verspreiden, zo zijn exemplaren aangetroffen bij Doesburg (IJssel) en Elburg (Randmeren). Belangrijkste sterfte van geherintroduceerde otters in Nederland is doordat ze worden doodgereden [Alterra, 2010]. Verspreiding van otters vanuit de uitzetplek over grote afstand is vrij snel mogelijk. Het gaat dan meestal om individuele jonge mannetjes die op zoek zijn naar geschikt leefgebied. Voor het Groene Hart is een haalbaarheidsstudie uitgevoerd naar vestiging van otters. Spontane vestiging vanuit de Weerribben blijkt heel lastig wegens de aanwezige infrastructurele barrières zoals sluizen en (provinciale) wegen. Andere knelpunten zijn aanwezigheid van visfinken maar ook schapenrasters met te kleine rastergrootte om te passeren door otters [Lammertsma et al., 2008]. Leefgebieden van otters zijn van enkele km² tot ca. 10 km² groot. [ministerie van LNV, 2010]. Het areaal grootschalig moerasgebied is met ca. 4000 ha niet groot genoeg voor vestiging van een gezonde kernpopulatie. Wel ruimte voor dwaalgasten of individuele dieren.

De herintroductie van bevers is gestart in 1988 in de Biesbosch. In de Flevopolder komen inmiddels ook bevers voor die zijn ontsnapt uit dierentuin in Lelystad. De populatie bestaat uit ongeveer 90 dieren [VZZ, 2010]. Bevers zijn territoriaal en leggen hierdoor relatief grote afstanden af.

In Nederland bedraagt de actieradius voor bevers langs waterlopen 1 tot 10 kilometer. [Ministerie van LNV, 2008]. Barrières in de ecologische verbindingen vormen een mogelijke bedreiging, bijvoorbeeld door een geblokkeerde duiker is de bever genoodzaakt over land te gaan, met alle risico's van dien (verkeer). Ook recreatie vormt een risico voor bevers, met name in de schemer en 's nachts als de bevers actief zijn. Bevers kunnen bv. worden geraakt door de schroeven van een schip [Ministerie van LNV 2010].

Voor het grootschalig moerasgebied is ca. 5% van het areaal droog gebied. Vraag is of dat dit areaal voldoende groot is om een populatie bevers te herbergen. Idem of bevers wel wenselijk zijn aangezien de soort afhankelijk is van bomen (wilgen) die in het grootschalig moerasgebied maar beperkt gewenst zijn. Het areaal grootschalig moerasgebied is met 6000 ha aan de krappe kant voor een gezonde populatie hoewel uitwisseling met de populatie in de Flevopolder mogelijk is.

Oplossingen zijn aanleggen van rasters (om verkeersslachtoffers te beperken) en faunapassages bij knelpunten (o.a. droge duikers) [Lammertsma et al 2008]. Daarnaast is het belangrijk om verstoring bij potentiële migratieroutes zoveel mogelijk te beperken (recreatie, honden, scheepvaart).

Wegen vormen obstakels voor amfibieën en reptielen (ringslang) om vanuit bestaande gebieden zoals de Oostvaardersplassen nieuwe habitats te koloniseren (Oostvaardersdijk; N302). Op plaatsen waar het leefgebied van amfibieën en reptielen doorsneden wordt door wegen kunnen leefgebieden met elkaar worden verbonden met permanente voorzieningen als amfibieëntunnels. Andere mogelijkheden zijn beïnvloeden van de migratierichting, afzetten van wegen geturnde migratieperiode en overzetacties. Een andere oplossing is om te zorgen dat alle benodigde habitats bereikbaar zijn. Bij aanleg van amfibieëntunnels moet wel worden voldaan aan voorwaarden om deze goed te laten functioneren (vorm; omvang, lichtinval) [Prudon & Cremers 2004].

Mogelijk is het nodig om maatregelen te nemen om verkeersslachtoffers te beperken. Om het grootschalig moerasgebied veilig bereikbaar te maken voor doelsoorten zoals otter en bever is het nodig voorzieningen te treffen bij knelpunten zoals wegen over de Oostvaardersdijk en Houtribdijk. Hierbij valt te denken aan fauna-passages. Voor meervleermuizen is het aan te raden om op de mogelijke migratieroutes naar het grootschalig moerasgebied of de vooroevers herkenningspunten aan te leggen (structuren in het landschap) en felle verlichting te voorkomen op de route.

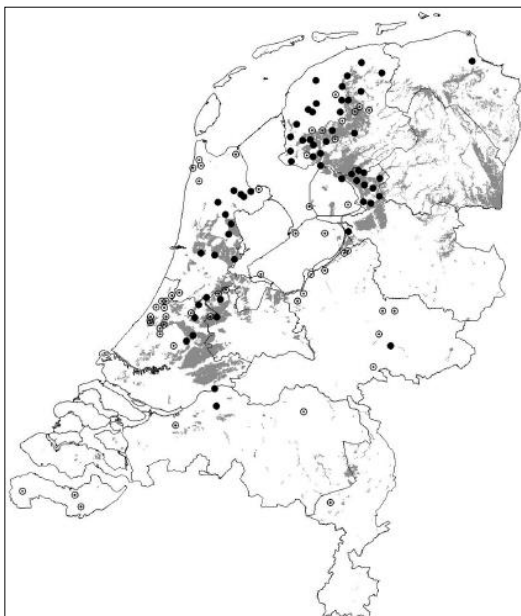


Figuur 8-8: Voorbeeld faunapassage in aanleg in de kroon van een dijk, met geleidingsstructuur

8.3 Meervleermuis

De meervleermuis is een soort van de habitatrictlijn voor het Markermeer. De belangrijkste kraamkolonies en foerageergebieden van de meervleermuis liggen in het laagveen-, zeelei- en IJsselmeergebied van Holland, Utrecht, Friesland, Groningen en de Kop van Overijssel. Kraamkolonies van de soort bevinden zich in diverse typen gebouwen (kerken, boerderijen, spouwmuren van woonhuizen), steevast in de nabijheid van waterrijke gebieden. De mannetjes leven in de kraamtijd solitair of in kleine groepjes. Voor de trek naar overwinteringsgebieden legt de meervleermuis soms lange afstanden af, tot meer dan 350 km. De belangrijkste overwinteringsplaatsen in ons land liggen in de mergelgroeves van Zuid-Limburg en in bunkers in het Hollandse duingebied en bij Arnhem. Rondom het Markermeer komen diverse kolonies voor van meervleermuizen. Aan de polderkant zijn enkele kolonies van mannetjes, in Waterland en West-Friesland zijn diverse kraamkolonies aanwezig. In Flevoland zijn geen kraamkolonies bekend. Wel is in Lelystad een zomerverblijfplaats van mannetjes bekend (zie Figuur 8-9) [Haarsma & Tuitert 2009].

De meervleermuis vliegt na zonsondergang uit of te foerageren. Hierbij worden afstanden tussen kraamkolonie en foerageergebied tot zo'n 10 km overbrugd. Tijdens de vlucht worden houtwallen, waterwegen en andere structuren in het landschap gevolgd. Het foerageren gebeurt boven open water waarbij de vleermuis met hoge snelheid laag over het water vliegt, waarbij insecten met de poten vanaf het water worden 'geschept'. Ook boven drassige weilanden, aangrenzend aan het water, wordt op insecten gevoerd. De voornaamste prooi zijn muggen, dansmuggen, schietmotten, haften, gaasvliegen, nachtvinders en soms ook kleine kevers [ministerie van LNV, 2008]. Meervleermuizen zoeken veelal beschutte routes op omdat daar het insectenaanbod groter is. Sterk verlichte gebieden zoals stads- en dorpskernen worden vermeden. Verder vliegen ze niet over sterk verlichte wegen maar wel onder bruggen en viaducten [Ministerie van LNV 2010].



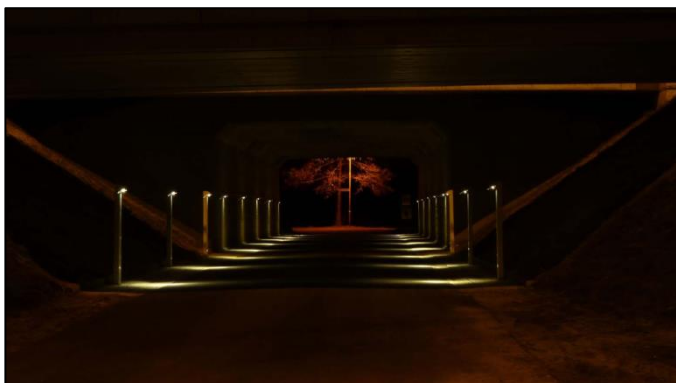
Figuur 8-9: Zomerverblijfplaatsen van meervleermuizen. Witte cirkel met zwarte stip: mannetjes. Zwarte cirkel: kraamkolonie vrouwtjes [uit: Haarsma & Tuitert, 2009]

Aanleg van een grootschalig moerasgebied beperkt het areaal open water en daarmee wordt het foerageergebied verkleind. Aan de andere kant wordt de voedselpiramide breder met meer habitats voor onder andere insecten zodat beschikbaarheid van prooien naar verwachting toe zal nemen. Het is onbekend of er op meervleermuizen foerageren in het gebied waar het grootschalig moerasgebied is aangelegd. Meervleermuizen zijn gebonden aan een (weliswaar groot) gebied rond kolonies en verblijfplaatsen in met name (oude) gebouwen. Binnen de foerageerafstand van locatie grootschalig moerasgebied bevindt zich een zomerverblijf van mannetjes. Risico's voor foerageren van meervleermuizen is de vernietiging pendelroutes door kap van bomen (laanbeplanting, erfbeplanting, solitaire bomen), opruimen en fragmenteren van houtwallen en singels [Ministerie van LNV 2010].

De belangrijkste verstoring die speelt rondom het Markermeer is verlichting. Haarsma [2009] beschrijft dat de verlichting van wegen, bedrijventerreinen, woonwijken en fietspaden vaak ook de aangrenzende waterwegen verlicht. Metingen uit een artikel van Kuijpers et al. [2008] onderbouwen het idee dat de meervleermuis deze verlichting probeert te vermijden en niet foerageert op plekken met te veel verlichting.

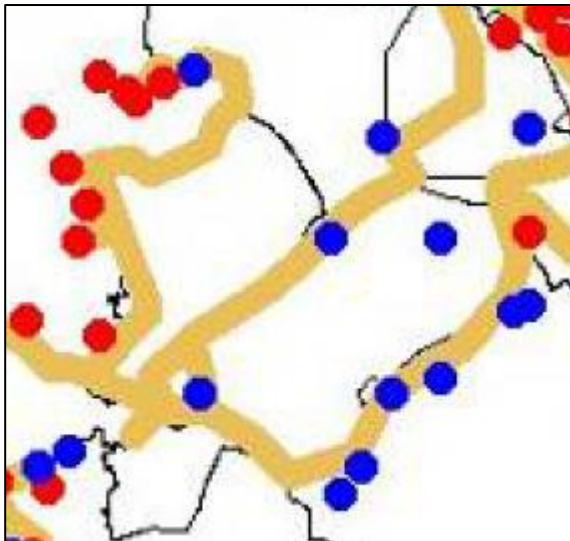
Naast het licht dat op het water schijnt vormt verlichting nog een tweede verstoring van het habitat van de meervleermuis. Verlichting die op knelpunten schijnt die de meervleermuis op zijn vliegroute tegenkomt zouden volgens Kuijpers et al. [2008] de belangrijkste obstructie vormen in het habitat. Met name bruggen die, bijvoorbeeld uit esthetisch oogpunt, van de zijkant worden beschenen worden gemeden en kunnen soms totaal niet gepasseerd worden. Ook (auto)verlichting op bruggen waar vleermuizen onderdoor vliegen vormen een belangrijke belemmering.

Als oplossing voor dit probleem wordt aangedragen om specifieke lampen te plaatsen die de lichtbundel slechts een kant op richten (zie) en om de randen van de bruggen op te hogen tot boven het niveau van de autolampen. Daarnaast wordt aangeraden om in de periode tussen april en oktober na 23 uur de verlichting uit te zetten of te verminderen. In Zuid-Holland lopen al projecten met lantaarnseries die om en om verlichting geven, en lampen series die alleen aangaan bij passerend verkeer.



Figuur 8-10: Een voorbeeld van aangepaste verlichting die vleermuisvriendelijk is en energiebesparend [Brekelmans en Limpens, 2010]

Naast het feit dat verlichting een barrière vormt, zijn er ook obstakels (kunstwerken) die een verstoring van de ecologische verbindingen zijn. Vooral bruggen over water verhinderen de reguliere vliegroute en worden bij voorkeur gemeden. Zo laat Haarsma zien dat de meervleermuis tijdens migratie kilometers omvliegt om een knelpunt te ontwijken [Haarsma, 2008]. Voor een veilige vliegroute moeten bruggen minimaal 1,5 hoog en 4 meter breed zijn. Hoe dieper een brug en hoe scherper de aanvlieghoek, hoe groter de afmetingen. Bij een diepte vanaf 50 meter raadt Haarsma [2008] aan om openingen te creëren zodat de temperatuur niet te ver daalt.



Figuur 8-11: Uitsnede van een kaart met de meest waarschijnlijke routes die meervleermuizen tussen zomer en winterverblijven gebruiken. In rood zijn de kraamverblijven weergegeven, in blauw de mannenverblijven. Zowel de mannenverblijven als de mannenwinterverblijven (hotelverblijven) zijn gelegen langs de migratieroutes van de vrouwtjes en vormen belangrijke rust en paarplekken [uit: Haarsma 2008]

In een quickscan [Droog 2011] is gekeken naar de mogelijke verbindingpunten voor meervleermuizen tussen het Markermeer en het achterland. Hierbij zijn een aantal locaties gevonden die kansrijk zijn en in als eerste in aanmerking komen voor monitoring. Dit zijn met name de locaties gemaal de Blocq van Kuffler, Schardam, Monnickendam en IJburg/Diemen Vijfhoek. De winterverblijven van zowel de mannetjes en vrouwtjes van de meervleermuizen liggen niet in de omgeving van het Markermeer.

Houtribdijk

De Houtribdijk is grotendeels kaal en open, en zowel watergangen als begroeid nat natuurgebied liggen op de meeste plekken ver van de dijk af. De volgende plekken zijn potentiële toegangswegen over de Houtribdijk:

- Gemaal de Blocq van Kuffler: grote watergang met hoge begroeiing en weinig lichtverstoring (figuur 1).
- Oostvaardersplassen: dit gebied is mogelijk zelf een foerageergebied, en in het Markermeer is hier waarschijnlijk niet veel te vinden (geen oevervegetatie).
- Gemaal Wortman: grote watergang richting Markermeer. Gemaal zelf en de weg vormen echter groot obstakel.

De sluis naast het gemaal Blocq van Kuffeler is met veel lampen verlicht (Figuur 8-12). Deze lampen zouden vervangen kunnen worden door gerichte spots of uitgezet worden wanneer er geen boten doorheen gaan. Ten Noordoosten van het gemaal komt een bosrand uit op de weg. Aan de andere kant zou een rij populieren de toegang tot het markermeer vereenvoudigen (Figuur 8-13).



Figuur 8-12: Verlichting bij sluisen Blocq van Kuffeler



Figuur 8-13: Houtribdijk bij gemaal de Blocq van Kuffler. GEEL= ruimte voor populieren, ROOD= vliegroute vanuit de Flevopolder

Zuiderdijk/West Friesland

In Noord-Holland zijn de landschapskenmerken geschikt als verbindingzone dan in het Markermeer. Dit komt vooral doordat de wateren en natuurgebieden tegen de dijk aan liggen. Bovendien zijn er meer plekken waar buitendijks (in het Markermeer) weilanden en natte oevers liggen, die als foerageergebied dienen. De volgende plekken zijn potentiële verbindingpunten van het Markermeer met het achterland in Noord-Holland:

- Tussen Tersluis en Venhuizen: hier komt een watergang tegen de dijk aan, met een groot nat weiland tussen het Markermeer en de dijk. Het gebied is echter wel slecht beschermd.
- Tussen Oosterleek en Schellinkhout: veel water en nat weiland binnen- en buitendijks. Geen/nauwelijks verlichting.
- Bomenrijen/beschutting bij Zuiderdijk parallel aan Zuideruitweg. Echter geen grote watergangen.

Zuiderdijk/Hoornsche Hop

- Ten Oosten van Hoorn ligt een open weilandgebied omgeven door watergangen met bomenrijen (Opperweg/Groote Molen).
- Van de Groote Waal (Hoorn) tot aan Scharwoude ligt veel water en oevervegetatie dicht tegen de dijk zonder/nauwelijks verlichting. Aanvliegroute 'de Hulk'. Wel bebouwing.

IJsselmeerdijk/Hoornsche Hop

- Schardam is een zeer geschikte verbinding met het Markermeer. Grote waterwegen vanuit Noord-Holland met nauwelijks verlichte dijk zonder veel belemmering. Buitendijks ligt een groot plas-dras gebied met oevervegetatie. De dam zelf is dicht, maar hoeft geen obstructie te vormen. Aanplanting van populieren langs de watergangen bevordert de migratie.
- Gemaal Warder Landzicht: brede, rechte aanvliegroute maar geen beschutting.
- Braken: allemaal meren met oevervegetatie en bomen tegen de dijk aan. De dijk zelf is wel hoog en kaal.
- Ten Noorden van Volendam ligt een beschutte vliegroute (Julianaweg/Zeedijk), maar de dijk zelf vormt grote obstructie.



Figuur 8-14: Direct achter de Schardam ligt buitendijks oevervegetatie/weiland

In Schardam zijn twee aanvliegroutes die bij de dijk onderbroken worden door stuwen (Figuur 8-15). De verwachting is dat hier niet veel aan veranderd kan worden, behalve aanplanting van populieren langs de watergangen.



Figuur 8-15: Omgeving Schardam gezien vanaf het westen. BLAUW= mogelijke aanvliegeroutes, ROOD= dijk, GEEL= stuwen, WIT= buitendijks nat grasland

Waterland

Dit gebied is meer stedelijk en onregelmatig. Een aantal punten zijn interessant:

- De watergang boven Monnickendam, N247 is een grote watergang met beschutting aan de zijkant.
- Uitdammer Die, Barnegat en Kinselmeer zijn grote waterlichamen tegen de Uitdammerdijk aan, wat samen een groot foerageergebied kan zijn. Deze waterlichamen lopen rechtstreeks naar Amsterdam randgebied waar nesten zouden kunnen zitten. Het geheel is echter wel erg open; er staan nauwelijks bomen of huizen bij het water.
- Buitendijks ligt ten Noorden van Durgerdam een groot open moerasgebied (Durgerdammerdijk/Uitdammerdijk).

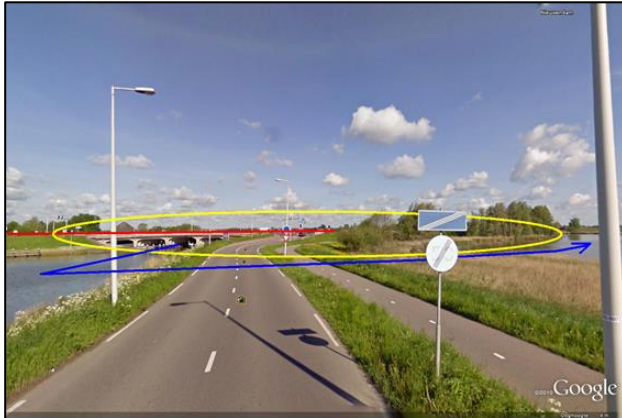
Bij Monnickendam vormt de rondweg N247 een obstakel (Figuur 8-16). Een klein gedeelte van de N247 (onderin de gele cirkel) gaat over een brug die groot genoeg is voor vleermuizen om onderdoor te vliegen. Vanaf daar is de meest waarschijnlijke mogelijkheid om op het Markermeer te komen over de weg (Figuur 8-17). Hier zouden verlichting en vegetatie aangepast kunnen worden.



Figuur 8-16: Omgeving Monnickendam. ROOD= N247, GEEL= knelpunt, BLAUW= potentiële vliegroute

IJmeer

- Rechts van IJburg ligt de Diemer Vijfhoek, waar veel bosgebied direct aan het water ligt. Dit gebied is stedelijk maar met veel vliegroutes via water. Aanpassingen aan licht (tijden/verspreiding/lichtsterkte) zouden hier toegepast kunnen worden.



Figuur 8-17: De verbinding tussen achterland en Markermeer bij Monnickendam. ROOD= N247, GEEL= zijaanzicht knelpunt figuur 4, BLAUW= potentiële vliegroute

8.4 Te verwachten effecten van ecologische verbindingen

Het versterken van de ecologische verbindingen tussen binnen- en buitendijks gebied is vooral relevant als daar in het Markermeer ook geschikt habitat voor ontstaat. Gelet op de ligging van de gebieden binnen het Natuurnetwerk en de verwachten effecten van de maatregelen zijn de plekken aan te geven waar versterking van de verbinding binnen- en buitendijks meerwaarde heeft:

- Hollandse kust (ondiepe zone in Markermeer, inclusief Hoornsche Hop en Gouwzee);
- Vooroever Lepelaarsplassen;
- Grootschalig moerasgebied.

Het versterken van de relatie binnen-buitendijks heeft vooral zin bij de vooroever Lepelaarsplassen, voor zowel landgebieden dieren als vliegende dieren. Hierbij vormt de provinciale weg (N701, Oostvaardersdijk) een groot obstakel. Hier kunnen fauna-passages en amfibieëntunnels worden aangelegd. Hierbij moet voor de inrichting wel goed worden gekeken naar vorm, omvang en lichtinval van de tunnels.

De doelsoorten voor de natuurgebieden aan de westzijde van het Markermeer (bij luwtestructuren) zijn vogels en vleermuizen. Voor deze soorten is een versterking van de verbinding mogelijk door het intact laten van vliegroutes met oriëntatiepunten en het voorkomen van felle verlichting. Aandachtspunt is de dijkversterking Hoorn-Amsterdam.

Het grootschalig moerasgebied ligt te ver van de binnendijkse natuurgebieden voor makkelijke bereikbaarheid door landorganismen. Versterking van de verbinding moet hier ook worden gezocht in het creëren van een vliegroute met oriëntatiepunten en het voorkomen van felle verlichting, mogelijk in combinatie met maatregelen om verkeersslachtoffers bij bevers/otters te voorkomen.

Voor reptielen en amfibieën vormen amfibieëntunnels onder de wegen een oplossing om migratie mogelijk te maken tussen achterland en geschikt habitat in het Markermeer.

Een aandachtspunt van ecologische verbindingen is dat het daarmee ook mogelijk kan worden dat ongewenste predatoren toegang krijgen tot gebieden waar ze niet gewenst zijn. Een voorbeeld hiervan is de kwetsbaarheid van grondbroeders voor predatoren zoals vossen

Mogelijke kansrijke verbindingpunten voor meervleermuizen tussen het Markermeer en het achterland zijn de locaties gemaal de Blocq van Kuffler, Schardam, Monnickendam en IJburg/Diemen Vijfhoek. Een monitoring experiment kan uitwijzen welke van de kansrijke verbindingpunten door de meervleermuis gebruikt wordt en of deze route kenmerken heeft die verschillen van de overige locaties. Aan de hand hiervan kan beter bepaald worden welke landschapkenmerken belangrijk zijn voor de meervleermuis.

Om het grootschalig moerasgebied veilig bereikbaar te maken voor doelsoorten zoals otter en bever is het nodig voorzieningen te treffen bij knelpunten zoals wegen over de Oostvaardersdijk en Houtribdijk. Hierbij valt te denken aan fauna-passages. Voor meervleermuizen is het aan te raden om op de mogelijke migratieroutes naar het grootschalig moerasgebied of de vooroevers herkenningspunten aan te leggen (structuren in het landschap) en felle verlichting te voorkomen op de route.

9 THEMA VISSERIJ

9.1 Recente inzichten

De evaluatie van monitoringsresultaten [Noordhuis, 2010] laat zien dat rond 1990 de totale biomassa van vis is afgenomen, vooral bij brasem en blankvoorn. Kleinere soorten namen (tijdelijk) toe. Spiering vertoonde een doorgaande afname. Rond 2000 lijkt er sprake van een nieuwe herschikking van het visbestand, met een afname over een brede groep van soorten.

In het tussenadvies van ANT [2011] is geconcludeerd dat de stuurknoppen menselijk gebruik en inrichting/beheer de beste mogelijkheden bieden om maatregelen in te zetten. Herstel van de populatie Spiering als stapelvoedsel voor visetende vogels is weinig kansrijk, omdat de klimaatverandering een belangrijke reden voor achteruitgang lijkt te zijn. Kansrijker is het om in te zetten op gunstige leef- en voedselomstandigheden voor andere vissoorten die ook als stapelvoedsel kunnen dienen en die in beeld komen als bijvoorbeeld het areaal onderwatervegetatie groter wordt. Dit brengt visserijreductie in beeld als maatregel naast vergroting van habitatdiversiteit.

De MC van NMIJ heeft een gesprek gehad met Jaap Quak van Sportvisserij Nederland en lid van de VBC Markermeer/IJsselmeer. De beroepsvisserij heeft het volgens hem heel zwaar op IJsselmeer/Markermeer. Komt o.a. doordat er sprake is van “gemene weide”. De vangsten en tuigen worden niet gereguleerd. Er is geen sprake van quota (wel van minimummaten). In totaal zijn er 70 vergunninghouders. Momenteel wordt er al nauwelijks snoekbaars meer gevangen en zijn vissers overgestapt op wolhandkrabben. Vraagstuk wat nu al op hoog bestuurlijk niveau wordt besproken is de mogelijkheid van het uitkopen van de beroepsvissers. Kosten hiervan zijn voorzichtig geraamd rond de 5 à 10 miljoen. Vooral relevant voor provincie omdat deze binnenkort NB-wet vergunning af moeten geven voor de visserij. Het is echter niet duidelijk wat de ecologische effectiviteit daarvan zou zijn. Wat de ecologische effecten van stoppen met beroepsvisserij zijn, is volgens Dhr. Quak zeer lastig te voorspellen.

9.2 Vergunningen

Voor de beroepsvisserij op IJsselmeer en Markermeer is een NB-wet vergunning vereist. De provincies Fryslân en Flevoland moeten deze verlenen aan de beroepsvisserij. Sportvisserij Nederland (en natuurverenigingen) maken bezwaar tegen het verlenen van de vergunning. Begin 2012 is het conflict toegespitst op spiering. Voor spiering geldt in Markermeer en IJsselmeer een vangstverbod, tenzij is vastgesteld dat er voldoende spiering is. In dat geval kunnen de provincies toestemming verlenen voor de spieringvisserij. Ook het Ministerie moet deze toestemming (specifiek voor de spiering) verlenen.

In het Markermeer is door de provincie geen vergunning verleend om op spiering te vissen. Op het IJsselmeer is door de provincie Fryslân wel een vergunning verleend voor 2012. Echter deze is in dezelfde week door de Raad van State weer teruggedraaid.

De provincie Flevoland heeft de beroepsvissers vergunning verleend om op grond van de NB-wet in 2012 te mogen vissen in het Markermeer-IJsselmeer.

Die wordt nog bestudeerd door Sportvisserij Nederland; mogelijk leidt dit tot een nieuwe procedure bij de RvS. Al met al is er sprake van een conflict tussen de sportvissers en beroepsvisserij. Deze partijen zaten samen met landelijke en regionale overheid in de VBC. De beroepsvissers zijn nu uit dit overleg gestapt. Medio april overlegt de VBC over vervolg.

9.3 Ontwikkelingen

Het IJsselmeergebied is qua visserij volop onderwerp van gesprek en onderzoek, mede gelet op bovenstaande. Enkele onderzoeken:

- ANT studies.
- Sportvisserij Nederland start samen met de werkmaatschappij NMIJ een onderzoek aan ecologische herstelmaatregelen in licht van toerisme en sportvisserij
- Provincie Flevoland heeft Witteveen + Bos opdracht gegeven onderzoek te doen aan de mogelijkheden voor transitie van de beroepsvisserij.
- Waterdienst start in de zomer 2012 met een onderzoek naar draagkracht van de visstanden irt beroepsvisserij.
- Staatssecretaris Bleker heeft een Commissie Toekomst Binnenvisserij ingesteld. Deze commissie zal in samenspraak met de beroeps- en sportvisserij en andere belanghebbenden een integrale visie op de toekomst van de gehele binnenvisserij opstellen. De commissie zal rond de zomer 2012 haar rapport opleveren.

De position paper van de visstandsbeheercommissie (VBC) van oktober 2011 stelt het volgende.

Nieuw perspectief

Binnen de VBC is vanuit de historie en de actualiteit gesproken, nagedacht en gediscussieerd over de toekomst van de visstand, de visserij en het water- en natuurbeheer van het IJsselmeer. Hieruit is het volgende 10-puntenplan voor de visstand en de visserij opgesteld:

1. De huidige en toekomstige visstand is leidend voor de mogelijkheden van de sport- en beroepsvisserij. Een gevarieerde, gezonde, en natuurlijk opgebouwde visstand biedt voor de visserij het meeste perspectief voor (gedeeltelijke) instandhouding en ontwikkeling. Dit geldt ook voor de daaraan verbonden maatschappelijke waarden op het gebied van cultuurhistorie en recreatie-toerisme.
2. De huidige visserijinspanning van de beroepsvisserij dient verder af te nemen. Reductie tot een kwart van de huidige vangst - door uitkoop/sanering en transitie naar andere diensten en producten- dient vergezeld te gaan van flankerend sociaal beleid voor de sector beroepsvisserij.
3. Verbetering van de visstand vormt de basis voor een nieuw toeristisch-recreatief sportvisserij perspectief. Het IJsselmeer heeft een zeer grote potentie voor de sportvisserij. Met ook internationale allure. Dit draagt bij aan de recreatiemogelijkheden en de natuurbeleving van vele duizenden sportvissers. De economisch-toeristische bijdrage van de sportvisserij in het IJsselmeergebied, bij een goede en aantrekkelijke visstand, wordt geschat op 30 -50 miljoen euro.
4. De visstand wordt bepaald en gestuurd door deels nog onbegrepen factoren en processen. Deze liggen ook buiten de werkingssfeer van de visserij. Meer inzicht is vereist, maar het gebrek aan kennis mag niet de reden zijn het huidige visserijbeheer voort te zetten.
5. Doelstellingen voor de visstand zullen in het visserijbeheer worden uitgedrukt in termen van samenstelling visgemeenschap, lengte/leeftijdsopbouw van vissoorten en kwaliteiten en arealen van vishabitats. De doelstellingen worden vastgelegd in een visplan. De mate van onttrekking van vis wordt gebaseerd op objectieve gegevens en uitgedrukt in afdoende te registreren en te controleren hoeveelheden.
6. De huidige visstand vraagt om een sterke herstel-impuls. Deze impuls kan het beste plaatsvinden door het herstellen van zoveel mogelijk natuurlijke processen (dynamische land-water overgangen, dynamiek zoet-zout, inclusief migratie en habitats, variatie in diepte) en het tegengaan van negatieve, menselijke beïnvloeding.
7. Als bestuurlijk , maatschappelijk en financieel de noodzakelijke omvang van natuurlijk herstel niet of slechts gedeeltelijk kan plaatsvinden, dient dit te leiden tot:
 - a. Doelverlaging vanuit het water- en natuurbeheer (KRW, Natura-2000).
 - b. Acceptatie dat structurele en "kunstmatige" maatregelen dan nodig kunnen/zullen zijn om de gewenste visstand te ondersteunen. Bv. toepassing van habitatstructuren en het kweken en uitzetten van vis.
8. Een nieuw visrechten-stelsel dient te worden ingevoerd. Waarmee de prioriteit voor de beroepsvisserij vervalt en meer ruimte en bevoegdheden voor de sportvisserij worden gerealiseerd.
9. De aan de VBC deelnemende partijen stellen een reglement op waarin de samenstelling, de werkwijze en de doelstellingen van de VBC worden geregeld. De VBC bezit geen rechtspersoonlijkheid. De VBC is primair een overlegplatform. VBC-overleg en afstemming, informatie-uitwisseling, kennis delen en het opstellen en uitvoeren van (getoetste/goedgekeurde) visplannen zijn belangrijke dragers voor het te voeren visserijbeheer.

10 LITERATUUR

Aarts T.W.P.M. (2007). Kennisdocument snoekbaars, Sander lucioperca (Linnaeus, 1758). Kennisdocument 16. Sportvisserij Nederland, Bilthoven.

Aarts, T.W.P.M. (2007). Kennisdocument snoekbaars, Sander lucioperca (Linnaeus, 1758). Kennisdocument 16. Sportvisserij Nederland, Bilthoven.

Alterra (2010). www.otter.wur.nl. geraadpleegd mei 2010.

Anonymus (1990). Samenvatting onderzoek diepe putten IJsselmeer en Randmeren. Rijkswaterstaat Directie Flevoland. Lelystad.

Anonymus (2009) Helofytenverjonging, verlanding en ganzenvraat in laagveenplassen – herhaling. Verslag veldwerkplaats Laagveen- en zeekeilandschap Loosdrecht, 10 november 2009 Aangepaste versie van het verslag van de eerste veldwerkplaats helofytenverjonging op 26-8-09.

Anonymus (2010). Voorverkenning korte termijn peilbesluit. Rijkswaterstaat, Lelystad.

Anonymus, (2010) Handboek natuurlijke zuivering Zeeland.

Arcadis (2007). Pilot dynamisch grootschalig moerasgebied - van verbeelding naar uitwerking. In opdracht van Waterdienst Rijkswaterstaat, Lelystad.

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

Bak A, Liefveld WM, Prinsen HAM, Van Vliet F (2007). Evaluatie natuurontwikkelingsprojecten IJsselmeergebied. Bureau Waardenburg rapport in opdracht van Rijkswaterstaat IJsselmeergebied.

Bak, A. et al. Evaluatie natuurontwikkelingsgebieden IJsselmeergebied. Bureau Waardenburg rapportnr. 07-120 i.o.v. RWS, Lelystad.

Bakker, L. (2010). Effect van zomerbegrazing door Grauwe ganzen op de uitbreiding van waterriet. *De Levende Natuur* 2010 (1).

Bakker D. (2011). De Bodem Bedekt; het onderzoeken en aanbrengen van een fosfaatbindende afdeklaag in de Bergse Plassen; Deltares.

Bal, D., H.M. Beije, M. Felliger, R. Haveman, A.J.F.M. van Opstal en F.J. van Zadelhoff (2001). Handboek natuurdoeltypen. Rapport Expertisecentrum LNV 2001/020, Wageningen.

Bal, D., H.M. Beije, Y.R. Hoogeveen. S.R.J. Jansen & P.J. van der Reest (1995). Handboek natuurdoeltypen in Nederland. IKC natuurbeheer, Wageningen.

Balkema J, Sollie S, Kroes M (2010). Ruimtelijk ontwerp grootschalig moerasgebied. Tauw in opdracht van Rijkswaterstaat IJsselmeergebied.

Belgers, J.D.M. & G.H.P. Arts (2003) Moerasvogels op peil. Deelrapport 1: Peilen op Riet. Literatuurstudie naar de sturende processen en factoren voor de achteruitgang en herstel van jonge verlandingsvegetaties van Riet (*Phragmites australis*) in laagveenmoerassen en rivierkleigebieden. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 828.1.

Berger J, Schagerl M (2004). Allelopathic activity of Characeae. *Biologia* (Bratislava). 59(1):9-15.

Bij de Vaate A.B. (1991). Verkenning effecten van peilstijging op de natuur in het IJsselmeer.

Bij de Vaate, A. & E.A. Jansen (2011). De dichtheid van driehoeks- en quaggamosselelen in het Markermeer: resultaten van de kartering uitgevoerd in 2011. Waterfauna hydrobiologisch adviesbureau, Lelystad.

Bij de Vaate, A. & E.A. Jansen (2012) Driehoeks- en quaggamosselelen in Marker- en IJsselmeer: resultaten van onderzoek uitgevoerd in de periode maart 2009 t/m juni 2012 Waterfauna Hydrobiologisch Adviesbureau, rapport 2012/02, Lelystad.

Bouma S., J.H. Bergsma, P.B. Broeckx & W. Lengkeek (2014). Tweekleppigen in de Randmeren. Bemonstering 2013. Bureau Waardenburg bv, rapport nr. 13-236, Culemborg.

Bree, B. van, B.A.J van Meeuwissen, A.P Dol (2008). Integrale Verkenning Houtribdijk Integrale Verkenning naar oplossingsrichtingen voor het herstel van de waterkerende veiligheid van de Houtribdijk.

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>.

Buijse A.D., Beld van den T, Brevé N., Wanningen H. (2009). Migratiemogelijkheden voor aal door Nederland. Deltares-project 1002104-000.

Buskens R.F.M., Den Held S.L. (2012). Update initiële bureaustudie ecologie. In opdracht van Rijkswaterstaat. 9V6742.A2/R0168/902076/BW/DenB.

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

CBS, PBL, Wageningen UR (2012). Begrenzing Ecologische Hoofdstructuur op het land, 2011 www.compendiumvoordeleefomgeving.nl. CBS, Den Haag; Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag/Bilthoven en Wageningen UR, Wageningen.

Claassen, T.H.L. (2008) Peilbeheer van de Friese boezem in relatie tot ecosysteem- en waterkwaliteit in historisch perspectief. Wetterskip Fryslân, Leeuwarden.

Coenen J., Antheunisse M, Beekman J, Beers M (2013). Handreiking vispassages in Dam, E. van, R. Noordhuis & S. Wiersma, (1996). Macrofauna. In C.P.M. Breukers, A.A. Storm, E.M. van Dam en M.C.M van Oirschot: Watersysteemrapportage Volkerak-Zoommeer 1987-1994. Rapportage RIZA, Lelystad.

De Graaf M, Bierman SM (2012). Report on the eel stock and eel fishery in the Netherlands in 2011. Imares-rapport C144/12.

De Graaf M, I.J. de Boois, A.B. Griffioen, H.M.J. van Overzee, N.S.H. Tien, I. Tulp & P. de Vries (2013). Toestand vis en visserij in de Zoete Rijkswateren: 2013 Deel I: Trends van de visbestanden, vangsten en ecologische kwaliteit ratio's. Rapport C011/15.

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

De Laak, G.A.J. & W.A.M. van Emmerik, 2006. Kennisdocument snoek, *Esox lucius* (Linnaeus, 1758). Kennisdocument 13. Sportvisserij Nederland, Bilthoven.

De Leeuw J.J., J.J.G.M Backx (2001). Naar een herstel van estuariene gradiënten in Nederland. Een literatuurstudie naar de algemene ecologische principes van estuariene gradiënten, ten behoeve van herstel maatregelen langs de Nederlandse kust.

De Leeuw, J.J., W. Dekker, C. Deerenberg, van R. van Hal, H. Jansen (2006). Veranderingen in de visstand van het IJsselmeer en Markermeer: trends en oorzaken. Rapport nummer: Wageningen Imares C022/06.

De Leeuw JJ (1997). Demanding divers. Ecological energetics of food exploitation by diving ducks. Proefschrift RU Groningen, Rijkswaterstaat Dir. IJsselmeergebied, Van Zee tot Land 61, Lelystad.

De Leeuw, J.J. & M.R. van Eerden (1995). Duikeenden in het IJsselmeergebied. Herkomst, populatie-structuur, biometrie, rui, conditie en voedselkeuze. Flevobericht 373. Rijkswaterstaat Directie IJsselmeergebied, Lelystad.

De Leeuw JJ (2007). Zomersterfte spiering in het IJsselmeer en Markermeer. Wageningen Imares rapport C086/07 in opdracht van Rijkswaterstaat – IJsselmeergebied.

De Leeuw JJ (2007). Aanbevelingen Richtlijnen Duurzame Visserij op spiering in IJsselmeer/Markermeer. Wageningen Imares Rapport nummer C008/07.

De Molenaar J.G (2005). Ecologische relaties tussen het IJmeer en zijn omgeving. Een verkenning van de mogelijkheden en perspectieven voor compensatie van aantasting van het IJmeer. Alterra, Wageningen.

De Lucas Pardo M.A. (2014) Effect of biota on fine sediment transport processes. A study of Lake Markermeer. Proefschrift TU Delft.

De Lucas Pardo M.A., D. Sarpe & J.C. Winterwerp (2015) Effect of algae in the flocculation of suspended bed-sediments in a large shallow lake. Consequences for ecology and sediment transport processes. *Ocean Dynamics*, DOI 10.1007/s10236-015-0841-y.

De Vries, I.K. (2001). Vooroeverproject Houtribdijk. Inventarisatie juli 2000. RDIJ rapport 2001-11, Rijkswaterstaat Directie IJsselmeergebied, Lelystad.

Droog M (2011). Ecologische Verbinding Markermeer voor de meervleermuis (*Myotis dasycneme*). Notitie van Royal Haskoning.

Europese Unie (2000). richtlijn 2000/60/EG van het Europees parlement en de raad van 23 oktober 2000 tot vaststelling van een kader voor communautaire maatregelen betreffende het waterbeleid.

Evers, C.H.M. , R.F.M. Buskens & F.C.J. van Herpen (2011). Resultaten monitoring bestaande structuren NMIJ. Royal Haskoning, 's-Hertogenbosch.

Goderie, P. (2010). Bureaustudie modellering Grootschalig moerasgebied. Deltares, Utrecht.

Gough, P., P. Philipsen, P.P. Schollema & H. Wanningen (2012). From sea to source; International guidance for the restoration of fish migration highways.

Griffioen A.B., O.A. van Keeken, D. Burggraaf & H.V. Winter (2013). Nulmeting visbeheer Houtribdijk spui: DIDSON metingen. Imares rapport Rapport C161/12.

Groot S. de, Noordhuis R., Los H. (2011). Wetenschappelijk tussentijds advies 2011 ANT-IJsselmeergebied. Vijf jaar studie naar kansen voor het ecosysteem van het IJsselmeer, Markermeer en IJmeer met het oog op de Natura-2000 doelen. Conceptrapport 1204155-000-ZWS-0003-vj51.

Groot, A., G. Lenselink, B. de Vlieger (2010). Towards principles for effective ecodynamic design projects in the Markermeer/IJsselmeer region (MIJ 4.2&4.3). Inventory database (Deliverable 1.1.).

Groot, S., H. Los & R. Noordhuis (2010). Wetenschappelijk tussentijds advies 2010 ANT-IJsselmeergebied. Vijf jaar studie naar kansen voor het ecosysteem van het IJsselmeer, Markermeer en IJmeer met het oog op de Natura-2000 doelen. Deltares.

Haarman, F., R. Noordhuis en R. Buskens (2012). Kostenraming maatregelen ANT vogelsoorten Markermeer-IJmeer. Royal Haskoning/Deltares.

Haarsma, A.J. (2008). Meervleermuizen rond de IJssel en Neder-Rijn. VZZ-Rapport 2008.41. Zoogdierverseniging VZZ, Arnhem.

Haarsma, A.-J. (2008). Monitoringprogramma voor de meervleermuis in zomer- en winterverblijven. Rapport nr. 2008.53. Rapport in opdracht van de Zoogdierenvereniging VZZ.

Haarsma, A.-J. en Tuitert, D.A.H., 2009, An overview of methodologies for locating the summer roosts of pond bats (*Myotis dasycneme*) in the Netherlands. *Lutra*, volume 52, issue 1, pages 47-64.

Haasnoot, M., J. Kranenbarg, R. van Buren (2005). Seizoensgebonden peilen in het IJsselmeergebied. Rapport Deltares.

Haasnoot M, Harezlak V, Maarse M, Meijer K, Dionisio Pires M, Van Buren R. (2009). Naar een Toekomstbestendig Ecologisch Systeem in het Markermeer en IJmeer. Kwantificering van het effect van de voorgestelde maatregelen met HABITAT. Deltares, rapport 1002512-000/1201581-007.

Harezlak V, Maarse M, Noordhuis R (2012) Effecten van de aanleg van luwtestructuren en moerasgebied op Natura2000 doelen in het Markermeer. Deltares-rapport 1206542-000.

Hogenkamp M, Heukelum M, Bruine W, Besselink D (2013). Files onder water. Evaluatie van 55 vispassages. *Engerie & Water* nr 1 pp 31-33.

Hoog van 't A & Leeuw de J.J. (2008) Het komkommervisje. Onopvallende spil in het IJsselmeer dreigt te verdwijnen. *Visionair* 10: 36-39.

Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (2014). Vismigratieknelpunten. Stand van zaken en prognose. Geraadpleegd februari 2014.

Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (2014b). Dijkversterkingen. www.hhnk.nl/dijkversterkingen. Geraadpleegd april 2014.

Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier [2009]. Waterbeheersplan 2010-2015 'Van veilige dijken tot schoon water'.

Hop J., Kampen J. (2009a). Visonderzoek migratieknelpunten. Fase I: Najaarsonderzoek. AquaTerra – KuiperBurger BV in opdracht van waterschap Zuiderzeeland.

Hop J., Kampen J. (2009b). Visonderzoek migratieknelpunten. Fase II: Voorjaarsonderzoek. AquaTerra – KuiperBurger BV in opdracht van waterschap Zuiderzeeland.

Hop J., Kampen J. (2009c). Samenvattend rapport visonderzoek migratieknelpunten. AquaTerra – KuiperBurger BV in opdracht van waterschap Zuiderzeeland.

Hulsegge W, Vendrig K, Oostinga K (2004). Jaarrapportage Zuidelijke Randmeren 2000-2003 Waterkwaliteit van het Nijkerkernauw, Eem- en Gooimeer in de jaren 2000-2003. BEZEM deelrapport 10. RDIJ-rapport 2004-1. ISBN 90-369-1326-8.

Iedema W, Platteeuw M, Rijsdorp A (1996). Natuur in het natte hart. Een verkenning van de kansen voor natuurontwikkeling in het IJsselmeergebied. Rijkswaterstaat – IJsselmeergebied en RIZA.

Imares (2010). Vismonitoring IJsselmeer. www.imares.wur.nl/NL/onderzoek/ecologie/expertise/vis/vismonitoring/. Geraadpleegd maart 2010.

Imares (2013). Spectaculaire opkomst zwartbekgrondel in het Markermeer. <http://www.wageningenur.nl/nl/show/Spectaculaire-opkomst-zwartbekgrondel-in-het-Markermeer.htm> Geraadpleegd 25-04-2014.

Jans, L., S. Stuijzand, E. Lammens, M. Platteeuw (2005). Eindrapport Monitoring ROM IJmeer - Analyse van de ontwikkelingen in de periode 1995-2003.

Jansen, S.A.W., Hoog de J.C.J. (1998). Evaluatie vispassage Oranjesluizen te Schellingwoude. Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, Nieuwegein. OVB-onderzoeksrapport OND00032. In opdracht van Rijkswaterstaat directie Noord-Holland.

Kemper, J.H. (2007). Onderzoek naar vismigratie door de Noordersluis en de vispassage te IJmuiden. Projectnr. VA2007_17 opgesteld in opdracht van RWS dir Noord Holland; Visadvies, Utrecht.

Klein Breteler, J.G.P. (2005). Kennisdocument Europese aal of paling, *Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758). Kennisdocument 11, OVB/Sportvisserij Nederland.

Klijn, F., G. van Meurs, M. Haasnoot, E. Vastenburg, J. van den Akker, H. Sas, G. Zwolsman, R. Vis & S. van Eekelen (2006). Herinrichting van het IJsselmeergebied. fase I: Haalbaarheidsstudie. Probleemanalyse en oplossingsrichtingen vanuit geo_ecologisch perspectief. WL, Delft.

Kolen, M., J.E Maasland, J.H Bouwman (2007). Verslagen workshops ecologie IJmeer-Markermeer. Grontmij.

Kollen, J. & H. Jaspers (2012). Ecologie en veiligheid Markermeer: '2 halen 1 betalen'; De randen van het Markermeer gefaseerd ecologiseren door mee te liften met de dijkversterkingen. 12 juli 2012, revisie 3.

Kottelat M, Freyhof J (2007). Handbook of European freshwater fishes. Kottelat, Cornol and Freyhof, Berlin, xiv + 646 pp.

Kroes MJ, Monden S (2005). Vismigratie. Een handboek voor herstel in Vlaanderen en Nederland. Uitgave van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap ANIMAL, afdeling water.

Kroes M.J., Brevé N., Vriese F.T., Wanningen H., Buijse A.D. (2008a). Nederland leeft met ...vismigratie. Naar een gestroomlijnde aanpak van de vismigratieproblematiek in Nederland. VisAdvies BV, Utrecht.

Kroes M.J., Caldenhoven R., Veerman F.M., Beentjes R., Groen W., Zierfuss S., Mulder T. (2008b). Vismigratie vice versa. Strategisch plan voor het oplossen van vismigratieknelpunten in het beheersgebied van Hollands Noorderkwartier. VisAdvies in opdracht van hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier.

Kroon, J.W. & A.N. van Wijk (2012a). Monitoring vismigratieknelpunten 2011; Werkgebied Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier, VSN2011.01. Visserij Service Nederland in opdracht van Stichting Waterproef.

Kroon, J.W. & A.N. van Wijk (2012b). Monitoring vismigratieknelpunten 2012; Werkgebied Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier, VSN2012.02. Visserij Service Nederland in opdracht van Stichting Waterproef.

Kroon, J.W. & A.N. van Wijk (2014). Monitoring vismigratieknelpunten 2013; Werkgebied Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier, VSN2013.07. Visserij Service Nederland in opdracht van Stichting Waterproef.

Kruitwagen G & M. Klinge (2008). Visstandonderzoek op de Middelgronden. Witteveen + Bos rapport RW1610-1. in opdracht van Rijkswaterstaat IJsselmeergebied.

Kuijpers, D.P.J., Schut, J., Dulleman van, J., Toorman, H., Goossens, N., Ouweland, J. en Limpens, J.G.A., (2008), Experimental evidence of light disturbance along the commuting routes of pond bats (*Myotis dasycneme*). *Lutra*, volume 51, issue 1, pages 37-49.

Lamers, L., E. Lucassen, F. Smolders & J. Roelofs (2005) Fosfaat als adder onder het gras bij 'nieuwe natte natuur' *H2O* 38(17): 28-30.

Lammens, E.H.R.R. & Hosper, S.H., (1998.). Het voedselweb van IJsselmeer en Markermeer. Trends, gradiënten en stuurbaarheid. RIZA rapport 98.003.

Lammens, E. (1999). Het voedselweb van IJsselmeer en Markermeer. Veldgegevens, hypothesen, modellen en scenario's. Rapport RIZA 99.008, Lelystad.

Lammertsma DR, Niewold FJJ, Jansman HAH, Koelewijn HP, Kuiters AT (2008). Kansen voor de otter in de regio Nieuwkoopse Plassen - Reeuwijkse Plassen - Krimpenerwaard: een haalbaarheidstudie. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1822.

Landschapsbeheer Zuid-Holland (2008) Visie op de aanleg van natuurvriendelijke oevers in de Reeuwijkse Plassen mede in relatie tot de gebruiksfuncties. i.o.v. Hoogheemraadschap van Rijnland, Stichting Bemiddeling Natuurherstel Reeuwijkse Plassen en de Gemeente Reeuwijk.

Lenselink, G. & U. Menke (1995). Geologische en bodemkundige atlas van het Markermeer. Rijkswaterstaat Directie IJsselmeergebied, Lelystad.

Liefveld W, Collombon M, Bouma S, Lengkeek W, Bak A, Reeze B. (2008). Effectiviteit herstel- en inrichtingsmaatregelen voor KRW en Natura 2000. Wat ecologische monitoring ons heeft geleerd. Rijkswaterstaat – Waterdienst rapport 2008.040.

Maarse, M. V. Harezlak & E. Kater (2011). Ecologisch optimaal peilbeheer in het IJsselmeergebied en beschikbaar instrumentarium. Rapport Deltares.

Meijer, K. J. Delsman, R. van Duinen, W. Gotjé, G. van der Kolff, N. Kramer, A. de Wit (2009). Effecten van peilveranderingen in het IJsselmeer en Markermeer-IJmeer – Quick scan seizoensgebonden peil.

Ministerie van Economische Zaken (2014). Polder Zeevang. www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/gebiedendatabase. Geraadpleegd 25-04-2014.

Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2015). Beantwoording vragen van het lid Visser (VVD) over het bericht dat er plannen zijn om een vismigratierivier ter waarde van meer dan 80 miljoen te maken in de Afsluitdijk. RWS-2014/55861.

Ministerie van Landbouw Natuur en Visserij (2006). Natura 2000 doelendocument.

Ministerie van Landbouw Natuur en Visserij (2008) Natura 2000 profielen habitatoorten. Voorlopige versie.

Ministerie van Landbouw Natuur en Visserij (2009). Aanwijzingsbesluit Natura 2000-gebied Markermeer & IJmeer.

Ministerie van Landbouw Natuur en Visserij (2009). Besluit Natura 2000-gebied Markermeer & IJmeer. Programmadirectie Natura 2000 PDN/2009-073.

Ministerie van Landbouw Natuur en Visserij (2010). Soortendatabase. www.minInv.nederlandsesoorten.nl. geraadpleegd mei 2010.

Ministerie van Verkeer en Waterstaat (2009). Brondocument Markermeer Beheer- en Ontwikkelplan voor de Rijkswateren 2010-2015.

Mulderij G, Van Donk E, Roelofs JGM (2003). Differential sensitivity of green algae to allelopathic substances from Chara. *Hydrobiologia* 491(1-3): 261-271.

Nijhof, B.S.J. & R.C. van Apeldoorn (2002). De Noordse woelmuis in Noord-Holland Midden; Heden en toekomst. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-Rapport 576. 50 blz. 3 fig.; 13 tab.; 46 ref.

Nõges T, Luup H, Feldmann T (2010). Primary production of aquatic macrophytes and their epiphytes in two shallow lakes (Peipsi and Võrtsjärv) in Estonia. *Aquatic Ecology* 44: 83-92.

Noordhuis R (2001). Macrofauna in het IJsselmeergebied. *Levende Natuur* 102 (5): 231-236.

Noordhuis R, Houwing E (2003). Afname van de Driehoeksmossel in het Markermeer. RIZA rapport 2003.016. ISBN 9036954959.

Noordhuis R & Van Schie (2007). Vooroevers Houtribdijk: toestand ecologie en waterkwaliteit 2006 Inventarisatie van waterplanten, watervogels, driehoeksmosselen, fysische en chemische parameters. RWS RIZA rapport 2007.006.

Noordhuis RA, Van Kleunen, J. van Bruggen (2009). Peilverhoging en broedvogels in het IJsselmeer. RIZA, Lelystad.

Noordhuis R (2009). Tweekleppigen in IJsselmeer en Markermeer, 2006-2008. Rijkswaterstaat Directie IJsselmeergebied.

Noordhuis R (2010). Ecosysteem IJsselmeergebied: nog altijd onderweg. Trends en ontwikkelingen in water en natuur van het Natte Hart van Nederland. Rijkswaterstaat – Waterdienst.

Noordhuis R. (2011). Kaarten mogelijkheden zandwinning IJsselmeer en Markermeer. Memo aan Rijkswaterstaat. Deltares kenmerk 1204945-000-ZWS-0004-vj.

Noordhuis R, Groot S, Dionisio Pires M, Maarse M (2014). Wetenschappelijk eindadvies ANT-IJsselmeergebied. Vijf jaar studie naar kansen voor het ecosysteem van het IJsselmeer, Markermeer en IJmeer met het oog op de Natura-2000 doelen. Deltares 1207767-000.

Noordhuis R., B.G. van Zuidam, E.T.H.M. Peeters & G.J. van Geest in press. Further improvements in water quality of the Dutch Borderlakes: two types of clear states at different nutrient levels. *Aquatic Ecology*.

Noordhuis, R., M. Genseberger & C. Thiange (2014). Luwtemaatregelen Hoornsche Hop. Bijdrage Deltares aan MIRT verkenning Hoornsche Hop. Waterbeweging, slib en ecologie. Deltares, Delft.

Noorduyn L. & N. van der Windt (2006) Van impasse naar inpassen; Inpassen van de recreatielandjes langs het Veluwemeer. Wageningen Universiteit en Researchcentrum, Wetenschapswinkel Wageningen UR, Rapport 226.

Oostinga K.D., B.J. de Witte, E.D. Macauley (2000). Ecologie aalscholvers IJsselmeer en Markermeer. Basisrapport visgegevens 1998-1999. Rijkswaterstaat directie IJsselmeergebied rapport 2000-9, Lelystad.

OVB (1999). Evaluatie vispassage Oranjesluizen te Schellingwoude.

Peters, J.S., 2009. Kennisdocument donderpad; het geslacht Cottus. Kennisdocument 9 (herziene versie). Sportvisserij Nederland, Bilthoven.

Petr, T. (2000). Interactions between fish and aquatic macrophytes in inland waters. A review. FAO Fisheries Technical Paper. No. 396. Rome, FAO. 185p.

Piersma, T., P. Wiersma & M.R. van Eerden (1997). Seasonal changes in the diet of Great Crested Grebes *Podiceps cristatus* indicate the constraints on prey choice by solitarily pursuit-diving fish-eaters. In: M.R. van Eerden (ed.) Patchwork. Patch use, habitat exploitation and carrying capacity for water birds in Dutch freshwater wetlands. Van Zee tot Land 65: 351-376. Rijkswaterstaat Directie IJsselmeergebied, Lelystad.

Provincie Flevoland (2013). Beheerplan Lepelaarplasseengebied. In het kader van Natura 2000.

Provincie Flevoland (2014). <http://ehs.flevoland.nl/> Geraadpleegd 25-04-2014.

Provincie Noord-Brabant (2014). Natura 2000. Beheerplan Markiezaat.

Provincie Noord-Holland (2014). <http://maps.noord-holland.nl/natuurbeheerplan/> Geraadpleegd 25-04-2014.

Prudon B, Creemers RCM (2004). Veilig naar de overkant. Een kritische kijk op constructie en onderhoud van amfibieëntunnels. Stichting Ravon, rapport 2004-4.

Puijenbroek, P.J.T.M. van, F.G. Wortelboer & W. Ligtoet (2012). Natuureffecten van peilvarianten in het IJsselmeergebied Analyse van de natuurpunten in de kosten effectiviteitanalyse van het Deltaprogramma IJsselmeergebied. Rapport PBL, Bilthoven.

Ravon (2010). www.ravon.nl/Soorten/Reptielen/Ringslang/tabid/144/Default.aspx.

Remmelszwaal, A., H. der Nederlanden, R. Noordhuis, R. Doef, M. van Eerden & F. van Luijn (2007). Een Ecologisch perspectief voor het IJsselmeergebied. RIZA 2007.008, Lelystad.

Rijkswaterstaat (1990) Samenvatting onderzoek diepe putten IJsselmeer en Randmeren.

Rijkswaterstaat (1998) DWW wijzer 83. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde.

Rijkswaterstaat - Dienst IJsselmeergebied (2009). Natuurlijk(er) Markermeer-IJmeer: Programma NMIJ 2009 – 2015. Versie 3.0.

Rijkswaterstaat – Dienst Verkeer en Scheepvaart (2009). Overzicht van de bedieningstijden van bruggen en sluisen in Nederland, vanaf 24-11-2009.

Rijkswaterstaat – Waterdienst (2009). Brondocument Waterlichaam Markermeer. Doelen en maatregelen rijkswateren Ministerie van VenW, Rijkswaterstaat, 2009.

Rijkswaterstaat (2010). Waterbase. www.waterbase.nl.

Rijkswaterstaat (2014). Honderdduizenden visjes door sluisen van de Afsluitdijk. Persbericht Rijkswaterstaat 20-05-2014.

Rijkswaterstaat Zeeland (2010). Proef Natuurlijk Sluisbeheer. De resultaten, conclusies en aanbevelingen.

Rijnsdorp AA, Bruggenkamp JWC, Oosterbaan J, Platteeuw (1997). Project Enkhuizerzand. Natuurontwikkeling in de openheid. Een integrale ontwerpstudie naar de versterking van de natuur in het hart van het Natte Hart. RIZA nota nr. 97.045.

Royal HaskoningDHV (2013). Passende beoordeling. Structuurvisie Windenergie op Land. Dossier BA8257. In opdracht van Ministerie van Infrastructuur en Ruimte.

Royal HaskoningDHV (2014). MER zeetoeegang IJmond. Deelrapport Water. Dossier BB3986. In opdracht van Rijkswaterstaat West-Nederland Noord.

Ruysenaars, B., J. Balkema (2009). Atlas Markermeer-IJmeer, Naar een toekomstbestendig ecologisch systeem.

Scheffer, R. (1992). De invloed van watertemperatuur van de Driehoeksmosselen. Dreissena polymorpha. Werkdocument nr 92.013X.

Scheffer, M. (1998). Ecology of Shallow Lakes. 357 pp. ISBN-0-412-74920-3.

Schep, S, N. von Meijenfeldt, W. Rip (2012). Flexibel peil, van denken naar doen. Flexibel peilbeheer als maatregel ter verbetering van de waterkwaliteit en bevordering van de oevervegetatie en verlandig. Stowa-rapport 2012-41.

Smit, H., (1995). Macrozoobenthos in the enclosed Rhine-Meuse delta. Proefschrift Katholieke Universiteit Nijmegen.

Smits JB, Postema J, Hootsen H (2005). Monitoring van waterplanten en perifyton in het IJsselmeergebied 2004. Markermeer. IJG-rapport 2005-7, ISBN 9036913381.

Smolders AJP, LPM Lamers, E Lucassen, G Van der Velde, JGM Roelofs (2006). Internal eutrophication: how it works and what to do about it—a review. Chemistry and Ecology 22 (2), 93-111.

Sportvisserij Nederland (2006). Soortprofiel baars. www.sportvisserij nederland.nl.

Sportvisserij Nederland (2006). Soortprofiel spiering. www.sportvisserij nederland.nl.

STOWA (2010) Een heldere kijk op diepe plassen. Kennisdocument diepe meren en plassen: ecologische systeem analyse, diagnose en maatregelen. Rapport 2010-38.

STOWA (2014). Limnodata Neerlandica. www.limnodata.nl.

Stuart, B. (red.) (2008). Markermeer IJmeer: LelyNatuur en Waterpark. SAMM inzending Groene Noordvleugelpartijen.

Tjeertes M. (2007). Monitoring van waterplanten en perifyton in het IJsselmeergebied 2006. RDIJ-rapport 2006-8. ISBN: 9036913713.

Tosserams, M., J.Th. Vulink & H. Coops (1999). Tussen water en land. Perspectief voor oeverplanten in het Volkerak-Zoommeer. RIZA-rapport 99.031, Lelystad.

Tulp I., M. Keller, J. Navez, H.V. Winter, M. de Graaf & W. Baeyens (2013). Connectivity between migrating and landlocked populations of a diadromous fish species investigated using otolith microchemistry. PlosOne 8: 7.

Turlings LG, De Jong, BJ, Prinsen HAM, Verbeek, RG, Jonkvorst RJ, Anema LSA, Van der Winden J (2009). Nadere Effectenanalyse Bestaand Gebruik IJsselmeergebied. In opdracht van: Rijkswaterstaat & Ministerie van LNV. Witteveen+Bos en Bureau Waardenburg.

Van den Berg M.S., H. Coops, J. Simons & A. de Keizer (1998). Competition between *Chara aspera* and *Potamogeton pectinatus* as a function of temperature and light. Aquatic Botany 60: 241-250.

Van den Berg M.S., H. Coops, J. Simons & J. Pilon (2002). A comparative study of the use of inorganic carbon resources by *Chara aspera* and *Potamogeton pectinatus*. Aquatic Botany 72: 219-233.

Van der Hut RMG, Foppen R, Beemster N, Roodbergen M, Deuzeman S (2008). Ruimte voor rier en moerasvogels in de Noordelijke Randmeren. Sturende factoren en beheermaatregelen voor kwalificerende moerasvogels. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek BV & SOVON. In opdracht van Vogelbescherming Nederland.

Van der Kamp, J. (1994). Voedsel van ruiende duikeenden op het Markermeer. De bodemfauna van een internationaal belangrijk ruigebied. Rapport RWS Dir. IJsselmeergebied, Lelystad.

Van der Lee MK, Traag WA, Hoek - van Nieuwenhuizen M, Kotterman MJJ, Hoogenboom LAP (2009). Verontreiniging rode aal Nederlandse binnenwateren monitoring voor sportvisserij 2004 – 2008. RIKILT rapport 2009.011.

Van der Molen D, Pot R [red] (2007). Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de kaderrichtlijn water. STOWA rapportnummer 2007-32. RWS-WD rapportnummer 2007.018. ISBN 978.90.5773.383.3.

Van der Wijngaart (2008). Ecologische processen in ondiepe meren en het effect van beheersmaatregelen, STOWA-rapport 2008-W-03.

Van Eerden, M.R., S .H.M. van Rijn & M . Roos (2005). Ecologie en Ruimte. gebruik door vogels en mensen in de SBZ's IJmeer, Markermeer en IJsselmeer. RIZA rapport 2005.014, Lelystad.

Van Eerden, M.R., R. Doef, F. van Luijn, R. Noordhuis, R. Roosjen (2007). Grootschalig moerasgebied IJsselmeergebied. RWS waterdienst, Lelystad. [motivatie voor ontwikkeling grootschalig moerasgebied].

- Van Eerden M, Bos H, Van Huls L [red] (2007). In the mirror of a lake. Peipsi and IJsselmeer for mutual reference. ISBN 9789036914710.
- Van Eerden M, Doef R, Van Luijn F, Noordhuis R, Roosjen R (2008). Grootschalig moerasgebied IJsselmeergebied, een blauwgroene schaalsprong. RWS-waterdienst.
- Van Eerden, M.R. (1997). Patchwork. Patch use, habitat exploitation and carrying capacity for water birds in Dutch freshwater wetlands. Van Zee tot Land 65: 351-376. Rijkswaterstaat Directie IJsselmeergebied, Lelystad.
- Van Eerden M.R. & A. bij de Vaate (1984). Natuurwaarden van het IJsselmeergebied. Flevovericht nr. 242. Rijksdienst IJsselmeerpolders, Lelystad.
- Van Eerden, M.R. van, W. Dubbeldam & J. Muller (1999). Sterfte van watervogels door visserij met staande netten in het IJsselmeer en Markermeer. RIZA-rapport 99.060. Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling, Lelystad.
- Van Emmerik W.A.M., De Nie H.W. (2006). De zoetwatervissen van Nederland. Ecologisch bekeken. Vereniging Sportvisserij Nederland, Bilthoven.
- Van Emmerik W.A.M. (2014). Factsheet quaggamossel (*Dreissena rostriformis bugensis* Andrusov, 1897). Sportvisserij Nederland, Bilthoven.
- Van Geest G., R. Gylstra, F. van Herpen, B. van der Wal, T. van der Wijngaart (2009). Ecologische instrumenten. Overzicht voor het Nederlandse waterbeheer. STOWA-rapport 2009-22.
- Van Geest G, Noordhuis R (2014). Sturen op watervegetaties. Deltares rapport 1208460-000.
- Van Herpen, F.C.J. (2010). Ecologische verbindingen en habitatdiversiteit, initiële bureaustudie. Royal Haskoning i.o.v. Rijkswaterstaat Dienst IJsselmeergebied, Lelystad.
- Van Herpen, F.C.J., S. den Held & R. Noordhuis (2010). Habitatdiversiteit, initiële bureaustudie. Royal Haskoning i.o.v. Rijkswaterstaat Dienst IJsselmeergebied, Lelystad.
- Van Nes E (2005). Beschrijving doorzicht Markermeer. IJG-werkdocument 2006-16.
- Van Rijn, S.H.M. van, M. Platteeuw (2003). Extra Spui Afsluitdijk: Ecologische effecten op Afsluitdijk, IJsselmeer en omgeving.
- Van Rijn S (2005). Watervogels in IJsselmeer en Markermeer: seizoensverslag 2004/2005. Delta Project Management, Culemborg. RIZA Werkdocumentnr. 2005.163X.
- Van Rijn S, Kolen M, Roos M, Van Eerden MR (2004). Bergen van baggerspecie in Flevoput 12A. Gevolgen voor vogels? Studie in het kader van de Vogelrichtlijn RIZA Werkdocumentnr.: 2004.076X.

- Van Overzee, H.M.J. van, IJ. De Boois, O.a. van Keeken, B, van Os-Koomen, J. van Willigen (2009). Vismonitoring in het IJsselmeer en Markermeer in 2008. Wageningen Imares Rapport C029/09.
- Van Rijn S, Van Eerden MR, Roos M (2005). Ecologische effecten IJburg-II. Passende beoordeling als gevolg van de Europese Vogelrichtlijn. RIZA Werkdocumentnr.: 2005.131X.
- Van Rijn S., M. Bovenberg, K. Hasenaar, M. Roos & M.R. van Eerden (2012). Voedsel van overwinterende duikeenden in het IJsselmeergebied. Delta Milieu, Culemborg.
- Van Wirdum, G., 1984. Veen, venen en moerassen en Laagveenmoerassen. In: natuurbeheer in Nederland 1; Levensgemeenschappen. Wageningen, Pudoc.
- Van Zuidam B.G. & E.T.H.M. Peeters in press. Wave forces limit the establishment of submerged macrophytes in large shallow lakes. *Limnology and Oceanography*.
- Vermaat, J.E. (2002) Ecologische effecten van peilbeheer in meren en plassen: ontwikkeling van oever- en moerasvegetatie. In: H. Coops (red.) Ecologische effecten van peilbeheer: een kennisoverzicht. Ministerie van Verkeer en Waterstaat; Directoraat Generaal Rijkswaterstaat.
- Vijverberg, T., R. Knobens, P. Dankers & F. van Herpen (2011). Inventarisatie mogelijkheden Locatie en Omvang Verdiepingen - Stand per najaar 2011. Royal Haskoning, Nijmegen.
- Visser KP (2007). Golfbrekers in het Markermeer. Synergie voor Veiligheid en Ecologie. Afstudeeronderzoek in het kader van de opleiding Civiele Techniek aan de Hogeschool van Amsterdam.
- Vogelbescherming Nederland, 2008 Nederlandse wetlands Vogel- en natuurbescherming 2004-2007. Vogelbescherming Nederland, Zeist.
- Vries, I.K. de (2001). Vooroeverproject Houtribdijk – inventarisatie 2000. RDIJ rapport 2001-11, Lelystad.
- Vriese T, de Bruine W, Voortman H, Wijdenes T (2014). Voorkeursvariantennotitie visvriendelijk Sluisbeheer afsluitdijk en houtribdijk. Rapport 077298068:0.8 in opdracht van Rijkswaterstaat Midden Nederland.
- Vulink, J.T., M.R. van Eerden, M. Platteeuw & M. Roos, 2009. De Oostvaardersplassen, deel 1. Waterpeil en begrazing sturen het systeem. *Landschap* 26(3): 109-120.
- Wanningen H. & J. van Herk (2007). Van zee, naar IJsselmeergebied en verder... verbetering vismigratie in en rond het IJsselmeergebied. LINKit consult in opdracht van Rijkswaterstaat IJsselmeergebied.
- Waterschap Amstel, Gooi en Vecht (2009). Waterbeheerplan Amstel, Gooi en Vecht (AGV) 2010-2015 Europese Kaderrichtlijn Water (KRW).

Waterschap Amstel, Gooi en Vecht (2010). Aanpak vismigratie.

Waterschap Zuiderzeeland (2007) Visie op vis visiebeleid vanuit het perspectief van waterschap Zuiderzeeland.

Waterschap Zuiderzeeland (2009). Meerjarenbegroting 2010-2013.

Waterschap Zuiderzeeland (2010). Algemene vergadering 16 december 2010. Agendapunt 9, Bestemmingsreserve operationaliseren inlaatwerk Colijn.

Werkgroep voorbereiding VCB IJsselmeer en Markermeer (2007). Visstandbeheerplan IJsselmeer en Markermeer – concept. In opdracht van Ministerie van LNV.

Westendorp PJ, R. Loeb, M. Thannhauser, G. Roskam, F. Ebbens, A.J.P. Smolders, R. Bijkerk, C.A. Bultstra, M.J. van Herk (Koeman en Bijkerk). Tijdelijke droogval als waterkwaliteitsmaatregel. Resultaten vervolgmonitoring 2013. STOWA-rapport 2014-17.

Westendorp P.J., R. Loeb, G. Roskam, E.C.H.E.T. Lucassen, M. Thannhauser, F. Ebbens, H. Hut, A.J.P. Smolders (2012). Tijdelijke droogval als waterkwaliteitsmaatregel. STOWA-rapport 2012-38.

Wiersma A, Verheij H (2012). Oevermorfologie van het IJsselmeer. Deltaresrapport 1204495-003.

Willems, D. A. Tabak, P. Jesse, A.S. Kers & K.W. van Dort (2007). Ecotopenkartering IJsselmeergebied 2004 – biologische monitoring zoete rijkswateren. Rapport Rijkswaterstaat.

Winter HV, A.B. Griffioen, K.E. van de Wolfshaar (2013). Inventarisatie van de belangrijkste knelpunten voor de uittrek van schieraal in Nederland. Imares-rapport C107/13.

Witteveen & Bos (2010). vismigratie spuisluisen IJsselmeer. Onderzoek 2007-2009.

Witteveen + Bos, VisAdvies, Manshanden, AquaTerra-KuiperBurger (2009). Metingen vismigratie via de spuicomplexen in de Afsluitdijk. Rapport RW1696-1. In opdracht van Rijkswaterstaat Waterdienst en Rijkswaterstaat IJsselmeergebied.

Witteveen+Bos (2012). Luwtestructuren, de essentie van TBES; Naar een stapsgewijze realisatie van doelen. Eindconcept 12 juli 2012, LLS594-1/posm/007 in opdracht van Provincie Flevoland.

Wolfshaar KE, Haasnoot M (2010). HABITAT dosis-effect relaties voor de Driehoeksmossel - Dreissena polymorpha. public.deltares.nl/display/HBTDB/Driehoeksmossel+-+Dreissena+polymorpha.

www.vismigratie.nl (geraadpleegd maart 2010).

Zoetemeyer R.B. & B.J. Lucas (2001). Basisboek Visstandbeheer. Uitgave Sportvisserij Nederland. ISBN: 978-90-810295-37.

Zoogdiervereniging (1998). Noordse woelmuis. www.zoogdiervereniging.nl/node/261.

Zoogdiervereniging (2010). Gezocht: Flevolandse Bevers. www.vzz.nl/node/863. geraadpleegd mei 2010.

Zwart, IJ. & werkgroep ecologie en waterkwaliteit (2008). Achtergronddocument Ecologie en waterkwaliteit – bouwsteen voor Toekomstagenda Markermeer en IJmeer. [beschrijving van de bouwstenen voor het gewenste ecologisch systeem als input voor het ontwikkelingsperspectief].