

Kansen voor schelpdiercultuur in Grevelingen en Volkerak- Zoommeer bij ander waterbeheer

A.C. Smaal & J. W.M. Wijsman

Rapport C045/14



IMARES Wageningen UR

(IMARES - Institute for Marine Resources & Ecosystem Studies)

Opdrachtgever:

Ministerie van Economische Zaken
T.a.v. W.L.M. Schermer Voest
Postbus 20401
2500 EK Den Haag

BO-20-010-054-IMARES

Publicatiedatum:

20 maart 2014

IMARES is:

- een onafhankelijk, objectief en gezaghebbend instituut dat kennis levert die noodzakelijk is voor integrale duurzame bescherming, exploitatie en ruimtelijk gebruik van de zee en kustzones;
- een instituut dat de benodigde kennis levert voor een geïntegreerde duurzame bescherming, exploitatie en ruimtelijk gebruik van zee en kustzones;
- een belangrijke, proactieve speler in nationale en internationale mariene onderzoeksnetwerken (zoals ICES en EFARO).

P.O. Box 68 1970 AB IJmuiden Phone: +31 (0)317 48 09 00 Fax: +31 (0)317 48 73 26 E-Mail: imares@wur.nl www.imares.wur.nl	P.O. Box 77 4400 AB Yerseke Phone: +31 (0)317 48 09 00 Fax: +31 (0)317 48 73 59 E-Mail: imares@wur.nl www.imares.wur.nl	P.O. Box 57 1780 AB Den Helder Phone: +31 (0)317 48 09 00 Fax: +31 (0)223 63 06 87 E-Mail: imares@wur.nl www.imares.wur.nl	P.O. Box 167 1790 AD Den Burg Texel Phone: +31 (0)317 48 09 00 Fax: +31 (0)317 48 73 62 E-Mail: imares@wur.nl www.imares.wur.nl
---	--	---	--

© 2013 IMARES Wageningen UR

IMARES, onderdeel van Stichting DLO.
KvK nr. 09098104,
IMARES BTW nr. NL 8113.83.696.B16.
Code BIC/SWIFT address: RABONL2U
IBAN code: NL 73 RABO 0373599285

De Directie van IMARES is niet aansprakelijk voor gevolgschade, noch voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van IMARES; opdrachtgever vrijwaart IMARES van aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

Dit rapport is vervaardigd op verzoek van de opdrachtgever hierboven aangegeven en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag weergegeven en/of gepubliceerd worden, gefotokopieerd of op enige andere manier gebruikt worden zonder schriftelijke toestemming van de opdrachtgever.

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	3
Samenvatting	4
1 Inleiding	5
1.1 Doelstelling	5
1.2 Achtergrond	5
1.3 Aanpak	5
2 Beschrijving van het gebied	6
Volkerak-Zoommeer	6
Grevelingenmeer	7
Alternatief Zout-Getij Grevelingen Volkerak Zoommeer	8
3 Effecten voor schelpdiercultuur	9
3.1 Schelpdierweek in het Grevelingenmeer	9
3.2 Gevolgen zout getij Grevelingen Volkerak – Zoommeer voor schelpdierweek	10
Grevelingenmeer	10
Volkerak-Zoommeer	11
3.3. Draagkracht voor schelpdierweek	12
4 Kansenskaart schelpdierweek	13
Inleiding	13
Aanpak	13
Kennisregels	13
Kansenskaart bodemcultuur schelpdieren	18
Kansenskaart hangcultuur/MZI schelpdieren	19
5 Conclusies	22
Schelpdierweek	22
Beantwoording kennisvragen	22
6 Kwaliteitsborging	25
Referenties	26
Verantwoording	28
BIJLAGE Partiële geschiktheden Grevelingenmeer en Volkerak-Zoommeer	29

Samenvatting

Dit rapport is samengesteld in opdracht van het Ministerie van EZ als antwoord op een helpdeskvraag naar de kansen die een ander waterbeheer van Grevelingen en Volkerak-Zoommeer (VZM) bieden voor schelpdiercultuur. De vraag is relevant omdat er wordt gewerkt aan een Rijksstructuurvisie Grevelingen-Volkerak Zoommeer (VZM). Doel is om de waterstaatkundige toekomst voor deze rijkswateren in de Zuidwestelijke Delta te bepalen, in aansluiting op de ambities van de regio.

De onderzoeksvraag van onderhavig project is als volgt geformuleerd:

Wat zijn nieuwe mogelijkheden op het gebied van de (schelpdier)visserijcultuur in de Grevelingen/Volkerak-Zoommeer en waar zijn deze activiteiten, gezien vanuit het huidige ruimtegebruik, te ontwikkelen ?

In de Rijksstructuurvisie wordt ingegaan op de mogelijkheden voor het herstel van getijwerking in het Grevelingenmeer en het Volkerak-Zoommeer. Het Volkerak-Zoommeer zal tevens verzilten. Wat betreft het Grevelingenmeer leidt getijdewerking tot verhoogde dynamiek en dat biedt perspectieven voor schelpdierkweek. Het is de verwachting dat de primaire productie in het gebied toeneemt door de toename van de beschikbaarheid aan nutriënten en de verbeterde doorspoeling. De draagkracht voor filter feeders van het gebied zal hierdoor eveneens toenemen. De ecologische draagkracht voor de gehele voorraad filter feeders - dus inclusief de niet-geëxploiteerde populaties -, wordt geschat op 96 mln kg. Indien hiervan 1/3 kan worden gebruikt voor commerciële productie, levert dit bij een 3-jarige kweekcyclus en een bestand van 32 mln kg een opbrengst op van ca 10 mln kg per jaar. Voor het Grevelingenmeer is daarom een potentiële productie berekend van 10 mln kg per jaar. Het Grevelingenmeer met getij heeft voldoende draagkracht om deze productie te kunnen bereiken. In totaal is er in het Grevelingenmeer met getij ruim 3000 ha geschikt voor bodemcultuur (dit correspondeert met een biomassa van 1 kg/m²) of ruim 1200 ha voor hangcultuur/MZI.

Een zout Volkerak-Zoommeer met enig getij biedt eveneens mogelijkheden voor kweek van schelpdieren. Hoewel de hoeveelheid voedsel (algen) hoog zal zijn, is de waterbeweging beperkt waardoor schelpdieren in hoge dichtheden elkaar sneller zullen beconcurreren om het beschikbare voedsel. Voor het Volkerak-Zoommeer is de ecologische draagkracht geschat op 58 mln kg; bij commerciële productie door 1/3 van dit bestand, zijnde ca 20 mln, is er een kweekpotentie geschat van 7 miljoen kg per jaar. Ook in dit gebied lijkt de draagkracht voldoende te zijn om deze productie te halen. Door de lage stroomsnelheden lijkt het Volkerak-Zoommeer eerder een geschikt gebied te worden voor hangcultuur of MZI's dan voor bodemcultuur. In een zout Volkerak-Zoommeer met beperkt getij is er ruim 2000 ha geschikt voor bodemcultuur van schelpdieren, met een biomassa van 1 kg/m², of ruim 1000 ha voor hangcultuur/MZI.

Ten opzichte van de huidige productie aan schelpdieren (met name oesters) in het Grevelingenmeer, die ca 0.3 mln kg per jaar bedraagt, betekent de berekende productie van 10 + 7 mln kg per jaar een forse uitbreiding van het potentieel.

1 Inleiding

Dit rapport is samengesteld in opdracht van het Ministerie van EZ als antwoord op een helpdeskvraag naar de kansen die een ander waterbeheer van Grevelingen en Volkerk-Zoommeer (VZM) bieden voor schelpdiercultuur. De vraag is relevant omdat er wordt gewerkt aan een Rijksstructuurvisie Grevelingen-Volkerak Zoommeer (VZM). Doel is om de waterstaatkundige toekomst voor deze rijkswateren in de Zuidwestelijke Delta te bepalen, in aansluiting op de ambities van de regio.

1.1 Doelstelling

De onderzoeksvraag van onderhavig project is als volgt geformuleerd:

Wat zijn nieuwe mogelijkheden op het gebied van de (schelpdier)visserijcultuur in de Grevelingen/Volkerak Zoommeer en waar zijn deze activiteiten gezien vanuit het huidige ruimtegebruik te ontwikkelen ?

Verder zijn de volgende deelvragen gesteld:

- 1. Is het document "het expert-judgement over de draagkracht Grevelingen voor Schelpdierkweek" (van Gils & van Duren 2010) nog valide? (aannamen, nieuwe inzichten, voldoende abstractieniveau t.b.v. plan-MER), bijv. mosselproductie 20 Mkg/jr in Oosterschelde*
- 2. Zijn de effecten voor de huidige visserij in Grevelingen, verwoord in de MKA-Verkenning Grevelingen (mei 2012, pag. 20/31, Witteveen & Bos) nog valide? (aannamen, alleen vaste vistuig of ook andere vormen, aalvisserij/verbod, wolhandkrab, nieuwe inzichten, markt/economische prijsindicatie e.d.)*
- 3. Zijn er nog andere vormen van (schelpdier)visserij in beeld bij Getij-Grevelingen en zout Volkerak-Zoommeer (bijv. kokkels, zaadinvang) en heeft dit enige economische betekenis?*
- 4. Zijn er vanuit EZ beleidsmatige overwegingen voor de sector die ook moeten meewegen in (on)mogelijkheden in Grevelingen, Krammer-Volkerak? (denk aan MZI-beleid, compensatiepercelen vanuit Oosterschelde)?*

1.2 Achtergrond

Voor het Grevelingenmeer is de draagkracht voor schelpdiercultuur geschat op basis van een extrapolatie van gegevens van de Oosterschelde (van Gils & van Duren, 2010). In onderhavig rapport is dat verder uitgewerkt op basis van nieuwe modelberekeningen (Nolte et al, 2013). Voor VZM is er op basis van waterkwaliteitsberekeningen een kansenkaart opgesteld voor schelpdier aquacultuur in een zout Volkerak-Zoommeer (Wijsman en Kleissen, 2012). Verder is eerder onderzocht wat de effecten van verzilting van het Volkerak-Zoommeer zijn voor visserij (Schneider e.a., 2006). In het kader van de MIRT-verkenning zijn er nieuwe modelberekeningen uitgevoerd door Deltares met een gekoppeld Grevelingenmeer/ VZM (De Vries e.a., 2013). Aan de hand hiervan is de kansenkaart geactualiseerd, en is er ook een kaart voor het Grevelingenmeer opgesteld. De nieuwe modellen zijn ook gebruikt voor een quickscan van de effecten verbinden Grevelingen Volkerak-Zoommeer op visserij en aquacultuur (Wijsman e.a., 2014).

1.3 Aanpak

Het project is uitgevoerd door Imares i.s.m. het Centre of Expertise van de HZ Delta Academy en Blueport Oosterschelde. Er is gebruik gemaakt van bestaande kennis en nieuwe modelberekeningen. In het rapport is ook ingegaan op de effecten op bestaande beroepsvisserij, op basis van de quickscan (Wijsman e.a., 2014), omdat de activiteiten van deze vissers direct verband houden met de mogelijkheden voor schelpdierkweek. Resultaten zijn besproken in workshops met stakeholders, bestaande uit vertegenwoordigers van overheden (RWS, Prov Zeeland), schelpdierkwekers (PO Mosselcultuur, Nederlandse Oester Vereniging), vaste vistuigen vissers (vereniging beroepsvissers Grevelingen en VZM), en NGO's (ZMF en St Noordzee).

2 Beschrijving van het gebied

Volkerak-Zoommeer

Het Volkerak-Zoommeer is in 1987 ontstaan door de aanleg van de Grevelingendam (1964), Volkerakdam (1969), de Oesterdam (1986) en de Philipsdam (1987) (Kerremans, 2010). Het watersysteem bestaat uit het Volkerakmeer (6 450 ha) in het Noorden en het Zoommeer en het Rijn-Schelde kanaal (1850 ha) in het zuiden. Het totale watersysteem heeft een oppervlakte van 8300 ha en is na het IJsselmeer en het Markermeer het grootste zoetwatermeer van Nederland

Beide bekkens staan met elkaar in open verbinding via de Eendracht. Het Volkerak is gemiddeld 5.2 meter diep met een maximale diepte van 24 meter. Het Zoommeer is gemiddeld 6 meter diep en heeft een maximale diepte van 20 meter (Van Duren e.a., 2006). Door het wegvallen van het getij is een groot deel van het voormalig intergetijdengebied (circa 1.775 ha) permanent droog komen te liggen. De gemiddelde waterstand wordt gestuurd op NAP 0 m met een bandbreedte tussen NAP -10 en NAP +15 cm). De belangrijkste aanvoer van zoetwater komt van de Brabantse rivieren Dintel en Roosendaalse en Steenbergse Vliet. Ook wordt er vanuit het Hollands Diep/Haringvliet zoetwater ingelaten via de Volkeraksluizen. Overtollig water wordt geloosd op de Westerschelde via het Bathse Spuikanaal.



Figuur 1: Overzichtskartaal Volkerak - Zoommeer

Het gebied is nog steeds aan verandering onderhevig als gevolg van de afsluiting. Er treedt een geleidelijke verzoeting op van de buitendijkse drooggevalle gronden en als gevolg van het ontbreken van (getij)dynamiek schrijdt de vegetatiesuccessie verder voort.

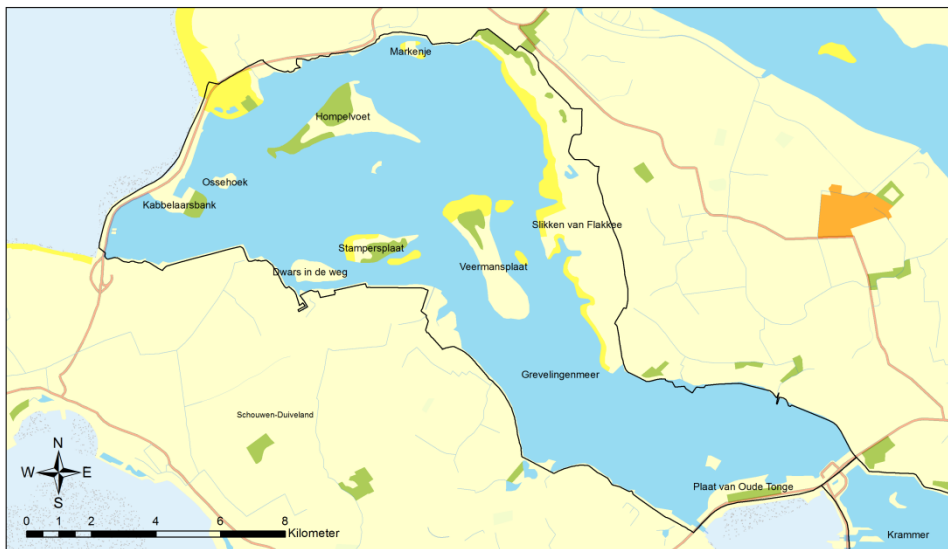
Grevelingenmeer

Tot 1964 was de Grevelingen een estuarien getijdenlandschap met uitgestrekte slikken, platen en schorren. Zout Noordzeewater kwam binnen via de monding en via de oostelijke verbinding met de Oosterschelde; zoetwater van de Rijn en Maas werd aangevoerd via het Krammer-Volkerak. Het zoutgehalte was meer dan $10 \text{ g Cl}^- \text{ l}^{-1}$ en het getijverschil gemiddeld 2.3 m. In die tijd werd het gebied gebruikt voor de mossel- en oesterkweek. In 1964 is de Grevelingen afgesloten van de zoetwaterafvoer van de grote rivieren door de aanleg van de Grevelingendam en veranderde de Grevelingen van een estuarium in een zeearm. Er kwam alleen nog zoutwater via de monding binnen, waardoor de zoet-zout gradiënt verdween en er een open zeearm met getij ontstond. Het zoutgehalte varieerde tussen 14 en $17 \text{ g Cl}^- \text{ l}^{-1}$.

In 1971 is de Grevelingen afgesloten van de Noordzee door de aanleg van de Brouwersdam. Door deze afsluiting is het grootste zoutwatermeer van West Europa ontstaan, het Grevelingenmeer, waar invloed van het getij is verdwenen en wordt de waterbeweging en de menging voornamelijk wordt beïnvloed door wind. Door een neerslagoverschot en lozing van relatief zoet polderwater werd het Grevelingenmeer na 1971 steeds zoeter. De vissers van het Grevelingenmeer verkeerden aanvankelijk in de veronderstelling dat het meer een zoet binnenmeer zou gaan worden waar geen plaats meer zou zijn voor mossel- of oesterteelt. Uitwijken naar de Oosterschelde leek ook geen mogelijkheid omdat ook dat water op de nominatie stond om volledig afgesloten te worden van zee. De vissers stonden daarmee voor de keus om of de teelt volledig naar de Waddenzee te verplaatsen of over te schakelen op de palingvisserij. Dat laatste deden 12 visserijbedrijven uit Bruinisse, Tholen en Ouddorp. De mosselkwekers onder hen moesten hun mosselpercelen daarvoor inleveren (Grevelingenmeer, 2010).

De verzoeting had een slechte invloed op de waterkwaliteit van het meer. Daarom is er besloten om spui- en verversingssluizen te bouwen in de dammen. In de Brouwersdam zijn sluiskokers gebouwd die in 1978 zijn voltooid en in de Grevelingendam is in 1983 een hevel aangelegd. (Bannink e.a., 1984; Visser, 1995). De hevel is oorspronkelijk aangelegd om de chloridengehalten in het Zijpe en de Krabbenkreek in de Oosterschelde bij de sluiting van de Philipsdam in 1986 op een aanvaardbaar niveau te houden. Omdat de verversing door de sluiskokers in de Brouwersdam voldoende waren is de hevel alleen gebruikt voor een aantal proeven. De hevel is sinds 1987 buiten gebruik.

De aanleg van de spuisluis in de Brouwersdam leidde er toe dat oesterbroed zich kon afzetten op de tijdens de afsluiting afgestorven mosselbanken. Een ontwikkeling die niemand had kunnen voorzien toen in 1964 de Grevelingendam werd aangelegd. Deze platte oesters waren een gewild product. Met instemming van het ministerie van LNV werd een aantal proefvakken uitgezet om de oesterteelt weer te beginnen. De oesterteelt bleek een succes (Grevelingenmeer, 2010).



Figuur 2: Overzichtskartaal Grevelingenmeer

De spuisluis in de Brouwersdam staat in principe open voor doorspoeling met Noordzeewater uit de Voordelta (W&B, 2012). Met deze spuisluis wordt ook het waterpeil van -0.2 m NAP in het Grevelingenmeer geregeld. Om dit te bereiken moet de sluis ongeveer 8% van de tijd gesloten zijn. Met het water door de spuisluis wordt ook het zoutgehalte in het Grevelingenmeer in stand gehouden en kan de stratificatie en zuurstofloosheid in de diepte putten in het Grevelingenmeer gedeeltelijk worden opgeheven (Wijsman, 2002).

Om de schieraal tijdens hun trek vast te houden in het Grevelingenmeer werd de spuisluis aanvankelijk gesloten in het najaar zodat de beroepsvisserij optimaal op de wegtrekkende schieraal konden vissen. Sinds 2006 is deze 30-dagenregeling opgeheven en is de spuisluis jaarrond open (Grevelingenmeer, 2010).

Het huidige Grevelingenmeer heeft een totale wateroppervlakte van 108 km² (Wattel, 1996). Door het verdwijnen van getij zijn de voormalige zandplaten gevormd tot eilanden (Hompelvoet, Veermansplaat, Dwars in de weg, Stampersplaat) of schiereilanden (Kabbelaarsbank). De voormalige slikken (zoals slikken van Bommenede en Slikken van Flakkee) zijn ontwikkeld tot buitendijkse natuurgebieden. Om erosie van deze eilanden en voormalige slikken tegen te gaan zijn op diverse plaatsen harde oeververdedigingen toegepast (Hoeksema, 2002; De Jong en Van Maldegem, 2010).

Alternatief Zout-Getij Grevelingen Volkerak Zoommeer

Om de waterkwaliteit in het Volkerak-Zoommeer en het Grevelingenmeer te verbeteren en om een betere bescherming tegen overstromingen in de Rijn-Maasmonding te verkrijgen, worden er diverse alternatieven in de waterhuishouding onderzocht voor het Grevelingenmeer en Volkerak-Zoommeer. Een van deze varianten is het terugbrengen van getij in het Grevelingenmeer en Volkerak-Zoommeer middels een doorlaat in de Brouwersdam en een doorlaat in de Grevelingendam waardoor het Grevelingenmeer en het Volkerak-Zoommeer met elkaar verbonden worden. In deze situatie wordt zowel het Grevelingenmeer als het Volkerak-Zoommeer zout met een gedempt getij. Het streven is om op Grevelingenmeer een getijslag van 0.5 meter te realiseren en op het Volkerak-Zoommeer een getijslag van 0.3 m bij gemiddelde getijcondities op zee. Het waterpeil op het Grevelingenmeer fluctueert daarbij

tussen +15 cm NAP en -35 cm NAP en het peil op het Volkerak-Zoommeer fluctueert tussen +5 cm NAP en -25 cm NAP. In het Grevelingenmeer betekent dit een toename van het areaal intergetijdengebied tot 1587 ha en in VZM tot 608 ha (Ysebaert et al, 2013).

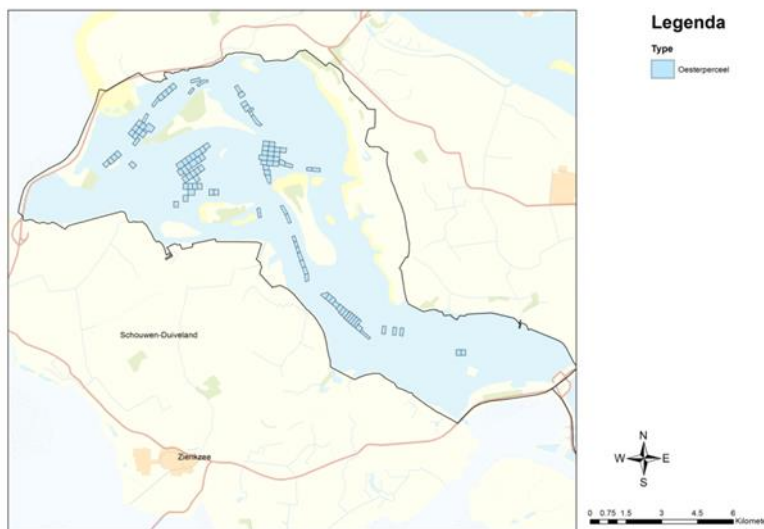
Door Deltares is het effect van één van deze alternatieven doorgerekend op de waterkwaliteit middels een gekoppeld 3D model (De Vries e.a., 2013). De resultaten van die berekeningen zijn gebruikt als input voor deze studie.

3 Effecten voor schelpdiercultuur

De effecten van gewijzigd waterbeheer op de huidige en toekomstige schelpdierkweek in het Grevelingenmeer en Volkerak-Zoommeer worden beschreven op basis van bestaande gegevens en informatie vanuit de vereniging beroepsvissers Grevelingen en VZM (mond. med F. Mous). Omdat het VZM sinds 1987 een zoetwaterbekken is, is schelpdierkweek sinds die tijd niet aan de orde. Bij een zout systeem ontstaan er weer kansen voor kweek. Wat betreft het Grevelingenmeer is de historie anders verlopen en is er thans kweek van oesters.

3.1 Schelpdierkweek in het Grevelingenmeer

In het Grevelingenmeer is er bodemcultuur van platte (*Ostrea edulis*) en japanse oesters (*Crassostrea gigas*) op kweekpercelen. Verder is er invang van mosselzaad m.b.v. mosselzaadinvang installaties (MZI's). De mosselzaadinvang gebeurt op kleine schaal (2008: 2000 kg).



Figuur 3: Oesterkweekpercelen Grevelingenmeer

De kweek van oesters in het Grevelingenmeer vindt plaats op afgebakende percelen. Momenteel is 550 ha in het Grevelingenmeer in gebruik voor de kweek van oesters (zie Figuur 3). Elke individuele oesterkweker heeft met het Ministerie van EZ een huurovereenkomst voor het visrecht op oesters op deze percelen. De ca. 110 percelen worden verhuurd aan 35 bedrijven. De huurovereenkomsten met het Ministerie van EZ hebben een looptijd van drie jaar. Dit betreft alleen de oesterpercelen op de gronden van Domeinen. Naast deze gronden heeft het Natuur- en Recreatieschap de Grevelingen gronden in erfpacht, waarbij het schelpdierrecht in bezit is van Staatsbosbeheer (Grevelingenmeer, 2010).

De oestercultuur levert naar schatting op jaarbasis ca 1 miljoen stuks platte oesters en 5 miljoen stuks Japanse oesters op (Tabel 1). Dit is in biomassa ca 0.3 mln kg.

*Tabel 1 Geschatte aanvoer in aantal*10⁶ van platte en japanse oesters uit het Grevelingenmeer in de periode 2002 – 2009 (PVIS.nl).*

Aanvoer (10 ⁶ stuks)	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	gemiddeld
Japanse oester totaal	31	28	27	26	32	32	20	19	26.88
Japanse oester Grevelingen (geschat)	6.5	5	3.7	5	6	6.6	4.4	3	5.03
Platte oester	0.8	1.2	1.7	0.8	2	0.75	0.4	1.1	0.97

In een windgedreven systeem als het Grevelingenmeer is de diepte een beperkende factor vanwege beperkte menging en daarmee samenhangend risico op voedsel- en zuurstof tekort. Wat betreft de voedselvoorziening in het Grevelingenmeer wordt slechts een klein deel van de voedselproductie gebruikt voor de oesterkweek. De beschikbare fysieke ruimte kan onder de huidige omstandigheden worden beschouwd als de meest beperkende factor voor de oesterkweek. Bij een grotere menging in het systeem door getij ontstaat er meer ruimte voor bodemcultuur, en zal moeten worden nagegaan in hoeverre andere factoren, zoals de voedselproductie, beperkend kunnen worden.

3.2 Gevolgen zout getij Grevelingen Volkerak – Zoommeer voor schelpdierkweek

Om de effecten van gewijzigd waterbeheer te kunnen analyseren is het van belang de karakteristieken van de huidige schelpdierkweek te beschrijven, met het oog op die parameters die door het waterbeheer gaan veranderen.

Voor schelpdiercultuur, met name op de bodem, is de toevoer van voedsel en zuurstof, en de afvoer van overtollig materiaal en uitscheidingsproducten een noodzakelijke voorwaarde. De waterbeweging is dus een belangrijke parameter. Dit geldt ook voor kweek in de waterkolom, hoewel deze cultures ook kunnen gedijen in water met minder stroming. Daarvoor is een zekere mate van beschutting tegen storm juist van belang, en verder is er voldoende diepgang nodig voor hangcultuur en zaadinvang. De voedselproductie is bepalend voor de capaciteit van het systeem voor de productie van de gekweekte soorten. Deze capaciteit wordt aangeduid met de term productie draagkracht: de maximaal haalbare productie, die duurzaam kan worden gerealiseerd, rekening houdend met de heersende (beperkende) factoren. Naast productiedraagkracht moet ook rekening worden gehouden met de ecologische draagkracht: de maximale omvang van populaties die voor de langere termijn in het systeem in stand kan worden gehouden (Smaal e.a., 2013).

Naast de gekweekte schelpdieren is de voorraad wilde schelpdierpopulaties van belang omdat deze van de dezelfde voedselbron gebruik maken en er dus competitie is om voedsel tussen de schelpdieren. Het gaat hierbij niet alleen om de biomassa maar vooral om de filtratiecapaciteit, omdat die bepalend is voor de concurrentiekracht van de soorten. Dus biomassa en filtratiecapaciteit zijn hierbij belangrijke parameters.

Grevelingenmeer

De veranderingen in het waterbeheer betekenen in het Grevelingenmeer meer stroming en een getijverschil van 50 cm. Voor de schelpdierkweek biedt dit perspectieven omdat de menging in het systeem dan zal worden vergroot, hetgeen onder stagnante omstandigheden als belangrijke beperking kan worden gezien. Bovendien is er dan minder risico op zuurstofloosheid en is uitbreiding van het

perceelareaal naar dieper water mogelijk. Er kan vanuit worden gegaan dat waterbeweging in de toekomst niet de meest beperkende factor meer zal zijn.

De draagkracht voor schelpdieren wordt bepaald door de primaire productie. Afhankelijk van de gekozen modelinstellingen wordt in variant 3 berekend dat deze zal toenemen van 250 naar 400 gC m⁻² jaar⁻¹ (W&B, 2012). Een andere berekening waarin slib een rol speelt (variant 4) voorspelt een afname van de primaire productie nl van 530 (nu) naar 427 gC m⁻² jaar⁻¹ (Nolte e.a., 2013). De toename hangt samen met de verwachte toename van de beschikbaarheid van nutriënten (fosfaat, nitraat) waarbij ook een verhoging van de hoeveelheid fytoplankton wordt verwacht van 8 naar 15 ug chlorofyl l⁻¹ (De Vries e.a., 2013). De mogelijke afname in primaire productie wordt toegeschreven aan een verhoogd slibgehalte en dus minder doorzicht, waarbij geldt dat de slibsimulatie erg onzeker is. Opgemerkt wordt dat het verschil zit in de berekening van primaire productie in de huidige situatie en dat de verwachtingen over de toekomst vrijwel gelijk zijn. Bij deze berekeningen wordt een bepaalde graasdruk door de schelpdieren aangenomen. Zonder begrazing zou het chlorofyl gehalte nog hoger uitkomen. Dit wijst erop dat de draagkracht zou kunnen toenemen in de nieuwe situatie als gevolg van de toename in stikstof beschikbaarheid. Voor berekeningen in dit rapport is uitgegaan van ca 400 gC.m⁻².jaar⁻¹ .

Voor de schelpdierkweek is de vraag met welke concurrerende populaties rekening moet worden gehouden. Dit vereist een schatting van de filtratiecapaciteit van de verschillende groepen filter feeders. De voorraad oesters is als volgt berekend: uitgaande van een kweekcyclus van 4 jaar en een gemiddeld gewicht van 50 gram per oester, kan het bestand op percelen worden geschat op $4 \cdot 0.05 \cdot 6 \cdot 10^6 = 1.2$ miljoen kg totaal gewicht, dit is 0.03 mln kg asvrijdrooggewicht. Deze voorraad oesters heeft een filtratiecapaciteit van $2.4 \cdot 10^6$ m³ dag⁻¹. Dit is van beperkt belang voor het gehele volume van 575 m³, maar ter plaatste van de percelen is dit een filtratiecapaciteit van 0.5 – 1 m³ m⁻² per dag, bij een dichtheid van 5 – 10 oesters per m². Bij een gemiddelde diepte van percelen van 3 m, wordt de waterkolom elke 3-6 dagen geheel gefiltreerd.

In het Grevelingenmeer zijn er naast de platte en Japanse oesters nog aanzienlijke populaties slipper (*Crepidula fornicata*), mesheft (*Ensis directus*) en strandgaper (*Mya arenaria*). Het is opmerkelijk dat al deze dominante filterfeeders niet inheems zijn (Wijnhoven en Hummel, 2009; Wetsteyn, 2011). Deze voorraad filterfeeders in het Grevelingenmeer is veel hoger dan de voorraad oesters; lokaal kan de dichtheid oplopen tot 300 gram asvrijdroog gewicht m⁻² oftewel 10 kg m⁻² (totaalgewicht incl. schelp) (Wetsteyn, 2011). Dit bestand bestaat voor een groot deel uit slippers, dat zijn eenkleppige filterfeeders. Er zijn geen kwantitatieve gegevens beschikbaar van het totale bestand aan filterfeeders. Bij een gemiddelde dichtheid van 100 ind m⁻² (Wijnhoven en Hummel, 2009) kan het filterfeeder bestand op 20 g ADW m⁻² worden geschat voor de zone waar deze worden aangetroffen; stel dat dit 50 % is van het oppervlak dus 50 km², dan zou het totale bestand 1 mln kg asvrijdrooggewicht bedragen. De filtratie capaciteit van deze soorten is gemiddeld 0.5 l uur⁻¹ (Cranford e.a., 2011), dit is beduidend lager dan de oester (4 l uur⁻¹); de filtratiecapaciteit van wilde bestanden zou dan $12 \cdot 10^6$ m³ per dag bedragen.

Volkerak-Zoommeer

Uit eerdere analyses (De Vries e.a., 2008; Wijsman en Kleissen, 2012) komt naar voren dat er duidelijke kansen zijn voor schelpdierkweek in het VZM onder het nieuwe waterbeheersregime. Het hogere zoutgehalte en de toegenomen waterbeweging bieden ruimte voor schelpdiercultuur in een aanzienlijk deel van het gebied. De capaciteit van het gebied is destijds geschat op 10 mln kg schelpdierproductie per jaar (De Vries e.a., 2008). Dit is gebaseerd op de historische situatie (622 ha mosselpercelen voor 1987), aanwezige ruimte en de aanname dat er geen beperkingen zijn wat betreft voedselbeschikbaarheid en concurrerende stocks. Gegeven de waterbeweging en een getijverschil van 30 cm zijn er ook mogelijkheden voor hangcultuur en zaadinvang. Hiervoor is de beschikbare ruimte veeleer

beperkend vanwege medegebruik voor onder meer beroeps en recreatieve scheepvaart. Mogelijk spelen andere ruimtelijke beperkingen eveneens een rol, deze zijn evenwel niet deze studie meegenomen. De primaire productie is berekend op $170 \text{ g C m}^{-2} \text{ jaar}^{-1}$ in de huidige situatie; deze zal in het Krammer-Volkerak nauwelijks veranderen, maar in het Zoommeer verdubbelen (Nolte e.a., 2013). Daarom worden de kansen voor schelpdieren voor beide gebieden apart berekend, uitgaande van de kengetallen in Tabel 2.

3.3. Draagkracht voor schelpdierkweek

De potentiële draagkracht kan worden berekend uitgaande van de verhouding tussen primaire productie tijd (PPT) en filtratie tijd (CT=clearance time) (Smaal en Prins, 1993; Dame en Prins, 1998). De aanname is dat de verhouding tussen de tijd die het fytoplankton erover doet om te groeien een factor 3 korter moet zijn dan de tijd die alle schelpdieren tezamen nodig hebben om het water te filteren: $CT/PPT > 3$. Dit levert een maximum schatting op. Deze wordt in werkelijkheid niet bereikt omdat dit complete menging van het water veronderstelt. Verder omvat deze schatting het geheel aan filterende schelpdieren dus inclusief wilde bestanden. Welk deel voor kweek kan worden gebruikt hangt van de ruimtelijke inrichting af en van de doelstellingen met betrekking tot natuurbeheer. In Tabel 3 is dus de ecologische draagkracht berekend; welk deel wordt gebruikt voor productie (productie draagkracht) is afhankelijk van beleidskeuzen; de berekening is gebaseerd op primaire productie gegevens uit Nolte et al. (2013). Opgemerkt wordt dat in Nolte et al, 2013 wordt uitgegaan van een chlorofylgehalte in het Volkerak van 10 en het Zoommeer van 13 mg/m^3 , terwijl er in De Vries et al 2013, gehalten van 30 tot 50 mg/m^3 worden genoemd voor VZM. De berekening van de draagkracht is gebaseerd op primaire productie (uit Nolte et al, 2013) en niet op het chlorofyl gehalte, dus het maakt voor de uitkomst geen verschil.

Tabel 2: Schatting van de maximale schelpdierstock in een Grevelingenmeer, Volkerak en Zoommeer met getij, in vergelijking met het huidige Grevelingenmeer en Oosterschelde (Nolte et al, 2013; de Vries et al, 2013). NB voor de huidige situatie is voor het Grevelingenmeer uitgegaan van modelvariant 3 wat betreft de primaire productie.

		Grevelingenmeer		Volkerak	Zoommeer	Oosterschelde
		huidig	toekomst			
Oppervlak	km^2	108	108	64	19	351
Diepte	m	5.3	5.3	5.2	6	7.8
Volume	10^6 m^3	575	575	333	111	2750
Getij	m	0	0.5	0.3	0.3	3.25
Chlorofyl	mg m^{-3}	8	15	10 - 30	13 - 30	3
Prim. Prod.	$\text{gC m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$	250	400	197	336	150
Prim. prod. tijd	PPT d	1	1.2	1.58	1.32	1.72
Schelpdierstock	10^6 g ADW	1030	3200	1400	530	5000
Filtratie tijd	CT d	11.2	3.59	4.75	4.19	8.87
CT/PPT		11	3	3	3	5.17
max stock	Mln kg	31	96	42	16	150

Uit Tabel 2 komt naar voren dat er in het toekomstige Grevelingenmeer ruimte is voor maximaal 96 miljoen kg aan schelpdieren, dit is 3 maal zo veel als de huidige voorraad. De huidige voorraad bestaat voor slechts 3 % uit gekweekte oesters. In vergelijking met de Oosterschelde is dat een geringe fractie, want daar bedraagt de kweekvoorraad schelpdieren (oesters en mosselen) gemiddeld ca 30 % van de totale voorraad. Voor het Grevelingenmeer is een berekening gemaakt van de potentiële productie van 10 mln kg jaar^{-1} (Van Gils en Van Duren, 2010), dit vereist een voorraad bij een 3-jarige cyclus van 30 mln kg, dat zou dan 30% van het totale potentieel bedragen.

Voor Volkerak en Zoommeer zijn de berekende hoeveelheden respectievelijk 42 en 16 miljoen kg versgewicht. Dit bedrag komt hoger uit dan eerder berekende voorraden voor kweek: door De Vries e.a. (2008) is een kweekpotentie geschat van 6-9 mln kg, en dat komt bij een 3-jarige kweekcyclus overeen met een voorraad van 18 - 27 mln kg; dit zou dan 30 - 50 % van de totale capaciteit beslaan. Bij de keuze voor een productievoorraad schelpdieren van 30 % van de totale voorraad schelpdieren onder de nieuwe omstandigheden is er ruimte voor een productie van in ca 10 mln kg per jaar in het Grevelingenmeer en 7 mln kg per jaar in Volkerak-Zoommeer.

4 Kansenkaart schelpdierkweek

Inleiding

In 2011 zijn door (Wijsman en Kleissen, 2012) kansenkaarten gemaakt voor bodemcultuur en MZI's in een zout Volkerak – Zoommeer. Dit wordt uitgedrukt als HSI: habitat suitability index. De waterkwaliteit berekeningen die hiervoor zijn uitgevoerd zijn gebaseerd op verzilting van het Volkerak – Zoommeer vanuit de Oosterschelde via de Phillipsdam. In de huidige studie wordt onderzocht wat het effect is van een verbinding met het Grevelingenmeer en een grotere zoetwater aanvoer vanuit het Hollands Diep. De berekeningen uit (Wijsman en Kleissen, 2012) zijn ge-update met de nieuwe waterkwaliteitsberekeningen en uitgebreid naar het Grevelingenmeer.

Aanpak

De resultaten van de waterkwaliteitsberekeningen zijn omgezet in ASCII-grid bestanden met een resolutie van 5x5 meter. De berekeningen zijn uitgevoerd met behulp van het GIS PCraster (PCRasterTeam, 2011). De kaarten zijn gemaakt voor de volgende variabelen:

- **Diepte:** Waterdiepte (cm tov NAP)
- **Zuurstof:** Maximum aantal dagen aaneengesloten dat de zuurstofconcentratie lager is dan 3.0 mg l⁻¹.
- **Zout:** minimum zoutgehalte in aan de oppervlakte en aan de bodem (ppt)
- **Chla:** Gemiddelde concentratie Chlorofyll-a (µg l⁻¹) door het jaar heen.
- **Varen:** Kaart met de huidige vaarroutes in het gebied

Van iedere variabele is een partiële geschiktheidskaart gemaakt door de kennisregels (zie Bijlage C) toe te passen op de achtergrondkaarten. De uiteindelijke kansenkaart is gemaakt door voor iedere gridcel de minimale waarde van de partiele geschiktheden uit te rekenen:

$$P_{bodem} = \min(p_{diepte, bodem}, p_{zuurstof}, p_{zout}, p_{Chla}, p_{varen})$$

$$P_{MZI} = \min(p_{diepte, MZI}, p_{zout}, p_{Chla}, p_{varen})$$

Waarbij P_{bodem} en P_{MZI} zijn de potenties van een locatie voor respectievelijk bodemcultuur en MZI's. p_{diepte} , $p_{zuurstof}$, p_{zout} , p_{Chla} en p_{varen} zijn de partiële geschiktheden op basis van de individuele abiotische condities.

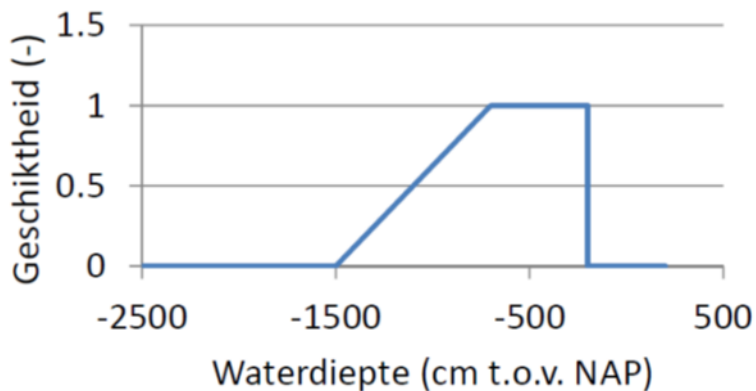
Kennisregels

Diepte

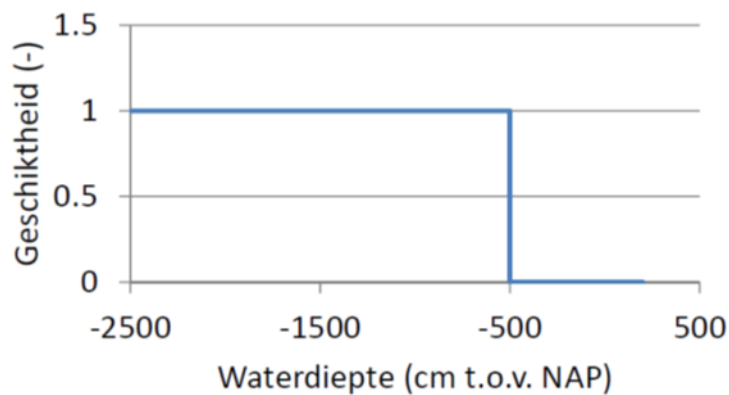
Waterdiepte is van belang voor zowel de bodemcultuur als voor hangcultuur/MZI's. Als het te ondiep is, is het ongeschikt voor de bodemcultuur omdat de mosselboten er niet meer kunnen varen of goed kunnen manoeuvreren (Wijsman en Kleissen, 2012). Omdat er in de gebieden slechts een beperkt getij zal terugkeren, kan er ook maar zeer beperkt gebruik worden gemaakt van hoogwaterperioden. Er kan worden gesteld dat bodemcultuur een minimale diepte nodig heeft van NAP -2 m. Als het water dieper

wordt dan NAP -15 meter is wordt het te diep om goed te kunnen vissen. Het meest geschikt is het gebied tussen NAP -2 meter en NAP -7 meter (Wijsman, 2002) (Figuur 4).

Voor de hangcultuur/MZI's is er geen maximale diepte. Als het water te ondiep wordt komen de MZI's tegen de bodem. De minimale diepte om goed met MZI's te kunnen werken is ongeveer 5 meter (Figuur 5).

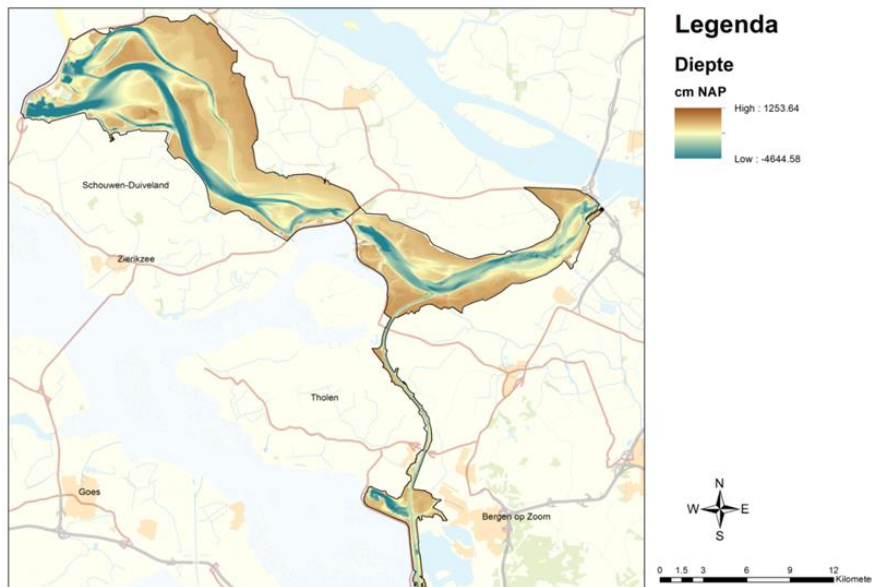


Figuur 4: *Geschiktheid van een locatie voor bodemcultuur als functie van de waterdiepte*



Figuur 5: *Geschiktheid van een locatie voor hangcultuur als functie van de waterdiepte*

Een groot deel van het Volkerak-Zoommeer en Grevelingenmeer is ongeschikt voor bodemcultuur omdat het water te ondiep is (Figuur 6). Doordat er geen getij van belang zal zijn zullen de ondiepe delen moeilijk te bereiken zijn. In de diepe geulen, voornamelijk in het westelijk deel van de Krammer is het te diep voor bodemcultuur. MZI's hebben een grotere diepte nodig omdat de MZI's anders de bodem raken. Alleen de diepe delen zijn daarom geschikt voor MZI's

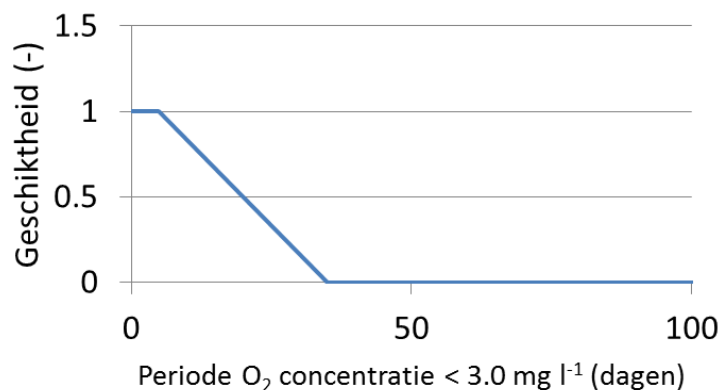


Figuur 6: Dieptekaart (cm t.o.v NAP) Volkerak-Zoommeer en Grevelingenmeer.

Zuurstofconcentratie

Productie en verbruik van zuurstof is vaak heterogeen verdeeld. Productie vindt voornamelijk plaats in de bovenste waterlagen door de fotosynthetiserende algen. Het verbruik van zuurstof vindt voornamelijk plaats nabij de bodem waar bodemdieren en bacteriën het in de bovenste lagen geproduceerde organisch materiaal afbreken. Als er geen goede menging is van het water (bijvoorbeeld tijdens stratificatie) kan er zuurstofloosheid optreden nabij de bodem. Stratificatie kan optreden als gevolg van de temperatuurverschillen en als gevolg van verschillen in zoutgehaltes. De combinatie van stratificatie en een hoge organische belasting kan dan leiden tot zuurstofloosheid (Wijsman, 2002).

Mosselen zijn redelijk goed bestand tegen perioden van zuurstofloosheid. Ze kunnen hun schelp sluiten en overschakelen op een anaerobe ademhaling (deZwaan en Eertman, 1996). Echter als de periode zonder zuurstof te lang duurt, zal de mossel sterven. Bij een temperatuur van 10°C kunnen mosselen 35 dagen zonder zuurstof (deZwaan en Eertman, 1996). Bij hogere water temperaturen neemt deze periode af.



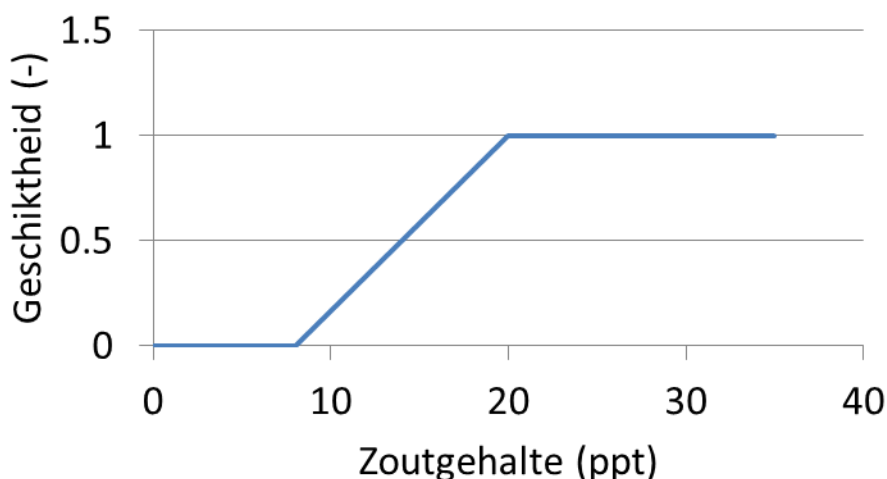
Figuur 7: Geschiktheid van een locatie voor bodemcultuur als functie van de aaneengesloten periode van lage (<3.0 mg l⁻¹) zuurstof concentratie (dagen).

Zuurstofloosheid van het bodemwater treedt voornamelijk op in de zomerperiode (mei tot september) in de diepe delen in het oostelijk Volkerak en bij de Bergsediepsluis in het Zoommeer (Figuur 18). Tevens treedt er in mindere mate zuurstofloosheid op nabij de Grevelingendam in het Grevelingenmeer. Door de verversing met water uit de Noordzee via de Brouwersdam verdwijnt de zuurstofloosheid in de diepe putten van het Grevelingenmeer. Deze gebieden zijn ongeschikt voor de bodemcultuur van mosselen. Mosselen zijn in staat perioden van zuurstofloosheid te overleven, maar dat komt de productiviteit niet ten goede. Als er mosselen sterven als gevolg van de zuurstofloosheid kan dit de afbraaksnelheden verhogen waardoor de zuurstofvraag van de bodem toeneemt. MZI's zitten voornamelijk in de bovenste waterlagen. Zuurstofloosheid treedt daar niet op en er is daarom geen beperking als gevolg van de zuurstofconcentraties voor MZI's.

Zoutgehalte

In het zoute Volkerak-Zoommeer zal er een gradiënt optreden van relatief lage zoutgehalten in het oosten en hogere zoutgehalten in het westen en het zuiden. Mosselen zijn typische estuariene soorten en kunnen goed omgaan met wisselende zoutgehalten. Mosselen komen voor tot gemiddelde zoutgehalten van $10 \text{ g Cl}^- \text{ l}^{-1}$ (18 ppt) bij vloed en normale rivierafvoer of van $4\text{--}6 \text{ g Cl}^- \text{ l}^{-1}$ (7.2 – 10.8 ppt) tijdens hoge rivierafvoer (Steenbergen, 2004). Voor de mosselpopulatie in de Zeeuwse delta is een minimum zoutgehalte van 18 – 20 ppt om zich te handhaven. Het optimum ligt voor deze soort echter hoger dan 20 ppt. Dit is meer van belang in het groeiseizoen dan in de winterperiode vanwege de hogere tolerantie bij lagere temperaturen (Schuiling en Smaal, 1998).

De larven van mosselen zijn minder tolerant voor lagen zoutgehalten. Zij kunnen zich niet afsluiten van hun omgeving met behulp van een schelp. De larven hebben zoutgehalten van hoger dan 20 ppt nodig (Schuiling en Smaal, 1998).



Figuur 8: Geschiktheid van een locatie voor bodemcultuur als functie van het minimale zoutgehalte (ppt).

De zoutgehalten in het Grevelingenmeer zullen niet beperkend zijn voor de mosselcultuur (Figuur 16 en Figuur 17). In het Krammer-Volkerak, nabij de Volkerak sluizen komen relatief lage zoutgehaltenes voor als gevolg van de zoetwatertoevoer uit het Hollands Diep. Ook zijn er relatief lage zoutgehalten nabij de monding van de Brabantse rivieren. De diepere geulen van het Krammer-Volkerak zijn nog relatief zout, maar vooral het oppervlakte zijn lage zoutgehalten.

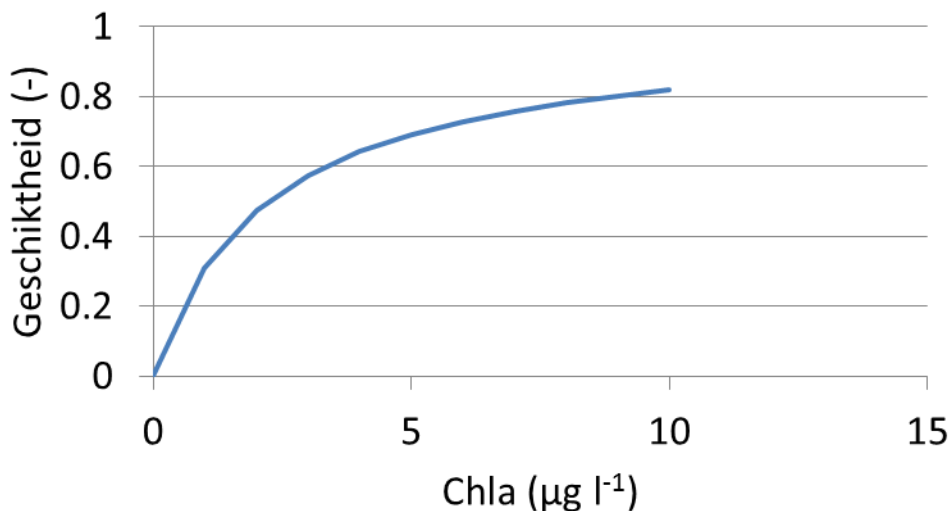
Voedsel

Voedsel is van groot belang voor de groei van mosselen. Het voedsel voor mosselen bestaat voornamelijk uit fytoplankton dat de mosselen uit het water filtreren met behulp van hun kieuwen. De groei van de algen (netto primaire productie) is afhankelijk van de aanvoer van nutriënten en de instraling. Als gevolg van de relatief grote nutriënten toevoer is het zoute Volkerak-Zoommeer in potentie een gebied met relatief hoge primaire productie en hoge algenbiomassa's.

In deze studie is er voor de ruimtelijke differentiatie gebruik gemaakt van modelvoorspellingen voor de fytoplankton concentratie (chlorofyl-a). Omdat in het model is aangenomen dat de graasdruk homogeen verdeeld is over het gebied kan worden aangenomen dat de gebieden waar hogere chlorofyl-a concentraties worden berekend in het algemeen leiden tot betere productie van mosselen dan gebieden met lagere chlorofyl-a concentraties. De relatie is echter niet lineair maar heeft een hyperbolische vorm (Troost e.a., 2010; Wijsman en Smaal, 2011).

$$f = \frac{[Chla]}{X_k + [Chla]}$$

Hierbij is X_k de concentratie chlorofyl-a waarbij de voedselopnamesnelheid de helft is van de maximale voedselopname snelheid. Voor mossels in de Oosterschelde is de halfwaarde constante voor mosselen geschat op $2.23 \mu\text{g l}^{-1}$ (Troost e.a., 2010).



Figuur 9: *Geschiktheid van een locatie voor bodemcultuur als functie van de gemiddelde chlorofyl-a concentratie ($\mu\text{g l}^{-1}$).*

Uit Figuur 19 en Figuur 20 (bijlage) blijkt dat de Chl-a concentraties in het Krammer-Volkerak hoger zijn dan in het Grevelingenmeer. De modelberekeningen laten tevens zien dat de Chl-a concentraties in het Grevelingenmeer hoger zijn dan in de huidige situatie. Opvallend zijn de hoge concentraties in het westelijk deel van het Krammer-Volkerak. De productie van algen vindt voornamelijk plaats in de bovenste lagen van de waterkolom (fotische zone). In de diepe geulen vindt geen productie plaats maar wel consumptie door graas. Relatief lage Chl-a concentraties worden er gevonden nabij de Volkerak sluizen en het doorlaatmiddel in de Brouwersdam.

Scheepvaart

Het Volkerak-Zoommeer maakt deel uit van twee belangrijke scheepvaartroutes voor de beroepsscheepvaart in ons land. Ten eerste de Schelde-Rijnverbinding, een directe verbinding tussen de Rotterdamse haven en de haven van Antwerpen. Ten tweede de verbinding via de Krammersluizen en het kanaal door Zuid-Beveland naar Terneuzen, Gent en Vlissingen (Keizer en Liefing, 2010).

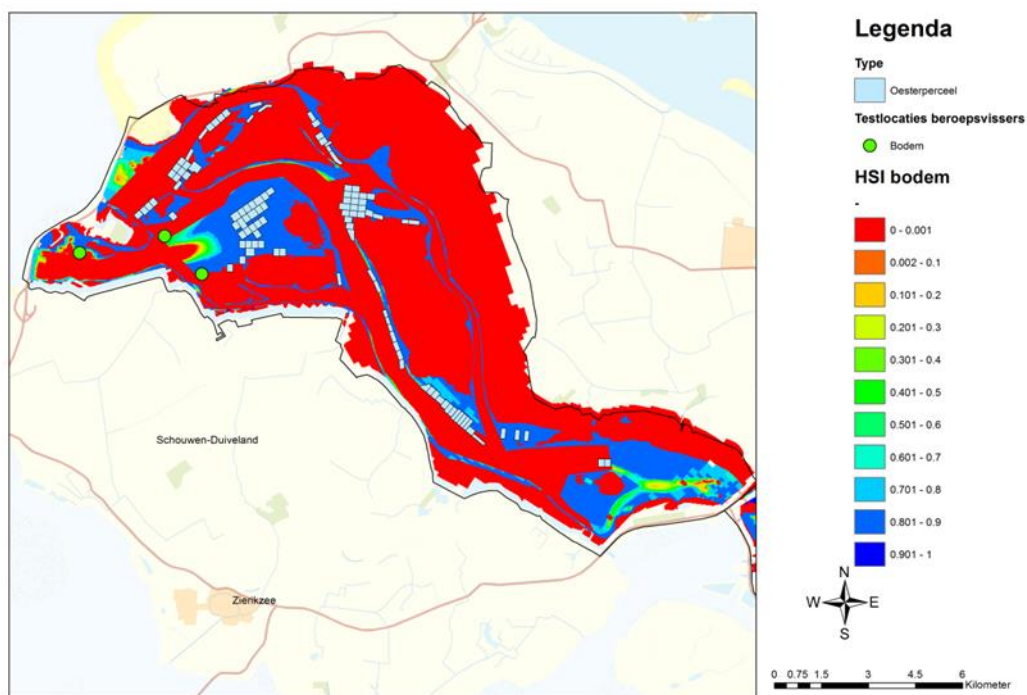
De Volkerak-, Krammer- en Kreekraksluizen zijn belangrijke schakels in de hierboven genoemde scheepvaartroutes; De Bergse Diepsluis in de oesterdam heeft meer een regionale functie, is van veel kleinere omvang. In 2008 was het aantal scheepsbewegingen door de Volkeraksluizen 112.496. Door de Kreekraksluizen 69.454 en door de Krammersluizen 42.290. Het aantal scheepsbewegingen door de Bergse diepsluis was marginaal (149) (Keizer en Liefing, 2010).

Het Grevelingenmeer is vooral een belangrijk gebied voor de recreatievaart. De scheepvaartroutes zijn gemarkeerd met boeien waartussen de schepen moeten navigeren.

In deze studie is aangenomen dat er geen mosselpercelen kunnen worden aangelegd in de scheepvaartroutes omdat beide activiteiten vanuit veiligheidsoverwegingen niet zijn te combineren.

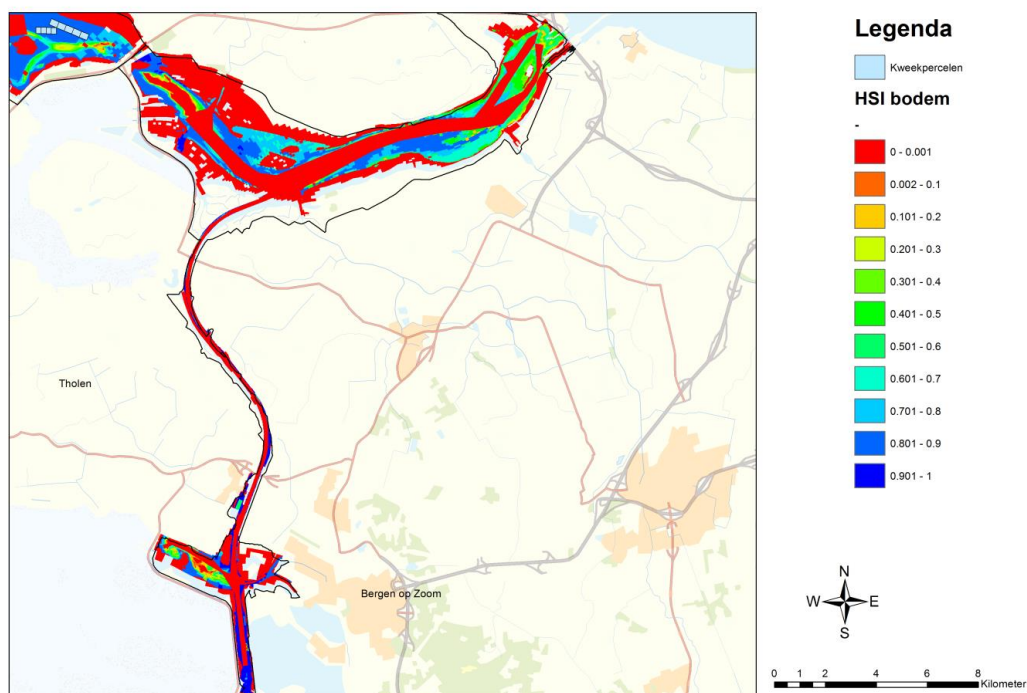
Kansenkaart bodemcultuur schelpdieren

De ligging van de huidige kweekpercelen in het Grevelingenmeer komen overeen met de kansenkaart voor bodemcultuur schelpdieren in de nieuwe situatie Figuur 10: HSI > 0.5, op de kaart groen en blauw). In totaal is er dan 3133 ha in het Grevelingenmeer geschikt voor bodemcultuur; ter vergelijking: de huidige oestercultuur maakt gebruik van 550 ha perceelareaal. Een groot deel van het Grevelingenmeer is ongeschikt vanwege de geringe diepte of de aanwezigheid van vaartroutes. Een Grevelingenmeer met getij leidt tot een groter geschikt gebied nabij de Grevelingendam en ten zuiden van Hompelvoet. Ook nabij het doorlaatmiddel in de Brouwersdam is een relatief geschikt gebied, alhoewel het waterkwaliteitsmodel hier relatief lage voedselconcentraties berekent. De relatief hoge stroomsnelheden zullen mogelijk deze lage voedselconcentraties compenseren waardoor het gebied toch geschikt is voor bodemcultuur. Door de leden van de Vereniging van beroepsvissers "de Grevelingen" zijn testlocaties voor bodemkweek van schelpdieren in het Grevelingenmeer geselecteerd. In de figuur is te zien dat deze locaties redelijk overeenkomen met de kansenkaart.



Figuur 10: *Kansenkaart bodemcultuur Grevelingenmeer met getij en een verbinding naar Krammer-Volkerak. HSI= 0 is ongeschikt en HSI = 1 is geschikt. De groene stippen zijn de experimentele testlocaties van de Vereniging van beroepsvissers "de Grevelingen". In de kaart zijn tevens de huidige schelpdier kweekpercelen ingetekend.*

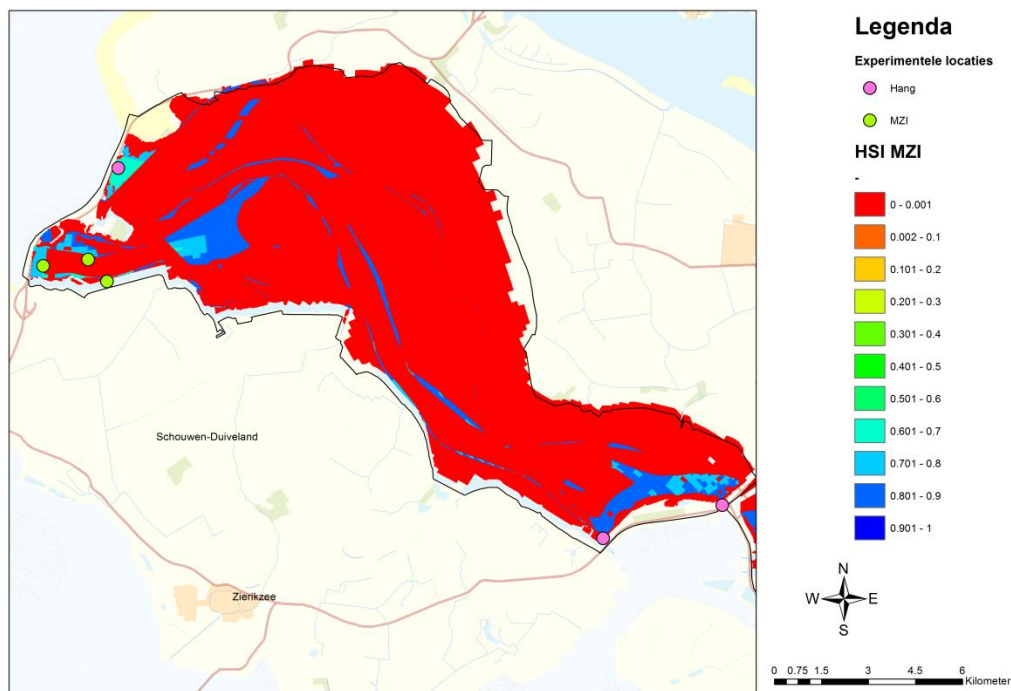
In een zout Volkerak-Zoommeer zijn grote delen in potentie geschikt voor bodemcultuur (Figuur 11). In totaal is er in het Volkerak-Zoommeer 2128 ha geschikt voor bodemcultuur van schelpdieren. Deze bevinden zich voornamelijk in de diepere gebieden langs de hoofdvaarroute. De kanskaart komt in grote lijnen overeen met de kaart die eerder is gemaakt voor het gebied met andere waterkwaliteitsgegevens (Wijsman en Kleissen, 2012). Het oostelijk deel van het Krammer-Volkerak is minder geschikt als gevolg van het relatief zoete water en het optreden van zuurstofloosheid nabij de bodem. De diepe geul in het Krammer is te diep voor bodemcultuur. Mogelijk kunnen de lage stroomsnelheden in het gebied nog beperkend zijn voor schelpdierkweek. De verwachte algenconcentraties zijn dan weliswaar hoog, maar mogelijk is de verversingsnelheid onvoldoende. Ook in het Zoommeer, nabij de Bergse Diepsluis is er een gebied dat in potentie geschikt is voor schelpdierkweek op de bodem.



Figuur 11: Kanskaart bodemcultuur in een zout Volkerak-Zoommeer met getij. HSI= 0 is ongeschikt en HSI = 1 is geschikt.

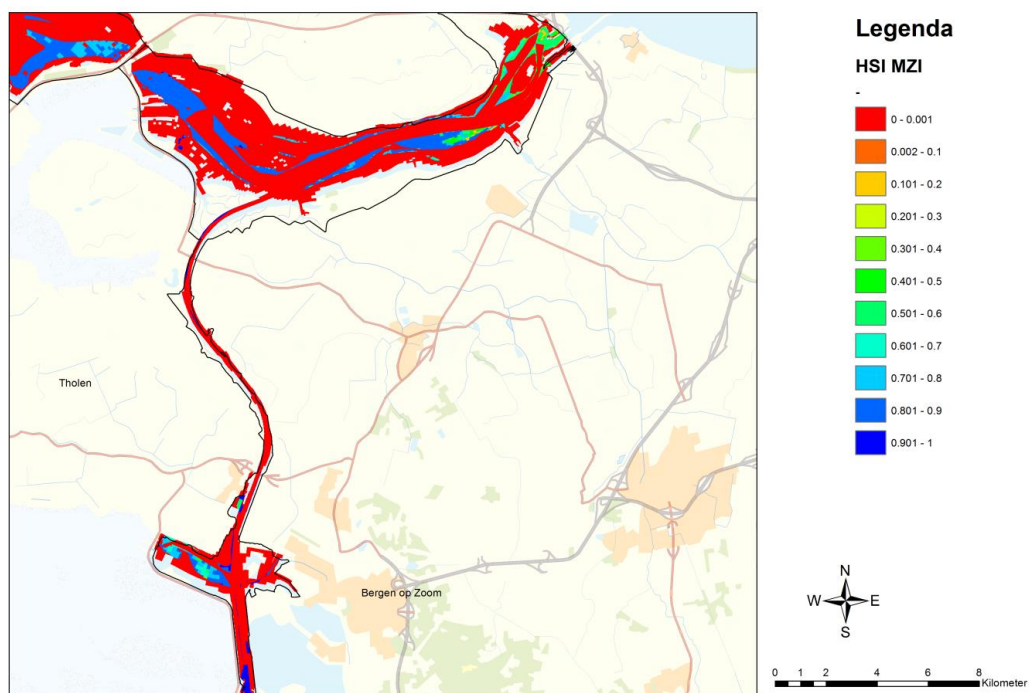
Kansenkaart hangcultuur/MZI schelpdieren

Uit de kanskaart blijkt dat het Grevelingenmeer voor het grootste deel relatief ongeschikt is voor MZI/hangcultuur (Figuur 12). Dit wordt voornamelijk bepaald door de geringe diepte van het gebied (< - 5 m NAP). De gebieden die wel diep genoeg zijn worden grotendeels ingenomen als vaarweg. Er blijven nog wel enkele geschikte gebieden voor hangcultuur en MZI's ten noorden van de Grevelingendam, ten zuiden van Hompelvoet en langs de Brouwersdam. Ook zijn er verspreid over het Grevelingenmeer nog wat smalle randen langs de vaarwegen. In totaal is er ongeveer 1232 ha in het Grevelingenmeer geschikt voor MZI. Door de leden van de Vereniging van beroepsvissers "de Grevelingen" zijn testlocaties voor MZI en hangcultuur van schelpdieren in het Grevelingenmeer geselecteerd. In figuur 10 is te zien dat deze locaties redelijk overeenkomen met de kanskaart.



Figuur 12: Kansenskaart hangcultuur/MZI in een zout Grevelingenmeer met getij. HSI= 0 is ongeschikt en HSI = 1 is geschikt. De stippen geven de testlocaties voor MZI en hangcultuur die zijn ingetekend door de Vereniging van beroepsvissers "de Grevelingen" in het Grevelingenmeer

Ook in het Volkerak-Zoommeer zijn grote delen ongeschikt voor hangcultuur/MZI door de te geringe diepte en de aanwezigheid van scheepvaartroutes (Figuur 13). De meest geschikte locaties liggen in de Krammer, nabij de Grevelingendam. In het oostelijk deel van het Volkerak is het water te zoet. De hangcultuur mosselen en MZI's zijn minder afhankelijk van de waterbeweging dan bodempercelen. In totaal is ongeveer 1108 ha in het Volkerak Zoommeer in potentie geschikt voor MZI.



Figuur 13: Kansenskaart hangcultuur/MZI in een zout Volkerak-Zoommeer met getij. HSI= 0 is ongeschikt en HSI = 1 is geschikt.

5 Conclusies

Schelpdierkweek

De verhoogde dynamiek in het Grevelingenmeer biedt perspectieven voor schelpdierkweek. Het is de verwachting dat de primaire productie in het gebied toeneemt door de toename van de beschikbaarheid aan nutriënten en de verbeterde doorspoeling. De draagkracht voor filterfeeders van het gebied zal hierdoor eveneens toenemen. De ecologische draagkracht wordt geschat op 96 mln kg filter feeders, bestaande uit diverse soorten schelpdieren, maar ook soorten als zakpijpen en sponzen. Indien de aanname wordt gedaan – dit is een beleidskeuze, en het weerspiegelt de situatie in de Oosterschelde – dat hiervan 1/3 kan worden gebruikt voor commerciële productie, levert dit bij een 3-jarige kweekcyclus en een bestand van 32 mln kg een opbrengst op van ca 10 mln kg per jaar. Voor het Grevelingenmeer is daarom een potentiële productie berekend van 10 mln kg per jaar. Het Grevelingenmeer met getij heeft voldoende draagkracht om deze productie te kunnen bereiken. Daarvoor is naast voedsel ook areaal nodig. In totaal is er in het Grevelingenmeer met getij ruim 3000 ha geschikt voor bodemcultuur (dit correspondeert met een biomassa van 1 kg/m²) of ruim 1200 ha voor hangcultuur/MZI. De meest geschikte gebieden voor schelpdierkweek in het Grevelingenmeer liggen voornamelijk bij de Brouwersdam en de Grevelingendam en ten zuiden van de Hompelvoet. Het totale areaal dat beschikbaar is, is voldoende om de berekende potentiële productie van 10 mln kg per jaar te kunnen bereiken, en is een substantiële uitbreiding ten opzichte van het huidige perceelareaal van 550 ha. Voorwaarde is wel dat er voldoende menging is in het systeem, hetgeen ook kan worden verwacht bij een getijverschil van 50 cm. Dit kan worden gerealiseerd in gebieden die buiten de vaargeul liggen. Het is niet bekend in hoeverre andere gebruikers van de potentiële kweekarealen gebruik willen maken.

In het zoete Volkerak Zoommeer is geen schelpdierkweek. Een zout Volkerak-Zoommeer biedt dus nieuwe mogelijkheden voor kweek van schelpdieren. Hoewel de hoeveelheid voedsel (algen) hoog zal zijn, is de waterbeweging beperkt waardoor schelpdieren in hoge dichtheden elkaar sneller zullen beconcurreren om het beschikbare voedsel. Voor het Volkerak Zoommeer is de ecologische draagkracht geschat op 58 mln kg; bij productie door 1/3 van dit bestand, zijnde ca 20 mln, is er een kweekpotentie geschat van 7 miljoen kg per jaar. Ook in dit gebied lijkt de draagkracht voldoende te zijn om deze productie te halen. Door de lage stroomsnelheden lijkt het Volkerak-Zoommeer eerder een geschikt gebied te worden voor hangcultuur of MZI's dan voor bodemcultuur. In een zout Volkerak-Zoommeer met beperkt getij is er ruim 2000 ha nieuw areaal geschikt voor bodemcultuur van schelpdieren, met een biomassa van 1 kg/m², of ruim 1000 ha voor hangcultuur/MZI. De meest geschikte gebieden liggen in het westelijk deel van het Krammer-Volkerak. De geschiktheid van het oostelijk deel van het Krammer-Volkerak wordt beperkt door het zoete water uit het Hollands Diep en het optreden van zuurstofloosheid nabij de bodem. Net als bij het Grevelingenmeer geldt voor het Volkerak-Zoommeer dat niet bekend is in hoeverre andere gebruikers van de mogelijke kweekarealen gebruik willen maken.

Beantwoording kennisvragen

Op basis van dit rapport kunnen de gestelde vragen als volgt worden beantwoord:

De hoofdvraag was: Wat zijn nieuwe mogelijkheden op het gebied van de (schelpdier)visserijcultuur in de Grevelingen/Volkerak Zoommeer en waar zijn deze activiteiten gezien vanuit het huidige ruimtegebruik te ontwikkelen ?

De maximum voorraad schelpdieren (de ecologische draagkracht) van het Grevelingenmeer met getij wordt geschat op 96 mln kg, van een zout Volkerak op 42 mln kg, en een zout Zoommeer op 16 mln kg.

Indien 1/3 van de voorraad voor commerciële productie wordt gebruikt (productie draagkracht is dan 1/3 van de totale voorraad) en de kweekcyclus gemiddeld 3 jaar duurt, is er een potentiële productie mogelijk van respectievelijk 10 en 7 mln kg per jaar in Grevelingenmeer en VZM, zijn de 1/9 van de totale voorraad. Ten opzichte van de huidige productie aan oesters, die ca 0.3 mln kg per jaar bedraagt, betekent dit een forse uitbreiding.

Potentiele kweeklocaties zijn in kaart gezet en in onderhavig rapport opgenomen.

De deelvragen luiden:

1. Is het document "het expert-judgement over de draagkracht Grevelingen voor Schelpdierkweek" (van Gils & van Duren 2010) nog valide? (aannamen, nieuwe inzichten, voldoende abstractieniveau t.b.v. plan-MER), bijv. mosselproductie 20 Mkg/jr in Oosterschelde

De draagkracht schatting van van Gils & van Duren, 2010, is gebaseerd op een extrapolatie van data van de Oosterschelde op basis van het verschil in oppervlakte. De berekening in onderhavige studie is gebaseerd op de geschatte primaire productie van de Grevelingen, maar komt wel uit op dezelfde potentiële opbrengst van 10 mln kg per jaar. Deze schatting houdt geen verband met de kweekresultaten van de Oosterschelde.

2. Zijn de effecten voor de huidige visserij in Grevelingen, verwoord in de MKA-Verkenning Grevelingen (mei 2012, pag. 20/31, Witteveen & Bos) nog valide? (aannamen, alleen vaste vistuig of ook andere vormen, aalvisserij/verbod, wolhandkrab, nieuwe inzichten, markt/economische prijsindicatie e.d.)

Het rapport 'MKBA verkenning Grevelingen' van Witteveen & Bos (2012) geeft een schatting van de mogelijke opbrengsten van schelpdierkweek bij getij en komt op 91 mln Euro. De aanname is dat de Grevelingen in staat zou zijn om 10 miljoen kilo mosselen per jaar te produceren. Bij een prijs van € 1,05 per kg levert dat € 10,5 mln per jaar op. De netto toevoegde waarde van de sector is, volgens hun bron (Ruijgrok, 2006), 45%. Deze 45% van € 10,5 mln per jaar, over een periode van 100 jaar, tegen een discontovoet van 5,5% is volgens het rapport € 90,6 mln (e-mail van H. Biersma, buro Rebel, 2013). Het uitgangspunt van deze berekening is wat betreft de opbrengst van 10 mln kg in overeenstemming met onderhavige rapportage, en ook de kiloprijs stemt overeen met de huidige marktverhoudingen. In hoeverre de economische berekening verder op de juiste uitgangspunten is gebaseerd is door ons niet te beoordelen.

Voor Volkerak Zoommeer is er een voorlopige schatting van de baten van schelpdiercultuur van 5,7 – 14.4 mln Euro, bij perceel arealen van resp 400 en 600 ha, en een looptijd van 35 jaar.

3. Zijn er nog andere vormen van (schelpdier)visserij in beeld bij Getij-Grevelingen en zout Volkerak-Zoommeer (bijv. kokkels, zaadinvang) en heeft dit enige economische betekenis?

In het rapport is aangegeven dat er ruimte is voor zaadinvang. De kansen voor kokkels worden groter naarmate het areaal getijdegebied toeneemt, en dat is in het Grevelingenmeer 1587 ha en in VZM < 608 ha. Het kokkel habitat blijft evenwel beperkt vanwege de noodzakelijke minimum overspoelingsduur; daar is in onderhavig rapport verder niet op ingegaan.

4. Zijn er vanuit EZ beleidsmatige overwegingen voor de sector die ook moeten meewegen in (on)mogelijkheden in Grevelingen, Krammer-Volkerak? (denk aan MZI-beleid, compensatiepercelen vanuit Oosterschelde)?

Een belangrijke vraag betreft de procedure die zal worden gevolgd bij de toekenning van nieuwe arealen en concessies. Uit het overleg met de stakeholders kwam naar voren dat er zeker belangstelling is vanuit de diverse sectoren. In onderhavig rapport is niet ingegaan op deze procedurele aspecten. Het is wel van

belang de geschiktheid van potentiële locaties uit te testen omdat in onderhavige kansen analyse niet is ingegaan op specifieke lokale factoren.

6 Kwaliteitsborging

IMARES beschikt over een ISO 9001:2008 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem (certificaatnummer: 124296-2012-AQ-NLD-RvA). Dit certificaat is geldig tot 15 december 2015. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV Certification B.V. Daarnaast beschikt het chemisch laboratorium van de afdeling Vis over een NEN-EN-ISO/IEC 17025:2005 accreditatie voor testlaboratoria met nummer L097. Deze accreditatie is geldig tot 1 april 2017 en is voor het eerst verleend op 27 maart 1997; deze accreditatie is verleend door de Raad voor Accreditatie.

Referenties

- Bannink, B. A., J. H. M. Van der Meulen en P. H. Nienhuis (1984) Lake Grevelingen: from an estuary to a saline lake. An introduction. *Netherlands Journal of Sea Research* 18: 179-190.
- Cranford, P. J., J. E. Ward en S. E. Shumway (2011) Bivalve filter feeding: variability and limits of the aquaculture biofilter, Pages 81-124 in S. E. Shumway, ed. *Shellfish Aquaculture and the Environment*, Wiley-Blackwell.
- Dame, R. F. en T. C. Prins (1998) Bivalve carrying capacity in coastal ecosystems. *Aquatic Ecology* 31: 409-421.
- De Jong, D. J. en D. C. Van Maldegem (2010) Invloed getij op oevers Grevelingen Meer. Huidige ontwikkeling en prognoses voor scenario's T50, T70 en T100. Rijkswaterstaat Dienst Zeeland, Rapport, 49 pagina's.
- De Vries, I., A. C. Smaal en J. W. M. Wijsman (2008) Memo: Quick scan naar de draagkracht van een toekomstig zout VZM voor schelpdierkweek. Deltares, Rapport, 4 pagina's.
- De Vries, I., C. Sprengers, A. J. Nolte, B. Stengs, O. Weiler en T. H. G. Jongeling (2013) Verwachte waterkwaliteit in een verbonden en zout Grevelingen - Volkerak-Zoommeer met getij. Resultaten van 1D en 3D modellering. Deltares, Rapport nummer: 1207783-000-VEB-0011, 31 pagina's.
- deZwaan, A. en R. H. M. Eertman (1996) Anoxic or aerial survival of bivalves and other euryoxic invertebrates as a useful response to environmental stress - A comprehensive review. *Comparative Biochemistry and Physiology C-Pharmacology Toxicology & Endocrinology* 113: 299-312.
- Grevelingenmeer, V. (2010) Visplan Grevelingenmeer, Rapport, 108 pagina's.
- Hoeksema, H. J. (2002) Grevelingenmeer van kwetsbaar naar weerbaar? RIKZ Middelburg, Rapport nummer: RIKZ/2002.033.
- Keizer, A. en M. Liefing (2010) Waterberging Volkerak-Zoommeer Scheepvaart, landbouw en visserij. DHV, Rapport, 63 pagina's.
- Kerremans, K. (2010) Kansen voor een verzilt Volkerak. Meer met natuurlijke dynamiek. NHTV, Internationale hogeschool Breda, Ruimtelijke Ordening en Planologie, Rapport, 57 pagina's.
- Nolte, A. J., C. J. Sprengers en J. A. G. Van Gils (2013) Samenhang in de Zuidwestelijke Delta: Integrale beschouwing en kwantificering van estuariene dynamiek. Deltares, Rapport nummer: 1208082-000-ZKS-0008, 50 pagina's.
- PCRasterTeam (2011) PCRaster Documentation Release 3.0.1, Rapport, 330 pagina's.
- Schneider, O., J. W. M. Wijsman, J. Steenbergen en A. C. Smaal (2006) Vissen in het zout Een quickscan naar de gevolgen van het alternatief "zout" voor de visserij en schelpdiercultuur in het Volkerak Zoommeer. IMARES, Rapport nummer: C069/06, 25 pagina's.
- Schuiling, E. en A. C. Smaal (1998) Het zoet in de pap. Een literatuurstudie naar de effecten van verhoogde zoetwatertoevoer op commercieel belangrijke soorten in de Oosterschelde. RIVO-DLO, Rapport nummer: C041/98, 47 pagina's.
- Smaal, A. C. en T. C. Prins (1993) The uptake of organic matter and the release of inorganic nutrients by bivalve suspension feeder beds, Pages 271-298 in R. F. Dame, ed. *Bivalve filter feeders in estuarine and coastal ecosystem processes*. NATO ASI Series G. Berlin, Springer Verlag.
- Smaal, A. C., T. Schellekens, M. R. Van Stralen en J. C. Kromkamp (2013) Decrease of the carrying capacity of the Oosterschelde estuary (SW Delta, NL) for bivalve filter feeders due to overgrazing? *Aquaculture* 404-405: 28-34.
- Steenbergen, J. (2004) Het effect van sterk wisselende zoutgehalten op het benthos in de Westerschelde en de Haringvlietmonding. RIVO, Rapport nummer: C075/04, 39 pagina's.
- Troost, T. A., J. W. M. Wijsman, S. Saraiva en V. Freitas (2010) Modeling shellfish growth with Dynamic Energy Budget models: an application for cockles and mussels in the Oosterschelde (SW Netherlands). *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* 365: 3567-3577.
- Van Duren, L., P. Boers en I. De Vries (2006) Is there a green solution for a blue-green problem leading to clear blue water? Results of the expert evaluation of model calculations on management scenarios to eradicate cyanobacteria from the Volkerak - Zoommeer area. WL | delft Hydraulics, Rapport, 68 pagina's.
- Van Gils, J. A. en L. Van Duren (2010) Expert judgement naar draagkracht van de Grevelingen voor schelpdierkweek. Deltares, Rapport, 12 pagina's.
- Visser, J. (1995) Het Grevelingenmeer, natuurlijk ingericht. Achtergronden van 25 jaar inrichting en beheer. Min. Verkeer en Waterstaat, Dir IJsselmeergebied, Rapport nummer: 378, 85 pagina's.

- W&B (2012) MIRT Verkenning Grevelingen. Milieueffectrapport. Witteveen & Bos, Rapport, 55 pagina's.
- Wattel, G. (1996) Grevelingenmeer: uniek maar kwetsbaar. RIKZ, Rapport nummer: RIKZ-96.014, 101 pagina's.
- Wetsteyn, L. P. M. J. (2011) Grevelingenmeer: meer kwetsbaar? Een beschrijving van de ecologische ontwikkelingen voor de periode 1999 t/m 2008 - 2010 in vergelijking met de periode 1990 t/m 1998. RWS Waterdienst, Rapport, 163 pagina's.
- Wijnhoven, S. en H. Hummel (2009) Historische analyse exoten in de Zeeuwse delta. De opkomst, verspreiding, ontwikkeling en impact van exoten onder de macrofauna van het zachte substraat in de Zeeuwse brakke en zoute wateren. NIOO-CEME, Rapport nummer: Monitor Taskforce Publication Series 2009 – 11, 192 pagina's.
- Wijsman, J. W. M. (2002) Stratificatie en zuurstofdeficiëntie in het Grevelingenmeer. RIKZ Middelburg, Rapport nummer: RIKZ/AB/2002.819X, 64 pagina's.
- Wijsman, J. W. M. en A. C. Smaal (2011) Growth of cockles (*Cerastoderma edule*) in the Oosterschelde described by a Dynamic Energy Budget model. Journal of Sea Research 66: 372-380.
- Wijsman, J. W. M. en F. M. Kleissen (2012) Potenties van een zout Volkerak-Zoommeer voor mossel- en oestercultuur. IMARES, Rapport nummer: C180/11, 43 pagina's.
- Wijsman, J. W. M., P. C. Goudswaard, M. J. J. Kotterman en A. C. Smaal (2014) Quick scan: Effecten zout getij Grevelingenmeer en Volkerak-Zoommeer op visserij en aquacultuur. IMARES, Rapport nummer: C013/14, 52 pagina's.

Verantwoording

Rapport C045/14

Projectnummer: 430 8301031

Dit rapport is met grote zorgvuldigheid tot stand gekomen. De wetenschappelijke kwaliteit is intern getoetst door een collega-onderzoeker en het betreffende afdelingshoofd van IMARES.

Akkoord: Dr. T. Schellekens
onderzoeker

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'T. Schellekens', with a long horizontal stroke extending to the right.

Handtekening:

Datum: 20 maart 2014

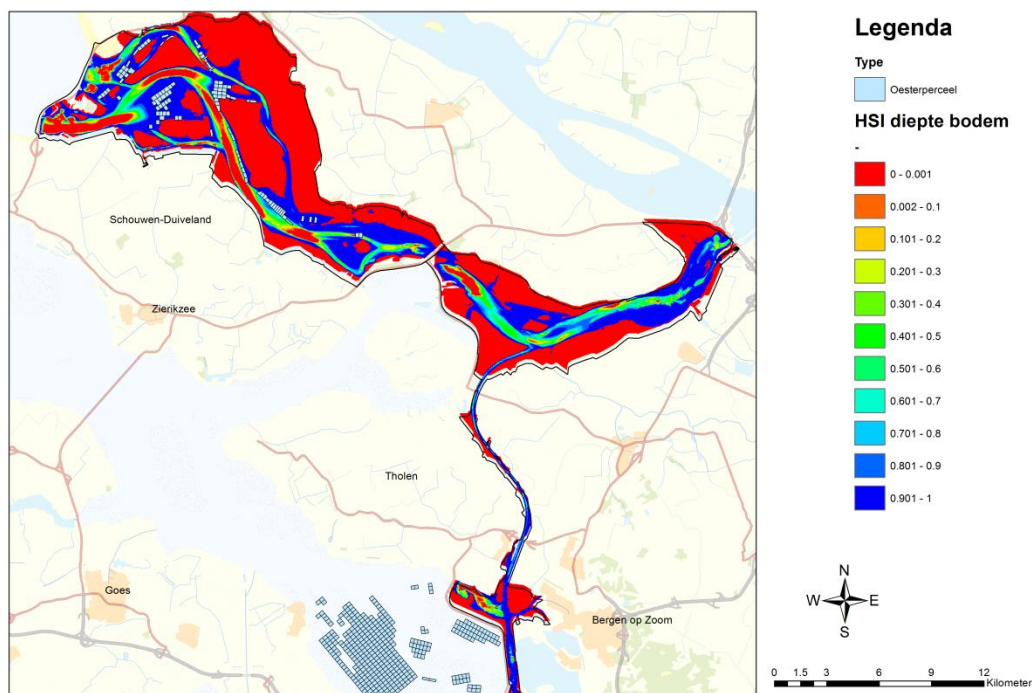
Akkoord: Dr L van Hoof
a.i. hoofd afdeling Delta

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'L. van Hoof', with a long horizontal stroke extending to the right.

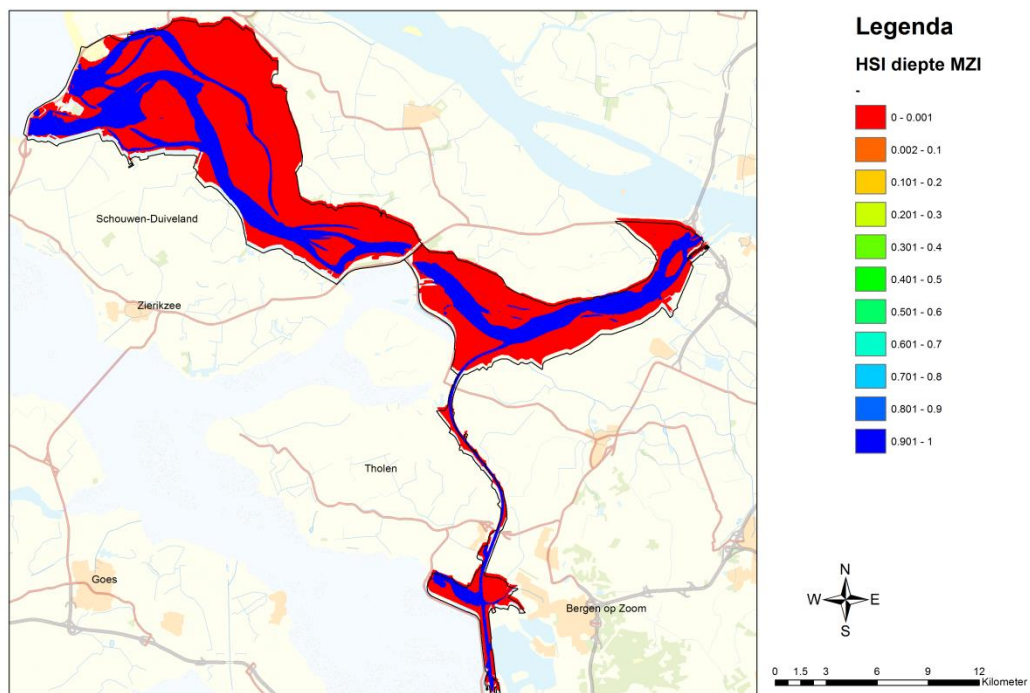
Handtekening:

Datum: 20 maart 2014

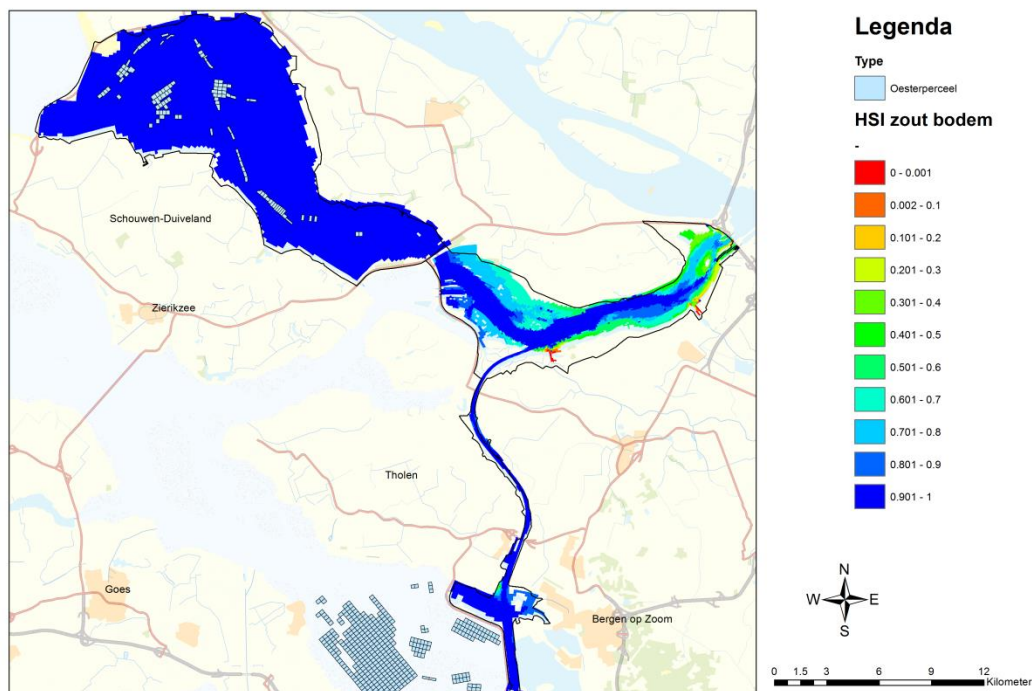
BIJLAGE Partiële geschiktheden Grevelingenmeer en Volkerak-Zoommeer



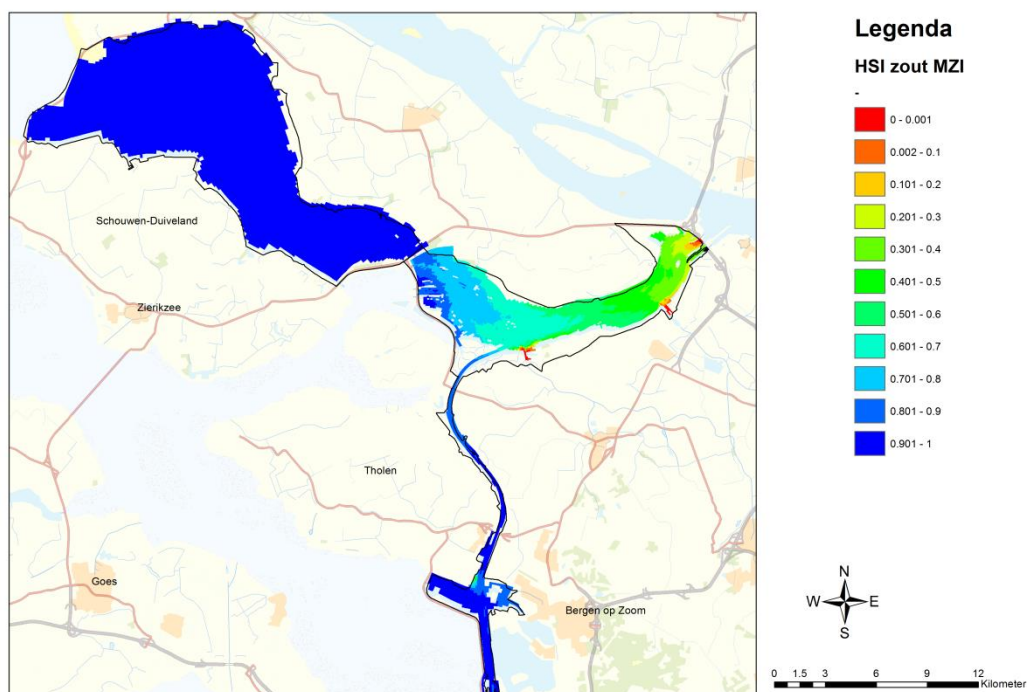
Figuur 14: Partiële geschiktheid van het Grevelingenmeer en het Volkerak-Zoommeer voor bodemcultuur op basis van waterdiepte. De huidige kweekpercelen zijn ook ingetekend.



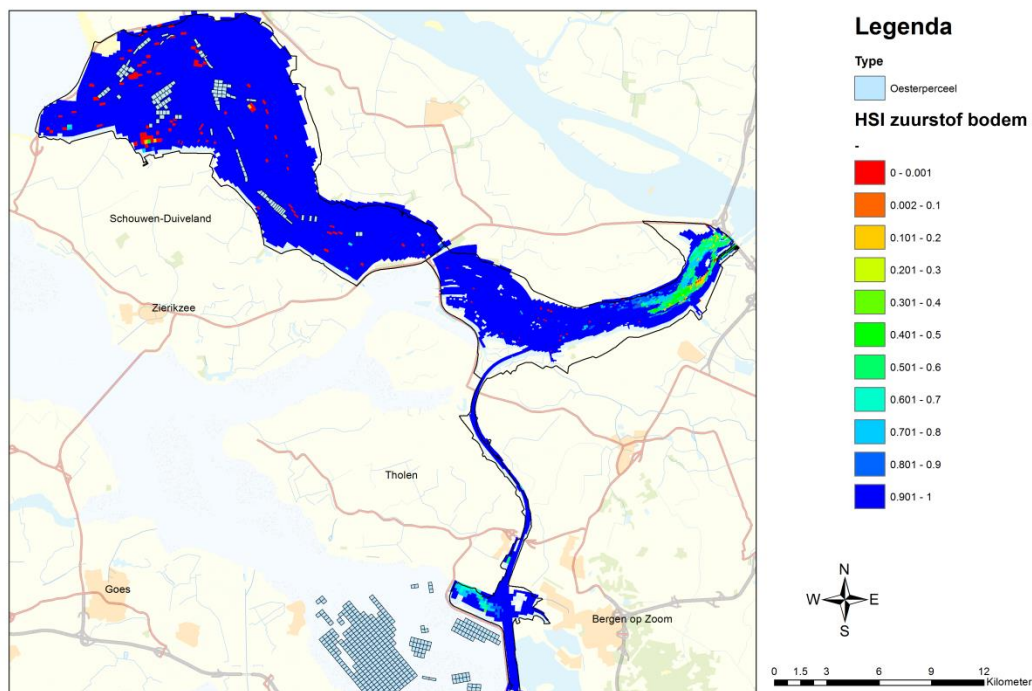
Figuur 15: Partiële geschiktheid van het Grevelingenmeer en het Volkerak-Zoommeer voor MZI en hangcultuur op basis van waterdiepte.



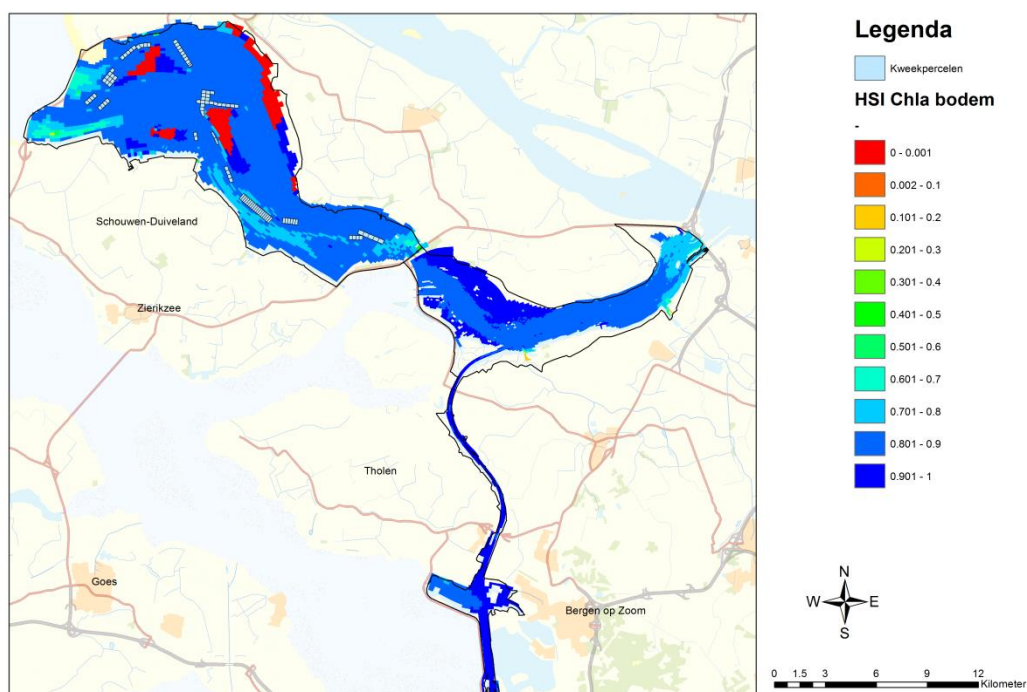
Figuur 16: Partiele geschiktheid van het Grevelingenmeer en het Volkerak-Zoommeer voor bodemcultuur op basis van zoutgehalte. De huidige kweekpercelen zijn ook ingetekend.



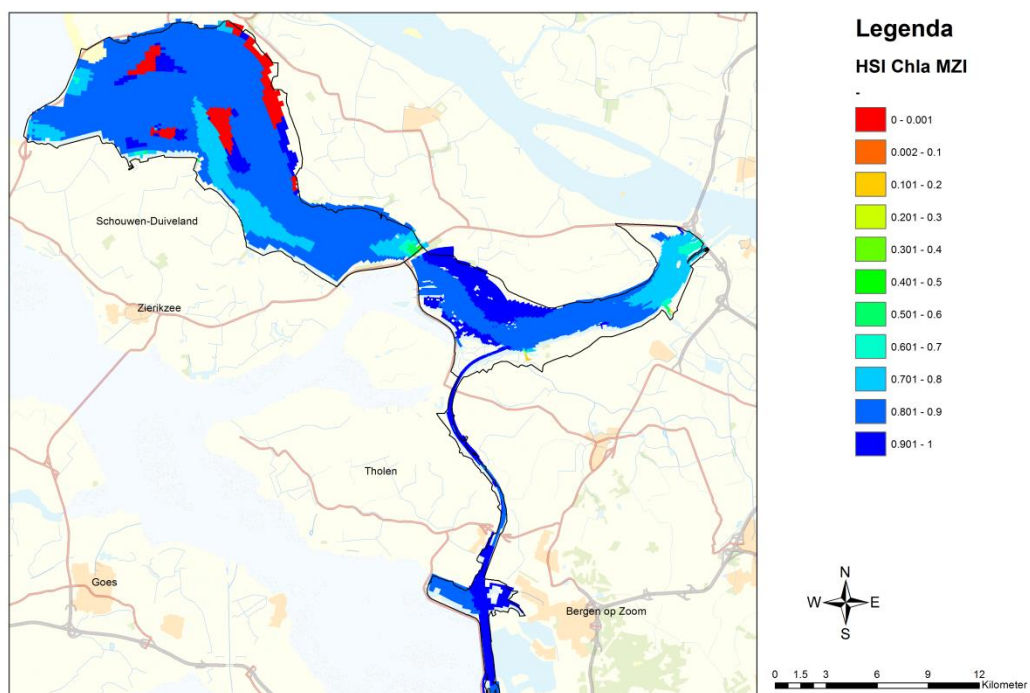
Figuur 17: Partiele geschiktheid van het Grevelingenmeer en het Volkerak-Zoommeer voor MZI en hangcultuur op basis van zoutgehalte.



Figuur 18: *Partiële geschiktheid van het Grevelingenmeer en het Volkerak-Zoommeer voor bodemcultuur op basis van maximum aantal dagen zuurstofloosheid nabij de bodem. De huidige kweekpercelen zijn ook ingetekend.*



Figuur 19: *Partiële geschiktheid van het Grevelingenmeer en het Volkerak-Zoommeer voor bodemcultuur op basis van de jaargemiddelde chlorofyll-a concentratie nabij de bodem. De huidige kweekpercelen zijn ook ingetekend.*



Figuur 20: Partiële geschiktheid van het Grevelingenmeer en het Volkerak-Zoommeer voor MZI en hangcultuur op basis van de jaargemiddelde chlorofyll-a concentratie nabij de bodem. De huidige kweekpercelen zijn ook ingetekend.