

Quick scan: Effecten zout getij Grevelingenmeer en Volkerak-Zoommeer op visserij en aquacultuur

J.W.M. Wijsman, P.C. Goudswaard, M.J.J. Kotterman en
A.C.S. Smaal
Rapport C013/14



IMARES Wageningen UR

(IMARES - Institute for Marine Resources & Ecosystem Studies)

Oprichtgevers:

RWS Zee en Delta
Postbus 5014
4330 KA Middelburg

Dienst Landelijk Gebied
Postbus 19275
2500 CG Den Haag

Publicatiedatum:

5 februari 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.

A_4_3_1-V13.3

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave.....	3
Samenvatting.....	5
1 Inleiding.....	6
1.1 Probleemstelling.....	6
1.2 Achtergrond.....	6
1.3 Doelstelling.....	7
1.4 Aanpak.....	7
1.5 Dankwoord.....	7
2 Beschrijving van het gebied.....	8
2.1 Volkerak-Zoommeer.....	8
2.2 Grevelingenmeer.....	9
3 Alternatief Zout-Getij Grevelingen Volkerak-Zoommeer.....	12
3.1 Beschrijving.....	12
3.1.1 Brouwersdam.....	12
3.1.2 Grevelingendam.....	12
3.1.3 Volkeraksluizen.....	12
3.1.4 Bathse spuisluis.....	12
3.2 Effecten op waterkwaliteit.....	13
4 Risico's van vervuiling met Dioxinen en PCB's.....	14
4.1 Dioxines en PCB's in paling en kreeft.....	14
4.2 Dioxine en PCB gehaltes in Krammer-Volkerak en Grevelingenmeer.....	14
4.3 Effect van verbinding Krammer-Volkerak met Grevelingenmeer.....	15
4.3.1 Verversing water Volkerak.....	16
4.3.2 Verstoring sedimentlagen, veranderde kwaliteit zwevend stof.....	16
4.3.3 Migratie vis.....	16
4.3.4 Biotoop verandert door zout/zoet, zuurstofloosheid diepere waterlagen.....	17
5 Effecten voor Visserij.....	18
5.1 Visserij Volkerak-Zoommeer.....	18
5.1.1 Recente ontwikkeling van de beroepsvisserij.....	18
5.1.2 Recente ontwikkelingen in de recreatieve visserij.....	18
5.2 Visserij in het Grevelingenmeer.....	19
5.2.1 Recente ontwikkeling van de beroepsvisserij.....	19
5.2.2 Recente ontwikkelingen in de recreatieve visserij.....	20
5.3 Gevolgen zout getij Volkerak-Zoommeer.....	21
5.3.1 Visbestanden.....	21
5.3.2 Beroepsvisserij.....	21
5.3.3 Recreatieve visserij.....	22

5.4	Gevolgen getij Grevelingenmeer	22
5.4.1	Visbestanden	22
5.4.2	Beroepsvisserij	22
5.4.3	Recreatieve visserij	23
6	Effecten voor schelpdierkweek	24
6.1	Schelpdierkweek Volkerak-Zoommeer	24
6.2	Schelpdierkweek in het Grevelingenmeer	24
6.3	Gevolgen zout getij Grevelingen Volkerak–Zoommeer voor schelpdierkweek... 25	
6.3.1	Grevelingenmeer	25
6.3.2	Volkerak-Zoommeer	26
6.4	Draagkracht voor schelpdierkweek	26
6.5	Kansenkaart schelpdierkweek	27
6.5.1	Inleiding	27
6.5.2	Kansenkaart bodemcultuur schelpdieren	28
6.5.3	Kansenkaart hangcultuur/MZI schelpdieren	29
7	Conclusies	32
7.1	Vervuiling met dioxinen en PCB's	32
7.2	Visserij	33
7.3	Schelpdierkweek	34
8	Kwaliteitsborging	36
	Referenties	37
	Verantwoording	39
	Bijlage A. Aanpak kansenskaart bodemcultuur en hangcultuur	40
	Bijlage B. GIS data Grevelingenmeer en Volkerak-Zoommeer	44
	Bijlage C. Resultaten waterkwaliteitsberekeningen Deltares	46
	Bijlage D. Partiële geschiktheden Grevelingenmeer en Volkerak-Zoommeer	49

Samenvatting

In het kader van de Rijksstructuurvisie Grevelingen en Volkerak-Zoommeer worden de mogelijkheden verkend om beperkt getij terug te brengen in beide bekken door het maken van openingen in de Brouwersdam en de Grevelingendam. Tevens zou het Volkerak-Zoommeer hierbij weer terug zout worden. In deze quick-scan is verkend wat de gevolgen van deze ingrepen zijn op de visserij en aquacultuur in de genoemde gebieden.

Op dit moment zijn de gehalten aan dioxineachtige stoffen (som-TEQ) en niet dioxine-achtige PCB's (som-PCB's) in grote paling in het Volkerak-Zoommeer boven de Europese voedselveiligheidsnorm en er mag daar niet commercieel op paling worden gevestigd. In het Grevelingenmeer zijn de gehalten lager, en daar mag wel commercieel op paling worden gevestigd. Het is niet te verwachten dat het terugbrengen van het getij en het herstel van de verbinding tussen Grevelingenmeer en Volkerak-Zoommeer ertoe zal leiden dat de gehalten in paling in het Grevelingenmeer boven de norm gaan komen. De paling in het westelijk deel van het Volkerak-Zoommeer is schoner (gehalten zijn beneden de norm) dan de paling in het oostelijk deel, nabij de Volkeraksluizen. Paling zal kunnen migreren tussen Grevelingenmeer en het westelijk deel van het Volkerak-Zoommeer. Het is de verwachting dat de toename van verversing door het getij voor zowel het Grevelingenmeer als het Volkerak-Zoommeer zal leiden tot een verbetering van de waterkwaliteit. De extra toevoer van zoetwater vanuit het Hollandsch Diep, een waterlichaam met hogere som-TEQ en som-PCB vervuiling, zal een beperkt negatief effect hebben op de gehalten aan som-TEQ en som-PCB. Op basis van de beperkte beschikbare gegevens is niet te verwachten dat de introductie van het getij in Grevelingenmeer en Volkerak-Zoommeer zal leiden tot een overschrijding van de normen voor som-TEQ en som-PCB in vis, schaal en schelpdieren in het Grevelingenmeer.

Het is de verwachting dat een doorlaatmiddel in de Brouwersdam een positief effect zal hebben op de migratie van vis tussen Grevelingenmeer en de Voordelta. Op dit moment is er ook al migratie mogelijk via de Brouwerssluis. De verbeterde migratie van vis tussen de Voordelta en het Grevelingenmeer zal in combinatie met de verbeterde waterkwaliteit waarschijnlijk gaan leiden tot een hogere diversiteit en biomassa aan vis in het Grevelingenmeer. De grootste veranderingen zullen daarbij optreden in het Volkerak-Zoommeer waar de vispopulatie zal veranderen van zoetwatervisserij (pootvis en snoekbaars) in een zoutwatervisserij (harders en zeebaars). Als de doorlaat in de Brouwersdam wordt gecombineerd met een getijdencentrale is het van belang dat deze "visvriendelijk" worden uitgevoerd waardoor ook de kans op sterfte voor soorten die regelmatig met het getij migreren wordt geminimaliseerd. Naast de nieuw aan te leggen doorlaat is het de bedoeling dat de huidige doorlaat via de Brouwerssluis blijft bestaan.

De verhoogde dynamiek in het Grevelingenmeer biedt meer perspectieven voor schelpdierkweek. Door de betere uitwisseling en de verwachte verhoogde algenproductie zal de draagkracht voor schelpdieren toenemen. Ook in het zoute Volkerak-Zoommeer zouden weer schelpdieren kunnen worden gekweekt. Voor het Grevelingenmeer is een potentiële productie van 10 mln kg schelpdieren per jaar berekend en voor het Volkerak-Zoommeer een productie van 7 mln kg per jaar. De kanskaart laat zien dat er zowel in het Grevelingenmeer als in het Volkerak-Zoommeer voldoende geschikte gebieden liggen om deze productie te halen. Vanwege de lagere stroomsnelheden lijkt het Volkerak-Zoommeer eerder een geschikt gebied te worden voor hangcultuur of MZI's dan voor bodemcultuur.

1 Inleiding

De waterkwaliteit van het Volkerak-Zoommeer en het Grevelingenmeer dient verbeterd te worden. Tevens is men op zoek naar aanvullende waterberging voor de rivieren. In het kader van de Rijksstructuurvisie Grevelingen en Volkerak-Zoommeer (RGV) wordt gewerkt aan plannen voor een toekomstbestendige inrichting (20-30 jaar) van deze gebieden ten aanzien van het waterbeheer. Het gaat daarbij om wel of geen getij in het Grevelingenmeer, een zout of een zoet Volkerak-Zoommeer en de mogelijkheid van waterberging in het Grevelingenmeer. Deze plannen hebben grote invloed op de diverse gebruiksfuncties in deze gebieden.

Naar effecten op de natuur is al veel onderzoek gedaan, vooral in het kader van de 'MIRT-verkenning Grevelingen' en de 'MER-planstudie waterkwaliteit Volkerak-Zoommeer'. Het ontbreekt echter aan een totaaloverzicht en analyse. Ook moet worden nagegaan waar studiemateriaal en onderzoek geactualiseerd en aangevuld moet worden. Dit gebeurt in de 'Natuureffectenstudie' en de MER-RGV. Daarbij leiden de alternatieven en varianten uit de RGV tot specifieke vragen over de gevolgen op de natuur in het Grevelingenmeer en het Volkerak-Zoommeer. Op basis van het totaalbeeld aan relevant en geactualiseerd onderzoek zullen deze vragen zo goed mogelijk worden beantwoord. Een van de onderdelen die aan de orde komen in de natuureffectenstudie en de MER-RGV is het effect op de visserijfuncties.

1.1 Probleemstelling

Een van de alternatieven die wordt onderzocht is het herstel van (gedempt) getij in het Grevelingenmeer en Volkerak-Zoommeer en het verzilten van het Volkerak-Zoommeer vanuit het Grevelingenmeer. Hierbij zal er een doorlaatmiddel in de Brouwersdam (verbinding Grevelingenmeer – Noordzee) en de Grevelingendam (verbinding Grevelingenmeer – Volkerak-Zoommeer) worden gemaakt. Deze veranderingen kunnen gevolgen hebben voor de visserij en aquacultuurfuncties binnen het gebied. Zo zijn er bijvoorbeeld zorgen over de toevoer van verontreinigd slib en verontreinigde paling uit het Krammer-Volkerak naar het Grevelingenmeer.

1.2 Achtergrond

In het Krammer-Volkerak mag op dit moment niet op paling worden gevestigd omdat de gehalten dioxines en dioxine-achtige PCB's (uitgedrukt in som-TEQ) te hoog zijn. In het Grevelingenmeer zijn de som-TEQ gehalten onder de norm en daar mag wel commercieel op paling worden gevestigd. De vrees bestaat nu dat met het herstellen van de verbinding tussen het Grevelingenmeer en het Krammer-Volkerak, de som-TEQ gehalten in paling uit het Grevelingenmeer ook boven de norm gaan komen.

In een eerdere studie (Schneider e.a., 2006) is al eens onderzocht wat de effecten van een verzilting van het Volkerak-Zoommeer zijn voor visserij en aquacultuur. De aannames die in die studie zijn gedaan zijn achterhaald door de nieuwe plannen van het verzilten met water vanuit het Grevelingenmeer in plaats van de Oosterschelde. Een update van deze studie is dus gewenst.

In een andere studie is er op basis van waterkwaliteitsberekeningen een kansenkaart opgesteld voor schelpdier aquacultuur in een zout Volkerak-Zoommeer (Wijsman en Kleissen, 2012). In het kader van de MIRT-verkenning zijn er nu nieuwe 3D modelberekeningen uitgevoerd door Deltares voor een gekoppeld Grevelingenmeer/Volkerak-Zoommeer (De Vries e.a., 2013). Dit maakt het mogelijk om de kansenkaart te actualiseren met de nieuwe gegevens en ook uit te bereiden naar het Grevelingenmeer.

Deze studie is uitgevoerd door IMARES in een gezamenlijke opdracht van Rijkswaterstaat en Dienst Landelijk Gebied van het Ministerie van Economische Zaken. In het kader van een parallelle

helpdeskvraag van het Ministerie van EZ is door IMARES onderzocht wat de kansen zijn voor aquacultuur in een Grevelingenmeer met een doorlaat in de Brouwersdam. De resultaten uit deze studie zijn gebruikt bij de huidige opdracht.

1.3 Doelstelling

Het doel van deze quick-scan is de effecten van het herstel van de verbinding tussen Grevelingenmeer en Krammer-Volkerak op de visserij en aquacultuur in kaart te brengen. Tevens is onderzocht of en in welke mate de som-TEQ gehalten van de paling negatief kunnen worden beïnvloed door het herstel van deze verbinding. De resultaten van deze studie kunnen worden gebruikt in de natuureffectenstudie en het milieueffectrapport die als onderbouwing worden gebruikt in de besluiten in de Rijkstructuurvisie Grevelingen en Volkerak-Zoommeer.

1.4 Aanpak

Deze studie beschrijft de resultaten van een quick-scan gebaseerd op bestaand onderzoek en inschattingen door experts. Hierbij is gekeken naar het alternatief waarbij het Grevelingenmeer en Volkerak-Zoommeer met elkaar worden verbonden, met beperkt getij in beide bekkens. Het Volkerak-Zoommeer zal in dit alternatief zout worden. De kansenkaart voor het Volkerak-Zoommeer die is gemaakt door Wijsman en Kleissen (2012) is uitgebreid naar het Grevelingenmeer en ge-update met nieuwe modelberekeningen

1.5 Dankwoord

Speciale dank gaat uit naar Arno Nolte van Deltares voor het beschikbaar stellen van de resultaten van de 3D modelberekeningen uit hun studie (De Vries e.a., 2013). Dank gaat ook uit naar dhr. Kooistra (Beroepsvisser op het Volkerak-Zoommeer), dhr. W. de Vries (Sportvisserij Zuid West Nederland) en dhr. J. Muller (Combinatie Beroepsvissers Grevelingen) voor hun waardevolle informatie over de beroeps- en sportvisserijsector in het Grevelingenmeer en het Volkerak-Zoommeer. Marloes Kraan (IMARES) willen we danken voor haar waardevolle verbeteringen op een eerdere versie van dit rapport.

2 Beschrijving van het gebied

2.1 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 Hollandsch Diep/Haringvliet zoetwater ingelaten via de Volkeraksluizen. Overtollig water wordt geloosd op de Westerschelde via het Bathse Spuikanaal. De aanvoer van meststoffen vanuit de Brabantse rivieren en het Hollandsch Diep, in combinatie met de geringe doorstroming van water, leidt regelmatig tot explosieve groei van toxische blauwalgen (*Microcystis*) in de zomer wat een negatief effect heeft op de (zwem)waterkwaliteit. Tijdens een blauwalgenbloei is het water ook minder geschikt voor de landbouw. Het afsterven van blauwalgen in de (na)zomer geeft bovendien enorme stankoverlast en kan leiden tot zuurstofloosheid (Wijsman en Kleissen, 2012).



Figuur 1: Overzichtskaart Krammer-Volkerak (boven) en Zoommeer (inzet rechts). De gebieden staan met elkaar in open verbinding via de Eendracht.

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

Als gevolg van eutrofiering is er regelmatig sprake van overlast door blauwalgen in het zomerhalfjaar. Er zijn indicaties dat de waterkwaliteit van het Volkerak-Zoommeer is verbeterd sinds 2005. Het Volkerak-Zoommeer is de afgelopen jaren helderder en rijker aan waterplanten. Er is wel overlast door blauwalgen, maar aanzienlijk minder en pas laat in de zomer. Experts zijn tot de conclusie gekomen dat een invasie van een exotische mosselsoort de oorzaak van de verbetering is: de quaggamossel (*Dreissena rostriformis bugensis*). Deze mossel heeft zich in korte tijd in grote getale gevestigd in verschillende Nederlandse meren. De mossel voedt zich met algen en houdt de overlast zo in toom (De Vries en Postma, 2013).

2.2 Grevelingenmeer

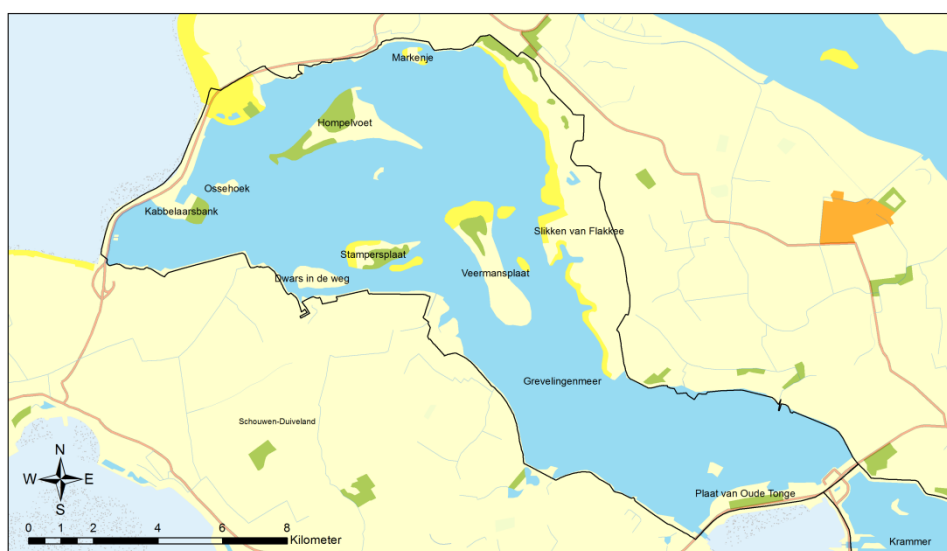
Tot 1964 was de Grevelingen een estuarien getijdenlandschap met uitgestrekte slikken, platen en schorren. Zout Noordzeewater kwam binnen via de monding en via de oostelijke verbinding met de Oosterschelde; zoetwater van de Rijn en Maas werd aangevoerd via het Krammer-Volkerak. Het zoutgehalte was meer dan 10 g Cl^{-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 vanuit 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 g Cl⁻ 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 de 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 zijn er spui- en verversingsluizen ingebouwd in de dammen. In de Brouwersdam zijn sluiskokers aangelegd 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 chloridgehalten 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 zetten op de na 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: Overzichtskartaart 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 beroepsvissers optimaal op de wegtrekkende schieraal konden vissen. Sinds 2006 is deze 30-dagenregeling opgeheven en kan 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 (Kabellaarsbank). De voormalige slikken (zoals slikken van Bommedede 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). Het oppervlak buitendijks drooggevallen gebieden is 3,12 km² (Hoeksema, 2002) (W&B, 2012). Ieder jaar verdwijnt zo'n 10 ha hiervan in het water als gevolg van oevererosie (Zuid-Holland, 2006).

De ecologische toestand van het Grevelingenmeer is in de laatste decennia achteruit gegaan, ondanks dat het beheer van de Brouwerssluis een aantal malen is aangepast ten behoeve van de ecologie van het meer. Vooral de stratificatie van de waterkolom en de als gevolg hiervan optredende zuurstofloosheid heeft een negatief effect op de waterkwaliteit in het Grevelingenmeer. Het inlaten van *Phaeocystis* bloeien door de spuisluis tijdens het voorjaar heeft een versterkend effect op de zuurstofloosheid. (Wijsman, 2002; Wetsteyn, 2011). Op de bodem van het Grevelingenmeer worden regelmatig witte matten aangetroffen die veroorzaakt worden door verschillende soorten van de zwavelbacterie *Beggiotoa*. Zuurstofloze condities treden voornamelijk op tijdens het zomerhalfjaar in de diepere geulen van het Grevelingenmeer. Afhankelijk van de windcondities en de temperatuur kan de zuurstofloosheid zich uitbreiden naar de ondiepere delen van het meer. In het beheer van het Grevelingenmeer wordt ernaar gestreefd om het totale oppervlak aan zuurstofarme bodem minder dan 5% van het totale oppervlakte te houden (Wetsteyn, 2011).

Lage zuurstofconcentraties (<3 mg l⁻¹) in het Grevelingenmeer treden voor het eerst op begin mei in de westelijk gelegen diepe putten van Scharendijke en Den Osse waar rond die tijd over het algemeen stratificatie optreedt op een diepte van ongeveer 15-20 m. Geleidelijk verspreid het zuurstofarme water zich in juni - juli ook over de meer oostelijk gelegen kleinere putten (zoals de putten bij Dreischor en Herkingen) en andere ondiepere delen van het meer (tot op een diepte van ongeveer 7-10 m). Het maximale oppervlakte aan zuurstofarm bodemwater in het Grevelingenmeer wordt meestal aangetroffen eind juni - begin juli. De zuurstofarme condities duren over het algemeen twee tot drie maanden.

Biomassa's aan bodemdieren vertonen sinds 1993 een dalende trend in zowel het westelijke als oostelijke deel en zijn in de periode van 1996 tot en met 2008 afgenomen. Op zachte substraten waar witte matten aangetroffen worden (vanaf 6 m diepte, maar vooral dieper verspreid over het hele meer), worden alleen enkele grondels en krabben aangetroffen. Op en in de bodem leven op deze locaties vrijwel geen dieren. Er is ook een verschuiving opgetreden in de bodemdiersamenstelling. De verhouding depositfeeders/filterfeeders neemt toe onder het macrobenthos waardoor er een "verworming" is opgetreden onder de bodemdieren van het zachte substraat (Schaub e.a., 2002; Wetsteyn, 2011).

3 Alternatief Zout-Getij Grevelingen Volkerak-Zoommeer

3.1 Beschrijving

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. Eén 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.

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.

3.1.1 Brouwersdam

De wateruitwisseling tussen het Grevelingenmeer en de Noordzee wordt bereikt met een nieuw doorlaatmiddel in de Brouwersdam, aanvullend op een bestaand spuisluis in de dam. Het doorlaatmiddel zal mogelijk worden voorzien van hydroturbines en schuiven. Het jaargemiddelde uitwisselingsdebiet door het doorlaatmiddel is $1489 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ naar binnen en $1443 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ naar buiten. De gemiddelde waterbalans door de spuisluis is $72 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ naar binnen en $68 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ naar buiten (De Vries e.a., 2013).

3.1.2 Grevelingendam

Het doorlaatmiddel in de Grevelingendam vormt de verbinding tussen het Grevelingenmeer en het Volkerak-Zoommeer. Hierdoor ontstaat er een aaneengesloten watersysteem van Grevelingen, Volkerak en Zoommeer. Door de open verbindingen ontstaat een zoutwatermilieu op het Volkerak en wordt meer dynamiek gecreëerd (de getijbeweging op zee plant zich door het Grevelingenmeer voort tot in het Volkerak en het Zoommeer). Het jaargemiddelde uitwisselingsdebiet door de Grevelingendam is $376 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ naar het Volkerak-Zoommeer en $322 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ naar het Grevelingenmeer (De Vries e.a., 2013).

3.1.3 Volkeraksluizen

Om zoutindringing in het Hollandsch Diep tegen te gaan zal zoet water via de schutkolken van de Volkeraksluizen worden doorgespoeld richting het Volkerak (gemiddeld debiet $25 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) (De Vries e.a., 2013). Tevens zullen de schutkolken van de Volkeraksluizen worden voorzien van luchtbellenschermen.

3.1.4 Bathse spuisluis

De Bathse spuisluis aan de zuidzijde van het systeem zal worden gebruikt om een circulatiestroom richting Zoommeer en Bathse Spuikanaal te genereren. Spuien zal dus structureel plaatsvinden, in plaats van incidenteel zoals nu het geval is. Het gemiddeld debiet is ongeveer $101 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ richting de Westerschelde.

3.2 Effecten op waterkwaliteit

De modelberekeningen laten zien dat de aanpassing in de waterhuishouding leidt tot een verbetering in de waterkwaliteit in beide systemen. De resultaten van deze modelberekeningen zijn samengevat in Bijlage C.

Het is de verwachting dat door de getijdenwerking in het Grevelingenmeer de stratificatie gering zal zijn en dat de zuurstofuitputting nagenoeg zal verdwijnen. Door de verbinding met het Volkerak-Zoommeer zullen de gehalten aan nutriënten in het Grevelingenmeer significant kunnen toenemen en daarmee de hoeveelheid algen. De algenconcentratie is in de huidige situatie erg laag ($< 10 \mu\text{g Chla l}^{-1}$) en zal naar verwachting toenemen ($15 \mu\text{g Chla l}^{-1}$) (De Vries e.a., 2013).

Hoewel het Volkerak-Zoommeer zout gaat worden zal de zoetwatertoevoer vanuit Hollandsch Diep toenemen. Hierdoor zal het Volkerak-Zoommeer minder zout worden dan in eerdere studies, op basis van andere randvoorwaarden, werd voorzien (Broderie e.a., 2007). Ook zal er, vooral in het Volkerak, een sterkere en langdurigere zoutstratificatie en zuurstofloosheid optreden dan in eerdere berekeningen (Wijsman en Kleissen, 2012). Dit is het resultaat van de grotere zoetwatertoevoer vanuit het Hollandsch Diep die zijn gebruikt als randvoorwaarden in de nieuwe berekeningen. Langdurige continue zuurstofuitputting (langer dan 1 maand) treedt alleen op in een beperkt areaal in de diepe geulen. In het Zoommeer zal naar verwachting in de zomer in een beperkt areaal de zuurstofconcentratie kortdurend lager zijn.

De nutriëntenconcentraties in het toekomstige zoute Volkerak-Zoommeer zullen ongeveer even hoog blijven als in het huidige zoete meer. Het Volkerak-Zoommeer blijft eutroof, met potentieel hoge algenconcentraties, vooral nabij de Grevelingendam. Naar verwachting zal begrazing door mariene schelpdieren in het Krammer en in het Zoommeer de hoeveelheid algen in toom kunnen houden, tot seizoengemiddeld $30 \mu\text{g Chl-a l}^{-1}$. Maar in het oostelijk deel van het Volkerak bestaat het risico dat door het lage zoutgehalte (periodiek $< 10 \text{ g Cl l}^{-1}$) mariene schelpdieren niet overleven, de graascontrole zou in dat geval kunnen verdwijnen en de hoeveelheid algen daardoor toenemen, tot $50 \mu\text{g Chl-a l}^{-1}$ en hogere pieken in de (na)zomer (De Vries e.a., 2013).

4 Risico's van vervuiling met Dioxinen en PCB's

4.1 Dioxines en PCB's in paling en kreeft

Door industriële processen zijn in het verleden grote hoeveelheden PCB's en dioxines vrij gekomen in het milieu. Door de chemische eigenschappen van deze stoffen; zeer persistent (niet biologisch afbreekbaar), slechte wateroplosbaarheid en sterke binding aan sediment is de afname van gehalten aan deze stoffen door natuurlijke processen erg traag. Deze stoffen hebben ook de eigenschap om in de voedselketen te worden opgenomen, PCB's meer dan dioxines, en de uiteindelijke concentraties in dieren boven in de voedselketen kan sterk oplopen. Omdat deze stoffen ophopen in vet zijn de concentraties in vette vis, zoals paling, erg hoog in vervuilde gebieden. De Nederlandse rivieren Maas en Rijn en de waterlopen die door deze rivieren zijn gevoed, zijn historisch zwaar vervuild door de bovenstroomse industrie. Hoewel de Europese productie van PCB's is gestopt in de jaren zeventig en het vrijkomen van dioxines (door o.a. vuilverbranding) sterk is afgenomen blijft de daling van PCB en dioxine gehalten in de Nederlandse rivieren (in zowel sediment, zwevend stof als ook vissen) daarbij achter (Van Den Heuvel-Greve e.a., 2009; De Boer e.a., 2010).

Sinds 2006 is er een Europese voedselveiligheidsnorm (EU-Verordening (No.) 1881/2006) voor de som dioxine-achtige toxiciteit van zowel dioxines, furanen als de dioxine-achtige PCB's (dl-PCB's); de som-TEQ. De norm voor paling bedroeg 12 pg g^{-1} product TEQ, in 2012 is deze verlaagd tot 10 pg g^{-1} product TEQ (EU-Verordening (No.) 1259/2011). Naast de som-TEQ is er per 2012 een nieuwe norm voor de niet-dioxine-achtige (ndl) PCB's. Tot 2012 had Nederland normen voor deze PCB's (incl. PCB 118), beschreven in de Warenwet (als 'indicator PCB's'). Omdat normen voor deze PCB's per land verschilden, heeft de EU deze per 2012 geharmoniseerd. Voor wilde paling is een norm van 300 ng g^{-1} vis (op product basis) vastgesteld voor de som van PCB's 28, 52, 101, 138, 153 en 180. PCB 118, die als indicator-PCB werd gebruikt, is hierin niet opgenomen omdat dat een dl-PCB is.

Paling uit de grote rivieren bevat een som-TEQ boven de norm (Van Den Heuvel-Greve e.a., 2009; Kotterman e.a., 2011; Kotterman en Van Der Lee, 2011), daarom zijn deze gebieden gesloten voor de vangst van paling vanaf april 2011. Het vlees van wolhandkrab, met name het bruine vlees (vetrijke organen als hepatopancreas en voortplantingsorganen), bevat ook hoge som-TEQ waarden in de grote rivieren. De visserij op wolhandkrab is daarom ook, gelijktijdig met de palingvisserij gesloten in deze gebieden. De aanpassing van de som-TEQ per 2012 (van 12 naar 10 pg g^{-1}) ging overigens gepaard met een forse verlaging van de berekende toxiciteit van bepaalde dioxine-achtige PCB's. Hierdoor voldoet meer paling aan de norm van 10 pg g^{-1} dan aan de oude norm van 12 pg g^{-1} (Van Leeuwen e.a., 2013). Een deel van die palingen die (net) aan de som-TEQ norm voldoet bevat wel meer dan 300 ng g^{-1} ndl-PCB's en is daardoor alsnog niet voor consumptie geschikt.

Het vetgehalte van een organisme bepaalt in grote mate het som-TEQ gehalte. Vetarme vis als blankvoorn, brasem of snoekbaars, gevangen in de voor de aalvangst gesloten gebieden, voldoet wel aan de norm (Van Der Lee e.a., 2011). Ook het witte vlees van wolhandkrab, uit de scharen en poten, is vetarm en voldoet wel ruim aan de som-TEQ norm, zelfs als de som-TEQ in het bruine (vette) vlees zeer hoog is (Kotterman en Van Der Lee, 2011; Kotterman e.a., 2012).

4.2 Dioxine en PCB gehalten in Krammer-Volkerak en Grevelingenmeer

De gehalten PCB's worden al sinds 1980 in het Krammer-Volkerak gemeten (Noord-Oostelijk deel, nabij de Volkerak sluizen) in mengmonsters van 25 palingen van 30-40 cm lengte, de som-TEQ wordt

gemeten sinds 2006. De monsters uit het Volkerak bevatten hoge gehalten, echter niet zo hoog als in het Hollandsch Diep (Van Leeuwen e.a., 2013). De laatste twee jaar is er ook in het zuidwesten van het Volkerak gemeten (nabij Steenbergse Vliet) om een completer beeld van het hele gebied te krijgen. De gehalten som-TEQ in het zuidwesten zijn lager en onder de norm. Omdat grote paling vetter is dan kleine paling, een hogere som-TEQ gehalte bevat en ook een groot aandeel heeft in de commerciële palingvangst, is ook in grotere paling (>45 cm) gemeten. Deze palingen bevatten inderdaad meer vet en hogere som-TEQ. De norm wordt in het mengmonster benaderd, maar niet overschreden. Dit sluit niet uit dat individuele paling de norm kan overschrijden, aangezien de variatie aan som-TEQ gehalten in paling uit hetzelfde gebied kan aanzienlijk zijn (Kotterman e.a., 2011).

Tabel 1 Gehaltes aan Som-TEQ PCB's in paling van verschillende lengtes uit Krammer-Volkerak in 2012 en 2013. Dikgedrukte waarden voldoen niet aan de norm (inclusief 10% meetonzekerheid som-TEQ en 15% meetonzekerheid som-PCB).

Lengte klasse (cm)	Steenbergse Vliet				Volkerak sluisen			
	2012		2013		2012		2013	
	Som-TEQ (pg g ⁻¹)	PCB (ng g ⁻¹)	Som-TEQ (pg g ⁻¹)	PCB (ng g ⁻¹)	Som-TEQ (pg g ⁻¹)	PCB (ng g ⁻¹)	Som-TEQ (pg g ⁻¹)	PCB (ng g ⁻¹)
30-40	5,2	130	4,5	111	7,0	243	3,6	182
>45	10	215	8,2	207	14	429	10,6	345

Monitoring van paling uit het Grevelingenmeer wordt zeer zelden uitgevoerd. Palingen uit 2010, locatie Veermansplaat, bevatten aanzienlijk lagere som-TEQ (5 pg g⁻¹) en som-PCB gehalten (42 ng g⁻¹). Deze resultaten ondersteunen de veronderstelling dat het Grevelingenmeer minder vervuild is dan het Volkerak (Kotterman en Van Der Lee, 2011).

Gehalten in wolhandkrabben uit het Volkerak zijn niet bekend. Uit de data van de wolhandkrab monitoring in Nederland kan worden afgeleid dat de som-TEQ in wolhandkrab hoger is dan in paling van dezelfde plek (Kotterman en Van Der Lee, 2011). Hierbij moet worden opgemerkt dat de wolhandkrab voornamelijk als trekkrab gevangen wordt (de krab trekt in de herfst naar zee voor de voortplanting) en dat de gemeten gehalten een afspiegeling zijn van zowel de vangstplaats als de bovenloop daarvan.

De gehalten in de paling (en andere waterorganismen) zijn afhankelijk van de gehalten in het milieu. De twee bemonsteringen van oost en west Krammer-Volkerak tonen dat de westelijke locatie minder vervuild is. Hierbij moet worden opgemerkt dat de jaarlijkse variatie in som-TEQ en som-PCB aanzienlijk kan zijn. Dit is afhankelijk van de samenstelling van de steekproef (gemiddelde lengte, vetgehalten) en de waargenomen verschillen tonen nog niet onomstootbaar aan dat de westelijke helft van het Krammer-Volkerak minder vervuild is. Wel is het gemeten verschil tussen oost en west Krammer-Volkerak goed verklaarbaar gezien de bron van vervuiling. De bron was de afvoer van vervuild water uit het Roergebied en Waalse industrie (Luik) door de Maas en Rijn via het Hollandsch Diep in de jaren '60-'70 en ook nog deels '80. PCB's en dioxines, gehecht aan zwevend stof, zijn als slib neergeslagen in het overgangsgedebied zoet-zout. Door de verversing vanuit het westen met schoon zeewater is een gradiënt goed verklaarbaar. Na de afsluiting van het Krammer-Volkerak is de gradiënt van vervuiling, die zich voor het overgrote deel in het sediment bevindt, blijven bestaan.

4.3 Effect van verbinding Krammer-Volkerak met Grevelingenmeer

Door de verbinding van het Grevelingenmeer met het Krammer-Volkerak via een opening in de Grevelingendam zullen (kunnen) er verschillende processen optreden

- Verversing water Krammer-Volkerak vanuit Grevelingenmeer, hogere zoetwater inlaat vanuit het Hollandsch Diep
- Verstoring sedimentlagen, veranderde kwaliteit zwevend stof
- Migratie vis
- Biotoop verandert door zout/zoet, zuurstofloosheid diepere waterlagen

4.3.1 *Verversing water Volkerak*

Door het getij zal het water uit Krammer-Volkerak vaker ververs worden. Het zwevend stof uit het Grevelingenmeer is waarschijnlijk schoner dan dat uit het Volkerak (wat PCB's en dioxines betreft), alhoewel accurate data hiervoor ontbreken. De waterkwaliteit van het Krammer-Volkerak zal hierdoor naar verwachting verbeteren. Naast de verversing vanuit het Grevelingenmeer wordt er ook meer zoetwater ingelaten vanuit Hollandsch Diep en de rivieren Dintel en Vliet. Het zwevend stof uit het Hollandsch Diep heeft hogere waarden aan PCB's en dioxine gehalten dan het zwevend stof uit het Krammer-Volkerak.

Het zwevend stof dat uit het Krammer-Volkerak het Grevelingenmeer inspoelt met de getijdenbeweging zal de waterkwaliteit in het Grevelingenmeer in theorie negatief beïnvloeden. Omdat het Grevelingenmeer zelf ook, en in grotere mate, wordt doorspoeld met schoner Noordzeewater door het toegenomen getij zal de waterkwaliteit (zwevend stof) in het Grevelingenmeer netto waarschijnlijk niet negatief beïnvloed worden.

4.3.2 *Verstoring sedimentlagen, veranderde kwaliteit zwevend stof*

Een bijeffect van de verhoogde stroomsnelheden kan erosie van sliblagen zijn. Zeker rond de verbinding Grevelingen/Volkerak zullen plaatselijk relatief sterke getijstromen ontstaan. Eventueel ondiep gelegen sliblagen (die nu buiten scheepvaartroutes liggen) kunnen hierdoor eroderen. Als deze bestaan uit oudere sliblagen, die relatief hoge concentraties historische vervuiling bevatten, kan hierdoor de kwaliteit van het zwevend stof negatief worden beïnvloed. Het proces van re-suspenderen van sliblagen zal tijdelijk zijn, afhankelijk van of en waar dit slib neerslaat kan het een effect op de zwevend stof en bodemkwaliteit hebben. In het rapport van Witteveen&Bos (2011) wordt geconcludeerd dat deze erosie en sedimentatie alleen zeer lokaal zal zijn, vooral bij de openingen. Ook zal dit slechts een tijdelijk proces zijn. Door de erosie wordt de diepte vergroot en daarmee de stroomsnelheid ter plaatse verlaagd. Een nieuw evenwicht zal zich dus instellen.

4.3.3 *Migratie vis*

Door de openstelling kan paling van het Krammer-Volkerak naar het Grevelingenmeer zwemmen. Een groot deel van deze intrekende paling voldoet aan de consumptienormen, maar toch zal hierdoor de gemiddelde som-TEQ van paling in het Grevelingenmeer kunnen toenemen. Deze toename zal echter plaatselijk, gering en waarschijnlijk slechts tijdelijk zijn. De "import" paling zal, als hij foerageert in het Grevelingenmeer, in het schonere milieu minder som-TEQ ophopen en door groeiverdunning uiteindelijk lagere som-TEQ gehalten gaan bevatten dan wanneer de paling in het Krammer-Volkerak was gebleven. Het verschil met de huidige Grevelingen paling wordt dus minder (Kotterman en Van Der Lee, 2011).

Andersom kan ook paling uit het Grevelingenmeer naar het Krammer-Volkerak trekken, als daar de voedselomstandigheden beter zijn. Deze paling zal dan relatief meer vervuild raken dan de paling uit het Grevelingenmeer. Schieraal die in het najaar wil wegtrekken uit het Krammer-Volkerak heeft nu de keus tussen verschillende barrières; de Krammer sluizen en de Volkerak sluizen en de Westerschelde via het Schelde-Rijnkanaal. Dit zijn relatief zware barrières onder andere vanwege complexe zoet-zout scheidingsystemen. Een open verbinding naar het Grevelingenmeer zou de migratie sterk verbeteren. Schieraal is per definitie vet, vrouwelijke schieraal kan daarnaast erg groot en zwaar worden. De som-TEQ gehalten in deze vissen zijn hoog, naar verwachting voor een groot deel boven de norm voor som-

TEQ. Deze paling kan in augustus, als de schieraal trek begint, in het Grevelingenmeer worden gevangen.

De hoeveelheid PCB's en dioxines die door vismigratie wordt verplaatst is verwaarloosbaar ten opzichte van de grote hoeveelheden die zich al in het milieu (sediment) bevinden.

4.3.4 *Biotoop verandert door zout/zoet, zuurstofloosheid diepere waterlagen*

De opname van contaminanten als PCB's en dioxines uit de sliblagen wordt beïnvloed door de biologische activiteit ter plaatse. In een zuurstof arme, en gedeeltelijk zuurstofloze diepe put is weinig leven. Al is het sediment daar sterk verontreinigd, de uitwisseling met het omringende milieu is beperkt en daarmee het effect op de som-TEQ in de paling ook. Als door de openstelling menging van waterlagen optreedt en voormalig zuurstofloze, zwaar vervuilde sliblagen aeroob worden zal de biologische beschikbaarheid van de contaminanten hoger worden. De paling zal daar meer contaminanten uit zijn voedsel opnemen, de som-TEQ neemt toe. In het Grevelingenmeer zullen de zuurstofcondities bij de bodem verbeteren door een verbeterde uitwisseling van het water. In het Krammer-Volkerak daarentegen zal de kans op zuurstofloosheid bij de bodem naar verwachting juist gaan toenemen als gevolg van de toenemende kans op stratificatie in dit gebied door de toename van zoetwater toevoer vanuit het Hollandsch Diep.

Een ander effect kan zijn dat door een veranderende biotoop (van zoet naar brak/zout) de voedselketen verandert. Zo zou door de wisselende zoutgehalten de activiteit van filterfeeders (mosselen) worden verlaagd waarmee de kans op algenbloei toeneemt. Het menu van de paling, die een opportunistische eter is, kan hierdoor ook veranderen. Zowel de hoeveelheid contaminanten in de voedselketen als in het menu van de paling kan veranderen. Hoe dit in de praktijk de som-TEQ en som-PCB gehalten zal beïnvloeden is niet te voorspellen.

Intermezzo paling en kreeft

Voor paling en kreeft geldt dat de gehalten som-TEQ afhankelijk zijn van het milieu. Door een andere plaats in de voedselketen, en zeker door grote verschillen in vetgehalten, zijn de som-TEQ gehalten in paling en kreeft verschillend. Vlees van de paling, oplopend in vet tot over de 30% bevat waarschijnlijk veel meer som-TEQ dan het vet-arme witte vlees van de kreeft. Er zijn geen gehalten van som-TEQ of som-PCB in Nederlandse kreeft bekend, maar recent onderzoek aan rivierkreeften toont aan dat het witte, vetarme vlees uit de staart zeer lage som-TEQ en som-PCB gehalten bevat. Als alleen het witte vlees van de Europese kreeft wordt gegeten zullen de concentraties van som-TEQ en som-PCB niet boven de norm uitkomen. Ter vergelijking; het witte vlees van de wolhandkrab, zelfs van zeer sterk vervuilde exemplaren, voldoet ruim aan de gestelde normen. Als echter van de Europese kreeft, analoog aan de wolhandkrab, wél ingewanden worden gegeten (het "bruine" vlees) bestaat wel het risico dat de som-TEQ en som-PCB gehalten hoog zullen zijn.

5 Effecten voor Visserij

In dit hoofdstuk zijn de verwachte effecten van zout getij op het Volkerak-Zoommeer en het Grevelingenmeer voor de beroeps- en de recreatieve visserij beschreven. De informatie is gebaseerd op bestaande expert judgement van de auteurs. Daarnaast zijn er een drietal informele gesprekken gevoerd met praktijkmensen uit de (sport)visserij sector om iets beter zicht te krijgen in de verwachtingen en zorgen die er bestaan in de visserijwereld over deze infrastructurele plannen. IMARES heeft geen systematisch en representatief onderzoek gedaan naar de opvattingen van de (sport)visserij sector.

5.1 Visserij Volkerak-Zoommeer

5.1.1 *Recente ontwikkeling van de beroepsvisserij.*

Tot de sluiting van de Philipsdam en de Oesterdam in 1987 was het Volkerak-Zoommeer een zoute delta arm van de Oosterschelde waar een visserij werd uitgevoerd gericht op harder, bot en paling. Beperkt werd er in het winterseizoen met de ankerkuil op sprout en jonge haring gevestigd. Daarnaast was er een zomervisserij op Europese kreeft alsook een schelpdiervisserij op kokkels en kweek van mosselen. Door de verzoeting van het gebied verdwenen de mosselen en kokkels en werden de visserij mogelijkheden beperkt. Er bleven uiteindelijk vijf beroepsvisserij over die het gebied in vijf visvakken hebben opgedeeld. Elke visser bevist in roulatie van een jaar elk één vak met een vast aantal fuiken. Op het Volkerak zijn drie vakken en op het Zoommeer twee. Enkele vissers hebben in andere gebieden aanvullend viswater, maar vier van de vijf vissers zijn 100% afhankelijk van de inkomsten uit de visserij in het Volkerak-Zoommeer. De vijfde visser heeft een beperkte andersoortige inkomsten (strohandel) maar is wel grotendeels afhankelijk van inkomsten uit de visserij. De verandering van een zout getijden water visserij tot een zoetwater visserij in een niet getijdenwater heeft geleid tot investering in andere vistuigen door de resterende vissers.

Het resultaat na omschakeling bleek een succes. De paling vangsten ontwikkelden zich beter dan verwacht en er ontstond een nieuwe visserij op snoekbaars. Daarnaast ontwikkelde zich een pootvisvisserij gericht op witvis (v.n.l. brasem) voor export naar België, en kwam er een waardevolle bijvangst van de palingvisserij door de wolhandkrab.

In 2011 is in het benedenrivierengebied, waaronder het Volkerak een visverbod ingesteld voor paling en wolhandkrab vanwege te hoge som-TEQ gehalten. In 2012 is zowel de berekening van de som-TEQ als de som-TEQ norm aangepast. Hierdoor zijn effectief de overschrijdingen van de som-TEQ norm minder geworden. De gehalten in kleine paling (30—40 cm) in het Volkerak voldoen hierdoor aan de norm. In grotere paling kan de norm nog worden overschreden (zie par 4.1 en Tabel 1). Gezien de aard en oorsprong van de vervuiling ligt het in de lijn van verwachting dat de som-TEQ en som-PCB gehalten in de komende decennia zeer langzaam blijven dalen. De betrokken vissers worden voor het visverbod tot en met 2014 financieel gecompenseerd door de overheid. Voor het Zoommeer geldt geen visverbod vanwege dioxine maar wel de nationale sluiting van de aalvisserij gedurende de maanden september – november ten bate van de schieraal uittrek.

5.1.2 *Recente ontwikkelingen in de recreatieve visserij*

Door veel sportvissers wordt het Volkerak-Zoommeer als een top vislocatie in Nederland beschouwd, waar ook nogal wat Belgen op afkomen. Voor de hengelsport is het Volkerak-Zoommeer evenwel een vanaf de kant lastig bereikbaar viswater doordat vrijwel alle oevers tot ontoegankelijk natuurgebied zijn verklaard. De recreatieve visserij op het Volkerak-Zoommeer maakt daarom vooral gebruik van kleine bootjes in het centrale deel van het gebied. Veel oevergebieden zijn voor deze boten evenwel ook weer gesloten zodat het sportvissersactie areaal beperkt is.

De hengelaars richten zich op een reeks aan witvissoorten, maar velen richten zich in het bijzonder op snoekbaars, waarvoor ondanks het grote bestand een onttrekkingsbeperking geldt. Door specialisten wordt ook gericht – en in toenemende mate – op karper gevist. Uit de gesprekken blijkt dat de sportvissector met de huidige situatie, waarin de bestanden toenemen, zeer tevreden is.

Hoeveel vissers er op het Volkerak-Zoommeer actief zijn en hoeveel manuur er wordt gevist is onbekend. Sport visserij Nederland heeft daarom in 2013 een luchtsurvey uitgevoerd om het aantal hengelaars te kunnen bepalen. De resultaten daarvan zullen in de loop van 2014 beschikbaar komen.

5.2 Visserij in het Grevelingenmeer

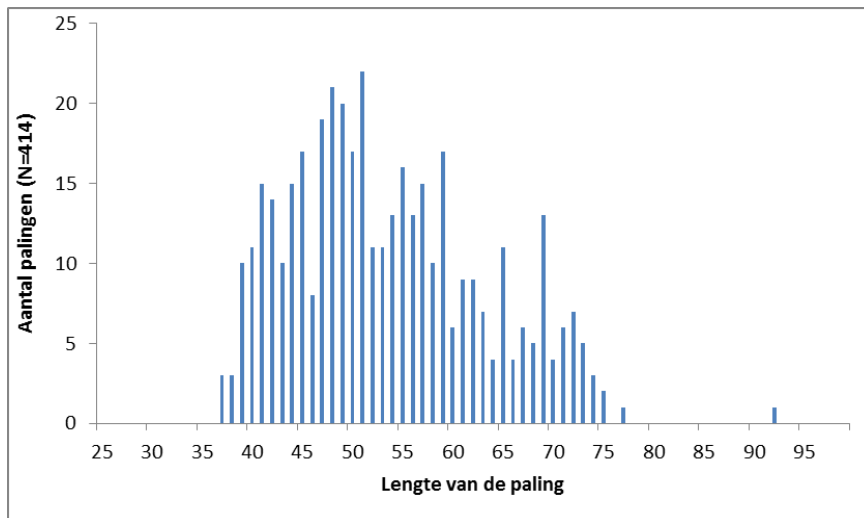
5.2.1 Recente ontwikkeling van de beroepsvisserij

In het kader van de Deltawerken is het Grevelingen in 1964 afgesloten van het Volkerak en daarmee werd een einde gemaakt aan de invloed van het zoete rivierwater op de Grevelingen. Van een estuariene zeearm met overgang van zoet via brak naar zout water, werd het gebied een volledig zout getijdengebied dat in 1971 met de sluiting van de Brouwersdam veranderde in een zoutwater meer zonder getij. De idee was dat de Grevelingen daarna zou veranderen tot een zoetwatermeer door de afvoer van zoet polderwater en regen. In dat perspectief kwam er een einde aan de traditionele visserij en schelpdier kweek.

Voor de beroepsvisserij met actieve visserij technieken bleef er daarom geen andere keuze dan overschakelen op passieve fuiken visserij gericht op paling. Hiervoor was slechts ruimte voor zeven bedrijven en hebben de overige bedrijven hun activiteiten op het Grevelingenmeer gestaakt. Van de zeven bedrijven vormden er zes in een combinatie die samenwerken in een onderling roulatie systeem waarbij iedereen op zijn beurt op de beste plaatsen kan vissen. Eén bedrijf vist buiten dit systeem in een vast individueel blok van het meer tegen de Grevelingendam. Binnen de combinatie is één bedrijf overgenomen door een bestaand actief visserij bedrijf dat daardoor een dubbele inzet kan hebben. Effectief gaat het dus om zes bedrijven die zich richten op paling.

De verzoeting van het Grevelingenmeer werd in 1978 gestopt door de aanleg van een spuisluis in de Brouwersdam waardoor bij vloed op zee zout water kon binnen stromen en bij eb weer afstromen. Hierna bleek het meer een geschikt gebied te worden voor oesters en er is een herstart van de kweek van oesters gemaakt. Alle resterende beroepsvisserij, op één na, zijn daarop ook in de schelpdiervisserij betrokken. Daarnaast wordt er de laatste jaren op experimentele basis door de visserscombinatie mosselzaad ingevangen met mosselzaad invang installaties met een positief resultaat. Het mosselzaad wordt in de Oosterschelde op percelen uitgezaaid of gebruikt in de hangcultuur. Op het Grevelingenmeer zijn geen mosselpercelen.

Nadat zich in de Oosterschelde een aanzienlijk kreeften bestand had ontwikkeld, zijn er in 1996 en 1997 kreeften uitgezet in het Grevelingenmeer die tot 2002 niet zijn onttrokken. Dit beleid bleek een succes en vanaf 2002 werden kreeften een waardevolle bijvangst. Het succes was zelfs zo groot dat de visserijbedrijven zich in de periode 1 april – 15 juli zich door de keuze van de locaties voor hun fuiken eerder richten op kreeft met een bijvangst van paling dan andersom. De meeste bedrijven stoppen hun fuikenvisserij tegenwoordig ook direct na afloop van het kreeften seizoen. Twee bedrijven – soms drie – schakelen half juli over naar paling.



Figuur 3 *Lengtefrequentieverdeling van paling in het Grevelingenmeer bepaald uit de vangsten van meer dan twee beroepsvissers in 2012.*

Met betrekking tot het beheer van paling op het Grevelingenmeer zijn twee zaken van belang. Allereerst is door de beroepsvisserij onderling afgesproken zich vooral op grote paling te richten door de verplichte ontsnappingsringen in de laatste kamer van de fuik niet van de verplichte 13 mm maar van 18 mm te voorzien. Dit heeft positief uitgewerkt zodat alleen paling boven de 37 cm wordt gevangen terwijl de wettelijke minimum maat 27 cm is (zie Figuur 3).

Daarnaast is de openstelling van de spuisluis in de Brouwersdam tijdens de periode van de uittrek van Schieraal van belang. Deze sluis werd tot 2006 seizoensmatig gesloten om de beroepsvisserij maximaal op schieraal in het Grevelingenmeer te kunnen vissen. Vanaf 2006 staat de doorlaatsluis vrijwel permanent open en kan schieraal via deze sluis uittrekken. Deze uittrek heeft de visserij mogelijk nadelig beïnvloed.

In de huidige situatie 2013, is er op het Grevelingenmeer alleen nog visserij op kreeft en paling met een kleine bijvangst van wolhandkrab door de beroepsvisserij. Er is geen enkel visserijbedrijf dat zich uitsluitend richt op de visserij op paling en/of kreeft. Alle beroepsvissers hebben verwante activiteiten in de oestercultuur of visserij buiten het Grevelingenmeer.

5.2.2 *Recente ontwikkelingen in de recreatieve visserij*

De sportvisserij op het Grevelingenmeer heeft zich vlak na de sluiting van de Brouwersdam snel ontwikkeld door mooie vangsten van vooral platvis. Daarna zijn de vangsten teruggelopen, waardoor ook het aantal sportvissers is afgenomen. De visbestanden op de Grevelingenmeer konden aanvankelijk niet worden aangevuld vanuit de Noordzee kustzone. Later is er wel uitwisseling met de Noordzee mogelijk via de doorlaatsluis in de Brouwersdam.

Goede visplaatsen met diep water zijn op het Grevelingenmeer vanaf de omringende dijken lastig bereikbaar door de ondiepe oeverzone die op een aantal plaatsen ook als natuurgebied niet betreden dan worden. Het is om deze reden dat de meeste sportvisserij vanuit kleine bootjes of in gezelschappen op charterschepen wordt uitgeoefend. Belangrijkste vissoorten waarop gevist wordt vanaf de charterschepen zijn wijting, haring en steenbolk (Derks, 2013). De doorlaatsluis in de Brouwersdam is een van de weinige plekken waar vanaf de kant wel op dieper water gevist kan worden en op die plaats treft men dan ook vaak een menigte aan sportvissers.

De waterkwaliteit van het Grevelingenmeer loopt met de jaren steeds verder achteruit en in de diepere delen van het meer zijn periodiek zuurstofloze of zuurstofarme diepere putten ontstaan die zich bij temperatuur omslag naar het oppervalk verplaatsen. Deze omslagmomenten kunnen vissterfte veroorzaken. Met de achteruitgang van de kwaliteit van het oppervlaktewater is ook de hoeveelheid plankton en bodemdieren teruggelopen waardoor er minder voedsel voor vis ter beschikking komt. De vangsten van de hengelsport op de charterschepen is teruggelopen tot minder dan 0,5 vis per uur per hengel (Derks, 2013). In het oostelijk Grevelingenmeer wordt minder gevangen dan in het westelijk deel, waarbij de doorlaat in de Brouwersdam een hotspot voor vis is. De ontwikkeling van oesterbanken van vooral uitheemse Japanse oesters op diverse plaatsen alsook de massale ontwikkeling van zeesla in de zomermaanden zijn hinderlijk voor de sportvisserij.

5.3 Gevolgen zout getij Volkerak-Zoommeer

5.3.1 Visbestanden

Wanneer het Volkerak-Zoommeer van een zoet getijloos naar een zout getijdenwater verandert, is te verwachten dat het huidige witvisbestand volledig zal verdwijnen door sterfte. Alleen paling zal zich kunnen handhaven. Het is de verwachting dat het palingbestand, maar ook de beroepsvisserij op paling, zich zal ontwikkelen naar een niveau zoals dat nu het geval is in de oostelijke Oosterschelde en het Grevelingenmeer. Dit betekent een grote reductie van het bestand ten opzichte van de huidige situatie waar als gevolg van het ontbreken van commerciële visserij op paling de bestanden relatief groot zijn. Door de instroom van zoet water via de Volkeraksluizen vanuit het Hollandsch Diep alsook vanuit Noord-Brabant via de afwaterende riviertjes, zal zich in de noordoostelijke sectie van het "meer" een enigszins brak milieu kunnen vormen met wisselende zoutgehaltes. Het is te verwachten dat zich in dat deel van het Volkerak soorten als harders, bot en spiering kunnen handhaven, maar brakke milieus zijn over het algemeen arm aan soorten.

In een volledig zout milieu kunnen zich analoog aan de Oosterschelde zoute soorten vestigen, waaronder ansjovis, sprong en haring als pelagische soorten en benthische soorten als tong, schol en schar. Wanneer de bodem geschikt is wat betreft habitat kunnen soorten als botervis, vijfdradigemeun en puitaal zich vestigen. Voor trekvis die vanuit zee de rivieren willen optrekken is de verwachting dat het Volkerak geen interessante route zal vormen door de harde afsluiting van het Volkerak naar het Hollandsch Diep. Mogelijk kan het Volkerak zich voor zalm, fint, elft, zeeprik en rivierprik zelfs tot een val ontwikkelen als die soorten door het enigszins brakke water worden aangelokt.

5.3.2 Beroepsvisserij

De verandering van een zoetwater meer zonder getijde naar een zout water situatie met een getijdeneffect van ongeveer 30 cm heeft grote gevolgen voor de huidige beroepsvissers. De visserij op pootvis en snoekbaars zal verdwijnen omdat deze vissoorten zich niet in een zout milieu kunnen handhaven. Paling kan zowel in zout- als in zoetwater leven maar het is de vraag of de huidige grote bestandsomvang zich zal kunnen handhaven. Te meer omdat dit mede het resultaat is van het visserijverbod in het gebied. Mogelijk kan er in de zomermaanden een visbaar bestand van harders en zeebaars ontwikkelen.

Doordat de te verwachten stroomsnelheden bij een getijslag van 30 cm beperkt blijven is het waarschijnlijk mogelijk om, net als nu het geval is, met relatief licht vistuig te werken. In de overgangperiode, wanneer er grote veranderingen in waterkwaliteit optreden, zullen de vissers moeten zoeken naar geschikte plaatsen wat mogelijk tot een tijdelijk inkomensverlies zal leiden. De beroepsvissers van het Volkerak-Zoommeer zullen zich mogelijk (mede) kunnen gaan richten op de schelpdierkweek.

5.3.3 *Recreatieve visserij*

De meeste vissoorten waar de sportvisserij zich in het Volkerak en Zoommeer nu op richt zullen met een verzilting van het gebied vrij snel verdwijnen. Wat overblijft, is paling en mogelijk wordt dit aangevuld met zoutwatervissen als harder, bot en zeebaars. Harder en bot zijn geen gewilde soorten voor de sportvisserij. Zeebaars is dat wel, maar het is niet duidelijk of deze soort ook in grote hoeveelheden beschikbaar zal zijn in een zout Volkerak-Zoommeer. Wanneer er gebieden worden aangewezen voor schelpdierkweek zal dit mogelijk ten koste kunnen gaan van het sportvis areaal.

5.4 **Gevolgen getij Grevelingenmeer**

5.4.1 *Visbestanden*

De verbinding van het Grevelingenmeer met de Noordzeekustwateren zal van invloed zijn op het visbestand in het Grevelingenmeer. Niet alleen zuurstofrijk water zal binnen stromen maar ook vis en vislarven (glasaal). Te verwachten soorten die het Grevelingenmeer binnen migreren zijn met name juveniele platvissoorten als schar, tong en schol alsook pelagische soorten als geep, harders en zeebaars. Bestanden kunnen zich bij een betere waterkwaliteit en voedselsituatie beter handhaven en ontwikkelen naar een hoger niveau dan in de huidige situatie.

Daarnaast kunnen ook trekvisen als zalm, fint, elft, rivier- en zeeperk in het Grevelingenmeer verschijnen die geen toegang naar de grote rivieren zullen vinden door de barrière die de Volkeraksluizen vormen voor migratie van vis tussen het Volkerak en het Hollandsch Diep.

Mogelijk kan het Grevelingenmeer ook een kinderkamerfunctie krijgen voor pelagische vissen als haring en sprot en zou er spiering en ansjovis kunnen komen zoals dat nu ook op de Oosterschelde en Westerschelde het geval is. De permanente open verbinding zal de uittrek van schieraal mogelijk vergemakkelijken. Voor kreeft lijkt de introductie van een getijdenritme niet van direct van invloed omdat ook in het getijdengebied de Oosterschelde kreeft kan gedijen. Verbetering van de waterkwaliteit zal mogelijk de ontwikkeling van kreeft ten goede komen.

5.4.2 *Beroepsvisserij*

De verbetering van de waterkwaliteit in het Grevelingenmeer door het aanleggen van een doorlaat in de Brouwersdam zal in principe ook de beroepsvisserij in het gebied ten goede komen. Van belang hierbij is wel dat er geen belemmering zal zijn voor vis om via de doorlaat te migreren tussen de Voordelta en het Grevelingenmeer. Indien het de doorlaat wordt gecombineerd met een getijdencentrale is het van belang dat deze wordt uitgerust met zogenaamde "visvriendelijke" turbines, waarbij de kans op sterfte tijdens het passeren zeer laag is (minder is dan 0,1% wordt aangegeven door Rijkswaterstaat). Hierdoor kunnen de vissen relatief veilig heen en weer trekken tussen Grevelingenmeer en Noordzee. Daarnaast zal de doortrek door de Brouwerssluis ook nog mogelijk blijven. De aanleg van een doorlaat in de Brouwersdam maakt het ook eenvoudiger voor de schieraal om vanuit het Grevelingenmeer naar de Noordzee te trekken. In de huidige situatie is het wegtrekken van de schieraal ook al jaarrond mogelijk door de Brouwerssluis.

De doorlaat in de Grevelingendam leidt ook tot een verbinding van het Grevelingenmeer met het Krammer-Volkerak waar de paling is vervuild met dioxinen en PCB's. De resultaten van voorgaand hoofdstuk laten zien dat het niet te verwachten is dat het herstel van de verbinding met het Krammer-Volkerak ertoe gaat leiden dat de gehalten van som-TEQ en som-PCB's van paling in het Grevelingenmeer boven de norm gaan komen.

De wilde Japanse oesterbanken zijn een belangrijk opgroei en foerageergebied voor paling en kleine kreeften. Met het uitgeven van nieuwe gebieden voor oester- of mosselpercelen zouden de wilde oesterbanken kunnen worden weggevist wat in potentie een negatief effect zou kunnen hebben op het bestand aan paling en kreeft. Het zou echter verder dienen te worden onderzocht in hoeverre de aanwezigheid van geschikt habitat beperkend is voor het kreeften- en palingbestand in het Grevelingenmeer.

5.4.3 Recreatieve visserij

Door de verbinding van het Grevelingenmeer met de Noordzee via de opening in de Brouwersdam is de verwachting dat de vergrote uitwisseling van zout water vanuit de Voordelta zal leiden tot een verbetering van de waterkwaliteit in het Grevelingenmeer en een daarmee samengaannde toename van de intrek van vissen vanuit de Voordelta naar het Grevelingenmeer. Dit kan in het bijzonder van belang zijn voor platvis, wijting, geep en zeebaars. Het verbeteren van de waterkwaliteit en het verdwijnen van zuurstofloosheid in de diepe putten is positief voor de recreatieve visserij. De huidige beperkte vangsten voor de sportvissector zouden daardoor kunnen verbeteren maar ook de diversiteit zal kunnen toenemen.

6 Effecten voor schelpdierkweek

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.

6.1 Schelpdierkweek Volkerak-Zoommeer

In het verleden, toen het Volkerak-Zoommeer nog een zout estuarium was lagen er 622 ha mosselpercelen langs de randen van de geulen tegen de zuidelijke kust van Goeree-Overflakkee en langs de Noord-Brabantse kust (Wijsman en Kleissen, 2012). Het gebied was vooral van belang voor de opslag en opgroei van halfwasmosselen. Door de verzoeting van het Volkerak-Zoommeer is er geen schelpdieraquacultuur meer mogelijk.

6.2 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). Van de kreeftenvisserij zijn geen opbrengsten bekend.

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 bijlage B, Figuur 13). 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 in het Grevelingenmeer levert naar schatting op jaarbasis ca 1 miljoen stuks platte oesters en 5 miljoen stuks Japanse oesters op (Tabel 2). De rest van de aanvoer van Japanse oesters komt uit de Oosterschelde.

Tabel 2 *Geschatte aanvoer in aantal*10⁶ van platte en Japanse oesters uit Nederland en 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 Nederland	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 Grevelingen	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 zuurstof tekort. Wat betreft de voedselvoorziening in het Grevelingenmeer is de inschatting dat slechts een klein deel van de voedselproductie wordt 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.

6.3 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.

6.3.1 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 waardoor de aanvoer van voedsel met het water toeneemt. Bovendien is er dan minder risico op zuurstofloosheid en is uitbreiding van het perceelareaal naar dieper water mogelijk. Er kan vanuit worden gegaan dat bij een toename in de waterbeweging in de toekomst de kansen voor schelpdierkweek in het Grevelingenmeer zullen toenemen.

De draagkracht voor schelpdieren wordt bepaald door de primaire productie. Afhankelijk van de gekozen modelinstellingen wordt berekend dat deze zal toenemen van 250 naar 400 gC m⁻² jaar⁻¹ (W&B, 2012) dan wel iets zal afnemen 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) waardoor ook een verhoging van de hoeveelheid fytoplankton mogelijk is van 8 naar 15 ug chlorofyl l⁻¹ (De Vries e.a., 2013). De mogelijke afname wordt toegeschreven aan een verhoogd slibgehalte en dus minder doorzicht. Het is wel opmerkelijk dat het verschil zit in de berekening van huidige primaire productie. Bij deze berekeningen wordt een bepaalde graasdruk door de schelpdieren aangenomen. Zonder begrazing zou het chlorofyl gehalte nog hoger uitkomen. Hieruit kan worden afgeleid dat de draagkracht toeneemt in de nieuwe situatie als gevolg van de toename in stikstof beschikbaarheid. De conclusie is dat de draagkracht voor filterfeeders zal toenemen in de nieuwe situatie.

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 $4 \cdot 0,05 \cdot 6 = 1,2$ mln kg totaal gewicht, dit is 0,03 mln kg asvrijdrooggewicht. Deze voorraad oesters heeft een filtratiecapaciteit van $2,4$ mln $\text{m}^3 \text{dag}^{-1}$. Dit is van beperkt belang voor het gehele volume van 575 m^3 , maar ter plaatste van de percelen is dit een filtratiecapaciteit van $0,5 - 1 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2}$ per dag, bij een dichtheid van $5 - 10$ oesters per m^2 . 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 km^2 , dan zou het totale bestand $1 \text{ mln kg asvrijdrooggewicht}$ bedragen. De filtratie capaciteit van deze soorten is gemiddeld $0,5 \text{ l uur}^{-1}$ (Cranford e.a., 2011), dit is beduidend lager dan de oester (4 l uur^{-1}); de filtratiecapaciteit van wilde bestanden zou dan 12 mln m^3 per dag bedragen.

6.3.2 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. De introductie an zoutwater en een toename in waterbeweging bieden ruimte voor schelpdiercultuur in een aanzienlijk deel van het gebied. De capaciteit van het gebied is destijds geschat op $10 \text{ mln kg schelpdierproductie per jaar}$ (De Vries e.a., 2008). Dit is gebaseerd op de historische situatie ($622 \text{ ha mosselpercelen}$ 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 beroeps en recreatieve scheepvaart. 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 3.

6.4 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 samen nodig hebben om het water te filteren: $\text{CT/PPT} > 3$. 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 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 e.a. (2013). Opgemerkt wordt dat in Nolte e.a. (2013) wordt uitgegaan van een chlorofylgehalte in het Volkerak van 10 en het Zoommeer van 13 mg m^{-3} , terwijl er in De Vries e.a.

(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 e.a., 2013) en niet op het chlorofyl gehalte, dus het maakt voor de uitkomst geen verschil.

Tabel 3 Schatting van de maximale schelpdierstock in een Grevelingenmeer, Volkerak en Zoommeer met getij, in vergelijking met het huidige Grevelingenmeer en Oosterschelde

Parameter	Eenheid	Grevelingenmeer		Volkerak toekomst	Zoommeer toekomst	Oosterschelde huidig
		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	10	15	10 - 30	13 - 30	3
Prim. prod.	gC m ⁻² 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 3 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 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.

6.5 Kansenkaart schelpdierkweek

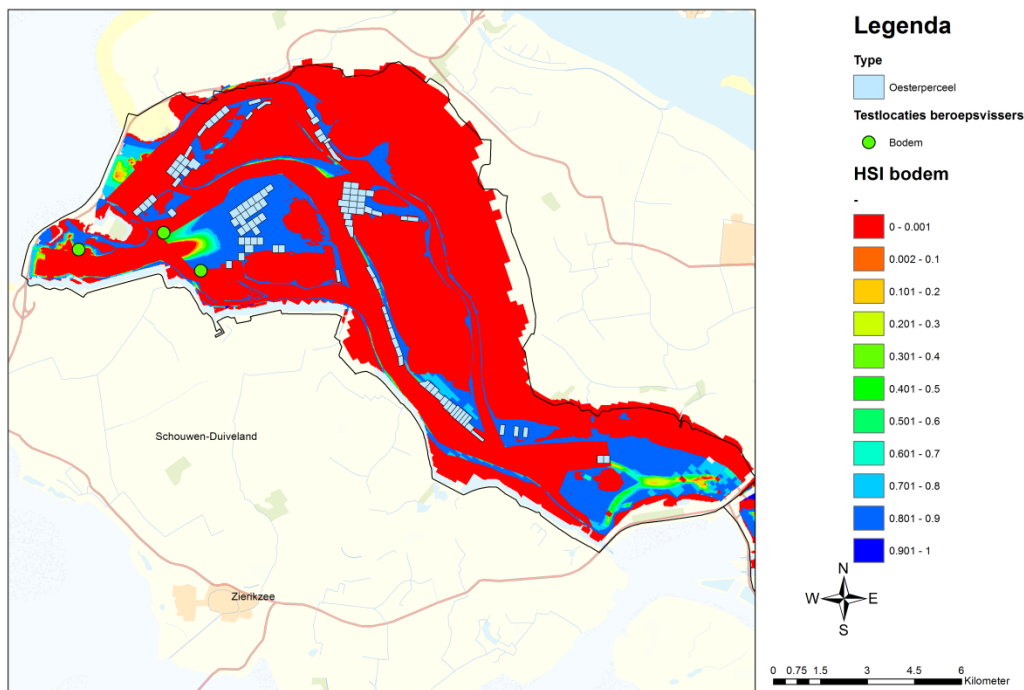
6.5.1 Inleiding

In 2011 zijn door (Wijsman en Kleissen, 2012) kansenkaarten gemaakt voor bodemcultuur en MZI's in een zout Volkerak – Zoommeer. 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 Hollandsch Diep. De berekeningen uit (Wijsman en Kleissen, 2012) zijn ge-updated met de nieuwe waterkwaliteitsberekeningen en uitgebreid naar het Grevelingenmeer.

De aanpak voor het maken van de kansenkaarten is beschreven in Bijlage A.

6.5.2 Kansenkaart bodemcultuur schelpdieren

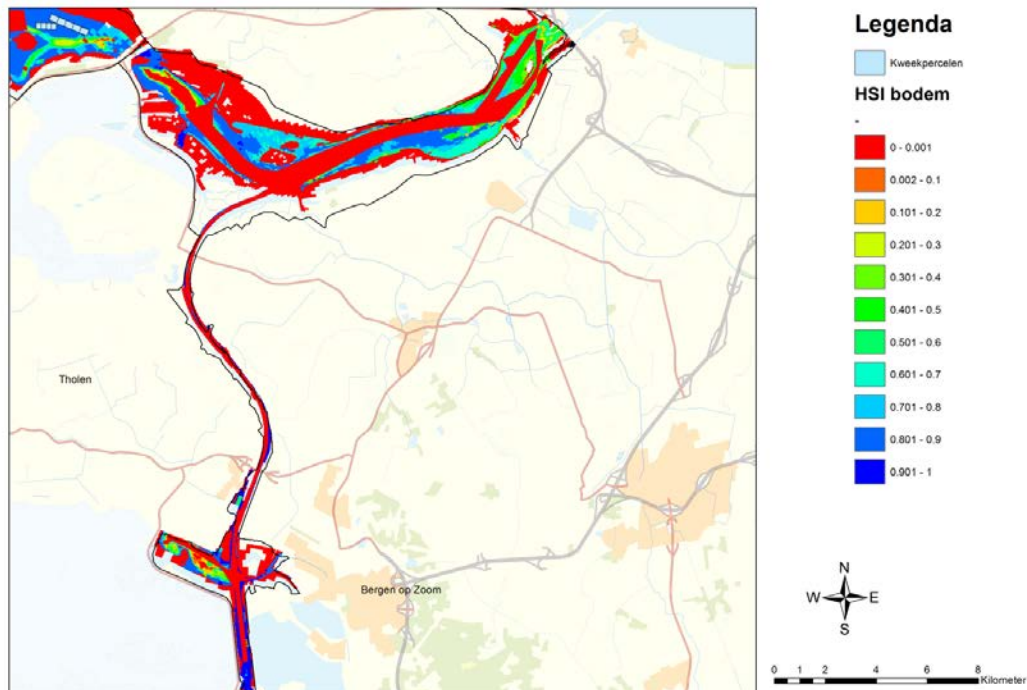
De ligging van de huidige kweekpercelen in het Grevelingenmeer komen voor een groot deel overeen met de kansenkaart voor bodemcultuur schelpdieren (Figuur 4). In totaal is er 3133 ha in het Grevelingenmeer geschikt voor bodemcultuur. Een groot deel van het Grevelingenmeer is ongeschikt vanwege de geringe diepte of de aanwezigheid van vaarroutes. In een Grevelingenmeer met getij is een relatief groot potentieel geschikt gebied nabij de Grevelingendam en ten zuiden van de Hompelvoet. Ook het gebied nabij het doorlaatmiddel in de Brouwersdam is relatief geschikt. Hoewel de voedselconcentraties hier relatief laag zijn zullen deze worden gecompenseerd door de hoge stroomsnelheden waardoor het gebied toch geschikt zal zijn voor bodemcultuur. De situatie wordt hier mogelijk vergelijkbaar met de situatie in de Oosterschelde nabij de stormvloedkering waar ook goede percelen voor mosselkweek liggen. Door de van de Vereniging van beroepsvissers "de Grevelingen" zijn testlocaties voor bodemkweek van schelpdieren in het Grevelingenmeer aangegeven. Deze locaties zijn op de kansenkaart weergegeven doormiddel van groene stippen. In Figuur 4 is te zien dat deze locaties redelijk overeenkomen met de kansenkaart. Tevens zijn op de kaart de huidige kweekpercelen voor oesters weergegeven. Het blijkt dat de ligging van deze percelen in grote lijnen overeen komt met de potentieel geschikte gebieden. Veel van de percelen liggen langst de vaargeulen. Opvallend is dat er in de toekomstige situatie in de buurt van de Grevelingendam een groot gebied is dat in potentie geschikt is voor oesterkweek en waar op dit moment geen percelen liggen.



Figuur 4 Kansenkaart bodemcultuur Grevelingenmeer met getij en een verbinding naar Krammer-Volkerak. HSI= 0 is ongeschikt (rood) en HSI = 1 is geschikt (blauw). De groene stippen zijn de experimentele testlocaties voor bodemcultuur 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 5). 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 kansenkaart 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

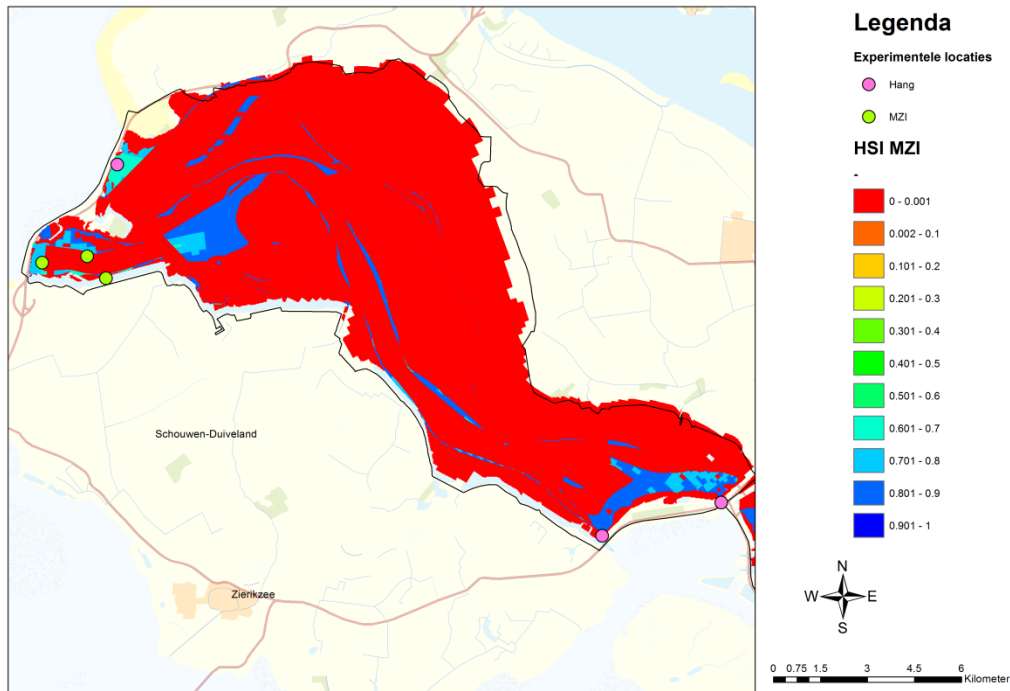
bodem. De diepe geul in het Krammer is te diep voor bodemcultuur. Mogelijk kunnen de lage stroomsnelheden in het gebied nog beperkend zijn voor schelpdierkweek. De verwachte algenconcentraties zijn dan weliswaar hoog, maar mogelijk is de verversingsnelheid onvoldoende. Ook in het Zoommeer, nabij de Bergse Diepsluis is een gebied dat in potentie geschikt is voor schelpdierkweek op de bodem.



Figuur 5 Kansenkaart bodemcultuur in een zout Volkerak-Zoommeer met getij. HSI = 0 is ongeschikt en HSI = 1 is geschikt.

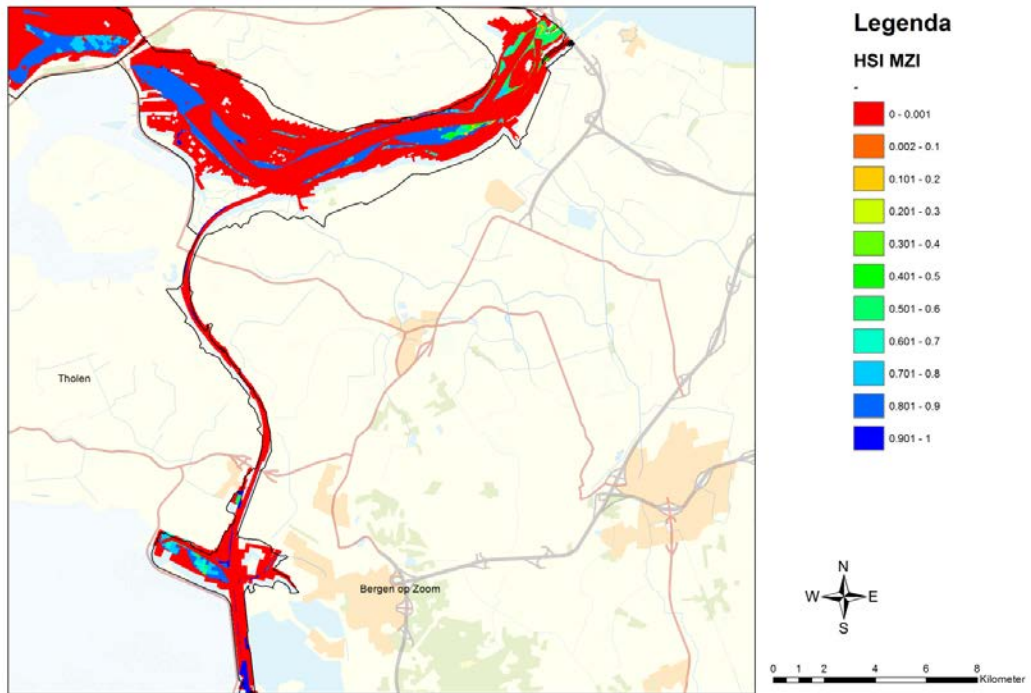
6.5.3 Kansenkaart hangcultuur/MZI schelpdieren

Uit de kansenkaart blijkt dat het Grevelingenmeer voor het grootste deel relatief ongeschikt is voor MZI/hangcultuur (Figuur 6). Dit wordt voornamelijk bepaald door de geringe diepte van het gebied. 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 van de Vereniging van beroepsvissers "de Grevelingen" zijn testlocaties voor MZI en hangcultuur van schelpdieren in het Grevelingenmeer. In de figuur is te zien dat deze locaties redelijk overeenkomen met de kansenkaart.



Figuur 6 Kanskaart 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 7). 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 7 Kansenskaart hangcultuur/MZI in een zout Volkerak-Zoommeer met getij. HSI = 0 is ongeschikt en HSI = 1 is geschikt.

7 Conclusies

7.1 Vervuiling met dioxinen en PCB's

Omdat de gehalten contaminanten in vis, schelp en schaaldieren afhankelijk zijn van de kwaliteit van het milieu, is onderzocht wat de effecten van het voorgestelde getijde regime in het Grevelingenmeer en Krammer-Volkerak kunnen zijn. De mogelijke effecten van de verbinding tussen Grevelingenmeer en Krammer-Volkerak en dan vooral de hiermee optredende waterstromen, zijn divers. De verversing van het Krammer-Volkerak met water uit het Grevelingenmeer kan leiden tot een betere waterkwaliteit in het Krammer-Volkerak, maar de hiermee gepaard gaande plaatselijke sterkere stromingen rond de verbinding Grevelingen / Krammer -Volkerak kunnen in potentie ook leiden tot resuspensie van vervuild slib in het gebied zelf en daarmee een verslechtering van de waterkwaliteit. Hetzelfde geldt voor het Grevelingenmeer; de verhoogde inlaat van schoon zeewater uit de Noordzee kan gepaard gaan met de aanvoer van minder schoon water uit het Krammer-Volkerak. Daarnaast kan de verhoogde inlaat van zoetwater in het Krammer-Volkerak ook grote effecten hebben op zwevend stof kwaliteit en stratificatie van de waterlagen in het Krammer-Volkerak.

De bodemgesteldheid op die locaties waar de stroomsnelheden door eb en vloed sterk zullen worden vergroot (verbinding Grevelingen / Krammer-Volkerak) spelen een potentieel belangrijke rol. Als door het nieuwe stromingsregime grote hoeveelheden zwaar vervuilde sliblagen gaan eroderen kan dit zwaar vervuilde zwevend stof zich over het hele watersysteem gaan verspreiden. Ten dele kan het uitspoelen naar de zee, ten dele neerslaan als slib op de bodem van Krammer-Volkerak en Grevelingenmeer. In het rapport van Witteveen&Bos (W&B, 2011) wordt geconcludeerd dat deze resuspensie en sedimentatie beperkt én zeer plaatselijk zal zijn. Dit maakt de kans op meetbare negatieve effecten klein.

Het netto effect van de inlaat van schoon zeewater, de mogelijke resuspensie van sliblagen en de inlaat van meer zoet water vanuit het Hollandsch Diep met lagere kwaliteit zwevend stof op de gehalten aan dioxineachtige stoffen in vis, schaal- en schelpdieren (uitgedrukt als som-TEQ) in het Grevelingenmeer en in het Krammer-Volkerak kan alleen worden berekend met zeer uitgebreide data sets en modellen. Hiervoor ontbreken relevante data binnen de huidige quick-scan. Er moet hierbij worden gerealiseerd dat in het hele Krammer-Volkerak en in mindere mate het Grevelingenmeer, het zwevend stof en het sediment al PCB's en dioxines bevat. Er moet daarom veel zwaar vervuild sediment worden geresuspendeerd en getransporteerd om een meetbaar en relevant verschil in contaminatie te krijgen. Op basis van de huidige data is niet kwantitatief in te schatten welk effect de openstelling van Grevelingenmeer en Krammer-Volkerak heeft op water en sediment kwaliteit en daarmee de gehalten contaminanten in vis, schaal en schelpdieren. Een meetbare (relevante) toename van dioxines en PCB's in het Grevelingenmeer (als gevolg van uitspoeling uit het Volkerak) lijkt onwaarschijnlijk, mede omdat de doorspoeling met schoner zeewater dit kan compenseren.

Behalve mogelijke beïnvloeding van waterkwaliteit krijgt paling uit het Grevelingenmeer betere toegang tot Krammer-Volkerak en *vice versa*. Door het huidige visverbod op paling in het Krammer-Volkerak is de dichtheid van paling in het gebied relatief hoog t.o.v. het Grevelingenmeer. Als het voedselaanbod in het Krammer-Volkerak, al dan niet veranderd door de overgang zoet naar zout, beter is dan in het Grevelingenmeer kan er nog steeds paling van het Grevelingenmeer naar het Krammer-Volkerak migreren. Andersom kan ook; een relatief hoge visserijdruk in het Grevelingenmeer en veel voedselaanbod kan paling uit Krammer-Volkerak aantrekken.

Indien de paling het Grevelingenmeer verkiest boven het Volkerak zal de toestroom van vis met te hoge som-TEQ en som-PCB gehalten naar het Grevelingenmeer gering en tijdelijk zijn. NB: In het Grevelingenmeer gevangen schieraal (eind augustus) kan door deze nieuwe verbinding voor een groter

deel uit rivierpaling bestaan, met de daarbij horende (zeer) hoge som-TEQ en som-PCB gehalten. Deze schieraal zal via de Volkerak sluizen vanuit het Hollandsch Diep het Volkerak moeten intrekken.

Omdat de gehalten som-TEQ en som-PCB in paling uit het westen van het Krammer-Volkerak *gemiddeld* onder de norm zijn, is het niet waarschijnlijk dat de beroepsvisserij in het Grevelingenmeer negatief wordt beïnvloed door eventuele intrek van paling. Er is daarom vooralsnog geen voedselveiligheidsredenen om de palingvisserij in het Grevelingenmeer te sluiten na de verbinding met het Krammer-Volkerak. Europese kreeft komt nu niet voor in Krammer-Volkerak, er zal dus geen trek naar het Grevelingenmeer plaatsvinden. Europese kreeft zal, door de zeer lage ophoping van som-TEQ en som-PCB's in witvlees, ook niet snel de norm overschrijden. Wolhandkrab groeit op in zoet water, bij verzilting van het Krammer-Volkerak zal er waarschijnlijk geen of weinig wolhandkrab opgroeien in dit gebied tot grote krab met hoge som-TEQ en som-PCB gehalten. Dit zal verder stroomopwaarts gebeuren.

Door de openstelling is er een grotere mogelijkheid voor schieraal en paairijpe wolhandkrab om vanuit bovenstroomse gebieden via het Volkerak naar de Grevelingenmeer te trekken, en daar gevangen te worden. Als een groot aandeel van de vangst van deze soorten uit bovenstrooms zwaar vervuild rivierengebied komt kan de som-TEQ en som-PCB in deze soorten gemiddeld boven de norm zijn.

De conclusies zoals hierboven beschreven zijn gebaseerd op een zeer beperkte dataset. Het is dan ook raadzaam als de voorgenomen verbinding tussen Grevelingenmeer en Krammer-Volkerak wordt gemaakt, lokaal enkele indicatoren te monitoren voor en nadat de meren in open verbinding staan. Zwevend stof (hoeveelheid en gehalten organische stof, contaminanten) en gehalten in (uitgehangen) mosselen en paling in het Grevelingenmeer en Krammer-Volkerak nabij de verbinding zijn hier goede indicatoren voor. Daarnaast kan worden geïnventariseerd of en in hoeverre de slibbige bodem in Krammer-Volkerak nabij de verbinding met het Grevelingenmeer zal eroderen door verhoogde stroomsnelheden en wat de huidige concentraties aan contaminanten zijn. Indien deze sterk vervuild zijn kan een zeer plaatselijke, beperkte sanering of een constructie ter voorkoming van erosie zeer effectief zijn om een diffuse herverontreiniging van een groter gebied tegen te gaan.

7.2 Visserij

De gevolgen van de verzilting van het Volkerak-Zoommeer pakken anders uit voor de sportvisserij dan voor de beroepsvisserij. Voor de sportvisserij zal een belangrijk zoetwater visgebied verloren gaan waar het een minder van belang geacht zoutwater visserij voor terugkrijgt. Voor de beroepsvissers van het Volkerak-Zoommeer zal de verzilting waarschijnlijk gaan leiden tot mogelijkheden tot diversificatie van de visserij activiteiten waaronder mogelijk de kweek van schelpdieren

De vergrote uitwisseling met zout zeewater uit de Voordelta zal waarschijnlijk gaan leiden tot een betere migratie van vis tussen het Grevelingenmeer en de Noordzee en zal mogelijk leiden tot een grotere diversiteit aan soorten, zowel voor de beroepsvisserij als voor de sportvisserij. De verbeterde waterkwaliteit zal mogelijk leiden tot meer geschikte vislocaties en een hoger voedselniveau.

In de plannen is het nog geen uitgemaakte zaak of de doorlaat in de Brouwersdam daadwerkelijk zal worden voorzien van een getijdencentrale. Als er een getijdencentrale zal worden geplaatst is het plan gebruik te maken van "visvriendelijke" turbines, waarbij de kans op sterven tijdens een passage gering zal zijn (orde van grootte <0,1%). Als dit inderdaad gerealiseerd kan worden zal de uitwisseling van vis tussen Voordelta en Grevelingenmeer positief zijn voor de diversiteit in het Gevelingenmeer. Een verbetering van de voedselsituatie en waterkwaliteit in het Grevelingenmeer als gevolg van het toelaten van getij zal ook leiden meer vis dan in de huidige situatie het geval is. Een kanttekening moet worden gemaakt bij soorten die met ieder getij zullen migreren tussen Grevelingenmeer en Voordelta door de

getijdencentrale. Een kans op sterfte van 0,1% per passage betekent voor deze soorten een kans op overlijden van 50% na bijna 700 passages door de getijdencentrale. Schieraal heeft op dit moment ook jaarrond de mogelijkheid om via de spuisluis naar de Voordelta te migreren en deze mogelijkheid blijft ook bestaan in de toekomstige situatie. Het is de vraag of de huidige Brouwersdam met de Brouwerssluis nog een belemmering vormt voor de uittrek van schieraal. Als dit het geval is zal een grotere opening in de Brouwersdam deze uittrek kunnen bevorderen.

Over het algemeen is de verwachting dat het openmaken van de verbindingen tussen de Voordelta, Grevelingenmeer en Volkerak-Zoommeer positief zal zijn voor de visbestanden in deze gebieden. De waterkwaliteit alsmede de voedselsituatie zal naar verwachting verbeteren en ook de migratiemogelijkheden zullen toenemen. Echter de harde barrière van de Volkeraksluizen voor vismigratie blijft bestaan. De samenstelling van de vispopulaties, en daarmee ook de visserij in het Grevelingenmeer, maar in het bijzonder het Volkerak-Zoommeer zal veranderen.

In dit onderzoek is gebruik gemaakt van informele gesprekken met mensen vanuit de visserijsector. Het is relevant is om gaande het proces de visserijsector nauw bij deze plannen te betrekken. Het is daarom aan te bevelen om door middel van geprotocolleerde interviews onderzoek te doen naar de kansen en zorgen zoals de visserijsector die ziet in de geplande infrastructurele werken.

7.3 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. Indien hiervan 1/3 kan worden gebruikt voor 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 m⁻²) 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.

In het zoete Volkerak-Zoommeer is geen schelpdierkweek. Een zout Volkerak-Zoommeer biedt wel mogelijkheden voor kweek van schelpdieren. Hoewel de verwachting is dat 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 mln 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 m⁻² of ruim 1000 ha voor hangcultuur/MZI. De meest geschikte gebieden in het westelijk del van het Krammer-Volkerak. De geschiktheid van het oostelijk

deel van het Krammer-Volkerak voor bodemcultuur wordt beperkt door het zoete water uit het Hollandsch Diep en het optreden van zuurstofloosheid nabij de bodem.

8 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.
- Broderie, P., S. Groot, R. Hulsbergen, F. J. Los en E. Meijers (2007) Resultaten scenario-berekeningen met het 2D en 3D-blauwalgenmodel voor het Volkerak, Krammer en Zoommeer. Planstudie waterkwaliteit Volkerak-Zoommeer. WL | Delft Hydraulics, Rapport nummer: Q4015.00, 83 pagina's.
- 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 Boer, J., Q. T. Dao, S. P. J. Van Leeuwen, M. J. J. Kotterman en J. H. M. Schobben (2010) Thirty year monitoring of PCBs, organochlorine pesticides and tetrabromodiphenylether in eel from The Netherlands. *Environmental Pollution* 158: 1228-1236.
- 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. en R. Postma (2013) Quick scan waterkwaliteit en ecologie Volkerak-Zoommeer. *Deltares*, Rapport nummer: 1207783-000-VEB-0005, 33 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.
- Derks, E. (2013) Memo Vangstregistratie charterschepen Grevelingenmeer 2011 - 2012, Rapport, 4 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. Liefjting (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.
- Kotterman, M. J. J., S. Bierman, M. K. Van Der Lee, L. A. P. Hoogenboom en J. H. M. Schobben (2011) Bepaling percentage aal onder de totaal-TEQ limiet in de voor aalvangst gesloten gebieden. IMARES, Rapport nummer: C119/11A.
- Kotterman, M. J. J. en M. K. Van Der Lee (2011) Gehaltes aan dioxines en dioxineachtige PCB's (totaal-TEQ) in paling en wolhandkrab uit Nederlands zoetwater. IMARES, Rapport nummer: C011/11.
- Kotterman, M. J. J., M. K. Van Der Lee en S. Bierman (2012) Schatting percentage schone wolhandkrab in de gesloten gebieden. IMARES, Rapport nummer: C043/12.
- 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.
- Schaub, B. E. M., D. Van Oevelen, W. C. H. Sistermans, M. Rietveld, P. M. J. Herman en H. H. Hummel (2002) Veranderingen in de Samenstelling van het Macrobenthos van het Grevelingenmeer (periode 1990-2000) en mogelijke Oorzaken. NIOO-CEME, Rapport nummer: 2002-01, 109 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.
- Schuilig, 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 Den Heuvel-Greve, M. J., L. Osté, H. Hulsman en M. Kotterman (2009) Aal in het Benedenrivierengebied - 1. Feiten: Achtergrondinformatie, trends, relaties en risico's van dioxineachtige stoffen, PCB's en kwik in aal en zijn leefomgeving, Rapport nummer: Q4736, 94 pagina's.
- Van Der Lee, M. K., W. A. Traag, M. Hoek-Van Nieuwenhuizen, M. J. J. Kotterman en L. A. P. Hoogenboom (2011) Monitoringprogramma Nederlandse visserijproducten, aanvullende monitoring schubvis. RIKILT, Rapport.
- 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.
- Van Leeuwen, S. P. J., M. J. J. Kotterman, M. Hoek-Van Nieuwenhuizen, M. K. Van Der Lee en L. A. P. Hoogenboom (2013) Dioxines en PCB's in rode aal uit Nederlandse binnenwateren, resultaten tussen 2006 en 2012. RIKILT, Rapport nummer: 2013.010, 73 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 (2011) Morfologische beoordeling oevererosie en slibsedimentatie Grevelingen. Witteveen&Bos, Rapport, 35 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.
- Zuid-Holland, G. (2006) Zicht op de Grevelingen, Rapport, 68 pagina's.

Verantwoording

Rapport C013/14

Projectnummer: 4303106001

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: Drs. M.J. van den Heuvel-Greve
Onderzoeker Afdeling Delta

Handtekening:



Datum: 5 februari 2014

Akkoord: Dr. B.D. Dauwe
Hoofd Afdeling Delta

Handtekening:



Datum: 5 februari 2014

Bijlage A. Aanpak kanskaart bodemcultuur en hangcultuur

In deze bijlage wordt de aanpak beschreven die is gehanteerd om te komen tot de kanskaarten voor bodemcultuur van schelpdieren en Hangcultuur/MZI in het Grevelingenmeer en Volkerak-Zoommeer.

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 D) toe te passen op de achtergrondkaarten. De uiteindelijke kanskaart is gemaakt door voor iedere gridcel de minimale waarde van de partiële geschiktheden uit te rekenen:

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

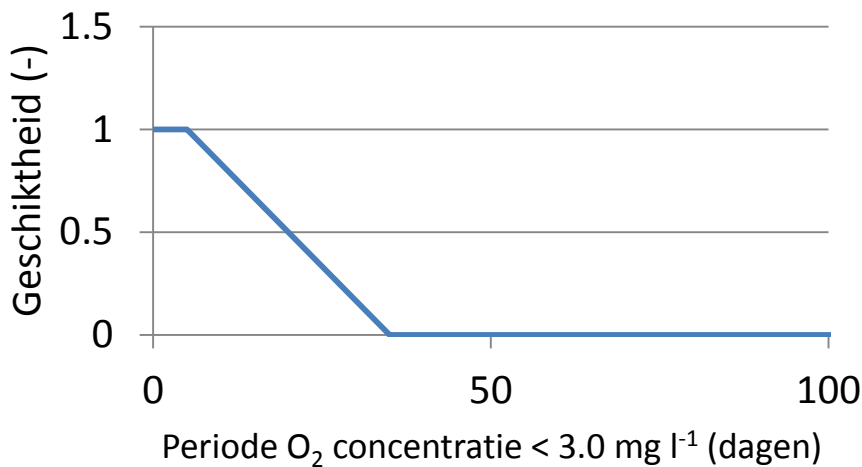
$$P_{MZI} = \min(p_{diepte,MZI}, p_{zout}, p_{Chla}, p_{varen})$$

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.

Zuurstofconcentratie

Netto productie en verbruik van zuurstof is vaak heterogeen verdeeld. Netto 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.



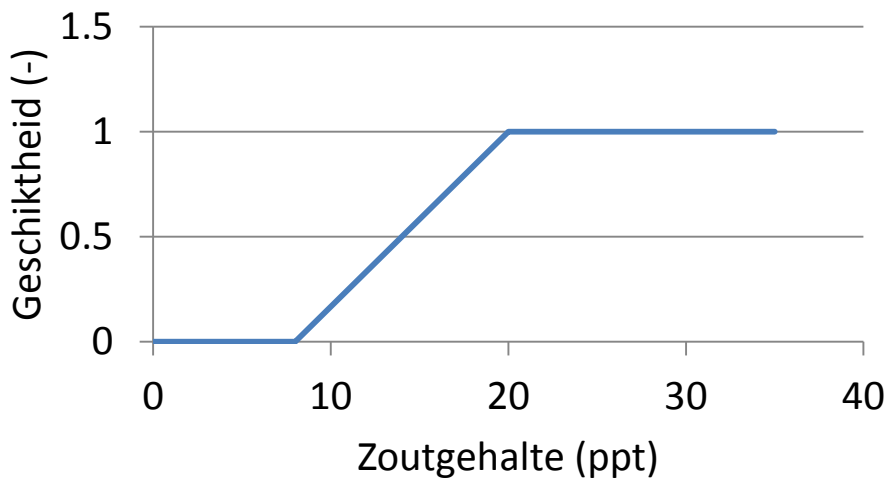
Figuur 8: *Geschiktheid van een locatie voor bodemcultuur als functie van de aaneengesloten periode van lage ($< 3.0 \text{ mg l}^{-1}$) zuurstof concentratie (dagen).*

Zuurstofloosheid van het bodemwater treedt voornamelijk op in de zomerperiode (mei tot september) in de diepe delen in het oostelijk Volkerak en bij de Bergsediepsuis in het Zoommeer (Bijlage C, Figuur 14). 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 zal dit de zuurstofvraag van de bodem doen toenemen waardoor het proces zich versterkt. MZI's zitten voornamelijk in de bovenste waterlagen. Zuurstofloosheid treedt niet op in deze bovenste waterlagen en er is daarom geen beperking voor MZI's met betrekking tot zuurstof.

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 g Cl l^{-1} (18 ppt) bij vloed en normale rivierafvoer of van $4\text{-}6 \text{ g Cl l}^{-1}$ (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 nodig 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 9: *Geschiktheid van een locatie voor bodemcultuur als functie van het minimale zoutgehalte (ppt).*

De zoutgehalten in het Grevelingenmeer zullen niet beperkend zijn voor de bodemkweek van schelpdieren (Bijlage C, Figuur 15 en Figuur 16). In het Krammer-Volkerak, nabij de Volkerak sluizen komen relatief lage zoutgehalten voor als gevolg van de zoetwatertoevoer uit het Hollandsch Diep die beperkend worden voor de schelpdierkweek. 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 bevat lage zoutgehalten.

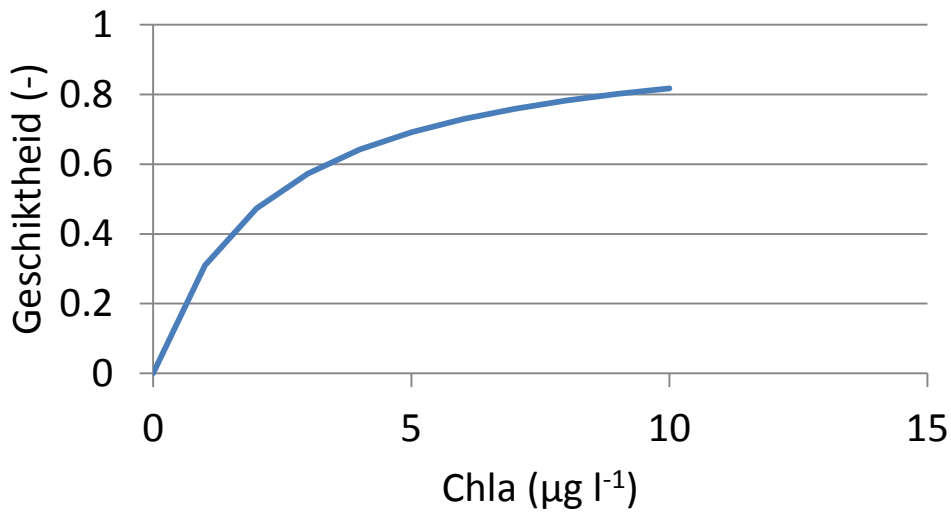
Voedsel

Voedsel is van groot belang voor de groei van mosselen. Het voedsel voor mosselen bestaat voornamelijk uit fytoplankton dat de mosselen uit het water filteren 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. Het is echter niet eenvoudig om een duidelijke relatie te maken tussen algenbiomassa en potentiële schelpdierproductie. Dit komt omdat naast primaire productie, factoren als graasdruk en verblijftijd van het water ook een belangrijk effect hebben op de algenbiomassa. Een hoge graasdruk door schelpdieren kan de algenbiomassa aanzienlijk terugbrengen. Ook de kwaliteit van de algen is hierbij van belang. Het kleine, zogenaamde picoplankton (< 3 µm), wordt bijvoorbeeld minder goed gefiltreerd door de kieuwen dan het grotere fytoplankton.

In deze studie is er 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 µg l⁻¹ (Troost e.a., 2010).



Figuur 10: *Geschiktheid van een locatie voor bodemcultuur als functie van de gemiddelde chlorofyl-a concentratie (µg l⁻¹).*

Uit Figuur 17 (Bijlage C) 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 gemeten nabij de Volkerak sluizen en het doorlaatmiddel in de Brouwersdam.

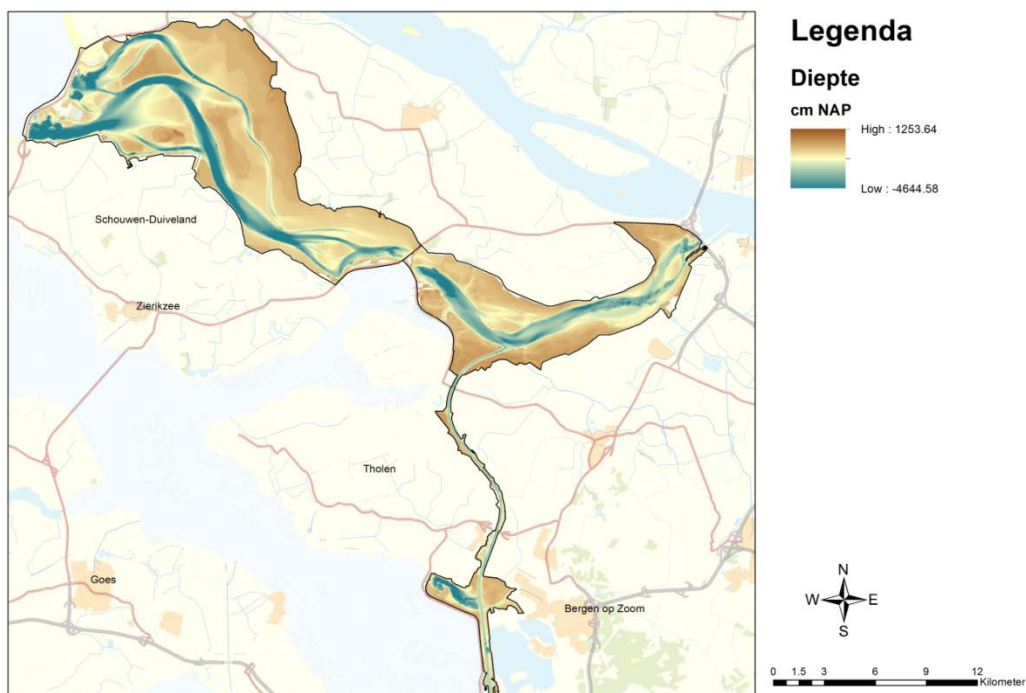
Scheepvaart

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 Liefthing, 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 en 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 Liefthing, 2010).

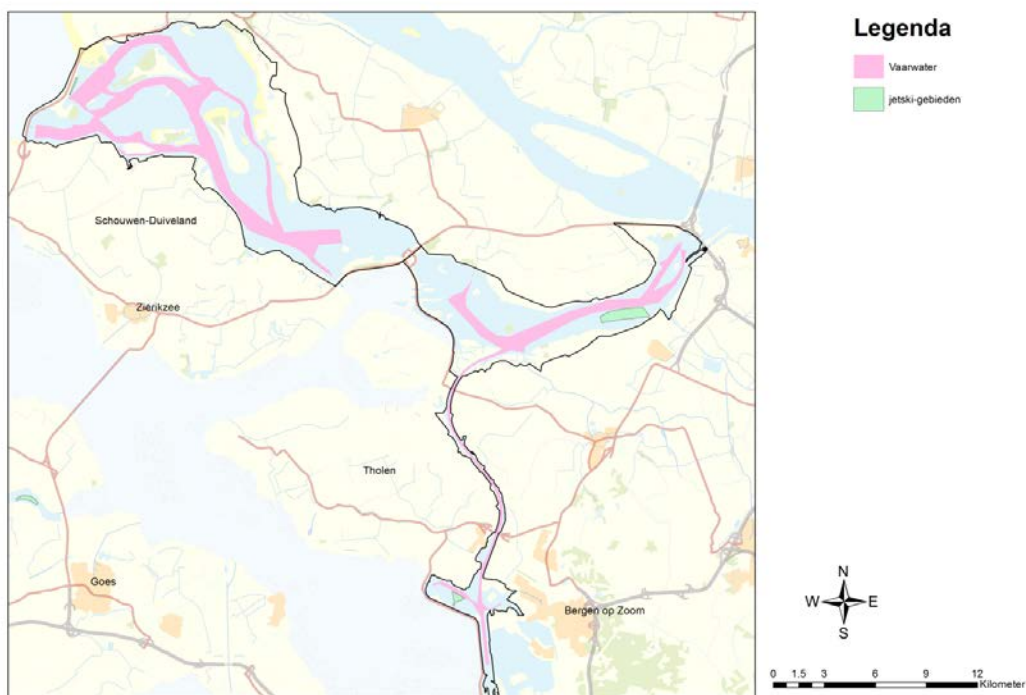
Het Grevelingenmeer is vooral een belangrijk gebied voor de recreatievaart. De scheepvaartroutes zijn gemarkeerd met boeien waartussen de schepen moeten navigeren.

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

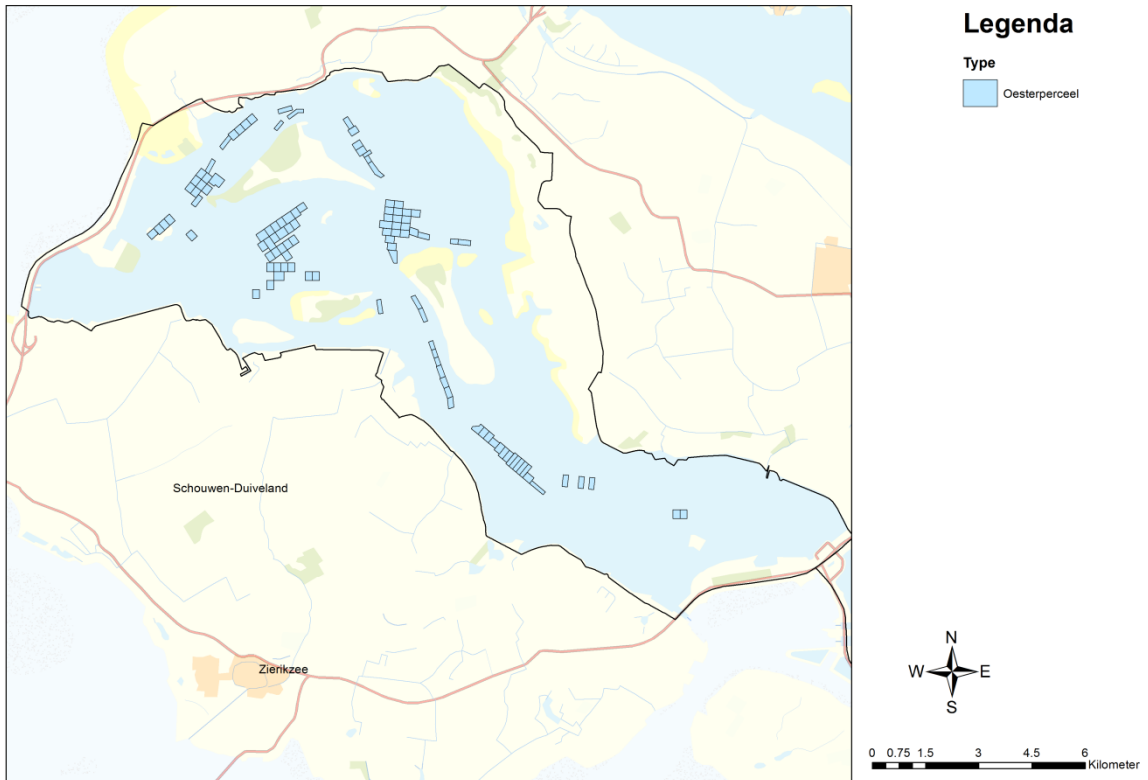
Bijlage B. GIS data Grevelingenmeer en Volkerak-Zoommeer



Figuur 11: Dieptekaart (cm t.o.v NAP) Volkerak-Zoommeer en Grevelingenmeer.



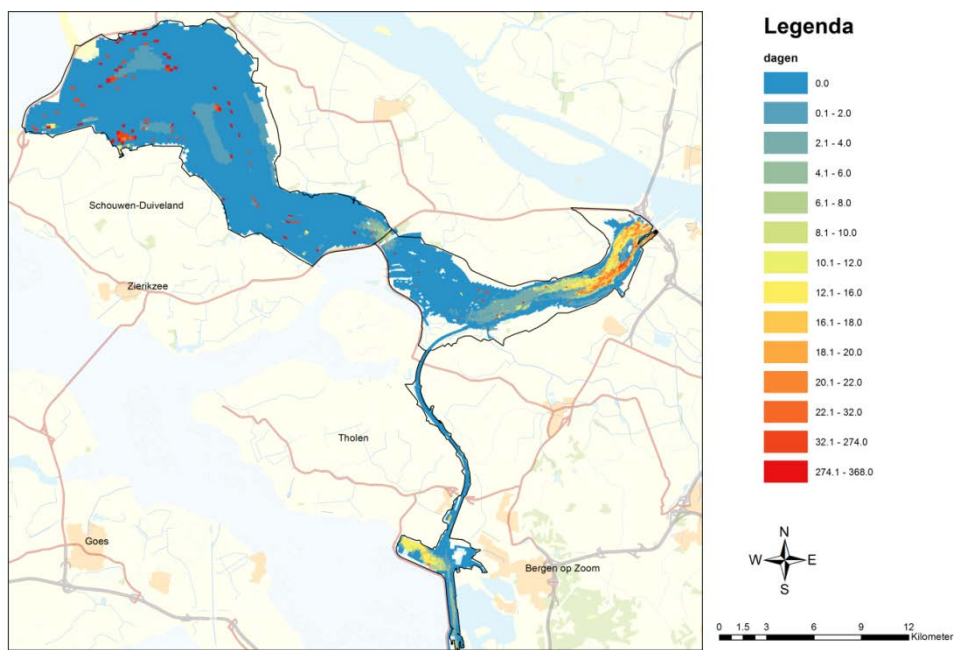
Figuur 12: Huidige scheepvaartroutes en jetski gebieden Volkerak-Zoommeer en Grevelingenmeer.



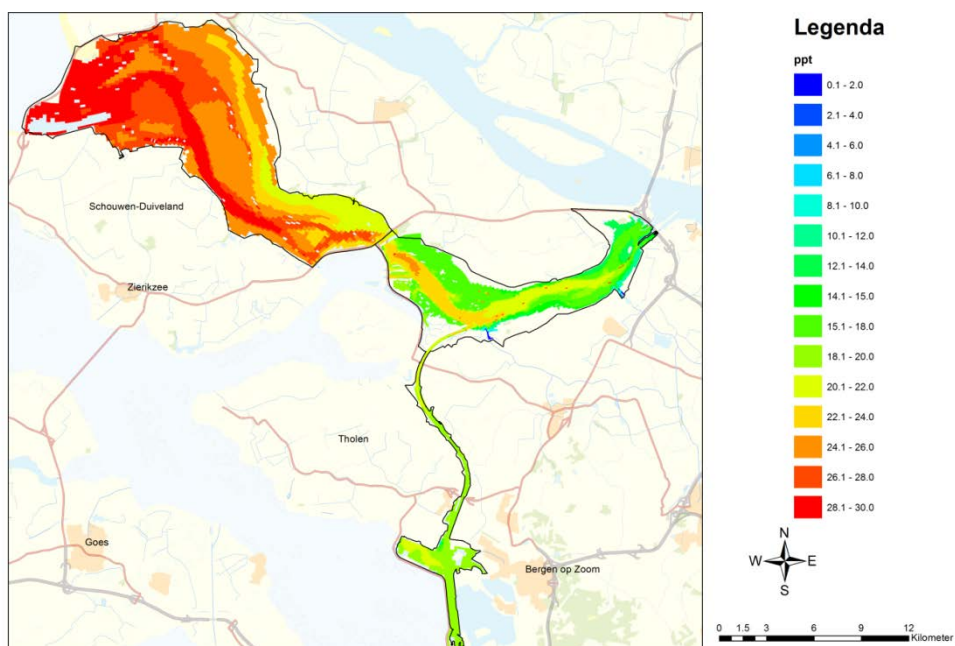
Figuur 13: Ligging huidige schelpdierpercelen in het Grevelingenmeer.

Bijlage C. Resultaten waterkwaliteitsberekeningen Deltares

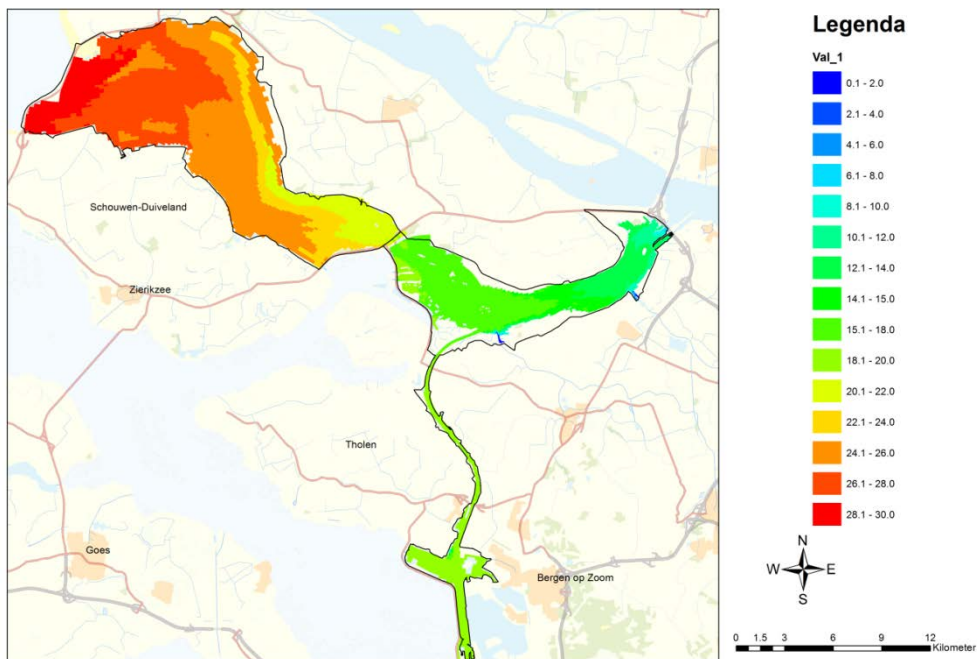
In deze bijlage wordt een overzicht gegeven van de waterkwaliteitsberekeningen uitgevoerd door Deltares. De figuren komen uit (De Vries e.a., 2013)



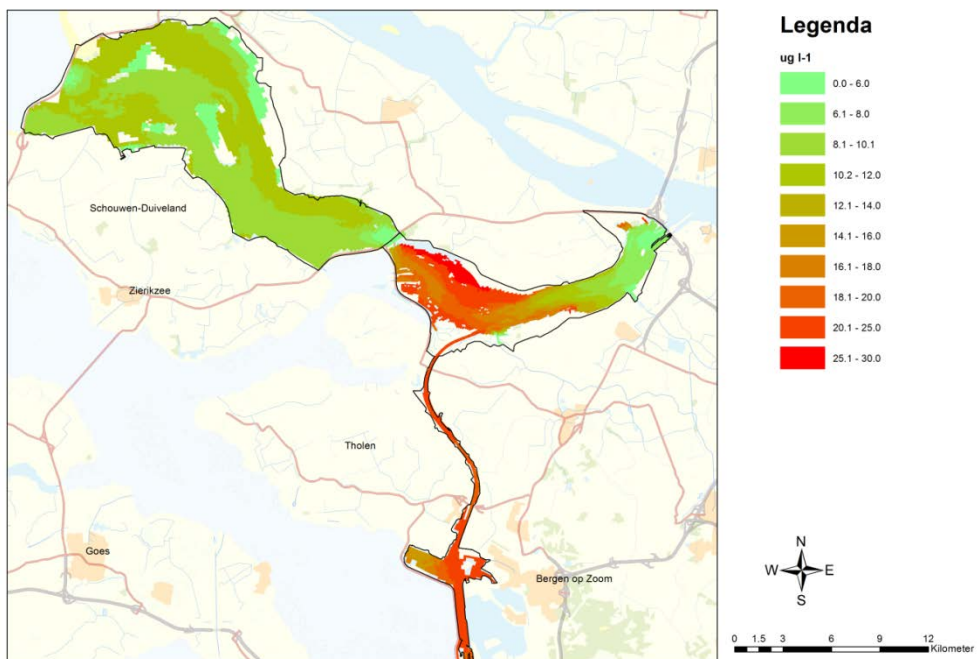
Figuur 14: Maximum berekend aantal dagen dat de zuurstofconcentratie nabij de bodem lager is dan 3.0 mg l⁻¹. Naar gegevens van (De Vries e.a., 2013). NB de rode stippen in het Grevelingenmeer en het Krammer-Volkerak zijn waarschijnlijk modelartefacten.



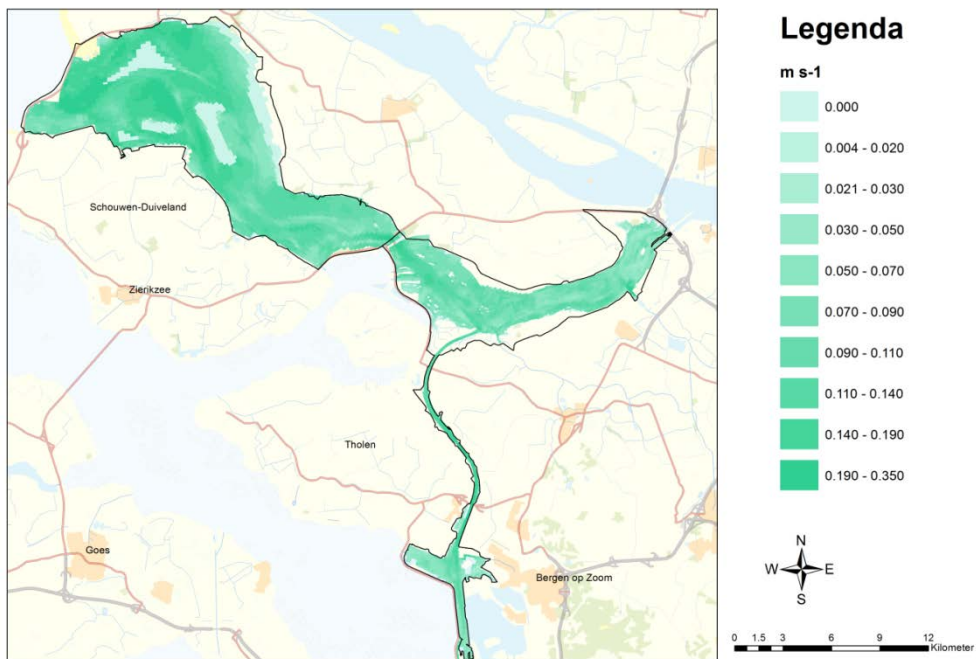
Figuur 15: Minimum (10-percentiel) zoutgehalte (ppt) nabij de bodem. Naar gegevens van (De Vries e.a., 2013).



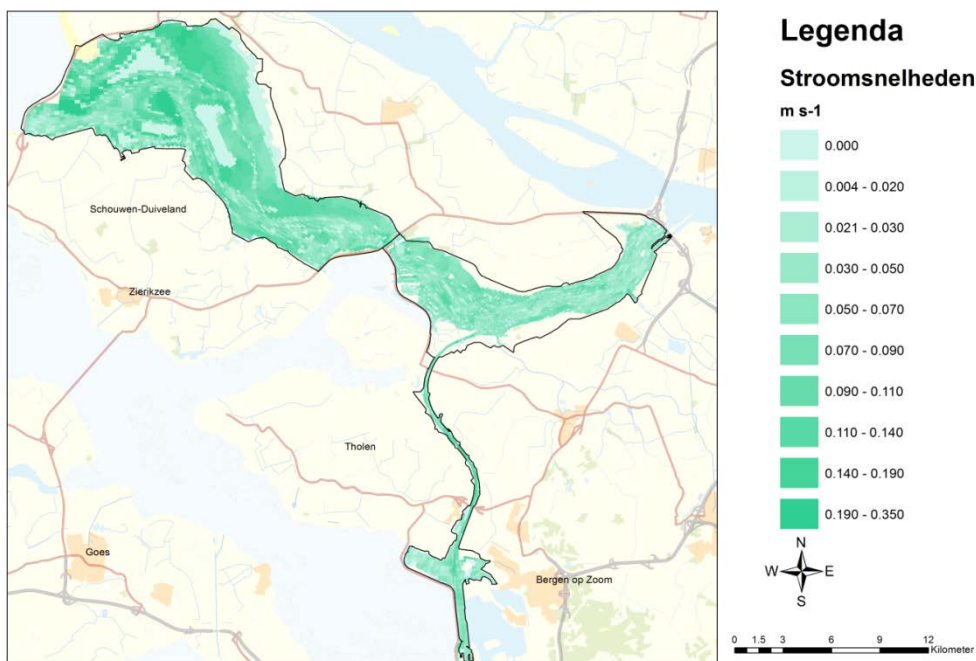
Figuur 16: Minimum (10-percentiel) zoutgehalte (ppt) in het oppervlaktewater. Naar gegevens van (De Vries e.a., 2013).



Figuur 17: Over een jaar afgeleide mediane Chlorofyll-a concentratie (50-percentiel) ($\mu\text{g l}^{-1}$). Naar gegevens van (De Vries e.a., 2013).

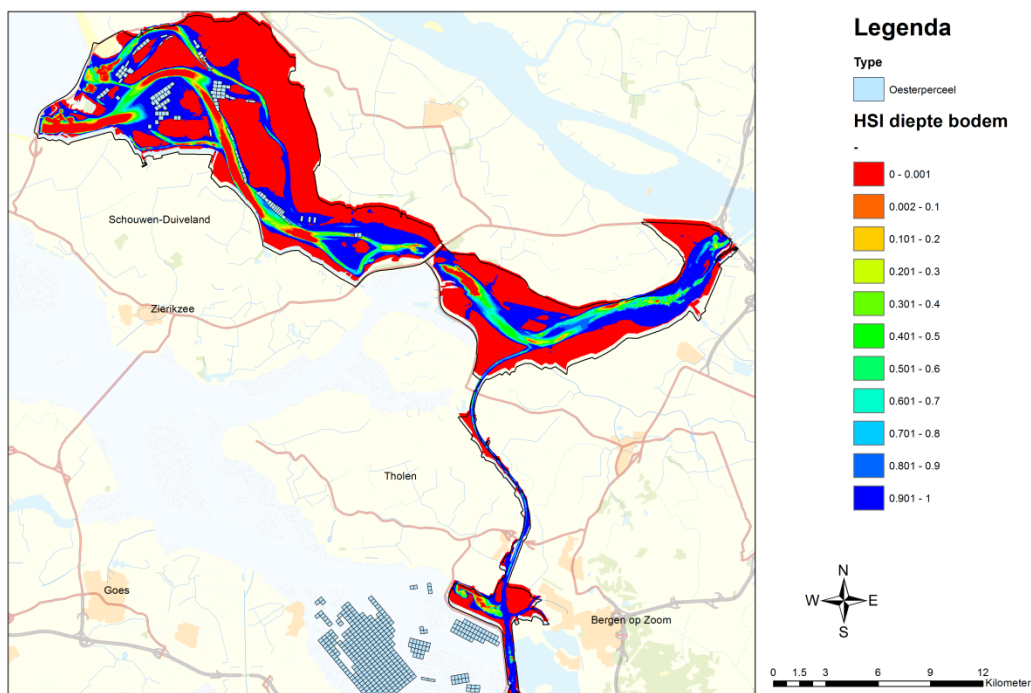


Figuur 18: Gemiddelde stroomsnelheden ($m s^{-1}$) aan het oppervlakte. Naar gegevens van (De Vries e.a., 2013).

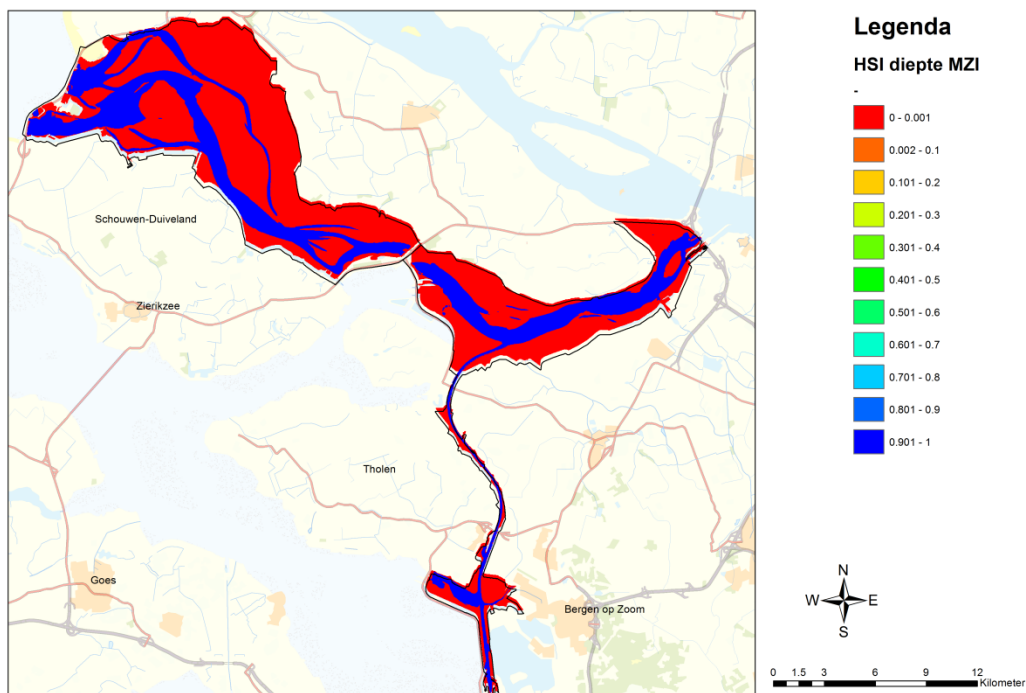


Figuur 19: Gemiddelde stroomsnelheden ($m s^{-1}$) nabij de bodem. Naar gegevens van (De Vries e.a., 2013).

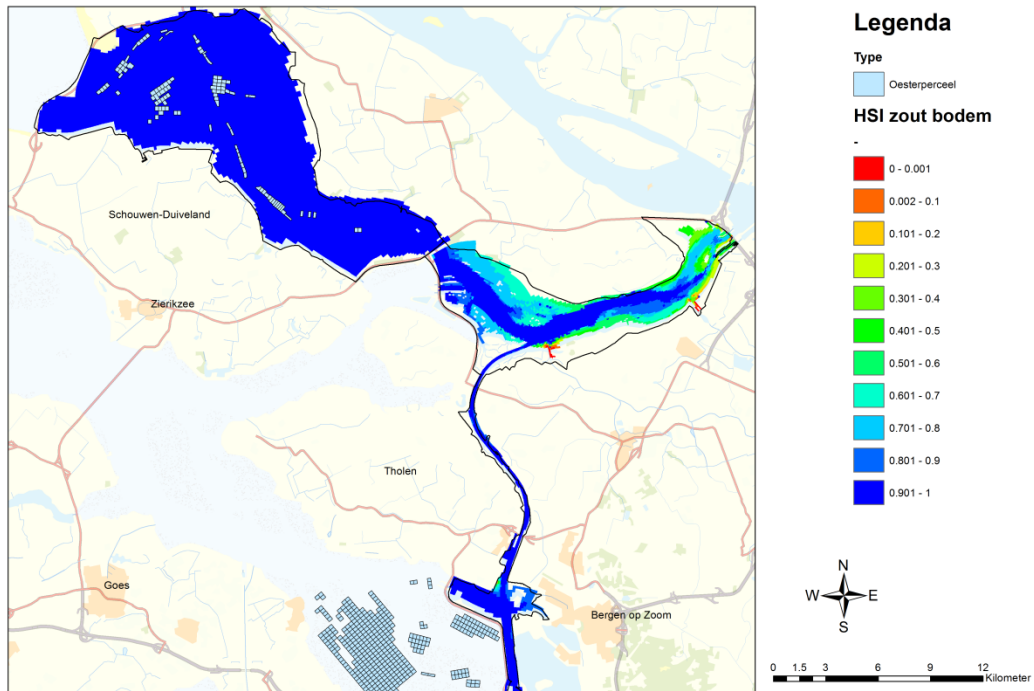
Bijlage D. Partiële geschiktheden Grevelingenmeer en Volkerak-Zoommeer



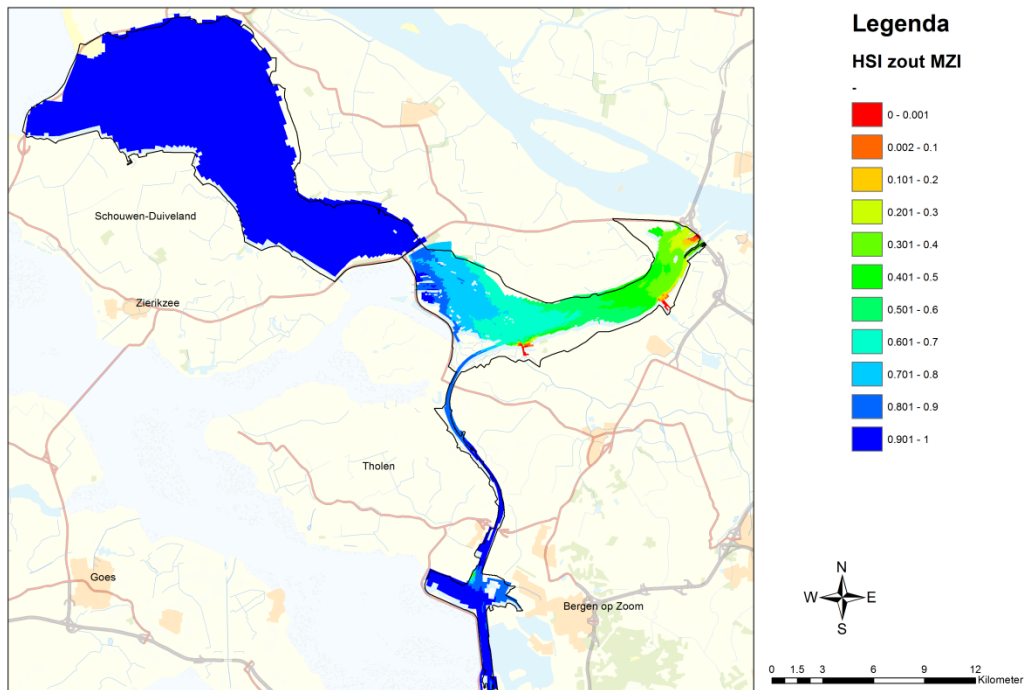
Figuur 20: Partiële geschiktheid van het Grevelingenmeer en het Volkerak-Zoommeer voor bodemcultuur op basis van waterdiepte. De huidige kweekpercelen zijn ook ingetekend (lichtblauw).



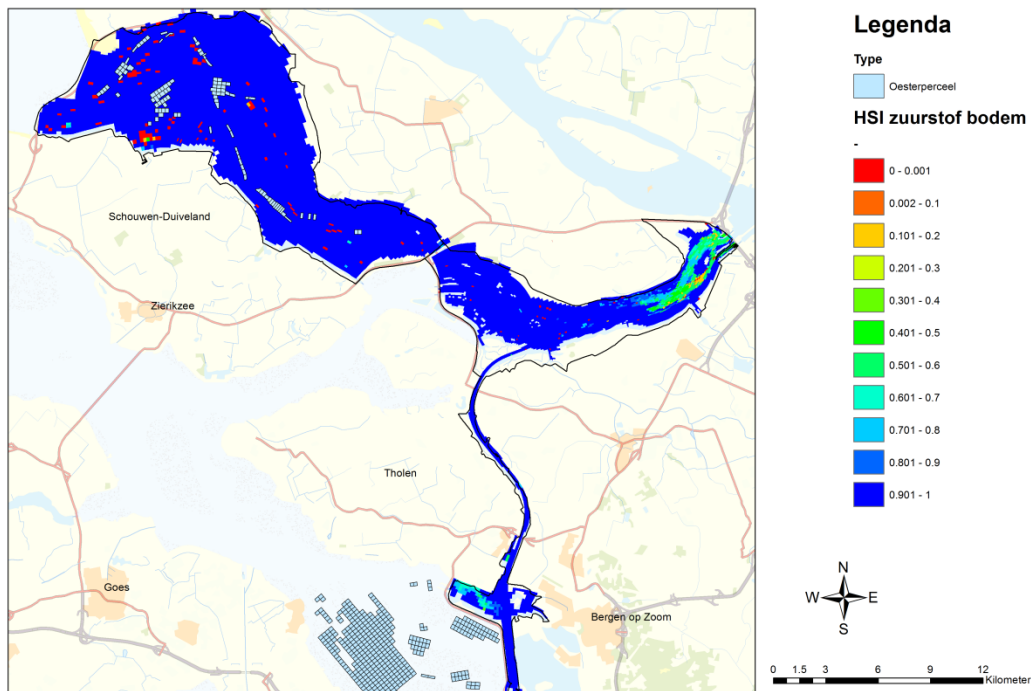
Figuur 21: Partiële geschiktheid van het Grevelingenmeer en het Volkerak-Zoommeer voor MZI en hangcultuur op basis van waterdiepte.



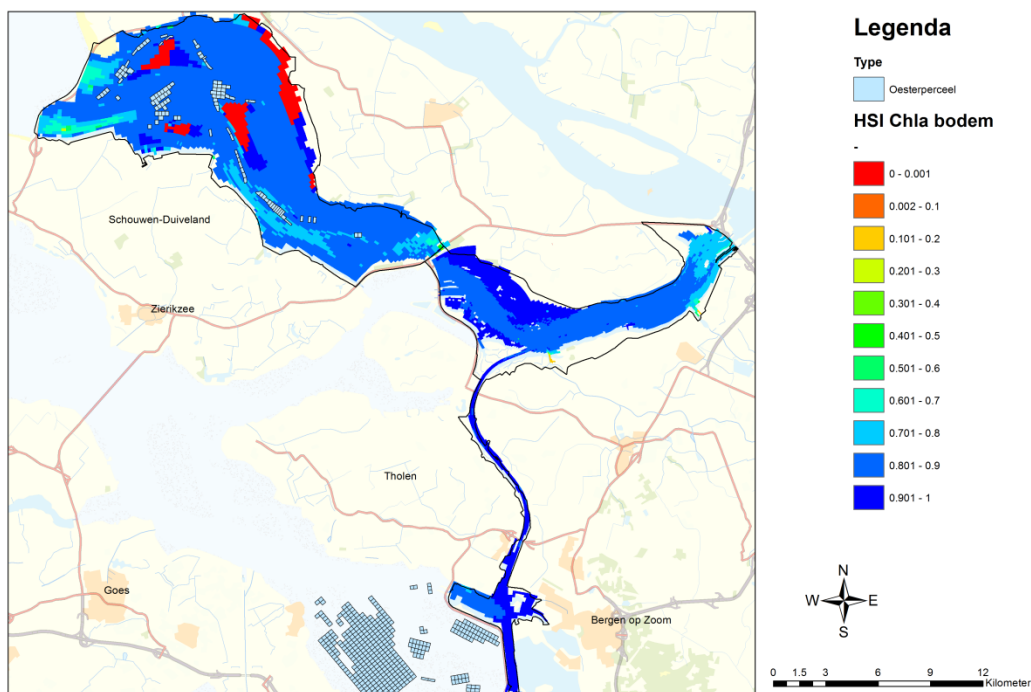
Figuur 22: *Partiële geschiktheid van het Grevelingenmeer en het Volkerak-Zoommeer voor bodemcultuur op basis van zoutgehalte. De huidige kweekpercelen zijn ook ingetekend (lichtblauw).*



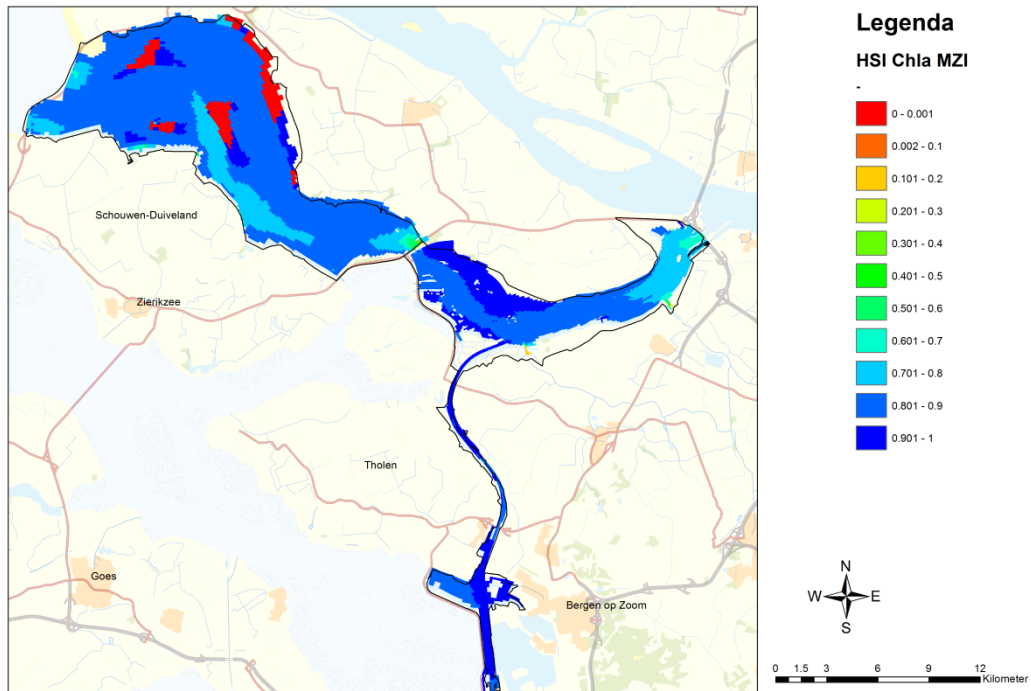
Figuur 23: *Partiële geschiktheid van het Grevelingenmeer en het Volkerak-Zoommeer voor MZI en hangcultuur op basis van zoutgehalte.*



Figuur 24: 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 (lichtblauw).



Figuur 25: 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 (lichtblauw).



Figuur 26: Partiële geschiktheid van het Grevelingenmeer en het Volkerak-Zoommeer voor MZI en hangcultuur op basis van de jaargemiddelde chlorofyll-a concentratie nabij de oppervlakte.