

2473-70



Rijkswaterstaat
Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Notitie knelpunten autonome ontwikkeling

onderdeel verkenning "Grevelingen water en getij"

Datum 28 april 2008
Status definitief

Notitie knelpunten autonome ontwikkeling

Onderdeel Verkenning Grevelingen

28 april 2008

Drs. S. Bouma (Bureau Waardenburg)
Dr. W. Lengkeek (Bureau Waardenburg)
Drs. T.J. Boudewijn (Bureau Waardenburg)
Drs. L.G. Turlings (Witteveen+Bos)
Drs. R. Abma (Witteveen+Bos)
Dr. ir. R.L.J. Nieuwkamer (Witteveen+Bos)

Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Inhoudsopgave

Samenvatting 5

1 Inleiding 9

- 1.1 Aanleiding 9
- 1.2 Doelstelling 10
- 1.3 Leeswijzer 10

2 Huidige situatie en autonome ontwikkeling 11

- 2.1 Gebiedsbeschrijving 11
- 2.2 Waterkwaliteit 13
 - 2.2.1 Zuurstof 13
 - 2.2.2 Saliniteit 16
 - 2.2.3 Nutriënten (totaal P en totaal N) 16
 - 2.2.4 Doorzicht 16
- 2.3 Ecologische toestand 17
 - 2.3.1 Bodemleven 17
 - 2.3.2 Vogels 20
 - 2.3.3 Vissen 23
 - 2.3.4 Zeehonden en bruinvissen 25
 - 2.3.5 Zeegras 25
 - 2.3.6 Algenbloei en zeesla 26
 - 2.3.7 Oevers en eilanden 28
- 2.4 Maatschappelijk belang van het Grevelingenmeer 29
 - 2.4.1 Beroepsvisserij op het Grevelingenmeer 29
 - 2.4.2 Recreatie in de Grevelingen 30

3 Doelen en knelpunten 34

- 3.1 Doelen 34
- 3.2 Knelpunten 36
 - 3.2.1 Ecologische knelpunten 36
 - 3.2.2 Knelpunten voor gebruikers 39
- 3.3 Kennislacunes 39

4 Literatuur 41

Samenvatting

aanleiding en doel

Ondanks dat het beheer van de Brouwerssluis een aantal malen is aangepast ten behoeve van de ecologie van het meer, is de ecologische toestand van het Grevelingenmeer in de laatste decennia verder achteruit gegaan. Door deze achteruitgang is het onduidelijk of de ecologische toestand in 2015 zal voldoen aan doelen geformuleerd onder de Kaderrichtlijn Water, Natura 2000, de Watervisie 'Nederland veroveren op de toekomst, kabinetsvisie op het waterbeleid' en het Omgevingsplan Zeeland 2006-2012.

Rijkswaterstaat Directie Zeeland is verantwoordelijk voor het waterbeheer en wil de gesignaleerde achteruitgang nader analyseren en oplossingsrichtingen formuleren en beoordelen door het uitvoeren van de zogenaamde 'Verkenning Grevelingen Water en Getij'.

Voorliggende notitie dient als bouwsteen voor het Verkenningenrapport en beschrijft de huidige situatie, autonome ontwikkeling en de knelpunten ten opzichte van de doelen.

het watersysteem van het Grevelingenmeer

In de huidige situatie is het Grevelingenmeer een zout meer waarin (beperkte) uitwisseling van water met de Noordzee plaats vindt via de Brouwerssluis. Het beheer van de Brouwerssluis is gericht op maximale uitwisseling, rekening houdend met het streefpeil van het meer van NAP -0,2 m.

Door de aanwezigheid van de Grevelingendam vindt in de huidige situatie geen uitwisseling met water van de Oosterschelde en/of het Krammer-Volkerak plaats. Hierdoor heeft het Grevelingenmeer momenteel dus geen functie in de afvoer van Maas- en Rijnwater naar de Noordzee. Deze functie wordt nu alleen vervuld door de Nieuwe Waterweg en het Haringvliet.

De Flakkeese spuisluis wordt in de nabije toekomst opnieuw in gebruik genomen om meer dynamiek in het Grevelingenmeer terug te krijgen. Door het opnieuw in gebruik nemen van deze sluis zal in de toekomst dus wel weer uitwisseling met de Oosterschelde plaats gaan vinden. Het opnieuw in gebruik nemen van de Flakkeese spuisluis wordt in deze verkenning als autonome ontwikkeling opgevat.

waterkwaliteit

Het zuurstofgehalte van het water in het Grevelingenmeer is één van de belangrijkste zorgpunten van de huidige situatie. Het zuurstofgehalte in de bovenste laag is goed, maar diepere delen van het meer (vanaf circa 5m diepte, maar vooral op dieptes groter dan 10 m) kunnen het hele jaar door zuurstofarm zijn met een zuurstofloze bodem. Dit komt door een combinatie van stratificatie en zuurstof consumerende (afbraak)processen in en nabij de bodem. Stratificatie is een proces waarbij door verschillen in temperatuur en zoutgehalte van

het water verschillende waterlagen ontstaan, van elkaar gescheiden door een spronglaag. Tussen de waterlagen vindt bijna geen uitwisseling plaats. Bij het huidige beheer wordt er naar gestreefd, dat niet meer dan 5% van de totale bodemoppervlakte zuurstofloos wordt en dat de spronglaag niet ondieper dan 15 meter komt, maar in de huidige situatie wordt dit streefbeeld echter niet gehaald en kan met name tijdens een warm voorjaar en tijdens warme zomers wel 10% van de bodemoppervlakte zuurstofloos worden. Deze zuurstofloze condities kenmerken zich door de vorming van witte matten op de bodem van het Grevelingenmeer, veroorzaakt door verschillende soorten van de zwavelbacterie *Beggiatoa spp.* Hoewel zuurstofloze condities al sinds de afsluiting in 1971 voorkomen, lijkt de zuurstofproblematiek de afgelopen jaren verder toe te nemen. Zo komen zuurstofloze condities niet alleen meer tijdens een warm voorjaar en warme zomers voor, maar gedurende het hele jaar en lijken zuurstofloze condities zich uit te breiden naar ondiepere delen van het meer, terwijl zuurstofloze condities in het verleden alleen voor leken te komen op grotere dieptes en met name in de diepe putten bij Scharrendijke en Den Osse. Het opnieuw in gebruik nemen van de Flakkeese spuisluis zal onder het huidige beheer naar verwachting geen grote veranderingen in de zuurstofhuishouding tot gevolg hebben. Het zal wel de stratificatie in het oosten van het meer iets tegengaan, maar de zuurstofvraag van de in laag dynamische gebieden over de jaren opgebouwde sliblaag zal blijven bestaan.

Het zoutgehalte in het Grevelingenmeer is vrij constant en schommelt rond de 17 g Cl⁻/l. De concentraties van de voedingsstoffen stikstof (N) en fosfor (P) zijn laag. Het stikstofgehalte (totaal N) schommelt rond de 0,5 mg/l. Het fosforgehalte (totaal P) bedraagt sinds 2001 minder dan 0,1 mg/l. De algengroei in het Grevelingenmeer wordt door stikstof gelimiteerd. Het doorzicht is in de jaren negentig gehalveerd van gemiddeld 5 meter naar gemiddeld 2-2,5 meter. De oorzaak hiervan is niet bekend. De verwachting is dat de ingebruikname van de Flakkeese spuisluis geen groot effect zal hebben op het zoutgehalte, de voedingsstoffenconcentraties en het doorzicht.

ecologische toestand

Er zijn sinds 2001 geen uitgebreide opnames van bodemdieren meer geanalyseerd in het Grevelingenmeer. Hierdoor is het momenteel niet mogelijk inzicht te geven in de verschuivingen die zich in de afgelopen 8 jaren voor hebben gedaan (waaronder bijvoorbeeld de ontwikkeling van Japanse oesters) en in hoeverre deze verschuivingen knelpunten opleveren voor het behalen van doelen geformuleerd in verschillende beleidsdocumenten. De huidige situatie is aan de hand van beknopte soortenlijsten verzameld tijdens een onderzoek naar het effect van zuurstofdeficiëntie op het bodemleven van het Grevelingenmeer in september 2007 als volgt samengevat: De Japanse oester is op alle harde dijkglaoingen zeer dominant aanwezig. Deze oesters vormen op hun beurt hard substraat voor een groot aantal andere soorten, waaronder verschillende soorten wieren, anemonen, sponzen, zakpijpen, krabben, kreeften en garnalen. Japanse oesters zorgen in ondiepe delen voor veel overlast voor surfers en badgasten. Ondiepe

zachte substraten worden vooral gekenmerkt door de aanwezigheid van muiltjes, (slib)anemonen en wormen. Op dieptes van meer dan 8 meter zijn in laag dynamische gebieden, zoals de oostelijk gelegen Bocht van St. Jacob en het noordwestelijk gelegen Springerdiep door de zuurstofloosheid witte matten aanwezig waarop alleen enkele grondels en krabben worden aangetroffen. Al het andere bodemleven is op deze plekken afwezig. Er wordt verwacht dat deze situatie niet sterk zal veranderen als gevolg van de autonome ontwikkeling.

Kustbroedvogels als kluut, strandplevier en bontbekplevier profiteerden aanvankelijk van de afsluiting, waardoor uitgestrekte gebieden droogvielen en beschikbaar kwamen als broedgebied. In de jaren negentig namen deze soorten in aantal af. In de toekomst zullen zonder beheersmaatregelen door de vegetatiesuccessie geschikte broedlocaties voor kustbroedvogels verloren gaan. Visetende watervogels laten sterk verschillende patronen in de ontwikkeling zien. Met name de soorten die foerageren op kleinere prooien namen eind vorige eeuw sterk in aantal toe, waarna de aantallen stabiliseerden. Soorten die gebruik maken van grotere prooien laten een afname of wisselend beeld zien.

Recente gegevens van de visstand zijn niet beschikbaar. Het aantal soorten varieerde in de jaren tachtig tussen de 44 en 51, waarbij er dichtbij de Brouwerssluis anderhalf keer meer soorten werden aangetroffen dan in het oostelijk deel.

In zoutwater systemen zoals het Grevelingenmeer kunnen zeegrasvelden een belangrijke functie vervullen als habitat voor vissen en macrofauna. Zeegras is sinds 2000 echter volledig uit het Grevelingenmeer verdwenen. De oorzaak is waarschijnlijk het constant hoge zoutgehalte. Problemen met algenbloei komen in het Grevelingenmeer doorgaans niet voor en problemen met toxische algen zijn zeldzaam. De grootschalige bloei van zeesla vormt in het Grevelingenmeer wel een probleem, met name wanneer het zeesla aanspoelt op recreatiestranden en achter de vooroeververdedigingen. Op deze locaties hoopt het zich in grote hoeveelheden op, waarna rotting stankoverlast kan veroorzaken.

Door het constante waterpeil vond sinds de afsluiting oeverafslag plaats. Op de meeste locaties is deze afslag door het aanleggen van vooroeververdedigingen onder controle gebracht. De vegetatieontwikkeling op de Slikken van Flakkee is door variatie in beheer verschillend voor het zuidelijk deel en het noordelijk deel. In het zuiden (beweidning) is momenteel sprake van bloemrijke graslanden met beginnend struweel, in het noorden (niets doen) is sprake van bosontwikkeling. Ook op de eilanden bepaalt het beheer in sterke mate de vegetatieontwikkeling: waar begrazing of actief beheer plaatsvindt, treedt geen vegetatiesuccessie op, in gebieden zonder begrazing of actief beheer wel.

maatschappelijk belang Grevelingenmeer

Belangrijke maatschappelijke sectoren voor het Grevelingemeer betreffen de recreatie en de beroepsvisserij. Het Grevelingenmeer is een

veelzijdig recreatiegebied. Zwemmen, plankzeilen, kanoën, duiken, recreatievaart en sportvisserij vinden plaats in het meer. De beroepsvisserij op kreeft, paling en oester is een belangrijke nevenfunctie voor het Grevelingenmeer. In de visie "Zicht op de Grevelingen" worden de mogelijkheden voor een getijdecentrale en scheepvaartsluis in de Brouwersdam verkend.

knelpunten

De belangrijkste knelpunten voor het Grevelingenmeer ten opzichte van geformuleerde concept doelen kunnen als volgt worden samengevat:

- de zuurstofloze condities in en nabij de bodem met negatieve gevolgen voor de ecologische toestand van het meer;
- de afname van geschikt broedgebied voor kustbroedvogels;
- een mogelijk verdere afname van visetende vogels;
- de verdwijning van zeegras;
- de grootschalige ophoping van zeesla.

Hoewel er geen doelen geformuleerd zijn voor de aanwezige macrofauna in het Grevelingenmeer kan de sterfte onder bodemdieren een knelpunt vormen voor het bereiken van een goede ecologische toestand van het meer, zoals geformuleerd onder de Kader Richtlijn Water. Verschuivingen in het bodemleven kunnen namelijk effecten hebben op vissen en vogels waarvoor wel doelstellingen geformuleerd zijn.

Voor gebruikers van de Grevelingen bestaan de knelpunten (in samenhang met de ecologische knelpunten) uit:

- afsterven van commerciële oesterbanken door zuurstofarme condities;
- sterke toename Japanse oesters waardoor recreanten zich verwonden aan de scherpe randen van de oesters;
- het ontbreken van bodemleven in de diepere delen, waardoor de aantrekkelijkheid voor sportduikers vermindert. Dit betreft met name de gebieden waar de grens tot waar het bodemleven ontbreekt opschuift tot minder dan 10 meter waterdiepte;
- grootschalige ophoping van zeesla, dat onder andere zorgt voor stankoverlast.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Ondanks dat het beheer van de Brouwerssluis sinds de aanleg in 1978 een aantal malen is aangepast ten behoeve van de ecologie (zie § 2.1), is de ecologische toestand van het Grevelingenmeer in de laatste decennia verder achteruit gegaan (Hoeksema, 2002). Door deze achteruitgang is het onduidelijk of de waterkwaliteit en ecologische toestand in 2015 zal voldoen aan het streefbeeld van de Kaderrichtlijn Water, Natura 2000, de Watervisie 'Nederland veroveren op de toekomst, kabinetsvisie op het waterbeleid' en het Omgevingsplan Zeeland.

Rijkswaterstaat Zeeland is verantwoordelijk voor het waterbeheer en wil de gesignaleerde achteruitgang nader analyseren en oplossingsrichtingen formuleren en beoordelen door het uitvoeren van de zogenaamde 'Verkenning Grevelingen Water en Getij'. Het accent in deze Verkenning ligt op de kerntaken van Verkeer & Waterstaat: waterkwaliteit, peilbeheer en scheepvaart.

In de voorliggende notitie, die dient als bouwsteen voor het opstellen van het eindrapport van de 'Verkenning Grevelingen Water en Getij', wordt de gesignaleerde achteruitgang nader geanalyseerd en wordt inzicht gegeven in de huidige situatie en autonome ontwikkeling met betrekking tot de waterkwaliteit en ecologische toestand in 2015. Tevens wordt aangegeven welke mogelijke knelpunten ontstaan ten aanzien van (concept) doelen geformuleerd onder de Kaderrichtlijn Water (KRW), Natura 2000 en de Watervisie 'Nederland veroveren op de toekomst, kabinetsvisie op het waterbeleid'.

De oplossingsrichtingen voor verbetering van het waterbeheer kunnen invloed hebben op gebruikers die belang hebben bij en/of afhankelijk zijn van het waterbeheer in de Grevelingen, zoals bijvoorbeeld de scheepvaart, visserij, recreatie, energie en landbouw. In deze notitie wordt daarom ook ingegaan op de toekomstvisie van de gebruikers van het Grevelingenmeer, zoals deze onder meer is verwoord in de ontwikkelingsschets 'Zicht op de Grevelingen' en worden knelpunten ten aanzien van deze visie onder de huidige situatie en autonome ontwikkeling tot 2015 benoemd.

De realisatie en het functioneren van de Flakkeese Spuisluis is bij het opstellen van deze notitie als autonome ontwikkeling opgevat. Aangenomen wordt dat deze sluis (die in 1984 werd aangelegd, maar in 1987 buiten werking werd gesteld (zie §2.1)) in 2008 opnieuw in gebruik wordt genomen om meer dynamiek in het Grevelingenmeer terug te krijgen.

1.2 Doelstelling

De doelstellingen van de voorliggende notitie zijn:

1. Het geven van inzicht in de huidige situatie en de autonome ontwikkeling met betrekking tot de waterkwaliteit en ecologische toestand in 2015.
2. Het aangegeven van mogelijke ecologische knelpunten ten aanzien van (concept) doelen geformuleerd onder de Kaderrichtlijn Water (KRW), Natura 2000, de Watervisie en het Omgevingsplan Zeeland onder de huidige situatie en autonome ontwikkeling tot 2015.
3. Het aangeven van mogelijke knelpunten ten aanzien van de toekomstvisie van de gebruikers van het Grevelingenmeer, zoals deze onder meer is verwoord in de ontwikkelingsschets 'Zicht op de Grevelingen' onder de huidige situatie en autonome ontwikkeling tot 2015.

Voor deze Verkenning wordt ten aanzien van de autonome ontwikkeling 2015 als peiljaar gehanteerd. Eventuele uitvoering van maatregelen die in deze Verkenning en de daarop volgende fasen worden uitgewerkt, wordt echter niet voorzien voor 2015. Na 2015 zijn 2021 en 2027 de volgende ijkpunten van de Kaderrichtlijn Water.

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt eerst een gebiedsbeschrijving gepresenteerd waarbij zowel in wordt gegaan op de historie van het meer als de huidige situatie (§2.1). Vervolgens wordt ingegaan op de huidige situatie en de autonome ontwikkeling met betrekking tot de waterkwaliteit (§2.2) en ecologische toestand (§2.3). In §2.4 wordt ingegaan op het maatschappelijk belang van het Grevelingenmeer voor de verschillende gebruikers.

In hoofdstuk 3 worden (concept) doelen geformuleerd onder de KRW, Natura 2000, de Watervisie, de ontwikkelingsschets 'Zicht op de Grevelingen' en het Omgevingsplan Zeeland 2006-2012 samengevat (§3.1) en wordt aangegeven welke mogelijke knelpunten er bestaan ten aanzien van deze doelen onder de huidige situatie en de ingeschatte autonome ontwikkeling (§3.2). Tevens wordt aangegeven welke kennislacunes er bestaan ten aanzien van het analyseren van de waargenomen ecologische achteruitgang (§3.3).

2 Huidige situatie en autonome ontwikkeling

2.1 Gebiedsbeschrijving

Historie

Tot 1964 was de Grevelingen een estuarien getijdenlandschap met uitgestrekte platen, slikken 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⁻/l en het getijverschil gemiddeld 2,3m.

In 1964 werd de Grevelingendam, als onderdeel van de Deltawerken, aangelegd. Hierdoor werd de Grevelingen afgesloten van zoetwater aanvoer via het Volkerak-Zoommeer en van zoutwater aanvoer via de Oosterschelde. 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.

In 1971 werd de Grevelingen volledig afgesloten door de aanleg van de Brouwersdam en ontstond een geïsoleerd zoutwatermeer zonder getij: het Grevelingenmeer. Het streefpeil van het Grevelingenmeer is sindsdien vastgelegd op -0,2m NAP en de voorzieningen voor recreatie en oeververdediging zijn ingesteld op dat peil. Het wegvallen van het getij en instellen van een streefpeil van -0,2m NAP leidde tot een groot aantal veranderingen:

- Schorren en hogere delen van de slikken en platen vielen permanent droog, terwijl de lagere delen van de slikken en platen voor altijd onder water verdwenen (Nienhuis, 1978; van der Pluijm & de Jong, 2003);
- Het Grevelingenmeer werd alleen nog maar gevoed via zoet regen- en polderwater, waardoor verbrakking optrad en het zoutgehalte daalde tot circa 12 g Cl⁻/l (Bannink *et al.*, 1984).
- Door het wegvallen van het getij werd verticale menging van de waterkolom voornamelijk nog beïnvloed door de wind. Tijdens warme zomermaanden met weinig wind leidde dit, vooral in de diepe putten bij Scharrendijke en Den Osse, tot stratificatie van de waterkolom met als gevolg zuurstofarmoede en/of zuurstofloosheid in de onderlaag (Koole, 1995; Wijsman, 2002; Lengkeek *et al.*, 2007). In juni 1979 was 8% van het totale bodemoppervlak van het Grevelingenmeer zuurstofloos (Oorthuysen & Iedema, 1992).
- In diepere gebieden van het meer (> 6m diepte) waar de waterbeweging beperkt is, leidde het wegvallen van het getij in perioden met weinig wind tot een verhoogde sedimentatie waardoor er zich een sliblaag ontwikkelde op de bodem. Verschillende bodemonderzoeken uitgevoerd in de periode van 1979 tot en met 2000 laten geen eenduidige resultaten zien, maar suggereren dat het slibgehalte in de diepere delen (> 6m diepte) in het oostelijke gedeelte van het meer toe zijn genomen van circa 5% naar meer dan 20% (Schaub *et al.*, 2002 en verwijzingen daarin).

Deze veranderingen hadden dusdanig negatieve effecten op de aanwezige natuurwaarden, dat in 1978 besloten werd om een sluis te bouwen in de Brouwersdam om uitwisseling met Noordzeewater weer mogelijk te maken. Tot 1993 stond deze sluis open van 1 oktober - 1 maart; in de periode van 1993 tot 1999 van 1 oktober tot 1 april en sinds 1999 gedurende het gehele jaar (Hoeksema, 2002).

In 1984 werd de Flakkeese spuisluis (een hevel in de Grevelingendam) aangelegd voor het op peil houden van het zoutgehalte van het Zijpe tijdens de compartimenteringswerkzaamheden. Na voltooiing van de Philipsdam werd deze sluis in 1987 buiten gebruik gesteld.

Huidige situatie

Een topografische kaart van het huidige Grevelingenmeer is weergegeven in afbeelding 1.

Afbeelding 1. Topografische kaart van het huidige Grevelingenmeer



In de huidige situatie is het Grevelingenmeer een zout meer waarin (beperkte) uitwisseling van water met de Noordzee plaats vindt via de Brouwerssluis. Het beheer van de Brouwerssluis is gericht op maximale uitwisseling, rekening houdend met het streefpeil van het meer van NAP -0,2 m.

Door de aanwezigheid van de Grevelingendam vindt in de huidige situatie geen uitwisseling met het zoute water van de Oosterschelde en/of het zoete water van Krammer-Volkerak plaats. Hierdoor heeft het Grevelingenmeer sinds 1964 geen functie meer in de afvoer van Maas- en Rijnwater naar de Noordzee. Deze functie wordt nu alleen vervuld door de Nieuwe Waterweg en het Haringvliet. Overigens was de functie van het Grevelingenmeer in de afvoer van Maas- en Rijnwater ook voor 1964 beperkt.

De Flakkeese spuisluis wordt in de nabije toekomst opnieuw in gebruik genomen om meer dynamiek in het Grevelingenmeer terug te krijgen. Door het opnieuw in gebruik nemen van deze sluis zal in de toekomst dus wel weer uitwisseling met Oosterschelde water plaats gaan vinden.

2.2 Waterkwaliteit

2.2.1 Zuurstof

Het zuurstofgehalte van het water in het Grevelingenmeer is een veel besproken aspect van de waterkwaliteit en één van de belangrijkste zorgpunten van de huidige situatie. De bovenste waterlaag is het hele jaar door voor circa 80% verzadigd met zuurstof (fluctuerend tussen 6 en 14 mg/l, www.waterbase.nl), maar diepere delen van het meer (vanaf circa 5m diepte, maar vooral op dieptes >10m) kunnen zuurstofloos of zuurstofarm zijn (Lengkeek *et al.*, 2007; Wijsman 2002). In en op de bodem kunnen het hele jaar door zuurstofloze condities heersen (Lengkeek persoonlijke observatie, maart 2008). Gedurende het voorjaar en de zomer is de zuurstofloosheid in en nabij de bodem het meest nadrukkelijk aanwezig. Twee processen, die voor het eerst al beschreven zijn door Waardenburg in 1976 (Waardenburg, 1976) en door Vink & De Vos (1980) in de begin jaren tachtig, liggen hieraan ten grondslag:

1. Stratificatie (indeling in verschillende lagen) van de waterkolom. Stratificatie komt doordat waterlagen verschillende dichtheden hebben als gevolg van verschillen in temperatuur en/of saliniteit. In het voorjaar verwarmt de zon de bovenste waterlaag op die hierdoor lichter wordt en gaat drijven op de waterlaag daaronder. Er vindt nu vrijwel geen uitwisseling van zuurstof meer plaats tussen de bovenste en onderste waterlaag, waardoor zuurstof in de onderste waterlaag uitgeput kan raken en er zuurstofloze condities ontstaan.
2. Zuurstof consumerende (afbraak) processen in en nabij de bodem. Dood organisch materiaal uit de waterkolom, zoals bijvoorbeeld algen, zinkt naar de bodem en wordt daar afgebroken door allerlei (micro)organismen. Deze afbraak is een zuurstof consumerend proces. Bij grote hoeveelheden dood organisch materiaal op de bodem onttrekt dit proces zoveel zuurstof aan het water, dat er zuurstofloze condities ontstaan. Vooral dit tweede proces leidt ieder jaar tot zuurstofloosheid in en nabij de bodem, ook in minder warme jaren.

In de praktijk versterken de twee bovenstaande processen elkaar.

Bij het huidige beheer wordt er naar gestreefd, dat niet meer dan 5% van het totale bodemoppervlakte zuurstofloos wordt en dat de spronglaag niet ondieper dan 15 meter komt (Oorthuysen & Iedema, 1992). In de huidige situatie wordt dit streefbeeld echter niet gehaald en kan met name tijdens een warm voorjaar en tijdens warme zomers wel 10% van het bodemoppervlakte zuurstofloos worden (Hoeksema, 2002).

Als gevolg van de zuurstofloze condities in de bodem worden er op de bodem van het Grevelingenmeer witte matten aangetroffen die veroorzaakt worden door verschillende soorten van de zwavelbacterie *Beggiatoa spp.* (monsters verzameld door Bureau Waardenburg op 16 april 2008 en microscopisch gedetermineerd door Ton Joosten), hetgeen ook verondersteld werd door Van Wesenbeeck, notitie maart 2008 (zie box 1).

Box 1 Witte matten op de bodem van het Grevelingenmeer (informatie ontleend aan Van Wesenbeeck (notitie maart 2008) en verwijzingen daarin)

Op de bodem van het Grevelingenmeer worden tot op een diepte van 5m witte matten aangetroffen. Hoewel deze matten schimmelvormig zijn, worden deze matten waarschijnlijk veroorzaakt door de zwavelbacterie *Beggiatoa spp.*. Deze bacterie oxideert zwavel als energiebron met behulp van zuurstof en leeft daarom op het grensvlak van zuurstof en sulfide. Meestal bevindt dit grensvlak zich in de bodem en sulfide oxiderende bacteriën zoals *Beggiatoa spp.* komen dan ook in grote getale voor in mariene kustsedimenten zonder witte matten te vormen. Pas wanneer het grensvlak van zuurstof en sulfide boven of op het sediment komt te liggen, dus bij zeer lage zuurstofconcentraties in de waterkolom, worden de bacteriën zichtbaar in de vorm van witte matten. De witte matten in het Grevelingenmeer zijn dus een zeer kenmerkende indicator voor de zuurstofproblematiek in het Grevelingenmeer.

Er is sinds de afsluiting in 1971 tot 2002 geen duidelijke toename en/of afname te zien in het percentage van het bodemoppervlak dat jaarlijks zuurstofloos wordt. Zuurstofloze oppervlaktes van 8-10%, zoals gemeten tussen 1995 en 2002 (Wijsman, 2002), werden ook al in 1979 vastgesteld (Oorthuysen & Iedema, 1992). Ondanks de aanleg van de spuisluis in de Brouwersdam en herhaaldelijke veranderingen in het beheer (zie §2.1) lijkt de zuurstofproblematiek niet verminderd.

Er zijn zelfs aanwijzingen dat de zuurstofproblematiek de afgelopen jaren verder toeneemt. Zo komen zuurstofloze condities niet alleen meer tijdens een warm voorjaar en warme zomers voor, maar gedurende het hele jaar. Daarnaast lijken zuurstofloze condities zich uit te breiden naar ondiepere delen van het meer, terwijl zuurstofloze condities in het verleden alleen voor leken te komen op grotere dieptes en met name in de diepe putten bij Scharrendijke en Den Osse. Oestervissers hebben namelijk aangegeven dat er de afgelopen jaren

grote sterfte optrad onder oesters op ondiep (5-6m diepte) gelegen commerciële percelen (§2.3.1) (www.divepost.nl; artikel van 12 augustus 2006). Ook werd door Lengkeek et al. (2007) het effect zuurstofloosheid nabij de bodem gevonden tot op 5 meter diepte. Tijdens een recreatieduik in het Springersdiep op 21 maart 2008 werden nog steeds zuurstofloze condities aangetroffen tot op een diepte van 8 meter (Lengkeek, persoonlijke observatie, maart 2008).

De oorzaak voor de mogelijk toenemende zuurstofproblematiek moet gezocht worden in de twee hierboven beschreven processen. Er zijn aanwijzingen dat het aandeel van deze processen aan het veroorzaken van zuurstofloosheid de afgelopen jaren verandert. Door het jaarrond openzetten lijkt stratificatie van de waterkolom in met name het westelijk deel van het Grevelingenmeer minder op te treden als gevolg van minder grote verschillen in temperatuur (Hoeksema, 2002). Daarentegen lijkt de zuurstofvraag voor afbraakprocessen in en nabij de bodem toe te nemen mogelijk als gevolg van de ophoping van organisch materiaal in laag dynamische gebieden als gevolg van morfologische en sedimentatie processen. Door het wegvallen van het getij zakt organisch en anorganisch materiaal in gebieden met weinig waterbeweging (met name in de oostelijk gelegen Bocht van St. Jacob) naar de bodem en heeft er zich over de jaren heen een dikke sliblaag (30-40cm) ontwikkeld. Omdat er steeds meer organisch materiaal op de bodem terecht komt, wordt de zuurstofvraag voor de afbraak hiervan steeds groter en uitgespreid over een steeds groter oppervlakte, en treden er steeds meer zuurstofloze condities op.

Het opnieuw in gebruik nemen van de Flakkeese spuisluis zal onder het huidige beheer naar verwachting geen grote veranderingen in de zuurstofhuishouding tot gevolg hebben. Het zal wel de stratificatie in het oosten van het meer iets tegengaan, maar de zuurstofvraag van de 30-40cm aanwezige sliblaag zal blijven bestaan. Bovendien zal het water waarschijnlijk iets rijker aan nutriënten worden (Zijl & Nolte, 2006), hetgeen zou kunnen leiden tot meer algengroei en dus meer organisch materiaal in het water. Uiteindelijk wordt dit materiaal weer in of nabij de bodem afgebroken met behulp van zuurstof.

Op basis van bovengenoemde informatie wordt verwacht, dat de zuurstofproblematiek in de toekomst verder toe zal nemen en zich in sommige gebieden verder uit zal breiden naar ondiepere delen van het meer. De uitbreiding zal vooral plaatsvinden in gebieden met weinig waterbeweging en op locaties waar er zich over de jaren heen een dikke laag slib op de bodem heeft ontwikkeld. Enige onzekerheid in deze voorspeling komt voort uit onzekerheid over het aandeel van stratificatie in het veroorzaken van zuurstofloze condities ten opzichte van het aandeel van afbraakprocessen in en nabij de bodem. Het effect van verdere aangroei van de sliblaag of verhoogde nutriëntenconcentraties door het in gebruik nemen van de Flakkeese spuisluis is ook deels onvoorspelbaar.

2.2.2 Saliniteit

Het chloridegehalte van het water in het Grevelingenmeer kende een dieptepunt van 12 g Cl⁻/L eind jaren zeventig, steeg daarna naar 15-16 g Cl⁻/L en is sinds het veranderde beheer in 1999 weer iets toegenomen (www.waterbase.nl). Het lijkt nu constant te schommelen rond 17 g Cl⁻/L. Het chloridegehalte is momenteel gelijk aan het aangrenzende water van de Oosterschelde en zal dus met het opnieuw in gebruik nemen van de Flakkeese spuisluis niet veranderen. In 2015 zal de saliniteit van het Grevelingenmeer naar verwachting dan ook gelijk zijn aan die in de huidige situatie.

2.2.3 Nutriënten (totaal P en totaal N)

Het water in Grevelingenmeer bevat relatief lage nutriëntenconcentraties. Met name de stikstofconcentratie, die de afgelopen 20 jaar schommelde rond de 0,5 mg totaal N/l (Hoeksema, 2002; www.waterbase.nl), was laag. Deze stikstofconcentratie is lager dan die in de Noordzee en de Oosterschelde en de algengroei in het Grevelingenmeer is dan ook stikstof-gelimiteerd (Zijl & Nolte, 2006). Het Grevelingenmeer was rijk aan fosfaat (gemiddeld 0,3 mg totaal P/l in de jaren tachtig), maar het fosfaatgehalte nam af in de periode van 1991-2000 en is sinds 2001 beneden de 0,1 mg totaal P/l (Hoeksema, 2002).

Hoewel verwacht wordt dat het stikstofgehalte met 10% toe zal nemen door het opnieuw in gebruik nemen van de Flakkeese spuisluis, zullen stikstofconcentraties nog steeds laag zijn (Zijl & Nolte, 2006). Het is onduidelijk wat er met de fosfaatconcentratie zal gaan gebeuren (Zijl & Nolte, 2006).

2.2.4 Doorzicht

In de jaren negentig is het doorzicht gehalveerd van gemiddeld 5 meter naar gemiddeld 2-2,5 meter (Hoeksema, 2002; www.waterbase.nl). Deze afname is moeilijk te verklaren, omdat er geen verband lijkt te zijn met hoeveelheden zwevende stof en/of chlorofyl in het water. De afname van het doorzicht kan slecht zijn voor het ecosysteem, omdat hierdoor de primaire productie kan verminderen (Hoeksema, 2002). Er zijn echter nog geen concrete onderzoeks-resultaten die dit bevestigen. Sinds het einde van de jaren negentig is het doorzicht met een gemiddelde van circa 2,5 meter stabiel.

Op basis van het stabiele doorzicht sinds de eind jaren negentig kan verwacht worden, dat met het huidige beheer het doorzicht tot 2015 weinig zal veranderen. In Zijl & Nolte (2006) worden geen voorspellingen gedaan over mogelijke veranderingen in het doorzicht als gevolg van het opnieuw in gebruik nemen van de Flakkeese spuisluis, maar aan de hand van beschikbare gegevens op www.waterbase.nl wordt ingeschat dat het doorzicht hierdoor weinig zal veranderen. Het doorzicht in het oostelijke deel van de Oosterschelde is de laatste jaren namelijk gemiddeld ongeveer 2 meter, en daarmee dus iets lager of vergelijkbaar met het doorzicht in het Grevelingenmeer.

2.3 Ecologische toestand

2.3.1 Bodemleven

De bodem van het Grevelingenmeer bestaat voor het overgrote deel uit zand en slib. Harde substraten in de vorm van dijkglooiingen die tot in de diepere waterlagen doorlopen komen met name voor in het zuidwestelijke deel van het Grevelingenmeer, maar ook bij Ouddorp in het noordwesten en bij Dreischor in het zuidoosten. Hieronder volgt een beschrijving van de ontwikkeling van bodemdieren op harde en zachte substraten in de Grevelingen sinds de afsluiting in 1971 en wordt een verwachting gegeven betreffende de autonome ontwikkeling tot 2015.

Gedurende de eerste maanden na de afsluiting in 1971 trad grote sterfte op onder de bodemdieren op de hogere slikken die als gevolg van het verdwijnen van het getij nu permanent droog vielen. Effecten tot op een diepte van 3m bleven beperkt, maar tussen 3 en 15m diepte trad eveneens massale sterfte op onder vooral anemonen en sponzen en dieper dan 15m ging al het bodemleven dood (Nienhuis, 1978). Na een aantal maanden hadden er onder water kwalitatief enorme verschuivingen plaatsgevonden en was het totaal aantal aanwezige soorten gedaald (tabel 1).

Tabel 1. Het aantal soorten in enkele belangrijke groepen planten en dieren in de Grevelingen, vóór en na de afsluiting in 1971 (Bron: Nienhuis, 1978)

	1964-1970	1972
Anemonen	6	3-4
Borstelwormen	Circa 60	30-40
Sakken	20	16
Tweekleppige schelpdieren	19	18
Krabben en kreeften	10	5-6
Stekelhuidigen	6	5
Vissen	32	25
Roodwieren	35	Circa 20
Bruinwieren	24	Circa 15
Groenwieren	30	Circa 25
Planktonalgen	84	Circa 80
Crustaceans	6	4
Radardiertjes	6	6
Totaal aantal soorten	Circa 338	Circa 252-264

Om deze achteruitgang, die zich in de daarop volgende jaren leek voort te zetten, tegen te gaan werd in 1978 de Brouwerssluis gebouwd en in gebruik genomen. In de periode daarna zijn zowel de levensgemeenschappen van het zachte als het harde substraat echter niet stabiel gebleven:

Onderzoeken naar het macrobenthos in het Grevelingenmeer in de periode 1990-2000 (Schaub *et al.*, 2002) laten zien dat de totale dichtheden en biomassa's gelijk zijn gebleven, maar dat er grote verschuivingen op soortsniveau hebben plaatsgevonden. De belangrijkste veranderingen deden zich voor onder de weekdieren. Negen van de 34 aangetroffen soorten weekdieren vertoonden een achteruitgang, waaronder de drie commercieel interessante soorten

mossel (van circa 13 individuen per m² naar circa 1 individu per m²), kokkel (van circa 3 individuen per m² naar circa 1 individu per m²) en platte oester (van circa 5 individuen per m² naar circa 1 individu per m²). Van de zeven aangetroffen slakkensoorten zijn drie soorten van het intergetijdengebied achteruitgegaan: het wadslakje *Hydrobia ulvae*, de gevlochten fuikhoorn *Nassarius reticulatus* en de alikruik *Littorina littorea*. Het wadslakje is in deze periode zelfs nagenoeg verdwenen uit het Grevelingenmeer. Andere soorten, waaronder de korfschelp *Corbula gibba*, de glanzende dunschaal *Abra nitida* en vooral de Japanse oester *Crassostrea gigas* namen toe.

Significante veranderingen traden ook op binnen de groep wormen. Een aantal soorten wormen verdween, maar er kwam ook een aantal nieuwe soorten voor in de plaats. Gemiddeld was de dichtheid van het macrobenthos in het Grevelingenmeer 5.000 individuen per vierkante meter met als meest talrijke groepen de wormen (62%) gevolgd door weekdieren (23%) en geleedpotigen (14%). De aantallen van andere diergroepen waren laag. Wanneer niet naar aantallen wordt gekeken, maar naar biomassa's, dan kwam 84% van de totale biomassa van het macrobenthos voor rekening van weekdieren (met als meest belangrijke soort het muiltje *Crepidula fornicata*). Wormen (met als meest dominante soort de zager *Nereis virens*) en kreeftachtigen namen respectievelijk 8% en 4% van de totale biomassa voor hun rekening. Het gemiddelde asvrijdrooggewicht, gebruikt als maat voor biomassa, van het macrobenthos was met circa 70 g per vierkante meter in de periode 1990-2000 hoog te noemen. Deze biomassa was hoger dan wat er destijds in de Oosterschelde en Westerschelde werd gevonden en iets lager dan in het Veerse Meer.

In de periode van 1985 tot en met 2001 zijn ook de gemeenschappen van het harde substraat niet stabiel gebleven. Tot circa 1992-1993 waren de gemeenschappen van het harde substraat nog wel redelijk stabiel, maar daarna ontwikkelden er zich duidelijk andere gemeenschappen (van Moorsel & Waardenburg, 1999; Hoeksema *et al.*, 2002). Deze verandering bestond voornamelijk uit een verarming van de soortendiversiteit op alle diepten met uitzondering van de zone met een diepte van 5-10m bij Dreischor waar de diversiteit toenam. De afname in soortendiversiteit lijkt gerelateerd te zijn aan de zuurstofloosheidsproblematiek die na 1994 steeds nadrukkelijker voorkomt (Hoeksema, 2002).

Het veranderde beheer van de Brouwerssluis sinds 1999 lijkt een positieve invloed te hebben gehad op organismen van het harde substraat, omdat de soortendiversiteit sindsdien is toegenomen (De Kluijver, 2002). Met name typische Oosterschelde soorten, zoals enkele zeenaaktslakken, vestigden zich en breidden zich sindsdien aanzienlijk uit in het Grevelingenmeer. Deze veranderingen zijn vooral duidelijk zichtbaar in het westelijke deel van het meer nabij de Brouwerssluis. In het oostelijke deel zijn veranderingen minder duidelijk (Hoeksema *et al.*, 2002).

Huidige situatie en autonome ontwikkeling tot 2015

Als gevolg van zuurstofarme condities trad er de afgelopen jaren grote sterfte op onder oesters op de commerciële oesterpercelen. Commerciële oestervissers gaven aan dat in 2005 en 2006 naar schatting 30% van alle op de percelen aanwezige oesters en in 2006 naar schatting 60-90% stierf (www.divepost.nl; artikel van 12 augustus 2006).

Bodemdieren in het Grevelingenmeer worden geïnventariseerd in het kader van het BIOMON programma. Deze gegevens zijn echter geanalyseerd tot 2001, waardoor het momenteel niet mogelijk is inzicht te geven in de verschuivingen die zich in de afgelopen 8 jaren voor hebben gedaan. Hieronder is de huidige toestand beschreven aan de hand van beknopte soortenlijsten verzameld tijdens een onderzoek naar het effect van zuurstofdeficiëntie op het bodemleven van het Grevelingenmeer in september 2007 (Lengkeek et al., 2007). Deze gegevens laten zien dat de Japanse oester in de huidige situatie zeer dominant aanwezig is op alle harde dijkvlooiingen en tot op een diepte van circa 10-12m uitgebreide riffen heeft gevormd bij met name Den Osse haven, Dreischor en de noordkant van het Springersdiep bij de Preekhilpolder. Minder uitgebreide riffen zijn aanwezig in de ondiepe delen (tot 6m diepte) van de Bocht van St. Jacob. Deze oesters vormen op hun beurt hard substraat voor een groot aantal andere soorten waaronder verschillende soorten wieren, anemonen, sponzen, zakpijpen, krabben, kreeften en garnalen.

Japanse oesters kunnen in het Grevelingenmeer voor veel overlast voor recreanten zorgen. In 2000 is bij de Kabbelaarsbank 400 ton Japanse oesters opgevist, omdat de surfers er zich geregeld verwonden aan de sterke uitsteeksels van de schelpen (Hoeksema, 2002).

Ondiepe zachte substraten (<8m diepte) in het noordwestelijke deel van het meer (Springersdiep en de zuidwestkant van het eiland Hompelvoet) worden in de huidige situatie vooral gekenmerkt door de aanwezigheid van muiltjes, (slib)anemonen en wormen. Op dieptes >8m zijn op deze locaties zuurstofloze condities aanwezig met kenmerkende witte (bacterie)plekken op de bodem waarop alleen enkele grondels en krabben worden aangetroffen. In de Bocht van St. Jacob (oostelijk deel van het Grevelingenmeer) is op locaties dieper dan 6m een dikke zuurstofloze laag slib (circa 30-40cm) met witte (bacterie)plekken aanwezig. Ook hier zijn enkele grondels en krabben het enige zichtbare bodemleven.

Op basis van de verwachte veranderingen in het doorzicht (§2.2.4), de zuurstofproblematiek (§2.2.1) en veranderingen in morfologische en sedimentatie processen is het aannemelijk dat er tot 2015 verdere verschuivingen op gaan treden in de samenstelling van zowel levensgemeenschappen van het zachte als het harde substraat.

Ondiepe zachte substraten (<6m diepte) zullen in 2015 waarschijnlijk voornamelijk gedomineerd worden door muiltjes, (slib)anemonen en wormen. Op locaties met weinig waterbeweging, met name het gebied

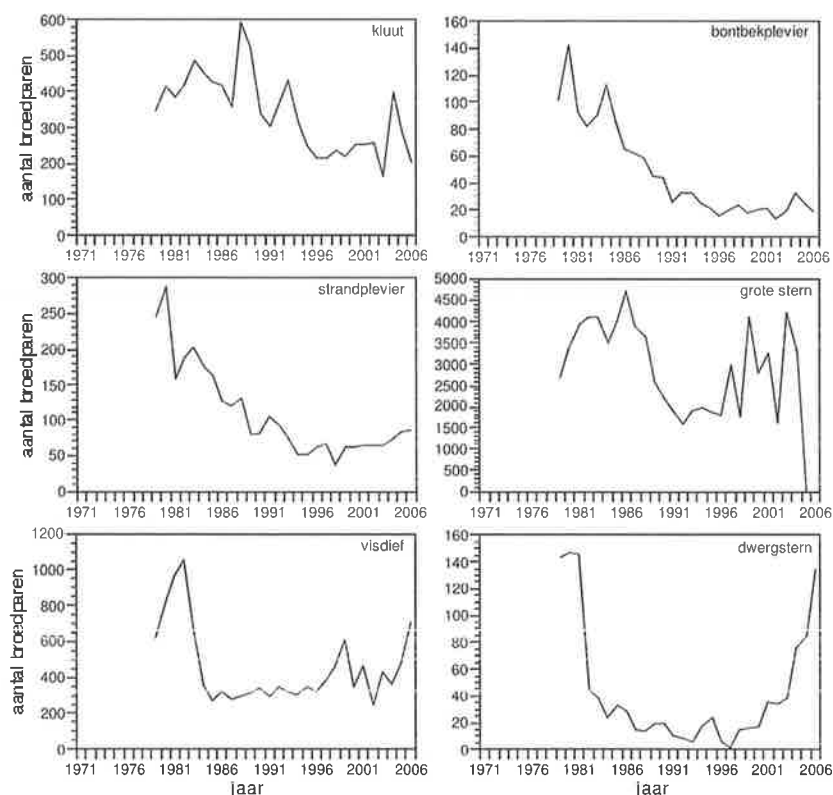
ten noordwesten van het eiland Hompelvoet (Springersdiep) en de oostelijk gelegen Bocht van St. Jacob, zal de zuurstofvraag van de aanwezige sliblaag op dieptes > 6m zondanig hoog zijn, dat er hier (vrijwel) gedurende het gehele jaar zuurstofloze condities in de bodem aanwezig zijn. Dit is visueel zichtbaar in de vorm van witte (bacterie)plekken op de bodem. Op dergelijke locaties worden alleen nog kleine grondels en krabben aangetroffen. Het opnieuw in gebruik nemen van de Flakkeese spuisluis zal wel leiden tot meer verversing in het oostelijke gedeelte van het meer, maar de zuurstofloze condities op dieptes > 6m zullen hierdoor echter nauwelijks veranderen, omdat de zuurstofvraag van de circa 30-40cm dikke sliblaag zal blijven bestaan.

Harde substraten worden in 2015 naar verwachting gedomineerd door Japanse oesters die op hun beurt hard substraat vormen voor een groot aantal andere soorten, zoals waargenomen bij Den Osse haven, Dreischor en de noordkant van het Springersdiep bij de Preekhilpolder. In de ondiepere delen van de Bocht van St. Jacob zullen naar verwachting minder vaak zuurstofloze condities voorkomen als gevolg van de ingebruikname van de Flakkeese spuisluis. Hierdoor zullen Japanse oesters zich hier verder uitbreiden en riffen gaan vormen die vergelijkbaar zijn met riffen op de hiervoor genoemde locaties. Sterfte van oesters op de commerciële percelen zal een terugkerend verschijnsel zijn vooral in warme zomers met weinig wind.

2.3.2 Vogels

Kustbroedvogels en visetende watervogels

Een overzicht van de ontwikkelingen van de belangrijkste kustbroedvogelsoorten staan weergegeven in afbeelding 2.



Afbeelding 2. Ontwikkeling van de belangrijkste kustbroedvogelsoorten in de Grevelingen. Bron: gegevens R. Noordhuis en Strucker et al., 2007).

Soorten als kluut, strandplevier en bontbekplevier profiteerden van de afsluiting van de Grevelingen, waardoor uitgestrekte gebieden droogvielen en beschikbaar kwamen als broedgebied. De twee laatstgenoemde soorten hadden een piek in het aantal broedparen direct na de afsluiting, maar daarna nam het aantal broedparen af in de negentiger jaren. De laatste jaren zijn de aantallen stabiel en bij de strandplevier lijkt zelfs sprake van een lichte toename. De belangrijkste gebieden voor de strandplevier zijn de niet ontzilte delen van de Slikken van Flakkee en de Slikken van Bommenede. Ook de aanleg van nieuwe broedeilandjes werkt positief voor deze soort. Ditzelfde geldt voor de bontbekplevier die in tegenstelling tot de strandplevier een minder duidelijk herstel vertoont.

De kluut bereikte een piek in het aantal broedparen in 1988, waarna de aantallen geleidelijk afnamen tot rond de 250 broedparen. De soort kende in 2004 nog een toename van het aantal broedparen door het beschikbaar komen van een broedeilandje bij de Slikken van Bommenede (Strucker et al., 2005).

Voor de afsluiting van de Grevelingen werd door de grote stern onregelmatig en in wisselende aantallen op de Hompelvoet gebroed. Na de afsluiting liepen de aantallen snel op tot 4.100 paar in 1981. Toename van de begroeiing en uitbreiding van het aantal predatoren op de Hompelvoet deed de vogels uitwijken naar Markenje, waar in 1986 4.700 paar tot broeden kwamen. In 1991 keerden de grote sterns

weer deels terug naar de Hompelvoet, maar een deel van de vogels week uit naar de Hooge Platen. In de volgende jaren werd ook op de Stampersplaat en de Kleine Stampersplaat gebroed en wisselden de aantallen sterk, maar vanaf 2005 broeden de grote sterns niet meer in noemenswaardige aantallen in de Grevelingen.

Ook de visdief vestigde zich aanvankelijk in grote aantallen (maximaal 800 paar) op de Hompelvoet, maar de aantallen daalden al snel naar rond de 300 broedparen. De laatste jaren is er weer een lichte toename van het aantal broedparen. Zo broedden er in 2006 weer 707 broedparen in de Grevelingen (Strucker *et al.*, 2007).

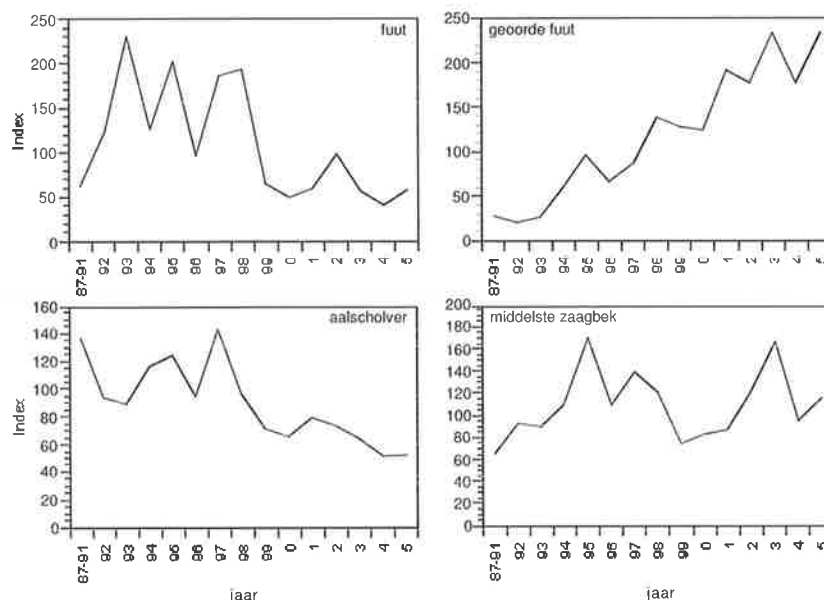
De dwergstern vestigde zich ook direct op de Hompelvoet en broedde hier zelfs met ongeveer 140 paar, maar aangezien deze soort zeer gevoelig is voor vegetatiesuccessie (Meininger *et al.*, 1999), namen de aantallen al in 1982 sterk af. Vervolgens vond een geleidelijk afname plaats tot 2 paar in 1997, maar sindsdien heeft weer een sterke toename plaatsgevonden, o.a. door de aanleg van kunstmatige eilandjes bij de Slikken van Bommenede (Strucker *et al.*, 2006).

Voor alle kustbroedvogels geldt dat zij gemakkelijk van broedgebied kunnen wisselen indien elders in de Delta alternatieve broedgebieden in de vorm van kunstmatige eilanden of drooggevallen gebieden beschikbaar komen. In de zoete wateren worden deze gebieden relatief snel weer ongeschikt als broedgebied door de vegetatiesuccessie, waardoor ze zonder ingrijpend beheer weer na enkele jaren verlaten worden (Strucker *et al.*, 2005). Broedeilandjes in zoutwatergebieden bieden een meer duurzame broedgelegenheid dan in zoetwatergebieden. In november 2007 zijn twee nieuwe broedeilandjes voor kustbroedvogels in de Grevelingen gerealiseerd door een deel van de Hompelvoet en een landtong van de Slikken van Flakkee te isoleren door het graven van geulen en deze nieuwe gebieden te voorzien van een dikke schelplaag, waardoor de vegetatiesuccessie vertraagd wordt.

In de toekomst zullen zonder beheersmaatregelen door vegetatiesuccessie geschikte broedlocaties voor de verschillende kustbroedvogelsoorten verloren gaan, waardoor de aantallen kustbroedvogels op termijn zullen afnemen.

Visetende watervogels

Bij de visetende watervogels zijn sterk verschillende patronen in de ontwikkeling te zien. In afbeelding 3 is de ontwikkeling van de index van vier belangrijke visetende watervogels weergegeven.



Afbeelding 3. Indices van vier viseters in de Grevelingen in de periode 1987-2005. Het gemiddelde aantal vogeldagen over de gehele periode is op 100 gesteld. Voor de seizoenen 1987-1991 is de gemiddelde index gegeven. Bron: Strucker et al. (2007).

De fuut laat een sterk wisselende index zien met na 1988 een duidelijk lagere index. De geoorde fuut daarentegen laat vanaf 1992 een zeer geleidelijke toename zien. De aalscholver laat na 1997 een duidelijke afname zien, terwijl de middelste zaagbek een wisselend beeld oplevert zonder een duidelijk patroon. De gegevens suggereren een verschuiving in de visstand in het gebied. De aalscholver foerageert op relatief grote vissen (Boudewijn *et al.*, 1994) als platvis en haring en in mindere mate op grondels. Ook futen foerageren op grondels en haring, terwijl middelste zaagbekken op grondels en garnalen foerageren (De Kraker, 1994). De geoorde fuut, die grondels en garnalen eet, laat juist een duidelijke toename zien. Ook bij andere soorten die gebruik maken van kleinere prooien, zoals dodaars, kuifduiker, lepelaar en kleine zilverreiger komt hetzelfde patroon naar voren; een zeer sterke toename aan het eind van de vorige eeuw en vervolgens een stabilisatie van de aantallen. Van de lepelaars in de Grevelingen is bekend dat ze voor een belangrijk deel op grondels foerageren (De Kraker & Derks, 2005).

Voor de visetende watervogels is de visstand sturend voor de verwachte ontwikkelingen. Indien hierin geen veranderingen optreden zullen vooral de vogelsoorten die op grondels foerageren, zich goed kunnen handhaven. Mogelijk gaat de aalscholver nog wel verder achteruit en dit geldt misschien in mindere mate ook voor de fuut, al lijkt deze soort zich de laatste jaren te stabiliseren.

2.3.3 Vissen

Voor de afsluiting was de Grevelingen een estuarium waar Rijn- en Maaswater zich mengde met Noordzeewater (Nienhuis, 1986). Er bestond een geleidelijke gradiënt van zoet naar zout, en een vrije

doorgang tussen zee en achterland. Dit estuarium vormde een overgangszone voor vissen die migreren tussen zoet en zout (diadrome vissen) om bijvoorbeeld hun paaigronden te bereiken. Voorbeelden hiervan zijn fint, bot, en zee- en rivierprik. Tevens was het Grevelingenmeer een habitat voor typische estuariene soorten, zoals zeenaalden, spiering en het harnasmannetje (Nienhuis, 1986; Van der Linden, 2006).

In 1964 werd de Grevelingen afgesloten van het zoete water door aanleg van de Grevelingendam die een onoverkomelijke barrière vormde voor diadrome vissen. Het visbestand veranderde en werd steeds meer vergelijkbaar met die van de huidige Oosterschelde.

In 1971 werd de Grevelingen een stagnant zoutwatermeer zonder getij. Doordat het meer alleen nog maar gevoed werd door zoet polder- en regenwater trad verzoeting op. Estuariene soorten als pitvis, zeebaars, tong en geep verdwenen en het aantal soorten dat gevangen werd met boomkorbevissingen liep terug van 31 naar 20 (Engelsma *et al.*, 1994).

Na de aanleg en de ingebruikname van de Brouwerssluis in 1978 stond de sluis in 1979 het gehele jaar open en nam het aantal soorten gevangen met boomkorbevissingen weer toe naar 26 (Engelsma *et al.*, 1994). Vanaf 1980 stond de sluis alleen in de winter open, en daalde het aantal soorten weer. Met boomkorbevissingen werden nu 18-22 soorten gevangen.

In de periode na 1980 werd er een monitoringsprogramma voor vis gestart, waarbij ook vangsten met fuiken en waarnemingen door duikers werden geregistreerd. Dit gaf een totaal beeld van het aantal soorten in het Grevelingenmeer. Het aantal soorten varieerde in de periode van 1980 tot 1989 tussen de 44 en de 51 soorten per jaar (Meijer & Waardenburg, 1990), waarbij een belangrijk gegeven is, dat er bijna anderhalf keer meer soorten werden waargenomen dichtbij de Brouwerssluis dan in het oostelijk deel van het meer (zie ook Waardenburg, 1998). Sinds 1999 is de sluis in de Brouwersdam jaarrond open gezet. Eind 2007 zijn visstandbemonsteringen uitgevoerd door Natuurbalans in samenwerking met Ravon. Gegevens van deze bemonsteringen zijn momenteel echter nog niet beschikbaar.

Op basis van de hierboven beschreven geschiedenis van de visstand in het Grevelingenmeer kan verwacht worden, dat het aantal vissoorten in 2015 vergelijkbaar is aan dat van nu. In de huidige situatie wordt de meeste vis en het grootste aantal soorten waargenomen nabij de Brouwerssluis. Het opnieuw in gebruik nemen van de Flakkeese spuisluis lijkt geen invloed te hebben op de vismigratie (Haas *et al.*, 2006). Indirect kan de Flakkeese spuisluis echter wel een positieve invloed hebben op het visbestand in het oostelijk deel van het meer. De stratificatie in de buurt van de sluis zal namelijk naar verwachting iets tegen worden gegaan (§2.2.1), hetgeen een positief effect kan hebben op het bodemleven in de ondiepere delen (in de diepere delen zal de zuurstofvraag van de bodem blijven bestaan). Een verbetering van het bodemleven zal positief werken op het visbestand.

De zuurstofarme condities in diepere delen in het meer kunnen negatieve gevolgen hebben voor de visstand (Lengkeek *et al.*, 2007). Vissen kunnen wegzwemmen van gebieden met zuurstofarme condities, maar wanneer grote delen van het meer zuurstofloos worden verliezen vooral bodemvissen een deel van hun habitat. Een toename van het zuurstofloos bodemoppervlak leidt dus tot een afname van geschikt habitat voor bodemvis. De verwachte toename van het zuurstofprobleem (§2.2.1) zal op termijn een negatieve invloed hebben op de visstand in het meer.

2.3.4 Zeehonden en bruinvissen

De volgende geciteerde informatie is ontleend aan Strucker *et al.*, 2007 in Poot *et al.*, 2007):

'In 2005/2006 kwam het grootste deel van de populatie gewone zeehonden in het Deltagebied voor in de Voordelta (45% van alle waargenomen dieren in het Deltagebied). Lagere aantallen werden aangetroffen in de Westerschelde (26%) en Oosterschelde (29%).

In 2005/2006 beperkte de verspreiding van de grijze zeehond zich vrijwel uitsluitend tot de Voordelta met name op de Bollen van de Ooster en in mindere mate de Verklipper. In de Haringvlietmonding was de Hinderplaat van belang. Buiten de Voordelta waren er af en toe grijze zeehonden aanwezig in de Oosterschelde op de Roggeplaat (maximaal vier) en Galgeplaat (maximaal twee) en in de Westerschelde op de Hooge Platen (maximaal drie), op de Middelpaalt (maximaal vier) en dieper landinwaarts bij de Zimmermansgeul.'

Hoewel uit bovenstaande informatie niet blijkt dat de Grevelingen een belangrijke locatie is voor zeehonden, worden er in de huidige situatie af en toe zeehonden waargenomen in de Grevelingen, met name in het westelijke deel van het meer nabij de Brouwerssluis en ten zuiden van het eiland Hompelvoet. Hierbij kunnen de aantallen oplopen tot circa 7-8 individuen (Lilipaly persoonlijk commentaar april 2008).

Als één van de kernopgaven voor de Grevelingen is onder Natura 2000 genoemd 'het behoud van ongestoorde rustplaatsen en optimaal voortplantingsgebied voor de grijze zeehond' (zie ook §3.1). In de huidige situatie komen grijze zeehonden beperkt voor in de Grevelingen, maar voor zover bekend vindt geen voortplanting plaats.

Naast zeehonden worden er af en toe ook bruinvissen in de Grevelingen gezien (zie bijvoorbeeld www.grevelingen.nl; artikel van 13 mei 2007 en www.zeezoogdieren.org).

2.3.5 Zeegras

In zoutwater systemen zoals het Grevelingenmeer kunnen zeegrasvelden een belangrijke functie vervullen als habitat voor vissen en macrofauna. Voor de afsluiting kwam er in 1968 circa 1.200 ha zeegras (groot en klein zeegras) voor in de Grevelingen. Na de afsluiting van het Grevelingenmeer in 1971 is het groot zeegras *Zostera*

marina met een enorme opmars begonnen vanuit een populatie in het oosten tot over het hele bekken. Door het ontbreken van getijbeweging verdween het klein zeegras. In de zomer van 1978 was een gebied van 4.400 ha bedekt met groot zeegras (Nienhuis, 1983 in Escavara & Hummel, 2004). Door het inlaten van Noordzeewater via de Brouwerssluis sinds 1978 ontstonden ongunstige omstandigheden voor zeegras in het Grevelingenmeer (Escavara & Hummel, 2004). Het beheer van de Brouwerssluis richtte zich namelijk op het handhaven van een zoutgehalte van $>16 \text{ g Cl}^-/\text{l}$, terwijl uit een analyse van gegevens verzameld sinds de zeventiger jaren is gebleken, dat een verhoogde saliniteit (boven circa $17 \text{ g Cl}^-/\text{l}$) leidt tot een achteruitgang van zeegras (Kamermans *et al.*, 1998). Stabiele velden van *Zostera marina* in de Nederlandse kustwateren zijn dan ook vrijwel uitsluitend nog te vinden zijn op plaatsen waar zoetwater uitstroming plaats vindt. Sinds 1980 vond een sterke achteruitgang in de verspreiding en productie van zeegras plaats en sinds 2000 is het zeegras volledig verdwenen uit het Grevelingenmeer (Escavara & Hummel, 2004).

Aangezien het beheer van de Brouwerssluis in de autonome ontwikkeling niet wijzigt, valt niet te verwachten dat het zeegras zonder ingrepen waarbij zoetwater wordt aangevoerd in de toekomst weer toe zal nemen. Het opnieuw in gebruik nemen van de Flakkeese spuisluis zal hier niets aan veranderen. Het huidige zoutgehalte in de Oosterschelde is namelijk vergelijkbaar met dat van het Grevelingenmeer (§2.2.2).

2.3.6 Algenbloei en zeesla

Zweefalgen zijn klein, maar vormen als primaire producenten een zeer belangrijke hoeksteen van het ecosysteem (Hoeksema, 2002). Bij overvloedige hoeveelheden kunnen algen echter zeer destructief zijn voor het ecosysteem en problemen veroorzaken op grote schaal. De hoeveelheid algen wordt bepaald door het meten van de chlorofyl-a concentratie. Deze concentratie geeft inzicht in de totale hoeveelheid aanwezige algen, maar maakt geen onderscheid tussen de verschillende soorten. De chlorofyl-a concentraties in het relatief nutriëntenarme Grevelingenmeer (zie §2.2.3) waren de afgelopen 20 jaar doorgaans niet hoger dan $8 \mu\text{g/l}$ (zomergemiddelde)(www.waterbase.nl) en is in die periode geen toe- en/of afname waarneembaar in de zomergemiddelden van de chlorofyl-a concentratie.

Algen komen in verschillende vormen en soortsgroepen voor in het Grevelingenmeer:

1. Fytoplankton (zweefalgen) dat in het Grevelingenmeer zelf tot ontwikkeling komt.
2. Fytoplankton dat in de Noordzee opbloeit en via de Brouwerssluis in het Grevelingenmeer terecht komt. Met name *Phaeocystis* kan op deze manier in grote hoeveelheden in het Grevelingenmeer voorkomen.
3. Macroalgen. Met name zeesla (*Ulva spp.*) komt in de zomer veel voor in het Grevelingenmeer.

Fytoplankton soorten die in hoge dichtheden groeien (algenbloei) in het Grevelingenmeer zelf vormen doorgaans geen probleem. Overvloedige hoeveelheden komen vrijwel nooit voor, wat waarschijnlijk samenhangt met de stikstoflimitatie in het systeem (zie §2.2.3 en Zijl & Nolte, 2006). Binnen de drie belangrijkste soortgroepen, kiezelwieren, pantserwieren en een restgroep, komen soms echter soorten voor die schadelijk zijn voor de mens. Zo werden in 1994 hoge concentraties (2.700 cellen per liter) van de toxische alg *Dinophysis acuminata* gemeten in het Grevelingenmeer (Hoeksema, 2002). Na het eten van mosselen werden in dat jaar ongeveer 20 mensen ziek mogelijk als gevolg van de aanwezigheid van deze alg. Mosselen filteren namelijk algen uit het water en kunnen zo relatief grote hoeveelheden toxische stoffen opbouwen. Problemen met toxische algen in het Grevelingenmeer zijn zeldzaam.

Wanneer *Phaeocystis* vanaf de Noordzee in grote hoeveelheden het Grevelingenmeer binnenstroomt en daar met behulp van zuurstof afgebroken wordt, kan de aanwezigheid van *Phaeocystis* bijdragen aan zuurstofloosheid in de diepere delen van het westelijk deel van het meer (Hoeksema, 2002; Peperzak, 2002). Er wordt in verschillende documenten gesuggereerd, dat dit probleem pas bestaat sinds het veranderde sluisbeheer van 1999 (Hoeksema, 2002; Kluijver & Dubbeldam, 2002). Dit is echter onwaarschijnlijk, omdat de hoogste piek van de *Phaeocystis* bloei in de Noordzee altijd in april plaatsvindt (Peperzak, 2001). In 2001 werd bijvoorbeeld ook de hoogste concentratie *Phaeocystis* in de Grevelingen gemeten in deze maand (Peperzak, 2002). Aangezien de Brouwerssluis ook voor 1999 al open stond in de maand april bestaat dit probleem waarschijnlijk al langer.

Half mei begint zeesla zich te ontwikkelen in het litoraal (<2 m diepte), waarbij planten vastgehecht zijn aan harde structuren, zoals dijkgloreringen, mosselen en stenen en schelpfragmenten op slikken en zandplaten (Haas et al., 2006). In een later stadium kunnen de planten losraken en gaan zweven in de waterkolom waar de groei bij voldoende licht verder gaat. Zeesla kan een belangrijke functie vervullen voor bodemfauna en vissen (waaronder jonge strandkrabben en garnalen) die beschutting en voedsel vinden tussen de drijvende en vastzittende planten. De aanwezigheid van zeesla kan echter ook een ecologisch knelpunt vormen. Door invloeden van wind kan zeesla lokaal in grote hoeveelheden ophopen en aanspoelen, bijvoorbeeld op recreatiestranden en achter oeververdedigingen (Sierdsma & Van den Broek, 2007). Hier gaat het angespoelde materiaal vervolgens rotten, wat stankoverlast veroorzaakt voor gebruikers van het gebied. De ophopingen van zeesla worden dan ook door beheerders verwijderd van recreatiestranden. Onder invloed van de doorgaans westenwind wordt de meeste zeesla naar het oostelijk deel van het meer gevoerd (Sierdsma & Van den Broek, 2007). Wanneer zeesla vervolgens afzinkt naar de bodem veroorzaken de afbraakprocessen zuurstofloosheid (Lengkeek et al., 2007).

Met het opnieuw in gebruik nemen van de Flakkeese spuiluis zal de stikstofconcentratie tussen nu en 2015 met circa 10% toenemen (Zijl &

Nolte, 2006). Dit zal niet van invloed zijn op de aanvoer van *Phaeocystis* uit de Noordzee, maar kan wel een licht verhoogde algengroei in het Grevelingenmeer zelf tot gevolg hebben. Ingeschat wordt dat de chlorofyl-a concentratie gedurende het zomerhalfjaar circa 5% zal toenemen (Zijl & Nolte, 2006). Ook de groei van zeesla zal waarschijnlijk hierdoor iets toe nemen (Haas et al., 2006).

2.3.7 Oevers en eilanden

Oeverafslag

Uit onderzoek uitgevoerd in de eind jaren tachtig bleek, dat er op verschillende plaatsen langs het Grevelingenmeer oeverafslag plaatsvond. Door het aanbrengen van verschillende soorten oeververdedigingen is deze afslag onder controle gebracht met uitzondering van twee locaties: Bij de Slikken van Flakkee is de oeverafslag nog circa 50,6 ha per vijf jaar en bij het oostelijke deel van de Veermanplaat, waar geen verdediging aanwezig is, circa 30 meter per vijf jaar (Hoeksema, 2002). Bij een gelijkblijvend beheer zal de oeverafslag op deze locaties verder gaan, maar verwacht wordt dat in 2015 ook deze oeverafslag onder controle gebracht is door de aanleg van oeververdedigingen.

Vegetatiesuccessie op de oevers

De ontwikkeling van de vegetatie op de Slikken van Flakkee gedurende de afgelopen 30 jaar (van 1972-2001) is uitvoerig beschreven in Van der Pluijm & De Jong (2003). Onderstaande informatie is ontleend aan Van der Pluijm & De Jong (2003):

De schorren waren snel ontzilt en begroeid met zoete pioniersoorten. De slikken ontziltten langzamer en gingen via een zoute en brakke vegetatie over in zoete graslanden en struwelen. Door een sterk verschillend beheer in de twee deelgebieden, beweiden in het zuidelijke deel en niets doen in het noordelijke deel, hebben zich geleidelijk aan twee deelgebieden ontwikkeld die ieder een eigen karakter hebben. In het zuiden is er sprake van een savanneachtig landschap van bloemrijke graslanden met beginnende struwelen, terwijl er in het noorden sprake is van bosontwikkeling, in feite een beginnend oerbos. Alleen in de oeverzone dichtbij het (zoute) meer is er nog sprake van kale delen en een smalle zone waarin zoute en brakke vegetaties voorkomen.

Door de twee verschillende beheersvormen heeft zich op de Slikken van Flakkee een bijzonder landschap kunnen ontwikkelen en is een waardevol natuurgebied ontstaan. Als de beide beheersvormen gehandhaafd blijven, zal op het noordelijk deel het huidige wilgen-duindoorn struweel zich verder kunnen ontwikkelen naar het eindstadium van de successie: het eiken/berkenbos. De aanwezige braamruigte zal zich nog lange tijd kunnen handhaven. Onder invloed van de begrazing zal de successie van de vegetatie van het zuidelijke deel worden vertraagd, zodat de soortenrijke graslandvegetatie nog lange tijd aanwezig zullen blijven. Toch zullen duindoorn en kruipwilg zich meer uitbreiden en kunnen meer houtige gewassen zich gaan vestigen. De laag gelegen oevers blijven onder invloed van het zoute

meerwater, zodat behalve de zoutvegetatie ook de zout-zoetgradiënt met de botanische zeer waardevolle vegetatie worden behouden.

Eilanden

Op de eilanden Veermansplaat, Kleine Veermansplaat, Dwars in de Weg, Stampersplaat en Kleine Stampersplaat is in 2001 door Dijk & Inberg een vegetatiekartering uitgevoerd. Hieruit kan geconcludeerd worden dat op alle eilanden gebieden zijn waar wel en geen vegetatiesuccessie plaats vindt. Net als op de Slikken van Flakkee hangt dit sterk samen met het beheer: waar begrazing of actief beheer plaats vindt, treedt geen vegetatiesuccessie op; in gebieden zonder begrazing en actief beheer wel. In zoute delen van de eilanden treedt vrijwel geen vegetatiesuccessie op. In gebieden waar successie plaats heeft gevonden is een houtachtige vegetatie zoals bos, wilgenstruweel en/of duindoornstruweel aanwezig. Gebieden waar geen successie op heeft getreden bestaan uit zeer waardevolle kalkminnende duinvalleivegetaties tot schorvegetaties afhankelijk van de mate van zout indringing in de bodem. Deze situatie lijkt stabiel en onder het huidige beheer is dan ook te verwachten dat hier weinig aan verandert in de periode van nu tot aan 2015.

2.4 Maatschappelijk belang van het Grevelingenmeer

De Verkenning Grevelingen Water en Getij richt zich primair op het oplossen van de gesignaleerde achteruitgang van de ecologische toestand van het watersysteem. Dit is de reden dat in de vorige paragrafen veel aandacht is besteed aan de huidige situatie en autonome ontwikkeling met betrekking tot waterkwaliteit en ecologie. Naast deze intrinsieke ecologische kwaliteit hebben de waterkwaliteit, ecologische toestand en het peilbeheer van de Grevelingen ook een maatschappelijke kant: verschillende maatschappelijke partijen hebben een belang bij of ondervinden effecten van de water- en ecologische kwaliteit en het peilbeheer van het Grevelingenmeer. Dit betreft in de huidige situatie met name de beroepsvisserij en recreatie. Deze sectoren worden in deze paragraaf beschreven.

2.4.1 Beroepsvisserij op het Grevelingenmeer

Op het Grevelingenmeer zijn zeven bedrijven in samenwerkingsverband actief, die voornamelijk vissen op kreeft, paling en oesters. Daarnaast zijn er ook specifieke oestervissers. Omdat het Grevelingenmeer de enige locatie is waar de Zeeuwse platte oester succesvol gekweekt wordt, is dit binnenwater voor de Zeeuwse oestersector van groot belang. Beroepsvisserij is in het Omgevingsplan Zeeland aangegeven als een belangrijke nevenfunctie voor het Grevelingenmeer.

In Zeeland worden twee soorten oesters gekweekt: de Zeeuwse platte oester en de Japanse oester (creuses). Het Grevelingenmeer is de enige locatie waar de Zeeuwse platte oester wordt gekweekt (www.npoosterschelde.nl). Jaarlijks worden er ongeveer 1,2 miljoen stuks platte oesters geoogst. De Japanse oester wordt in de Grevelingen en de Oosterschelde gekweekt (in totaal 28 miljoen stuks/jaar). De oppervlakte oesterbanken in de Oosterschelde is 1.550 ha, in

de Grevelingen is dat 500 ha (100 percelen van 5 ha) (Provincie Zeeland, 2005). Onder de aanname dat de opbrengsten per hectare niet verschillen tussen de Oosterschelde en de Grevelingen is de productie van oesters in de Grevelingen dus ongeveer 1,2 miljoen platte oesters en 6 miljoen Japanse oesters.

Er zijn geen cijfers voorhanden over de oogst van kreeften paling. De kreeft is explosief toegenomen in het Grevelingenmeer. Er zijn er zelfs meer dan in de Oosterschelde (Taal et al, 2006).

2.4.2 Recreatie in de Grevelingen

Het Grevelingenmeer is een veelzijdig recreatiegebied. Zwemmen, plankzeilen, kanoën, duiken en recreatievaart vinden plaats in het meer. Sportvisserij vindt op beperkte schaal plaats. De Grevelingen trekt circa 2 miljoen bezoekers per jaar (Ontwikkelingsschets Zicht op de Grevelingen). Oeverrecreatie heeft een aandeel van 75%, watersport 20% en de rest betreft sportvisserij, duiksport en rondvaarten. Er ontbreekt een bronverwijzing bij deze cijfers. Het is onduidelijk hoe deze inschatting is gemaakt.

In het Omgevingsplan is aangegeven dat de Grevelingen een dubbelfunctie heeft: natuur en recreatie. Aan de oost- en westzijde ligt het accent op de recreatieve (ontwikkelings)mogelijkheden. In het midden van het meer ligt het accent op de natuur. In verband met potenties voor de watersport is het gebied in het Omgevingsplan aangeduid als recreatieve ontwikkelingszone. Een dergelijke ontwikkeling dient aan te sluiten bij de aangegeven zonering.

Strandrecreatie/ zonnen & zwemmen

Voor de stranden bij de Grevelingen (De punt van Goeree, de Kabbelaarsbank, Grevelingendam, West-Repart (Scharendijke)) zijn geen cijfers over het bezoek voorhanden. Een inschatting voor het aantal dagtochten zonnen/ zwemmen levert het volgende op:

- Voor een inschatting van het aantal dagtochten door bewoners rondom de Grevelingen is gebruik gemaakt van kengetallen per wijk/ buurt voor zonnen/ zwemmen (Ruijgrok et al, 2006). In deze studie is op basis van het CVTO dagtochtenonderzoek (dagtochten per persoonsprofiel) en het bestand Kerncijfers wijken en buurten (CBS) het aantal dagtochten per wijk/ buurt bepaald. Voor de Grevelingen is aangenomen dat de volgende kernen van de stranden van de Grevelingen gebruik maken: Bruinisse, Sirjansland, Dreischor, Noordgouwe, Zonnemaire, Brouwershaven, Scharendijke, Ouddorp, Goedereede en Stellendam. Het aantal dagtochten zonnen/ zwemmen in de directe woonomgeving van deze kernen bedraagt ongeveer 150.000 per jaar.
- Voor een inschatting van het aantal dagtochten zonnen/ zwemmen is gebruik gemaakt van het aantal overnachtingen in Schouwen-Duiveland en Zuid-Holland Zuid (zie verblijfsrecreatie). Het aantal overnachtingen is ongeveer 4,5 mln./ jaar. Ongeveer driekwart van de toeristen gaat zonnen/ zwemmen (Bureau voor Toerisme, 2005). Verder kunnen deze toeristen natuurlijk ook gebruik maken van de Noordzeestranden, Oosterschelde en Haringvliet. Een voorzichtige

inschatting is dat 30% naar de stranden van de Grevelingen gaat. In totaal gaat het dan om ongeveer 1 miljoen dagtochten zonnen/ zwemmen per jaar.

Het totaal aantal dagtochten zonnen/ zwemmen bij de Grevelingen komt dan uit op 1,15 miljoen. In de ontwikkelingsschets Zicht op de Grevelingen wordt een getal van 1,5 miljoen aan oeverrecreatie genoemd. De orde van grootte is ongeveer 1-1,5 miljoen dagtochten.

Jachthavens/ grote watersport

Van de 11.000 ha water van de Grevelingen is 64% bevaarbaar (7.000 ha), dat wil zeggen met een minimale diepte van 1,5 m. Er zijn in totaal 19 jachthavens in de Grevelingen met 4.296 vaste ligplaatsen (bezettingspercentage van 95,2%). Op de site www.Grevelingen.nl wordt een getal van 3.800 vaste ligplaatsen genoemd. De locaties van jachthavens zijn: Bruinisse, Herkingen, Battenvoort, Port Zelande, Brouwershaven, Den Osse, Scharendijke, Ouddorp. Er staan 690 mensen op een wachtlijst voor een ligplaats. 5 jachthavens hebben plannen om uit te breiden met een capaciteit van totaal 1.290 ligplaatsen. Het aantal passanten in de jachthavens is 40.042 per jaar.

Daarnaast zijn er in totaal ongeveer 600 openbare aanlegplaatsen in de Grevelingen. Dit zijn aanlegplaatsen in beheer bij Natuur- en Recreatieschap de Grevelingen. In afbeelding 4 staan de locaties van de aanlegplaatsen (Waterrecreatie Advies, 2004).



Afbeelding 4. Aanlegplaatsen in de Grevelingen (Waterrecreatie Advies, 2004)

Op basis van CBS cijfers (gemiddelde Nederland) is een gemiddelde van 60 vaardagtochten per ligplaats berekend. Onder de aanname dat deze dagtochten vooral in de omgeving van de jachthaven plaatsvinden (lees hier – de Grevelingen) komt het aantal vaardagtochten in de Grevelingen op 258.000 uit. Wanneer daar het aantal passanten bij wordt opgeteld, wordt het aantal recreatieve vaarbewegingen bijna 300.000 (het is moeilijk in te schatten in hoeverre het gemiddelde van 60 vaardagtochten per ligplaats en de cijfers over passanten elkaar overlappen). In de ontwikkelingsschets Zicht op de Grevelingen wordt het aantal vaardagtochten op 400.000 ingeschat (20% van 2 mln).

Verblijfsrecreatie

Voor een inschatting van het aantal overnachtingen in verblijfsaccommodaties zijn gegevens gehanteerd voor de eilanden Schouwen-Duiveland en Goeree Overflakkee. Specifieke cijfers voor Goeree Overflakkee zijn niet voorhanden – wel zijn er cijfers over verblijfsaccommodaties en overnachtingen in de regio Zuid-Holland Zuid. Dit omvat de Zuid-Hollands eilanden, maar sluit de regio Rijnmond daarvan uit. Bij de cijfers van Zuid-Holland Zuid zijn expliciet de toeristische overnachtingen gehanteerd (en de zakelijke overnachtingen uitgesloten). Voor Schouwen-Duiveland was dit niet mogelijk. De meeste overnachtingen zullen toeristische overnachtingen zijn. Het is niet duidelijk hoeveel van de overnachtingen uit tabel 2 aan de Grevelingen te koppelen zijn. Weliswaar komt een groot deel voor strand/ kust en waterrecreatie, maar dat kan ook aan Haringvliet of Oosterschelde zijn.

Tabel 2. Aantal overnachtingen op eilanden rond de Grevelingen.
Bronnen: Toer Teller Zuid Holland, 2006 (ZKA consultants) en
Toeristische Trendrapportage Zeeland, 2004/2005 (Bureau voor
toerisme Zeeland, 2005)

# overnachtingen	Zuid-Holland Zuid (2005)	Schouwen-Duiveland (2004)	Totaal
Hotels/ pensions	24.000	85.500	109.500
Campings	341.000	1.339.500	1.680.500
Bungalows/ recreatiewoningen	1.264.000	1.282.500	2.546.500
Jachthavens	58.000	142.500	200.500
Overig	40.000		40.000
Totaal	1.727.000	2.850.000	4.577.000

Sportduiken

In totaal vinden er 800.000 duiken per jaar plaats in Zeeland (NOB, 2007). In Hoeksema (2002) wordt het aantal duiken in het Grevelingenmeer door persluchtduikers ingeschat op 165.000 duiken per jaar. Ingeschat wordt dat dit aantal na 2002 nog sterk is toegenomen. Het aantal duiken bedraagt dus naar verwachting meer dan 165.000 per jaar.

Sportvissen

Voor visserij op de Grevelingen is een vergunning nodig in de vorm van een dagvergunning of een lidmaatschap van een bij de Federatie ZWN aangesloten (zee)hengelsportvereniging (Smit et al, 2003). Op dit moment zijn er geen cijfers over het aantal dagtochten/ jaar op de Grevelingen. Eventueel valt dit te achterhalen via de genoemde vergunningen. Sportvisserij vindt beperkt plaats op de Grevelingen.

3 Doelen en knelpunten

3.1 Doelen

Om te beoordelen in hoeverre er in de huidige situatie en onder de ingeschatte autonome ontwikkeling tot 2015 ecologische knelpunten ontstaan ten aanzien van doelen geformuleerd onder de Kaderrichtlijn Water (KRW), Natura 2000, de Watervisie en de ontwikkelingsschets 'Zicht op de Grevelingen' wordt hieronder een overzicht gepresenteerd van deze doelen. Hierbij dient opgemerkt te worden, dat zowel de KRW als de Natura 2000 doelen slechts concept doelen zijn die naar verwachting nog zullen veranderen.

Concept Kaderrichtlijn water (KRW) doelen

In maart 2007 zijn door Royal Haskoning concept KRW doelen voor het Grevelingenmeer voorgesteld. In tabel 3 is het voorgestelde GEP (goed ecologisch potentieel) samengevat. Dit GEP is afgeleid van het MEP (maximaal ecologisch potentieel) opgesteld aan de hand van de natuurlijke referentie voor het Grevelingenmeer: watertype M32, grote brakke tot zoute wateren.

Tabel 3. Samenvatting GEP Grevelingenmeer (ontleend aan Sierdsma & Van den Broek, 2007).

Parameter/ kwaliteitselement	Eenheid/beoordeling criterium	GEPwaarde
Fysisch-chemische parameters		
Thermische omstandigheden	°C	\$25
Zuurstofhuishouding in de bovenlaag	mg/l	6-12
	%	60-120
Chloridegehalte	g Cl/l	14-18
Zuurgraad	pH	5,5-9
Totaal fosfor	mg P/l	\$0,11
Totaal stikstof	mg N/l	\$1,8
Doorzicht	m	10,9
Biologische kwaliteitselementen		
Fytoplankton	Abundantie - Chlorofyl-a gehalte (µg/l) Soortensamenstelling (negatieve bloeien) - Aantal cellen Phaeocystis (10 ⁶ cel/l)	<12 <10
Macrofyten	Zee gras - kwantiteit (% van potentieel begroeibaar oppervlak begroeid met zee gras) - kwaliteit (% begroeide oppervlakte met bedekking zee gras > 60%)	>50 >40
	Zeesla - % gebied met overlast	<1 %
Macrofauna	-	-
Vis	Aantal diadrome soorten Aantal estuariene residenten Aantal mariene soorten Aantal zoetwatersoorten	3-4 6-8 8-11 0-1

Concept Natura 2000 doelen

Als belangrijke kernopgaven voor het Grevelingenmeer zijn in het concept aanwijzingsbesluit voor het Natura 2000 gebied 115-Grevelingen onder andere genoemd:

- het behoud van de foerageerfunctie van visetende vogels (in het bijzonder fuut, geoorde fuut en middelste zaagbek);

- behoud van ongestoorde rustplaatsen en optimaal voortplantingsgebied voor bontbekplevier, strandplevier, kluut, grote stern, dwergstern, visdief en grijze zeehond;
- behoud van de platen met lage begroeiingen van vochtige (kalkrijke) duinvalleien, grijze duinen, kruipwilgstruwelen en groenknolorchis.

Om de hierboven genoemde kernopgaven te realiseren zijn onder meer de volgende instandhoudingsdoelen geformuleerd:

Habitattypen

- H1310 Behoud oppervlakte en kwaliteit van eenjarige pioniervegetaties van slik- en zandgebieden met *Salicornia* spp. en andere zoutminnende planten.
- H1330 Behoud oppervlakte en kwaliteit van Atlantische schorren.
- H2130 Behoud oppervlakte en kwaliteit van vastgelegde kustduinen met kruidvegetatie (grijze duinen).
- H2160 Behoud oppervlakte en kwaliteit van duinen met *Hippophae rhamnoides*.
- H2170 Behoud oppervlakte en kwaliteit van duinen met *Salix repens* ssp. *argentea*.
- H2190 Behoud oppervlakte en kwaliteit vochtige duinvalleien.
- H6430 Behoud omvang en kwaliteit van voedselrijke zoomvormende ruigten van het laagland, en van de montane en alpiene zones.

Vogels

Voor zowel broedvogels als niet-broedvogels in de Grevelingen zijn concept instandhoudings-doelen vastgesteld. In onderstaande tabel 4 staan deze doelen voor de soorten genoemd in de kernopgaven kort samengevat.

Tabel 4. Concept instandhoudingsdoelen ontleend aan concept aanwijzingsbesluit Natura 2000 gebied 115 - Grevelingen.

Soort	Instandhoudingsdoelen Grevelingen
Kluut (broedvogel)	behoud omvang en kwaliteit leefgebied met een draagkracht voor de populatie van het Deltagebied van tenminste 3000 broedparen. behoud omvang en kwaliteit met een draagkracht voor een populatie van gemiddeld 80 vogels (seizoensgemiddelde).
Bontbekplevier (broedvogels)	behoud omvang en kwaliteit leefgebied met een draagkracht voor de populatie van het Deltagebied van tenminste 200 broedparen. behoud omvang en kwaliteit met een draagkracht voor een populatie van gemiddeld 50 vogels (seizoensgemiddelde).
Strandplevier (broedvogel)	behoud omvang en kwaliteit leefgebied met een draagkracht voor de populatie van het Deltagebied van tenminste 350 broedparen. Uitbreiding omvang en/of verbetering kwaliteit leefgebied met een draagkracht voor een populatie van gemiddeld 20 vogels
Grote stern (broedvogel)	behoud omvang en kwaliteit leefgebied met een draagkracht voor de populatie van het Deltagebied van tenminste 4000 broedparen.
Visdief (broedvogel)	behoud omvang en kwaliteit leefgebied met een draagkracht voor de populatie van het Deltagebied van tenminste 6500 broedparen.
Dwergstern (broedvogel)	behoud omvang en kwaliteit leefgebied met een draagkracht voor de populatie van het Deltagebied van tenminste 300 broedparen.
Fuut (niet-broedvogel; viseter)	behoud omvang en kwaliteit met een draagkracht voor een populatie van gemiddeld 1600 vogels (seizoensgemiddelde).
Gecoördte fuut (niet-broedvogel; viseter)	behoud omvang en kwaliteit met een draagkracht voor een populatie van gemiddeld 1500 vogels (seizoensgemiddelde).
Middelste zaagbek (niet-broedvogel; viseter)	behoud omvang en kwaliteit met een draagkracht voor een populatie van gemiddeld 1900 vogels (seizoensgemiddelde).
Aalscholver (niet-broedvogel; viseter)	behoud omvang en kwaliteit met een draagkracht voor een populatie van gemiddeld 310 vogels (seizoensgemiddelde).

Watervisie 'Nederland veroveren op de toekomst; kabinetsvisie op het waterbeleid'

In de Watervisie stelt het kabinet als doel dat de veiligheid in het Deltagebied ook bij grotere rivierafvoeren en een hogere zeespiegel als gevolg van klimaatverandering op niveau blijft. Daarnaast moet de waterkwaliteit verbeteren, moeten voorwaarden ontstaan voor verbetering van ecologische waarden en gewenste ontwikkelingen van recreatie, natuur wonen, havenontwikkeling en scheepvaart de ruimte krijgen. Beheer van het Deltagebied dient bij uitstek een voorbeeld te zijn van integraal waterbeheer. Het is de taak van de provincies en het Rijk, partners in de Deltaraad, om deze ambities om te zetten in een uitvoeringsprogramma: het Deltaprogramma.

Ecologische doelen geformuleerd in de ontwikkelingsschets 'Zicht op de Grevelingen'

In de ontwikkelingsschets voor de Grevelingen wordt gepleit voor herstel van estuariene dynamiek in het Grevelingenmeer door het terugbrengen van getij. Op deze manier zouden onder andere de natuurwaarden in het gebied behouden en/of versterkt kunnen worden. Een planstudie moet inzicht verschaffen in welke mate van getij en waterstanden realiseerbaar zijn rekening houdend met de verschillende functies (o.a. veiligheid, natuur, scheepvaart, recreatie, visserij) van het gebied.

Omgevingsplan Zeeland 2006 – 2012

In het Omgevingsplan Zeeland 2006 – 2012 worden als algemene doelstellingen voor de Deltawateren het ontwikkelen van een veilige en gezonde delta en het herstel van de estuariene dynamiek aangegeven. Specifiek voor de Grevelingen is als hoofddoelstelling opgenomen "het vaststellen van een waterhuishoudkundig beheer waarmee de condities worden gecreëerd voor een duurzaam gezond functionerend ecosysteem, waarbij de aan het meer toegekende functies zo goed mogelijk tot zijn recht komen." In het Omgevingsplan worden natuur, recreatie en beroepsvisserij als functies genoemd.

3.2 Knelpunten

3.2.1 Ecologische knelpunten

De belangrijkste ecologische knelpunten ten aanzien (concept) doelen geformuleerd onder de KRW, Natura 2000 en de Watervisie in het Grevelingenmeer kunnen als volgt worden samengevat:

1. Zuurstofproblematiek

Sinds de afsluiting van het Grevelingenmeer in 1971 treden er zuurstofloze condities op in en nabij de bodem met negatieve gevolgen voor de ecologische toestand van het meer. Ondanks de aanleg van de Brouwerssluis en herhaaldelijke veranderingen in het beheer zijn er aanwijzingen, dat de zuurstofproblematiek verder toeneemt en zich uitbreidt naar ondiepere (5-6m diepte) delen van het meer. Bij het huidige beheer wordt er naar gestreefd, dat niet meer dan 5% van het totale bodemoppervlakte zuurstofloos wordt en dat de spronglaag niet

ondieper dan 15 m komt. Deze streefbeelden worden in de huidige situatie niet altijd gehaald en zullen bij een onveranderd beheer ook in de toekomst niet altijd gehaald worden. In het voorgestelde GEP onder de KRW is alleen een concept doel voor de zuurstofhuishouding in de bovenlaag van de waterkolom aangegeven (60-120% verzadiging en een concentratie van 6-12 mg/l). Omdat dit doel in de huidige situatie vrijwel het gehele jaar door gehaald wordt (de bovenlaag is gedurende het gehele jaar 80% verzadigd en fluctueert tussen 6-14 mg/l), lijkt er dus geen knelpunt te bestaan ten aanzien van de zuurstofverzadiging als fysisch-chemische KRW-kwaliteitsparameter. De gesignaleerde achteruitgang van de zuurstofcondities voldoet echter niet aan het standstill beginsel van de KRW. Daarnaast vormt de zuurstofproblematiek een knelpunt voor het bereiken van een goede ecologische toestand van het water in 2015, wat samen met een goede fysisch – chemische toestand de doelstelling is van de KRW. Als gevolg van zuurstofloosheid in de onderlaag van de waterbodem en/of nabij de bodem treedt namelijk grote sterfte op van bodemdieren en lijken vissen zuurstofloze gebieden te mijden. Dit staat de goede toestand van verschillende ecologische kwaliteitsparameters in de weg (bv. vis en macrofauna). Deze effecten kunnen ook via de voedselketen doorwerken naar andere soortgroepen waaronder vogels. Hierdoor kan de zuurstofproblematiek eveneens een knelpunt vormen voor het behalen van de instandhoudingsdoelen voor vogels geformuleerd onder Natura 2000. Tenslotte vormt de zuurstofproblematiek ook een knelpunt voor de Watervisie waarin als algemene doelstelling voor de Deltawateren gestreefd wordt naar verbetering van de waterkwaliteit en het creëren van voorwaarden voor verbetering van ecologische waarden.

2. Afname geschikt broedgebied voor kustbroedvogels

In de toekomst zullen zonder beheersmaatregelen door de vegetatiesuccessie geschikte broedlocaties voor de verschillende kustbroedvogelsoorten verloren gaan, waardoor de aantallen kustbroedvogels op termijn zullen afnemen en instandhoudingsdoelen geformuleerd onder Natura 2000 mogelijk niet gehaald worden.

3. Mogelijke verdere afname visetende vogels

Voor de visetende watervogels is de visstand sturend voor de verwachte ontwikkelingen. Indien hierin geen veranderingen optreden zullen vooral de vogelsoorten die op grondels foerageren, zich goed kunnen handhaven. Mogelijk gaat de aalscholver nog wel verder achteruit en dit geldt misschien in mindere mate ook voor de fuut, al lijkt deze soort zich de laatste jaren te stabiliseren.

4. Verdwijning van zeegras

In het voorgestelde GEP wordt als doel aangegeven dat >50% van het potentieel begroeibaar oppervlakte in 2015 begroeid moet zijn met zeegras en dat 40% van het begroeide oppervlak een bedekkingspercentage van >60% moet hebben. In 1978 was 4.400 ha van het Grevelingenmeer bedekt met zeegras, maar sinds 2000 is zeegras volledig uit het Grevelingenmeer verdwenen. Aangezien de verhoogde saliniteit (van circa 12 naar 16 g Cl⁻/l) de belangrijkste factor

is voor de verdwijning van zeegras en het hoge zoutgehalte met het huidige beheer blijft gehandhaafd, is het behalen van het onder de KRW voorgestelde doel in 2015 onmogelijk.

5. Grootschalige ophoping van zeesla en algenbloei

De grootschalige ophoping van zeesla zorgt voor veel stankoverlast en wanneer zeesla afzinkt naar de bodem kunnen afbraakprocessen bijdragen aan de zuurstofloosheidsproblemen. In het voorgestelde GEP is als doel geformuleerd dat overlast door zeesla mag ontstaan in minder dan 1% van het Grevelingenmeer. Hoewel het oppervlakte waar overlast door zeesla plaats vindt nooit gemeten wordt, wordt deze doelstelling zeer waarschijnlijk in de huidige situatie gedurende het zomerhalfjaar niet gehaald. Onder de huidige autonome ontwikkeling waarbij de Flakkeese spuisluis opnieuw in gebruik is genomen, wordt verwacht dat de stikstofconcentratie met 10% toe zal nemen, waardoor ook de bloei van zeesla toe zal nemen en het behalen van dit doel nog moeilijker zal zijn.

Wanneer een grootschalige bloei van *Phaeocystis* (een alg) optreedt op de Noordzee en via de Brouwerssluis de Grevelingen binnenstroomt, zal het organische materiaal met name in laag dynamische gebieden naar de bodem zinken. Omdat dit organische materiaal afgebroken wordt met behulp van zuurstof, kan het binnen stromen van grote hoeveelheden *Phaeocystis* bijdragen aan de zuurstofloosheidsproblemen.

6. Sterfte onder bodemdieren

Er zijn onder de KRW nog geen (concept) doelen geformuleerd voor macrofauna. Echter, het is wel duidelijk dat een knelpunt voor de hard en zacht substraat levensgemeenschappen wordt gevormd door de zuurstofproblematiek. Door de zuurstofloosheid in en nabij de (slib)bodem die ieder jaar terug terugkeert, ontbreken zacht substraat gemeenschappen in een aanzienlijk deel van het meer, met name in het oostelijk deel van het meer tot op een diepte van 5 m. Met name in jaren met een warm voorjaar en warme zomer lijkt de zuurstofloosheid zich uit te breiden naar ondiepere delen van het meer waar dan grote sterfte onder commercieel gekweekte oesters optreedt.

7. Sterke toename Japanse oesters

Japanse oesters kunnen in ondiep water voor veel overlast zorgen voor recreanten waaronder surfers en badgasten. Zij kunnen zich namelijk verwonden aan de sterke uitsteeksels van deze schelpen. Ecologisch gezien kan de toename van Japanse oesters zowel positief als negatief worden beoordeeld. De Japanse oesters vormen een nieuw type substraat waardoor vestigingsmogelijkheden ontstaan voor andere organismen en het ecosysteem verrijkt kan worden. Daarentegen kunnen Japanse oesters ook concurreren om voedsel en ruimte met inheemse soorten zoals bijvoorbeeld de commercieel interessante mossel, waardoor soorten kunnen verdwijnen en het ecosysteem minder rijk wordt. Een recente analyse ten aanzien van het huidige voorkomen van Japanse oesters in het Grevelingenmeer ontbreekt.

3.2.2 Knelpunten voor gebruikers

In deze paragraaf worden de knelpunten van het Grevelingenmeer die gebruikers signaleren samengevat. Voor een deel overlappen deze knelpunten met de in de vorige paragraaf beschreven knelpunten.

1. Afsterven van oesterbanken door zuurstofarme condities

Als gevolg van zuurstofarme condities hebben oestervissers aangegeven dat er de afgelopen jaren grote sterfte optrad onder oesters op de commerciële oesterpercelen. In 2005 en 2006 stierf naar schatting 30% van alle op de percelen aanwezige oesters en in 2006 naar schatting 60-90%.

2. Sterke toename Japanse oesters

De aanwezigheid van Japanse oesters vormt een knelpunt voor recreanten, vooral voor surfers in ondiep water bij de Kabbelaarsbank. Surfers verwonden zich aan de scherpe randen van de oesters.

3. Het ontbreken van bodemleven in de diepere delen.

De duiksport is gebaat bij het ontbreken van getij en het heldere water in het Grevelingenmeer. Het ontbreken van bodemleven vermindert de belevingswaarde voor de duiksport. Dit is echter niet echt een probleem voor duikers wanneer de bovenste 10 meter wel interessant is of blijft.

4. Grootschalige bloei van zeesla

De ophoping van rottend zeesla zorgt voor stankoverlast voor recreanten. Onbekend is in hoeverre het drijvende zeesla een probleem is voor de kleine motorbootjes.

3.3 Kennislacunes

Ten aanzien van het analyseren van de waargenomen ecologische achteruitgang in het Grevelingenmeer zijn een aantal kennislacunes aan het licht gekomen waaronder:

1. Recente analyses van gegevens met betrekking tot de huidige ecologische toestand ten aanzien van hard- en zacht substraat gemeenschappen in het Grevelingenmeer zijn beperkt beschikbaar. Uitgebreide systematische inventarisaties van het voorkomen van hard- en zacht substraat gemeenschappen in het Grevelingenmeer dateren van 1999-2000. Hierdoor is het momenteel niet mogelijk inzicht te geven in de verschuivingen die zich in de afgelopen 8 jaren voor hebben gedaan (waaronder bijvoorbeeld de ontwikkeling van Japanse oesters) en in hoeverre deze verschuivingen knelpunten opleveren voor het behalen van doelen geformuleerd in verschillende beleidsdocumenten. Een eenmalige bestandopname van hard- en zachtsubstraat levensgemeenschappen zal, in vergelijking met eerdere gegevens, veel kennis kunnen verschaffen over de trend in de afgelopen jaren.
2. Er ontbreken recente gegevens met betrekking tot de bodemsamenstelling van het Grevelingenmeer. De meest recente gegevens dateren namelijk van 1995. Hierdoor is het

-
- niet mogelijk inzicht te geven in welke gebieden van het Grevelingenmeer en in welke mate ophoping van organisch materiaal heeft plaatsgevonden. Omdat afbraak van organisch materiaal één van de twee belangrijke processen is die ten grondslag ligt aan de zuurstofproblematiek is het verkrijgen van deze informatie essentieel voor het formuleren van mogelijke maatregelen voor het verminderen van de zuurstofproblematiek. Ook de samenstelling van de zuurstofconsumerende sliblaag is onbekend. Dit is belangrijk om te weten, als de laag bijvoorbeeld voornamelijk uit zeesla resten bestaat kunnen beheersmaatregelen zich op zeesla richten. Een opname van de verspreiding en samenstelling van de sliblaag gedurende één jaar zal veel nuttige kennis verschaffen.
3. De omvang van het zuurstofloosheidsprobleem is niet goed genoeg bekend. Zo werd tot voor kort verondersteld dat zuurstofloze condities slechts tijdens warme zomers en gedurende enkele maanden van het jaar voorkwamen in het Grevelingenmeer, terwijl uit recente gegevens blijkt dat de kenmerkende witte matten, die een indicator zijn voor zuurstofloze condities in en nabij de bodem, zeer waarschijnlijk het gehele jaar worden aangetroffen (Lengkeek *et al.*, 2007; persoonlijke observatie Lengkeek, maart 2008).

4 Literatuur

Anonymous, 2006. Ontwikkelingsschets Zicht op de Grevelingen. Een gezamenlijk project van Staatsbosbeheer, Kustvereniging EUCC, Natuur- en recreatieschap de Grevelingen, GZH, Rijkswaterstaat en Delta.

Anonymous, 2007. Concept aanwijzingsbesluit Natura 2000 gebied 115 - Grevelingen. Ministerie van landbouw, natuur en voedselkwaliteit.

Bannink B.A., Van der Meulen J.H.M. & Nienhuis P.H., 1984. Lake Grevelingen: from an estuary to a saline lake. An introduction. *Netherlands Journal of Sea Research* 18(3/4): 179-190.

Boudewijn, T.J., S. Dirksen & J. van der Winden, 1994. De voedselkeuze van Aalscholvers in de Grevelingen in het seizoen 1993-1994. Rapport 94.35. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Bureau voor toerisme Zeeland, 2005. Toeristische trendrapportage Zeeland 2004/2005.

De Kluijver, M.J., 2002. De sublittorale hard-substraat levensgemeenschappen in het Grevelingenmeer - De ontwikkeling in de periode 1996-2001. Rapport nr. 1777b, AquaSense, Colijnsplaat.

De Kluijver, M.J. & Dubbeldam M., 2002. De effecten van een nieuw spuiregime in het Grevelingenmeer op de waterhuishouding en de waterbodem en de gevolgen daarvan op de kolonisatie van hard-substraat organismen. Rapport nr. 1777a, AquaSense, Colijnsplaat.

De Kraker, C. & P.J.T. Derks, 2005. Verslag Hompelvoet / Markenje Kleine Stampersplaat 2004. Ecologisch adviesbureau Sandvicensis, Burgh-Haamstede.

De Kraker, C., 1994. De Grevelingen geteld. Watervogeltellingen en broedvogelinventarisaties 1986-1993. Staatsbosbeheer regio Deltagebied/Natuur en Recreatieschap de Grevelingen.

Engelsma F.J., Boudewijn T.J. & Meijer A.J.M., 1994. Visstand Grevelingen, Inventarisatie bestaande gegevens en onderzoeksvoorstel. Rapport nr. 94.08, Bureau Waardenburg bv., Culemborg.

Escaravage V. & Hummel H., 2004. Zeegras in het Grevelingenmeer, koppeling met macrofauna gegevens. Monitoring Taakgroep Werkgroep Ecosysteem studies. NIOO-CEMO rapport 2004-02.

Goossen, M. & Langers, F., 2002. Recreatietoervaart 9 jaar later. Alterra, Wageningen.

Haas H., van der Linden P., & Holzhauer H., december 2006. Flakkeese spuisluis in ere hersteld. Studie naar de effecten van de ingebruikname van de Flakkeese spuisluis op het Grevelingenmeer. RIKZ-rapport 2006.022.

Hoeksema H.J., 2002. Grevelingenmeer van kwetsbaar naar weerbaar? Een beschrijving van de ontwikkelingen van 1996 tot 2001 en een toetsing aan het beleid. Rapport nr. RIKZ/2002.033. RIKZ, Middelburg.

Houtekamer, N., 1999. Waterbeheersplan Grevelingenmeer 1999-2003. Rijkswaterstaat Directie Zeeland, Middelburg.

Kamermans, P., Hemminga, M.A., de Jong, D.J., 1998. The significance of salt- and silicate content in Dutch coastal waters for the seagrass distribution range: final report 1998 [De betekenis van het zout- en silicaatgehalte in Nederlandse kustwateren voor het zeegrasareaal: eindrapport 1998]. BEON Rapport = BEON-report, 98(5). RIKZ: Den Haag, The Netherlands. 36 pp.

Koole, R., 1995. Stratificatie in het Grevelingenmeer en de gevolgen daarvan voor de zuurstof- en nutriënten. Rapport nr. RIKZ/AB-95.828X, RIKZ, Middelburg

Kranenburg, J., 2004. KRW vis in overgangswateren; Antropogene knelpunten en potentiële herstel- en inrichtingsmaatregelen. Rapport nr. Z3905, WL / Delft Hydrolics, Delft.

Lengkeek W., Bouma S. & Waardenburg H.W., 2007. Het effect van zuurstofdeficiëntie op het bodemleven in het Grevelingenmeer. Een blik onder water. Rapport nr. 07-186, Bureau Waardenburg bv., Culemborg

Meininger P.L., C.M. Berrevoets & R.C.W. Strucker, 1999. Kustbroedvogels in het Deltagebied: een terugblik op twintig jaar monitoring (1979-1998). Rapport RIKZ-99.025. RIKZ. Middelburg.

Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2007. Watervisie 'Nederland veroveren op de toekomst'. Kabinetsvisie op het waterbeleid.

Meijer A.J.M., 1990. Monitoringonderzoek aan de visfauna van de Oosterschelde, bewerkingen periode 1979-1986 (intern rapport). Rapport nr. 90.29, Bureau Waardenburg bv., Culemborg.

Nienhuis P.H., 1978. De Grevelingen, een afgesloten zeearm. Een overzicht van 10 jaar aquatisch oecologisch onderzoek. Rapport nr. 1978-3, Delta instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek, Yerseke.

Nienhuis P.H., 1986. Het Grevelingenmeer. Van estuarium naar zoutwatermeer. ISBN 90 70157 66 7, Delta instituut voor hydrobiologisch onderzoek, Yerseke.

Nienhuis P.H., 1983. Zeegrasgemeenschap in het Grevelingenmeer. Seagrass communities in Lake Grevelingen. In: Oecologie van meren en plassen. S. Parma et al. pp. 36-56.

NOB, 2007. NOB Wrakkenproject – concept. Nederlandse Onderwatersport Bond.

Oorthuijsen W. & Iedema C.W., 1992. Analyse Waterbeheer Grevelingenmeer. Onderbouwing voor het waterhuishoudkundig beheer Grevelingenmeer. Nota Rijkswaterstaat directie Zeeland, AX92.036. RWs Zeeland, Middelburg.

Peperzak L., 2001. Primeur: verband tussen Phaeocystis en schuim aangetoond. Trends in water 4.

Peperzak L., 2002. Plaagalg in het Grevelingenmeer. RIKZ, Middelburg.

Poot M.J.M., Schouten P., Bouma S., Hoogenstein L., Schoten H.H. & den Held A., augustus 2007. Passende beoordeling huidig en toekomstig gebruik in Natura 2000-gebied Voordelta. Basis document voor maatregelen pakket beheerplan Voordelta. Rapport Bureau Waardenburg nr. 06-111.

Provincie Zeeland, 2005 (geen jaartal bekend, inschatting op basis van literatuurlijst). Aquacultuur in Zeeland: de blauwe revolutie, Zierikzee.

Schaub B.E.M., van Oevelen D., Sistermans W.C.H., Rietveld M., Herman P.M.J. & Hummel H.H., 2002. Veranderingen in de samenstelling van het macrobenthos van de Grevelingen (periode 1990-2000) en de mogelijke oorzaken. NIOO-CEMO rapport 2002-01, Yerseke.

Sierdsma F. & van den Broek T., 2007. Voorstellen voor KRW-maatregelen en –doelen voor zoute rijkswateren in Zuid-Nederland. Grevelingenmeer. Rapport nr. 950926. Royal Haskoning, Rotterdam.

Smit, M., De Vos, B. & de Wilde, J.W., 2003. De betekenis van de sportvisserij in Nederland, LEI, Den Haag.

Strucker R.C.W., M.S.J. Hoekstein & P.L. Meininger, 2005. Kustbroedvogels in het Deltagebied in 2004. Rapport RIKZ/2005.016. RIKZ, Middelburg.

Strucker R.C.W., M.S.J. Hoekstein, P.A. Wolf & P.L. Meininger, 2006. Kustbroedvogels in het Deltagebied in 2005. Rapport RIKZ/2006.008. RIKZ, Middelburg.

Strucker R.C.W., M.S.J. Hoekstein, P.A. Wolf & P.L. Meininger, 2007. Kustbroedvogels in het Deltagebied in 2006. Rapport RIKZ/2007.016. RIKZ, Middelburg.

Taal, C., Bartelings, H., Klok, A., Van Oostenbrugge, J.A.E. & de Vos, B., 2006. Visserij in cijfers, LEI, Den Haag.

Van der Pluijm A.M. & de Jong D.J., 2003. Oerbos en savanne in de Grevelingen: de twee gezichten van de Slikken van Flakkee: 30 jaar vegetatieontwikkeling op de Slikken van Flakkee (Grevelingenmeer) 1972-2001. Rapport RIKZ/2003.050.

Van der Linden P.R.A., 2006. Visfauna Grevelingenmeer, Ontwikkeling vanaf 1960. RIKZ, Middelburg.

Van Moorsel, G.W.N.M & H.W. Waardenburg, 1999. Biomonitoring van levensgemeenschappen op sublitorale harde substraten in Grevelingenmeer, Oosterschelde, Veerse Meer en Westerschelde. Resultaten t/m 1998. Rapport nr. 99.11, Bureau Waardenburg bv, Culemborg.

Vink J.L.S. & de Vos C.P., 1980. Interimnota. Chloride- en zuurstofstratificatie in het Grevelingenmeer in de zomerperiode 5/5/1979 – 3/9/1979. Rapport nr: DDMI-80.19, Rijkswaterstaat Deltadienst, Middelburg.

Waardenburg, H.W., 1976. Het Grevelingenonderzoek van de Biologische Werk-groep van de N.O.B. Onderwatersport (6). Nederlandse Onderwatersport Bond, utrecht.

Waardenburg, H.W., 1998. Vismigratie door de Brouwerssluis (Grevelingenmeer). Rapport nr. 98.042, Bureau Waardenburg bv, Culemborg.

Waterrecreatie Advies, 2004. Watersport in het Deltagebied: Integrale recreatievisie Deltawateren. In opdracht van Breed Overleg Deltawateren.

Weesenbeek B., concept notitie maart 2008. Ecologische analyse van zuurstofloosheid en schimmelvorming. Deltares.

Wijsman J., 2002. Stratificatie en zuurstofdeficiëntie in het Grevelingenmeer. Rapport nr. RIKZ/AB/2002.819, RIKZ, Middelburg.
Zijl F. & Nolte A., 2006. Effect van ingebruikname van de Flakkeese spuisluis op de hydrodynamica en waterkwaliteit van het Grevelingenmeer. Rapport nr. Z4161, WL / Delft Hydraulics, Delft.

ZKA Consultants en planners, 2006. Toer Teller Zuid Holland. Economische betekenis toerisme 2005 en trend 2001-2005, Breda.

Websites waarvan data gebruikt werd:
www.waterbase.nl
www.divepost.nl
www.cbs.nl (statline databank).
Overzicht duiklocaties - website:

<http://www.onderwatersport.org/Portals/1/Duiken%20in%20Nederland/Duiken%20in%20Zeeland/Overzicht%20Duiklocaties%20Zeeland%20versie%2010-07-07.pdf>