

MIRT-verkenning Grevelingen

**milieueffectrapport
deel B: bijlagen**

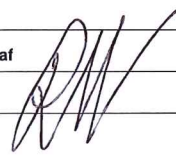


Natuur- en recreatieschap de Grevelingen

MIRT-verkenning Grevelingen

milieueffectrapport deel B: bijlagen

referentie	projectcode	status
SDM113-2/hitm/037	SDM113-2	definitief
projectleider	projectdirecteur	datum
dr.ir. R.L.J. Nieuwkamer	mw. ir. C.M. Sluis	22 november 2011

autorisatie	naam	paraaf
goedgekeurd	dr.ir. R.L.J. Nieuwkamer	

INHOUDSOPGAVE	blz.
1. INVENTARISATIE VIGEREND BELEID	1
1.1. Inleiding	1
1.2. Structuurvisie Infrastructuur en Ruimte	1
1.3. Natura 2000	1
1.4. Deltaprogramma en de Zuidwestelijke Delta	1
1.5. Overig (inter)nationaal beleid: water en energie	2
1.6. Provinciaal	3
1.7. Provinciaal sociaal-economisch beleidsplan 2009 - 2012, provincie Zeeland	5
1.8. Structuurvisie Zuid-Holland	6
1.9. Gemeentelijk	8
2. ONDERBOUWING BOUWSTENEN EN ALTERNATIEVEN	13
2.1. Doel en methode	13
2.2. Groslijst van maatregelen	13
2.3. Beoordeling van de permanente maatregelen in de eerste zeef	14
2.4. Beoordeling van de beheermaatregelen in de eerste zeef	16
2.5. Overzicht kansrijke maatregelen	20
2.6. Mitigerende maatregelen	21
3. BEOORDELING VAN BOUWSTENEN IN FACTSHEETS	25
3.1. Factsheet bouwsteen Flakkeese spuisluis	25
3.2. Factsheet bouwsteen Waterkwaliteit en Energie: doorlaat Brouwersdam en getijdencentrale	25
3.3. Factsheet bouwsteen Recreatie en Toerisme	28
3.4. Factsheet bouwsteen Waterkwantiteit: bergingsregime en doorlaat Grevelingendam	29
3.5. Factsheet bouwsteen Kunstmatig opgewekte verticale waterbeweging	32
4. ACHTERGRONDEN BIJ DE EFFECTBESCHRIJVING HOOGWATERVEILIGHEID	34
4.1. Bergingscapaciteit	34
4.2. Bijdrage aan MHW daling rivieren	34
4.3. Afvoercapaciteit	35
5. EFFECTBESCHRIJVING WATERKWALITEIT EN ECOLOGIE	37
5.1. Inleiding	37
5.2. Beschrijving referentie	38
5.3. Doorlaatmiddel in de Brouwersdam	54
5.4. Getijdencentrale	61
5.5. Open verbinding in de Grevelingendam	63
5.6. Waterberging op de Grevelingen	67
5.7. Schutsluis/overtoom	69
5.8. Kunstmatig opgewekte verticale waterbeweging	70
5.9. Effecten op Natura 2000 en KRW doelen	71
6. EFFECT BESCHRIJVING RECREATIE EN TOERISME	75
6.1. Motivering beoordelingscriteria en achtergronden	75
6.2. Effectbeschrijvingen	75
7. EFFECTBESCHRIJVING MORFODYNAMIEK	81
7.1. Algemeen	81
7.2. Referentie	81

7.3. Effectbeschrijving morfologie	85
8. ACHTERGRONDEN BIJ DE EFFECTBESCHRIJVING BEROEPSVISSERIJ	93
8.1. Aal- en kreeftvisserij	93
8.2. Oestervisserij	93
9. ACHTERGRONDEN BIJ DE EFFECTBESCHRIJVING LANDBOUW EN OMWONENDEN	95
9.1. Methodiek effectbeoordelingen	95
9.2. Huidige situatie en autonome ontwikkeling	96
9.3. Effecten door verandering van de middenstand	100
9.4. Effecten door verandering van de getijslag	101
9.5. Effecten van waterberging	101
10. EFFECTBESCHRIJVING LANDSCHAP EN CULTUURHISTORIE	103
10.1. Motivering beoordelingscriteria	103
10.2. Effectbeschrijving referentie	103
10.3. Effectbeschrijving voor alternatieven 1, 2 en 3	107
11. EFFECTBESCHRIJVING VERKEER	109
11.1. Motivering beoordelingscriteria	109
11.2. Effectbeschrijvingen	109
12. REFERENTIES	113
laatste bladzijde	116
BIJLAGEN	aantal blz.
-	

1. INVENTARISATIE VIGEREND BELEID

1.1. Inleiding

In deze bijlage wordt ingegaan op het vigerende ruimtelijke beleid voor de Grevelingen, ten behoeve van de PlanMER en de Grevelingenvisie. Het (inter)nationaal, provinciaal en gemeentelijk beleid wordt besproken.

1.2. Structuurvisie Infrastructuur en Ruimte

De Structuurvisie Infrastructuur en Ruimtes (SVIR) is onder andere de opvolger van de Nota Ruimte en de Nota Mobiliteit. De SVIR speelt in op ontwikkelingen op het gebied van:

- bevolkingsgroei/krimp;
- mobiliteit;
- economie;
- deregulering;
- klimaatverandering;
- energie;
- natuur.

Hoofddoel voor de Zuidwestelijke Delta is de ontwikkeling van activiteiten die de nationale concurrentiepositie versterken te combineren met ontwikkelingen die de veiligheid tegen overstromingen vergroten en de waarden van natuur, landschap en cultuurhistorie versterken. In de nota ruimte wordt de achteruitgang van de ecologische waterkwaliteit van de Grevelingen als zorgelijk ervaren. Op termijn wordt waterberging in de Grevelingen en een eventuele peilverhoging mogelijk gehouden. De nota spreekt verder van een zoektocht naar nieuwe vormen van land- en tuinbouw in een verziltende delta.

1.3. Natura 2000

In het Natura 2000 beleid worden voor belangrijke natuurgebieden instandhoudingsdoelen geformuleerd. De doelen voor de Grevelingen zijn gericht op het realiseren van de volgende kernopgaven:

- het behoud van de foerageerfunctie van visetende vogels (in het bijzonder fuut, geoorde fuut en middelste zaagbek);
- het behoud van ongestoorde rustplaatsen en optimaal voortplantingsgebied voor bontbekplevier, strandplevier, kluut, grote stern, dwergstern, visdief en grijze zeehond;
- het behoud van de platen met lage begroeiingen van vochtige (kalkrijke) duinvalleien, grijze duinen, kruipwilgstruwelen en groenknolorchis;
- het behoud van leefgebied voor de Noordse woelmuis.

Het beheerplan natura 2000 voor de zuidwestelijke delta is in voorbereiding. De Grevelingen maakt onderdeel uit van dit gebied. Hierin wordt ondermeer een zonering voor het gebied weergegeven waarin staat welke gebieden niet geschikt zijn voor recreatie.

1.4. Deltaprogramma en de Zuidwestelijke Delta

Het Deltaprogramma is een nationaal programma waarin Rijksoverheid, provincies, gemeenten en waterschappen samen werken met maatschappelijke organisaties, bedrijfsleven en kennisinstituten. Het programma bereidt maatregelen voor die ervoor moeten zorgen dat:

- we veilig blijven tegen hoog water;
- we voldoende zoet water hebben;

- Nederland een aantrekkelijk land blijft om te wonen, te werken en te investeren.

In het regeerakkoord staat dat het kabinet de voorstellen van de Deltacommissie nader zal bekijken en uitwerken in het Meerjarenprogramma Infrastructuur Ruimte en Transport.

De lange termijnverkenning Zuidwestelijke Delta is één van de deelprogramma's van het deltaprogramma. De provincies Zuid-Holland, Zeeland en Brabant hebben zich in de Stuurgroep zuidwestelijke Delta verenigd. Het ideaalbeeld dat zij hebben is een veilige, veerkrachtige en vitale zuidwestelijke delta.

De stuurgroep Zuidwestelijke Delta heeft in april 2011 voor de korte termijn een uitvoeringsprogramma vastgesteld. Voor een betere balans tussen veiligheid, veerkracht en vitaliteit, bevat het programma ondermeer gebiedsprogramma's voor herstel van het watermilieu, waarborgen van de veiligheid en verbeteren van leefomgeving en economie. Het 'gebiedsprogramma Grevelingen en Brouwersdam' is één van deze programma's.

De doelstellingen van de stuurgroep voor 2010 - 2015+ zijn ondermeer het nemen van een besluit over:

- terugbrengen van een beperkte vorm van getij door uitwisseling met de Noordzee en daarmee het laten ontstaan van nieuwe getijdennatuur in combinatie met een duurzame jachthaven, een schutsluis en bebouwing van de Brouwersdam (belevingsboulevard);
- het wel of niet inzetten van de Grevelingen voor het bergen van rivierwater bij extreem hoge rivierafvoeren;
- het afvoeren van water naar zee via een getijdencentrale die onder normale omstandigheden duurzame energie opwekt.

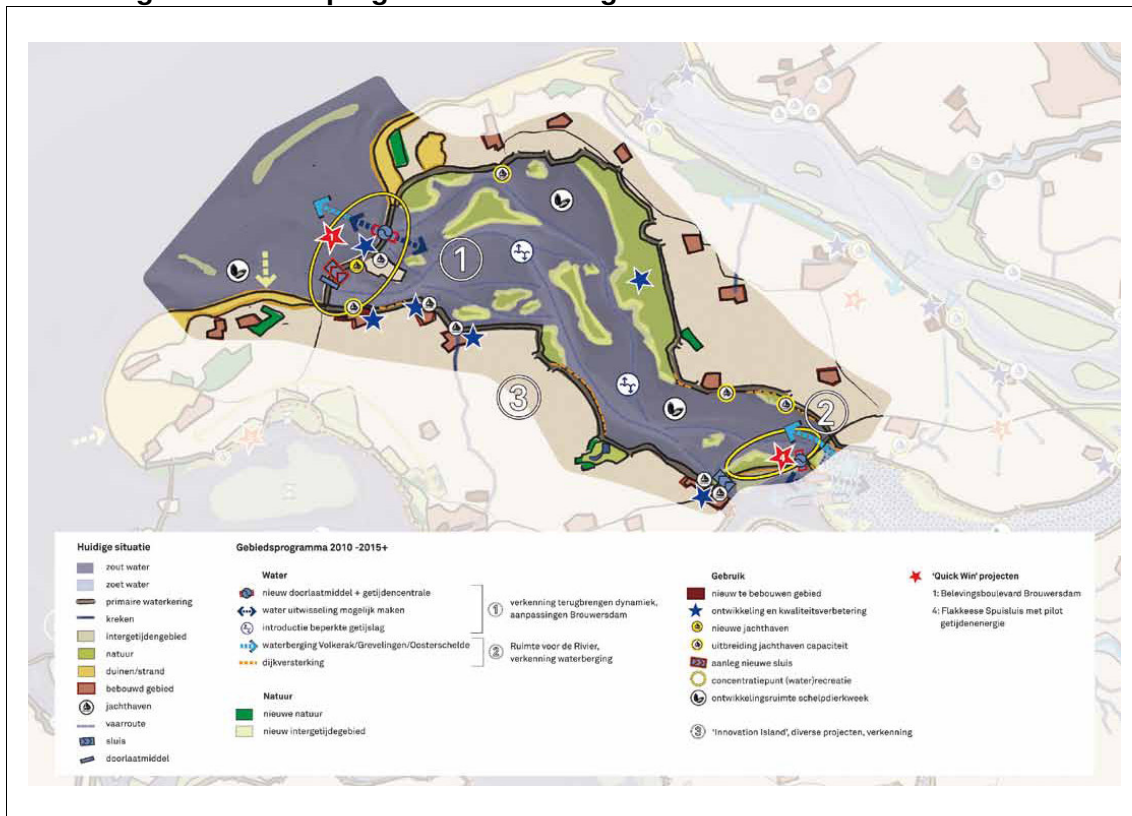
Op afbeelding 1.1 zijn diverse ontwikkelingen in het kader van het gebiedsprogramma Grevelingen en Brouwersdam weergegeven. Zoals blijkt uit de hierboven genoemde doelstellingen zijn dit nog niet vastgestelde maatregelen.

1.5. Overig (inter)nationaal beleid: water en energie

De Kader Richtlijn Water (KRW) is een Europese richtlijn die ervoor moet zorgen dat de kwaliteit van het oppervlakte- en grondwater in 2015 op orde is, waarbij deze termijn in een aantal gevallen wordt opgerekt tot 2021 of 2027. Belangrijke doelen vanuit dit beleidsdocument zijn gericht op de zuurstofhuishouding in de bovenlaag, begroeiing van de bodem met zeegras, beperking van overlast door zeesla en het op peil houden van de visstand.

Het Nationaal Waterplan beschrijft de benodigde maatregelen voor het Nederlandse waterbeheer in de periode 2009 - 2015. Dit plan geeft de volgende richtlijnen voor de beleidslijn in de Zuidwestelijke Delta: 'Het opnieuw toelaten van natuurlijke processen door het gecontroleerd opheffen van de harde scheiding tussen de diverse waterbekkens geeft een herstel van de estuariene dynamiek. Dit zal zorgen voor het ombuigen van de ecologische schaduwkanten van de Deltawerken. Het vergroot ook het zelfreinigend en natuurlijk productievermogen van het water en geeft een betere verdeling van de nutriëntenbelasting over de wateren. Vismigratie van zee naar rivieren en andersom is weer mogelijk.' In het rapport van de Deltacommissie, door de regering gevraagd om advies uit te brengen over de bescherming van Nederland tegen de gevolgen van klimaatverandering, vinden we verder de concrete aanbeveling om het Volkerak-Zoommeer samen met de Grevelingen en eventueel de Oosterschelde in te richten voor de tijdelijke berging van het overtollig rivierwater van Rijn en Maas.

Afbeelding 1.1. Gebiedsprogramma Grevelingen en Brouwersdam



In de innovatieagenda Energie en stimuleringsregeling Duurzame Energie worden ambities opgesteld voor duurzame energievoorzieningen, waarbij waterkrachtprojecten subsidiabel zijn gesteld. De nationale beleidskaders en regelingen bieden ook kansen voor gebiedsontwikkeling in de Grevelingen. In het kustbeleid van de nota Ruimte en beleidslijn Kust wordt specifiek ruimte geboden voor het ontwikkelen van een gebiedsspecifieke identiteit en verbetering van de ruimtelijke kwaliteit.

1.6. Provinciaal

Omgevingsplan Zeeland

Op 30 juni 2006 hebben Provinciale Staten van Zeeland het Omgevingsplan Zeeland 2006 - 2012 vastgesteld. In dit plan is het provinciaal beleid voor milieu, ruimtelijke ordening, water en natuur in één plan samengebracht. Het omgevingsplan geeft op de eerste plaats de provinciale visie op de toekomstige ontwikkelingen van de fysieke leefomgeving. Het geeft op de tweede plaats het kader voor toepassing van de instrumenten die de provincie heeft op het gebied van de fysieke leefomgeving. In die zin geeft het medeoverheden, organisaties en burgers zicht op de kaders en spelregels die wettelijk zijn vastgesteld.

In het omgevingsplan worden de problemen met de waterkwaliteit van de Grevelingen onderkend en er wordt min of meer vooruit gelopen op de Grevelingenvisie doordat er gesproken wordt over een mogelijke combinatie van maatregelen voor waarborging van de veiligheid in het benedenrivierengebied, herstel van de overgang rivieren-zee en verbetering van de waterkwaliteit van het Volkerak-Zoommeer, Oosterschelde en Grevelingenmeer (pagina 98). Eén van de acties die hieruit voortvloeit is: 'Samen met provincie Zuid-Holland en diverse betrokkenen onderzoek doen naar de ontwikkelingsmogelijkheden van het Grevelingenmeer'.

De hoofddoelstelling voor het Grevelingenmeer is 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 verband met potenties voor de watersport is het gebied aangeduid als recreatieve ontwikkelingszone. Een dergelijke ontwikkeling dient aan te sluiten bij de aangegeven zonering.

Voor de ontwikkeling van jachthavens zal de provincie een pilotproject met betrekking tot de Grevelingen starten.

Op Schouwen-Duiveland wil de provincie samen met de regio de bijzondere omgevingskwaliteiten optimaal benutten. Mede gezien de gunstige ligging van de regio ten opzichte van de Randstad vormen het bevorderen van de woonmigratie en het versterken van de toeristisch-recreatieve sector daarbij belangrijke aanknopingspunten om invulling te geven aan een meer ontwikkelingsgerichte benadering. Bij een dergelijke benadering past de nodige zorgvuldigheid, zodat bestaande omgevingskwaliteiten behouden blijven en waar mogelijk worden versterkt zonder daarbij gewenste ontwikkelingen onnodig te belemmeren.

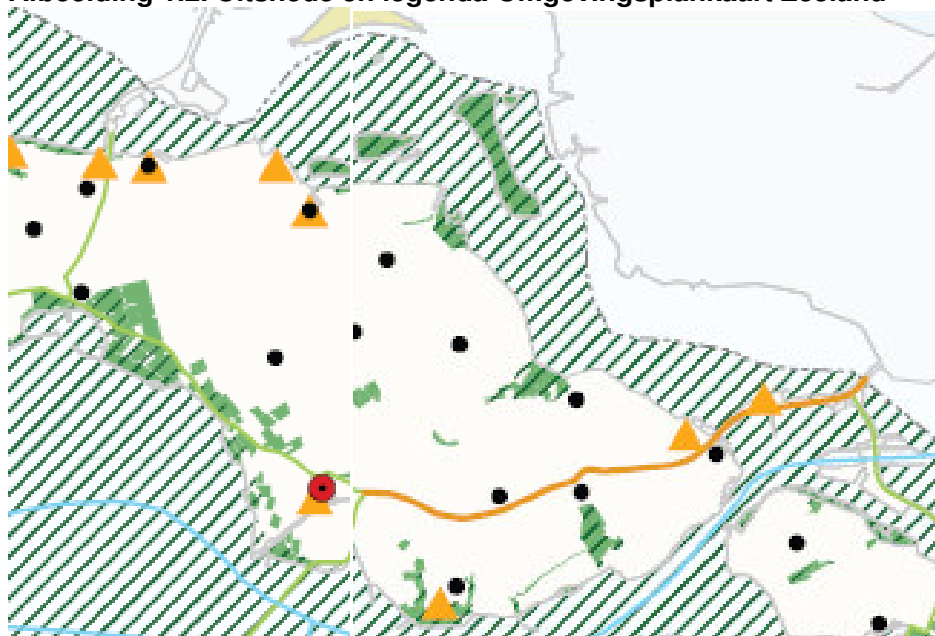
De onderstaande afbeelding 1.2 geeft de beoogde ontwikkelingsrichting van Schouwen-Duiveland en het zuidelijke gebied van de Grevelingen weer.

Op de omgevingsplankaart is te zien dat de strategie voor de Grevelingen 'beschermen' is. Langs de kust van de Grevelingen zijn een aantal 'recreatieconcentraties' aangewezen.

Op de locatie van de recreatieconcentraties en direct daar aansluitend, worden ontwikkelingen in de recreatiesector planologisch gestimuleerd. De ontwikkelingsrichting vanuit deze concentraties is op sommige locaties wel verbonden aan de opgaven voor de complexe gebieden of aan kansen en belemmeringen met het oog op natuur.

Voor zeer kwetsbare en waardevolle gebieden is sprake van een beschermingsregime. Binnen dit regime zijn nieuwe projecten, plannen of handelingen niet toegestaan indien deze de wezenlijke kenmerken of waarden van een gebied significant aantasten, tenzij er geen reële alternatieven zijn en er sprake is van redenen van groot openbaar belang. Dit beschermingsregime sluit aan bij het afwegingskader in de Nota Ruimte voor de Ecologische Hoofdstructuur. Daarnaast geldt voor deze gebieden nationale en internationale wetgeving zoals de Natuurbeschermingswet, die voor Nederland de Vogel- en habitatrichtlijn vertaalt, en de grondwaterbeschermingsgebieden.

Afbeelding 1.2. Uitsnede en legenda Omgevingsplankaart Zeeland



Omgevingsplankaart

Stedelijk gebied:

- woonkern
- woonkern in nationaal landschap
- woonkern in stedelijk 'bundelingsgebied'
- dragende kern
- * stedelijke centra
- zeehavens
- glastuinbouw
- Overig**
- ▲ recreatieconcentratie
- ✱ windenergieplaatsen

Infrastructuur:

- nationale stroomfunctie
- regionale stroomfunctie
- gebiedsverbindende functie
- vaarwegen
- spoorlijn
- reservering spoorlijn

Strategiën:

- ///] beschermen
- ruimte voor nadere afweging

1.7. Provinciaal sociaal-economisch beleidsplan 2009 - 2012, provincie Zeeland

Het Provinciaal Sociaal-Economisch Beleidsplan 2009 - 2012 (PSEB) is vastgesteld door PS op 29 mei 2009. Hierin wordt het sociaal economisch beleid voor deze periode beschreven. Het streefbeeld dat hierbij gehanteerd wordt is een economie in Zeeland, waarin het voor de bevolking en voor ondernemers mogelijk is om op een duurzame en maatschappelijk verantwoorde wijze te voorzien in hun behoeften. Nu en in de toekomst. De (havengebonden) economie wordt verder verduurzaamd volgens principes van people, planet, profit. Zeeland als groenblauwe oase wordt steeds meer leidraad voor nieuwe economische activiteiten.

Een verbindend thema in het PSEB is 'water'. Ingezet wordt op het benutten van economische kansen op het gebied van visserij en aquacultuur, watersport en zilte landbouw. Economische kansen liggen er in het verder uitbouwen van onze expertise waar het gaat om water(beheersing).

Instrumenten die ingezet worden om de doelen te bereiken zijn ondermeer financiële middelen, kennis, invloed op regelgeving, activiteiten op het gebied van netwerken, lobby en beïnvloeding en samenwerkingsverbanden.

Het PSEB is weinig gebiedsspecifiek, de Grevelingen wordt slechts genoemd bij het bevorderen van de potenties voor aquacultuur.

1.8. Structuurvisie Zuid-Holland

Op 2 juli 2010 heeft PS de Structuurvisie Zuid-Holland vastgesteld. Hierin beschrijft de provincie haar doelstellingen en provinciale belangen op het gebied van de ruimtelijke inrichting van de provincie.

In de structuurvisie staat dat het herstellen van de getijdenwerking in de deltawateren rond Goeree-Overflakkee in voorbereiding is. De visie stelt als randvoorwaarde hierbij dat deze ontwikkeling samen moet gaan met behoud van een duurzame zoetwatervoorziening voor de zoetwaterafhankelijke functies. Met de aanleg van het zoetwaterkanaal en een verbetering van het regionale waterbeheer (gescheiden aan- en afvoersysteem) wordt het huidige niveau van zoetwatervoorziening in elk geval tot 2015 gegarandeerd. Voor de periode daarna streeft de provincie naar behoud van dit niveau, teneinde de risico's van interne verzilting zoveel mogelijk tegen te gaan. Hier wordt nader onderzoek naar verricht.

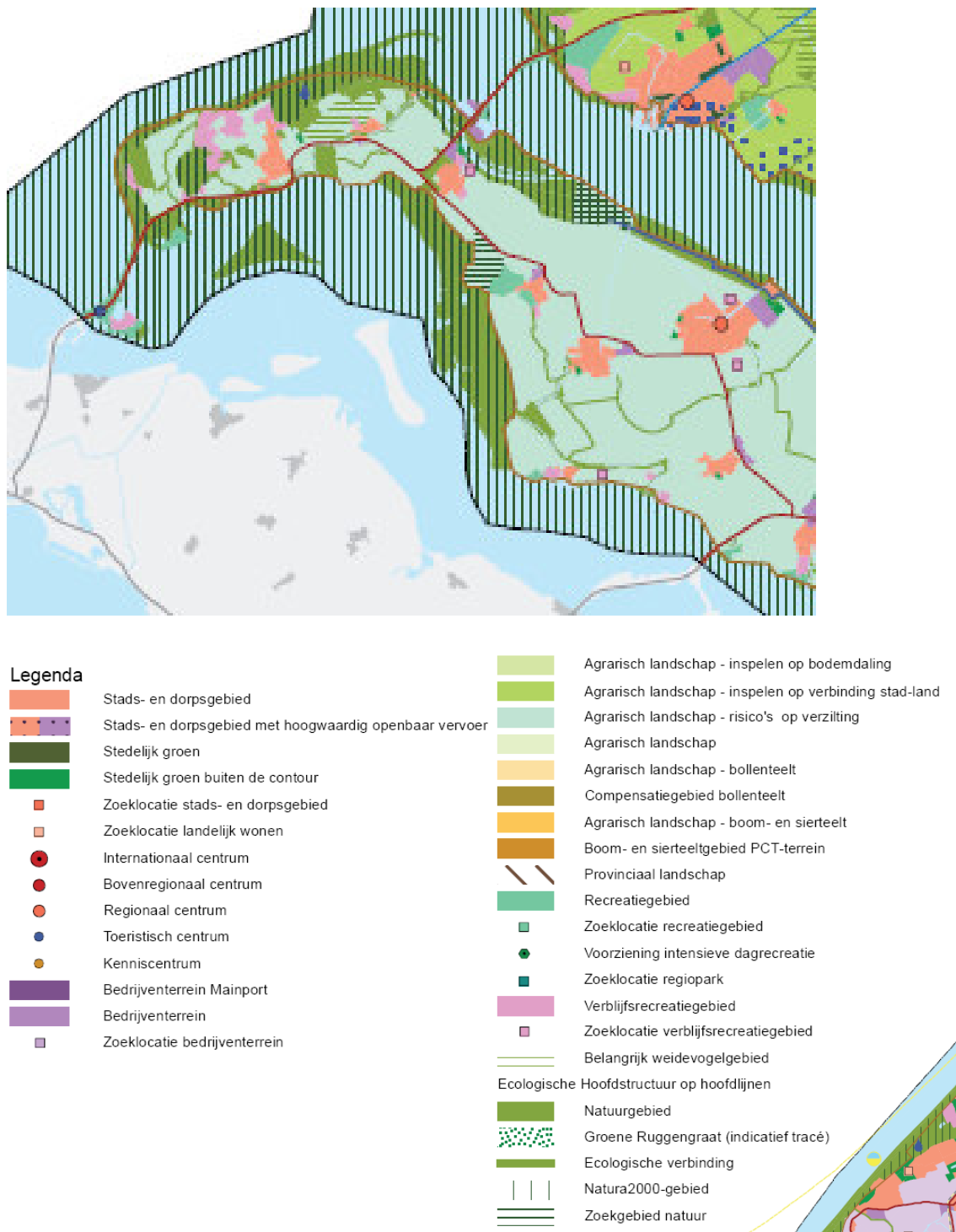
Herstel van de getijdenwerking zal behalve een verbetering van de waterkwaliteit en het ecosysteem in de deltawateren ook positieve gevolgen voor het eiland hebben. Het betekent vooral in de buitendijkse gebieden een impuls voor de natuurontwikkeling en zal een positief effect op de recreatieontwikkeling hebben, door betere omstandigheden voor de watersport.

Uitbreiden en versterken van het aanbod op het gebied van recreatie en toerisme. Dit is een mogelijkheid om de economische vitaliteit op het eiland in stand te houden en toekomstbestendig uit te bouwen.

Versterken van de leefbaarheid en de economische vitaliteit door herstructurering, transformatie en ontwikkeling van woon- en werkmilieus, passend binnen de kernkwaliteiten van het landschap en mede gericht op versterking daarvan. Een integrale benadering van dorpsontwikkeling, recreatieve ontwikkeling en versterking van de karakteristieke landschapselementen (zoals havenkanalen, kreken en dijken) biedt hier perspectief.

De onderstaande afbeelding geeft de beoogde ontwikkelingsrichting van Goeree-Overflakkee en de Grevelingen weer. Vrijwel heel Goeree-Overflakkee wordt op de kaart als agrarisch gebied aangemerkt met 'risico op verzilting'. Verder wordt de Grevelingen aangeduid als Natura 2000 gebied, grote delen van de kust van Goeree-Overflakkee zijn 'natuurgebied'. Het gebied ten westen van golfbaan Catharinnenburg bij Melissant is een 'zoekgebied Natuur'. Aan de Grevelingen, ten oosten van Herkingen, is een 'zoeklocatie verblijfsrecreatie gebied'. De Brouwersdam is aangeduid als toeristisch centrum.

Afbeelding 1.3. Uitsnede en legenda structuurvisie Zuid-Holland



Door de keuze voor herstel van estuariene dynamiek en vanwege autonome ontwikkelingen neemt in een aantal gebieden het risico op verzilting toe. Voor deze gebieden is het van belang tijdig te zoeken naar innovatieve oplossingen voor de landbouw in een verziltende omgeving. Deze oplossingen variëren van zoeken naar alternatieve zoetwatervoorziening voor de bestaande teelten tot de landbouw aanpassen aan een verziltende omgeving (bijvoorbeeld door andere gewassen). Mogelijk liggen in dit soort gebieden ontwikkelingskansen voor veeteelt. De mogelijkheid tot schaalvergroting is een belangrijke voorwaarde voor het economisch perspectief van de landbouw. Ook verblijfsrecreatie als neventak op het landbouwbedrijf biedt perspectief gezien de combinatie van rust, nabijheid van stranden en de deltawateren.

Nieuwe locaties voor verblijfsrecreatie zijn aangeduid als zoeklocatie verblijfsrecreatie. De realisatie hiervan is mogelijk onder de strikte voorwaarde dat de kernkwaliteiten in het landelijk gebied niet worden aangetast en er sprake is van een duidelijk voordeel voor de omgeving.

De aanduiding 'toeristisch centrum' voor de Brouwersdam dit betekent dat het een toeristische voorziening van (inter)nationaal niveau is. Verdere ontwikkeling is mogelijk met inachtneming van de cultuurhistorische en landschappelijke waarden.

Op de (niet weergegeven) kwaliteitskaart: wordt het westelijk gebied van Goeree-Overflakkee (bij de punt) als cultuurhistorisch 'topgebied' en deels zelfs 'kroonjuweel' aangeduid, de slikken van Flakkee wordt aangeduid als stiltegebied.

1.9. Gemeentelijk

Gemeente Schouwen-Duiveland: Structuurvisie Buitengebied: Buitengebied in beweging

Op 26 maart 2009 heeft de gemeenteraad van Schouwen-Duiveland de structuurvisie Buitengebied vastgesteld. De visie zet in op maatschappelijke verbreding van het buitengebied, behoud van ruimtelijke kwaliteit en het vergroten van de economische vitaliteit. De gemeente richt zich hierbij op het actief mogelijk maken van wenselijke ontwikkelingen en het kaders stellen om initiatieven te toetsen.

De doelstelling van de structuurvisie is de volgende: 'Wij willen de ruimtelijke kwaliteit en identiteit van ons buitengebied versterken en borgen en passende economische ontwikkelingen stimuleren: ontwikkelen met kwaliteit.

De economische ontwikkeling wil de gemeente op de volgende manieren:

- 'ruim baan voor grondgebonden landbouw; dit houdt ondermeer in dat er een vrije teeltkeuze is. Voor glastuinbouw is slechts uitbreiding van bestaande bedrijven toegestaan;
- versterken toerisme en recreatie; ondermeer door nieuwe mogelijkheden verblijfsrecreatie;
- (...);
- water als sturend principe;
- energievoorziening, ondermeer door een getijdencentrale in de Brouwersdam'.

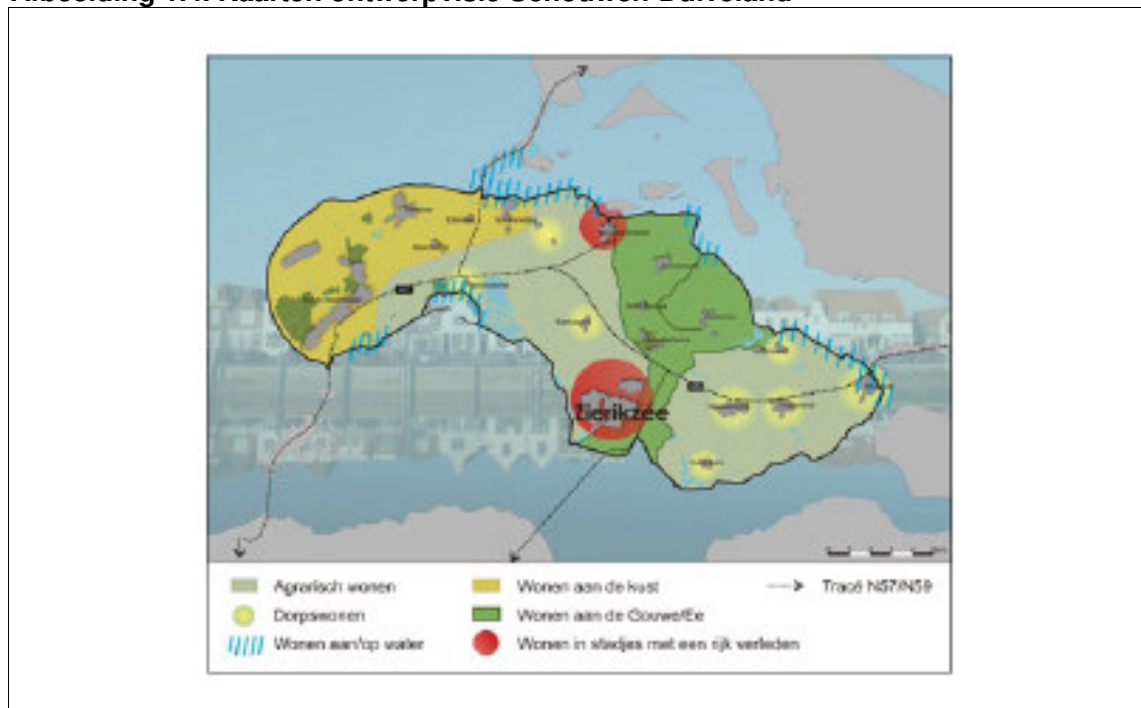
De Brouwersdam en de Grevelingendam bieden goede mogelijkheden voor verdere ontwikkeling van verschillende recreatieve concepten, zoals aangegeven in de ontwikkelingschets Zicht op de Grevelingen. Zulke ontwikkelingen ondersteunen wij van harte waarbij de Natuurbeschermingswet een belangrijke randvoorwaarde vormt.

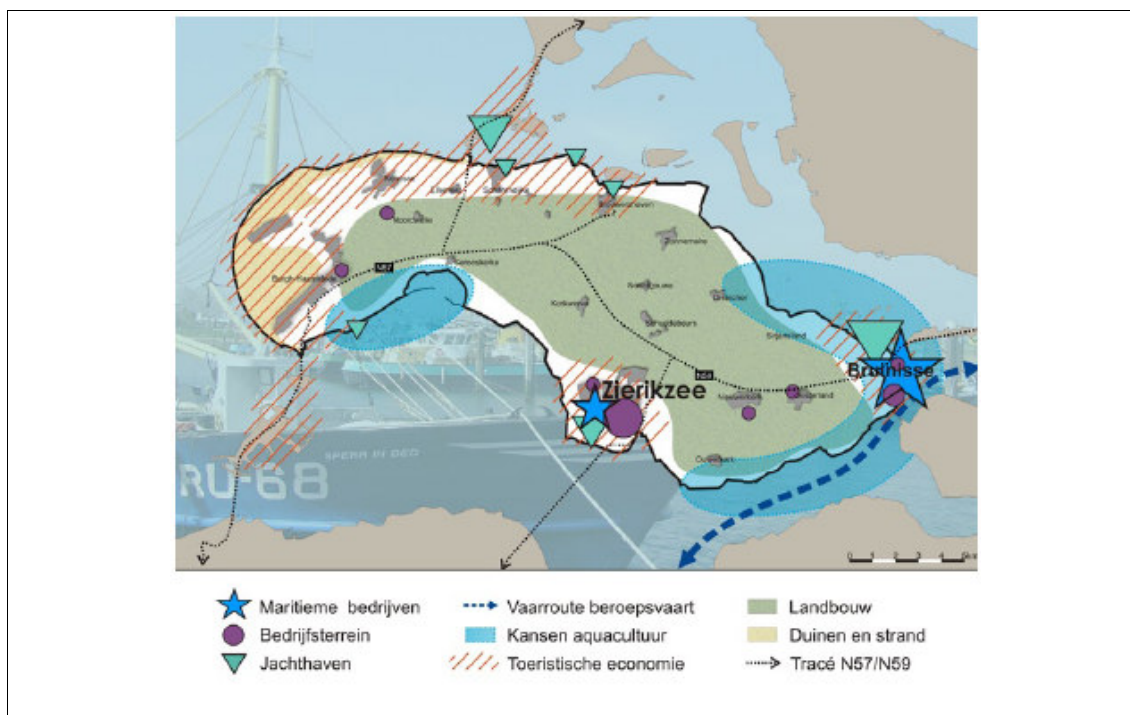
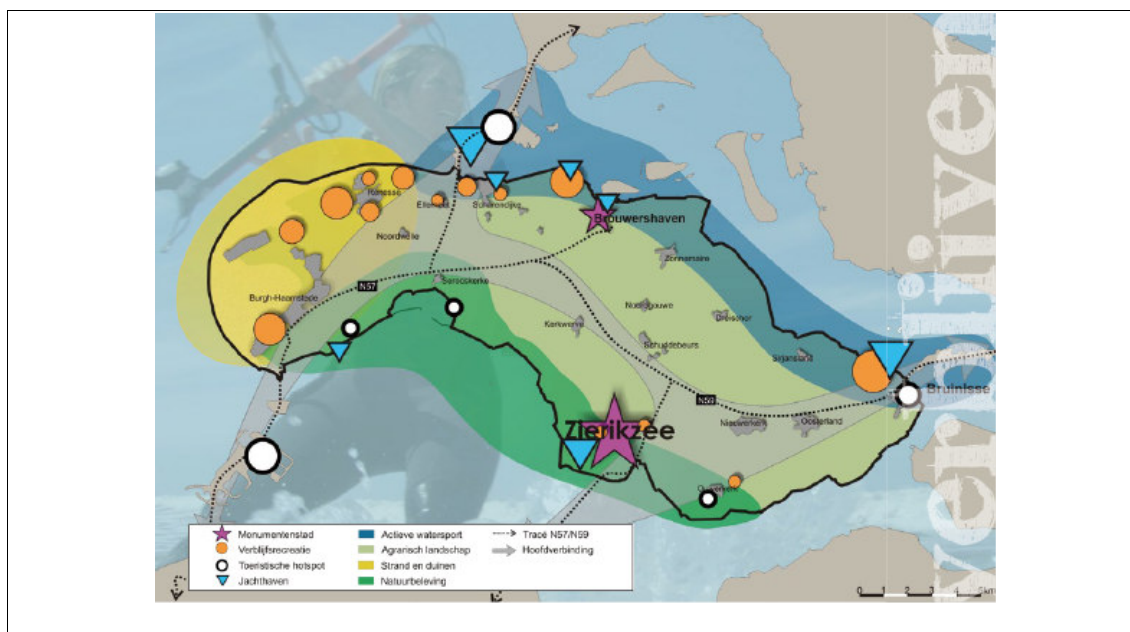
Het beleid voor de Grevelingenkust richt zich op beperkte recreatieve ontwikkelingen, waarbij interactie tussen land en water een belangrijke potentie is. De Grevelingen is van groot belang voor het toeristisch-recreatieve product. Watersport, duiksport en fietsen langs de oevers zijn van belang. Mogelijkheden voor ontwikkelingen op het gebied van wonen langs de Grevelingen zijn beperkt, de gemeente is bereid mee te denken met in acht name van de voorwaarden.

Ontwerpvisie 2011 - 2040 Tij van de toekomst, Gemeente Schouwen-Duiveland

De ontwerpvisie is door de gemeente ontwikkeld om de opeenvolgende gemeenteraden te helpen bij het maken van nieuwe keuzen en het nemen van beslissingen. Het ontwerp is dinsdag 3 mei 2011 door het dagelijks gemeentebestuur vastgesteld en gepresenteerd. Bewoners, bedrijven en maatschappelijke organisaties worden uitgedaagd mee te denken over de strategische keuzes die gemaakt worden. De visie zet onder meer in op 'vakantie-eiland' Schouwen-Duiveland en een 'toonaangevende watereconomie'.

Afbeelding 1.4. Kaarten ontwerpvisie Schouwen-Duiveland





In de strategische visie staan drie kaarten, die globaal de ontwikkelingsrichting van achter-eenvolgens werken, wonen en verblijven aangeven. Zie de kaarten in afbeelding 1.4. Langs de Grevelingen is ruimte voor de toeristische economie en aquacultuur. Opvallend is verder dat de gemeente het wonen aan het water langs de Grevelingen niet uit wil sluiten en gebieden hiervoor aanwijst, maar: 'we gaan zeer terughoudend om met het bouwen van woningen in het buitengebied. Woningbouw in het buitengebied is alleen mogelijk bij innovatieve watergerelateerde projecten, de toepassing van de regeling ruimte-voor-ruimte of als er sprake is van het oplossen van knelpunten op het gebied van milieu.' Verder is in de kernen langs de Grevelingen slechts in Brouwershaven ruimte voor uitbreiding van woningen.

Voor wat betreft 'verblijven' wordt langs de volledige kust langs de Grevelingen aangeduid ruimte geboden aan 'actieve watersport'.

Intergemeentelijke structuurvisie Goeree-Overflakkee

De intergemeentelijke structuurvisie is een structuurvisie van alle gemeenten op Goeree-Overflakkee. Hiermee wordt een strategische visie voor de lange termijn beschreven en hieruit volgen een aantal harde uitgangspunten voor de huidige beleidsinzet en voor afwegingen in de toekomst.

De centrale visie is de volgende: 'Goeree-Overflakkee is een authentiek en vitaal belevingseiland in de Delta. Daarin is het ontspannen wonen, werken en recreëren in dorpen en landschappen met een hoge herkenbare ruimtelijke kwaliteit. Duurzaamheid staat hoog in het vaandel. De belangrijkste economische peiler is de toeristische sector. Ook andere economische initiatieven zijn welkom, als zij qua aard en schaal inpasbaar zijn in de cultuurhistorisch waardevolle landschapsstructuur en het open agrarisch karakter van het eiland.'

Strategische hoofdlijnen van de structuurvisie zijn ondermeer:

- uitbouw en diversificatie van recreatie, ondermeer door uitbreiding van verblijfsrecreatie, strand en natuurtoerisme, ecotoerisme Slikken van Flakkee, golf, verblijfsrecreatie en congressen Polder Roxenisse, verbrede landbouw/versterking en uitbreiding jachthavens/ontwikkeling entree;
- mogelijke realisatie van een vaarverbinding tussen Grevelingen en haringvliet (halskanaal);
- versterking van landschapsstructuren, cultuurhistorisch waardevolle elementen en stedelijke ontwikkelingen volgens het landschapsonwikkelingsplan;
- bestaande natuurgebieden en landelijk gebied meer toegankelijk maken voor recreanten; nieuwe natuur vooral realiseren langs een hersteld krekensysteem, op te brakke landbouwgrond in de zuidrand en in combinatie met nieuwe functies;
- versterkte inzet op duurzaamheid, vooral door investeringen in het leveren van schone energie.

Toekomstvisie Goedereede

De toekomstvisie gemeente Goedereede is vastgesteld op 27 november 2008. In de toekomstvisie wordt op hoofdlijnen vastgelegd waar de gemeente op maatschappelijk, economisch en ruimtelijk gebied zou moeten staan in 2020. Hierbij is het van belang dat de toekomstvisie voldoende ruimte moet bieden om nadere afwegingen te maken, zonder dat alles is dichtgespijkerd.

Hieronder volgt een opsomming van de beleidsuitgangspunten die voor verschillende thema's gehanteerd worden:

- basisvoorzieningen: Het is van belang om een goed basisvoorzieningsniveau in de gemeente aan te kunnen bieden om de kernen leefbaar te houden;
- landbouw: Als uitgangspunt voor de agrarische functie geldt dat deze optimaal wordt gefaciliteerd, mogelijkheid om aanvullende activiteiten uit te oefenen;
- visserij: Binnen de bestaande Buitenhaven krijgt de visserij alle ruimte om naar eigen inzicht een sterk visserijcluster te ontwikkelen. Relatie met recreatie;
- recreatie: Er wordt ingezet op afwisseling van het aanbod aan recreatieve voorzieningen;
- natuur: Uitgangspunt voor beleid is dat er geen nieuwe natuurgebieden nodig zijn en dat de bestaande natuurgebieden op meer plaatsen opengesteld kunnen worden voor recreatief medegebruik.

De Brouwersdam wordt als deelgebied behandeld. De hoofdkeuze voor de Brouwersdam is het aangrijpen van alle mogelijkheden om het toeristisch-recreatief verder op de kaart te zetten. Er wordt ingezet op jaarrond exploitatie om de concurrentiepositie te verbeteren. Dit door faciliteiten voor trainingen en cursussen voor de zakelijke markt en korte vakanties met kwalitatief hoogwaardige voorzieningen. Mogelijk kan in de toekomst een getijdencentrale, drijvende woningen en eventueel een drijvend theater worden gerealiseerd. Verder wordt gesproken over de verlening van de stoomtram en de realisatie van een ecohotel. Er wordt op de dam een summer en een all seasons boulevard aan weerszijde van de dam ontwikkeld. Initiatieven voor het verder ontwikkelen van de Brouwersdam moeten vanuit de markt komen.

2. ONDERBOUWING BOUWSTENEN EN ALTERNATIEVEN

2.1. Doel en methode

Het selecteren van kansrijke maatregelen en daarmee samenstellen van realistische en haalbare alternatieven gebeurt in een MIRT-verkenning in twee stappen: de eerste zeef en de tweede zeef. Aan het begin van de verkenning wordt een groslijst van mogelijke maatregelen samengesteld op basis van de resultaten van een brainstormsessie met gebiedskenners en inhoudelijk deskundigen en een literatuuronderzoek. Vervolgens worden omgevingspartijen geconsulteerd met de vraag of zij nog aanvullingen hebben op de groslijst om deze volledig te maken. Op de groslijst staan allerlei maatregelen door elkaar, rijp en groen, traditioneel en innovatief, simpel en complex, goedkoop en duur, et cetera.

In de eerste zeef wordt een schifting gemaakt tussen kansrijke maatregelen en niet-kansrijke maatregelen. Doorgaans wordt de eerste zeef gedaan door middel van expert judgement op een beperkt aantal criteria zoals effectiviteit van de maatregel, kosten van de maatregel of onoverkomelijke juridische- of bestuurlijke hobbels. In deze MIRT-verkenning is de eerste zeef gedaan op een reeks van meer uitgebreide onderbouwende onderzoeken van de Deltares (Nolte *et al.* 2008), de TU Delft (Vrijling *et al.* 2008) en de verkenning 'Grevelingen water en getij' (Witteveen+Bos, 2009) ('de preverkenning'). Gedurende het proces van de preverkenning Grevelingen zijn de omgevingspartijen op meerdere momenten geconsulteerd.

Met de overgebleven kansrijke maatregelen worden realistische alternatieven samengesteld, die in de planMER worden beoordeeld. Deze beoordeling van realistische alternatieven is de tweede zeef. Op basis van de resultaten van de tweede zeef kan één van de beoordeelde alternatieven als voorkeursalternatief worden gekozen of kan een voorkeursalternatief met onderdelen van de alternatieven worden samengesteld. In deze bijlage wordt beschreven hoe tot de groslijst van maatregelen is gekomen, hoe de maatregelen in de eerste zeef zijn beoordeeld en welke maatregelen zijn bestempeld als kansrijke bouwstenen voor de alternatieven van deze MIRT-verkenning.

2.2. Groslijst van maatregelen

In de preverkenning (Witteveen+Bos, 2009) is onderzocht welke maatregelen kansrijk zijn voor het ecologisch herstel van de Grevelingen. In de preverkenning zijn de volgende maatregelen onderscheiden:

1. Flakkeese spuisluis: Het opnieuw in gebruik nemen van de Flakkeese spuisluis om water van de Oosterschelde in te laten in de Grevelingen via de Flakkeese spuisluis;
2. doorlaatmiddel Brouwersdam: het vergroten van de uitwisseling met de Noordzee door middel van een nieuw doorlaatmiddel in de Brouwersdam. In de preverkenning is daarbij gekeken naar diverse locaties en afmetingen van het doorlaatmiddel resulterend in verschillende groottes van de getijslag:
 - gedempt Getij: acht keer de huidige doorlaatcapaciteit ($2.500 \text{ m}^3/\text{s}$ daggemiddeld) in het noordelijk deel van de Brouwersdam, resulterend in een gemiddelde getijslag van naar schatting 50 cm;
 - gedempt Getij 70Z:30N (NS2): acht keer de huidige doorlaatcapaciteit ($2.500 \text{ m}^3/\text{s}$ daggemiddeld) waarvan 70 % in het zuidelijk deel en 30 % in het noordelijk deel van de Brouwersdam, resulterend in een gemiddelde getijslag van naar schatting 50 cm;
 - Noorderspuisluis (NS1): handhaving van de huidige Brouwerssluis ($125 \text{ m}^3/\text{s}$ daggemiddeld), aangevuld met 14 keer de huidige doorlaatcapaciteit ($1.750 \text{ m}^3/\text{s}$ dag-

- gemiddeld) in het noordelijk deel van de Brouwersdam, resulterend in een gemiddelde getijslag van naar schatting 75 cm;
- maximaal Getij (MG): 20 keer de huidige doorlaatcapaciteit (2.500 m³/s daggemiddeld) in het zuidelijk deel van de Brouwersdam, resulterend in een getijslag van naar schatting gemiddeld 100 cm;
- 3. Ruimte voor de Rivier (waterberging op de Grevelingen);
- 4. getijdencentrale in de Brouwersdam: in de preverkenning zijn op basis van een studie van de TUDelft (Vrijling *et al*, 2008) 11 alternatieven en varianten van een getijdencentrale onderzocht;
- 5. Schutsluis in de Brouwersdam;
- 6. beheermaatregelen: in het MIRT traject zijn de volgende beheermaatregelen onderzocht om specifieke knelpunten voor waterkwaliteit, ecologie en recreatie aan te pakken:
 - het tegengaan van de stratificatie in de Grevelingen door kunstmatige mening (bijv. luchtinjectie) en of het sturen op zoutgehalte bij het inlaten van zeewater bij de huidige Brouwerssluis;
 - verwijdering van de organische sliblaag om de zuurstofproblematiek tegen te gaan (baggeren);
 - aanleg van broedeilanden om de afname van broedareaal voor broedvogels die zijn opgenomen in de Natura 2000 instandhoudingsdoelen tegen te gaan. Dit kan door aanleg van extra broedareaal en behoud van bestaand broedareaal door actief vegetatiebeheer op de eilanden, slikken en schorren;
 - verwijdering van zeesla om ophoping van zeesla op oevers en op de bodem tegen te gaan. Ophoping van zeesla geeft stankoverlast, hindert de kleine scheepvaart en geeft een extra zuurstofvraag van de bodem;
 - verwijdering van Japanse oesters om verwonding van zwemmers en surfers aan deze scherpe oesters tegen te gaan;
 - het aanplanten van zeegrasgenotypen die beter gedijen in de aanwezige omstandigheden.

2.3. Beoordeling van de permanente maatregelen in de eerste zeef

Doorspoelen met de Flakkeese spuisluis

Doorspoelen van de Grevelingen via de Flakkeese spuisluis, met water vanuit de Oosterschelde, lost de knelpunten in de zuurstofhuishouding en daarmee samenhangend de ecologische kwaliteit niet op. De preverkenning laat zien dat door de invoering van de maatregel de zuurstofconcentratie in de waterkolom van het oosten van de Grevelingen verbetert, maar op de schaal van de gehele Grevelingen leidt de maatregel niet tot een verbetering. Deze maatregel, waarvoor al een principebesluit is genomen, maakt deel uit van de autonome ontwikkeling, maar het ligt niet voor de hand deze maatregel in andere alternatieven op te nemen.

Doorlaat in de Brouwersdam

In de preverkenning en het onderzoekspoor water&natuur wordt geconcludeerd dat een doorlaatmiddel in de Brouwersdam effectief is voor het verbeteren van de waterkwaliteit en ecologie in de Grevelingen. De maatregel vermindert allereerst de zuurstofproblematiek door verversing van het water in de Grevelingen (Nolte *et al*. 2008). Daarnaast heeft de maatregel positieve effecten op ecologie door verdere verbinding van de Grevelingen met de Noordzee en het invoeren van getij op de Grevelingen.

In de preverkenning zijn meerdere varianten van een doorlaatmiddel onderzocht, waarbij de omvang en locatie varieerde. Op basis van de resultaten uit deze studie, verdere dis-

cussie in de werkgroep water&natuur en afstemming met de bouwsteen getijdencentrale is gekozen voor een doorlaat in het noordelijke sluitgat met een capaciteit van 2.500 m³/s gemiddeld over het getij, Met deze variant wordt gemiddeld 50 cm getij gerealiseerd (de getijslag varieert tussen 50 en 70 cm) De onderbouwing wordt hieronder uitgewerkt.

Locatie doorlaatmiddel

Er zijn drie mogelijke locaties voor een doorlaatmiddel in de dam: het noordelijke sluitgat, het middelste deel ter hoogte van de haven aan de Middelpaalt en het zuidelijke sluitgat. In het noordelijke en zuidelijk sluitgat sluit de doorlaat aan bij bestaande geulen van voor de aanleg van de Brouwersdam. Hierdoor is de doorlaat effectiever en zijn de morfologische ontwikkelingen meer voorspelbaar dan bij de locatie aan de Middelpaalt. Deze locaties zijn daarom meer geschikt voor het aanleggen van een doorlaat. Tussen het noordelijke en zuidelijke sluitgat is het verschil in effect en aanlegkosten klein. De aanleg van een doorlaatmiddel in het noordelijke sluitgat heeft de minste negatieve effecten op het huidig gebruik, aangezien de economische activiteiten zich meer concentreren rond de zuidelijke helft van de Brouwersdam. Op basis van deze argumenten is voor de bouwsteen doorlaat in de Brouwersdam gekozen voor het noordelijk sluitgat. De overwegingen voor de noordlocatie zijn de volgende geweest:

- het ontstaan van 2 sturingsmogelijkheden: beide geulen worden van 'vers water' voorzien;
- het huidige doorlaatmiddel kan blijven functioneren tijdens de bouw van de Noordlocatie;
- het huidige doorlaatmiddel kan in gebruik blijven als passage voor vissen en zeehonden (de getijdencentrale kan dan geheel afgeschermd worden);
- de problemen in de noordgeul zijn dringender, omdat de noordgeul ondieper is dan de zuidgeul;
- er is meer bouwruimte in de Noordlocatie;
- er is minder verstoring van overige gebruikers/andere gebruiksfuncties;
- er zijn economische ontwikkelingen in de Zuidlocatie (Jachthaven van de Toekomst);
- een schutsluis kan niet in de Noordlocatie vanwege verstoring van de natuur in de Voordelta. Een schutsluis moet daarom in de Zuidlocatie.

Omvang doorlaatmiddel

Voor de omvang van het doorlaatmiddel zijn in de preverkenning verschillende varianten onderzocht die resulteren in een getijslag tussen 5 en 100 cm op de Grevelingen. Een gemiddelde getijslag van meer dan 1 m is in een vroeg stadium afgeschreven vanwege grote negatieve effecten op de huidige gebruiksfuncties. Modelresultaten (Nolte *et al.* 2008) laten zien dat door een gemiddelde getijslag van 50 cm de zuurstofhuishouding in de Grevelingen fors verbetert. Loopt de getijslag verder op tot 100 cm dan blijven de effecten nagenoeg gelijk. Een gemiddelde getijslag van 30 cm leidt echter in veel mindere mate tot een verbetering in de zuurstofhuishouding. Het kantelpunt ligt dus ergens tussen een gemiddelde van 30 en 50 cm getijslag. De voorkeur voor een gemiddelde getijslag van 50 cm is het resultaat van de afweging tussen de zuurstofhuishouding en de kosten. Een gemiddelde getijslag van meer dan 50 cm levert geen meerwaarde op voor de zuurstofhuishouding, maar brengt wel grotere kosten met zich mee. Voor de ecologie is het gunstig als er naast een gemiddeld getijverschil van 50 cm ook sprake is van voldoende spreiding in de waterstanden en de ligging van hoog- en laagwaters. Daarom wordt ruimte geboden aan een getijslag die kan variëren tussen 50 en 70 cm. In de beoordeling van de ecologische effecten is deze variatie in getijslag niet meegenomen. Omdat het de natuurlijke situatie dichter benadert is de inschatting dat het gunstig uitpakt voor de ecologie.

Samenvattend: een doorlaatmiddel in het noordelijke deel van de Brouwersdam die een gemiddelde getijslag van 50 cm bewerkstelt is de meest kansrijke maatregel en zal als

bouwsteen verder in de alternatieven worden meegenomen en worden beoordeeld op de effecten zoals beschreven in het beoordelingskader, waaronder de passende beoordeling.

Ruimte voor de Rivier (waterberging op de Grevelingen)

De mogelijkheden voor het bergen van overtollig rivierwater in de Grevelingen in noodsituaties, zijn in de preverkenning Grevelingen water en getij slechts beperkt onderzocht. Indien wordt besloten de Grevelingen te benutten als bergingslocatie, dan is een verbinding (doorlaat) door de Grevelingendam noodzakelijk en moet de spuicapaciteit van de Volkeraksluizen worden vergroot. Voor de zoeklocatie van het doorlaatmiddel zijn niet veel keuzemogelijkheden. De verbinding zal moeten worden gerealiseerd tussen de Grevelingen en het Volkerak-Zoommeer. Daarvoor is maar één locatie beschikbaar. Voor de wijze waarop de verbinding vorm krijgt staan wel verschillende keuzes open. De hoofdkeuze is of er een permanente verbinding wordt gerealiseerd, of dat er een afsluitbare verbinding wordt gerealiseerd die alleen opengaat voor waterberging. Dit zal verder worden onderzocht in de tweede zeef, waar alternatieven met een open verbinding, een afsluitbare verbinding en geen verbinding met elkaar worden vergeleken.

Getijdencentrale in de Brouwersdam

De preverkenning 'Grevelingen water en getij' heeft uitgewezen dat een getijdencentrale in de Brouwersdam technisch kan worden gecombineerd met een doorlaatmiddel. De meest kansrijke variant is het type centrale dat 'tweezijdig' kan turbineren. Dat wil zeggen dat zowel bij de vloedstroming (van de Noordzee naar de Grevelingen) als bij de ebstroming (van de Grevelingen naar de Noordzee) getijdenenergie kan worden gegenereerd. Bovendien kan door de tweezijdigheid, de centrale ook worden benut als pomp voor het afvoeren van (eventueel) overtollig rivierwater dat in tijden van nood kan worden geborgen op de Grevelingen. De locatie van de getijdencentrale is gekoppeld aan de locatie van het doorlaatmiddel in de Brouwersdam. Omdat voor een doorlaatmiddel alleen het noordelijk sluitgat wordt bestudeerd, zal dit ook de locatie voor de Getijdencentrale zijn. In deze MIRT-verkenning wordt nog onderscheid gemaakt tussen een traditionele bulbturbine en een meer innovatieve hevelturbine.

Schutsluis in de Brouwersdam

In de preverkenning 'Grevelingen water en getij' is geconcludeerd dat het combineren van een schutsluis met een doorlaatmiddel en getijdencentrale weinig mogelijkheden voor kostenbesparing biedt. Ook kan de schutsluis geen belangrijke functie vervullen bij het terugbrengen van getij op de Grevelingen. De schutsluis moet daarom als aparte, losstaande maatregel worden beschouwd. Verder is in de preverkenning geconcludeerd dat de schutsluis relatief duur is ten opzichte van de maatschappelijke baten die ervan verwacht mogen worden.

Tijdens het onderzoek van deze MIRT-verkenning is er ook een alternatief voor de schutsluis naar voren gekomen, namelijk een overtoom. Met een overtoom worden schepen over de Brouwersdam heen getild, zonder dat er een coupure door de Brouwersdam gemaakt hoeft te worden voor een schutsluis. Een overtoom kan mogelijk goedkoper uitvallen dan een schutsluis en daarom wordt een overtoom in dit onderzoek niet uitgesloten. De bouwsteen 'schutsluis' wordt daarom veralgemeniseerd tot 'verbinding tussen de Grevelingen en de Noordzee voor de recreatievaart'.

2.4. Beoordeling van de beheermaatregelen in de eerste zeef

Kunstmatig opwekken van een verticale waterbeweging

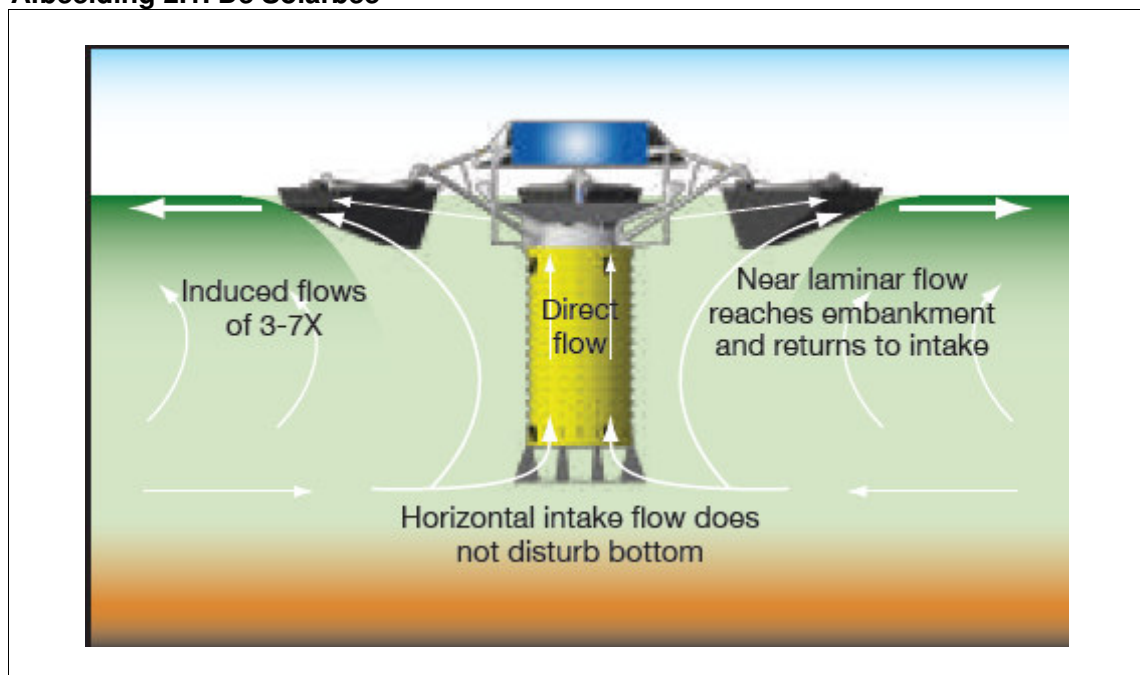
Een verticale waterbeweging kan de stratificatie van de waterkolom verminderen en zo de zuurstofproblematiek verminderen. Het is niet nodig kunstmatig opgewekte waterbeweging

toe te passen voor de gehele Grevelingen. Zo is in water ondieper dan 1,25 m genoeg waterbeweging door wind aanwezig om zuurstofloosheid tegen te gaan (Lengkreek et al. 2010). De kunstmatig opgewekte waterbeweging hoeft ook niet toegepast te worden in de diepe putten en geulen. De reden hiervoor is dat sinds de afsluiting van de Grevelingen in de diepe geulen al zuurstofloosheid optreedt, met slechts een beperkt effect op de ecologie en de duiksport. Zuurstofloosheid in de diepe geul kan de basis zijn voor zuurstofloosheid in de zone - 10 tot - 1,5 m, omdat in de diepe geul wel sprake is van stroming, maar deze met deze stroming de zuurstofloosheid ook naar die gebieden toebrengt.

De laatste jaren lijken de zuurstofloze omstandigheden zich ook te verspreiden naar delen ondieper dan 10 m. Dit laatste is zeer onwenselijk en de kunstmatig opgewekte waterbeweging kan met name worden ingezet om deze trend tegen te gaan. Dit betekent dat de kunstmatig opgewekte waterbeweging op de Grevelingen kan worden ingezet in het gebied tussen 1,5 m en 10 m diepte. Ongeveer 7.000 ha van de Grevelingen is dieper dan 1,5 m (Grevelingen water en getij, 2008). De aanname wordt gedaan dat het oppervlak van de Grevelingen met een diepte groter dan 10 m circa 2.000 ha is. Daarmee is het oppervlak waar kunstmatige waterbeweging ingezet kan worden ongeveer 5.000 ha groot.

De verticale waterbeweging kan worden opgewekt met Solarbees of met bellenschermen. Een Solarbee is een drijvende pomp aan het wateroppervlak (afbeelding 2.1 www.solarbee.com). Het apparaat werkt op zonne-energie en kan het water in een gebied van ongeveer 14 ha in beweging brengen (www.solarbee.com). Water wordt opgepompt vanuit de diepte (tot 30 m) en aan het oppervlak weer uitgelaten. Deze waterbeweging gaat zuurstofloosheid aan de bodem tegen. De kosten van een Solarbee zijn ongeveer EUR 125.000,-- (krantenartikel PZC) en het apparaat heeft een levensduur van ongeveer 25 jaar.

Afbeelding 2.1. De Solarbee



Er zijn in totaal 93 Solarbees nodig om 1.300 ha op de Grevelingen te bewerken (1.300/14). De investeringskosten hiervoor zijn M€ 11,6 (93 x EUR 125.000,--). Rekening houdend met vervanging om de 25 jaar zijn de nominale investeringskosten voor 100 jaar M€ 46,4. Wanneer toekomstige investeringen worden omgerekend naar hun actuele waar-

de komt dit neer op een contante waarde van M€ 16 (bij een discontovoet van 5,5 %). Voor beheer en onderhoud nemen wij een standaardpercentage aan van 1,5 % van de investeringskosten. De contante waarde van 100 jaar onderhoud is dan M€ 3,5. De totale kosten van Solarbees over 100 jaar komen hiermee op een contante waarde van circa M€ 19.

Een belangrijk nadeel van de Solarbees is de invloed op de recreatievaart op de Grevelingen. De apparaten liggen op het wateroppervlak op het bevaarbare gedeelte van de Grevelingen. In bovenstaande eerste verkenning liggen de apparaten in de zone van 1,5 tot 10 m waterdiepte om de 400 m. Dit is hinderlijk voor de watersport. Om schade aan de apparaten te voorkomen moeten ze goed worden gemarkeerd en afgeschermd. Het is daarbij niet te voorkomen dat incidenteel een Solarbee zal worden aangevaren door een toerjacht met schade als gevolg.

Een alternatief voor de Solarbee is een bellenscherm. Van de bellenschermen zijn de volgende gegevens bekend:

- er is een proef gedaan met een bellenscherm in de Geul van den Osse in de Grevelingen (Peelen en Klomp 1976). Het bellenscherm was in deze diepe put effectief voor bestrijden van de zuurstofloosheid. In de proef is 1.700 m geperforeerde PVC-slang aangelegd en een compressor gebruikt met een continu vermogen van 34 m³/min bij 7 atmosfeer. De installatie is gedurende enkele dagen aangezet, langdurig aanzetten van de installatie is volgens de auteurs ook niet nodig voor een goed rendement;
- in de River Tawe, Wales, UK zijn bellenschermen aangelegd om zuurstofproblemen tegen te gaan (Taylor *et al.* 2002). De rivier is in 1992 gedeeltelijk afgesloten van de zee met een dam; de hoogte van de dam is zodanig dat 70 % van de getijden eroverheen spoelen. De dam heeft geresulteerd in zuurstofproblemen door zoutstratificatie. De auteurs rapporteren dat de aanleg van verschillende bellenschermen effectief werkt voor het bestrijden van de problematiek;
- Hoogheemraadschap Rijnland heeft bellenschermen geïnstalleerd om algenbloei in zoetwatermeren tegen te gaan. De bellenschermen zijn toegepast in het Nieuwe Meer, de Zegerplas, de Haarlemmermeerse Bosplas en het Vlietland. Ze werken naar tevredenheid in de eerste drie meren. Het Nieuwe Meer is het grootste van deze meren en wordt hier als referentie genomen. Het meer heeft een oppervlakte van 126 ha en een maximale diepte van 31 m. Er zijn 7 lijnen aangelegd waardoor lucht in het water wordt gepompt, de totale lengte is 1.240 m (twee compressoren). De aanlegkosten waren M€ 1,2 (EUR 9.500,--/ha) en de energiekosten zijn EUR 460,-- per ha per jaar.

Bovenstaande informatie maakt aannemelijk dat een bellenscherm effectief kan zijn voor het verminderen van de zuurstofproblematiek in de Grevelingen zonder dat er nadelen voor de recreatie zijn (de bellenschermen zijn niet heftig, de opgewekte stroming is langzaam, de recreatievaart merkt er weinig van). Voor een eerste inschatting van de kosten wordt de toepassing in het Nieuwe Meer geëxtrapoleerd naar de Grevelingen. Aangenomen wordt dat de bellenschermen ook een levensduur van 25 jaar hebben. Extrapolatie leidt tot een schatting van M€ 12,4 aan investeringskosten (1.300 ha x EUR 9.500,--/ha). Deze kosten moeten om de 25 jaar gemaakt worden, zodat de nominale waarde van de investeringen M€ 49,4 bedraagt. De energiekosten bedragen EUR 600.000,-- per jaar en het beheer en onderhoud kost EUR 186.000,-- per jaar (1,5 % van de investeringskosten). De contante waarden bedragen: M€ 16,7 voor de investeringen, M€ 3,4 voor het beheer en onderhoud en M€ 10,9 voor de energiekosten. De totale contante waarde van 100 jaar bellenschermen in de Grevelingen is ongeveer M€ 31.

De Solarbees (M€ 19) en bellenschermen (M€ 31) kunnen effectief zijn om de zuurstofproblematiek te verminderen. Ze zijn niet goedkoop, hoewel minder duur dan een doorlaat in de Brouwersdam. Hierbij hebben de Solarbees een belangrijk nadeel dat ze op het water

drijven en ze hebben zich in Nederland nog niet bewezen en de bellenschermen wel. Naast de lagere kosten, hebben de Solarbees en bellenschermen nog een aantal voordelen ten opzichte van een doorlaatmiddel:

- het getij leidt tot kosten voor aanpassingen van de watersportvoorzieningen, oeverbescherming en andere buitendijkse bebouwing;
- de doorlaat heeft een gering effect op morfologie in de voordelta en Grevelingen (Bollen van de Ooster, stranden, oevers en bodem);
- het getij heeft een negatief effect op de Natura 2000 instandhoudingsdoelen natte duinvalleivegetatie en broedvogels.

Maar de bellenschermen hebben ook een aantal belangrijke nadelen ten opzichte van een doorlaatmiddel:

- de kunstmatige waterbeweging is gericht op symptoombestrijding en neemt de oorzaak van de stratificatie niet weg. Dit hoeft geen probleem te zijn, maar de doorlaat pakt wel de stratificatie aan;
- met bellenschermen wordt geen dynamiek teruggebracht in de Grevelingen. Getijdedy-namiek heeft meer voordelen voor de natuur dan alleen het bestrijden van de zuurstofloosheid. De dynamiek zorgt bijvoorbeeld voor een grotere internationale waarde van de natuur in de Grevelingen;
- de doorlaat kan worden gecombineerd met een getijdencentrale en geeft een positieve uitstraling aan het gebied, dit is bij bellenschermen niet mogelijk;
- de doorlaat verbetert de vismigratie tussen de Noordzee en de Grevelingen (afhankelijk van de getijdencentrale), met onder andere kansen voor de mosselteelt, dit is niet mogelijk in geval van bellenschermen;
- bellenschermen en Solarbees zijn relatief nieuwe technologie en daaraan zit een risico voor wat betreft effectiviteit en betrouwbaarheid, een doorlaatmiddel is al veelvuldig toegepast en heeft zichzelf al bewezen;
- er bestaat onduidelijkheid over neveneffecten van bellenschermen op ecologie.

Kunstmatige waterbeweging heeft een aantal belangrijke voordelen (kosten, effectiviteit, geen grote nadelige neveneffecten) en een aantal belangrijke nadelen (geen getij) ten opzichte van een doorlaatmiddel. Daarmee is de beoordeling niet eenduidig en dus kan de maatregel niet op basis van een eerste zeef worden weggeschreven. Daarom wordt de kunstmatig opgewekte waterbeweging door middel van bellenschermen als volwaardige bouwsteen in de planMER en MKBA meegenomen.

Opgemerkt moet worden dat de kunstmatig opgewekte waterbeweging niet gecombineerd kan worden met de bouwstenen doorlaatmiddel en getijdencentrale. Kunstmatig opgewekte waterbeweging moet daarom gezien worden als alternatief voor de doorlaat in de Brouwersdam, waarbij getijdenenergie niet meer mogelijk is. Een combinatie met de schutsluis en waterberging is wel mogelijk. Tevens kan kunstmatige waterbeweging worden gecombineerd met de Flakkeese spuisluis, omdat deze ook kan bijdragen aan verdere verbetering van de waterkwaliteit.

Sturen op zoutinlaat

Met het beheer van de Brouwerssluis kan gestuurd worden op zoutinlaat om stratificatie tegen te gaan. Het idee is om de sluis in het voorjaar dicht te zetten om het relatief zoete zeewater (als gevolg van hoge afvoer rivierwater) buiten te houden. Door een verminderde stratificatie in het voorjaar wordt zuurstofloosheid in de zomer tegengegaan. Dit alles zonder veel extra kosten.

Deltares heeft een scenario doorgerekend waarbij de Brouwerssluis wordt dichtgezet van 15 april tot 1 mei 2008. De resultaten laten een effect zien op de zuurstofloosheid bij de

bodem, maar het effect is ruimtelijk variabel. In de zone dichtbij de sluis is de zuurstofconcentratie lager (dus slechter) dan de referentiesituatie door de tijdelijke staking van vervanging van de onderlaag met zuurstofrijk water. In het midden van de Grevelingen heeft het dichtzetten van de sluis een positief effect (dat wil zeggen minder bodemareaal is zuurstofloos) door het verminderen van stratificatie. In de oostelijke zone van het meer is de invloed van sluisbeheer nauwelijks waarneembaar. Het dichtzetten van de Brouwerssluis levert zuurstofeffecten op tot ongeveer juli, daarna is het effect uitgewerkt. Het overall effect is hiermee beperkt.

Om effectiever te zijn kan het sluisbeheer variabel worden ingezet. De sluiting moet niet eens per jaar plaatsvinden, maar gedurende verschillende periodes. Daarbij moeten de meest effectieve perioden van sluisbeheer op jaarlijkse basis worden bepaald. Niettemin zijn de perioden van sterke temperatuurstratificatie in een warme zomer nauwelijks met sluisbeheer te beperken, omdat de hydrodynamiek die de sluis kan genereren daarvoor te beperkt is.

De conclusie is dat de effectiviteit van de maatregel beperkt is. Vanwege de beperkte effectiviteit nemen wij deze maatregel niet als kansrijke maatregel op in de alternatieven van de planMER en MKBA. Deze beheermaatregel komt alleen weer in beeld indien wordt besloten geen doorlaatmiddel aan te leggen, dat wil zeggen als het referentiealternatief de voorkeur krijgt.

Baggeren

Bij de zuurstofproblematiek in de Grevelingen spelen twee processen een rol: stratificatie in de waterkolom en een zuurstofvraag van de bodem. De zuurstofvraag van de bodem kan met het baggeren van de sliblaag worden verminderd. Uit de diverse rapportages van Deltares (en bevestigd in de workshop van de werkgroep Natuur Grevelingenmeer van 13 september 2010) blijkt dat stratificatie het dominante proces is voor de zuurstofloosheid in de Grevelingen. Het verwijderen van de sliblaag draagt dus maar beperkt bij aan het oplossen van de zuurstofproblematiek. Daarnaast is de maatregel duur en moet vaak herhaald worden doordat de sliblaag zich weer opbouwt. Het opbouwen van een nieuwe sliblaag die weer zuurstofloosheidsproblemen gaat geven duurt wel een aantal jaren. Baggeren op plaatsen met zuurstofloosheid zal weinig effect hebben op de bodemfauna omdat die in dergelijke gebieden toch al afwezig zal zijn. Ook verstoort de maatregel het bodemleven en het verwijderen van een relatief dunne sliblaag is praktisch niet efficiënt uit te voeren. Daarom wordt de maatregel niet als kansrijke maatregel meegenomen om de zuurstofproblematiek op structurele wijze op te lossen. Baggeren kan als beheermaatregel wel worden toegepast voor het oplossen van een specifiek zuurstofprobleem op lokale schaal, maar dat wordt in deze planMER niet verder uitgewerkt.

2.5. Overzicht kansrijke maatregelen

Op basis van de hierboven samengevatte resultaten van alle vooronderzoeken, zijn de volgende maatregelen als kansrijk bestempeld in de selectie van de eerste zeef:

1. doorlaatmiddel Brouwersdam met getijdencentrale;
2. waterberging op de Grevelingen met een doorlaat in de Grevelingendam;
3. een verbinding tussen de Grevelingen en de Noordzee voor de recreatievaart door middel van een overtoom;
4. opnieuw in gebruik nemen van de Flakkeese spuisluis, maar alleen in het referentiealternatief, omdat hiertoe al besloten is;
5. kunstmatig opgewekte verticale waterbeweging door middel van bellenschermen.

De beheermaatregelen kunnen nuttig zijn om op lokale schaal als mitigerende maatregel te worden ingezet.

Ontwikkelingsruimte

In de nota Reikwijdte en Detailniveau is vervolgens nog een ruimtelijke maatregel 'Ontwikkelingsruimte' toegevoegd als aanvulling op de technische maatregelen uit de groslijst en eerste zeef. Het (beperkt) terugbrengen van de getijdendynamiek, het verbeteren van waterkwaliteit, het versterken van duurzaamheid en toegankelijkheid van de Grevelingen bieden mogelijkheden voor ontwikkeling van functies als natuur, recreatie en schelpdiervisserij. De wijze waarop deze ontwikkelingsruimte (actief) wordt benut is een belangrijke bouwsteen voor de ontwikkeling van alternatieven. Het vormgeven aan de ontwikkelingsruimte is daarmee dus een wezenlijk onderdeel van het opstellen van de alternatieven.

Voor het samenstellen van de alternatieven worden de kansrijke maatregelen in de PlanMER en MKBA aangeduid als bouwstenen. Per bouwsteen is in de volgende bijlage een factsheet opgenomen. In de factsheets is een beoordeling van iedere bouwsteen apart opgenomen als aanvulling op de beoordeling van de integrale alternatieven in het hoofdrapport van de PlanMER.

2.6. Mitigerende maatregelen

Aanleg van broedeilanden

Het Grevelingenmeer vormt een belangrijke habitat voor kustbroedvogels (met name kluut, plevieren, meeuwen en sterns). Deze vogels hebben een voorkeur voor kale tot matig begroeide oevergebieden met veel rust. Door vegetatiesuccessie in de oeverzones is veel van het broedhabitat van deze vogels in het Grevelingenmeer verloren gegaan. De aanleg van nieuwe broedeilanden door het opspuiten van zand kan het voortbestaan van voldoende broedhabitat voor deze soorten in het Grevelingenmeer waarborgen. Staatsbosbeheer heeft op twee plaatsen in het Grevelingenmeer broedeilandjes voor kustbroedvogels laten aanleggen. In beide gevallen werden schiereilanden geïsoleerd van de aanliggende landdelen. Het betrof de punt van de Hompelvoet (2 ha) en het schiereiland vlakbij het zanddepot op de Slikken van Flakkee (15 ha). Door de verbinding te doorbreken en daarmee het schiereiland te isoleren is in principe een gunstige situatie voor kustbroedvogels geschapen. De aanwezige vegetatie is geklepeld en er is een laag schelpen opgebracht. De eilanden zijn in het najaar van 2007 opgeleverd en het voorjaar van 2008 was het eerste broedseizoen dat ze gebruikt konden worden. De broedeilanden dragen niet bij aan het oplossen van de zuurstofproblematiek van de Grevelingen en worden daarom niet verder beschouwd als kansrijke maatregel voor de alternatieven van de PlanMER en MKBA. Wel kan deze maatregel als aanvullende of mitigerende maatregel gebruikt worden bij alle alternatieven.

Actief vegetatiebeheer op de eilanden, slikken en schorren

Vegetatiesuccessie in de oeverzones vormt een bedreiging voor kustbroedvogels. Vegetatiesuccessie in de oeverzone kan tegengegaan worden door actief vegetatiebeheer op eilanden, schorren en slikken. Om geschikt broedgebied voor verschillende soorten kustbroedvogels aan te leggen, dient een zonering van kale zandplaten naar matig begroeide oeverzones ingericht en onderhouden te worden. Het vegetatiebeheer kan plaats vinden door begrazing of maaien c.q. vegetatie verwijderen tot op de kale grond. Dit is mogelijk door bijvoorbeeld ploegen of eggen, zoals eerder uitgevoerd op de Scheelhoek-eilanden in het Haringvliet of op de Krammersluizen (Strucker *et al.* 2005). Bij het huidige beheer worden de eilanden, evenals de Slikken van Flakkee, deels begraasd. In de begraasde delen wordt de vegetatiesuccessie hierdoor zichtbaar geremd. Er zijn echter twee aandachtspunten ten aanzien van begrazingsbeheer:

1. verstoring door vee of mensen kan een ernstige beperking voor vogels vormen, vooral wanneer deze verstoring tijdens het broedseizoen plaats vindt. Wanneer vee ingezet wordt om de vegetatiesuccessie tegen te gaan, moet dit buiten het broedseizoen plaats vinden;
2. slechts enkele vogelsoorten zijn gebaat bij begrazing buiten het broedseizoen. Soorten die uitsluitend op kale zandplaten broeden, zullen geen baat hebben bij alleen begrazing, omdat door begrazing niet alle vegetatie verwijderd wordt. Voor dergelijke soorten zou plaatselijk alle vegetatie tot op de kale grond verwijderd moeten worden.

Actief vegetatiebeheer draagt niet bij aan het oplossen van de zuurstofproblematiek van de Grevelingen en wordt daarom niet verder beschouwd als kansrijke maatregel voor de alternatieven van de PlanMER en MKBA. Wel kan deze maatregel als aanvullende of mitigerende maatregel gebruikt worden bij alle alternatieven.

Verwijdering van zeesla

De ontwikkeling van zeesla begint ongeveer half mei en de maximale omvang (biomassa) wordt bereikt in de zomer (juni/juli). Om stankoverlast van rottend zeesla op recreatiestranden en achter oeververdedigingen voor gebruikers van het gebied te voorkomen, kan de aangespoelde zeesla jaarlijks lokaal verwijderd worden. Op 23 juli 2007 is bijvoorbeeld door medewerkers van Terreinbeheer van Groenservice Zuid-Holland bij een drietal strandjes in het Grevelingenmeer het aangespoelde zeesla op de kant gebracht met behulp van een grijpmachine met maaikorf en op een hoop gelegd om te drogen. Naast verwijdering van het aangespoelde zeesla op of nabij de recreatiestranden en oeververdedigingen kan drijvend zeesla ook geoogst worden vanaf een schip voordat het aanspoelt en stankoverlast veroorzaakt. Dit is bijvoorbeeld toegepast in Venetië (Sfriso *et al.* 2003). Onderzoek zal moeten uitwijzen hoe effectief en hoe kostbaar dit is. Omdat zeesla een belangrijke functie kan vervullen voor bodemfauna en vissen (waaronder jonge strandkrabben en garnalen) die beschutting en voedsel vinden tussen de drijvende en vastzittende planten en daarnaast als voedsel dient voor een aantal vogelsoorten (waaronder bijvoorbeeld rotganzen, smienten en wilde eenden) moet zeesla alleen verwijderd worden in gebieden waar zeesla een knelpunt vormt. Verwijdering van zeesla draagt niet bij aan het oplossen van de zuurstofproblematiek van de Grevelingen en wordt daarom niet verder beschouwd als kansrijke maatregel voor de alternatieven van de PlanMER en MKBA. Wel kan deze maatregel als aanvullende of mitigerende maatregel gebruikt worden bij alle alternatieven.

Verwijdering van Japanse oesters

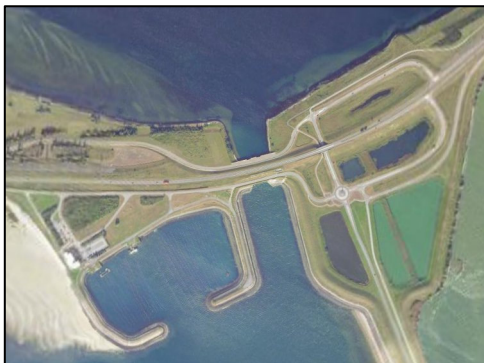
Japanse oesters kunnen in ondiep water voor overlast zorgen voor recreanten, met name surfers en badgasten. Zij kunnen zich namelijk verwonden aan de scherpe randen van deze schelpen. Om deze overlast te beperken zouden Japanse oesters verwijderd kunnen worden van locaties waar deze activiteiten plaatsvinden. Badgasten concentreren zich op locaties die hier speciaal voor zijn ingericht, zoals De Punt van Goeree, de Kabbelaarsbank, het strand aan de Grevelingendam en West-Repart (in de buurt van Scharrendijke). Populaire surfgebieden zijn met name de Kabbelaarsbank, de Punt van Goeree en het strand aan de Grevelingendam. In 2001 heeft het Natuur- en Recreatieschap Grevelingen Japanse oesters weg laten vissen bij de Grevelingendam om overlast voor surfers te voorkomen. Deze maatregel zou verder uitgebreid kunnen worden naar de overige hierboven genoemde locaties. Verwijdering van Japanse oesters draagt niet bij aan het oplossen van de zuurstofproblematiek van de Grevelingen en wordt daarom niet verder beschouwd als kansrijke maatregel voor de alternatieven van de PlanMER en MKBA. Wel kan deze maatregel als aanvullende of mitigerende maatregel gebruikt worden bij alle alternatieven.

Aanplanten van zeegrasgenotypen

Omdat een te hoog zoutgehalte de belangrijkste oorzaak lijkt te zijn voor de verdwijning van zeegras uit de Grevelingen wordt er als KRW-maatregel in de komende jaren in de Grevelingen een meer 'zoutresistente' soort zeegras aangeplant. In hoeverre deze maatregel zal leiden tot uitbreiding van het zeegrasareaal in de Grevelingen is onduidelijk. Het succes van een dergelijke maatregel is namelijk niet alleen afhankelijk van het zoutgehalte, maar ook van een groot aantal andere factoren die invloed hebben op de overleving en reproductie van zeegras in de Grevelingen. Hierbij valt bijvoorbeeld te denken aan de waterdynamiek, de hoogteligging van de locatie waar het zeegras aangeplant wordt, het doorzicht van het water, de nutriëntenbelasting en mogelijke begrazing van planten door bijvoorbeeld ganzen. Het actief aanplanten van zeegras draagt niet bij aan het oplossen van de zuurstofproblematiek van de Grevelingen en wordt daarom niet verder beschouwd als kansrijke maatregel voor de alternatieven van de PlanMER en MKBA. Wel kan deze maatregel als aanvullende of mitigerende maatregel gebruikt worden bij alle alternatieven.

3. BEOORDELING VAN BOUWSTENEN IN FACTSHEETS

3.1. Factsheet bouwsteen Flakkeese spuisluis



Deze bouwsteen omvat het opnieuw in gebruik nemen van de Flakkeese spuisluis. Dit betekent dat met een hevel water over de bestaande dam heen wordt gebracht. Op die manier wordt water vanuit de Oosterschelde in de Grevelingen gebracht.

Waterkwaliteit en ecologie

Uit de eerste zeef is gebleken dat het doorspoelen van de Grevelingen via de Flakkeese spuisluis de knelpunten in de zuurstofhuishouding niet oplost. De preverkenning laat zien dat invoering van de maatregel de zuurstofconcentratie in de waterkolom voor het oosten van de Grevelingen verbetert, maar op de schaal van de gehele Grevelingen leidt de maatregelen niet tot een verbetering.

Kosten en baten

Tabel 3.1. Investerings- en onderhoudskosten Flakkeese spuisluis in M€, inclusief omzetbelasting (contante waarde)

variant	investering	beheer- en onderhoudskosten)
Flakkeese spuisluis	4,5	1,3

Indien de Flakkeese spuisluis niet wordt gerealiseerd kunnen de investeringskosten de Flakkeese spuisluis worden bespaard. De omvang van deze baat staat weergegeven in tabel 3.2.

Tabel 3.2. Baten bouwsteen Flakkeese spuisluis, in M€

baat	opbrengsten
besparing Flakkeese spuisluis	5,8

3.2. Factsheet bouwsteen Waterkwaliteit en Energie: doorlaat Brouwersdam en getijdencentrale

De bouwsteen 'waterkwaliteit' bestaat uit ingrepen die primair gericht zijn op het duurzaam verbeteren van de waterkwaliteit en daarmee samenhangend de ecologische kwaliteit in de Grevelingen. In de preverkenning zijn meerdere varianten van een doorlaatmiddel onderzocht, waarbij de omvang en locatie varieerde. Op basis van de resultaten uit deze studie, verdere discussie in de werkgroep water&natuur en afstemming met de bouwsteen getijdencentrale is gekozen voor een doorlaat in het noordelijke sluitgat met een capaciteit van 2.500 m³/s gemiddeld over het getij. Met deze variant wordt gemiddeld 50 cm getij gerealiseerd (met uitschieters naar 70 cm getij). Het doorlaatmiddel wordt gecombineerd met een

getijdencentrale die 'tweezijdig' kan turbineren. Dat wil zeggen dat zowel bij de vloedstroming (van de Noordzee naar de Grevelingen) als bij de ebstroming (van de Grevelingen naar de Noordzee) getijdenenergie kan worden gegenereerd. Bovendien kan door de tweezijdigheid, de centrale ook worden benut als pomp voor het afvoeren van (eventueel) overtollig rivierwater dat in tijden van nood kan worden geborgen op de Grevelingen. Aan de turbines worden, om de schade te beperken, eisen gesteld met betrekking tot de visveiligheid.

Hoogwateropgave

Alleen als de getijdencentrale met pomp wordt gerealiseerd wordt door deze bouwsteen een bijdrage geleverd aan de hoogwateropgave. De pomp kan dan worden ingezet om water uit de Grevelingen naar de Noordzee te pompen. Op die manier wordt tijdens hoogwater door het afvoeren van water de waterstanden beperkt en wordt de periode van hoogwater korter.

Waterkwaliteit en ecologie

De doorlaat in de Brouwerdam zorgt ervoor dat er getij in de Grevelingen wordt aangebracht. Door realisatie van beperkt getij treedt zoutstratificatie aanzienlijk minder op en wordt de duur van de temperatuurstratificatie in mei verkort van circa twee maanden naar circa twee weken. Hierdoor neemt het areaal dat gedurende een aaneengesloten periode van zeven dagen zuurstofloos wordt (1 m boven de bodem, zuurstofconcentratie < 3 mg/l) af van circa 1.300 ha (huidige situatie) naar circa 500 ha. In de diepe putten bij de huidige Brouwerssluis (onder andere bij Scharendijke) kunnen nog wel zuurstofarme condities optreden. Het totale areaal dat nog gevoelig is voor zuurstofloze condities is circa 300 - 500 ha, zo'n 3 % tot 5 % van het totale wateroppervlak.

De levensomstandigheden voor bodemdieren zullen als gevolg van deze bouwsteen verbeteren, enerzijds omdat de zuurstofcondities in en nabij de bodem verbeteren en anderzijds omdat door de getijdenbeweging nieuwe intergetijdengebieden ontstaan rondom de eilanden Hompelvoet, Veermansplaat, Stampersplaat, Dwars in de Weg en bij de slikken van Bommenede, Dijkwater en de Punt. In het onderste deel van deze intergetijdengebieden zal een zone kaal slik ontstaan, waar bodemdieren zich kunnen gaan vestigen. Daarnaast wordt verwacht dat chlorofyl-a concentraties iets toe zullen nemen, hetgeen er op duidt dat de primaire productie van algen toeneemt. Veel bodemdieren zijn voor hun voedsel afhankelijk van algen die in het water zweven (filterfeeders, met name schelpdieren) of algen die op de bodem neerdalen (deposit feeders, met name wormen), dus ook dit kan een positief effect hebben op bodemdieren. In de hoogste delen ontstaat ruimte voor zoute getijdenvegetatie.

Op basis van bovenstaande punten wordt dan ook verwacht dat het aantal soorten, dichtheden en biomassa's van bodemdieren van zachte substraten door de realisatie van getij in de toekomst toe zullen nemen.

Door realisatie van beperkt getij ontstaat meer dynamiek in het systeem en ontstaat een nieuwe toegang voor vissen om van de Voordelta naar het Grevelingenmeer te zwemmen en omgekeerd. Hierdoor zullen vissoorten die na de afsluiting zijn verdwenen door gebrek aan dynamiek en/of de beperkte verbinding met de Noordzee terugkomen in grote delen van het meer. Het gaat hierbij bijvoorbeeld om makreel, geep, zeebaars en slijmvissen. Deze soorten komen zomers ook in hoge aantallen tot ver achterin de Oosterschelde voor.

Tevens wordt verwacht dat de sterke dynamiek in de omgeving van de getijdencentrale (ongeacht het type) een grote aantrekkingskracht heeft op vis. De omgeving van de getijdencentrale zal een visrijk gebied worden, net zoals het gebied rondom de huidige spui-

sluis in de Brouwersdam. Negatieve effecten aan passerende vissen kunnen optreden door mechanisch contact met de turbinebladen van een bulbcentrale, door abrupte veranderingen in druk, door 'shear stress' (twee passerende waterstromen) en door cavitatie (het uit- en inklappen van luchtbellen door drukverschillen). Bruijs (2010) heeft op basis van bestaande literatuur en kennis de mogelijke effecten geïnventariseerd. Er is relatief weinig bekend over effecten op vis door getijdencentrales. Aan de turbines worden functionele-, aspect- en interface eisen gesteld. De aspect eisen zijn van belang voor de visveiligheid. Zo moet de vissterfte als gevolg van de getijdencentrale lager zijn dan 0,5 % en de sterfte van zeezoogdieren moet kleiner zijn dan 0,01 % (Van Berkel *et al.*, 2011). Bij een pneumatische centrale komen vissen niet in aanraking met turbinebladen, want deze bevinden zich niet in het water. Ook zal er geen cavitatie optreden. Mogelijk is de pneumatische centrale hierdoor een visvriendelijker alternatief. Wel treedt er een verzadiging van het water met luchtbellen op. Dit kan bij vis leiden tot 'Gas Bubble Disease'. Of deze en/of andere effecten op zullen treden is niet bekend, omdat het om een type turbine gaat die voor zover bekend nog nooit eerder ergens is gerealiseerd. Er kunnen dan ook geen uitspraken gedaan worden over sterftepercentages totdat hier meer onderzoek naar gedaan is.

Duurzame energie

Een doorlaat in de Brouwersdam in combinatie met een getijdencentrale levert een positieve bijdrage aan duurzame energie. Belangrijk is de keuze voor het type getijdencentrale: traditionele bulbturbines of innovatieve hevelturbines. Op basis van een studie door Haskoning (2010) is de energieopbrengst geschat op 193 GWh per jaar voor een getijdencentrale met bulbturbines. Dit komt overeen met het energieverbruik van 55.000 huishoudens¹. Voor een centrale met hevelturbines is dit 118 GWh per jaar. Dit komt overeen met het energieverbruik van ongeveer 34.000 huishoudens.

Een gunstig neveneffect van energiewinning uit waterkracht is dat het energie is zonder CO₂-emissie. Bij de bestaande elektriciteitscentrales die gebruik maken van fossiele brandstoffen is dit wel het geval. Het voordeel van CO₂-emissiereductie van de getijdencentrale wordt bepaald door de uitgespaarde CO₂-emissie door bestaande elektriciteitscentrales te berekenen. Als dezelfde energie van een bulbturbine met een gemiddelde elektriciteitscentrale zou worden opgewekt met fossiele brandstoffen dan zou hierbij 54.000 ton CO₂ vrijkomen. Bij een hevelturbine is de jaarlijks uitgespaarde CO₂-emissie circa 33.000 ton CO₂.

Regionaal-economische toeristische structuur

De doorlaat in de Brouwersdam zal de waterkwaliteit zodanig verbeteren dat de Grevelingen aantrekkelijker wordt voor duikers, oeverrecreanten, verblijfsrecreanten en sportvissers. De aanleg van de doorlaat in de Brouwersdam van circa 550 m heeft geen significante invloed op het recreatieve (strand)gebruik.

Overige effecten: visserij

- door het terugbrengen van getijdewerking in de Grevelingen ontstaan er kansen voor mosselkweek in de Grevelingen. Als de Grevelingen een vergelijkbaar productieniveau als de Oosterschelde zou halen, dan zou er 10 miljoen kg mosselen op jaarbasis geproduceerd kunnen worden;
- het terugbrengen van getij betekent een verhoging van de fysieke en beleefde kwaliteit.

¹ Een gemiddeld huishouden (2,3 personen) verbruikt 3.500 kilowattuur (kWh) per jaar (Milieucentraal, 2011)

Kosten en baten

De kosten verschillen per type getijdencentrale. Ook is er een verschil of er wel of geen pomp wordt aangelegd. De investeringskosten en beheer- en onderhoudskosten (1,5 % van de investeringskosten) zijn weergegeven in de tabellen.

Tabel 3.3. Aanlegkosten getijdencentrale in M€, inclusief omzetbelasting (contante waarde)

variant	investering	beheer- en onderhoudskosten)
getijdencentrale met bulbturbines	525	64
getijdencentrale met hevelturbines	298	49
getijdencentrale met hevelturbines en pompfunctie	308	50
getijdencentrale met bulbturbines en pompfunctie	534	65
aanpassingskosten buitendijkse voorzieningen (steigers, etc.)	10	0

Tabel 3.4. Baten getijdencentrale in M€ (contante waarde)

baten	opbrengsten
energieopbrengst getijdencentrale met bulbturbines	230 (bij een energietarief van 6,2 eurocent/kWh) ¹
energieopbrengst getijdencentrale met hevelturbines	140 (bij een energietarief van 6,2 eurocent/kWh)
vermeden schadekosten CO ₂ reductie met bulbturbines ²	13
vermeden schadekosten CO ₂ reductie met hevelturbines	8
recreatiebaten	7
beroepsvisserij (mosselkweek)	90,6
imagobaten	10
recreatieve beleving en niet-gebruikswaarde natuur	pm

3.3. Factsheet bouwsteen Recreatie en Toerisme

De bouwsteen Recreatie en Toerisme is een vaarverbinding tussen de Grevelingen en de Noordzee voor de recreatievaart door middel van een overtoom of schutsluis. De overtoom of schutsluis zorgt voor een vaarverbinding van de Grevelingen naar de Noordzee en vergroot daardoor niet alleen de aantrekkelijkheid van de Grevelingen als vaargebied, maar ook die van de zuidwestelijke delta als geheel.

Regionaal-economische toeristische structuur

Als gevolg van de investering in deze bouwsteen wordt een toename van recreatieve bestedingen verwacht. Voor de provincie Zeeland liggen er tot 2020 kansen voor circa 1.200 extra overnachtingsplaatsen. Met deze extra overnachtingsplaatsen zijn ongeveer 446.000 extra overnachtingen per jaar te realiseren. Daarvan vindt circa 27,5 % plaats in de Grevelingen.

Overige effecten: werkgelegenheid

¹ Als het huishoudenstarief van 15,3 eurocent per kWh wordt gehanteerd komt de energieopbrengst uit op: M€ 346 (hevel) of M€ 566 (bulb).

² Hierbij is al rekening gehouden met de CO₂ die vrijkomt bij de bouw van de getijdencentrale. Bij de bouw van de getijdencentrale zal ook CO₂ vrijkomen. Deze dient in mindering te worden gebracht op de bovengenoemde baat. Enkel de orde grootte van de vrijkomende CO₂ van het constructiemateriaal beton en de energie die nodig is om de bouwput droog te pompen zijn hier geschat. Het gaat in totaal om een bedrag van ongeveer EUR 700.000,- (contante waarde, prijspeil 2011).

Als de recreatieve bestedingen stijgen zal ook de werkgelegenheid toenemen. Dit effect treedt alleen op indien er in de huidige situatie sprake is van werkloosheid in het betreffende arbeidsegment. Dit blijkt het geval te zijn. Uit gegevens van het UWV blijkt dat voor Schouwen Duiveland, Goederee, Middelharnis, Dirksland en Oostflakkee het geval is. Er zijn in deze gemeenten 1.038 niet werkende werkzoekenden geregistreerd, waarvan circa 253 in de verzorgende en dienstverlenende sector. Dit is een sterke indicatie dat de werkgelegenheid die wordt gecreëerd ook daadwerkelijk zal worden ingevuld, met een daling van de werkloosheid als gevolg. Als gevolg van de recreatieve bestedingen blijken er 74 fte's in de toeristische sector bij te komen.

Kosten en baten

Er zijn twee ramingen beschikbaar voor de overtoom die variëren van 8 tot 20 miljoen. De eerste is daadwerkelijk geraamd, terwijl de tweede een schatting is. De kosten hiervan zouden verder moeten worden onderzocht.

Tabel 3.5. Investerings- en onderhoudskosten overtoom in M€ (netto contante waarde 100 jaar)

variant	investering	beheer- en onderhoudskosten (1,5 % van de investeringskosten)
overtoom	8 - 20	2 - 6

Tabel 3.6. Baten bouwsteen recreatie en toerisme, in M€

baat	opbrengsten
recreatieve bestedingen	7
watersport	2
werkgelegenheid	31

3.4. Factsheet bouwsteen Waterkwantiteit: bergingsregime en doorlaat Grevelingendam

Om de Grevelingen als bergingslocatie te kunnen benutten, is een verbinding (doorlaat) door de Grevelingendam noodzakelijk en moet de spuicapaciteit van de Volkeraksluizen worden vergroot. Voor de verbinding tussen Grevelingen en Volkerak-Zoommeer is maar één locatie beschikbaar, de Grevelingendam. De wijze waarop de verbinding vorm krijgt staat nog wel open: een geheel open verbinding of een afsluitbare verbinding, die het grootste gedeelte van de tijd gesloten blijft en alleen open gaat voor waterberging;

Waterkwaliteit en ecologie

Het doorlaatmiddel heeft invloed op de waterkwaliteit. Omdat de twee bekkens aan elkaar worden gekoppeld zal de open verbinding met het Volkerak-Zoommeer er voor zorgen dat grotere stroomsnelheden en doorstroming tot stand komen, waardoor stratificatie moeilijker ontstaat en/of sneller opgeheven wordt.

Door de permanente open verbinding met het Volkerak-Zoommeer neemt de primaire productie van algen nog verder toe, hetgeen tot uitdrukking komt in de toenemende chlorofyl-a gehalten, waardoor nog iets meer voedsel beschikbaar komt voor bodemdieren.

Bij de effectbeoordeling is er vanuit gegaan dat deze verbinding in de huidige situatie circa één keer in de 1.400 jaar ingezet wordt voor de afvoer van extreem grote hoeveelheden zoet water van de rivieren. In 2050 wordt verwacht dat de inzetfrequentie oploopt naar één keer in de 400 jaar en in 2100 naar één keer in de 10 jaar. Voor bodemdieren kan het een probleem zijn als het water waarin ze leven tijdelijk verzoet. Voor vissen en zeezoogdieren

is het tijdelijk verzoeten van het water geen groot probleem. Voor de Noordse woelmuis is het optreden van een dergelijk grote inundatie desastreus. Veel dieren zullen verdrinken.

Hoogwateropgave

Wanneer de verbinding open is kan de Grevelingen gebruikt worden voor waterberging. Voor zowel de open als de afsluitbare verbinding is de bergingscapaciteit op de Grevelingen 224 miljoen m³, bij een peilopzet tot NAP + 1,5 m. Indien een pomp aanwezig is heeft dit een positieve invloed op de hoogwaterveiligheid. Dan kan namelijk worden voorgemalen en kan het water weg worden gepompt, waardoor de periode van waterberging korter is en het water minder hoog komt te staan.

De waterberging op de Grevelingen levert maximaal een MHW verlaging van circa 0,4 m op de lange termijn op. Deze daling doet zich voor op het Haringvliet en het Hollands Diep. In Dordrecht is de MHW-daling circa 0,2 tot 0,3 m. De maatregel waterberging Volkerak-Zoommeer zoals die nu in het kader van Ruimte voor de Rivier wordt voorbereid, zal leiden tot een MHW-daling van circa 0,1 m op het Haringvliet en het Hollandsch diep. Door de waterberging op te schalen met de Grevelingen kan dus een extra MHW-daling worden gerealiseerd van 0,3 m.

De bijdrage van waterberging aan het verlagen van de waterstand in specifieke combinaties van rivierwaterafvoer en zeewaterstand is veel groter. De bijdrage is bijvoorbeeld circa 1 m voor de combinatie van een zeewaterstand NAP + 4,0 m en een rivierafvoer van 10.000 m³/s. De waterstandverlaging werkt daarbij door in de hele Rijn-Maasmonding. Zelfs in Rotterdam en Dordrecht zou in deze specifieke situatie de waterstand met circa 1 m worden verlaagd. Als noodmaatregel bij hoge rivierafvoer in combinatie met een gesloten Europoortkering is waterberging daarom altijd nuttig. Het geringe effect van waterberging aan de totale MHW is te wijten aan de relatief hoge faalkans van de Europoortkering. Bij falen van de kering zorgt het binnendringende zeewater ver landinwaarts voor een hoge waterstand. De effectiviteit van de waterberging op de Grevelingen kan worden vergroot door de faalkans van de Europoortkering fors te verkleinen.

De gecombineerde bergingsmaatregel van het Volkerak-Zoommeer en de Grevelingen geeft een MHW-verlaging van 0,4 m. Hierdoor wordt 120 km dijk ontlast en kan de versterking van naar schatting circa 46km dijk uitgesteld worden. Gezien de complexe wijze waarop de benodigde dijkhoogtes in de Rijn-Maasmonding worden bepaald moet dit aantal kilometers vooral worden gezien als een grove indicatie. De kans bestaat dat het gaat om een onderschatting, omdat er mogelijk veel meer kilometers moeten worden versterkt. Uitgaande van uitstel van dijkversterking voor deze 46 km dijk bedragen de vermeden kosten voor versterking van deze dijkvakken circa 92 miljoen. Mogelijk treden daarnaast ook nog landschappelijke besparingen op, omdat de negatieve indirecte effecten als gevolg van een verbeterde waterveiligheid niet optreden. De omvang van deze besparing is echter niet bekend.

Kosten en baten

Tabel 3.7. Investeringskosten bouwsteen Waterberging Grevelingen, inclusief omzetsbelasting (in M€)

kostenpost	investeringskosten	beheer- en onderhoudskosten
open verbinding	40 - 60	11 - 18
afsluitbare verbinding	100 - 151	29 - 43
spuicapaciteit Volkeraksluizen	17-118	5 - 34
aanpassingen bestaande waterkeringen	10	3

kostenpost	investeringskosten	beheer- en onderhoudskosten
schadekosten buitendijks gebied	19	n.v.t.

Tabel 3.8. Baten bouwsteen Waterberging Grevelingen, in M€

baat	opbrengsten
waterveiligheid	92

3.5. Factsheet bouwsteen Kunstmatig opgewekte verticale waterbeweging

Bij het toepassen van bellenschermen wordt doormiddel van luchtinjecties vanaf de bodem water vanuit diepere waterlagen naar boven gebracht. Op die manier wordt kunstmatig een verticale waterbeweging op gang gebracht. Dit leidt niet direct tot beluchting van het water, maar wel vindt er menging plaats met zuurstofrijk water. Een verticale waterbeweging kan de stratificatie van de waterkolom verminderen en zo de zuurstofproblematiek verminderen. Het is niet nodig kunstmatige waterbeweging toe te passen op de gehele Grevelingen. Zo is in water ondieper dan 1,25 m genoeg waterbeweging door wind aanwezig om zuurstofloosheid tegen te gaan.

Waterkwaliteit en ecologie

Verwacht wordt dat de verticale menging van de waterkolom vooral effect heeft op de zuurstofhuishouding. Door de realisatie van de verticale waterbeweging treedt zoutstratificatie aanzienlijk minder op en wordt de duur van de temperatuurstratificatie in mei verkort. Hierbij wordt aangenomen dat een installatie voor verticale menging niet even effectief kan zijn voor het verminderen van effecten van stratificatie als een doorlaatmiddel in de Brouwersdam (Van Pagee, 2011). Dit is een ontwerp-opgave, die in dit planMER niet verder is uitgewerkt. De resultaten op de zuurstofhuishouding zijn dan niet vergelijkbaar met die van een doorlaatmiddel. De duur en het areaal van de zuurstofloosheid bij de bodem nemen aanzienlijk af, maar niet zoveel als bij het aanbrengen van getij. Uit de modelberekeningen voor het doorlaatmiddel blijkt dat in de diepe putten bij de huidige Brouwerssluis (onder andere bij Scharendijke) nog wel zuurstofarme condities kunnen optreden. Het totale areaal dat bij het doorlaatmiddel nog gevoelig is voor zuurstofloze condities is circa 300 - 500 ha, zo'n 3 % tot 5 % van het totale wateroppervlak. Met het opwekken van een verticale waterbeweging kunnen ook deze probleemlocaties worden aangepakt, al zal het de zuurstofloosheid alleen kunnen verminderen.

Op de andere waterkwaliteitsparameters (zoutgehalte, nutriënten, doorzicht, temperatuur, pH en chlorofyl-a gehalten) worden geen grote veranderingen ten opzichte van de referentie verwacht.

Door de realisatie van de verticale waterbeweging verbetert de zuurstofhuishouding, zowel in de waterkolom als nabij de bodem. Hierdoor verbeteren de leefomstandigheden voor bodemdieren en bodemvissen als platvissen en grondels. Er treedt minder habitatverlies door zuurstofloosheid op. Voor diadrome vissen die migreren tussen zoet en zout wordt geen verbetering verwacht, omdat er geen betere verbinding met de Noordzee wordt gerealiseerd.

Regionaal-economische toeristische structuur

Kunstmatige waterbeweging zal de waterkwaliteit zodanig verbeteren dat de Grevelingen aantrekkelijker wordt voor duikers, oeverrecreanten, verblijfsrecreanten en sportvissers. Daarnaast blijft het strand aantrekkelijk voor strandrecreanten.

Kosten en baten

Tabel 3.9. Investeringskosten bouwsteen kunstmatige waterbeweging, in M€

kostenpost	investeringskosten	beheer- en onderhoudskosten
bellenschermen	17	14

Tabel 3.10. Baten bouwsteen Waterberging Grevelingen, in M€

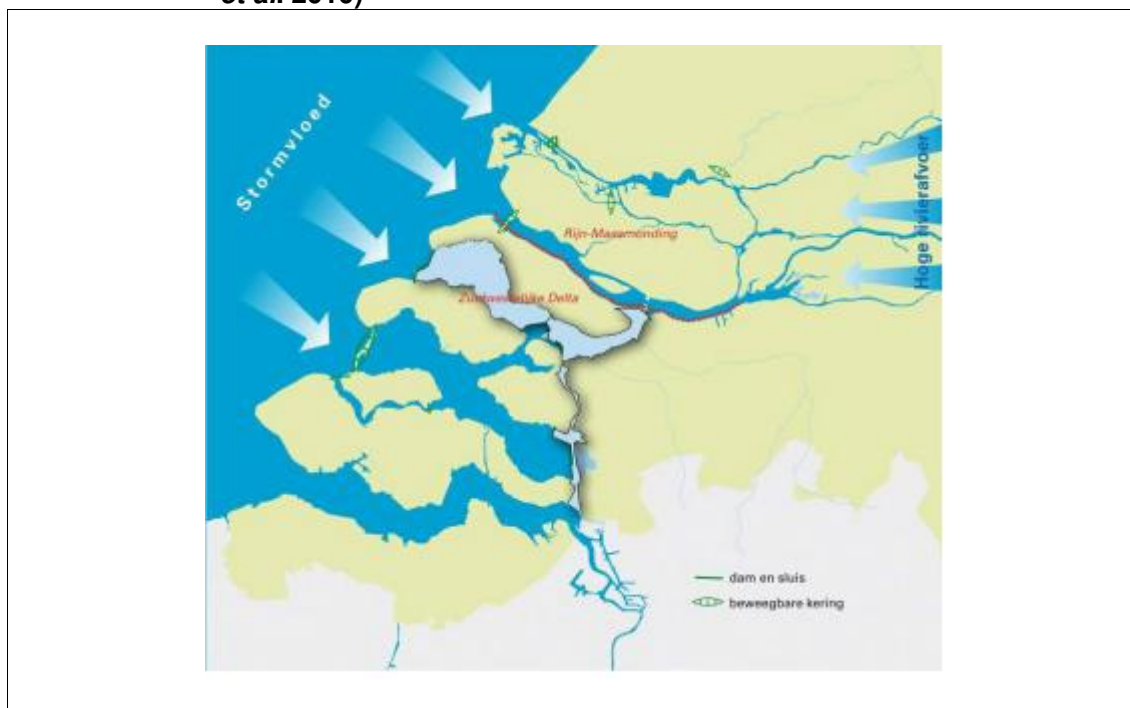
baat	opbrengsten
verblijfsrecreatie	7

4. ACHTERGRONDEN BIJ DE EFFECTBESCHRIJVING HOOGWATERVEILIGHEID

4.1. Bergingscapaciteit

Voor de peilopzet op de Grevelingen en het Volkerak-Zoommeer wordt in dit alternatief uitgegaan van NAP + 1,5 m. Het totale oppervlak van het waterbekken is zo'n 14.000 ha, inclusief de circa 3.000 ha die momenteel zijn drooggevallen (Zicht op de Grevelingen 2006). De bergingscapaciteit met deze maatregel is daarmee 224 miljoen m³ ($1,6 \text{ m} \times 14 \cdot 10^7 \text{ m}^2$). Doordat de pomp in de Brouwersdam het mogelijk maakt het beginpeil te verlagen en tussentijds water weg te pompen is de werkelijke bergingscapaciteit op de Grevelingen in dit alternatief groter. Dat kan in een vervolgfase verder uitgewerkt worden.

Afbeelding 4.1. Waterberging in het Volkerak-Zoommeer en de Grevelingen (Termes *et al.* 2010)



4.2. Bijdrage aan MHW daling rivieren

Voor de bijdrage van waterberging aan de hoogwateropgave wordt gekeken naar de verlaging van de maatgevende hoogwaterstand op de rivieren. Voor elk dijkkringgebied is een veiligheidsnorm in de vorm van een overschrijdingskans vastgesteld, bijvoorbeeld 1/4000 per jaar. De MHW is de waterstand die bij deze veiligheidsnorm hoort en statistisch gezien eens in de 4000 jaar wordt overschreden. De dijken moeten de maatgevende hoogwaterstand kunnen keren. Voor de Rijn-Maasmonding geldt dat bij een groot aantal verschillende combinaties van zeewaterstand, rivierafvoer en een open of gesloten Europoortkering, waterstanden hoger dan de MHW kunnen optreden. Bij de bepaling van de MHW wordt gekeken naar de kans van voorkomen van al deze combinaties samen. Dit betekent dat een maatregel een grote waterstandverlaging kan hebben voor een specifieke combinatie, maar toch een geringe bijdrage heeft aan verlaging van de MHW omdat de waterstandverlaging voor andere combinaties beperkt kan zijn.

De MHW is de waterstand die de dijken wettelijk gezien moeten kunnen keren. Wanneer in de toekomst de MHW hoger wordt door toename van rivieraanvoer en de zeewaterstand moeten in principe de dijken worden verhoogd. De veiligheidsopgave in termen van MHW-

stijging in de Rijn-Maasmonding kan op lange termijn (2100) oplopen tot circa 1 m. Door waterberging in de Grevelingen kan dijkverhoging worden beperkt en uitgesteld.

Uit de studie van Termes *et al.* (2010) blijkt dat de maximale bijdrage van waterberging op de Grevelingen aan verlaging van de MHW op de lange termijn circa 0,4 m is. Deze daling doet zich voor op het Haringvliet en het Hollands Diep. In Dordrecht is de MHW-daling circa 0,2 tot 0,3 m. De maatregel waterberging Volkerak-Zoommeer zoals die nu in het kader van Ruimte voor de Rivier wordt voorbereid, zal leiden tot een MHW-daling van circa 0,1 m op het Haringvliet en het Hollandsch diep. Door de waterberging op te schalen met de Grevelingen kan dus een extra MHW-daling worden gerealiseerd van 0,3 m.

De bijdrage van waterberging aan het verlagen van de waterstand in specifieke combinaties van rivierwaterafvoer en zeewaterstand is veel groter. De bijdrage is bijvoorbeeld circa 1 m voor de combinatie van een zeewaterstand NAP + 4,0 m en een rivierafvoer van 10.000 m³/s. De waterstandverlaging werkt daarbij door in de hele Rijn-Maasmonding. Zelfs in Rotterdam en Dordrecht zou in deze specifieke situatie de waterstand met circa 1 m worden verlaagd. Als noodmaatregel bij hoge rivierafvoer in combinatie met een gesloten Europoortkering is waterberging daarom altijd nuttig. Het geringe effect van waterberging aan de totale MHW is te wijten aan de relatief hoge faalkans van de Europoortkering. Bij falen van de kering zorgt het binnendringende zeewater ver landinwaarts voor een hoge waterstand. De effectiviteit van de waterberging kan worden vergroot door de faalkans van de Europoortkering fors te verkleinen.

Voor het bepalen van de MHW is de aanname voor de stormopzetduur in de MHW-berekening van belang. Deze is nu 29 uur, maar wordt in de toekomst waarschijnlijk bijgesteld naar 40 uur om rekening te houden met de klimaatverandering. Bij gelijkblijvende stormopzetduur kan met de maatregel waterberging op de Grevelingen circa vijftig jaar klimaatverandering worden opgevangen en kunnen aanvullende maatregelen voor de dijken in de Rijn-Maasmonding worden uitgesteld tot circa 2060. Indien wordt besloten de stormopzetduur te verlengen kunnen de huidige MHW's in 2015 (of snel daarna) al niet meer gehandhaafd worden.

4.3. Afvoercapaciteit

In het alternatief wordt de doorlaatcapaciteit van de Brouwersdam acht maal groter dan in de huidige situatie met alleen de Brouwerssluis. Daarnaast worden de turbines van de getijdencentrale ingezet als pomp. Dit biedt extra afvoermogelijkheden omdat water ook tijdens hoogwater op zee water naar de Noordzee gepompt kan worden. Het vermindert de schade op de Grevelingen door de maximale peilopzet te verlagen en de duur van de waterberging te verkorten. Het draagt echter niet bij aan de verlaging van de MHW op de rivieren. Er wordt in eerste instantie uitgegaan van een ondergrensbenadering van de capaciteit van een pompinstallatie, weergegeven in tabel 4.1. Hierbij zijn 70 turbines in de getijdencentrale ingericht voor een maximale opvoerhoogte van 2 m. Met deze pomp resulteert waterberging in een peilopzet van 2 dagen met een maximum van NAP + 1,50 m (Rijkswaterstaat 2010). De kosten voor het gereedmaken van de turbines om te kunnen pompen zijn M€ 10 (inclusief omzetbelasting). Tegen meerkosten kan de pompcapaciteit worden vergroot.

Tabel 4.1. Pompkarakteristiek getijdencentrale Brouwersdam

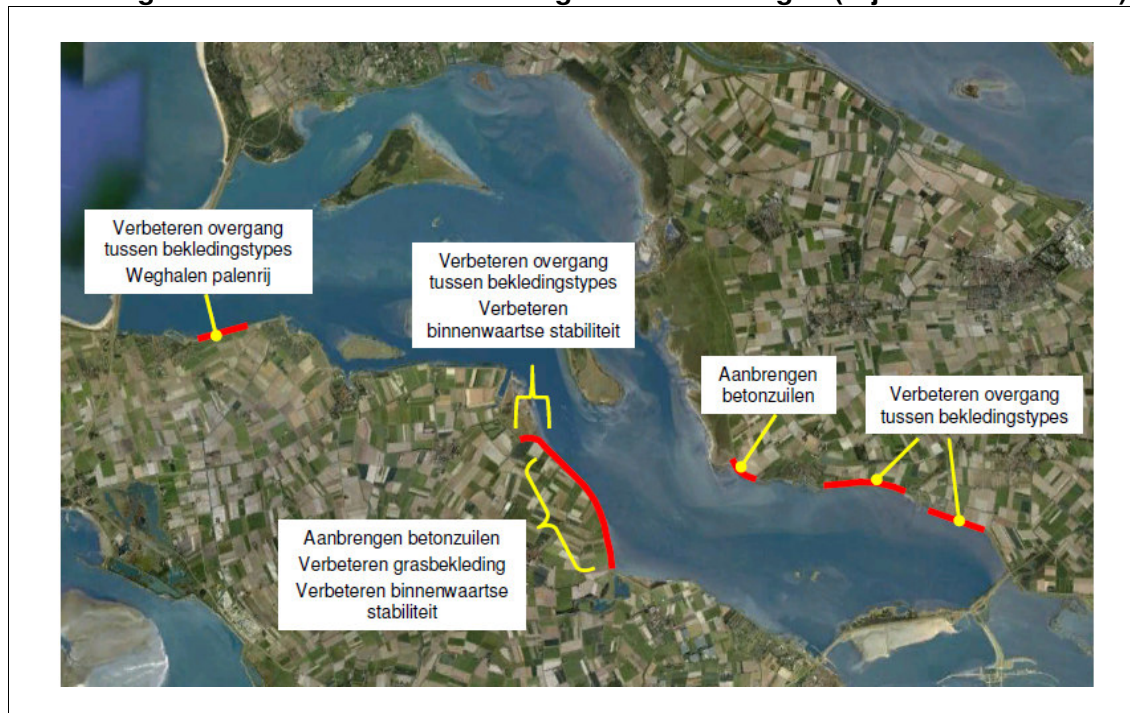
verval (Grevelingen - Noordzee) in meters	pompcapaciteit (m ³ /s)
- 2	2.330
- 1,5	3.150
- 1	3.810
- 0,5	4.365
0	4.850

* Bron: Termes *et al.* 2010

Wettelijke veiligheidsnormen en stabiliteit keringen

Voor het merendeel van de waterkeringen rond de Grevelingen geldt dat de maatgevende belastingen hoger worden dan de huidige maatgevende belastingen door de mogelijke inzet van het meer voor waterberging. Op enkele trajecten zijn versterkingsmaatregelen nodig om de waterkering bestand te maken tegen de belastingen die kunnen optreden bij de inzet van de waterberging. Het gaat hierbij om maatregelen voor verbetering van de dijkbekleding en de geotechnische stabiliteit van de dijken. Afbeelding 4.2 geeft een overzicht van de noodzakelijke verbetermaatregelen, hierbij is rekening gehouden met een peilopzet van NAP + 2 m. Aan de verschillende kunstwerken in de waterkering, zoals gemalen en sluizen, zijn geen grootschalige aanpassingen noodzakelijk. De totale kosten van de verbetermaatregelen worden op 10 miljoen geraamd. Eenzelfde berekening met peilopzet van NAP + 1,5 m levert niet veel besparing op. Er zijn ook een aantal keringen die nu al niet meer aan de huidige eisen voldoen. Omdat dit ook deel uitmaakt van de referentiesituatie wordt dit buiten beschouwing gelaten bij het beoordelen van de alternatieven.

Naast de verschillende versterkingsmaatregelen is, met name voor de waterkeringen aan de Zeeuwse zijde, ook een aanscherping van het beheer en onderhoud noodzakelijk. De beheer- en onderhoudskosten zullen voor de waterschappen dus toenemen als gevolg van de waterberging.

Afbeelding 4.2. Overzicht verbetermaatregelen waterkeringen (Rijkswaterstaat 2010)

5. EFFECTBESCHRIJVING WATERKWALITEIT EN ECOLOGIE

5.1. Inleiding

Om de structuur van deze bijlage goed te kunnen begrijpen, is het belangrijk te beseffen dat iedere bouwsteen één of twee dominante effecten heeft op het fysische milieu van de Grevelingen. Zo zijn de belangrijkste effecten van het doorlaatmiddel dat er getij terug komt op de Grevelingen en dat de stratificatie wordt opgeheven. Het belangrijkste fysische effect van de getijdencentrale is dat er turbines in de doorlaatopeningen geplaatst worden, waardoor de getijdencentrale moeilijk passeerbaar wordt voor de meeste vissen, zeegzoogdieren en andere waterdieren. Tabel 5.1 geeft per bouwsteen een overzicht van de belangrijkste primaire effecten op waterkwaliteit en ecologie. Uit tabel 5.1 blijkt dat de primaire effecten geheel verschillend zijn per bouwsteen. Hierdoor kunnen de effecten van de bouwstenen heel goed apart beschreven worden.

Tabel 5.1. Primaire effecten van de bouwstenen

bouwsteen	primaire effecten op waterkwaliteit en ecologie
doorlaatmiddel in de Brouwersdam	- getij met een getijslag van gemiddeld 50 cm - opheffen van de stratificatie op de Grevelingen
getijdencentrale	- barrièrewerking voor vis en andere diersoorten
permanent open verbinding in de Grevelingendam	- continue wateruitwisseling met het Volkerak-Zoommeer
waterberging tot een peil van NAP + 2,00 m	- incidenteel een waterschijf van meer dan 2 m met zoet rivierwater
schutsluis/overtoom	- verstoring door recreatievaart
kunstmatic opgewekte verticale waterbeweging	- verminderen stratificatie, maar zonder getij

De vijf alternatieven die in deze planMER worden beschouwd bestaan uit verschillende combinaties van bouwstenen, die dus meerdere primaire effecten met zich mee brengen. In tabel 5.2 staan de primaire effecten op waterkwaliteit en ecologie per alternatief weergegeven.

Alle effecten van de bouwstenen en alternatieven worden beschreven ten opzichte van de referentie. De effectbeschrijvingen beginnen daarom met het beschrijven van de referentie.

In de daarop volgende paragrafen staan de effecten per bouwsteen beschreven. In het hoofdrapport staan de effectbeschrijvingen per alternatief.

Tenslotte zijn nog aparte toetsingstabellen toegevoegd, waarin de alternatieven worden getoetst aan de KRW-doelen en de instandhoudingsdoelen voor Natura 2000.

Tabel 5.2. Primaire effecten van de bouwstenen

alternatief	bouwstenen	primaire effecten op waterkwaliteit en ecologie
1 duurzaam, veilig en vooruit bij een zout Volkerak-Zoommeer	- doorlaatmiddel Brouwersdam - getijdencentrale - permanent open verbinding in de Grevelingendam - waterberging tot een peil van NAP + 2,00 m - schutsluis/overtoom	- getij met een getijslag van gemiddeld 50 cm - opheffen van de stratificatie op de Grevelingen - barrièrewerking voor vis en andere diersoorten - continue wateruitwisseling met het Volkerak-Zoommeer - incidenteel een waterschijf van meer dan 2 m met zoet rivierwater (kans van eens in de 1400 jaar in de huidige situatie, oplopend tot eens in de 10 jaar in 2100) - verstoring door recreatievaart
2 duurzaam, veilig en vooruit bij een zoet Volkerak-Zoommeer	- doorlaatmiddel Brouwersdam - getijdencentrale - waterberging tot een peil van NAP + 2,00 m - schutsluis/overtoom	- getij met een getijslag van gemiddeld 60 cm - opheffen van de stratificatie op de Grevelingen - barrièrewerking voor vis en andere diersoorten - incidenteel een waterschijf van meer dan 2 m met zoet rivierwater - verstoring door recreatievaart
3 Grevelingen gebiedsontwikkeling	- doorlaatmiddel Brouwersdam - getijdencentrale - schutsluis/overtoom	- getij met een getijslag van gemiddeld 50 cm - opheffen van de stratificatie op de Grevelingen - barrièrewerking voor vis en andere diersoorten - verstoring door recreatievaart
4 waterberging Grevelingen	waterberging tot een peil van NAP + 2,00 m	- incidenteel een waterschijf van meer dan 2 m met zoet rivierwater
5 Grevelingen en effectbestrijding	- kunstmatig opgewekte verticale waterbeweging - Flakkeese spuisluis	- verminderen stratificatie, maar zonder getij

5.2. Beschrijving referentie

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 enige uitwisseling met de Oosterschelde plaats gaan vinden. Het opnieuw in gebruik nemen van de Flakkeese spuisluis is dan ook beschouwd als onderdeel van het referentiealternatief.

Waterkwaliteit

Zuurstof

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 (circa 80 % verzadiging gedurende het gehele jaar; Wetsteijn, 2011), maar diepere delen van het meer (vanaf circa 5 m diepte, maar vooral op dieptes groter dan 10 m) kunnen het hele jaar door zuurstofarm zijn met een zuurstofloze bodem (Bouma *et al.*, 2008). 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 m komt. Echter, in de huidige situatie wordt dit streefbeeld bij lange na niet gehaald. De spronglaag komt ondieper dan 15 m en met name tijdens een warm voorjaar en tijdens warme zomers kan meer dan 10 % van het bodemoppervlakte zuurstofloos worden (Bouma *et al.*, 2008, Lengkeek *et al.*, 2010, Wetsteijn, 2011). In de periode van 1999 tot en met 2010 was slechts in 5 van de 12 jaren het totale zuurstofloze bodemoppervlakte minder dan 5 % (Wetsteijn, 2011). Gebaseerd op waterkwaliteitsgegevens van 2008 heeft Deltares berekend dat in de huidige situatie circa 1.300 ha van het Grevelingenmeer gedurende een aaneengesloten periode van zeven dagen zuurstofloos wordt (1 m boven de bodem, zuurstofconcentratie < 3 mg/l) (Nolte & Spiteri, 2011).

Hoewel zuurstofloze condities al sinds de afsluiting in 1971 voorkomen, neemt de zuurstofproblematiek de afgelopen jaren verder toe. Zo komen zuurstofloze condities niet alleen meer tijdens een warm voorjaar en warme zomers voor, maar gedurende het hele jaar, is op basis van gegevens van 1990 tot en met 2010 in sommige gebieden een enorme toename van het zuurstofloze bodemoppervlakte waargenomen (Wetsteijn, 2011) en breiden zuurstofloze condities zich uit naar ondiepere delen van het meer (Bouma *et al.*, 2008).

Kenmerkend voor de zuurstofloze condities zijn de vorming van witte matten op de bodem van het Grevelingenmeer, veroorzaakt door verschillende soorten van de zwavelbacterie *Beggiatoa spp.* Hierbij dient overigens opgemerkt te worden dat niet op alle locaties met zuurstofloze condities witte matten aanwezig zijn (Lengkeek *et al.*, 2010). Een visuele inspectie van de bodem uitgevoerd op 198 locaties verspreid over het meer uitgevoerd in het najaar van 2010 toonde aan dat zowel de witte bacteriematten als zichtbare schade aan het bodemleven verspreid over het gehele meer voorkomen, met name op dieptes van 6 m en dieper (Lengkeek *et al.*, 2010). De noordelijke geul (het Springersdiep) bevatte de hoogste dichtheid aan witte matten. De verspreiding van witte matten vertoonde een enigszins 'patchy' patroon en zichtbare schade aan bodemleven kwam op meer locaties voor dan de witte matten.

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. De verschillen in zuurstofgehaltes tussen wel of geen gebruik van de Flakkeese spuisluis zijn klein. Wat zuurstofgehalte zijn er vrijwel alleen verschillen te vinden dicht bij de Flakkeese spuisluis zelf. In die Zuidoostelijke gebieden ligt het zuurstofgehalte in de periode mei/juli boven dat van de huidige situatie. De Flakkeese spuisluis heeft dus een positief maar lokaal effect op de zuurstofloosheid in het voorjaar.

Zoutgehalte

Het zoutgehalte in het Grevelingenmeer is vrij constant en schommelt rond de 17 g Cl⁻/l (Bouma *et al.*, 2008, Wetsteijn, 2011). De zoutgehalten in het Grevelingenmeer volgen de zoutgehalten in de Voordelta. Het opnieuw in gebruik nemen van de Flakkeese spuisluis zal onder het huidige beheer naar verwachting geen grote veranderingen in het zoutgehalte tot gevolg hebben. Mogelijk neemt lokaal het zoutgehalte iets af, omdat het Oosterschelde water ter hoogte van de spuisluis iets minder zout is dan het water in het Grevelingenmeer (Turlings *et al.*, 2009). Op systeemniveau zullen geen veranderingen optreden.

Nutriënten

De concentraties van de voedingsstoffen stikstof (N) en fosfor (P) zijn laag. De jaargemiddelde stikstofconcentratie (totaal N) schommelt rond de 0,5 mg/l (variërend van circa 0,49 tot 0,66 mg/l) (Wetsteijn, 2011). De fosforconcentratie (totaal P) vertoont een dalende trend en is sinds 1997 minder dan 0,1 mg/l (Wetsteijn, 2011). Zowel voor stikstof als voor fosfor geldt dat de (winter)concentratie in de Oosterschelde hoger is dan in het Grevelingenmeer. Iedere aanvoer uit de Oosterschelde leidt daardoor automatisch tot een verhoogde nutriëntenconcentratie in het Grevelingenmeer (Turlings *et al.*, 2009). Verwacht wordt dat dit alleen lokaal zal leiden tot iets hogere nutriëntenconcentraties (stikstofconcentratie mogelijk 10 % toename; fosforconcentratie onduidelijk (Zijl & Nolte, 2006) en dat op systeemniveau geen veranderingen optreden.

Doorzicht

Het doorzicht is in de periode van 1990 tot en met 1998 drastisch afgenomen van gemiddeld 5 m naar gemiddeld 2 - 2,5 m (Wetsteijn, 2011, Bouma *et al.*, 2008). In de periode van 1999 tot en met 2008 neemt het doorzicht weer langzaam toe naar circa 3 m (Wetsteijn, 2011). Oorzaken voor de drastische afname gevolgd door een lichte toename zijn onbekend, maar lijken niet gerelateerd aan zwevende stofgehalten, chlorofyl-a concentraties en/of humuszuren (Wetsteijn, 2011). Het doorzicht in het oostelijke deel van de Oosterschelde is met circa 2 m vergelijkbaar met het doorzicht in het Grevelingenmeer (Turlings *et al.*, 2009). De ingebruikname van de Flakkeese spuisluis heeft naar verwachting dan ook geen effect op het doorzicht (Bouma *et al.*, 2008).

Temperatuur en pH

De watertemperatuur en pH waarden zijn afhankelijk van een groot aantal factoren (onder andere waterdiepte) en kunnen daarom op eenzelfde moment sterk variëren op verschillende locaties en waterdieptes in het meer. De watertemperatuur van het oppervlakte water op de locatie Dreischor varieerde in de periode 1990 tot en met 2008 tussen 2 en 25 °C en de pH waarde tussen 8,1 en 8,3 (zonder waarneembare trend). De jaargemiddelde watertemperatuur varieerde tussen circa 10,6 en 12,8 °C (Wetsteijn, 2011).

Ecologie

Organismen van zachte substraten¹

Bodemdieren worden in het Grevelingenmeer vanaf 1990 tweemaal per jaar (voorjaar en najaar) bemonsterd in twee deelgebieden (westelijke en oostelijke plot) en drie dieptestrata (< 2 m, 2 - 6 m en dieper dan 6 m). Uit deze bemonsteringen blijkt, dat de aantallen bodemdieren en het asvrij drooggewicht in de periode van 1996 tot en met 2008 meer dan gehalveerd zijn.

¹ Informatie ontleend aan Wetsteijn, 2011 tenzij anders vermeld.

Het aantal soorten in het westelijke deel varieerde in de periode van 1990 tot en met 2008 van circa 50 - 75 soorten, in het oostelijke deel gaat het om circa 35 - 65 soorten. Het grootste gedeelte van de waargenomen soorten bestaat uit wormen, verder geleedpotigen, weekdieren en overige soorten. Sinds het begin van monitoring in 1990 tot en met 2008 is aangetoond dat op basis van dichtheden zogenaamde 'verworming' optreedt. Dit betekent dat wormen ten opzichte van weekdieren voor wat betreft dichtheden steeds belangrijker zijn geworden.

De aantallen bodemdieren per m² vertonen sinds 2003 een licht dalende trend zowel in het westelijke als oostelijke deel. Aantallen zijn over het algemeen in het westelijke deel hoger dan in het oostelijke deel (respectievelijk <10.000 dieren per m² en < 5.000 dieren/m²). Aantallen worden vooral bepaald door wormen, gevolgd door weekdieren, geleedpotigen en overige soorten.

Biomassa's worden vooral bepaald door schelpdieren (met name het muiltje *Crepidula fornicata* en de Japanse oester *Crassostrea gigas*). Biomassa's van overige aangetroffen soorten zijn veel lager. Biomassa's vertonen sinds 1993 een dalende trend in zowel het westelijke als oostelijke deel en zijn in de periode van 1996 tot en met 2008 meer dan gehalveerd.

Op basis van duikwaarnemingen in 2007 (Lengkeek *et al.*, 2007) en visuele inspecties van de bodem uitgevoerd in 2010 (Lengkeek *et al.*, 2010) kan gesteld worden dat ondiepe zachte substraten vooral gekenmerkt worden door de aanwezigheid van muiltjes, (slib)anemonen en wormen (wat zichtbare dieren betreft). Ook Japanse oesters worden wijd verspreid over het meer aangetroffen op zachte substraten. Op zachte substraten waar witte matten aangetroffen worden (vanaf 6 m diepte, maar vooral dieper verspreid over het hele meer), worden alleen enkele grondels en krabben aangetroffen. Op en in de bodem leven op deze locaties vrijwel geen dieren.

Verwacht wordt dat de zuurstofproblematiek zich in de toekomst nog verder uit zal breiden. Hierdoor zullen de levensomstandigheden van organismen van zachte substraten ook verslechteren. Verwacht wordt dat de aangetoonde ontwikkelingen over de afgelopen tientallen jaren zich voort zullen zetten: aantallen en biomassa's zullen op systeemniveau verder afnemen.

Organismen van harde substraten

Sinds 1985 worden hard substraat gemeenschappen twee keer per jaar (april en september) gemonitord op vier locaties: Scharendijke, Den Osse, Dreischor, Bruinisse.

De gegevens verzameld in de periode van 1985 tot en met 2001 laten zien dat de gemeenschappen van het harde substraat tot circa 1992 - 1993 redelijk stabiel waren, maar daarna ontwikkelden er zich duidelijk andere gemeenschappen¹. Deze verandering bestond voornamelijk uit een verarming van de soortendiversiteit op alle diepten met uitzondering van de zone met een diepte van 5 - 10 m bij Dreischor waar de diversiteit toenam. De afname in soortendiversiteit lijkt gerelateerd te zijn aan de zuurstofloosheidsproblematiek die steeds nadrukkelijker voorkomt. 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. Met name typische Oosterschelde soorten, zoals enkele zeenaaktslakken, vestigden zich en breidden zich sindsdien aanzienlijk uit in

¹ Informatie ontleend aan Bouma *et al.*, 2008.

het Grevelingenmeer na het veranderde spuisluisbeheer. Deze veranderingen zijn vooral duidelijk zichtbaar in het westelijke deel van het meer nabij de Brouwerssluis. In het oostelijke deel zijn veranderingen minder duidelijk.

De gegevens van na 2001 zijn niet geanalyseerd, maar er lijkt een verarming te zijn opgetreden (persoonlijke mededeling Marco Dubbeldam in Wetsteijn, 2011).

Duikwaarnemingen in 2007 (Lengkeek *et al.*, 2007) en camera inspecties van de bodem uitgevoerd in 2010 (Lengkeek *et al.*, 2010) tonen aan dat de Japanse oester op alle harde dijkgooiingen zeer dominant aanwezig is. 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. Een goede beschrijving van de ontwikkeling van de Japanse oesters in het Grevelingenmeer is niet beschikbaar.

Wanneer de zuurstofproblematiek zich in de toekomst verder uitbreidt naar nog ondiepere delen van het meer, zullen hard substraat gemeenschappen op de dijktafstanden ook negatief beïnvloed worden. De soortenrijkdom en biomassa's van organismen van harde substraten nemen dan naar verwachting af.

Zeegras

In zoutwater systemen, zoals het Grevelingenmeer, kunnen zeegrasvelden een belangrijke functie vervullen als habitat voor vissen en macrofauna. Tot 1985 varieerde het oppervlak Groot zeegras met bedekkingspercentages > 5 % van circa 1.200 tot 4.600 ha, maar na 1985 volgt een gestage afname (Wetsteijn, 2011). Sinds het jaar 2000 is het zeegras zelfs volledig uit het Grevelingenmeer verdwenen. De oorzaak is waarschijnlijk het constant hoge zoutgehalte.

De ingebruikname van de Flakkeese spuisluis leidt naar verwachting alleen lokaal tot een iets lager zoutgehalte, op systeemniveau worden geen veranderingen verwacht. Omdat er geen groot zeegras meer in het meer voorkomt en vermoedelijk ook niet meer in de Oosterschelde zal er geen sprake kunnen zijn van terugkeer van deze soort. Dat kan alleen door herintroductie met plantmateriaal van buiten de Delta. De omstandigheden voor zeegras zijn en blijven ongeschikt voor een terugkeer zeegras in het Grevelingenmeer.

Algenbloei en zeesla

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

- fytoplankton (zweefalgen) dat in het meer zelf tot ontwikkeling komt;
- fytoplankton dat in de Noordzee opbloeit en via de Brouwerssluis in het meer terecht komt (bijvoorbeeld *Phaeocystis*-bloeien);
- macroalgen, zoals bijvoorbeeld zeesla.

De hoeveelheid algen wordt bepaald door het meten van chlorofyl-a gehalten. Gemeten chlorofyl-a dagwaardes bij Dreischor variëren in de periode van 1990 tot en met 2008 meestal tussen 0,1 en 20 µg/l (zonder waarneembare trend). De jaargemiddelde chlorofyl-a concentraties varieerden tussen circa 2,6 en 8,0 µg/l (Wetsteijn, 2011).

Problemen met grootschalige algenbloeien komen in het Grevelingenmeer vrijwel nooit voor, wat waarschijnlijk samenhangt met de stikstoflimitatie in het systeem (ontleend aan Bouma *et al.*, 2008). Wel kunnen *Phaeocystis* bloeien op de Noordzee en via de Brouwerssluis het Grevelingenmeer binnenstromen (Bouma *et al.*, 2008 en referenties daarin). Problemen met toxische algen zijn zeldzaam.

De grootschalige bloei van zeesla vormt in het Grevelingenmeer in sommige jaren 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.

In de periode 1989 tot en met 2007 is onderzoek gedaan naar het voorkomen van macroalgen, waarbij ook de aanwezigheid van zeesla werd genoteerd. Zeesla leek vooral toe te nemen in de jaren 2000 en 2003 (Verschure 2000, 2003). Macroalgen worden tegenwoordig niet meer gemonitord.

Tijdens de visuele inspecties van de bodem uitgevoerd in 2010 (Lengkeek *et al.*, 2010) is echter als aanvullende informatie bijgehouden op welke locaties zeesla werd aangetroffen en wat het bedekkingspercentage was. Op 46 van de 198 onderzochte locaties werd zeesla aangetroffen met als bedekkingspercentage 0 % op 152 locaties, 1 - 25 % op 32 locaties, 26 - 50 % op 9 locaties, 51 - 75 % op 2 locaties en 76 - 100 % op 3 locaties. Volgens De Kraker (2010) was er in de periode van 2007 tot en met 2009 niet hinderlijk veel zeesla meer aanwezig in het Grevelingenmeer (Wetsteijn, 2011). De toekomstverwachting voor de bloei van zeesla is onduidelijk.

Door de ingebruikname van de Flakkeese spuisluis nemen nutriëntenconcentraties lokaal iets toe (zie hoofdstuk waterkwaliteit). Hierdoor zou de bloei van algen in de directe omgeving van deze spuisluis iets toe kunnen nemen.

Vissen¹

Voor de afsluiting werden in de Grevelingen meer dan 30 soorten vis aangetroffen in boomkorvangsten (= bodembeving, het totaal aantal soorten lag hoger). Na de afsluiting daalde het aantal soorten uit boomkorvangsten naar circa 20. Toen de Brouwerssluis jaar rond open werd gezet steeg dit weer naar 26.

In de periode na 1980 werd er een monitoringsprogramma voor vis in het Grevelingenmeer 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 jaar rond open gezet, met uitzondering van de 30 dagen tussen september en december voor de palingvisserij. Vanaf 2006 staat de spuisluis helemaal jaar rond open zodat de schieraal naar zee trekken om zich voort te planten. Vanaf 2009 mag er tijdens de trek van schieraal niet meer op paling worden gevestigd.

In december 2007 (pilot) en maart 2008 is met een 3 m brede boomkor een visinventarisatie uitgevoerd op 23 trekken met een totaal bevestigd oppervlakte van 5,4 ha. Tijdens de pilot² in 2007 werden 27 vissoorten gevangen en in 2008 23 vissoorten. Dit aantal aangetroffen vissoorten is vergelijkbaar met eerdere bemonsteringen wanneer de Brouwerssluis jaar rond open was. De in aantal belangrijkste soorten behoren tot de grondels en platvissen. In termen van biomassa zijn schol en tong de belangrijkste soorten gevolgd door dikkopje en zwarte grondel. Uit een lengte-frequentieverdeling van schol, schaar en tong gezamenlijk

¹ Informatie ontleend aan Bouma *et al.*, 2008.

² Informatie ontleend aan Wetsteijn, 2011.

blijkt, dat in het Grevelingenmeer voornamelijk exemplaren uit de kleinere lengteklassen verblijven en nauwelijks volwassen (geslachtsrijpe) dieren.

Voor KRW-beoordelingen worden vissoorten gegroepeerd in verschillende ecologische gilden. Uit de soortenlijst van Wetsteijn (2011) is op te maken dat er in de recente bemonsteringen 3 diadrome soorten worden aangetroffen, 9 estuarien residenten, 11 mariene soorten en geen zoetwatervissen.

Door de ingebruikname van de Flakkeese spuisluis zal het water in de directe omgeving van de sluis zeer dynamisch worden. Dit zal zeer lokaal een aantrekkingskracht hebben op vis. Op systeemniveau wordt verwacht dat de omstandigheden voor in het bijzonder bodemgebonden vissen verslechteren. Hoe groter het zuurstofloze bodemoppervlak hoe kleiner hun habitat. Het aantal soorten is afgenomen na de afsluiting, maar is sindsdien stabiel. Er wordt daarom geen verdere afname verwacht. Door de verwachte achteruitgang van het habitat door zuurstofloosheid wordt wel een verdere achteruitgang van biomassa's verwacht.

Vogels¹

Broedvogels

Broedvogelsoorten met instandhoudingsdoelen vanuit Natura 2000 zijn de bruine kiekendief en zes soorten kustbroedvogels: kluut, bontbekplevier, strandplevier, grote stern, visdief en dwergstern.

Bruine kiekendief

De bruine kiekendief broedt in rietvegetaties en moerassige ruigten. Vanaf de jaren tachtig heeft een toename plaatsgevonden tot 20 paren in 1997 en 2001. In de periode 1999 - 2003 bedroeg het gemiddelde aantal broedparen 17 en in de periode 2005 - 2009 schommelde het aantal broedparen tussen 14 en 17 (Netwerk Ecologische Monitoring (SOVON, RWS, CBS)/www.sovon.nl). In 2010 werd het aantal broedparen geschat op 12 - 14 (De Kraker, 2011). Vanuit Natura 2000 is het doel voor deze soort 20 broedparen. Indien moerasvegetaties (riet en natte ruigten) overgaan in struwelen en bos, zal het aantal broedparen van de bruine kiekendief verder achteruitgaan.

Kustbroedvogels algemeen

Voor wat betreft de kustbroedvogels geldt, dat zij gemakkelijk van broedgebied kunnen wisselen. Ze zijn aangepast aan een dynamisch milieu. Indien elders in het Deltagebied alternatieve broedgebieden ontstaan worden deze snel in gebruik genomen. In de huidige situatie is het echter zo dat er vrijwel geen alternatieve broedplekken ontstaan in het Deltagebied. Kustbroedvogels, waaronder de soortgroepen die hieronder behandeld worden, zijn voor het merendeel afhankelijk van kale zandbodems om op te broeden. In een natuurlijk zout kustmilieu zijn kale zandgronden afdoende voorhanden. Kale zandgronden ontstaan wanneer gebieden incidenteel onderlopen met zout water: dit beperkt de vegetatieontwikkeling. In gebieden met zoet water en een relatief lage dynamiek treedt snel vegetatie successie op, dit gebeurde ook in de Grevelingen na afsluiting. In eerste instantie nam het oppervlak kale zandgronden na de afsluiting toe en de kustbroedvogels profiteerden hiervan. Het systeem werd echter steeds zoeter en in combinatie met een stagnant waterpeil trad al snel vegetatiesuccessie op. Ook de opkomst van predatoren zorgde voor een afname in het aantal broedparen. In recente jaren is te zien dat populaties reageren op ge-

¹ Informatie ontleend aan Bouma *et al.*, 2008 en Wetsteijn, 2011.

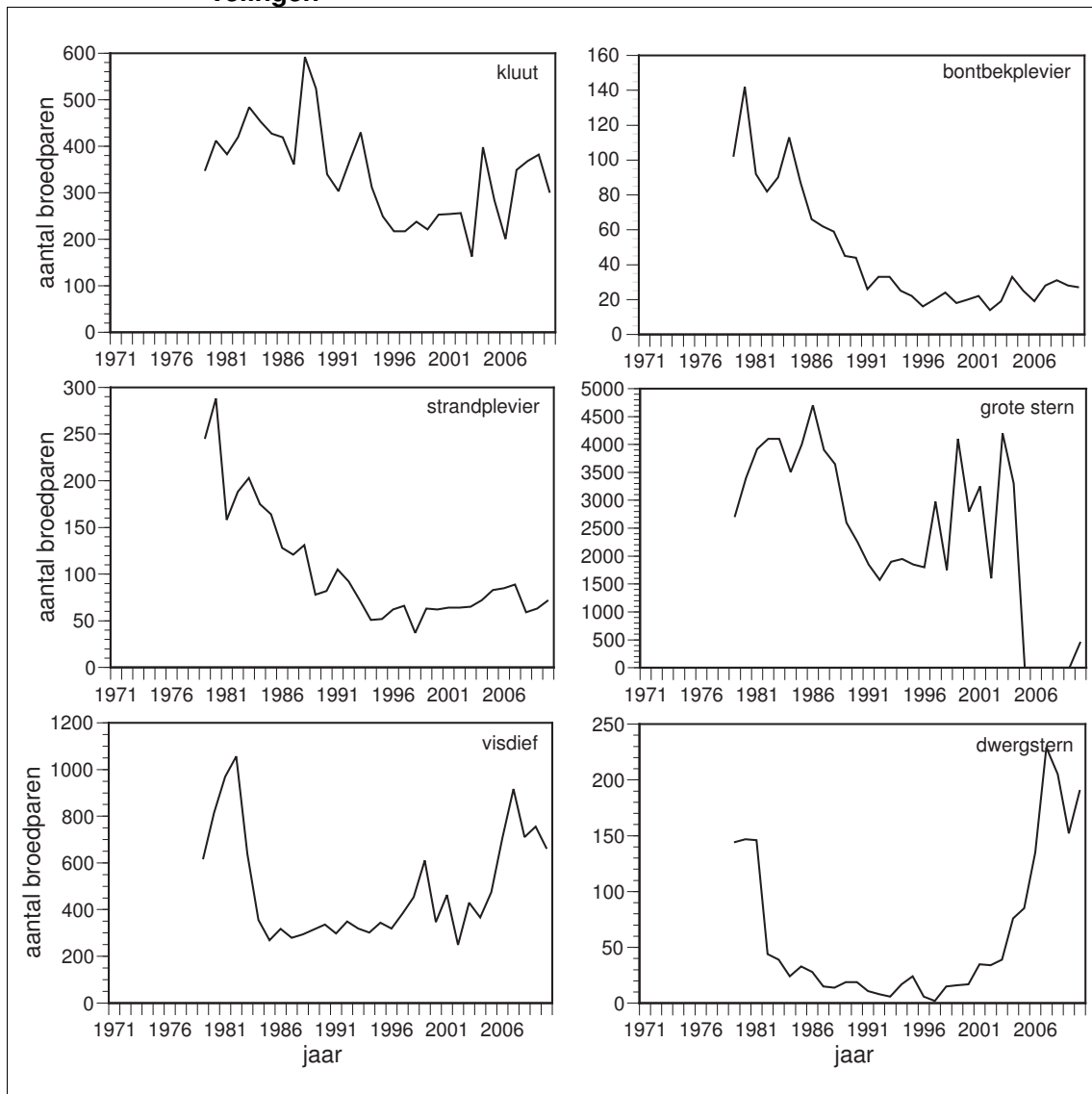
richte beheermaatregelen (aanleg van eilandjes, jaarlijks maaien van vegetaties, aanbrengen van schelpenlagen en tijdelijk weren van vee). Ook gericht peilbeheer draagt hier aan bij.

Kluut, strandplevier, bontbekplevier

Strandplevier en bontbekplevier profiteerden direct na de afsluiting, maar al kort daarop (vanaf eind jaren tachtig) nam het aantal broedparen snel af. De laatste jaren zijn de aantallen strand - en bontbekplevier stabiel. De kluten in de Grevelingen hebben echter nauwelijks broedsucces (De Kraker, 2011). De volgende data zijn beschikbaar:

- de Grevelingen is voor de strandplevier een waar bolwerk in de Delta: in de periode 2007 - 2009 waren er gemiddeld 70 broedparen, maar liefst 45 % van de gehele Delta. Ten opzichte van de periode daarvoor (2003 - 2005) is er een stabiele trend. In recente jaren bedroeg het aantal broedparen 91 (2007), 59 (2008), 64 (2009) en 72 (2010);
- de bontbekplevier vormde in de jaren 2007 tot en met 2009 met gemiddeld 29 broedparen in de Grevelingen ongeveer 18 % van de broedpopulatie in de gehele Delta. Ten opzichte van 2003 - 2005 is dit een lichte toename. In 2008 zijn 31 broedparen vastgesteld; in 2009 28 en in 2010 27;
- de kluut bereikte rond 1988 een piek in de aantallen, waarna de populatie geleidelijk stabiliseerde tot gemiddeld 250 broedparen. In recente jaren is een lichte toename te zien, maar tussen jaren kunnen aanzienlijke schommelingen optreden. In de periode 2007 tot en met 2009 vormde de gemiddeld 366 paren 14 % van de populatie in de gehele Delta. Ten opzichte van 2003 - 2005 is dit een duidelijke toename. In 2008, 2009 en 2010 bedroeg het aantal broedparen respectievelijk 324, 333 en 382.

Abbeelding 5.1. Ontwikkeling van de belangrijkste kustbroedvogelsoorten in de Grevelingen



* Bron: 1987 - 2009 gegevens Strucker *et al*; 2010: De Kraker (2011).

Sterns

Van de sterns zijn grote stern, dwergstern en in mindere mate visdief en noordse stern gebonden aan dynamische kustmilieus:

- de grote stern heeft tot de afsluiting onregelmatig en in wisselende aantallen op de Hompelvoet gebroed. Na de afsluiting namen de aantallen snel toe tot 4.100 broedparen in 1981. In de periode 1979 tot en met 2004 broedden er tussen de 2.500 en 4.700 broedparen. In de periode 2005 - 2009 waren er geen broedgevallen van grote sterns in de Grevelingen, maar in 2010 was er weer een vestiging van 465 grote sterns op Markenje (De Kraker 2011). In 2011 is sprake van maar liefst 4.000 broedparen op Markenje (mond.med P. Meijninger);
- in de jaren 1979 tot en met 1981 broedden er ongeveer 140 paren dwergsterns in de Grevelingen. Vervolgens kwam het aantal in de daaropvolgende 20 jaar niet boven de 45 broedparen (dwergstern is erg gevoelig voor vegetatiesuccessie). Vanaf 2004 is een spectaculaire toename geconstateerd die zich de laatste jaren rond 190 broedparen

stabiliseert. Dit is 38 % van de deltapopulatie. In 2008 zijn 229 paren geteld, in 2008 205 paren, in 2009 152 paren en in 2010 191 paren;

- ook de visdief vestigde zich aanvankelijk in grote aantallen op de Hompelvoet (maximaal 800 paren). Vervolgens daalden de aantallen tot gemiddeld rond de 300 - 400 broedparen. Recent is er weer een toename geconstateerd. In de periode 2007 tot en met 2009 zijn gemiddeld 857 paren geteld (13 % van de delta), dit is een toename ten opzichte van 2003 - 2005. In 2008 zijn 814 paren geteld, in 2009 872 en in 2010 661;
- de noordse stern tenslotte vertoont sinds 1979 een gestage toename in het aantal broedparen. Vanaf eind jaren negentig is een snelle toename geconstateerd. In de periode 2007 tot en met 2009 broedden er gemiddeld 50 paren (67 % van de gehele Delta). In 2008 zijn 44 broedparen geteld; in 2009 59 en in 2010 55.

Door peilbeheeraanpassingen, vegetatiebeheer en inrichtingsmaatregelen zijn de meeste soorten kustbroedvogels in aantallen stabiel of gaan zelfs (weer) vooruit. Indien dit beheer wordt voortgezet zullen de huidige aantallen zich kunnen handhaven of toenemen conform de huidige trend.

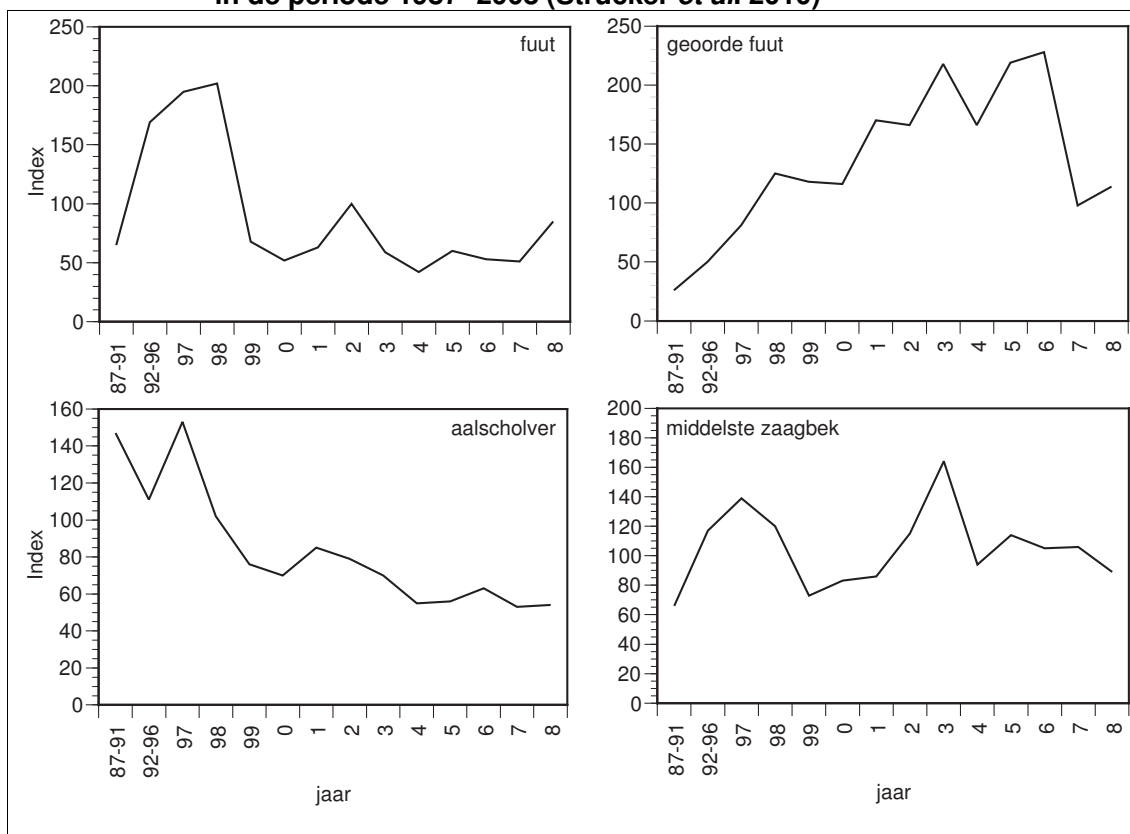
Niet-broedvogels

De watervogels worden vaak ingedeeld in een aantal voedselgroepen:

- viseters van open water (bijvoorbeeld duikers en futen);
- viseters van ondiep water (bijvoorbeeld reigers en lepelaar);
- planteneters (bijvoorbeeld zwanen en grondeleenden);
- bodemdiereters van open water (bijvoorbeeld duikeenden);
- bodemdiereters van ondiep water (bijvoorbeeld steltlopers, bergeend).

In de zoute Delta is de Grevelingen verreweg het belangrijkste gebied voor viseters. Voor steltlopers is de Grevelingen alleen van belang als hoogwatervluchtplaats. Door het gebrek aan droogvallende platen is de foerageerfunctie klein. Daarnaast is de Grevelingen ook van belang voor een aantal herbivore watervogels. Hieronder worden van de verschillende voedselgroepen kort de trends besproken, tot en met seizoen 2008 - 2009.

Abbeelding 5.2. Indices van de vier talrijkste visetende watervogels in de Grevelingen in de periode 1987- 2008 (Strucker *et al.* 2010)



* Het gemiddeld aantal vogeldagen over de gehele periode is op 100 gesteld. Voor de periode 1987 - 1991 en 1992 - 1996 is de gemiddelde index gegeven.

Viseters van open water

Dit betreft een zestal soorten: dodaars, fuut, kuifduiker, geoarde fuut, aalscholver en middelste zaagbek. Hiervan zijn fuut, middelste zaagbek, geoarde fuut en aalscholver de talrijkste soorten. De trends voor deze soorten:

- de fuut was vooral talrijk in de periode 1992 - 1998 om daarna op een duidelijk lager niveau te stabiliseren;
- de aalscholver laat aanvankelijk een afnemende trend zien om de laatste vijf telseizoenen stabiel te blijven;
- de geoarde fuut laat een toenemende trend zien vanaf 1987 tot en met 2003, waarna enkele jaren een stabilisatie in de index optrad. De laatste twee telseizoenen is de index gehalveerd;
- de middelste zaagbek laat aanvankelijk net als de fuut een toename van de index zien, waarna een afname volgt. In 2002 en 2003 is er een korte piek en de laatste jaren beweegt de index zich rond de 100.

De verschillen in trends lijken samen te hangen met de voedselkeuze. De aalscholver jaagt op relatief grote vis, terwijl fuut en middelste zaagbek kleinere vis consumeren. De geoarde fuut die tot 2008 een toenemende trend laat zien jaagt op kleine vis. Ook andere soorten, die op kleine vis of garnalen jagen, zoals de kuifduiker, laten na een geleidelijke toename de laatste jaren een duidelijke afname zien. Alleen de dodaars, die naast vis veel kleine ongewervelden eet, laat een nog steeds toenemende trend zien. Het verschil in trends tussen vogelsoorten die op grote versus kleine vis jagen, suggereert een verandering in de samenstelling van de vispopulaties. Overigens is er ook een onderscheid te maken in

trends tussen de drie delen van de Grevelingen (west, midden, oost). Geoorde futen, bijvoorbeeld, namen vooral in het midden en oosten van de Grevelingen toe.

Ten aanzien van de vissen wordt weliswaar geen verdere achteruitgang in het aantal soorten verwacht, maar wel een achteruitgang van de biomassa, zodat een afname van het aantal visetende vogels niet uitgesloten kan worden.

Viseters van ondiep water

Dit betreft soorten als kleine zilverreiger en lepelaar. De trends van deze soorten laten een toename zien vanaf 1997 - 1998. Voor de kleine zilverreiger lijkt er na het seizoensgemiddelde van 50 vogels in de periode 1999 - 2003 een lichte afname te hebben plaatsgevonden tot gemiddeld 43 vogels in de laatste vijf seizoenen. Het seizoensgemiddelde van de lepelaar is daarentegen gestegen van 70 in 1999 - 2003 naar 81 in de daarop volgende jaren (Netwerk Ecologische Monitoring (SOVON, RWS, CBS)/www.sovon.nl). Door het vrijwel ontbreken van voormalige slikken en platen is het oostelijke deel van de Grevelingen minder geschikt voor deze voedselgroep.

Aangezien beide soorten vooral in ondiep water foerageren worden geen veranderingen ten aanzien van deze soorten verwacht.

Planteneters

In de Grevelingen wordt de vogelgemeenschap gedomineerd door de planteneters. De talrijkste soorten binnen deze groep betreffen smient, wilde eend, brandgans, rotgans, meerkoet en grauwe gans. Sinds het begin van de tellingen (1987) neemt deze voedselgroep gestaag toe. Planteneters bevinden zich vooral in het westelijke en middelste deel van de Grevelingen, alwaar op voormalige slikken en platen wordt gevoerd.

Veel soorten herbivore watervogels vertonen een stabiele trend sinds de afsluiting, maar bij enkele soorten is de laatste vijf jaren een verandering opgetreden. Grauwe gans, brandgans, rotgans en meerkoet zijn duidelijk toegenomen, terwijl smient, wilde eend en meerkoet duidelijk zijn afgenomen. De populatie kleine zwanen is stabiel. Vooral soorten uit de oeverzone en soorten die op de schorvegetaties foerageren zijn afgenomen, terwijl soorten die voor een belangrijk deel overdag op grasland foerageren zijn toegenomen. De hier beschreven ontwikkelingen zullen zich in de autonome situatie voortzetten.

Minder talrijke soorten die bovendien deels op dierlijk voedsel foerageren zijn wintertaling, krakeend en pijlstaart. Sinds de afsluiting van de Grevelingen tot 2003 vertoonden deze soorten respectievelijk een onduidelijke trend, een toename en een sterke toename (SOVON 2005). In de jaren hierna is het aantal krakeenden en wintertalingen weer afgenomen, terwijl het aantal pijlstaarten nog iets gestegen is.

De ganzen en zwanen zullen naar verwachting stabiel blijven, omdat ze voor een belangrijk deel in agrarisch gebied foerageren. Soorten die op het schor foerageren zoals smient, wintertaling en wilde eend zullen met verdergaande ontzilting van de oeverzone verder achteruit gaan.

Bodemdiereters van open water

De trend voor de bodemdiereters van open water (brilduiker) is over de gehele periode 1987 - 2009 negatief. De aantallen zijn tegenwoordig (2004 - 2008) nog maar een derde van de aantallen uit de periode 1987 - 1992. De brilduiker heeft een voorkeur voor het westelijke en middelste deel van de Grevelingen.

Bij een verdere achteruitgang van het onderwaterleven zullen de foerageermogelijkheden voor de brilduiker afnemen.

Bodemdiereters van ondiep water

Binnen deze voedselgroep vallen zowel steltlopers zoals kluut, bontbekplevier, strandplevier, goudplevier, zilverplevier, bonte strandloper, rosse grutto, wulp, tureluur en steenloper, maar ook een soort als de bergeend. Enkele soorten zijn na de afsluiting geleidelijk in aantal afgenomen zoals rosse grutto en steenloper, al lijken de aantallen te stabiliseren. Bontbekplevier en bergeend zijn aanvankelijk in aantal afgenomen, maar nemen de laatste jaren in aantal toe. Kluut en strandplevier zijn stabiel gebleven. Goudplevier, tureluur en zilverplevier zijn aanvankelijk in aantal toegenomen maar de aantallen stabiliseren de laatste jaren. Bonte strandloper en wulp zijn geleidelijk in aantal toegenomen en dit zet zich nog steeds voort. De bergeend is aanvankelijk in aantal afgenomen maar vervolgens zijn de aantallen steeds verder toegenomen (SOVON 2005, Netwerk Ecologische Monitoring (SOVON, RWS, CBS)/www.sovon.nl).

In grote lijnen geldt voor de meeste soorten dat de laatste jaren de aantallen stabiel zijn of toenemen. Mogelijk neemt alleen de rosse grutto nog steeds in aantal af. Soorten als bontbekplevier, strandplevier, goudplevier en wulp foerageren deels (en goudplevier grotendeels) op de schorren en aangrenzende grasvlakten. Door ontzilting en vegetatiesuccessie kan op termijn het foerageerhabitat voor deze soorten negatief beïnvloed worden, waardoor op termijn de aantallen van deze soorten afnemen. De overige soorten zijn meer gebonden aan ondiep zout water. De voedselbeschikbaarheid zal voor deze soorten niet of nauwelijks beïnvloed worden, maar door oeverafslag en vooroeververdieping kunnen de omstandigheden voor deze soorten wel minder gunstig worden.

Zeezoogdieren¹

Sinds 2008 zitten er permanent circa 15 zeehonden in het Grevelingenmeer, waarbij het gaat om 12 gewone zeehonden en 3 grijze zeehonden. De zeehonden rusten vooral op het kunstmatige eiland Archipel. In 2008 is er één jong geboren en in 2009 drie. Zeehonden komen via de spuiscuis van de Voordelta in het Grevelingenmeer terecht en kunnen ook weer terugzwemmen naar de Voordelta. Gezien de toename van het aantal zeehonden in de Voordelta wordt verwacht dat het aantal zeehonden in het Grevelingenmeer in de toekomst ook verder toe zal nemen. Naast zeehonden worden er ook af en toe bruinvissen in het meer gezien en mogelijk waren er in 2007 4 tuimelaars in het meer aanwezig (Wetsteijn, 2011).

Noordse woelmuis²

De Nederlandse populatie van de Noordse woelmuis is een aparte ondersoort (*Microtus oeconomus arenicola*) en is de enige endemische zoogdiersoort van Nederland. De soort is typerend voor vochtige tot uitgesproken natte vegetaties in laagveen- en kleigebieden. Een hoge dynamiek met wisselende waterstanden is gunstig voor de soort. In drogere gebieden met weinig dynamiek wordt de Noordse woelmuis weggeconcentreerd door de veldmuis en aarmuis.

De Noordse woelmuis komt verspreid langs de oevers en op de eilanden van het Grevelingenmeer voor. Tussen 1940 en de afsluiting van de Grevelingen kwam de soort voor op zowel Goeree-Overflakkee en ook op locaties langs de randen van het Grevelingenmeer. Voor de afsluiting kwam op de slikken van Flakkee waarschijnlijk alleen de Noordse woel-

¹ Informatie ontleend aan Wetsteijn, 2011.

² Informatie ontleend aan Wetsteijn, 2011.

muis voor. In 1980 was het percentage Noordse woelmuizen sterk gedaald en het percentage veldmuizen gestegen. Toen werd de Noordse woelmuis alleen nog gevangen op onbeweide vochtige rietvegetaties en de rietvegetaties op het slik.

Tussen 1970 en nu is herhaaldelijk verspreidingsonderzoek gedaan waaruit blijkt dat de woelmuis op de meeste oevers en eilanden voorkomt. Opvallend is dat de soort tegenwoordig van de Veermansplaat verdwenen is. Uit de meest recente onderzoeken (van de Kraker) uit de periode 2000 tot nu, blijkt dat de soort nog steeds wijd verspreid voorkomt maar van echte populaties en geschikte leefgebieden is alleen sprake op: de Kil, Archipel, Markenje, Slikken van Flakkee (meest noord maar ook midden en zuid), Stellegors en Batenoord.

De soort doet het vooralsnog goed in de Grevelingen. Met name op plaatsen waar door isolatie (eilanden) of door vocht en dynamiek geen concurrentie met de veldmuis is. Op locaties waar beide soorten in concurrentie leven, leeft de Noordse woelmuis alleen op locaties waar het te dynamisch en te nat is voor de veldmuis. De veldmuis heeft de Noordse woelmuis al op verschillende locaties verdreven (Wetsteijn 2011).

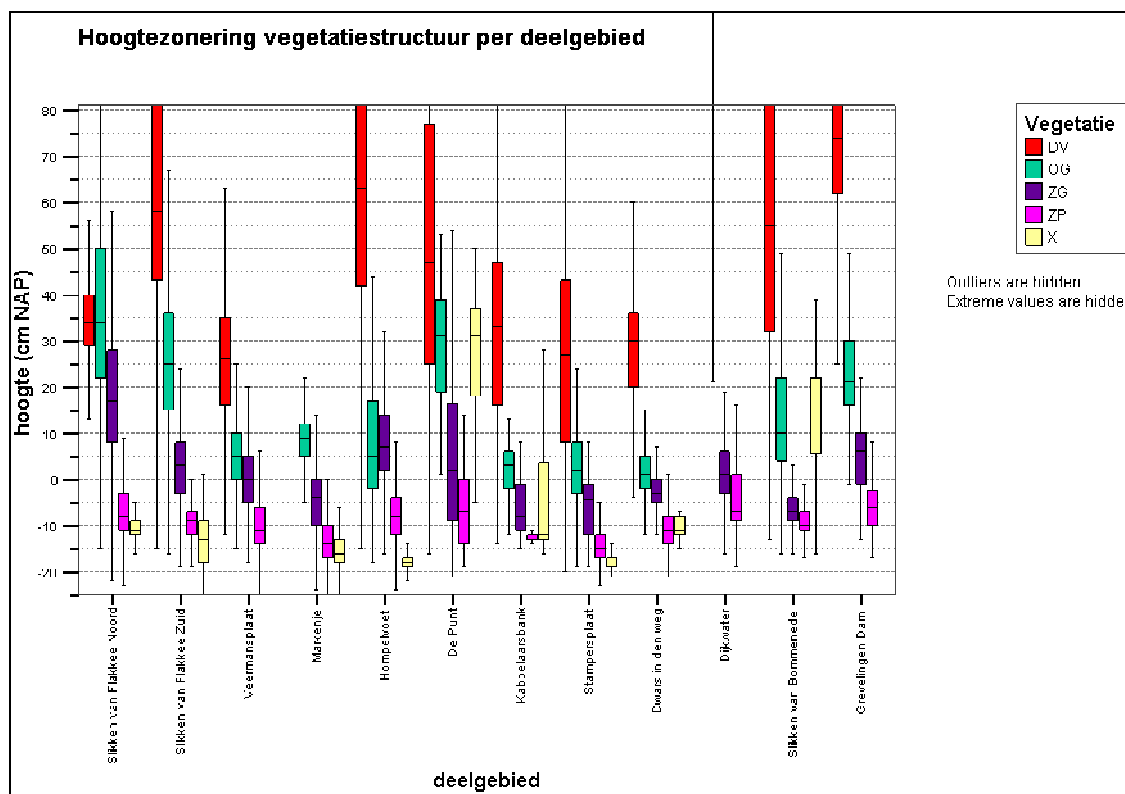
Het is echter onzeker of deze gunstige situatie voor de Noordse woelmuis blijft voortbestaan. Het instellen van (begrazings)beheer om vegetatiesuccessie tegen te gaan heeft sterk nadelige consequenties. Een van de andere belangrijkste concurrenten, de Aardmuis, heeft zich nog niet gevestigd op Schouwen-Duivenland en Goeree-Overflakkee. Wanneer deze soort zijn intrede doet in het Deltagebied kan dit sterk negatieve effecten hebben op de Noordse woelmuis.

Vegetatie, huidige situatie¹

Voor de beschrijving van de huidige situatie is gebruik gemaakt van de vegetatiestructuurkaart van Rijkswaterstaat uit 2005 (Anonymus, 2006). Op basis van deze kaart wordt onderscheid gemaakt tussen de zoutminnende vegetaties zilte pioniers (zeer open vegetaties met zouttolerante planten zoals zeekraal en melkkruid) en zilt grasland (min of meer gesloten graslanden met zouttolerante grassen zoals kweldergras en zilte rus), overstromingsgrasland (min of meer gesloten grasland met soorten van zoet of brak milieu zoals fio-ringras, zilte zegge en aardbeiklaver) en de zoetminnende duinvalleivegetaties (meestal vrij open en kruidenrijke vegetaties met zoutmijdende soorten zoals parnassia, rietorchis, vleeskleurige orchis, dwergzegge en moeraswespenorchis). Door het beperkte detailniveau is er in werkelijkheid echter meer variatie in vegetatie en abiotiek dan op grond van deze kaart blijkt. Het belangrijkste algemene punt is dat de duinvalleivegetaties eigenlijk opgedeeld moeten worden in een natte en een droge variant. De natte duinvalleivegetaties hebben permanent hoge grondwaterstanden, meestal als gevolg van kwelwater. Ze zijn veelal verwant aan de knopbiesassociatie en zijn rijk aan duinvalleisoorten, zoals moeraswespenorchis, vleeskleurige orchis en groenknolorchis. De best ontwikkelde vormen hiervan komen voor op de Veermansplaat. De droge variant heeft grondwaterstanden die in de zomer meer dan 50 cm wegzakken. Ze hebben meer kenmerken van vochtige schraallanden dan van duinvalleivegetaties (Van Haperen, 2009). Ook in deze vegetaties komen bijzondere soorten voor, zoals slanke gentiaan, herfstschroeforchis, harlekijn, gelobde maanvaren en gewone vleugeltjesbloem. De best ontwikkelde vormen van dit type komen voor op Hompelvoet (De Kraker, 2008; Van Haperen, 2009). Hogerop de platen liggen droge graslanden en ruigten, die deels behoren tot de habitattypen H2130 Grijze Duinen en H6430 Ruigten. Hoge delen die niet gemaaid of begraasd worden zijn overgegaan in struwelen en bossen, die deels behoren tot het habitatype H2160 Duindoornstruwelen.

¹ Informatie ontleend aan Van de Haterd *et al.*, 2010.

Afbeelding 5.3. Boxplots van de hoogteligging van vier vegetatietypen op basis van het AHN 5m en Anonymus (2006)



* Toelichting: DV = duinvalleivegetaties, OG = Overstromingsgrasland, ZG = Zilt grasland en ZP = Zilte pioniers. Duinvalleivegetaties zijn onvolledig gekarteerd en kunnen hoger voorkomen dan uit de figuur blijkt. Horizontale lijn is de mediaan, de box ligt tussen 25 % en 75 % van de waarnemingen en de 'whiskers' bevatten alle waarnemingen minus de extreme waarden.

De Grevelingen kent momenteel op beperkte schaal zoutminnende vegetaties langs de randen van de voormalige platen. De grootste oppervlaktes liggen op de Slikken van Flakkee, de Veermansplaat, de Slikken van Bommenede en Hompelvoet. In totaal komt er ongeveer 370 ha zilte vegetaties voor (inclusief de vrij ijl begroeide pioniervegetaties). De omvang van de zoutvegetaties op de Veermansplaat lijken tussen 1987 en 2001 weinig veranderd (Keizer, 1987; Van Dijk & Inberg, 2002; Anonymus, 2006). Daarentegen zag De Kraker (2008) op de Veermansplaat de knobbiesvegetaties opschuiven in de richting van de oever, hetgeen een afname van zoutvegetaties zou betekenen. Menting en Slager (1997) constateerden ook een afnemend areaal zilte vegetaties.

Op de platen in de Grevelingen komen grote arealen kalkrijke duinvalleivegetaties voor, die van (inter)nationaal belang zijn. Vooral in de jonge, kalkrijke vormen van de zogenaamde knobbiesassociatie komt de strikt beschermde groenknolorchis voor. De grootste populatie groenknolorchis staat op de Veermansplaat (circa 12.000 exemplaren), die daarmee wellicht de grootste van Nederland is (De Kraker, 2008). Kleinere populaties staan op de Stampersplaat (circa 400 exemplaren), Dwars in de weg (25 exemplaren) en Hompelvoet (circa 80 exemplaren). Duinvalleivegetaties gaan als gevolg van successie uiteindelijk over in wilgenstruwelen, duindoornstruwelen en bos. Een groot aantal platen in de Grevelingen wordt begraaasd en/of gemaaid om deze successie te vertragen. Dit lijkt redelijk succesvol, mede omdat de ontkalking in de relatief fijne zanden langzaam verloopt (Van Dijk & Inberg, 2002; Anonymus, 2007).

Vegetatie, autonome ontwikkeling

Ten aanzien van de vegetatieontwikkeling zijn er een aantal belangrijke, met elkaar samenhangende processen. Dit zijn ontzilting, ontkalking, bodemvorming, successie en erosie. Daarnaast speelt het beheer een belangrijke rol. Zonder beheer ontstaat op de niet zilte gronden vrij snel struweel en bos, zoals in verschillende gebieden te zien is. Voor inschatting van de autonome ontwikkeling is ervan uitgegaan dat het huidige beheer wordt gecontinueerd. Ook is ervan uitgegaan dat het huidige peilregime van het meer gehandhaafd blijft, ondanks de stijgende zeespiegel.

Door neerslag ontzilt de bodem van de platen en slikken. Op de hoogste delen is de bodem reeds ontzilt (Menting & Slager, 1997). Langs de oevers van het meer blijft de invloed van zout water aanwezig via salt spray, overspoeling en/of capillaire opstijging. Hier treedt geen ontzilting op en daardoor ook geen successie; zilte pioniers blijven hier aanwezig. In het daartussen liggende, middelhoge gebied hangt de ontzilting af van de bodemsamenstelling en de vorm van het achterland. Op sommige platen is dit gebied grotendeels ontzilt (bijvoorbeeld Hompelvoet en de Veermansplaat) en zal de grens tussen zoete en zoute vegetaties nauwelijks meer veranderen. In andere gebieden, zoals de Slikken van Flakkee, komen echter nog vrij brede zones met brakke overstromingsgraslanden voor (Van Haperen, 2009). Deze vormen een stadium dat door ontzilting geleidelijk zal verdwijnen. Daarnaast kan de afkalving van de oevers een rol spelen bij niet direct verdedigde oevers. Op in het geheel niet verdedigde oevers bedraagt de erosie ongeveer 2 m per jaar, op indirect verdedigde 1 m per jaar (Van Maldegem & De Jong, 2010). Hierdoor eroderen zilte pioniervegetaties, die slechts gedeeltelijk kunnen opschuiven vanwege het hoger liggende achterland. De beschreven processen van ontzilting en erosie hebben in de autonome ontwikkeling een achteruitgang op van het Habitattype H1301 Zilte pionierbegroeiingen en H1330 Schorren en zilte graslanden tot gevolg.

Op hogere delen treedt ontkalking en bodemvorming op. Op deze gronden groeien momenteel vochtige duinvalleivegetaties en schraallandvegetaties. Ontkalking is het gevolg van het oplossen en uitspoelen van kalk door infiltratie van neerslagwater. Kalk is moeilijker oplosbaar dan zout, waardoor dit proces langzamer verloopt dan ontzilting. Visser (1995) schat dat op de zandige gedeelten van de platen de volledige ontkalking van de bovenste 5 cm van de bodem ongeveer 55 jaar zal duren (dat wil zeggen tot 2025). Ontkalking treedt echter alleen op in de delen met infiltratie, dat wil zeggen de hoger gelegen delen. Bij bodemvorming wordt een humuslaag opgebouwd. Door ontkalking en bodemvorming zullen de duinvalleivegetaties en schraallandvegetaties geleidelijk aan verzuren. Dit heeft tot gevolg dat de soortenrijkdom afneemt en dat de meest basenminnende soorten verdwijnen. Er ontstaan oudere stadia van knopbiesvegetaties, kruipwilgstruwelen of zuurdere schraallanden, die een eigen soortenspectrum kennen met bijvoorbeeld rond- en klein wintergroen en driernervige zegge. Uiteindelijk kunnen deze vegetaties op zeer lange termijn zelfs overgaan in heidevegetaties.

Op laag liggende plekken met kwel treedt neerslag van kalk op (Van Haperen, 2009). Verzuuring zal hier niet plaatsvinden, bodemvorming echter wel. Deze plekken zijn momenteel veelal begroeid met jonge duinvalleivegetaties, al dan niet met groenknolorchis. Deze vegetaties zullen verouderen, waarbij de groenknolorchis sterk afneemt of verdwijnt. De ontwikkeling van een pioniergemeenschap naar oudere stadia van het knopbiesverbond duurt meestal circa 20 - 30 jaar, maar in sommige situaties kunnen pioniersituaties wel 60 jaar standhouden (Grootjans *et al.*, 2004).

Rond 2050 zijn de zilte vegetaties in areaal afgenomen, door voortschrijdende ontzilting en door het afkalven van laaggelegen oevers. De natte duinvalleivegetaties, die momenteel in pionierstadium verkeren, zijn ouder geworden. Hierdoor zijn een aantal soorten verdwenen

of sterk achteruitgegaan, waaronder de groenknolorchis. Omdat de vegetaties kalkrijk blijven, handhaven zich waardevolle vegetaties waaronder Rode Lijstsoorten. Op de hoger liggende delen zijn de duinvalleivegetaties en de basenminnende schraallanden enigszins verzuurd. De verzuring en de achteruitgang tot 2050 is echter beperkt tot de bovenste 5 tot 10 cm, waardoor de invloed op de soortenrijkdom en bijzondere soorten gering is (vergelijk Van Haperen, 2009; figuur 16 en tabel 7). In de autonome ontwikkeling treedt een beperkte afname op van het Habitatype H2190 Vochtige duinvalleien ten gunste van Habitatype H2170 Kruipwilgstruwelen. Daarnaast zal een verschuiving van H2190B (kalkrijk) naar H2190C (ontkalkt) optreden. Daarnaast wordt een sterke achteruitgang op van de Habitatsoort H1903 Groenknolorchis verwacht.

5.3. Doorlaatmiddel in de Brouwersdam

In dit hoofdstuk worden effecten van het doorlaatmiddel op de waterkwaliteit en ecologie beschreven. Voor de effecten op de waterkwaliteit is gebruik gemaakt van modelresultaten van Deltares (Nolte & Spiteri, 2011). Op basis hiervan is vervolgens een inschatting gemaakt van effecten op ecologie. Hierbij is ook gebruik gemaakt van de resultaten van de pre-verkenning uitgevoerd in 2008 (met name achtergrondnotitie 2: Turlings *et al.*, 2009) en informatie die nadien beschikbaar is gekomen (bijvoorbeeld zuurstofloosheid: Lengkeek *et al.*, 2011; vegetatie en bodemdieren: Van de Haterd *et al.*, 2010).

Natuurlijke dynamiek van het getij

De natuurlijke dynamiek van een getijdenbeweging omvat meer dan een dagelijkse fluctuatie van het waterpeil. Het getij kent ook een maandelijks cyclus van spring- en doodtij en extremen in de vorm van stormtij. Daarnaast wordt er nog extra dynamiek ingebracht door de invloed van de wind (opwaaiing en afwaaiing). Deze natuurlijke variatie is van groot belang voor de ontwikkeling van geschikt areaal voor zilte vegetaties en voor geschikt areaal voor kustbroedvogels. Voor veel zoutminnende vegetatietypen en ook voor kustbroedvogels geldt, dat zij gebaat zijn bij een areaal waar de zoete vegetatiesuccessie wordt geremd door de incidentele invloed van zout water, maar niet dagelijks wordt overspoeld door de vloed. Dit zijn arealen die bijvoorbeeld alleen overspoelen met springvloed of zelfs maar enkele malen per jaar met springvloed in combinatie met harde opstuwende wind. Bij herintroductie van getij op de Grevelingen moet een getijkromme nagestreefd worden waarin de natuurlijke dynamiek tot uiting komt (overigens is extreem stormtij, waarbij de veiligheid in het geding kan komen, uiteraard niet wenselijk). Aangezien de scenariostudies ook natuurlijke variatie laten zien (Nolte & Spiteri, 2011), is hier bij de ecologische interpretatie ook vanuit gegaan.

Waterkwaliteit

Zuurstof

Door realisatie van beperkt getij treedt zoutstratificatie aanzienlijk minder op en wordt de duur van de temperatuurstratificatie in mei verkort van circa twee maanden naar circa twee weken. Hierdoor neemt het areaal dat gedurende een aaneengesloten periode van 7 dagen zuurstofloos wordt (1 m boven de bodem, zuurstofconcentratie < 3 mg/l) af van circa 1.300 ha (huidige situatie) naar circa 500 ha (Nolte & Spiteri, 2011). In de diepe putten bij de huidige Brouwerssluis (onder andere bij Scharendijke) kunnen nog wel zuurstofarme condities optreden. Het totale areaal dat nog gevoelig is voor zuurstofloze condities is circa 300 - 500 ha, zo'n 3 % tot 5 % van het totale wateroppervlak (Nolte & Spiteri, 2011).

De modellen van Deltares doen alleen voorspellingen over zuurstofcondities in de waterkolom en gaan niet in op zuurstofcondities in de bodem (die onder andere beïnvloed worden door zuurstofconsumerende afbraakprocessen). Omdat zuurstofcondities op 1 m boven de bodem echter sterk verbeteren, wordt verwacht dat zuurstofcondities in de bodem ook verbeteren. Hierdoor zullen witte bacteriematten en zichtbare schade aan het bodemleven minder verspreid over het meer voorkomen dan in de huidige situatie.

Zoutgehalte

Het zoutgehalte in de Noordzee is in de huidige situatie iets hoger dan die van het Grevelingenmeer (respectievelijk 17,5 g Cl⁻/l en 16,9 g Cl⁻/l) (Turlings *et al.*, 2009). Hierdoor zal het zoutgehalte iets toenemen ten opzichte van de huidige situatie naar circa 17,3 g Cl⁻/l (Nolte & Spiteri, 2011).

Nutriënten

Voor stikstof geldt dat de (winter)concentratie in de Noordzee hoger is dan die in het Grevelingenmeer. Hierdoor neemt de wintergemiddelde stikstofconcentratie (totaal N) toe van 0,8 mg N/l naar 1,0 mg N/l (Nolte & Spiteri, 2011). De wintergemiddelde fosfaatconcentratie (totaal P) blijft ongeveer gelijk (0,083 mg P/l in de huidige situatie en 0,076 mg P/l bij realisatie van het doorlaatmiddel) (Nolte & Spiteri, 2011).

Deltares geeft geen winter DIN concentraties (opgelost anorganisch stikstof). Deze parameter is wel een KRW parameter. In de huidige situatie is de winter DIN concentratie 0,33 mg/l (Wetsteijn 2011). Wanneer aangenomen wordt, dat de DIN concentratie evenredig toe- of afneemt met de totaal N concentratie, dan neemt de winter DIN concentratie met circa 20 % toe naar 0,4 mg/l.

Doorzicht

De realisatie van beperkt getij heeft nauwelijks effect op het doorzicht. Volgens de modelresultaten van Deltares verandert het jaargemiddelde doorzicht van 2,3 m naar 2,2 m (Nolte & Spiteri, 2011).

Temperatuur en pH

De modelresultaten van Deltares doen geen voorspellingen over jaargemiddelde watertemperaturen en/of pH waarden. Er wordt echter niet verwacht dat de realisatie van beperkt getij een significant effect heeft op deze parameters.

Chlorofyl-a gehalten

Gemeten chlorofyl-a dagwaardes bij Dreischor variëren in de periode van 1990 tot en met 2008 meestal tussen 0,1 en 20 µg/l (zonder waarneembare trend). Volgens de modelresultaten van Deltares neemt het jaargemiddelde chlorofyl-a gehalte toe van 5,1 naar 8,1 µg/l (Nolte & Spiteri, 2011).

Ecologie

Bodemdieren, organismen van zachte substraten

De levensomstandigheden voor bodemdieren verbeteren, enerzijds omdat de zuurstofcondities in en nabij de bodem verbeteren en anderzijds omdat door de getijdenbeweging nieuwe intergetijdengebieden ontstaan rondom de eilanden Hompelvoet, Veermansplaat, Stampersplaat, Dwars in de Weg en bij de slikken van Bommenede, Dijkwater en de Punt. In het onderste deel van deze intergetijdengebieden zal een zone kaal slik ontstaan, waar bodemdieren zich kunnen gaan vestigen (Turlings *et al.*, 2009; Van de Haterd, 2010). Nieuwe intergetijdengebieden ontstaan langs de oevers die geen directe verdediging hebben, langs beperkte delen van de meeste eilanden en langs grotere delen van de Slikken van Flakkee en Slikken van Bommenede. Waar een directe verdediging aanwezig is zal de getijzone zich als regel bevinden op de (veelal stortstenen) oeververdediging. Langs de onverdedigde delen zal in het lage deel een kale zone ontstaan en kan er in het hogere deel een zone met zoute vegetatie ontstaan. Daarnaast wordt verwacht dat chlorofyl-a concentraties in het water iets toe zullen nemen, hetgeen er op duidt dat de primaire productie van algen toeneemt. Veel bodemdieren zijn voor hun voedsel afhankelijk van algen

die in het water zweven (filterfeeders, met name schelpdieren) of algen die op de bodem neerdalen (deposit feeders, met name wormen), dus ook dit kan een positief effect hebben op bodemdieren (Van de Haterd *et al.*, 2010).

Op basis van bovenstaande punten wordt dan ook verwacht dat het aantal soorten, dichtheden en biomassa's van bodemdieren van zachte substraten door de realisatie van getij in de toekomst toe zullen nemen.

Bodemdieren, organismen van harde substraten

De waargenomen verarming van de soortendiversiteit op alle dieptes sinds 1993 lijkt gerelateerd te zijn aan de zuurstofloosheidsproblematiek (zie hoofdstuk referentiealternatief). Omdat zuurstofloze condities naar verwachting veel minder vaak en minder langdurig voor zullen komen door de realisatie van getij, verbeteren de levensomstandigheden voor organismen van harde substraten. De waargenomen positieve effecten van het veranderde beheer van de Brouwerssluis sinds 1999 (toename van de soortenrijkdom en vestiging en uitbreiding van typische Oosterschelde soorten in het westelijke deel van het meer (zie hoofdstuk referentiealternatief)), zullen zich uitbreiden naar het gehele meer.

Een exacte beschrijving van de veranderingen is niet te geven, omdat momenteel geen goede beschrijving van de huidige situatie van organismen van harde substraten beschikbaar is.

Zeegras

De oorzaak voor de verdwijning van zeegras uit het Grevelingenmeer sinds 2000 is waarschijnlijk het constant hoge zoutgehalte (zie hoofdstuk referentiealternatief). Daarnaast zal zeegras alleen kunnen terugkeren als deze soort via materiaal van elders wordt geïntroduceerd. Als dat wordt gedaan kan met de herkomst van het plantmateriaal rekening gehouden worden met het hogere zoutgehalte. Omdat het zoutgehalte door realisatie van beperkt getij nog iets verder toe zal nemen ten opzichte van de huidige situatie nemen de kansen voor zeegras nog iets verder af.

Algenbloei en zeesla

In de huidige situatie komen problemen met grootschalige en/of toxische algenbloei vrijwel nooit voor, waarschijnlijk door stikstoflimitatie in het systeem. Wel kunnen *Phaeocystis* bloeien op de Noordzee via de Brouwerssluis het Grevelingenmeer binnenstromen en zijn er regelmatig problemen met grootschalige bloei van zeesla geweest (zie het hoofdstuk over de referentie).

Verwacht wordt dat bij realisatie van beperkt getij de algenbloei en bloei van zeesla in het meer toe gaan nemen door de beschikbaarheid van meer nutriënten (zie hoofdstuk 1.1.3). Dit komt ook tot uitdrukking in de verwachte toename van het jaargemiddelde chlorofyl-a gehalte (een maat voor algenbloei) van 5,1 naar 8,1 µg/l (zie hoofdstuk 1.1.6). Daarnaast ontstaat een nieuwe opening (die vele malen groter is dan de huidige Brouwerssluis) waardoor *Phaeocystis* bloeien vanaf de Noordzee binnen kunnen stromen.

Vissen

Door realisatie van beperkt getij ontstaat meer dynamiek in het systeem en ontstaat een nieuwe toegang voor vissen om van de Voordelta naar het Grevelingenmeer te zwemmen en omgekeerd. Hierdoor zullen vissoorten die na de afsluiting zijn verdwenen door gebrek aan dynamiek en/of de beperkte verbinding met de Noordzee terugkomen in grote delen van het meer. Het gaat hierbij bijvoorbeeld om makreel, geep, zeebaars en slijmvissen. Deze soorten komen zomers ook in hoge aantallen tot ver achterin de Oosterschelde voor. De soortenrijkdom van met name de ecologische gilden 'mariene soorten' en 'estuairien re-

sidenten' neemt toe en wordt mogelijk vergelijkbaar met die van de Oosterschelde (66 soorten).

Daarnaast verbetert door de realisatie van beperkt getij ook de zuurstofhuishouding, zowel in de waterkolom als nabij de bodem. Hierdoor verbeteren de levensomstandigheden voor bodemvissen als platvissen en grondels. Er treedt minder habitatverlies door zuurstofloosheid op.

Voor diadrome vissen die migreren tussen zoet en zout verbetert de situatie niet zonder de aanvullende realisatie van passeerbare verbindingen met het zoete achterland. De verbeterde levensomstandigheden voor vissen in het Grevelingenmeer en de nieuwe opening in de Brouwersdam vergroten mogelijk de effectiviteit van de maatregelen, omdat er meer vis(soorten en aantallen) aanwezig zijn.

Vogels

Voor de inschatting van effecten als gevolg van het introduceren van getijbeweging is onder andere gekeken naar de autonome ontwikkeling. Daarbij is er tevens vanuit gegaan dat het huidige beheer ten behoeve van kustbroedvogels in het alternatief wordt gehandhaafd. Dit gerichte beheer behelst de aanleg van eilandjes, het jaarlijks maaien van vegetaties, het aanbrengen van schelpenlagen en het tijdelijk weren van vee. Ook het tijdelijk iets verlagen van het waterpeil in het voorjaar en de zomer behoort bij het maatregelenpakket.

Bruine kiekendief

De bruine kiekendieven in de Grevelingen broeden voornamelijk in de zones met natte ruigtes. Ook zijn er broedparen in de rietgordel in het noordwestelijke deel van het meer. De gemiddelde getijslag zal geen directe invloed hebben op het huidige areaal ruigte en struweel. Dit alternatief gaat met name ten kosten van overstromingsgrasland. Omdat het zoutgehalte nauwelijks toeneemt, en er vanuit wordt gegaan dat het lozen van zoet polderwater in het noordwestelijke deel van het meer wordt gehandhaafd, zal het areaal riet ook gelijk blijven. Successie kan leiden tot een reductie van het areaal natte ruigtes. Aangenomen wordt dat actief beheer wordt voortgezet en dat het areaal natte ruigtes niet afneemt. Het areaal geschikt broedbiotoop blijft dan ongewijzigd en als gevolg daarvan wordt verwacht dat het aantal broedparen ook ongeveer gelijk blijft. Het aanbod van prooidieren (jonge en verzwakte watervogels en kleine zoogdieren) zal door dit alternatief waarschijnlijk toenemen. Het gaat dan met name om soorten die in de zilte graslanden foerageren (eenden, sommige steltlopers). De verwachte toename in prooidieren kan leiden tot een verhoogd broedsucces.

Conclusie: Het areaal geschikt broedbiotoop zal niet wezenlijk toe- of afnemen. Hierdoor blijft het aantal broedparen waarschijnlijk gelijk aan voorgaande jaren. Wel zou door een verhoogd prooiaanbod het broedsucces kunnen toenemen.

Kustbroedvogels algemeen

Soorten van vrijwel volledige kale zand- en slikbodems (zoals strandplevier) zijn momenteel aangewezen op voortzetting van het actieve beheer (zoals tijdelijke peilverlaging in de zomer en aanbrengen van schelpenbanken). Het dagelijks onderlopen van de (kunstmatige) broedeilandjes heeft een negatief effect op kustbroedvogels. De broedlocaties op de eilandjes zijn dan niet geschikt meer om op te broeden. Zoals aangegeven door Van Maldegem & de Jong (2010) zullen er door de introductie van beperkt getij geen grote zandtransporten optreden. De verwachting is dan ook niet, dat er door sedimentatie hoogdynamische zand en/of schelpenbanken op de oeverzone ontstaan. Het introduceren van getij kan wel op een andere manier een toename van kale of spaarzaam begroeide zandbodems opleveren. Door indroging van zout water in lokale laagtes (als gevolg van over-

stromen door bovengemiddeld hoogwater) kunnen deze plekken (tijdelijk) vrij blijven van vegetaties. Dit leidt vermoedelijk slechts tot een beperkte toename in het areaal 'open zandige stukken'. Ook zal een zone met schorachtige vegetaties ontstaan die voor een beperkt aantal kustbroedvogel soorten geschikte open plekken hebben. De conclusie is dat voor de kustbroedvogels het areaal broedgebied afneemt als gevolg van het introduceren van beperkt getij. Dit wordt negatief (-) beoordeeld voor de alternatieven 1, 2 en 3.

Deze bouwsteen zorgt voor een toename in potentieel beschikbaar foerageerhabitat voor soorten als plevieren, kluut en bergeend. Door het ontbreken van goede recente data over de hoogteligging zijn geen harde uitspraken te doen over het potentieel te verwachten areaal intergetijdengebied. Met behulp van oude diepte data is door Van Maldegem & de Jong (2010) wel een globale inschatting gemaakt: direct na instellen van de getijsituatie T50 cm: 650 ha, T70 cm: 800 ha. Omdat de oudervogels met hun jongen in de buurt blijven van dekking, is het niet zo dat de toename van het foerageerhabitat volledig benut kan worden door broedvogels. Daarnaast lijkt het areaal nestbiotoop limiterend (zie hiervoor). Derhalve wordt verwacht dat een toename in foerageerhabitat een neutraal (dus geen) effect heeft op kustbroedvogels.

Kluut, bontbekplevier, strandplevier

De kluut broedt in de huidige situatie op (kunstmatige) schelpenbank. Er wordt vooral gebroed op droge zandige stukken. Het broedsucces van kluten is in de Grevelingen doorgaans matig tot slecht. Predatie en weers- en voedselomstandigheden zijn daar doorgaans debet aan. Door een toename van kale zandbodems door zoutindroging en ontwikkeling van schorvegetaties heeft dit alternatief een (beperkt) positief effect op kluten. Het broedsucces is in de huidige situatie laag, de verwachting is dat dit met beperkte getijslag ook zo blijft. Bontbekplevieren broeden in de Grevelingen veelal op de overgang tussen begroeide delen en de volledig kale zandplaten. Ze broeden dus iets hoger dan kluut en zijn derhalve minder gevoelig voor overstromingen. Het broedsucces in de Grevelingen is al jaren vrij hoog en stabiel. Verwacht wordt dat bontbekplevier profiteert van de getijslag, er komt meer broedbiotoop beschikbaar (hoewel beperkt) en het foerageerhabitat neemt flink toe. Strandplevier is een soort van hoogdynamische kale zandbodems of schelpenbanken. Voor de strandplevier geldt hetzelfde als voor de bontbekplevier: ze zullen profiteren van de (beperkte) toename van broedhabitat alsmede van de forse toename in foerageerhabitat. Omdat nestplaatsen limiterend zijn, wordt verwacht dat de toename niet heel groot zal zijn.

Conclusie: Verwacht wordt dat door het introduceren van getij voornoemde soorten negatief worden beïnvloed. Mitigatie is mogelijk door ophoging van de eilanden. Van belang is verder het continueren van gericht beheer ten behoeve van kustbroedvogels.

Sterns

Er broeden in de Grevelingen vier sternsoorten: grote stern, dwergstern, visdief en noordse stern. Daarvan foerageert alleen de grote stern buiten de Grevelingen, de vogels gaan daarvoor de Noordzee op (Arts & Meininger, 1995 en Strucker, 2008). Ze verzamelen daar ook het voedsel voor de kuikens. De andere drie sternsoorten zijn afhankelijk van het voedselaanbod in de Grevelingen (Arts & Meininger 1995). Van de Grevelingen is bekend dat er scholen jonge vis (haringachtigen) voorkomen, maar onduidelijk is wat het exacte aanbod is. Inschattingen over toe- of afname van het aanbod van jonge vis als gevolg van het introduceren van getij zijn dan ook moeilijk te maken. Verwacht wordt dat het alternatief zeker niet leidt tot een afname in het aanbod aan jonge vis.

Grote stern is voor het broeden afhankelijk van open zandstukken tussen spaarzame en korte vegetaties, waarbij ze de nabijheid van kokmeeuw kolonies opzoeken (de Kraker,

2007). Hoewel de vestiging van kokmeeuwkolonies dus van belang is, valt te verwachten dat door de introductie van getij het juiste vegetatietype in areaal toeneemt. Door de introductie van getij zullen de broedeilanden zeer regelmatig overstromen en derhalve ongeschikt raken als broedgebied voor sterns. Alleen middels mitigerende maatregelen (verder ophogen van de broedeilanden) zijn deze broedgebieden te behouden. Hoewel in beperkte mate, kunnen kale zandige stukken ontstaan als gevolg van zoutindrogings in laagtes. Ook de geringe toename van relatief open schorvegetaties is gunstig voor sterns. Netto zal door de introductie van getij (zonder mitigerende maatregelen) grote stern, dwergstern, visdief en noordse stern sterk negatief worden beïnvloed.

Conclusie: Verwacht wordt dat door het introduceren van getij voornoemde soorten negatief worden beïnvloed. Mitigatie is mogelijk door ophoging van de eilanden. Van belang is verder het continueren van gericht beheer ten behoeve van kustbroedvogels.

Niet-broedvogels

De hierboven genoemde gerichte beheermaatregelen zijn alleen van belang voor kustbroedvogels. Voor de inschatting van effecten van herintroductie van getij op niet-broedvogels is met name gekeken naar de ontwikkeling van de vispopulatie, het aanbod van waterplanten en het aanbod van bodemdieren.

Viseters van open water (dodaars, geoorde fuut, aalscholvers, middelste zaagbek)

Door een verbetering in de vispopulatie (meer soorten, waarschijnlijk hogere biomassa van met name mariene soorten en meer bodemlevende soorten) wordt verwacht dat viseters van open water profiteren van het invoeren van het getij.

Viseters van ondiep water (reigers en lepelaars)

De verwachting is dat in totaal circa 650 ha intergetijdengebied ontstaat, een sterke toename ten opzichte van de huidige situatie. Dit zal een duidelijk positief effect hebben op de voedselbeschikbaarheid voor deze groep.

Planteneters

Het merendeel van de soorten uit deze groep foerageert op voormalige slikken en platen. Door de toename van het intergetijdengebied, inclusief een toename aan schorvegetaties, wordt verwacht dat een deel van deze groep flink profiteert van het alternatief. Het gaat om soorten als smient, wintertaling en wilde eend. Ook soorten als brandgans en rotgans zullen hiervan profiteren. Door een afname aan graslanden die door zoet water worden beïnvloed, wordt verwacht dat andere soorten als grauwe gans en kolgans echter afnemen.

Bodemdiereters van open water

Op de Grevelingen gaat het binnen deze voedselgroep vooral om de brilduiker. Ze foerageren met name op schelpdieren en andere bodemorganismen zoals kreeftachtigen. In de referentie wordt verwacht dat deze voedselgroep verder achteruitgaat, als gevolg van een verdere verslechtering van het bodemleven. Het invoeren van getij zorgt voor een flinke verbetering in de zuurstofhuishouding. Dit zal een positief effect hebben op het bodemleven en daardoor ook op de aantallen bodemdiereters (beoordeling +). De kans bestaat dat de aantallen vogels in deze voedselgroep weer toenemen, en dat de negatieve trend van de laatste twee decennia wordt omgebogen in een verbetering.

Bodemdiereters van ondiep water

Deze voedselgroep bestaat vooral uit steltlopers die foerageren in de intergetijdengebieden. Het gaat om soorten als rosse grutto, bonte strandloper, goudplevier, tureluur, wulp en steenloper. Momenteel heeft de Grevelingen voor deze groep met name een functie als hoogwatervluchtplaats. De toename van het areaal intergetijdengebied door het invoeren

van beperkt getij zal een positief effect hebben op deze voedselgroep. Er komt dan immers weer een substantieel areaal foerageergebied bij. Herstel van de aantallen van voor de afsluiting zal echter niet optreden, het intergetijdengebied was toen der tijd nog vele malen groter.

Conclusie: Het introduceren van beperkt getij is positief voor viseters van open en ondiep water en voor bodemdiereters van open en ondiep water. Voor planteters geldt dat waarschijnlijk maar een deel van de soorten profiteert. Sommige soorten uit deze voedselgroep worden naar verwachting negatief beïnvloed.

Zeezoogdieren

Door realisatie van een nieuw doorlaatmiddel ontstaat een nieuwe (tweede) toegang voor zeehonden om van de Voordelta naar het Grevelingenmeer te zwemmen en omgekeerd. Daarnaast is de directe omgeving van een doorlaatmiddel vaak een visrijk gebied, waardoor zeehonden aangetrokken worden. Hierdoor worden met name in het westelijke deel van het Grevelingenmeer in de toekomst meer zeehonden verwacht.

Noordse woelmuis

De Noordse woelmuis komt voor op eilanden en oevers in en rond de Grevelingen. Door realisatie van beperkt getij kunnen deze leefgebieden (gedeeltelijk) overspoeld worden. Welk effect dit op de omvang van het leefgebied van de Noordse woelmuis heeft is onduidelijk. Verwacht wordt dat op sommige locaties de omvang afneemt en op andere locaties een verschuiving van leefgebied opzal treden naar hogere delen van de eilanden en oevers. Het gebied waar de Noordse woelmuis de concurrentie aan kan gaan met andere muizen zal vooruit gaan, hetzij alleen in de (beperkte) gebieden waar effecten van dynamiek en zout op de oevervegetatie optreden. In de huidige situatie zijn zowel vegetatiesuccessie als ook maai- of graasbeheer nadelig voor de Noordse woelmuis (de Kraker, 2008; Wetsteijn 2011). Door de herintroductie van getij, en de daardoor verhoogde zoutinvloeden, zal de vegetatiesuccessie in de oeverzone van de Grevelingen geremd worden zonder dat daar maai- of graasbeheer voor nodig is. Hierdoor ontstaat op deze locaties een kwaliteitsverbetering van het leefgebied voor de Noordse woelmuis. Bovendien zal de herintroductie van getij zorgen voor meer dynamiek en natte omstandigheden in de oevers van de Grevelingen. De Noordse woelmuis is hier beter tegen bestand dan zijn huidige concurrent de veldmuis (en in de toekomst wellicht ook de aardmuis). Ook hierdoor resulteert de herintroductie van getij in een positief effect op de kwaliteit van het leefgebied van de Noordse woelmuis in de zone waar de effecten van getij merkbaar zijn.

Vegetatie

De effecten op vegetatie zijn afgeleid uit Van de Haterd *et al.* (2010). Ten opzichte van deze studie heeft het alternatief echter meer natuurlijke variatie (spring en dood tij) en een lager gemiddeld peil. Bij een maximaal getij van 70 cm en een middenpeil van NAP - 10 cm, zoals in alternatief 1, komt het hoogwaterpeil op NAP + 25 cm en het laagwaterpeil op NAP - 45 cm. Het gemiddeld hoogwater (GHW) en gemiddeld laagwater (GLW) liggen bij deze variant op NAP + 15 cm en NAP - 35 cm.

Bij de verwachte getijdebeweging cf. Nolte & Spiteri (2011) zullen zilte pioniers naar boven opschuiven. Deze kunnen groeien tussen 10 cm onder en ongeveer 20 cm boven GHW. Momenteel is dit areaal begroeid met (vooral) zilt grasland en overstromingsgrasland, die bij nieuw getij grotendeels verdwijnen. Door de aanwezigheid van natuurlijke variatie in het getij, kan bij dit alternatief (in tegenstelling tot het scenario T50 in Van de Haterd *et al.* 2010) een nieuwe zone met zilt grasland ontstaan tussen ongeveer NAP + 25 cm en NAP + 15 cm. Hoe hoog de grenzen precies liggen, verschilt per plaat als gevolg van loka-

le omstandigheden (bodemtype, expositie, verdediging, et cetera). Daarom is dit afgeleid van de huidige hoogtezoning op de platen.

Dit alternatief gaat vooral ten koste van overstromingsgrasland. Boven de NAP + 15 cm worden in toenemende mate ook duinvalleivegetaties overspoeld. De duinvalleivegetaties kunnen niet naar boven opschuiven. Hiervoor is namelijk het grondwaterpeil bepalend, dat gestuurd wordt door het (vrijwel onveranderde) middenpeil. Op de Veermansplaat en de Stampersplaat komen duinvalleivegetaties echter al lager in de zoning voor en gaat bij dit alternatief al 20 - 30 % van de duinvalleivegetaties verloren. Bovendien zijn dit de relatief jonge vormen van deze vegetaties, waarin de groenknolorchis optimaal voorkomt (Van Dijk & Inberg, 2002; De Kraker, 2008). In dit alternatief gaat dus een groot deel (naar schatting 50 % - 75 %) van de groenknolorchis op de Stampersplaat en de Veermansplaat verloren.

5.4. Getijdencentrale

Momenteel worden twee typen getijdencentrales onderzocht, namelijk een tweezijdige bulbturbine en een pneumatische centrale. Omdat nog geen besluit is genomen over welk type gerealiseerd wordt, zijn in onderstaande beschrijving beide typen afzonderlijk beoordeeld. Bij de beoordeling is er vanuit gegaan dat de getijdencentrale (ongeacht het type) een minimale pompfunctie heeft.

De bediening van de getijdencentrale heeft invloed op de vorm van de getijkromme die op de Grevelingen ontstaat. Om de energieproductie te maximaliseren zal bij vloed de waterstand op de Grevelingen zo lang mogelijk laag gehouden worden om een zo groot mogelijk verval over de Brouwersdam te laten ontstaan. Bij eb zal de waterstand op de Grevelingen om dezelfde reden zo lang mogelijk hoog gehouden worden. Een getijdencentrale vervormt dus de getijkromme op de Grevelingen. Met dit effect is in de ecologische beoordelingen nog geen rekening gehouden, omdat hiervan nog geen gegevens bekend zijn

De getijdencentrale heeft geen effecten op de waterkwaliteit. Mogelijke effecten op ecologie beperken zich naar verwachting alleen tot effecten op vissen, vogels en zeezoogdieren.

Vissen

Verwacht wordt dat de sterke dynamiek in de omgeving van de getijdencentrale (ongeacht het type) een grote aantrekkingskracht heeft op vis (Turlings *et al.*, 2009). De omgeving van de getijdencentrale zal een visrijk gebied worden, net zoals het gebied rondom de huidige spuisluis in de Brouwersdam.

Bulbcentrale

Dit type getijdencentrale lijkt het meest op bestaande waterkrachtcentrales. Negatieve effecten aan passerende vissen kunnen optreden door mechanisch contact met de turbinebladen, door abrupte veranderingen in druk, door 'shear stress' (twee passerende waterstromen) en door cavitatie (het uit- en inklappen van luchtbellen door drukverschillen). Bruijs (2010) heeft op basis van bestaande literatuur en kennis de mogelijke effecten geïnventariseerd. Er is relatief weinig bekend over effecten op vis door getijdencentrales. Aan de turbines worden functionele-, aspect- en interface eisen gesteld. De aspect eisen zijn van belang voor de visveiligheid. Zo moet de vissterfte als gevolg van de getijdencentrale lager zijn dan 0,5 % en de sterfte van zeezoogdieren moet kleiner zijn dan 0,01 % (Van Berkel *et al.*, 2011).

Pneumatische centrale

Bij dit type getijdencentrale komen vissen niet in aanraking met turbinebladen, want deze bevinden zich niet in het water. Ook zal er geen cavitatie optreden. Mogelijk is de pneuma-

tische centrale hierdoor een visvriendelijker alternatief. Wel treedt er een verzadiging van het water met luchtbellen op. Dit kan bij vis leiden tot 'Gas Bubble Disease' (Bruijs, 2010). Of deze en/of andere effecten op zullen treden is niet bekend (Bruijs, 2010), omdat het om een type turbine gaat die voor zover bekend nog nooit eerder ergens is gerealiseerd. Er kunnen dan ook geen uitspraken gedaan worden over sterftepercentages totdat hier meer onderzoek naar gedaan is.

Voorkomen van effecten

Er is dus te weinig bekend over de effecten van getijdencentrales op vis om een goede inschatting van effecten te kunnen maken. Wel wordt aangenomen dat aan de visveiligheidseisen, zoals op de vorige pagina is vermeld wordt voldaan. Voor het bepalen en vervolgens zoveel mogelijk voorkomen van negatieve effecten zijn de volgende richtingen denkbaar:

- zoveel mogelijk voorkomen van beschadiging en sterfte bij passage van de turbines (maatregelen aan de turbines zelf). Dit zou vorm kunnen krijgen door een gecombineerd praktijk- en literatuuronderzoek waarin de werkelijk optredende schade van het gewenste type turbine in de praktijk wordt onderzocht. Tegelijkertijd dient aan de hand van bestaande informatie te worden onderzocht welke andere typen turbines nog mogelijk zijn en wat deze turbines betekenen voor effecten op vis en op te realiseren rendementen;
- maatregelen die ervoor zorgen dat vis de turbine niet passeert, maar om de turbines heengaat (vispassage gecombineerd met visgeleidingssysteem). Een dergelijk passage lijkt in de praktijk echter niet of nauwelijks te realiseren. Voor een werkende vispassage is een substantiële lokstroom nodig in verhouding tot de stroom door de turbines. Een dergelijke lokstroom is echter niet te realiseren, omdat een grote lokstroom of ten koste gaat van het rendement van de turbines (een aanzienlijk deel van het water gaat om de turbines heen) of leidt tot een grotere getijslag op de Grevelingen (het debiet dat door de turbines gaat, blijft gelijk, maar wordt aangevuld met debiet dat door de vispassage gaat). Zo zal ook de schutsluis slechts een zeer beperkte functie vervullen in de migratie van vis en andere dieren tussen de Noordzee en het Grevelingenmeer.

Oplossingen voor het optreden van beschadiging en sterfte van vis bij passage van de turbines dienen dus vooral te worden gezocht in aanpassingen aan de turbines of een juiste keuze van het type turbine, en niet in maatregelen om vis om de turbines heen te leiden.

Vogels

De effecten van een getijdencentrale op vogels zijn van lokale aard. Effecten op vogels elders in het meer zijn door de ingebruikname van de centrale dan ook niet te verwachten. Naar verwachting neemt de diversiteit en de biomassa van de verschillende vissoorten toe. Een getijdencentrale zal naar verwachting onder de vissen slachtoffers veroorzaken of ze makkelijker vangbaar maken, doordat ze bij de doorgang door de turbines toch schade oplopen. Een vergelijkbaar effect zien we bijvoorbeeld bij Neeltje Jans en de Haringvlietsluizen, waar op momenten van spuien concentraties visetende vogels voorkomen, die profiteren van de gemakkelijk te vangen vissen. Met name meeuwen, sterns, futensoorten en middelste zaagbek zullen profiteren van het lokaal verhoogde voedselaanbod. Meeuwen en sterns profiteren van kleine vissen die zich aan het wateroppervlak bevinden. Daarnaast zijn meeuwen goed in staat om te profiteren van vissen die verzwakt of dood uit de turbines komen. Futensoorten, middelste zaagbek en aalscholvers zullen ook van dit voedselaanbod profiteren. Dit bestaat zowel uit vissen die zijn aangeslagen door de turbines als uit roofvissen die hier op af komen.

Zeezoogdieren

Bulb centrale

Zeezoogdieren die van de Voordelta naar het Grevelingenmeer willen zwemmen en omgekeerd zullen bij een 'bulbturbine' in aanraking komen met de turbinebladen die zich in het water bevinden. Om dit te voorkomen wordt er echter vanuit gegaan dat er een rooster aangebracht wordt (Bruijs, 2010) die voorkomt dat zeezoogdieren de getijdencentrale passeren. Bij de bulbcentrale zullen de aantallen dus niet toenemen.

Pneumatische centrale

Bij dit type centrale kunnen zeezoogdieren wel gewoon de getijdencentrale passeren zonder in aanraking te komen met de turbinebladen die zich boven water bevinden. In hoeverre eventueel andere effecten op kunnen treden die gerelateerd zijn aan dit type centrale is onbekend, omdat het om een nieuw type turbine gaat.

In een studie naar morfologische effecten van de getijdencentrale werd geconcludeerd dat de Bollen van Oosterlicht in omvang zullen toenemen. Dit is als positief beoordeeld voor de zeezoogdieren. De toename in verstoring als gevolg van extra recreatievaart maakt dit positieve effect weer ongedaan. De beoordeling komt daarmee neutraal (0) uit.

5.5. Open verbinding in de Grevelingendam

Hier worden de effecten beschreven van de permanent open verbinding tussen de Grevelingen en het Volkerak-Zoommeer. Met een opening van 550 m wordt een gemiddeld getij van 50 cm gerealiseerd met uitschieters naar maximaal 70 cm getij. Bij een open verbinding met het Volkerak-Zoommeer is de middenstand NAP - 0,10 m (met een maximaal peil van NAP + 0 cm / NAP +/- 5 cm). Het gemiddelde getij is dan 0,50 m op de Grevelingen en 0,30 m op het Volkerak-Zoommeer. Als er onder dagelijkse omstandigheden geen verbinding is met het Volkerak-Zoommeer is dan is het middenpeil op de Grevelingen NAP - 0,20 m (met een maximaal peil van NAP - 1 cm / NAP +/- 6 cm). Het gemiddelde getij is dan 0,60 m op de Grevelingen (Van Berkel, 2011). Het getijverschil is niet van significante betekenis voor de effecten, daarom wordt met een gemiddelde getijslag van 50 cm gerekend;

Waterkwaliteit

Effecten van deze ingreep op de waterkwaliteit zijn gemodelleerd door Deltares (Nolte & Spiteri, 2011). Hierbij is uitgegaan van een situatie zonder doorlaat in de Philipsdam, zodat de Grevelingen niet via het Volkerak-Zoommeer met de Oosterschelde wordt verbonden. Er wordt verwacht dat het water dat het Grevelingenmeer instroomt indien de doorlaat in de Philipsdam wel wordt gemaakt, slechts iets zouter en nutriëntenrijker zal zijn dan in de variant waarbij geen verbinding met de Oosterschelde wordt gerealiseerd (mondelinge mededeling Arno Nolte van Deltares). Op basis van deze inschatting wordt dan ook verwacht dat effecten op de waterkwaliteit en ecologie in de variant met doorlaat in de Philipsdam niet wezenlijk anders zijn dan hieronder beschreven.

Zuurstof

De open verbinding met het Volkerak-Zoommeer in aanvulling op de realisatie van beperkt getij zorgt voor grotere stroomsnelheden en doorstroming, waardoor stratificatie nog moeilijker ontstaat en/of sneller opgeheven wordt dan beschreven bij het doorlaatmiddel in de Brouwersdam (Nolte & Spiteri, 2011). Arealen die gedurende een aaneengesloten periode van 7 dagen zuurstofloos worden zijn niet door Deltares weergegeven. Bij uitsluitend realisatie van het doorlaatmiddel in de Brouwersdam neemt dit areaal af van 1.300 ha naar cir-

ca 500 ha (zie paragraaf 2.5.2). Omdat stratificatie bij dit alternatief nog moeilijker ontstaat en sneller opgeheven wordt, wordt verwacht dat dit areaal nog verder afneemt.

In het Volkerak-Zoommeer komen zuurstofarme condities gedurende een aaneengesloten periode van 7 dagen bij dit alternatief nog wel voor op twee plaatsen; bij de Volkeraksluizen en in het Zoommeer (Nolte & Spiteri, 2011). Bij de Volkeraksluizen is vrijwel permanent zoutstratificatie aanwezig door de instroom van zoetwater uit het Hollandsch Diep en van de Dintel en de Vliet. Hoewel de onderlaag ververscht wordt, is ook in Deltares (2009) gebleken dat de reistijd vanaf de Grevelingendam lang genoeg is om onderweg zuurstof uit te putten. In het Zoommeer is temperatuurstratificatie de oorzaak voor zuurstofarme periodes (Nolte & Spiteri, 2011).

Hier dient opgemerkt te worden dat de modellen van Deltares alleen voorspellingen doen over zuurstofcondities in de waterkolom en niet ingaan op zuurstofcondities in de bodem (die onder andere beïnvloed worden door zuurstofconsumerende afbraakprocessen).

In het Grevelingenmeer zullen de zuurstofcondities op 1 m boven de bodem echter sterk verbeteren, wordt verwacht dat zuurstofcondities in de bodem ook verbeteren. Hierdoor zullen witte bacteriematten en zichtbare schade aan het bodemleven minder verspreid over het Grevelingenmeer voorkomen dan in de huidige situatie.

Zoutgehalte

De jaargemiddelde zoutconcentratie in het Grevelingenmeer zal door dit alternatief iets afnemen van 16,9 g Cl⁻/l naar 16,4 g Cl⁻/l (Nolte & Spiteri, 2011).

Daarnaast ontstaat er in de oppervlaktelaag een zoutgradiënt van circa 16,7 g Cl⁻/l bij de Brouwersdam naar 11,1 - 13,9 g Cl⁻/l ter hoogte van de Grevelingendam en 8,3 - 13,9 g Cl⁻/l bij de Volkeraksluizen (Nolte & Spiteri, 2011). In het Zoommeer varieert de saliniteit eveneens tussen 8,3 en 13,9 g Cl⁻/l (Nolte & Spiteri, 2011). Deze gradiënt is niet aanwezig in de huidige situatie en zal ook niet ontstaan bij realisatie een doorlaatmiddel in de Brouwersdam met een afsluitbare doorlaat in de Grevelingendam.

Nutriënten

Door realisatie van het doorlaatmiddel in de Brouwersdam neemt de wintergemiddelde stikstofconcentratie toe van 0,8 mg N/l naar 1,0 mg N/l. Ondanks de hoge stikstofconcentraties in het Volkerak-Zoommeer leidt een aanvullende verbinding met het Volkerak-Zoommeer niet tot een nog hoger wintergemiddelde voor het gehele meer (blijft 1,0 mg/l). Wel neemt de stikstofconcentratie in het oostelijke deel van het meer bij Dreischor toe (Nolte & Spiteri, 2011). Er valt ook toename van draagkracht voor schelpdieren te verwachten door een grotere voedselproductie als gevolg van een nutriënten toename. Tezamen met een toename van de stroomsnelheden bij alternatief 1 kan dit leiden tot transport van voedsel naar plekken waar de potentiële mosselkweek plaatsvindt. Het valt op voorhand niet goed in te schatten of de beschikbare stikstof eerst (en volledig) door de schelpdieren wordt benut. Hierdoor blijft er een kans op algenbloei en zeesla en is de score op nutriënten voor alternatief 1 negatief (-) Het Grevelingenmeer blijft overigens stikstof gelimiteerd (Nolte & Spiteri, 2011).

Door fosfaatlimitatie in het Volkerak-Zoommeer neemt de wintergemiddelde fosfaatconcentratie in het Grevelingenmeer af van 0,083 mg P/l in de huidige situatie naar 0,054 mg P/l (Nolte & Spiteri, 2011).

Doorzicht

De realisatie van uitsluitend een doorlaatmiddel in de Brouwersdam heeft nauwelijks effect op het doorzicht (jaargemiddelde van 2,3 m naar 2,2 m. Door de aanvullende verbinding met het Volkerak-Zoommeer neemt het doorzicht wel iets verder af naar 2,0 m (Nolte & Spiteri, 2011). De grotere bijdrage van humuszuren die vooral in zoetwater aanwezig zijn, is hiervoor waarschijnlijk de voornaamste oorzaak (Nolte & Spiteri, 2011).

Temperatuur en pH

De modelresultaten van Deltares doen geen voorspellingen over jaargemiddelde watertemperaturen en/of pH waarden. Er worden echter niet verwacht dat de realisatie van een verbinding tussen het Grevelingenmeer en het Volkerak-Zoommeer een significant effect heeft op deze parameters.

Chlorofyl-a gehalten

Door realisatie van het doorlaatmiddel in de Brouwersdam neemt het jaargemiddelde chlorofyl-a gehalte toe van 5,1 naar 8,1 µg/l (Nolte & Spiteri, 2011). Door de aanvullende verbinding met het Volkerak-Zoommeer zullen de chlorofyl-a gehalten nog verder toenemen naar 10,8 µg/l (Nolte & Spiteri, 2011).

Ecologie

Bodemdieren

Door de aanvullende verbinding met het Volkerak-Zoommeer neemt de primaire productie van algen nog verder toe, hetgeen tot uitdrukking komt in de toenemende chlorofyl-a gehalten, waardoor nog iets meer voedsel beschikbaar komt voor bodemdieren. Hierdoor nemen biomassa's naar verwachting nog iets meer toe dan bij een doorlaatmiddel alleen.

Door de aanvullende verbinding ontstaat er in de oppervlaktelaag een zoutgradiënt van circa 16,7 g Cl⁻/l bij de Brouwersdam naar 11,1 - 13,9 g Cl⁻/l ter hoogte van de Grevelingendam. Hierdoor gaan waarschijnlijk verschillen ontstaan in de bodemdiergemeenschappen in het westelijke en oostelijke deel van het meer, waarbij de soortenrijkdom in het brakker (oostelijke) gedeelte van het meer lager is dan in het zoutere (westelijke) gedeelte. Dit is bijvoorbeeld ook het geval in andere wateren waar een zoutgradiënt aanwezig is, zoals de Westerschelde (van Moorsel & Waardenburg 1999) en het Noordzeekanaal (Witteveen+Bos, 2009).

Zeegrasvelden kunnen een belangrijke functie vervullen als habitat voor bodemdieren. Wanneer zeegras zich ontwikkelt zal dit positieve effecten hebben op bodemdieren. Ook hebben zeegrasvelden een positief effect op vissen en zo ook op visetende vogels.

Zeegras

Het ontbreken van getijbeweging en het constante hoge zoutgehalte in het Grevelingenmeer worden gezien als de belangrijkste oorzaken voor de volledige verdwijning van zeegras uit het Grevelingenmeer sinds 2000 (zie hoofdstuk over de referentie). Door een open verbinding te realiseren met het Volkerak-Zoommeer ontstaat een zoutgradiënt van circa 16,7 g Cl⁻/l bij de Brouwersdam naar 11,1 - 13,9 g Cl⁻/l ter hoogte van de Grevelingendam. De zoutgehalten in de buurt van de Brouwersdam blijven dus vrijwel gelijk aan die in de huidige situatie (16,9 g Cl⁻/l), waardoor de omstandigheden voor zeegras daar nauwelijks verbeteren, maar in het oostelijke deel van het meer dalen de zoutgehalten dusdanig sterk dat hier weer kansen zijn voor de vestiging en ontwikkeling van zeegras.

Daarnaast neemt de stikstofconcentratie in het oostelijke deel van het meer toe, hetgeen positief is voor de groei van zeegras.

Algenbloei en zeesla

De verwachte toename van de algenbloei en zeesla als gevolg van het nieuwe doorlaatmiddel in de Brouwersdam zal worden versterkt door de aanvullende open verbinding met het Volkerak-Zoommeer. Dit komt door de instroom van nutriëntenrijk water van het Volkerak-Zoommeer. Door realisatie van het doorlaatmiddel in de Brouwersdam wordt een toename van het jaargemiddelde chlorofyl-a gehalte verwacht van 5,1 naar 8,1 ug/l (zie alternatief 1). Door de aanvullende verbinding met het Volkerak-Zoommeer zullen de chlorofyl-a gehalten nog verder toenemen naar 10,8 ug/l (Nolte & Spiteri, 2011).

Vissen

Door de verbinding met het Volkerak-Zoommeer worden de omstandigheden in het oosten van het Grevelingenmeer meer 'estuairien' dan 'marien' hetgeen meer lijkt op de oorspronkelijke situatie voor de afsluiting. Dit zal positief uitwerken voor de typische estuariene vissoorten.

Door de ontstane zoutgradiënt verbetert ook de situatie voor diadrome vissoorten die van en naar het zoete water migreren. Vissen kunnen bij deze verbinding van de zoute Noordzee via steeds zoeter water naar de brakke Volkeraksluizen zwemmen, waar dan nog één barrière ligt tussen het Volkerak-Zoommeer en de rivier (scheepvaartsluizen zijn goed passeerbaar voor vis, omdat ze gewoon met de schepen meeschutten). De potentie voor volledig herstelde vismigratie van zee naar de benedenloop van de rivier neemt dus verder toe.

Zeegrasvelden kunnen een belangrijke functie vervullen als habitat voor vissen. Wanneer zeegras zich ontwikkelt zal dit positieve effecten hebben op vissen.

Vogels

Voor de effectbeoordeling van een permanent open verbinding met het Volkerak-Zoommeer (welke daardoor ook zout wordt) is primair gekeken naar de effecten op voedselbronnen en broedbiotopen. Voedselbronnen betreffen bodemdieren, vissen en planten (op de oever alsmede zeegras). Deze voedselbronnen zijn van belang voor broedvogels en grote aantallen doortrekkende en overwinterende vogels. Wat betreft de broedbiotopen is onder andere gekeken naar veranderingen in vegetatiestructuren. De effecten van een permanent open verbinding met het Volkerak-Zoommeer op bodemdieren, vissen, planten en vegetatiestructuren zijn 'doorvertaald' naar vogels.

De ontwikkeling van de vegetatie (en de daarbij behorende planten als voedselbron zoals graslanden) veranderen niet ten opzichte van de situatie met een doorlaatmiddel. Dit komt omdat de getijbeweging en nutriënten niet wezenlijk anders zijn en de zoutgradiënt beperkt is. Zeegras kan alleen terugkeren als er actief terugplant beleid wordt uitgevoerd. Er ontstaan geen andere (brakke) schorvegetaties. Dit betekent voor vogels dat het broedbiotoop niet wezenlijk anders wordt. Wel is het zo dat zeegras mogelijk weer terug keert in het oostelijk deel van het meer, omdat het water daar een lagere zoutconcentratie zal krijgen. Net als in de jaren tachtig was het zoutgehalte van de Grevelingen toen ook relatief laag, waardoor zich enkele duizenden hectares zeegras in de Grevelingen konden handhaven. Zeegras is een goede voedselbron voor knobbelzwanen, smienten, rotganzen en tafeleenden. Indien zeegras zich ontwikkelt, zullen deze soorten toenemen. Bij de bodemdieren wordt verwacht dat er meer voedsel voor ze beschikbaar komt. Naast een toename van bodemdieren door de introductie van getijbeweging, zal dit tot een verdere toename van de biomassa aan bodemdieren leiden. Dit betekent dat er dus iets meer prooidieren voor vogels bijkomen. Met name doortrekkende en overwinterende vogels kunnen hier van profiteren. Verder wordt verwacht dat de soortensamenstelling van bodemdieren verandert, met een iets

soortenrijkere samenstelling in het westen dan in het oosten (dit als gevolg van de zoutgradiënt). Bij vissen wordt verwacht dat de soortensamenstelling verandert, waarbij het oosten van de Grevelingen een meer 'estuair' karakter krijgt. Voor vogels is de biomassa, de leeftijdsamenstelling (vangbaarheid) en de soortensamenstelling (leefwijze van de verschillende vissoorten) van belang. Door ontbreken van meetgegevens zijn veranderingen in biomassa, leeftijdsamenstelling en soortensamenstelling van de vispopulaties in de Grevelingen niet in te schatten.

Conclusie: Verwacht wordt dat deze bouwsteen voor broedvogels geen wezenlijk andere effecten heeft dan de situatie met doorlaatmiddel in de Brouwersdam. Voor zeegras etende vogelsoorten kan dit alternatief een positief effect hebben. Middelste zaagbekken en brilduikers ondervinden mogelijk nadelen.

Zeezoogdieren

Wanneer in de Grevelingendam ook een doorlaatmiddel wordt gerealiseerd, zal zich rondom die locatie ook een dynamisch en visrijk gebied ontwikkelen. Ten opzichte van de situatie met doorlaatmiddel in de Brouwersdam wordt dan ook verwacht dat zeehonden bij deze bouwsteen niet alleen vaker in het westelijke deel van het meer, maar ook vaker in het oostelijke deel van het meer voor gaan komen.

Noordse woelmuis

Met de aanvullende verbinding met het Volkerak-Zoommeer wordt net als met het doorlaatmiddel in de Brouwersdam gestuurd op een beperkt getij. De verbinding in de Grevelingendam zelf zal niet leiden tot andere effecten op de Noordse woelmuis. De tijdelijke effecten van overstroming door de waterberging vallen in de integrale beoordeling weg tegen de permanente effecten. Dit komt door de zeer kleine kans dat de waterberging in werking zal treden en de mogelijkheden om het water weg te pompen.

Vegetatie

De gemiddelde getijslag en nutriënten worden niet wezenlijk anders door deze bouwsteen. De zoutgradiënt die bij deze bouwsteen ontstaat in de Grevelingen is relatief beperkt, de zoutconcentraties nabij de Brouwersdam liggen tussen 11 en 14 g Cl⁻/l. Voor planten zijn deze zoutconcentraties nog erg hoog. De ontstane schor en slikvegetaties veranderen ook niet in brakke schorren met bijvoorbeeld riet en heen. Deze soorten kunnen zoutconcentraties van deze hoogte soms wel verdragen, maar ze kunnen geen dichte, vitale vegetaties vormen (Ter Heerdt, 1995). Zelfs bij de lagere concentraties (8 - 10 g Cl⁻/l) op het Verdrongen land van Saeftinghe domineren deze soorten slechts lokaal (Lensink, 2008). Kieming van riet en heen is bij deze zoutconcentraties onmogelijk (Ter Heerdt, 1995). Eventuele vestiging kan dus alleen plaatsvinden via aangespoelde wortelstokken.

5.6. Waterberging op de Grevelingen

Bij de effectbeoordeling is er vanuit gegaan dat deze verbinding in de huidige situatie circa één keer in de 1.400 jaar gebruikt wordt voor afvoer van extreem grote hoeveelheden zoet water van de rivieren. In 2050 wordt verwacht dat de inzetfrequentie oploopt naar één keer in de 400 jaar en in 2100 naar één keer in de tien jaar.

Wanneer de waterberging op de Grevelingen in gebruik wordt genomen, is voor deze effectbeschrijving uitgegaan van een maximale peilopzet van NAP + 2,00 m gedurende maximaal 5 dagen. Wanneer de pompfunctie van de getijdencentrale geoptimaliseerd wordt, kan deze opzet teruggebracht worden. De peilopzet tot NAP + 2,00 m geeft derhalve een bovengrens aan.

Effecten van de tijdelijke peilopzet op de waterkwaliteit van het Grevelingenmeer zijn niet gemodelleerd. Onderstaande effectbeoordeling is daarom volledig gebaseerd op basis van expert-judgement. Omdat er nog geen besluit is genomen of het Volkerak-Zoommeer in de toekomst zoet blijft of zout wordt, zijn beide alternatieven apart beoordeeld. In geval van een peilopzet met zoet water, is tevens onduidelijk in hoeverre menging optreedt en of er dus sprake is van een laag zoet water op het zoute water of van een verbrakking van de gehele waterkolom. Vanwege de vele onzekerheden is daarbij gekozen voor een worst-case benadering. Voor elke soortgroep zijn de maximale effecten beschreven. Uitgegaan is van het voor die soortgroep meest negatieve scenario.

Bodemdieren

Voor bodemdieren kan het een probleem zijn als het water waarin ze leven tijdelijk zoet wordt. Indien volledige menging optreedt, daalt het zoutgehalte van 17 g Cl/l naar 13 g Cl/l. Dat is voor bodemdieren geen groot probleem. Indien geen goede menging optreedt, verandert er voor de diep levende bodemdieren niets, maar krijgen de ondiep levende bodemdieren gedurende een aantal dagen brak of zelfs echt zoet water te verduren. De meeste ondiep levende bodemdieren zijn aangepast aan leven in de intergetijdenzone. Deze dieren kunnen zoet water voor een bepaalde periode verdragen. Wanneer het regent bij laag water krijgen ze immers ook te maken met zoet water. In dit geval duurt de peilopzet maximaal vijf dagen. Het valt daarom zeker niet uit te sluiten dat er op bepaalde soorten een negatief effect optreedt. De bodemdiergemeenschap zal zich op termijn weer herstellen. Hoe lang die hersteltermijn is, en of bij een calamiteit van eens in de tien jaar dus vrijwel permanente effecten optreden, kan op grond van de huidige informatie niet worden bepaald.

Vissen

Voor vissen is het tijdelijk zoet worden van het water geen groot probleem. Vissen kunnen eenvoudig vluchten naar dieper water, naar het westen van het meer of zelfs naar de zee en na afloop van de calamiteit weer terugkeren. Hierbij zal enige sterfte optreden, maar naar verwachting zijn de effecten op de vispopulatie verwaarloosbaar.

Zeezoogdieren

Voor zeezoogdieren is het tijdelijk zoet worden van de Grevelingen geen probleem, deze dieren kunnen lagere zoutgehaltes gemakkelijk verdragen en ze kunnen bovendien uitwijken.

Noordse woelmuis

Voor de Noordse woelmuis is het optreden van een dergelijk grote inundatie desastreus, en veel dieren zullen verdrinken. De korte termijn effecten op de populatie zijn daardoor sterk negatief. De Noordse woelmuis kan echter goed zwemmen en is, beter dan zijn concurrenten, bestand tegen dit soort calamiteiten. Naar verwachting zal de populatie door een calamiteit zeker niet geheel verdwijnen. Door het uitschakelen van concurrentie zou deze calamiteit op lange termijn zelfs een positief effect kunnen hebben voor de Noordse Woelmuis. Veel hangt daarbij af van de hoogte van de inundatie en de frequentie waarmee deze optreedt. In de worst-case (gehele inundatie van de eilanden eens in de tien jaar) wordt toch vooral een negatief effect verwacht.

Vegetatie

De zilte vegetaties zijn het best bestand tegen de inundatie met zout en ook met zoet water. Deze vegetaties zijn immers ook bestand tegen verzoeting als gevolg van regenwater. De effecten op de overige vegetaties zijn daarentegen in het worst-case scenario (inundatie met brak of zout water) groot. Veel van de daar nu aanwezige planten, inclusief de beschermde soorten en de groenknolorchis, zullen afsterven. De natte duinvalleivegetaties

zullen sterk van karakter veranderen (meer zoutsoorten), maar kunnen zich als type gedeeltelijk handhaven. De overige graslanden, ruigten, struwelen en bossen zullen afsterven. Nadat het water weg is, blijft de bodem nog enige tijd zout. Door regenwater zal dit zout langzaam uitspoelen en verdunnen, waarna opnieuw successie op gaat treden. Hoe snel dit gaat, en wat voor soort vegetaties ontstaan, is sterk afhankelijk van de snelheid van deze ontzilting en de reeds aanwezige bodemvorming. Veelal zullen eerst pioniers en ruderaal soorten optreden en vervolgens nieuwe duinvalleivegetaties of graslanden en ruigten.

Vogels

Voor niet-broedvogels zijn de effecten naar verwachting minimaal, omdat deze gemakkelijk enkele dagen kunnen uitwijken en de voedselsituatie (bodemdieren, vissen) nauwelijks verandert. Voor broedvogels is de timing van de inundatie cruciaal. Een overstroming tijdens het broedseizoen leidt tot het verlies van alle legsels van dat jaar en heeft daarmee een sterk negatief, doch tijdelijk effect. Dit is het worst-case scenario. De meeste inundaties zullen naar verwachting in de winter of het vroege voorjaar optreden, dus voor het broedseizoen. De directe effecten zijn dan gering. Door het ontstaan van een groot aantal open plekken, heeft de calamiteit indirect een groot positief effect op het aantal beschikbare broedplaatsen voor kustvogels, die op open bodem broeden. Ook dit effect is naar verwachting tijdelijk, omdat de vegetatie zich weer zal sluiten. Of dat één of meerdere seizoenen duurt, is echter onduidelijk.

5.7. Schutsluis/overtoom

Waterkwaliteit

De uitwisseling van water tussen de Noordzee en het Grevelingenmeer (schutverlies) is, in vergelijking met de huidige Brouwerssluis en zeker in vergelijking met het voorgestelde doorlaatmiddel met getijdencentrale, zeer gering. De schutsluis zal dan ook geen effecten op de waterkwaliteit. Het zelfde geldt voor een overtoom.

Ecologie

Mogelijke effecten op ecologie beperken zich naar verwachting alleen tot effecten op vissen, vogels en zeezoogdieren.

Vissen

De schutsluis kan een zeer beperkte functie vervullen in de migratie van vis en andere dieren tussen de Noordzee en het Grevelingenmeer. Er zijn genoeg voorbeelden bekend van schutsluizen die door vissen worden benut voor stroomopwaartse of stroomafwaartse migratie (Turlings *et al.*, 2009). Een overtoom is niet passeerbaar voor vis.

Vogels

Zowel broedvogels als niet-broedvogels zullen geen directe effecten ondervinden van de ingebruikname van een schutsluis. Door de schutsluis wordt de Grevelingen echter aantrekkelijker voor watersporters. Geschat wordt dat er een stijging optreedt van circa 10.300 vaardagen op de Grevelingen. De sluis zal waarschijnlijk naar schatting 26.000 keer per jaar gepasseerd worden. Door de verhoogde recreatiedruk zijn er indirecte effecten op vogels te verwachten. Betreding van de eilandjes is verboden. Ondanks dit verbod is niet uit te sluiten dat broedvogels extra verstoord worden al gevolg van een toenemende recreatievaart. Ook niet-broedvogels kunnen verstoord worden door een verhoogde recreatiedruk. Dit geldt met name voor de soorten van het open water, zoals futen en middelste zaagbek. Voor de soorten die foerageren in de intergetijdenzone en de directe oeverzone en de periode van het jaar (herfst/winter/voorjaar) dat deze groep aanwezig is, lijkt deze groep vooralsnog minder kwetsbaar voor een toename in recreatiedruk. Vooral de soorten

van het open water zullen negatief beïnvloed worden door de toename van de recreatievaart.

Zeezoogdieren

De schutsluis zal niet door zeezoogdieren gebruikt worden om van en naar de Voordelta te zwemmen. De realisatie van de schutsluis zal echter wel leiden tot meer vaarbewegingen in de omgeving van de platen voor het Watergat en de Bollen van de Ooster, de belangrijkste ligplaatsen voor zeehonden in de Voordelta. Rondom de Bollen van de Ooster is ter bescherming van de zeehonden een verboden gebied ingesteld. Rondom de platen voor het Watergat is dit niet het geval. Uit recente veldwaarnemingen naar de aanwezigheid en gedrag van zeehonden op de Verklikkerplaat en de Platen voor het Watergat (Bouma *et al.*, 2011) is gebleken dat zeehonden op deze locaties vaak verstoord worden door menselijke activiteiten en dat recreanten ondanks de instelling van een verboden gebied op de Verklikkerplaat dit gebied toch regelmatig betreden. Het is daarom niet uit te sluiten dat deze dieren wel vaker verstoord door de extra vaarbewegingen.

5.8. Kunstmatig opgewekte verticale waterbeweging

De verticale waterbeweging die kunstmatig wordt opgewekt doorbreekt de stratificatie met als doel de zuurstofloosheid op de bodem te verminderen. Voor deze bouwsteen zijn geen modelberekeningen gedaan, maar een literatuuronderzoek heeft een aantal succesvolle voorbeelden opgeleverd.

Waterkwaliteit

Verwacht wordt dat de verticale menging van de waterkolom vooral effect heeft op de zuurstofhuishouding. Door de realisatie van de verticale waterbeweging treedt zoutstratificatie aanzienlijk minder op en wordt de duur van de temperatuurstratificatie in mei verkort. Hierbij wordt aangenomen dat een installatie voor verticale menging niet even effectief kan zijn voor het verminderen van effecten van stratificatie als een doorlaatmiddel in de Brouwersdam. Verticale menging kan de zuurstofloosheid bestrijden, maar is minder effectief dan herstel getij. Dit is een ontwerpogave, die in dit planMER niet verder is uitgewerkt. De resultaten op de zuurstofhuishouding zijn dan niet vergelijkbaar met die van een doorlaatmiddel. De duur en het areaal van de zuurstofloosheid bij de bodem nemen aanzienlijk af. Uit de modelberekeningen voor het doorlaatmiddel blijkt dat in de diepe putten bij de huidige Brouwerssluis (onder andere bij Scharendijke) nog wel zuurstofarme condities kunnen optreden. Het totale areaal dat bij het doorlaatmiddel nog gevoelig is voor zuurstofloze condities is circa 300-500 ha, zo'n 3 % tot 5 % van het totale wateroppervlak (Nolte & Spiteri, 2011). Met het opwekken van een verticale waterbeweging kunnen juist ook deze probleemlocaties worden aangepakt.

Op de andere waterkwaliteitsparameters (zoutgehalte, nutriënten, doorzicht, temperatuur, pH en chlorofyl-a gehaltes) worden geen grote veranderingen ten opzichte van de referentie verwacht.

Ecologie

Door de realisatie van de verticale waterbeweging verbetert de zuurstofhuishouding, zowel in de waterkolom als nabij de bodem. Hierdoor verbeteren de leefomstandigheden voor bodemdieren en bodemvissen als platvissen en grondels. Er treedt minder habitatverlies door zuurstofloosheid op. Voor diadrome vissen die migreren tussen zoet en zout wordt geen verbetering verwacht, omdat er geen betere verbinding met de Noordzee wordt gerealiseerd.

In de huidige situatie komen problemen met grootschalige en/of toxische algenbloei vrijwel nooit voor, waarschijnlijk door stikstoflimitatie in het systeem. Dit verandert niet bij deze bouwsteen, omdat er geen vergroting van de uitwisseling met de Noordzee plaats vindt. Toename van algenbloei en zeesla ten opzichte van de referentie, zoals die wordt verwacht bij de bouwsteen doorlaatmiddel in de Brouwersdam, wordt daarom voor deze bouwsteen niet verwacht.

Voor zeegras verbeteren de omstandigheden niet, omdat het zoutgehalte niet verandert door deze bouwsteen.

Voor de vegetatie op het land en in de intergetijdenzone veranderen de omstandigheden ten opzichte van de referentie niet, omdat er met deze bouwsteen geen getij op de Grevelingen wordt geïntroduceerd.

Vogels

Voor vogels zal het areaal geschikt broedbiotoop niet wezenlijk toe - of afnemen, omdat er geen getij wordt geïntroduceerd. Hierdoor blijft het aantal broedparen waarschijnlijk gelijk aan voorgaande jaren. Een uitzondering hierop vormen de bodemdiereters van open water. Op de Grevelingen gaat het binnen deze voedselgroep vooral om de brilduiker. Ze foerageren met name op schelpdieren en andere bodemorganismen zoals kreeftachtigen. In de referentie wordt verwacht dat deze voedselgroep verder achteruitgaat, als gevolg van een verder verslechtering van het bodemleven. Het invoeren van de verticale waterbeweging zorgt voor een flinke verbetering in de zuurstofhuishouding. Dit zal een positief effect hebben op het bodemleven en daardoor ook op de aantallen bodemdiereters. Verwacht wordt dat de aantallen vogels in deze voedselgroep weer toenemen, en dat de negatieve trend van de laatste twee decennia wordt omgebogen in een verbetering.

5.9. Effecten op Natura 2000 en KRW doelen

In het beoordelingskader en bij de beoordeling van de alternatieven in het hoofdrapport zijn de doelen voor KRW en Natura 2000 op hoofdlijnen meegenomen. Hierbij zijn de doelen zoveel mogelijk geclusterd tot ecologisch onderscheidende groepen (zoals kustbroedvogels, plantenetende vogels et cetera). In de onderbouwing bij de effectbeoordeling in voorliggend bijlagerapport zijn effecten zoveel mogelijk per individueel doel beschreven. In onderstaande twee tabellen zijn de effecten van de alternatieven op doelen voor de KRW en Natura 2000 nog eens samengevat. De beoordeling is gebaseerd op de uitgebreide effectbeschrijvingen per bouwsteen in de voorgaande paragrafen en de beoordeling per alternatief uit het hoofdrapport (deel A).

Ten aanzien van Natura 2000 is door de combinatie van de effectbeschrijving per instandhoudingsdoel in het bijlagerapport en de samenvatting van de effecten in onderstaande tabel invulling gegeven aan de Passende Beoordeling in de zin van de Natuurbeschermingswet. De effectbeschrijving is passend bij het niveau van dit planMER.

Tabel 5.3. KRW beoordeling

NB: 0 indiceert geen effect op haalbaarheid doelen. Indien er desondanks wel een kleine verandering op treedt wordt de nieuwe verwachte waarde tussen haakjes aangegeven.

Parameters: Fysisch-chemisch				Eenheid	MEP	GEP	Beoordeling t.a.v. doelen	Beoordeling referentie	Effecten alternatieven t.o.v. referentie		Alternatief 3	Alternatief 4	Alternatief 5
									Alternatief 1	Alternatief 2			
Thermische omstandigheden				°C	≤ 25	≤ 25	0 (2-25)	0 (2-25)	0	0	0	0	0
Zuurstofhuishouding in de bovenlaag				mg/l	6-12	6-12	0	0	0	0	0	?	+
				%	60-120	60-120							
Chloridegehalte				g/l	14-18	14-18	0 (17)	0 (17)	0 (17,3)	- (11-17)	0 (17,3)	-	0
Zuurgraad				pH	5,5-9	5,5-9	0 (8,2)	0 (8,2)	0 (8,2)	0 (8,2)	0 (8,2)	?	0
Totaal fosfor				mg/l	≤ 0,11	≤ 0,11	0 (<0,1)	0 (<0,1)	0 (<0,1)	0 (0,05)	0 (<0,1)	?	0
Totaal stikstof				mg/l	≤ 1,8	≤ 1,8	0 (0,33)	0 (0,33)	0 (0,4)	0 (0,4)	0 (0,4)	?	0
Doorzicht				m	□ 0,9	□ 0,9	0 (ca 2,3-2,5m)	0 (ca 2,3-2,5m)	0 (ca 2,2m)	0 (ca 2m)	0 (ca 2,2m)	?	0
Parameters: Biologisch													
Fytoplankton	Chlorofyl-a gehalte	g/l	< 12	< 12	0 (2,6-8)	0 (2,6-8)	0 (5,1-8,1)	0 (10,8)	0 (5,1-8,1)	?	?	0	
	Aantal cellen <i>Phaeocystis</i>	10^6 cel/l	< 10	< 10									0
Macroalgen en angiospermen	% Begroeibaar opp. begroeid met zeegras	%	> 65	> 50	0 (0)	0 (0)	0 (0)	+	0	0	0	0	
	% Begroeibaar opp. begroeid met zeegras met > 60% bedekkingspercentage	%	> 50	> 40									- (0)
Macrofauna	% Gebied met overlast van zeesla	%	< 1	< 1	0 (?)	0 (?)	0 (?)	0 (?)	0 (?)	?	?	0	
	Geen KRW doelen uitgewerkt												-
Vis	Aantal diadrome soorten	aantal	3-4	3-4	0 (3)	0 (3)	--/ 0*	--/ 0*	--/ 0*	0	0	0	
	Aantal estuarien residenten	aantal	6-8	6-8	0 (9)	0 (9)	--/ 0*	--/ 0*	--/ 0*	0	0	0	
	Aantal mariene soorten	aantal	8-11	8-11	0 (11)	0 (11)	--/ 0*	--/ 0*	--/ 0*	0	0	0	
	Aantal zoetwatersoorten	aantal	0-1	0-1	0 (0)	0 (0)	--/ 0*	--/ 0*	--/ 0*	0	0	0	

* effect afhankelijk van inrichting getijcentrale

Beoordelingscriteria

- sterk negatief effect
- negatief effect
- 0 verandert niks aan haalbaarheid van gestelde doelen
- + positief effect
- ++ sterk positief effect
- ? onbekend

Tabel 5.4. Natura 2000 beoordeling

Natura 2000 Grevelingen					Beoordeling huidige situatie t.o.v. instandhoudingsdoel	Beoordeling referentie	Effecten alternatieven t.o.v. referentie				
Habitat richtlijn: habitat typen		Subtype		Instandhoudingsdoelstelling			Alternatief 1	Alternatief 2	Alternatief 3	Alternatief 4	Alternatief 5
H1310	Zilte pionierbegroeiingen	A	Zeekraal	Behoud oppervlakte + kwaliteit	-	0	+	+	+	0	0
		B	Zeevet muur	Behoud oppervlakte + kwaliteit	-	0	+	+	+	0	0
H1330	Schorren en zilte graslanden	B	Binnendijks	Behoud oppervlakte + kwaliteit	-	0	+	+	+	0	0
H2130	Grijze duinen	B	Kalkarm	Behoud oppervlakte + kwaliteit	0	0	0	0	0	--	0
H2160	Duindoornstruwelen			Behoud oppervlakte + kwaliteit	0	0	0	0	0	--	0
H2170	Kruipwilgstruwelen			Behoud oppervlakte + kwaliteit	+	0	0	0	0	--	0
H2190	Vochtige duinvalleien	B	Kalkrijk	Behoud oppervlakte + kwaliteit	-	0	--	--	--	--	0
H6430	Ruigten en zomen	B	Harig wilgenroosje	Behoud oppervlakte + kwaliteit	0	0	0	0	0	--	0
Habitat richtlijn: soorten											
H1340	Noordse woelmuis			Behoud omvang +kwaliteit leefgebied voor:	0	0	0	0	+	--	0
H1903	Groenknolorchis			Behoud populatie	-	0	--	--	--	--	0
Vogelrichtlijn: broedvogels											
A081	Bruine kiekendief			Behoud omvang + kwaliteit leefgebied voor aantal paren:	-	0	0	0	0	+	0
A132	Kluut			20	0	0	-	-	-	+	0
A137	Bontbekplevier			Deltabreed: 2000	0	0	-	-	-	+	0
A138	Strandplevier			Deltabreed: 100	0	0	-	-	-	+	0
A191	Grote stern			Deltabreed: 220	0	0	-	-	-	+	0
A193	Visdief			Deltabreed: 4000	0	0	-	-	-	+	0/+
A195	Dwergstern			Deltabreed: 6500	0	0	-	-	-	+	0/+
				Deltabreed: 300	0	0	-	-	-	+	0/+
Vogelrichtlijn: niet-broedvogels											
A004	Dodaars			Behoud omvang + kwaliteit voor gemiddeld aantal vogels:	-	0	+	+	+	0	0/+
A005	Fuut			70	-	0	+	+	+	0	0/+
A007	Kuifduiker			1600	-	0	+	+	+	0	0
A008	Geoorde fuut			20	-	0	+	+	+	0	0/+
A017	Aalscholver			1500	-	0	+	+	+	0	0/+
A026	Kleine zilverreiger			310	-	0	+	+	+	0	0/+
A034	Lepelaar			50	0	0	+	+	+	0	0/+
A037	Kleine zwaan			70	0	0	+	+	+	0	0/+
A041	Kolgans			4	0	0	0	0	0	+	0
A043	Grauwe gans			140	0	0	-	-	-	+	0
A045	Brandgans			360	0	0	-	-	-	+	0
A046	Rotgans			1900	0	0	+	+	+	+	0
A048	Bergeend			1700	0	0	+	++	+	+	0
A050	Smient			700	-	0	+	+	+	0	0
A051	Krakeend			4500	-	0	+	++	+	+	0
A052	Wintertaling			320	0	0	+	++	+	0	0
A053	Wilde eend			510	-	0	+	+	+	+	0
A054	Pijlstaart			2900	-	0	+	++	+	+	0
A056	Sobeend			60	-	0	+	+	+	0	0
A067	Brilduiker			50	0	0	+	+	+	0	0
A069	Middelste zaagbek			320	-	0	+	+	+	0	+
A103	Sechtvalk			1900	-	0	+	+	+	0	0/+
A125	Meerkoet			10	-	0	+	+	+	0	0
A130	Scholekster			2000	0	0	+	++	++	+	0
A132	Kluut			560	-	0	++	++	++	0	0
A137	Bontbekplevier			80	-	0	++	++	++	0	0
A138	Strandplevier			50	-	0	++	++	++	0	0
A140	Goudplevier			20	-	0	++	++	++	0	0
A141	Zilverplevier			2600	-	0	++	++	++	+	0
A149	Bonte strandloper			130	-	0	++	++	++	0	0
A157	Rosse grutto			650	-	0	++	++	++	0	0
A160	Wulp			30	-	0	++	++	++	0	0
A162	Tureluur			440	-	0	++	++	++	+	0
A169	Steenloper			170	-	0	++	++	++	0	0
				30	-	0	++	++	++	0	0

Beoordelingscriteria
-- sterk negatief effect
- negatief effect
0 geen effect
+ positief effect
++ sterk positief effect
? onbekend

6. EFFECT BESCHRIJVING RECREATIE EN TOERISME

6.1. Motivering beoordelingscriteria en achtergronden

De ingrepen in de Grevelingen kunnen mogelijk effect hebben op de recreatiemogelijkheden van verschillende type recreanten. De volgende typen recreanten worden in de Grevelingen onderscheiden: duikers, oeverrecreanten, strandrecreanten, verblijfsrecreanten, recreatievaarders en sportvissers. Onder oeverrecreatie valt vrijetijdsbesteding op de oevers van de Grevelingen, met natuurgebonden activiteiten zoals wandelen, fietsen en bezoek aan attracties en evenementen gebonden aan de oevers. De effecten worden per type recreant kwalitatief beschreven.

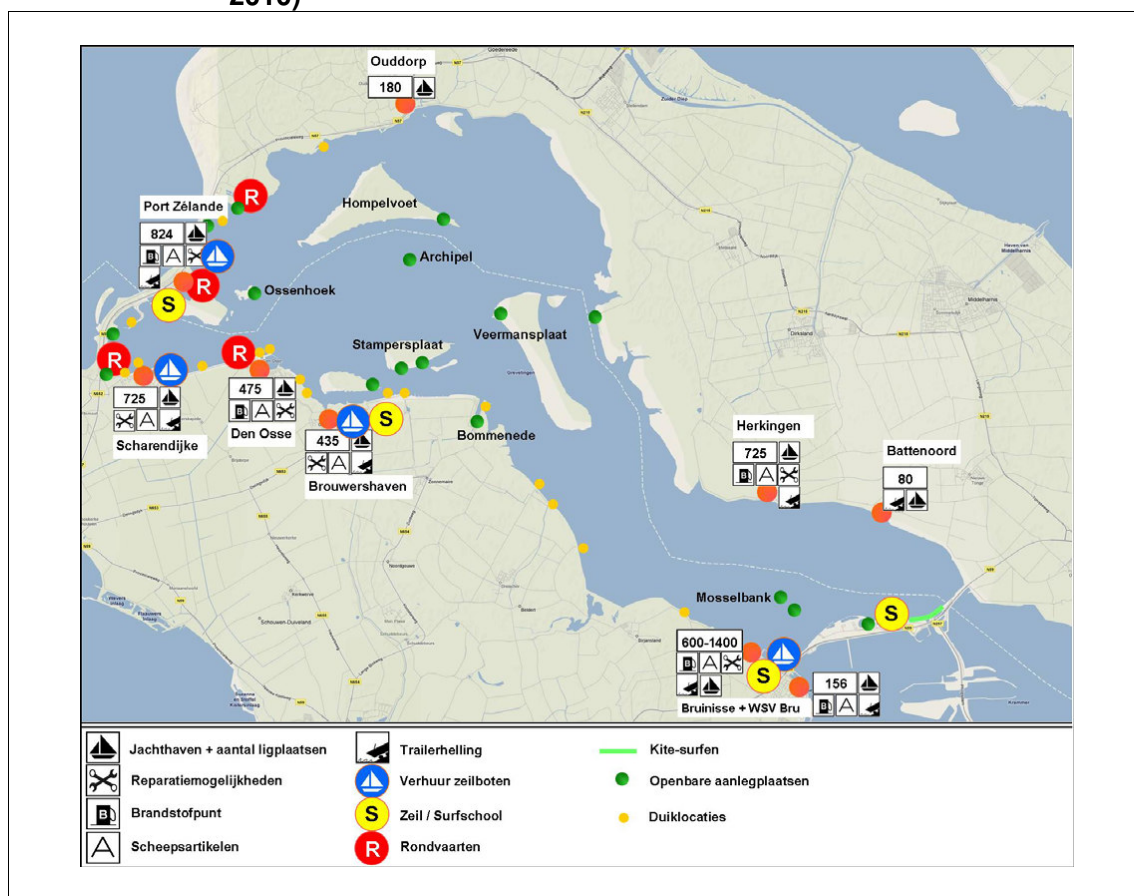
6.2. Effectbeschrijvingen

Referentie

Duiken

De Grevelingen is interessant als duikgebied omdat het een zoutwatergebied is waarin relatief gemakkelijk gedoken kan worden. Het water telde eind 2009 20 officieel geregistreerde duikplaatsen, zie afbeelding 6.1. In heel Zeeland vinden er per jaar zo'n 900.000 duiken plaats (Watersportvisie, 2010). Het aantal duiken in de Grevelingen is niet bekend, maar neemt hier een aanzienlijk deel van in.

Afbeelding 6.1. Inventarisatiekaart watersport op de Grevelingen (Watersportvisie 2010)



Oeverrecreatie

Langs de Grevelingen zijn verschillende wandel- en fietsroutes aanwezig. Bekend is dat in Zeeland 76 % van de toeristen een wandeling maakt en dat 38 % van de toeristen gaat fietsen (Toeristische trendrapportage, 2010). Daarnaast staan er ook attracties (zoals de Brouwersdam) langs de oevers waar de toeristen naar toe gaan en worden er evenementen georganiseerd.

Een voorbeeld van een belangrijke publiekstrekker is de Brouwersdam. Hier is ruimte voor toeristisch-recreatieve ontwikkelingen die elders conflicteren met het karakter van de gemeenschappen. Centraal staan de stranden, horeca, een bezoekerscentrum (12.000 bezoekers), trammuseum (30.000 bezoekers) en rondvaarten (17.000 bezoekers) (Economische visie Brouwersdam, 2007). De Grevelingendam heeft een meer beperkte toeristische functie en trekt vooral bezoekers voor strand, kleine watersport en horeca.

Verblijfsrecreatie

Op de eilanden Schouwen-Duiveland en Goeree-Overflakkee vonden in het jaar 2009 724.000 vakanties plaats (Schouwen-Duiveland 450.000 en Goeree-Overflakkee 274.000), waarvan een groot aandeel door vaste gasten. De gemiddelde duur van een vakantie was 6,1 dagen op Schouwen-Duiveland en Goeree-Overflakkee. De meeste bezoekers overnachten in een bungalow. Op Schouwen-Duiveland komt kamperen op een goede tweede plek, op Goeree-Overflakkee is het aantal kampeersers beperkt. Op beide eilanden vinden bijna geen overnachtingen plaats in een hotel (Toeristische rapportage Goeree-Overflakkee, 2009/2010).

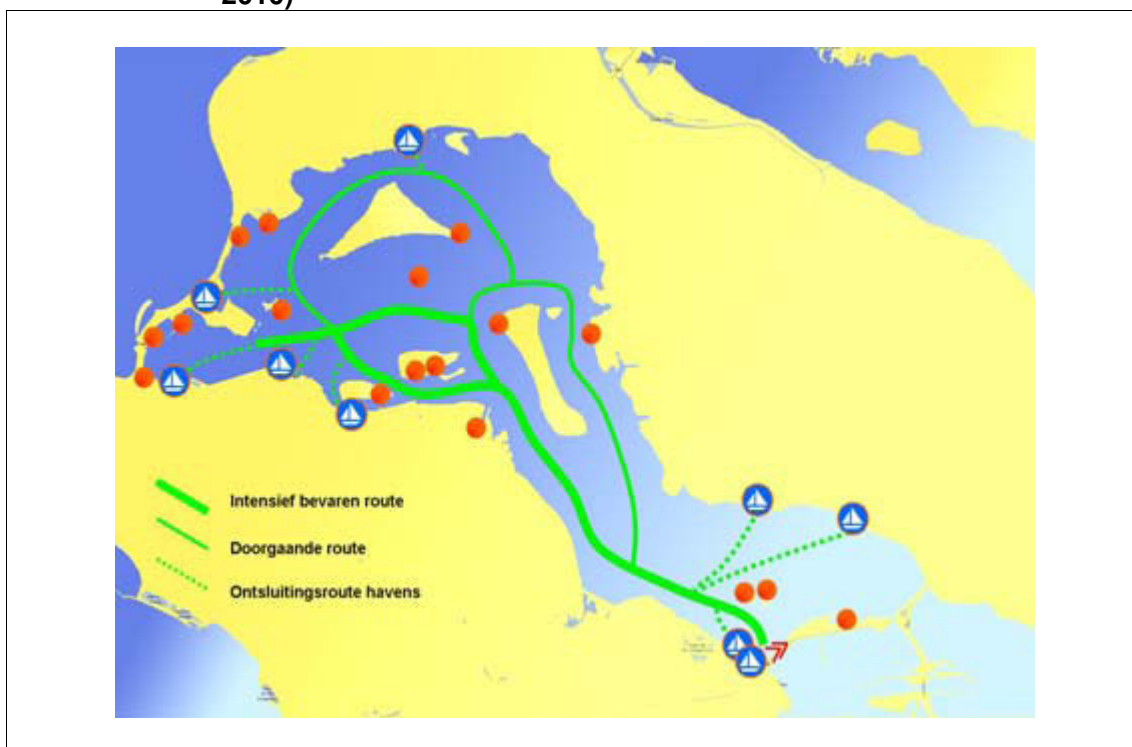
Van het totaal aantal overnachtingen van Nederlanders op Schouwen-Duiveland vindt ongeveer 45 % plaats in de maanden juni tot en met september. De maand mei is de belangrijkste vakantiemaand met ongeveer 21 % van de overnachtingen. Voor de maanden oktober tot en met april is het aandeel ongeveer 34 %. Verwacht wordt dat de spreiding op Goeree-Overflakkee hiermee overeen zal komen. In het gebied brengen vooral gezinnen met kinderen (zomers) en 50-plussers (voor en naseizoen) hun vakantie door. De recreanten en toeristen op de kop van Goeree hebben een bovenmodaal inkomen, maar ook op Schouwen-Duiveland komen de laatste jaren steeds meer mensen met een bovenmodaal inkomen (Zicht op de Grevelingen, 2006).

Het aantal bezoekers dat rond de Grevelingen verblijft is al een aantal jaar min of meer stabiel (trendrapport Zeeland, 2010). Verwacht wordt dat dit in het referentiealternatief voor de bezoekersaantallen van duikers, oeverrecreanten en verblijfsrecreanten zo blijft.

Recreatievaart

In totaal zijn er 8 jachthavenlocaties in de Grevelingen met circa 5.000 ligplaatsen (Watersportvisie, 2010). Daarnaast zijn er zo'n 600 openbare aanlegplaatsen verspreid over het meer op eilanden of aan de oevers. Het aantal passantenovernachtingen in de jachthavens is 24.000 per jaar en eenzelfde aantal overnachtingen vindt jaarlijks plaats op de openbare aanlegplaatsen. Op de Grevelingen is ongeveer 64 % van het wateroppervlak bevaarbaar voor recreatievaart met een diepgang groter dan 1,5 m (dat is het merendeel van de toervaart). Afbeelding 6.2 laat zien waar de grote recreatievaart voornamelijk plaatsvindt.

Afbeelding 6.2. Vaarroutes vanaf de sluis en tussen aanlegplaatsen (Watersportvisie 2010)



In het referentiealternatief is sprake van een groeiende vloot op de Grevelingen, maar minder vaarbewegingen. De recreatievaart verandert: het aantal vaardagen per boot daalt en ook het aantal vaaruren per dag loopt terug. Netto zal de economische waarde van de recreatievaart in dit alternatief naar verwachting gelijk blijven.

Sportvisserij

In 2009 waren er 440.000 VISpashouders gerechtigd om in de Grevelingen te vissen. Per jaar worden enkele honderden dagvergunningen en enkele honderden weekvergunningen afgegeven. Daarnaast wordt gevist vanaf charterschepen. Deze schepen werken met een collectieve toestemming voor sportvissen zodat individuele sportvisserij niet zelf een vergunning hoeven aan te vragen. Jaarlijks maken ruim 10.000 sportvisserij hiervan gebruik (VBC Grevelingemeer, 2010).

In de beheersvisie visstand en visserij Grevelingenmeer (van Aar en Hofman, 2002) staat vermeld dat de beperkte visstand het belangrijkste knelpunt is voor de sportvisserij. Het rapport meldt echter een gestage verbetering. De Grevelingen wordt door sportvisserij toch als een vrij goed viswater gezien door een goede vangst van een beperkt aantal soorten zoals de grote wijting en door sporadisch vangsten van zeer grote platvissen als schol en tarbot. Bijzonder aan de Grevelingen is daarnaast dat in de winter vis op het meer blijft.

Voor de sportvisserij worden geen grote veranderingen verwacht. De afgifte van dag- en weekvergunningen (VBC Grevelingenmeer, 2010) laat een licht stijgende trend zien. Te verwachten is dat deze trend zal aanhouden.

Strandrecreatie

Er zijn verschillende stranden rondom de Grevelingen: De punt van Goeree, de Kabbe-laarsbank, Grevelingendam, strand Herkingen en West-Repart (Scharendijke). Daarnaast

is de totale lengte van het strand aan zeezijde ongeveer 35 km. Een groot deel van het strand aan Goereese zijde betreft het natuurreservaat De Kwade Hoek en is niet openbaar toegankelijk.

Het strand en de zee zijn verreweg de belangrijkste dagrecreatieve voorzieningen voor Schouwen-Duiveland en de kop van Goeree-Overflakkee. Jaarlijks worden er bijna 2 miljoen bezoeken gebracht aan de hier gelegen stranden (CVTO, 2006). Ruim 85 % van deze bezoeken worden gedaan door mensen van buiten de gemeenten. De dagrecreatie genereert ongeveer 10 miljoen aan bestedingen (retail, horeca, entreegelden en vervoer).

In het referentiealternatief wordt de stankoverlast op stranden door aangespoelde zeesla groter. Daarnaast zorgt de groei van Japanse oesters in de buurt van stranden in toenemende mate voor verwondingen bij surfers en ook zwemmers. Deze ontwikkelingen zullen gemitigeerd moeten worden met intensiever beheer.

Alternatief 1, 2 en 3

In de alternatieven 1, 2 en 3 wordt zowel een recreatievaartverbinding gerealiseerd als ook een doorlaatmiddel in de Brouwersdam met een getijdencentrale. Het verschil tussen de drie alternatieven is de doorlaat in de Grevelingendam. In alternatief 1 is deze doorlaat open, in 2 afsluitbaar en in alternatief 3 wordt deze doorlaat in de Grevelingendam niet gerealiseerd.

Duiken

Door het verbeteren van de waterkwaliteit wordt de Grevelingen aantrekkelijker voor duikers. Een betere waterkwaliteit zorgt voor toename van flora en fauna op de bodem (één van de zes categorieën vanuit NOB 2010). De daadwerkelijke benutting hangt af van een aantal andere factoren zoals promotie van de duiksport en het niveau van de duikfaciliteiten, hieraan wordt in het referentiealternatief gewerkt door de NOB.

Door de verbeterde waterkwaliteit wordt de Grevelingen aantrekkelijker voor duikers. De effecten voor de duiksport worden voor alternatief 1, 2 en 3 beoordeeld met ++.

Oeverrecreatie

Het verbeteren van de waterkwaliteit door de doorlaat in de Brouwersdam zorgt ervoor dat er minder zeesla aanspoelt aan de oevers. Daardoor zullen de recreanten minder stankoverlast ondervinden als gevolg van de zeesla. Dit heeft een positieve invloed voor het aantal oeverrecreanten, omdat zij mogelijk vaker en prettiger langs de oevers kunnen recreëren.

Het aanbrengen van getij, en de stroming die daardoor tot stand komt, heeft geen invloed op de oevererosie, waardoor de oevers in deze alternatieven niet aan verandering onderhevig zijn.

De totale effecten voor oeverrecreatie worden voor deze alternatieven beoordeeld met ++.

Verblijfsrecreatie

Het aantal hotelaccommodaties - en daarmee ook het aantal hotelovernachtingen - rondom de Grevelingen zal als gevolg van de investeringen in waterkwaliteit toenemen. Door Horwath (2010) is ingeschat dat er ruimte is voor circa 1.200 extra overnachtingplaatsen in hotelaccommodaties in Zeeland. In de huidige situatie ligt 15 % van de hotelaccommodaties in Grevelingen. Verwacht wordt dat de verdeling van nieuwe hotelaccommodaties via eenzelfde patroon zullen lopen. Hierdoor zullen de gemiddelde recreatieve bestedingen met een euro per overnachting stijgen. In de MKBA verkenning Grevelingen (Witteveen + Bos,

2010) staan deze effecten uitgebreid beschreven. De totale effecten op verblijfsrecreatie worden beoordeeld met een +. Indien een verslechtering van de huidige verblijfsrecreatie plaatsvindt in het referentiealternatief kan de verblijfsrecreatie in de alternatieven worden beoordeeld met ++.

Recreatievaart

De recreatievaart krijgt in deze alternatieven een impuls met een directe verbinding tussen de Noordzee en de grote rivieren door een recreatievaartverbinding van het Grevelingenmeer naar de Noordzee. In een meerwaardestudie uit 2008 (Projectbureau Vrolijkx en Arcadis, 2008) is becijferd dat het totaal aantal vaartochten in de delta stijgt met circa 10.000 extra tochten. Daarnaast wordt in alternatief 1 met de open verbinding in de Grevelingendam een extra positieve impuls gegeven aan de recreatievaart, omdat deze zorgt voor een directe vaarverbinding tussen het Grevelingenmeer en het Volkerak-Zoommeer.

Voor alternatief 1 wordt het effect beoordeeld met ++, omdat deze over zowel de recreatievaartverbinding bij de Brouwersdam beschikt als ook de open verbinding door de Grevelingendam. Hoe de open verbinding wordt vormgegeven valt in dit stadium nog niet aan te geven. Een hoge brug kan aantrekkelijk zijn vanwege de uitstraling en de gebruiksmogelijkheden voor de recreatievaart (zie ook de Grevelingenvisie). Daar staan wel hogere kosten tegenover. De beoordeling ++ is gebaseerd op de realisatie van 'een' open verbinding door de Grevelingendam, ongeacht de uitvoering. Alternatief 2 en 3 hebben wel de verbinding in de Brouwersdam, maar niet de verbinding in de Grevelingendam, waardoor ze iets lager scoren dan alternatief 1, de beoordeling is voor die alternatieven +.

Sportvisserij

De doorlaat in de Brouwersdam zorgt voor een betere waterkwaliteit in de Grevelingen. Door de verbeterde zuurstofhuishouding zullen meer vissen in de Grevelingen kunnen leven. Daarnaast kan een verbinding met de Noordzee zorgen voor een hogere aanvoer van nutriënten (Van Gils, 2010). Dit betekent dat de Grevelingen voedselrijker wordt voor vissen. Dit heeft een positief op de sportvisserij, omdat de omstandigheden voor de vissen in de Grevelingen zodanig verbeteren dat er mogelijk meer vissen kunnen leven.

Daarnaast wordt verwacht dat door het aanbrengen van getij het mogelijk wordt mossels te kweken voor de beroepsvisserij. Dit effect staat verder uitgewerkt in hoofdstuk 10.

In de Grevelingen wordt als gevolg van de betere waterkwaliteit een toename van zowel de sportvisserij als van de beroepsvisserij verwacht. Omdat in alternatief 1, 2 en 3 sprake is van een verbetering van de waterkwaliteit en extra voedseltoevoer wordt het effect beoordeeld met ++.

Strandrecreatie

De beschikbare lengte van de Brouwersdam voor recreatieve gebruikers blijft behouden bij het aanleggen van een doorlaat van 550 m aan de noordzijde van de Brouwersdam. Daarnaast zorgt de doorlaat ervoor dat er getij ontstaat, maar dit blijkt geen effect te hebben op stranderosie. Omdat in de alternatieven 1, 2 en 3 de beschikbare lengte van de Brouwersdam voor recreatieve gebruikers constant blijft, wordt dit effect beoordeeld met 0.

Alternatief 4

In alternatief 4 wordt de Grevelingen geschikt gemaakt voor waterberging en vinden geen ontwikkelingen plaats op het gebied van duiken, oeverrecreatie, verblijfsrecreatie, recreatievaart, sportvisserij en strandrecreatie. Alle effecten worden voor alternatief 4 dan ook beoordeeld met een 0.

Alternatief 5

In dit alternatief wordt de zuurstofloosheid verminderd, door het bewerkstelligen van kunstmatig opgewekte verticale waterbeweging. Dit heeft een positieve invloed op de waterkwaliteit, waardoor de Grevelingen aantrekkelijker wordt voor duikers en oeverrecreanten. Omdat de waterkwaliteit door middel van kunstmatige waterbeweging niet zo veel verbetert als ten gevolge van de doorlaat in de Brouwersdam worden de effecten voor duikers en oeverrecreanten beoordeeld met een +.

Kunstmatige waterbeweging zorgt voor een verbetering van de waterkwaliteit. Daarmee wordt de Grevelingen aantrekkelijker om te verblijven en wordt een stijging van het aantal verblijfsrecreanten verwacht. Dit effect wordt ook beoordeeld met +.

Het effect op de sportvisserij wordt beoordeeld met een 0/+, omdat de waterkwaliteitsverbetering minder is dan in alternatief 1, 2 en 3 en er geen sprake is van extra voedseltoevoer vanuit de Noordzee.

In dit alternatief vinden geen veranderingen plaats voor de recreatievaart en strandrecreatie. Deze effecten worden dan ook beoordeeld met 0.

Tabel 6.1. Overzicht effectbeschrijvingen toerisme en recreatie

criteria recreatiemogelijkheden voor:	0 referentie	1 duurzaam, veilig en vooruit bij een zout Volkerak-Zoommeer	2 duurzaam, veilig en vooruit bij een zoet Volkerak-Zoommeer	3 Grevelingen gebiedsontwikkeling	4 waterberging Grevelingen	5 Grevelingen en effectbestrijding
duikers	0	++	++	++	0	+
oeverrecreatie	0	++	++	++	0	+
verblijfsrecreatie	0	+	+	+	0	+
recreatievaart	0	++	+	+	0	0
sportvisserij	0	+	+	+	0	0/+
strandrecreatie	0	0	0	0	0	0

Zeespiegelstijging

De toekomstige zeespiegelstijging kan een negatief effect hebben op de beschikbare ruimte voor oeverrecreatie, verblijfsrecreatie, strandrecreatie en de recreatievaart, omdat oevers en stranden deels onder water kunnen lopen of kunnen eroderen.

Mitigerende maatregelen

Indien stranden en oevers verdwijnen door erosie of zeespiegelstijging kan het opspuiten van stranden en oevers als mitigerende maatregel worden doorgevoerd.

7. EFFECTBESCHRIJVING MORFODYNAMIEK

7.1. Algemeen

In deze bijlage worden kort de effecten van een getijdencentrale in de Brouwersdam op de morfologie in de Voordelta en de Grevelingen besproken. Over de morfologische effecten zijn twee aparte deelrapporten uitgebracht (Witteveen+Bos, 2011a en 2011b), welke respectievelijk de effecten op de voordelta en de effecten op de Grevelingen beschrijven. Deze bijlage geeft een samenvatting van beide deelrapporten.

In de PlanMER worden de volgende effecten beschouwd.

thema	effect	criterium
morfodynamiek	erosie van oevers en platen	verandering van areaal oevers en platen Grevelingen
	effecten op Bollen van de Ooster	verandering van areaal Bollen van de Ooster, inclusief verandering van de breedte van de stranden
	effecten op bodemligging Grevelingen	verandering bodemligging rondom doorlaten Brouwersdam en Grevelingendam
	effect op strand Brouwersdam	verandering breedte en lengte strand bij de Brouwersdam

De eerste twee criteria en de laatste spreken voor zich. Het derde criterium vraagt enige toelichting. Op de bodem van het Grevelingenmeer is slib aanwezig dat door het terugbrengen van een (gereduceerd) getij in beweging kan worden gebracht. Met name op locaties waar relatief hoge stroomsnelheden voorkomen zoals nabij de nieuwe openingen in de dammen kan dit slib eroderen en ergens anders in het gebied weer neerslaan op de bodem. De sliberosie en sedimentatie in de Grevelingen is relevant voor de ecologie van de Grevelingen alsmede de recreatie (i.e. een verhoogde concentratie slib in de waterkolom leidt tot een hogere troebelheid van het water). Het vierde criterium is van belang voor de recreatie.

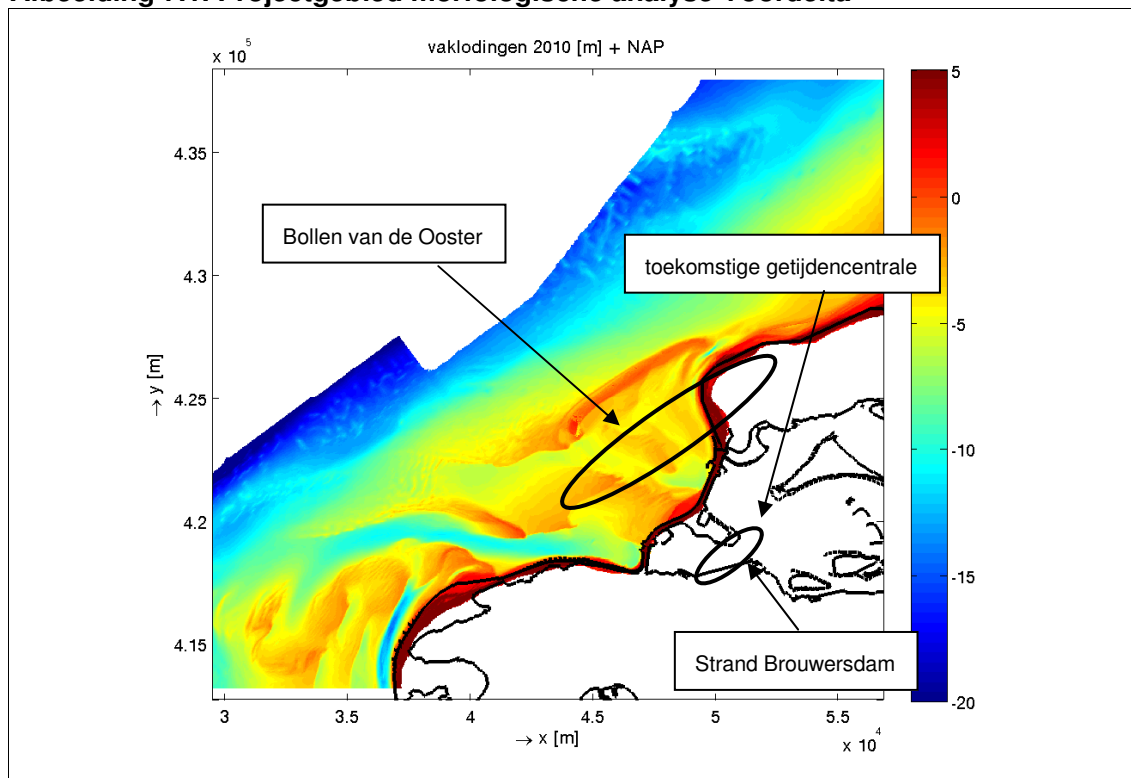
7.2. Referentie

Referentiesituatie in de Voordelta

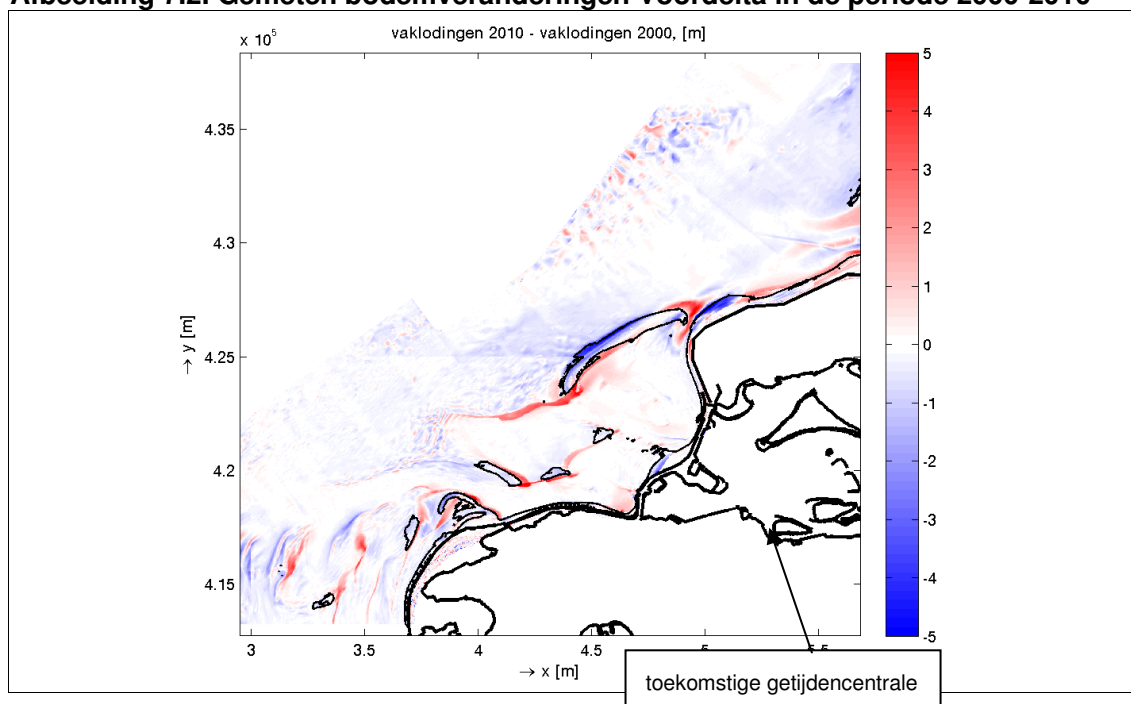
In afbeelding 7.1 staat de huidige bodemligging in de Voordelta. Afbeelding 7.2 toont de historische ontwikkeling van de Voordelta¹ op basis van vaklodgingen uit 2000 en 2010. Duidelijk zichtbaar is dat de Bollen van de Ooster migreren in zuidoostelijke richting. Verder bouwt de plaat uit aan de noordoostelijke zijde. Ook de oriëntatie van de Bollen van de Ooster lijkt te veranderen: een rotatie tegen de klok in om de noordoostpunt. Afbeelding 7.3 toont de gemeten ontwikkeling van het strand bij de Brouwersdam in detail. Zichtbaar is dat bij het zuidwestelijk deel van het strand erosie is opgetreden tussen het jaar 2000 en 2010. Aan de noordzijde van het strand is sedimentatie zichtbaar in die periode.

¹ De dunne zwarte lijn is de contourlijn van de bathymetrie op NAP - 2 m. De dikke zwarte lijn is de contourlijn van de kust.

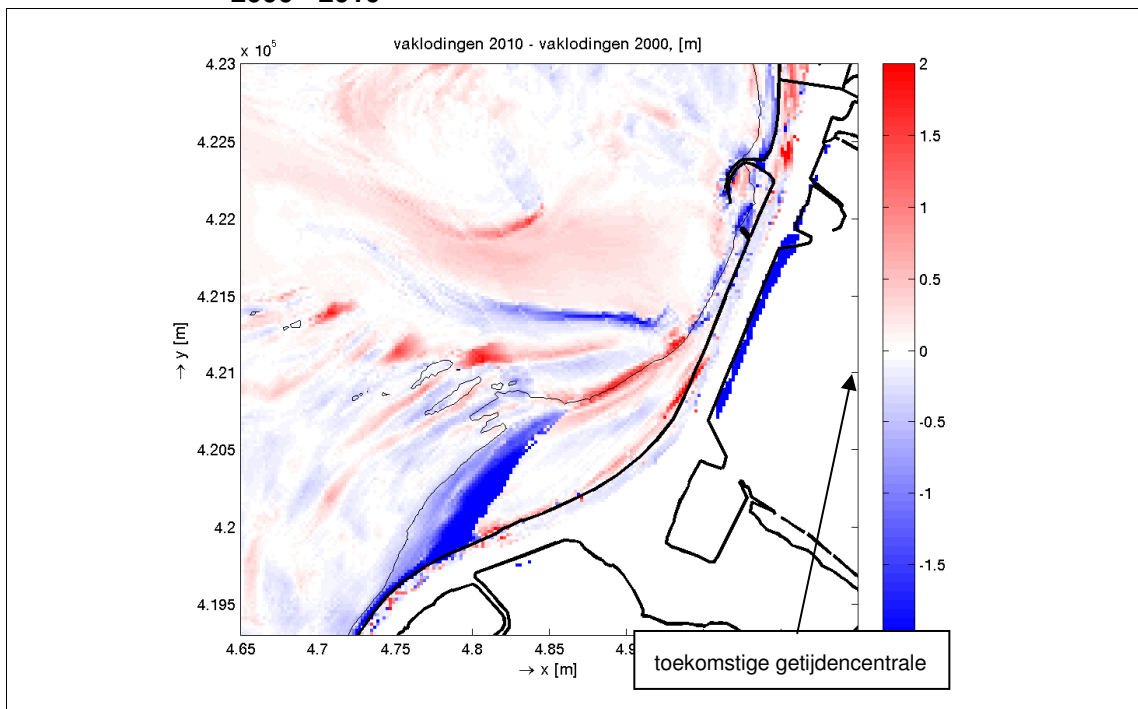
Afbeelding 7.1. Projectgebied morfologische analyse Voordelta



Afbeelding 7.2. Gemeten bodemveranderingen Voordelta in de periode 2000-2010



Afbeelding 7.3. Gemeten bodemveranderingen strand Brouwersdam in de periode 2000 - 2010



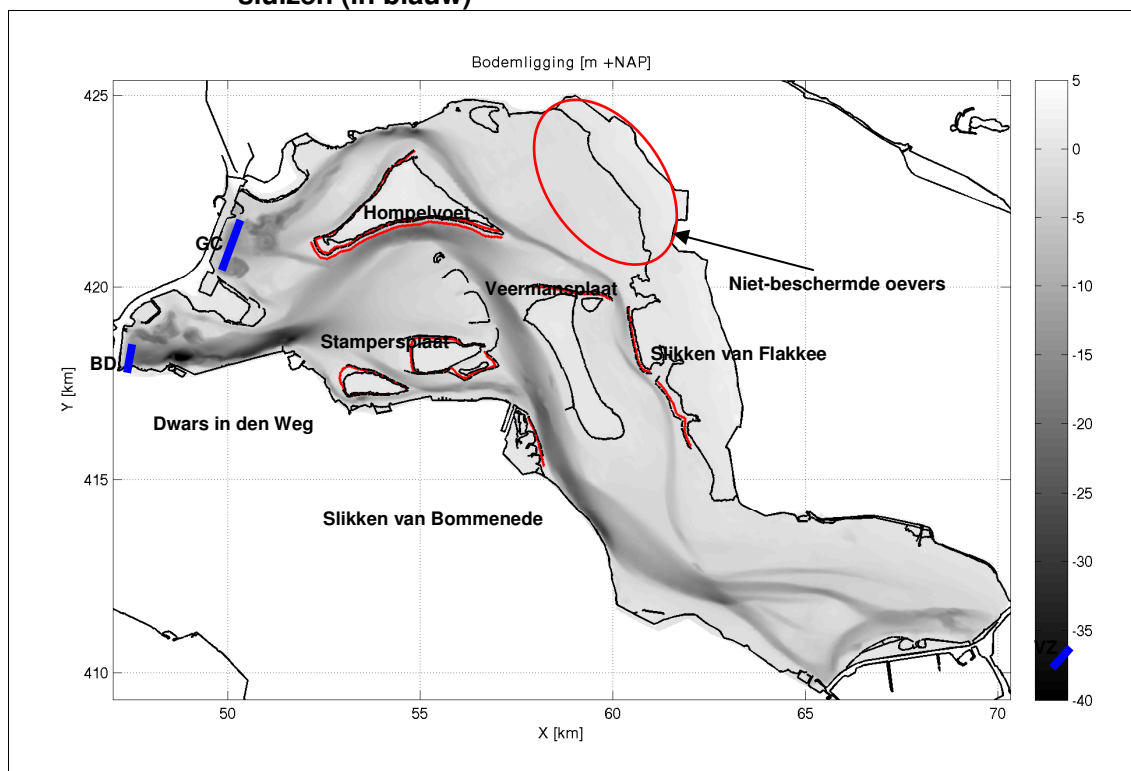
Referentiesituatie in de Grevelingen

Het projectgebied van deze analyse is het Grevelingenmeer. Speciale aandacht in deze analyse hebben de vooroeverdammen en de niet-beschermd oevers aan de noordkant van het Grevelingenmeer, zie afbeelding 7.4. Daarnaast zijn de volgende bijzondere constructies in de afbeelding weergegeven:

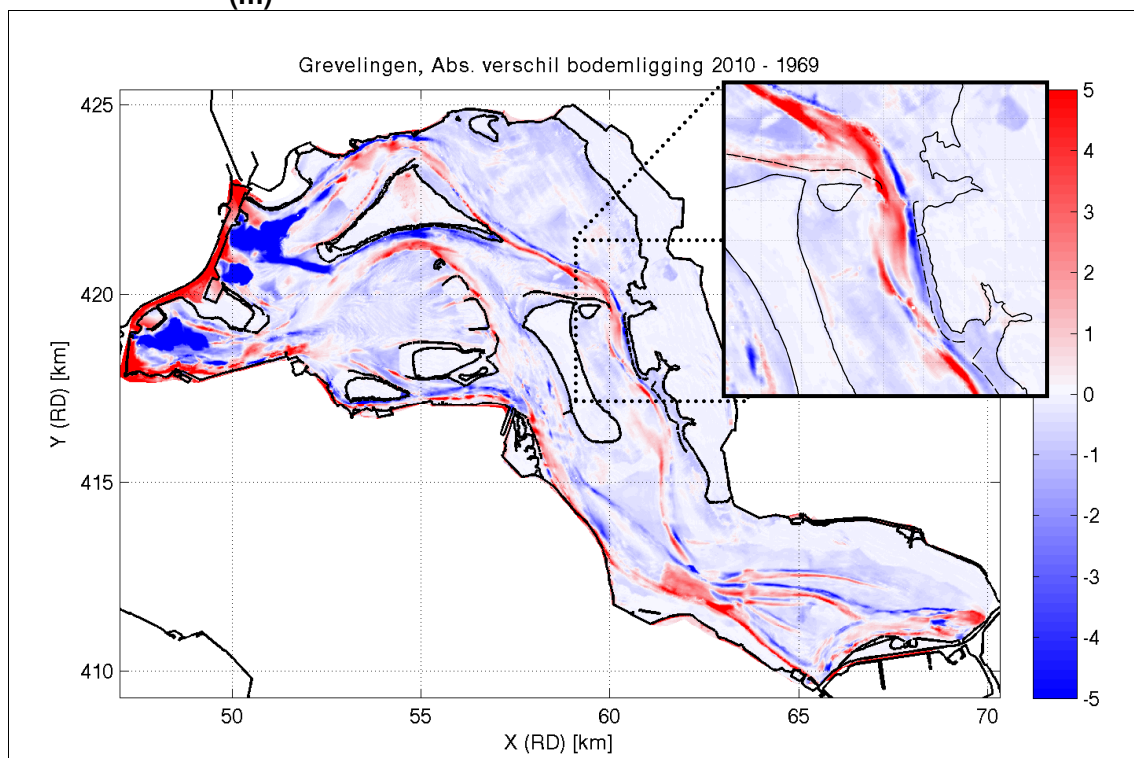
1. de reeds bestaande Brouwerssluis in de Brouwersdam (BD);
2. de nieuwe getijdencentrale in de Brouwersdam (GC);
3. de nieuwe opening in de Grevelingendam naar het Volkerak-Zoommeer (VZ).

Doordat de Grevelingen in 1971 volledig is afgesloten, heeft het getij geen invloed meer op het patroon van geulen en platen. Ten gevolge van de golfwerking hebben de geulen zich langzaam enigszins gevuld met sediment dat van de platen afkomstig is. Dit beeld wordt bevestigd door afbeelding 7.5 waarin het verschil tussen 1969 (voor afsluiting) en de huidige situatie van de gemeten bodemligging is gegeven. In de afbeelding is duidelijk zichtbaar dat erosie heeft plaatsgevonden op de platen. Met name de plaatranden zijn geërodeerd (donker blauwe gebieden). De rode kleur in de geulen laat zien waar dit materiaal terecht is gekomen, namelijk langs de randen van de geulen. Het detail in afbeelding 7.5 geeft dit goed aan.

Afbeelding 7.4. Bodemligging Grevelingen met belangrijkste oevers (in rood), en sluizen (in blauw)



Afbeelding 7.5. Absolute verschil in bodemligging tussen huidige situatie en 1969 (m)¹



Oeverbeschermingen

De oevers van het Grevelingenmeer zijn globaal in twee typen te onderscheiden: (i) flauwe oevers en (ii) steile oevers. Deze laatste zijn altijd verdedigd. In totaal is van de circa 60 km oever, circa 14 km niet beschermd. In de huidige studie wordt onderscheid gemaakt tussen directe en indirecte oeverbeschermingen. Directe verdediging bestaat meestal uit een pakket stortsteen tot grof grind dat tot een afstand van circa 5 m uit de oeverlijn is aangelegd. De verdediging ligt dus op of tegen de oever aan. De indirecte verdedigingen (vooroeverdammen) bestaan uit grove stortsteen en zijn aangelegd op een afstand van 50 tot 100 m uit de oeverlijn op een diepte van circa 1 m met een basisbreedte van 10 m en lengten van 180 m. Hiertussen bevinden zich openingen van circa 20 m voor de verversing van water. Zowel de vooroeverdammen als de directe oeververdediging zijn veelal aangelegd tot circa twee decimeter boven het gemiddelde meerpeil van NAP - 0,20 m.

7.3. Effectbeschrijving morfologie

Na ingebruikname van de getijdencentrale zal op de Grevelingen een getijslag van 50 cm terugkomen met een middenpeil van NAP - 0,10 m in 2020. Het getijgemiddelde debiet is dan 2.500 m³/s. In de berekening is tevens een opening in de Grevelingendam opgenomen.

Oevererosie op oevers en platen in de Grevelingen

Door opening in de Brouwersdam komt er getij terug op de Grevelingen. Hierdoor gaat de waterstand variëren tussen NAP - 0,35 m en NAP + 0,15 m in 2020. De effecten van zeespiegelstijging zijn tevens bepaald door de situatie in 2100 te modelleren (variërende wa-

¹ Een negatieve waarde in deze afbeelding betekent dat tussen 1969 en 2010 een bodemdaling heeft plaatsgevonden. Een positieve waarde een bodemstijging. Duidelijk zichtbaar is de Brouwersdam in rood.

terstand met een getijslag van 0,50 m rond een middenpeil van NAP + 0,75 m). Door deze variatie komt vaker een hogere waterstand voor in de Grevelingen. In het verleden zijn veel oevers en platen in de Grevelingen beschermd met oeverbescherming en vooroeverdammen. De vooroeverdammen hebben een kruinhoogte rond NAP, circa twee decimeter boven het gemiddelde meerpeil van NAP - 0,20 m.

Om de mate van oevererosie te bepalen zijn verschillende berekeningen uitgevoerd om de golfwerking en stroming langs de oevers te bepalen, zie Witteveen+Bos 2011b. Uit het onderzoek blijkt dat plaaterosie bij het inlaten van het (gereduceerd) getij nog steeds plaatsvindt, maar wel afneemt tussen de huidige situatie en de toekomstige situatie in 2020 en 2100. Dit komt met name door een hogere waterstand en variatie in de waterstand door het getij.

De stabiliteit van de oevers in de Grevelingen neemt door de getijwerking vrijwel overal toe omdat de golfaanval niet op één hoogte plaatsvindt, maar meer verdeeld over de verticaal (in het intergetijdengebied) plaatsvindt, waardoor de oevers minder snel eroderen.

Tijdens gemiddelde (50 % wind) condities zal er niet of nauwelijks erosie plaatsvinden. Met name tijdens een storm is er wel nog erosie, maar in 2020 is dit minder dan in de huidige situatie. In 2100 zijn, door zeespiegelstijging, vrijwel alle delen onder NAP + 0,30 m volledig stabiel (dat wil zeggen dat er geen erosie plaatsvindt, maar mogelijk wel aanzanding/aanslibbing). Echter, de hogere gemiddelde waterstand van NAP + 0,75 m in 2100 leidt ertoe dat platen – en delen van eilanden – onder water komen te staan. Er is duidelijk te zien dat de oevers opschuiven. In deze (onbeschermd) gebieden (boven NAP + 0,30 m) is erosie te verwachten. Op flauwe hellingen zal dit geen probleem opleveren, omdat het sediment in ondiepe gebieden achterblijft. Bij steilere oevers die langs geulen liggen zal een deel van het sediment richt geul getransporteerd worden.

De golfanalyse laat zien dat bij een verhoogde waterstand de vooroeverdammen nog steeds effectief blijven werken (golfransmissie neemt iets toe, maar door de verhoogde waterstand nemen de oscillatie snelheden aan de bodem af).

Stromingsberekeningen hebben aangetoond dat de stroming achter de dammen en langs oevers zeer laag is en niet of nauwelijks verandert in de toekomstige situatie. Verwacht mag worden dat de erosiepatronen in de Grevelingen daardoor ten gevolge van deze stroming niet veranderen.

Conclusies ten aanzien van erosie van de oevers en platen

Op basis van de uitgevoerde berekeningen kan geconcludeerd worden dat de erosie van de ondiepe gebieden zal afnemen. Ook langs de huidige plaatranden en oevers zal minder erosie plaatsvinden als gevolg van de hogere waterstanden op de Grevelingen. Doordat de (gemiddelde) waterstand toe neemt zal er meer erosie plaatsvinden in de hoger gelegen gedeelten van de Slikken van Flakkee, ten noorden en ten oosten en bovenop de Veermansplaat en bij Battenoord. Verwacht mag worden dat er herprofilering van deze gebieden zal plaatsvinden. Herprofilering houdt in dat de helling verandert. In de brekerzone wordt het profiel vlakker. Sediment wordt vanuit de brekerzone zowel naar diepere gedeelten als naar ondiepe gedeelten getransporteerd. Ten oosten van de Veermansplaat en bij Battenoord zal een deel van het sediment richting de diepe geul getransporteerd worden. Om de erosie tegen te gaan is hier wellicht extra oeverbescherming nodig.

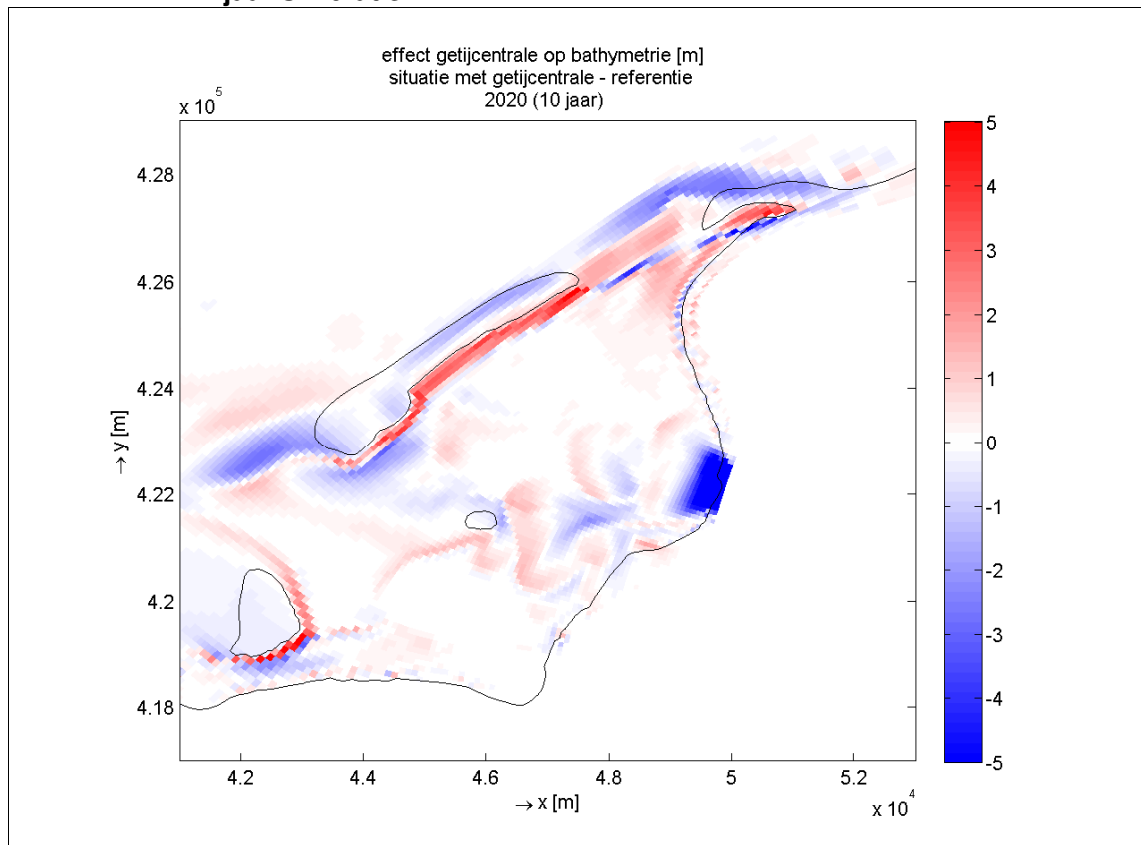
Effect van getijdencentrale op de Bollen van de Ooster

Om de morfologische ontwikkeling van de Voordelta te modelleren, is samen met Deltares een morfologisch model van de Voordelta gemaakt en gecalibreerd. Met het model is de

periode van 2010 tot 2020 gesimuleerd met en zonder getijdencentrale. Afbeelding 7.6 toont het relatieve effect van de getijdencentrale op de bathymetrie na 10 jaar simulatie ten opzichte van de situatie zonder getijdencentrale na 10 jaar simulatie. De volgende relatieve effecten van de getijdencentrale zijn waar te nemen in de simulaties:

- de Bollen van de Ooster breiden minder uit in noordoostelijke richting;
- de migratie van de Bollen van de Ooster in zuidoostelijke richting (landwaarts) verloopt sneller;
- erosie ten zuidwesten van de Bollen van de Ooster;
- nabij de getijdencentrale ontstaan of verdiepen geulen;
- nabij de getijdencentrale worden platen gevormd.

Afbeelding 7.6. Relatieve effect van getijdencentrale op bathymetrie Voordelta na 10 jaar simulatie



Conclusie ten aanzien van de Bollen van de Ooster

Uit de morfologische simulaties kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- de Bollen van de Ooster migreren in de situatie met getijdencentrale sneller in zuidoostelijke richting dan in de situatie zonder getijdencentrale;
- het plaatoppervlak van de Bollen van de Ooster neemt in de situatie met getijdencentrale waarschijnlijk toe in vergelijking met de situatie zonder getijdencentrale;
- de dynamiek in het gebied tussen de Bollen en de Brouwersdam wordt groter in de situatie met getijdencentrale. Geulen kunnen zich verdiepen of zouden langer open kunnen blijven;
- het relatieve effect van de getijdencentrale op het strand bij de Brouwersdam lijkt op basis van deze simulatieresultaten gering. Wel zou door de aanwezigheid van een getijdencentrale de migratietrend van een langgerekt strand doorbroken kunnen worden. In dat geval zou het strand aan de noordzijde in de toekomst kunnen verdwijnen indien

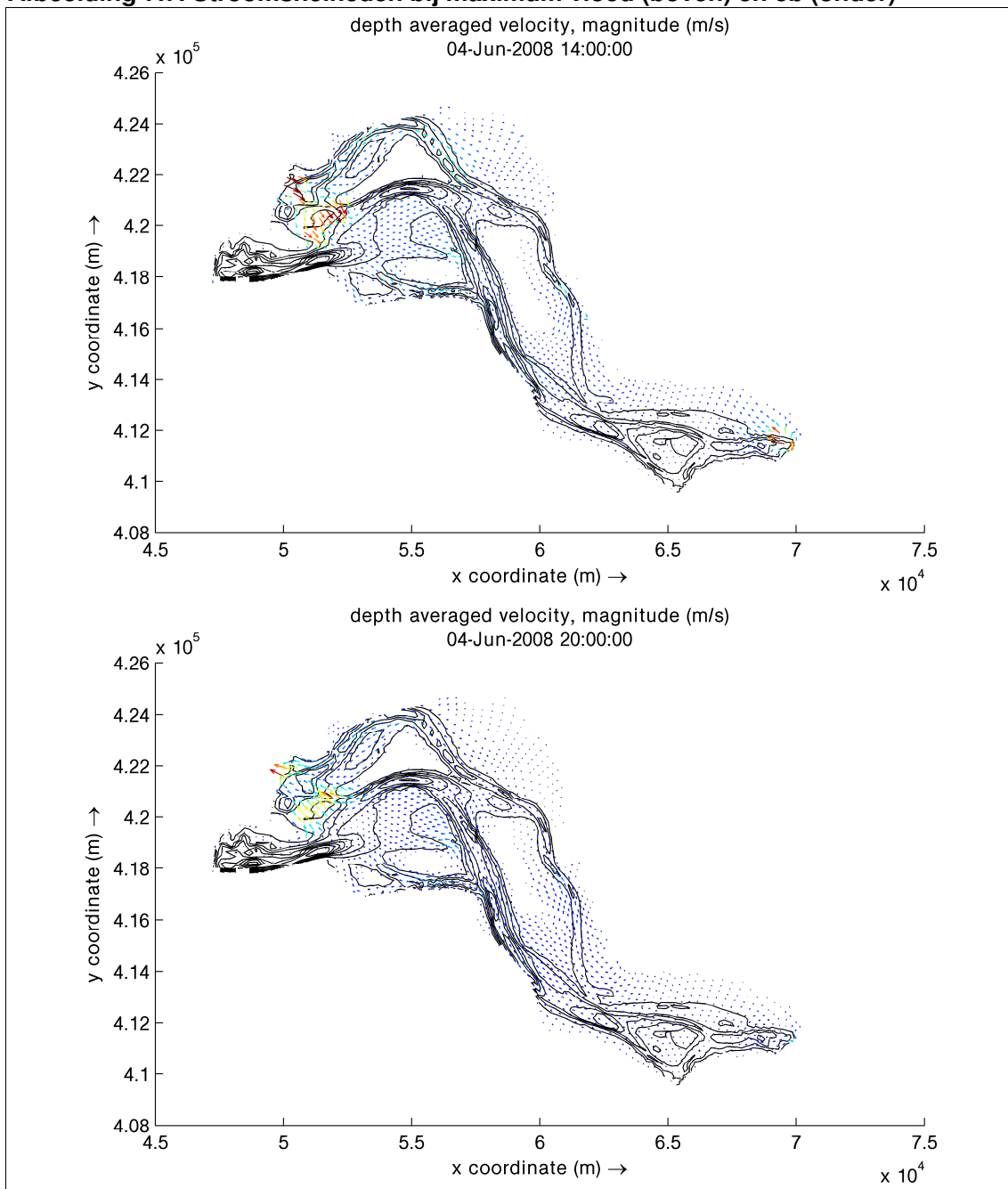
geen mitigerende maatregelen worden genomen. Het strand zal met getijcentrale iets kleiner worden.

Hoe ontwikkelen de Bollen van de Ooster zich na 2020? Het gebied is duidelijk nog niet in evenwicht. In de huidige situatie zal de trend van migratie in zuidoostelijke doorgaan en zullen de Bollen steeds smaller worden, totdat de Bollen doorbreken. Met de getijdencentrale zal de migratie sneller plaatsvinden maar zal de afname van breedte minder snel verlopen. Dat komt met name doordat het gedeelte tussen de Bollen en de getijdencentrale morfologisch actiever wordt en de geul langs Goeree (langer) open blijft.

Morfologische beoordeling slibsedimentatie Grevelingen

Als gevolg van de getijdencentrale in de Brouwersdam en opening in de Grevelingendam zal er meer uitwisseling met enerzijds de Voordelta zijn en anderzijds met het Volkerak-Zoommeer. Hierdoor komt er meer getijdenwerking op de Grevelingen en nemen ook de stroomsnelheden in de Grevelingen toe.

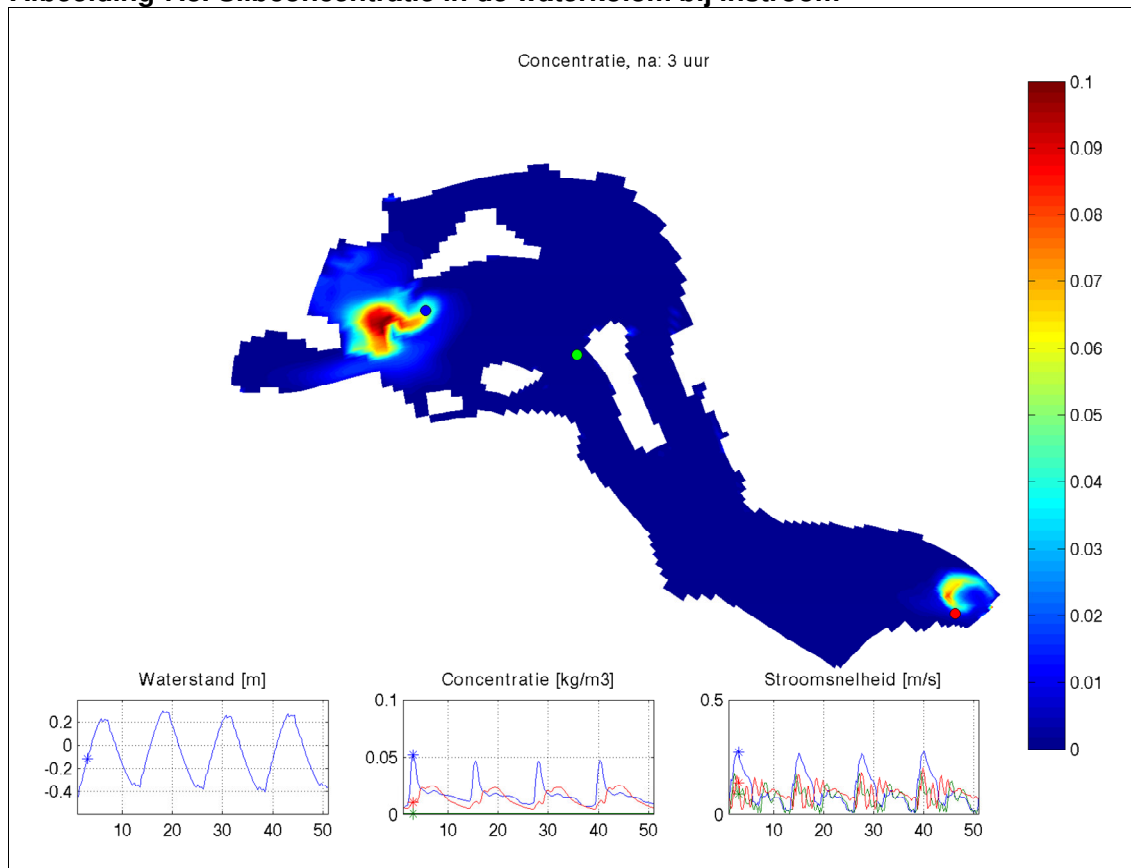
Afbeelding 7.7. Stroomsnelheden bij maximum vloed (boven) en eb (onder)



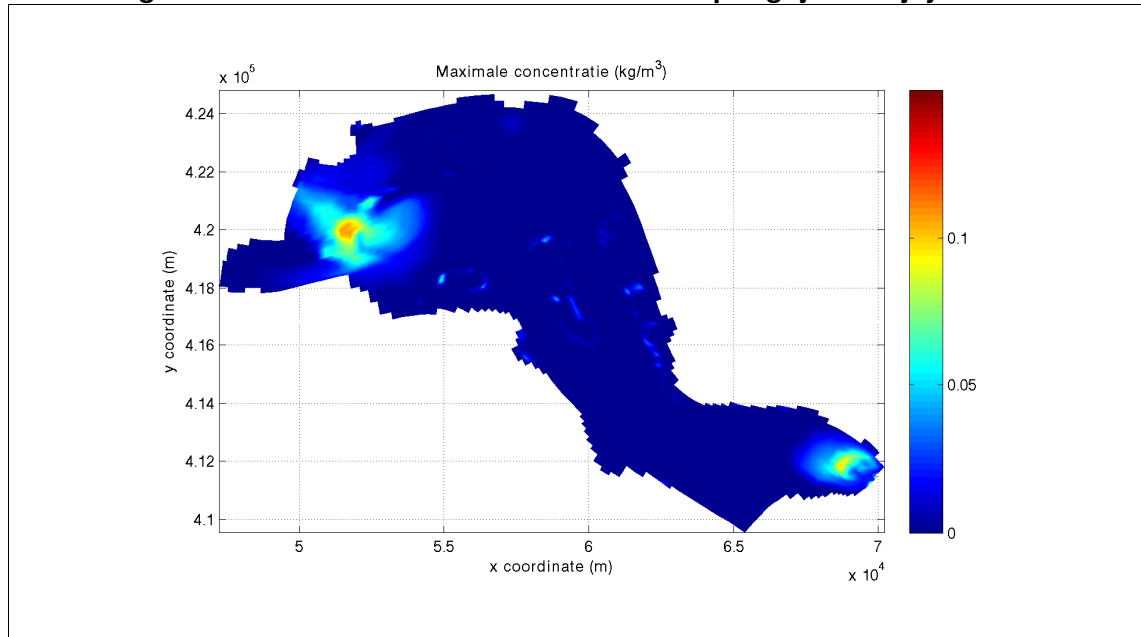
De maximale stroomsnelheden liggen ongeveer tussen 0,5 m/s en 0,8 m/s. Door de toename van de stroomsnelheden zal meer slib in suspensie komen en zich verspreiden in het gebied. Op basis van gegevens van Rijkswaterstaat zijn slibconcentraties in de bodem van de Grevelingen bepaald en is de slibverspreiding gemodelleerd met Delft3D. In afbeelding 7.8 zijn de slibconcentraties bij vloed gepresenteerd. In de middelste figuur onderin afbeelding 7.8 is de slibconcentratie in drie punten gepresenteerd. Hierin is te zien dat de slibconcentratie tijdens vloed een duidelijke piek vertoont en daarna weer afneemt. In afbeelding 7.9 zijn de maximale slibconcentraties tijdens een doottij-springtijcyclus gepresenteerd. De maximale slibconcentratie bedraagt iets meer dan $0,12 \text{ kg/m}^3$.

In afbeelding 7.9 is te zien dat de slibconcentratie zeer lokaal maxima bereikt. De verhoging van slib in de waterkolom is dus maar lokaal na aanleg van de getijdencentrale en de opening in de Grevelingendam. Hierbij dient wel opgemerkt te worden dat de morfologische veranderingen nog niet zijn meegenomen in de waterbeweging. Deze zullen wel een (geringe) invloed kunnen hebben op de concentraties.

Afbeelding 7.8. Slibconcentratie in de waterkolom bij instroom

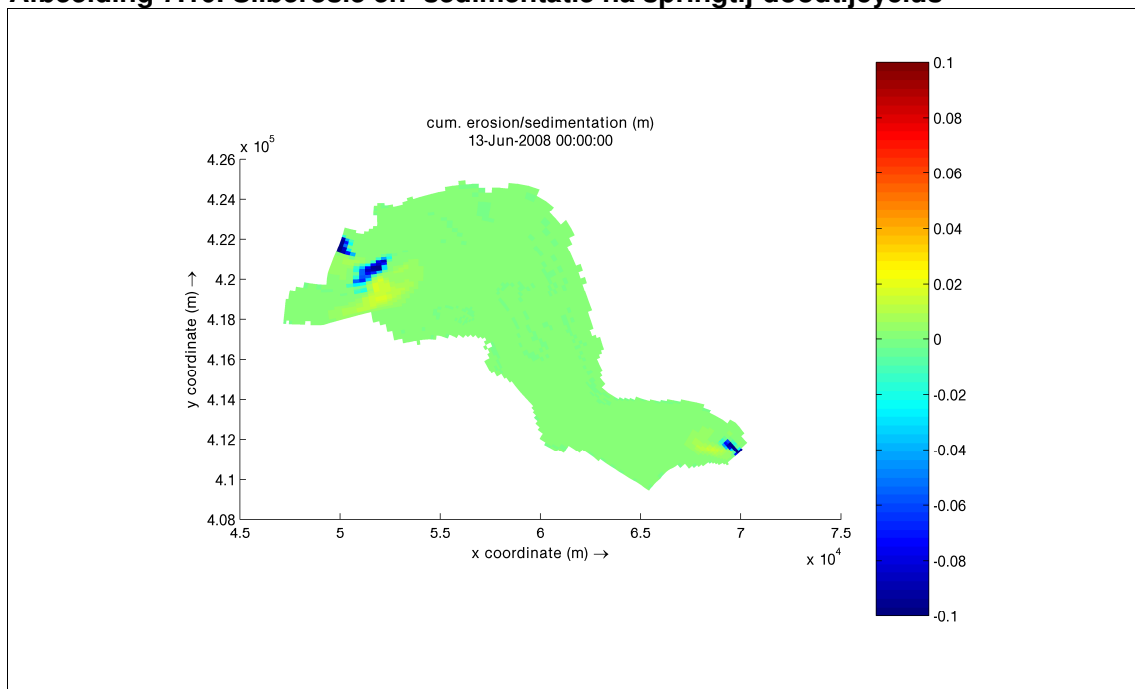


Afbeelding 7.9. Maximale slibconcentratie over een springtij/doodtijcyclus



In afbeelding 7.10 is de bodemontwikkeling na een doottij-springtij cyclus gepresenteerd. Zoals te verwachten was, zal er erosie nabij de nieuwe openingen in de Brouwersdam en Grevelingendam optreden. Ook is te zien dat er een kortsluiting ontstaat tussen de getijdencentrale en de zuidelijke geul. Ten zuiden van deze kortsluitgeul sedimenteert slib in de zuidelijke geul. Waarschijnlijk zal de erosie nabij de dammen en in de kortsluitgeul verder doorgaan tot er een evenwicht ontstaat. Verwacht mag worden dat de uiteindelijke verdieping op deze plaatsen enkele meters zal bedragen. De verdieping zorgt er uiteindelijk voor dat de stroomsnelheden zullen afnemen, waardoor de erosie zal afnemen en er een morfologisch evenwicht ontstaat.

Afbeelding 7.10. Sliberosie en -sedimentatie na springtij-doodtijcyclus



Conclusie ten aanzien van slibsedimentatie in de Grevelingen

De stroomsnelheden in de Grevelingen nemen toe tot maximaal 0,5 tot 0,8 m/s. Hierdoor ontstaat erosie bij de openingen en ontstaat een kortsluitgeul tussen de getijdencentrale en de zuidelijke geul. De slibconcentraties nemen lokaal toe tot maximaal 0,12 kg/m³. In het overgrote gedeelte van de Grevelingen verandert de slibconcentratie nauwelijks in relatie tot de huidige situatie.

8. ACHTERGRONDEN BIJ DE EFFECTBESCHRIJVING BEROEPSVISSERIJ

In het hoofdrapport (deel A) staat de effectbeschrijving voor de beroepsvisserij uitgewerkt. In deze bijlage staat achtergrondinformatie over de referentiesituatie voor achtereenvolgens de aal- en kreeftvisserij (8.1) en de oestervisserij (8.2).

8.1. Aal- en kreeftvisserij

Op het Grevelingenmeer zijn zeven visserijbedrijven actief in de visserij op aal en kreeft. Zes van deze bedrijven zijn verenigd in de Vereniging van Beroepsvissers De Grevelingen. Het Grevelingenmeer is ten behoeve van de aalvisserij onderverdeeld in 35 vakken, die roulerend bevestigd worden door de zes bij de vereniging aangesloten beroepsvissers. Eén bedrijf is niet aangesloten bij de vereniging en bevestigd gebied Grijsoord. (VBC Grevelingenmeer, 2010). In de jaren 1996 en 1997 zijn door de beroepsvisserij kreeften uitgezet in het Grevelingenmeer. De kreeftenpopulatie ontwikkelde zich daarna voorspoedig. Sinds 2002 mogen de bij de aalvisserij bijgevangen kreeften en krabben door de beroepsvisser worden behouden. Er zijn geen cijfers voorhanden van de oogst van aal en kreeft. In het kader van de Europese aalverordening en daaraan gekoppeld het Nederlandse Aalbeheerplan is de aalvisserij momenteel verboden in de maanden september tot en met november. De effecten van deze maatregel worden in 2012 geëvalueerd. In het Visstandbeheerplan (VBC Grevelingenmeer, 2010) wordt aangegeven dat de beroepsvisserij zich vanwege de ontwikkelingen in de aalvisserij oriënteert op andere visserijmogelijkheden, zoals uitbreiding van het seizoen voor de visserij op kreeft. Verwacht wordt dat de opbrengsten de komende jaren constant blijven.

8.2. Oestervisserij

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

Jaarlijks worden er zo'n 0,5 tot 1 miljoen stuks platte oesters aangevoerd vanuit de Grevelingen en ongeveer 7,5 miljoen stuks Japanse oesters (VBC Grevelingenmeer, 2010). De productie van de platte oesters is sterk afgenomen door de ziekte Bonamiasis. Hierdoor is men steeds meer overgeschakeld op de teelt van de Japanse oester die ongevoelig is voor deze ziekte, maar die ook minder opbrengt dan de Zeeuwse platte oester. Sterfte onder oesters in de zomermaanden (de paaitijd) is niet te voorkomen. In sommige jaren kan de sterfte van oesters als gevolg van zuurstofloosheid echter grote vormen aannemen, zoals met de warme zomer van 2006. Op sommige plaatsen werd toen sterfte geconstateerd tot wel 90 %. Indien geen waterkwaliteitsmaatregelen worden genomen wordt verwacht dat deze trend zich voortzet.

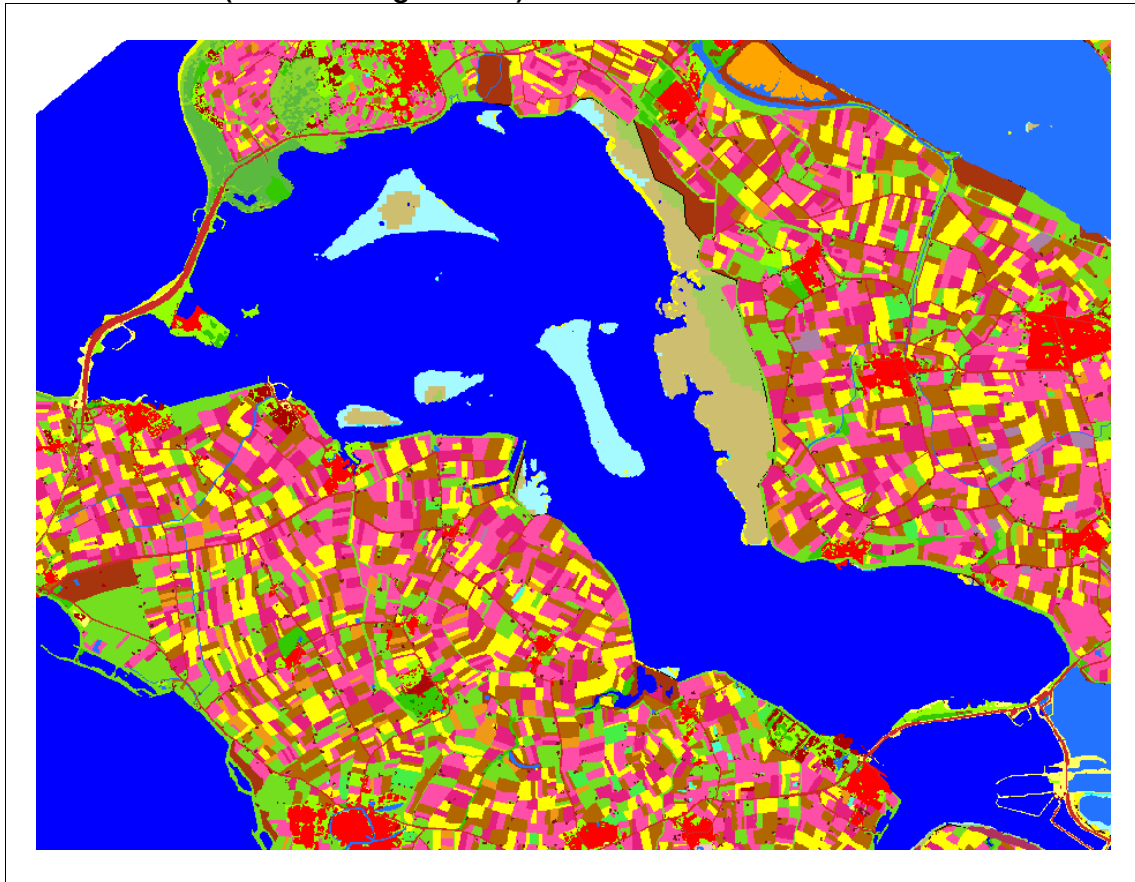
9. ACHTERGRONDEN BIJ DE EFFECTBESCHRIJVING LANDBOUW EN OMWONENDEN

9.1. Methodiek effectbeoordelingen

Door verhoging van het peil in het Grevelingmeer en weer toelaten van enige fluctuatie worden de stijghoogten in het watervoerend pakket beïnvloed, en via deze stijghoogten de kweldruk in de aangrenzende gebieden. Een hogere kweldruk kan leiden tot hogere grondwaterstanden en een toename van verzilting. De grootte van de effecten is afhankelijk van de bodemopbouw (deklaag weerstand, doorvermogen watervoerend pakket), de afstand tot het meer en de drainage van de percelen. Om een inschatting van de effecten te kunnen maken (zonder een uitgebreid zoet-zout modelonderzoek van de hele regio uit te voeren) is gebruik gemaakt van onderzoek langs het Volkerak-Zoommeer. In het Volkerak-Zoommeer onderzoek worden effecten echter globaal beoordeeld op enkele locaties en wordt de situatie na aanpassing vergeleken met de historische situatie (voor afsluiting), en niet met de bestaande situatie. Dit is een nadeel van dat onderzoek. Ook is het zo dat de aanpassingen bij het Volkerak-Zoommeer het zout worden van het (thans zoete) meer betreft, dit in tegenstelling tot de situatie bij het Grevelingenmeer. Aanvullend zijn enkele generieke grondwatermodelberekeningen uitgevoerd (met een gemiddelde bodemopbouw) in een transect Grevelingenmeer-binnendijks gebied om inzicht te geven in mogelijke effecten op de binnendijkse waterhuishouding.

Naast de effecten als gevolg van de stijging van het middenpeil kan een verhoging van de stijghoogte in het watervoerend pakket optreden doordat de getijdenwerking (deels) weer terugkomt. Bij hoogwater kan een deel van de buitendijkse gronden onder water komen te staan, en kan dit water, bij daling van het peil in het meer (eb), achterblijven in de buitendijkse gronden, indien het niet wegstroomt via geulen. Dit zou leiden tot een gemiddeld hogere waterstand op die locaties, wat weer tot grotere effecten zou kunnen leiden binnendijks. Gezien de hoogteligging van de buitendijkse gronden, de geringe grootte van de getijslag, de dikte van de deklaag, de afstand tot de binnendijkse gebieden en het beperkt voorkomen van buitendijkse gronden (zie onderstaande afbeelding 9.1) op de kritische diepte zal dit effect marginaal en daarom verwaarloosbaar zijn.

Afbeelding 9.1. Buitendijkse gebieden tussen middenpeil en bovenzijde getijslag (lichtblauwe gebieden)



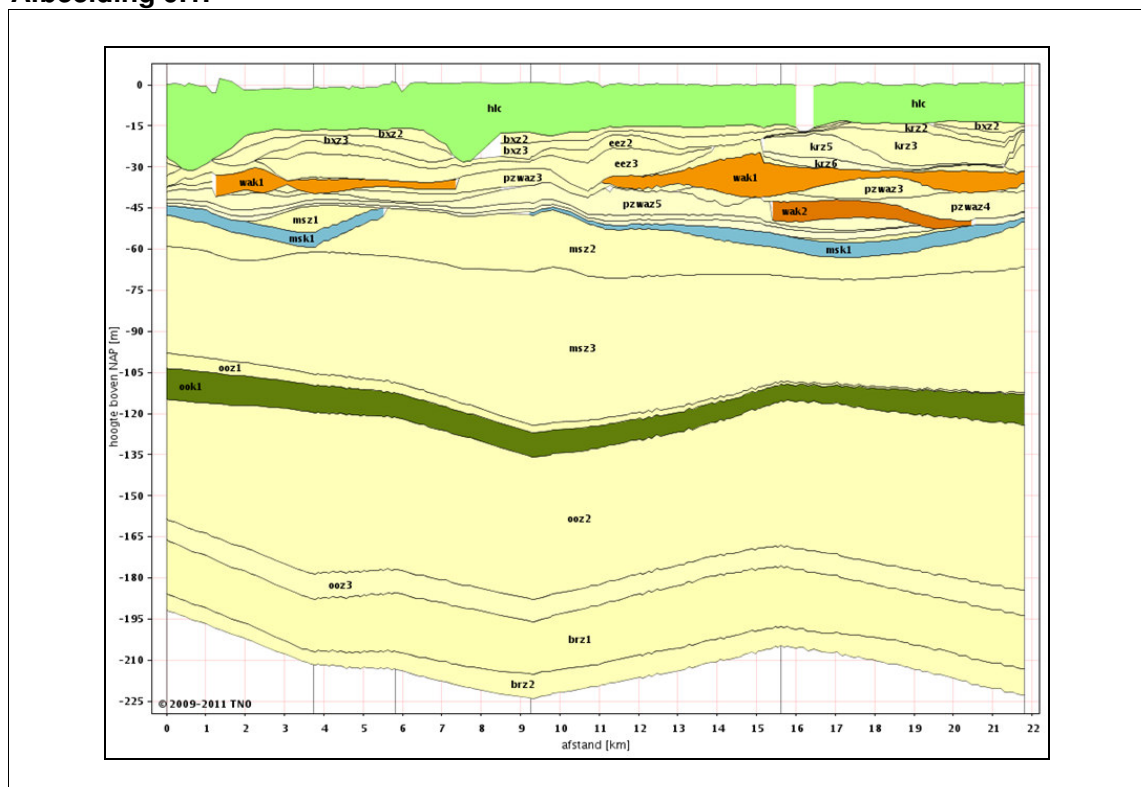
Voor wat betreft de gevolgen van de (tijdelijke) waterberging met een hoog peil, zijn eveneens (stationaire) modelberekeningen uitgevoerd, in een transect om na te gaan hoe ver beïnvloeding kan optreden op de grondwaterstanden. Hoewel het een tijdelijk berging betreft, kan zelfs bij een tijdelijke stijging van de grondwaterstanden (ook in een gebied met drains stijgt het grondwater bij kweltoename) op een voor de landbouwgewassen kritisch moment door sterke verzilting of door water op maaiveld een belangrijk deel van oogst verloren gaan. Uiteraard is dit ook weer afhankelijk van de geohydrologische omstandigheden, de tijd van het jaar en het betreffende gewas. Om een maximale schatting van het mogelijk verlies te kunnen geven, is verondersteld dat in de zone waar de waterhuishouding significant wordt beïnvloed er verlies van gewas zal optreden om een worst-case schatting te kunnen maken.

9.2. Huidige situatie en autonome ontwikkeling

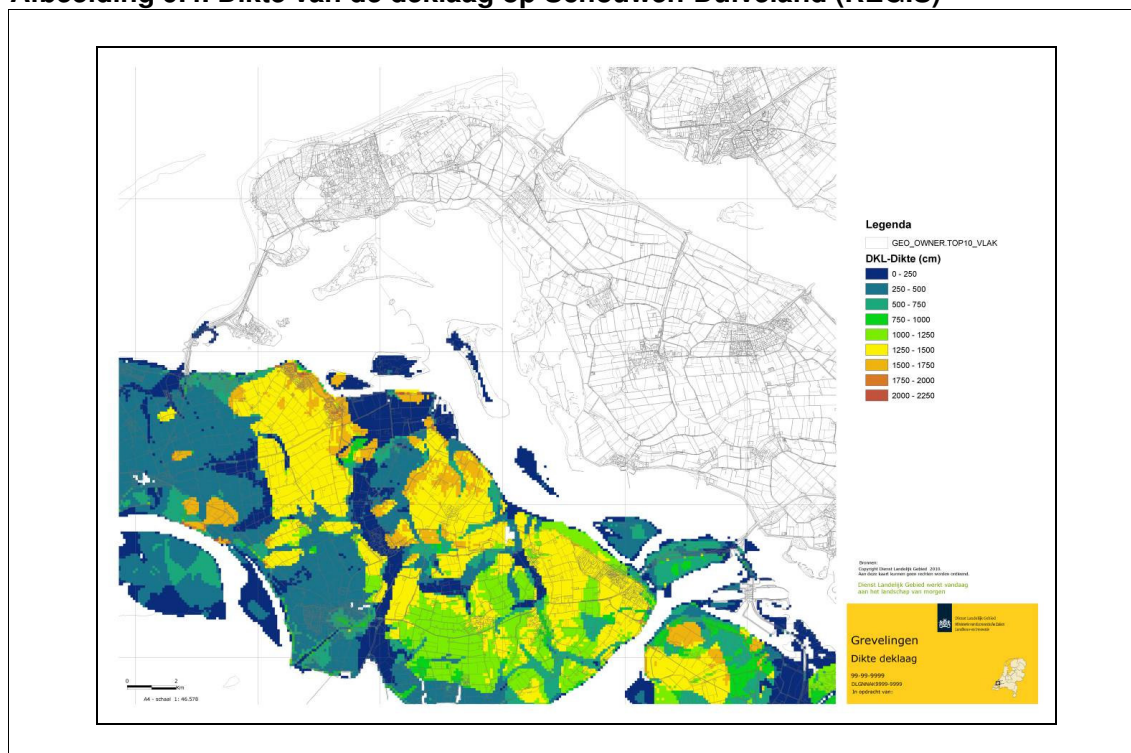
Bodemopbouw en geohydrologische schematisatie

REGIS II (TNO, 2008) is geraadpleegd om inzicht te krijgen in de bodemopbouw in de omgeving van het Grevelingenmeer. Aan de zuidkust van Goeree-Overflakkee heeft de holocene deklaag (hlc in de afbeelding 9.2) een dikte van 15 tot 30 m. Onder de deklaag bevinden zich zanden (watervoerende pakketten) met lokale slecht doorlatende kleilagen (wak1 en wak2). Op een diepte van NAP - 50 m à - 60 m bevindt zich een slecht doorlatende laag van de formatie van Maassluis (msc).

Afbeelding 9.1.



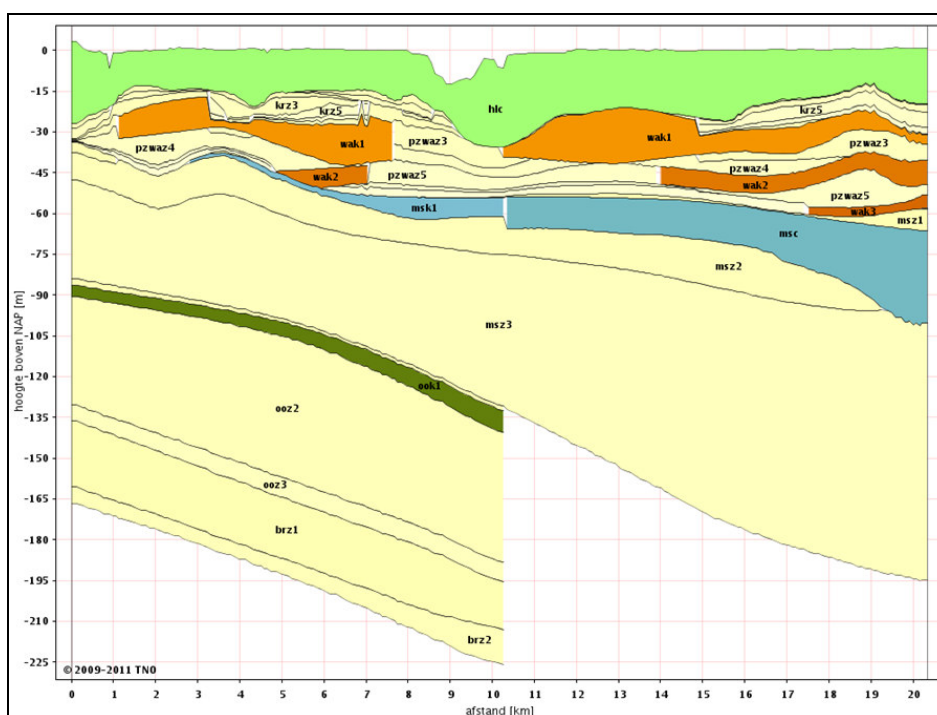
Afbeelding 9.4. Dikte van de deklaag op Schouwen-Duiveland (REGIS)



In de afbeeldingen 9.3 en 9.4 staat het geologisch profiel van Schouwen-Duiveland. Aan de noordzijde van Schouwen-Duiveland bevindt zich een deklaag van 2 tot 17 m dikte¹. Hieronder komen zanden voor (watervoerende pakketten) met ingeschakelde, slecht doorlatende kleilagen (wak1, wak2, msk1). Op een diepte van NAP - 110 m bevindt zich een slecht doorlatende laag van de formatie van Oosterhout (ook1).

¹ In afbeelding 9.3 varieert de deklaag van 15 tot 30 meter. Deze afbeelding is gebaseerd op een dwarsdoorsnede. In deze dwarsdoorsnede ontbreken de categorieën 0-8m. Op afbeelding 9.4 zijn deze wel terug te zien aan de noordzijde, grenzend aan de Grevelingen.

Afbeelding 9.5. Profiel Zierikzee-Middelharnis



De deklaag is ononderbroken aanwezig tussen Zierikzee (Schouwen-Duiveland) en Middelharnis (Goeree-Overflakkee) en heeft een dikte van 15 à 30 m.

Oppervlaktewater

In de huidige situatie is het Grevelingenmeer een zout meer en een middenpeil van NAP - 0,20 m, zonder getijslag. De gemiddelde polderpeilen bevinden zich beneden het peil van het meer.

Grondwaterstroming

Het Grevelingenmeer is een infiltratiegebied. Het water infiltreert en stroomt als grondwater richting de lager gelegen poldergebieden aan de noord- en zuidzijde en kwelt daar op. De kwelintensiteit varieert van 0,25 mm/d tot 1 mm/d.

Zoet-zout

Het diepere grondwater in de aangrenzende gebieden is over het algemeen zout. Dit is het gevolg van omstandigheden in het verleden (transgressies¹, droogleggingen, et cetera). De zoet-zoutverdeling in de ondergrond is echter niet in evenwicht. Dit betekent dat er autonome verzilting van het grondwater kan optreden (TNO, 2007).

Landbouw

Door het optreden van kwel kan het zoute grondwater de wortelzone bereiken. Boven het zoute kwelwater drijft een hoeveelheid zoet water, de zogenaamde regenwaterlens. Aanwezigheid en dikte van deze lens is van belang voor de landbouw. In het kader van het onderzoek naar het voorkomen en dynamiek van regenwaterlenzen in de provincie Zeeland (TNO, 2007) zijn interviews met enkele agrariërs gehouden. De geïnterviewde agrariërs

¹ Transgressie is een term binnen de geologie om aan te geven dat de kustlijn landinwaarts verschuift.

geven aan dat er nauwelijks zoutschade is aan de gewassen, ondanks het feit dat op sommige percelen zeer ondiep grondwater met hoge chloridgehalten voorkomt. Indirect kan schade optreden van verzilting doordat in droge tijden niet berekend kan worden met slootwater vanwege te hoge zoutgehaltes. Grondwater is over het algemeen in de huidige situatie te zout om te gebruiken voor beregeningsdoeleinden.

Autonome ontwikkelingen

De verwachting is dat in de toekomst neerslag en verdamping door klimaatverandering zullen veranderen. Daarnaast kan bodemdaling optreden en is er sprake van verdergaande verzilting van het grondwater. Deze processen kunnen van invloed zijn op droogteschade, natschade en zoutschade. Deze autonome ontwikkelingen maken echter ook deel uit van de alternatieven en worden niet beoordeeld. Er wordt wel een beschouwing gegeven van de effecten van peilaanpassingen op de Grevelingen als gevolg van zeespiegelstijging.

9.3. Effecten door verandering van de middenstand

Een onderdeel van alternatief 1 is de open verbinding in de Grevelingendam waardoor het peil van de Grevelingen gelijk wordt getrokken met het peil van het Volkerak-Zoommeer. Voor de Grevelingen betekent dit een stijging van het middenpeil met 10 cm van NAP - 0,20 m naar NAP - 0,10 m. Als gevolg van deze stijging van het peil in de Grevelingen zal de stijghoogte in het bovenste watervoerend pakket stijgen. Dit betekent een geringe toename van (zoute) kwel in de langs het meer gelegen gronden.

Onderzoek is verricht naar verzilting en peilaanpassing van het Volkerak-Zoommeer op het grondwatersysteem (TNO, 2008). Bij een toename van de drukhoogte van het meer met 0,15 m (op basis van een peildaling van 0,1 m en toename drukhoogte door verzilting 0,25 m) is de toename van de kwel beperkt tot de eerste paar honderd meter vanaf de rand van het meer. Langs de Grevelingen heersen globaal vergelijkbare geohydrologische omstandigheden, zodat aannemelijk is dat bij een toename van de drukhoogte met 0,10 m het effect op de kwel zich eveneens beperkt tot maximaal de eerste paar honderd meter vanaf de rand van de Grevelingen. Dit betekent dat de dunne zoetwaterlenzen in de landbouwpercelen in een zone van enkele honderden meters vanaf het Grevelingenmeer veranderen van vorm. De beschikbare zoetwatervoorraad in de regenwaterlenzen zal op deze locaties verminderen. Voor afsluiting van de Grevelingen heerste er ook eb en vloed. Op basis van de waterstanden aan de zeezijde bij de Brouwershaven (tabel 9.1) is het aannemelijk dat het voormalig 'middenpeil' duidelijk boven het huidige en toekomstige middenpeil van respectievelijk NAP - 0,20 m en NAP - 0,10 m ligt.

Tabel 9.1. Waterstanden zeezijde Brouwerdam

zeezijde	doodtij (m NAP)	gemiddeld tij (m NAP)	springtij (m NAP)
hoogwater	+ 1,06	+ 1,37	+ 1,61
laagwater	- 0,92	- 1,08	- 1,20
middenpeil	+0,07	+0,15	0,21

De toekomstige situatie (alternatief 1) bevindt zich dan tussen de huidige situatie (na afsluiting) en de historische situatie (voor afsluiting). Ook in het verleden was landbouw op basis van de regenwaterlenzen mogelijk. Verwacht wordt daarom dat alternatief 1 niet zal leiden tot significante toename van zoutschade (beoordeling '0' op zoutschade).

De toename van de kwel zal in droge periodes leiden tot enige afname van de droogteschade, doordat de zoetwaterlens iets omhoog wordt gedrukt. In natte periodes kan de

natschade iets groter worden in een zone langs de dijk. Naar verwachting zullen deze effecten gering zijn (beoordeling '0' op nat- en droogteschade).

9.4. Effecten door verandering van de getijslag

In de alternatieven met doorlaatmiddel en getijdencentrale is er sprake van een gemiddelde getijslag van ongeveer 0,50 m. In de huidige situatie is er geen (of nauwelijks) sprake van getijdenwerking. Van oorsprong was de Grevelingen echter een zeearm met een getijslag van circa 2,5 m. Dit betekent dat slechts een klein deel (20 %) van de oorspronkelijk getijslag terugkomt. De nieuwe situatie ligt tussen de huidige en historische situatie in. In de onmiddellijke omgeving van de dijk kan tijdens vloed enige extra kwel optreden, en tijdens eb neemt de kwel weer af. Behalve op zeer lokale schaal worden er geen significante effecten verwacht op droogte-, nat- en zoutschade (beoordeling 0).

9.5. Effecten van waterberging

Ten behoeve van waterberging (kans 1/1.400 per jaar tot 1/10 per jaar in 2100) gaan we uit van een peil in de Grevelingen dat gedurende 5 dagen op een hoogte staat van maximaal NAP + 2 m. Dit is een bovengrensbepaling, waarbij de getijdencentrale in de Brouwersdam niet wordt ingericht als pomp. Een hoger peil betekent een hogere stijghoogte in het watervoerend pakket en daarmee samenhangend een verhoogde kweldruk. Verwacht wordt dat het effect hiervan zich binnen vijf dagen zal uitspreiden tot circa 2 km landinwaarts. Nabij de dijk zal tijdelijk een forse kwel optreden. Op grotere afstand is er een mindere toename van de kwel. Na daling van het peil in het meer naar het te handhaven mid-denpeil zal het effect op stijghoogten en kwel naar verwachting binnen een periode van 5 dagen weer zijn verdwenen. Dit betekent dus een matige tot forse kweltoename gedurende een periode van maximaal 10 dagen. Dit kan leiden tot een toename van natschade in een zone van 2 km langs het meer. Indien de waterberging wordt gebruikt in een periode dat er geen gewas op het land staat, zal de schade beperkt zijn. Indien de tijdelijke verhoging optreedt in een periode dat er gewas op het land staat kan er wel natschade en zoutschade optreden.

In het verleden heerste er een getijslag van circa 2,5 m in de Grevelingen. Tijdens springtij (ter hoogte van de Brouwersdam) wordt een hoogte van NAP + 1,61 m bereikt. Een waterpeil ten behoeve van de berging betekent dus een peil dat circa 0,40 m boven huidig springtij bij de Brouwersdam ligt. Daarnaast duurt de bergingsperiode langer dan de periode dat er hoogwater optreedt bij getijdenwerking. De effecten op grondwater en kwel zijn derhalve groter dan wat (voor afsluiting van de Grevelingen) optrad tijdens springtij. Verwacht wordt dan ook dat natschade en zoutschade tijdens de waterbergingsperiode in een zone van maximaal 2 km langs het meer kunnen optreden. De kans van optreden van waterberging is echter gering, maar wanneer het optreedt kan dit een significante nadelige invloed hebben op de gewasopbrengst in gebieden nabij de dijk, indien de waterberging optreedt in het groeiseizoen. Overigens treden stormen op zee en hoogwaters op de rivieren, waarvoor de berging bedoeld is, doorgaans in de winter en het vroege voorjaar op, dus buiten het groeiseizoen. De kans op schade door de waterberging wordt daarom als zeer gering beoordeeld (0).

10. EFFECTBESCHRIJVING LANDSCHAP EN CULTUURHISTORIE

10.1. Motivering beoordelingscriteria

Het thema landschap kan worden onderscheiden in de facetten fysisch-geografisch landschapstype, ruimtelijk visuele kenmerken (openheid) en aardkundige waarde. In het plangebied zijn echter geen aardkundige monumenten benoemd, waardoor effecten op aardkundige waarden niet mogelijk zijn. Eventuele effecten op de morfologie van buitendijkse gebieden door erosie worden meegenomen bij de beoordeling van de effecten op het landschapstype.

Het thema cultuurhistorie wordt volgens de handreiking Cultuurhistorie in m.e.r (RCE, 2009) onderverdeeld in de facetten historische geografie, historische (steden)bouwkunde en archeologie. De voorgenomen activiteit betreft het aanpassen van enkele dammen uit de tweede helft van de 20^{ste} eeuw. Als zodanig zijn het geen monumentale bouwwerken of structuren. Evenwel worden de effecten op de objecten benoemd bij historische geografie. Daarnaast worden de mogelijke effecten op de archeologische waarden in de buitendijkse gebieden onderzocht.

10.2. Effectbeschrijving referentie

Landschapstype

De Grevelingen ligt in het zuidwestelijk zeekleigebied, een gebied dat zich ondermeer uitstrekt tot de Zuid-Hollandse eilanden en Noordwest-Brabant. De afzettingen in en om de Grevelingen zijn afkomstig uit het Holoceen, het geologische tijdperk vanaf 10.000 jaar geleden. De geologische opbouw is grotendeels bepaald door de relatieve zeespiegelstijging die vanaf de laatste ijstijd heeft plaatsgevonden en door getijwerking. Ook de ligging in de mondingen van de grote rivieren is bepalend geweest (Berendsen, 2005).

Rond 1000 vC werd de toenmalige barrière van aaneengesloten strandwallen doorbroken. Het toenmalige veengebied achter de strandwal werd ver landinwaarts aangetast door inbraken van de zee. Een groot deel van het veen werd echter pas in de middeleeuwen weggeslagen of bedekt met klei vanuit de kreken. Gebieden die na het begin van de jaartelling nauwelijks zijn aangetast door erosie staan bekend als het Oudland. Het huidige landschap is ook zeer beïnvloed door de mens, die vanaf 1100 nC begon met het in- en aandijken van natuurlijke aanslibbingen of opwassen. Gebieden die rond 1000 nC zijn ontstaan en na 1200 nC zijn bedijkt behoren tot het Nieuwland (zie ook afbeelding 10.1).

Afbeelding 10.1. Uitsnede geologisch kaartje van het zuidwestelijk zeekleigebied (Berendsen, 2005)



De gebieden Slikken van Flakkee, Hompelvoet/Paardenplaat, Markenje Slikplaat bij Oud-dorp/Springersdiep, en Ossehoek zijn opgenomen in de CultGIS-database van het ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie (www.kich.nl). Ze zijn van provinciale landschappelijke waarde.

[illegible]

104

Zeespiegelstijging kan op termijn leiden tot aanpassen van het middenpeil in de Grevelingen, waardoor delen van platen en slikken weer onder water komen te staan. Deze ontwikkeling is echter nog niet onderdeel van de autonome ontwikkelingen (tot 2020).

Ruimtelijk-visuele kenmerken

Het Grevelingenmeer wordt gekenmerkt door een grote en waardevolle openheid en weidsheid naar alle kant van het meer. Het Grevelingenmeer wordt omsloten door waterkeringen, hier en daar zijn haventjes aanwezig. In delen van het gebied liggen voor de dijken nog buitendijkse gebieden zoals de Slikken van Flakkee. Op het meer liggen enkele zandplaten. De vegetatie op de platen wordt kort gehouden door natuurlijk beheer en de openheid wordt hierdoor niet beperkt. Omdat water wordt afgewisseld door de drooggevalen zandplaten is er afwisseling in het zicht aanwezig. De zandplaten, elementen van de dammen (bijvoorbeeld sluizen) en de havens langs het meer dienen ook als oriëntatiepunten. De belevingswaarde van de ruimtelijke-visuele kenmerken is dus hoog. Voor de fysieke kwaliteit en de inhoudelijke kwaliteit geldt ook een hoge waardering, omdat de openheid en het oorspronkelijke karakter van het gebied intact is, de openheid en zichtrelaties kenmerkend zijn voor het kreek- en schorrenlandschap, en er een goede oriëntatie is.

De Flakkeese spuisluis die in het referentiealternatief weer wordt opgezet, is al aanwezig in het landschap. De openheid wordt hierdoor niet aangetast. Het referentiealternatief heeft een hoge kwaliteit voor ruimtelijk-visuele kenmerken.

Historische geografie

De Grevelingendam en Brouwersdam ten westen van Scharendijke (1963-1972) zijn cultuurhistorisch elementen, die zijn opgenomen in de CultGIS-database van het ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie (www.kich.nl). Het zijn zeewaterkerende elementen die kenmerkend zijn voor de strijd tegen het zeewater. De objecten zijn van provinciale waarde. De objecten zijn opgenomen in de Cultuurhistorische Hoofdstructuur van de provincie Zeeland. Ze maken onderdeel uit van de Deltawerken, welke benoemd zijn als waardevol gebied in de provincie Zeeland. Het (niet aaneengesloten) gebied bestaat uit tien dammen, verspreid over Zeeland (andere onderdelen van de Deltawerken liggen in Zuid-Holland). Deze dammen vormen de ruggengraat van de Deltawerken (CHS Zeeland).

De Grevelingendam, die in 1965 gereed kwam, verbindt Schouwen-Duiveland met Goeree-Overflakkee. Deze dam zorgde voor de afsluiting van de Grevelingen in het oosten. Een volgend onderdeel van de Deltawerken was de bouw van de Brouwersdam, eveneens tussen Schouwen-Duiveland en Goeree-Overflakkee. Met deze dam, die gereed kwam in 1972, werd de Grevelingen aan de westelijke zijde afgesloten. Doel van de dammen was de veiligheid te waarborgen en tevens de toegang tot de eilanden te verbeteren.

De Flakkeese spuisluis ligt in de Grevelingendam en vormt door middel van zes kokers een verbinding tussen het Grevelingenmeer en de Oosterschelde. De spuisluis had als doel om tijdens de afbouw van de Oosterscheldewerken het zoutgehalte in de noordelijke tak van de Oosterschelde op peil te houden. Na de voltooiing van de Oosterscheldewerken rond 1987, had de spuisluis geen functie meer en is sindsdien niet meer in bedrijf geweest.

De Grevelingendam en de Brouwersdam hebben een hoge belevingswaarde. Ze herinneren aan de strijd tegen het water, met name de Waternoodramp van 1953. De elementen langs het Grevelingenmeer zijn herkenbaar als onderdeel van de Deltawerken. De fysieke kwaliteit is hoog, omdat de bouwerken in goede staat zijn. De inhoudelijke kwaliteit is hoog, ondermeer vanwege de zeldzaamheid buiten de regio en de samenhang met de andere Deltawerken.

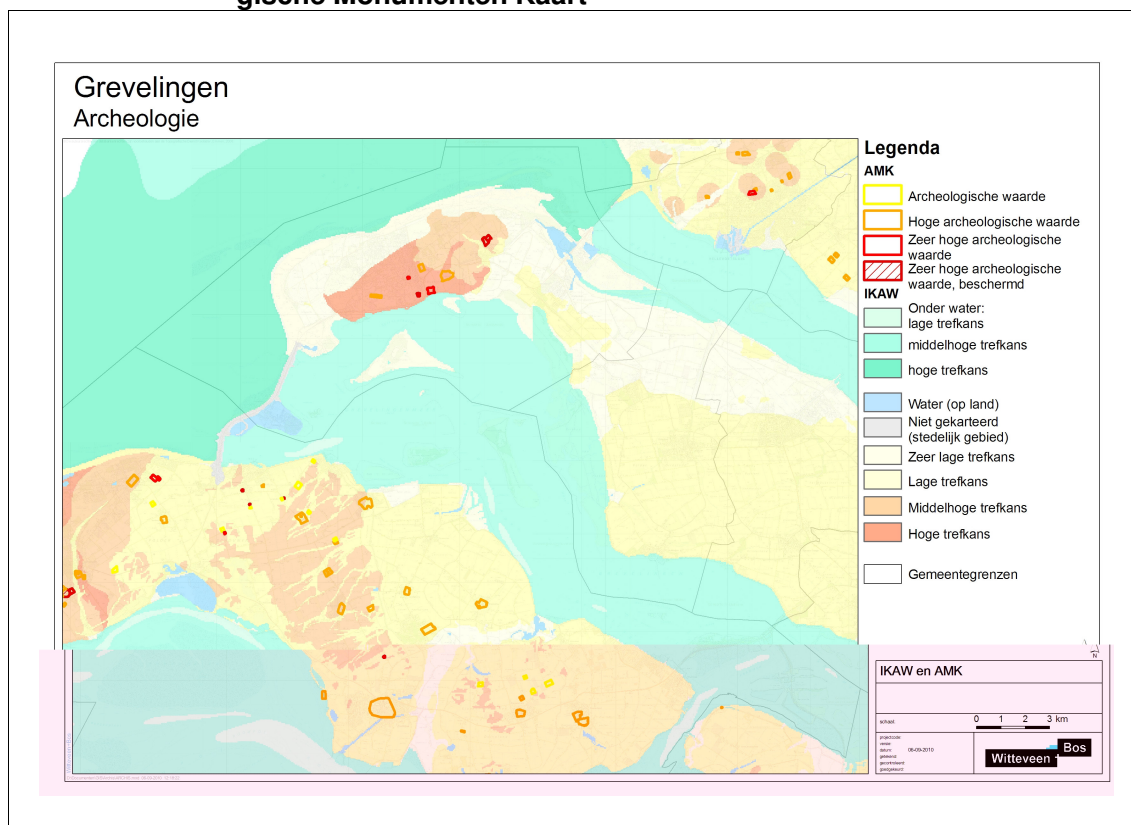
In het referentiealternatief zijn er geen veranderingen te verwachten op de kwaliteiten van de Deltawerken. De historisch-geografische kwaliteit blijft hoog.

Archeologie

In het Grevelingenmeer zijn geen archeologische monumenten aanwezig. Langs de zuidoever zijn resten aanwezig van twee verdronken dorpen, namelijk Bommenee (Bommeneede) en Klaaskinderkerke (Claeskynderkerke). De aanwezigheid van eventuele wrakken is niet bekend.

De Grevelingen is een voormalige getijkreek. De archeologische verwachting op het aantreffen van scheepswrakken is hier over het algemeen middelhoog. Dit betekent dat er een kleinere verwachte dichtheid is van scheepsvondsten met een grote mate van samenhang, dan bij gebieden met een hoge verwachting. Enkele gebieden in de Grevelingen hebben een afwijkende verwachtingswaarde, zoals de Hompelvoet. Hiervoor geldt een zeer lage verwachtingswaarde. Deze zandplaat is nooit bewoond geweest. Andere buitendijkse gebieden, zoals de Schorren van Flakkee, hebben een (zeer) lage verwachtingswaarde op het aantreffen van archeologische sporen en resten. De kustzone buiten de Brouwersdam heeft wel een zeer hoge verwachtingswaarde. Dit betekent dat hier een hoge dichtheid van scheepsvondsten met een grote samenhang wordt verwacht.

Afbeelding 10.3. Uitsnedes Indicatieve Kaart Archeologische Waarden en Archeologische Monumenten Kaart



Omdat er geen archeologische monumenten zijn, wordt bij de bespreking van de archeologische kwaliteiten alleen ingegaan op de verwachte kwaliteiten. In de Grevelingen is de verwachte kwaliteit over het algemeen middelhoog. In het referentiealternatief zijn geen effecten te verwachten op archeologische kwaliteiten. Er zal geen vernietiging of verstoring plaatsvinden van verwachte waarden.

10.3. Effectbeschrijving voor alternatieven 1, 2 en 3

Landschapstype

Bij alternatief 1 wordt in de Brouwersdam een getijdencentrale aangelegd aan de noordkant. Deze beslaat zo'n 550 m breedte. Ook wordt in de Brouwersdam een sluis aangelegd voor scheepvaart, iets ten zuiden van de huidige sluis. In de Grevelingendam komt een opening voor de scheepvaart. De bouw van deze objecten geeft geen effecten op het landschapstype. Wel wordt opnieuw een getij geïntroduceerd. Dit betekent een verhoging van de fysieke en beleefde kwaliteit. Ten opzichte van het referentiealternatief zijn de effecten zijn dus positief (+).

Ruimtelijk-visuele kenmerken

De getijdencentrale wordt ingepast in het huidige waterkeringslichaam van de Brouwersdam. In die zin wordt de openheid niet verstoord. Door het bouwen van een extra sluis in de Brouwersdam wordt een extra oriëntatiepunt toegevoegd, maar dit geeft een klein positief effect. De opening in de Grevelingendam geeft geen effecten. Al met al zijn de effecten op de ruimtelijk-visuele kenmerken neutraal beoordeeld (0).

Historische-geografie

De Grevelingendam en de Brouwerdam zijn redelijk recente bouwwerken. Door het realiseren van een getijdencentrale en een sluis in de Brouwersdam worden extra gebruiksfuncties toegevoegd. Tevens geeft het een ontwikkeling weer in het omgaan met waterveiligheid, waterkwaliteit en waterenergie. Dit heeft dus geen negatief effect op de inhoudelijke kwaliteit. Het oorspronkelijke bouwwerk wordt wel aangetast, maar het oorspronkelijke karakter en het landschappelijke patroon blijft in stand. De nieuwe elementen geven extra afwisseling op de dijk en passen in de omgeving. De herinneringswaarde blijft hoog.

Als er een permanente opening in de Grevelingendam wordt gemaakt die niet kan worden afgesloten, dan wordt de gebruiksfunctie van het deel van de dam boven de Phillipsdam aangetast. Het hangt van de grootte van de opening af in hoeverre de authenticiteit van de dam blijft gehandhaafd en in hoeverre de damstructuur herkenbaar blijft. Hoewel ook voor dit object geldt dat nieuwe inzichten leiden tot het creëren van een opening, is voor dit object niet sprake van behoud door ontwikkeling, zoals wel bij de Brouwersdam. De effecten op de beleefde, inhoudelijke en fysieke kwaliteiten van de Grevelingendam zijn dus negatief. Mocht echter de opening wel uit een soort sluis bestaan of afsluitbaar worden gemaakt, dan zijn de effecten neutraal.

Vooralsnog is uitgegaan van een negatief effect van alternatief 1, met name vanwege de negatieve effecten op de kwaliteiten van de Grevelingendam (-).

Archeologie

De bouw van de sluis en energiecentrale vindt plaats op een locatie die vermoedelijk al geheel verstoord is. De verhoging van het peil geeft mogelijk een vernatting op het land, maar dit geeft over het algemeen geen negatieve effecten voor eventuele archeologische resten aldaar.

De mogelijke effecten op de verwachte archeologische waarden worden veroorzaakt door een veranderende morfologie, waardoor eventuele scheepswrakken bloot komen te liggen of juist bedekt raken. Op dit moment is niet duidelijk waar mogelijke effecten van de veranderende morfologie zullen optreden. Hierdoor is de omvang van het effect niet te bepalen. Vooralsnog wordt uitgegaan van een negatief effect (-).

Tabel 10.1. Samenvatting effectbeoordeling

	referentie	alternatief 1	alternatief 2	alternatief 3	alternatief 4	alternatief 5
verandering van fysisch-geografische landschapstype	0	+	+	+	0	0
verandering van ruimtelijk visuele kenmerken	0	+	+	+	0	0
verandering van historisch-geografische patronen, elementen en ensembles	0	-	0	0	0	0
verandering van archeologische elementen	0	-	-	-	0	0

Beschouwing zeespiegelstijging

De zeespiegelstijging oefent invloed uit op de morfologie. Door het onderlopen van land, platen en slikken gaat een deel van de morfologische waarde verloren. In het gebied zijn geen aardkundige monumenten en archeologische elementen aanwezig. Deze waarden zullen dan ook niet veranderen als gevolg van de zeespiegelstijging.

11. EFFECTBESCHRIJVING VERKEER

11.1. Motivering beoordelingscriteria

Door de toename aan recreatie in het gebied kunnen capaciteitsknelpunten verergeren of ontstaan. Daarnaast zijn er tijdelijke effecten op verkeer te verwachten door de werkzaamheden op de Brouwersdam en Grevelingendam vanwege de aanleg van de doorlaten en de recreatievaartverbinding. In de effectbeoordeling verkeer wordt de verslechtering van bestaande knelpunten voor zowel verkeersafwikkeling als verkeersveiligheid en het mogelijk ontstaan van nieuwe knelpunten door de alternatieven beschouwd. Deze planMER beperkt zich tot een eerste kwalitatieve analyse voor de rijkswegen en provinciale wegen. De analyse dient als uitgangspunt voor een eventueel meer gedetailleerde analyse in de volgende fase, de planuitwerkingsfase.

11.2. Effectbeschrijvingen

Referentie

Verkeersafwikkeling

Het verkeersnetwerk rondom de Grevelingen bestaat uit twee rijkswegen (zie afbeelding 10.1) en enkele provinciale wegen. De N57 verbindt de eilanden Goeree Overflakkee en Schouwen-Duiveland aan de westkant en loopt over de Brouwersdam. De N59 verbindt de eilanden aan de oostkant en loopt over de Grevelingendam en vervolgens over de zuidkant van Schouwen-Duiveland richting de N57. Op Goeree Overflakkee bevinden zich de provinciale wegen N215 en de N498 en op Schouwen-Duiveland de N652 tot en met N655.

Voor de rijkswegen en provinciale wegen zijn geen capaciteitsknelpunten gesignaleerd op basis van een vergelijking van de verkeersintensiteit en de bijbehorende capaciteit¹. Knelpunten op kruispuntniveau of incidentele knelpunten op zomerse dagen of tijdens de spits zijn niet uit de ontvangen gegevens af te leiden, de etmaalintensiteiten wijzen hier echter niet op.

Verkeersveiligheid

De ongevals cijfers² laten zien dat er in het studiegebied een verkeersongevalsconcentratie aanwezig is en aantal overige verkeersveiligheidsknelpunten. Het risicocijfer van de rijkswegen in het studiegebied is lager dan het gemiddelde voor Nederlandse rijkswegen, bovendien is er een daling van de risicocijfers (Rijkswaterstaat, 2010, Verkeersveiligheidsmonitor 2007 - 2009 Zeeland). Voor Schouwen-Duiveland baseren we ons op ongevallengegevens van 2005 - 2008 (provincie Zeeland), voor Goeree Overflakkee op gegevens van

¹ Bronnen:

- intensiteiten rijkswegen 2007 - 2010 voor werkdag en weekdag (jaargemiddeld en augustus), Rijkswaterstaat Zeeland;
- intensiteiten provinciale wegen Goeree Overflakkee 2005 - 2006 voor werkdag en weekdag, provincie Zuid-Holland;
- intensiteiten provinciale wegen Schouwen-Duiveland 2008 - 2010 voor werkdag, weekdag en weekenddag, provincie Zeeland.

² Bronnen:

- ongevallengegevens Schouwen-Duiveland 2005 - 2008, provincie Zeeland;
- ongevalgegevens Goeree Overflakkee 2005 - 2009, provincie Zuid-Holland;
- Rijkswaterstaat Zeeland. Verkeersveiligheidsmonitor Zeeland 2007-2009. Definitief rapport.

2005 - 2009 (provincie Zuid-Holland). Knelpunten die momenteel worden opgelost, zoals de omlegging van de N215, of reeds zijn opgelost zijn niet benoemd.

Knelpunten voor Schouwen-Duiveland:

- VOC op de rotonde in de N59 tussen Bruinisse en Oosterland, aansluiting met de Rijksstraatweg (Aqua Delta);
- op de N59 tussen Bruinisse en Serooskerke zijn drie locaties waar 6 - 11 ongevallen per jaar plaats hebben gevonden van 2007 - 2009;
- twee verkeersveiligheidsknelpunten op de N263. Het ene knelpunt is de aansluiting bij de Heuvelsweg (N653) en het andere bij de kruising met de Schenkeldijk richting Brouwershaven;
- één verkeersveiligheidsknelpunt op de N655, kruising Florisweg en Duivendijkseweg. Het gaat hierbij om kop-staart botsingen. Aangezien de kruising net voor de aansluiting met de N653 (Delingsdijk) liggen, hebben deze aanrijdingen waarschijnlijk een verband met het stoppen voor deze kruising;
- op de N652 hebben verspreid over de weg 7 ongevallen plaatsgevonden.

Knelpunten voor Goeree Overflakkee:

- twee verkeersveiligheidsknelpunten bij de opritten van de N215 naar de N59 bij Oud-Tonge;
- één verkeersveiligheidsknelpunt op de N215 bij Nieuw-Tonge;
- op de N215 tussen Dirksland en Oud-Tonge hebben verspreid over de weg 14 ongelukken plaatsgevonden, er is niet een specifieke verkeersongevalsconcentratie.

In het referentiealternatief verwachten we een lichte afname in bezoekersaantallen voor het hele gebied en dus geen verergerde of nieuwe knelpunten op het onderliggende wegennet. Wel wordt een concentratie van recreatie en toerisme op de Brouwersdam en Grevelingendam verwacht die leidt tot een lichte stijging van bezoekersaantallen op deze locaties. Dit kan leiden tot een lichte stijging van de intensiteiten op het hoofdwegennet (N57 en N59), maar deze stijging zal niet leiden tot nieuwe capaciteitsknelpunten of nieuwe of verergerde verkeersveiligheidsknelpunten. De doorlaten in de dammen en de recreatievaartverbinding worden niet gerealiseerd en daarom zijn er ook geen tijdelijk effecten op verkeer.

Effectbeschrijving voor alternatief 1, 2 en 3

In deze alternatieven is sprake van een stijging van bezoekersaantallen rondom de Grevelingen, vooral voor de volgende plekken:

- bij de getijdencentrale op de Brouwersdam worden 150.000 bezoekers per jaar verwacht. Voor attractieparken (de getijdencentrale wordt, net als bijvoorbeeld Neeltje Jans, gezien als een attractiepark) geldt dat 77 - 83 % van de bezoekers met de auto komt, de bezettingsgraad van deze auto's is 3,3 tot 3,6 (CROW 2008, publicatie 272). Dit betekent dat er circa 35.000 motorvoertuigen per jaar bij de centrale te verwachten zijn. De meeste bezoekers zullen tijdens de maand mei komen, want in de huidige situatie vindt 21 % van de overnachtingen in Schouwen-Duiveland in deze maand plaats (Zicht op de Grevelingen 2006). Op basis van deze informatie wordt aangenomen dat de verkeersintensiteit met circa 200 tot 300 motorvoertuigen per etmaal toeneemt door het bezoek aan de getijdencentrale en dat de maatgevende maand mei is;
- voor de Brouwersdam als geheel wordt een stijging van motorvoertuigen verwacht door de toenemende bezoekersaantallen voor strandrecreatie, verblijfsrecreatie, bezoek aan de haven, getijdencentrale, et cetera. Een groot gedeelte van de bezoekers aan de getijdencentrale zullen hun bezoek waarschijnlijk combineren met een verblijf op de dam of een andere activiteit. Voor de Brouwersdam als geheel worden daarom niet meer

- bezoekers verwacht dan de circa 200 tot 300 motorvoertuigen per dag die maximaal worden verwacht voor de getijdencentrale;
- op de Grevelingendam wordt een stijging van bezoekersaantallen aan stranden, havens en daaraan gerelateerde horeca verwacht;
 - ook bij de havens, dorpskernen, duikplekken en natuurgebieden wordt een toename van verkeer verwacht.

Daarnaast is er tijdelijk sprake van een lichte toename van de intensiteit op de N57 en N59 door de aanleg van de doorlaat in de Brouwersdam met getijdencentrale, de recreatievaartverbinding en de doorlaat in de Grevelingendam. Dit leidt tot hinder voor het verkeer op de N57 en N59. Tijdens deze aanlegperiode wordt een daling van de verkeersveiligheid verwacht. Dit kan door het nemen van de juiste verkeersmanagement en verkeersveiligheidsmaatregelen worden voorkomen.

De verwachte toename van verkeer zal niet leiden tot nieuwe capaciteitsknelpunten of nieuwe of verergerde veiligheidsknelpunten, aangezien de toename klein is ten opzichte van de huidige restcapaciteit in het gebied. (De etmaalintensiteiten op de N57 (De punt - Ellemeet) voor een gemiddelde werkdag (2010) zijn namelijk rond de 8.000 en in de zomerdrukke (piek is in juli) zijn de etmaalintensiteiten ongeveer 11.000, de hoogst gemeten intensiteit in 2010 is 14.400 op een vrijdagmiddag in juli. De capaciteit van deze weg is ongeveer 28.000 mvt/etmaal.)

Effectbeschrijving voor alternatief 4 en 5

In alternatief 4 en 5 blijven de bezoekersaantallen gelijk of vertonen een lichte stijging ten opzichte van de huidige situatie. Dit zal niet leiden tot nieuwe capaciteitsknelpunten of nieuwe of verergerde verkeersveiligheidsknelpunten. In alternatief 5 zijn er geen tijdelijke effecten op verkeer omdat de doorlaten in de dammen en de recreatievaartverbinding niet worden gerealiseerd.

Samenvatting effectbeschrijving

De verwachte toename van verkeer in de alternatieven zal niet leiden tot nieuwe capaciteitsknelpunten of nieuwe of verergerde veiligheidsknelpunten, aangezien de toename klein is ten opzichte van de huidige restcapaciteit in het gebied.

Tabel 11.1. Samenvatting effectbeschrijving verkeer en geluidsoverlast van verkeer

	referentie	alternatief 1	alternatief 2	alternatief 3	alternatief 4	alternatief 5
verkeersafwikkeling	0	0	0	0	0	0
verkeersveiligheid	0	0	0	0	0	0

12. REFERENTIES

- Aalders, R. A. Bakkeren en E. Versteegh, 2006. Kiezen of Delen. Rabobank Nederland en Directoraat Kennis en Economisch Onderzoek in opdracht van Rabobank Goeree-Overflakkee, november 2006, Utrecht.
- Van Aar, U. en C. Hofman, 2002. Beheervisie Visstand en Visserij Grevelingenmeer.
- Anonymus, 2006. Vegetatiestructuur en zoutgradiënt zoute Meren (Grevelingen en Veerse Meer). MWTL-monitoring AGI, Rijkswaterstaat.
- Anonymus, 2007. Natura 2000 gebied 115 - Grevelingen. Concept gebiedendocument, Ministerie van LNV, 's-Gravenhage.
- Arts, F.A., P.L.M. Meininger, 1995. *Foeragerende sterns in het Westerschelde estuarium : een verkenning in verband met de verdieping*, Bureau Waardenburg Rapport, 95.50. Bureau Waardenburg/RWS, RIKZ: Middelburg. 32 pp.
- Berendsen, 2005. Landschappelijk Nederland. Koninklijke van Gorkum.
- Bruijs, M.C.M., 2010. Effect van getijdencentrale op fauna Grevelingen, rapport in het kader van de MIRT-verkenning Grevelingen, KEMA Nederland B.V., Arnhem.
- CROW, 2008. Verkeersgeneratie voorzieningen - kentallen gemotoriseerd verkeer. Publicatie 272.
- CVTO, 2006. ContinuVrijeTijdsOnderzoek 2004 - 2005 van NBTC-NIPO Research.
- Deltares, 2008. Beschouwing van de effecten van een zout Volkerak-Zoommeer op het grondwatersysteem. Rapport 2008-U-R0774/A.
- Deltares, 2009. Voorkomen en dynamiek van regenwaterlenzen in de Provincie Zeeland - resultaten van een verkennende en provinciedekkende meetcampagne. Rapport 2007-U-R0925/A.
- Dijk, E. van & J.A. Inberg, 2002. Vegetatiekartering De Grevelingen. Veermansplaat, Dwars in de weg en Stampersplaat. Buro Bakker, Assen.
- Economische visie Brouwersdam, 2007. Marktstrategie en Ontwikkelingsrichting. ZKA Consultants & Planners.
- Van Gils, 2010. Expert judgement naar draagkracht van de Grevelingen voor schelpdierkweek. Memo Deltares, 2010.
- Goeree-Overflakkee: Belevingseiland in de Delta. Uitwerking motie 168: Recreatievisie Goeree-Overflakkee Provinciale Staten van Zuid-Holland. Versie 2.0 11 januari 2011.
- Grootjans, A.P., E.B. Adema, R.M. Bekker *et al.*, 2004. Why coastal dune slacks sustain a high biodiversity. In: Martínez & Psuty (eds.), Coastal dunes, Ecology and Conservation, 85 - 101. Ecological Studies 171, Springer, Berlin/Heidelberg/New York. In: Van Haperen, 2009.
- Haperen, A.M.M. van, 2009. Een wereld van verschil. Landschap en plantengroei van de duinen op de Zeeuwse en Zuid-Hollandse Eilanden. Proefschrift Wageningen Universiteit.
- Van de Haterd, R.J.W., S. Bouma, M.T. Collombon & W. Lengkeek, 2010. Herintroductie getij in de Grevelingen en effecten op natuur in intergetijgebieden Rapport 10-079. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Horwath, (2010), *HOSTA 2010*. Horwath HTL, Hilversum.
- IPCC (2007). Climate change 2007. Synthesis report.
- Keizer, P.J., 1987. Vegetatiekaart Grevelingen. Rijkswaterstaat Meetkundige Dienst, Delft.
- KNMI (2006). KNMI Climate Change Scenarios for the Netherlands. KNMI Scientific Report WR 2006-01.
- Kraker, K. de, 2007. Grevelingenverslag. Onderzoek aan de flora en fauna van de Hompelvoet en andere gebieden in de Grevelingen. Sandvicensis, Ecologisch adviesbureau Sandvicensis, Burgh-Haamstede.
- Kraker, K. de, 2008. Grevelingenverslag. Onderzoek aan de flora en fauna van de Hompelvoet en andere gebieden in de Grevelingen. Sandvicensis, Burgh.

- Kraker, K. de, 2010. Grevelingenverslag 2009. Onderzoek aan de flora en fauna van de Homplevoet en andere gebieden in de Grevelingen. Ecologisch adviesbureau Sandvicensis, Burgh-Haamstede.
- Kraker, K. de, 2011. Broedvogels Grevelingen - 2010. BMP-plot inventarisatie, kustvogels. Ecologisch adviesbureau Sandvicensis, Burgh-Haamstede.
- 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.
- Lengkeek, W., S. Bouma & B. van den Boogaard, 2010. De verspreiding van witte bacteriematten en schade aan het bodemleven in het Grevelingenmeer. Onderzoek naar de effecten van zuurstofloosheid. Rapport 10-187. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Lensink, R., J.M. Reitsma & A.J.M. Meijer, 2008. Beheerplan Verdrongen land van Saeftinghe 2009 - 2020. Bureau Waardenburg rapportnr. 08-038, Culemborg.
- Maldegem, D. & D. de Jong, 2010. Invloed beperkt getij op oever Grevelingen Meer. Huidige ontwikkeling en prognose T50 - T100. Rijkswaterstaat Zeeland.
- Menting, G. & H. Slager, 1997. Evaluatie peilbeheer Grevelingen. Effect van peilverandering op de oevers. RIZA rapport 97.094, Lelystad.
- Meijer, A.J.M. & H.W. Waardenburg, 1990. Monitoringonderzoek aan de visfauna van het Grevelingenmeer, rapportage resultaten 1980 - 1989. Rapport 90.30. Bureau Waardenburg bv, Culemborg.
- MIRT Verkenning Grevelingen, 2010. Concept beslisnotitie november 2010.
- 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 99.11. Bureau Waardenburg bv, Culemborg.
- Nederlandse Onderwatersport Bond, 2008. Masterplan Onderwatersport in Zeeland. Divers' Delta.
- Nederlandse Onderwatersport Bond, 2010. Marktonderzoek Divers' Delta. Tussenrapportage Fase 1.
- Nederlandse Onderwatersport Bond, 2011. Marktonderzoek Divers' Delta. Eindrapport.
- Nolte A., T. Troost, G. de Boer, C. Spiteri en B. van Weesenbeeck (2008). Verkenning oplossingsrichtingen voor een betere waterkwaliteit en ecologische toestand van het Grevelingenmeer. Deltares rapport Z4576. Concept.
- Nolte, A.L. & C. Spiteri, Concept. Effect van herintroductie van getij op waterkwaliteit en ecologische toestand van het Grevelingenmeer. Deltares, Delft.
- Ontwikkelingsschets Zicht op de Grevelingen, 2006. www.toekomstgrevelingen.nl.
- Oranjewoud en Decisio, 2010. Economische impact en mogelijkheden van een schutsluis in de Brouwersdam.
- Oude Essing, G., P. de Louw, S. Steens, B. de Veen, C. Prevo, V. Marconi en Bart Goes, 2009. Voorkomen en dynamiek van regenwaterlenzen in de Provincie Zeeland - resultaten van een verkennende en provinciedekkende meetcampagne. TNO. Utrecht.
- Klomp, R., R. Peelen, 1976. Natuurlijke en kunstmatige destratificatie in de diepe gedeelten van het Grevelingenmeer H2O 9(6): 106 - 112.
- Projectbureau Vrolijk en Arcadis, 2008. Meerwaardestudie Grevelingen en Delta. Schutsluis in de Brouwersdam?
- Rijkswaterstaat, 2010. Gevoelighedsanalyse Waterberging Zuidwestelijke Delta. Hoofdrapport.
- Royal Haskoning, 2010. Getijdencentrale in de Brouwersdam. Variantenstudie. Definitief rapport, in opdracht van Groenservice Zuid-Holland.
- Sfriso, A., C. Facca, P.F. Ghetti, 2003. Temporal and spatial changes of macroalgae and phytoplankton in a Mediterranean coastal area: the Venice lagoon as a case study. *Marine Environmental Research* 56 (5): 617 - 636.

- Slootjes, N., Karelse, M.K., van Kruchten, Y.J.G., Louters, T., Bulthuis, J., de Goederen, S., Slager, J.W. & Slomp, R., 2010. Gevoelighedsanalyse waterberging Zuidwestelijke delta, RWS.
- SOVON, 2005. *Netwerk Ecologische Monitoring*, SOVON, RWS, CBS op www.sovon.nl.
- Strucker, R.C.W., M.S.J. Hoekstein, P.A. Wolf, P.L. Meininger, 2005. Kustbroedvogels in het Deltagebied in 2005, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg.
- Strucker, R.C.W., F.A. Arts & S. Lilipaly, 2010. Watervogels en zeezoogdieren in de zoute delta 2008/2009. RWS Waterdienst BM 10.08.
- Taal C., H. Bartelings, A. Klok, J.A.E. van Oostenbrugge en B. de Vos, 2006. Visserij in cijfers, LEI, Den Haag.
- Taylor, S.L., H. Morgan, K. O'Hara, A. Rutstein, K. Thomas, 2002. The Influence of Water-Column Mixing on Dissolved-Oxygen Concentrations and Saline Stratification in the River Tawe Barrage, Wales, UK, *Water and Environment Journal*, Volume 16, Issue 2, pages 79 - 84, May 2002.
- Ter Heerdt, G.N.J., 1995. Planten in de Peiling. Literatuuronderzoek naar de invloed van het zoutgehalte in de bodem op de ontwikkeling van helofyten. Lelystad.
- Termes, P., N. Slootjes, T. van den Berg, 2010. Gevoelighedsanalyse Waterberging Zuidwestelijke Delta. Achtergrondrapport Hydraulica. Rapport DHV en HKV lijn in water, PR1823.
- TNO, 2008. *REGIS II (REgionaal Geohydrologisch InformatieSysteem van TNO/Deltares)*, TNO, Utrecht.
- Toeristische rapportage Goeree-Overflakkee 2009/2010. Hogeschool Zeeland, kenniscentrum (kust)toerisme.
- Van Berkel, J., T. Kraassenberg, P.Paulus, (2011). Tidal Power Plant Brouwersdam, Project Outline, MIRT project Lake Grevelingen.
- Van Berkel, J., (2011). Memo Getijdynamiek op de Grevelingen, met getijcentrale, met variabel maximum waterpeil, 13 juni 2011.
- Van Pagee, H. van, (2011). Memo (on)mogelijkheden voor verbetering waterkwaliteit Grevelingen door aangepast beheer (scenario A0+), Rijkswaterstaat in opdracht van Projectgroep MIRT Grevelingen, Lelystad.
- Van Gils, J. 2010. Memo: Expert judgement naar draagkracht van de Grevelingen voor schelpdierkweek, Deltares.
- VBC Grevelingenmeer, 2010. Visplan Grevelingenmeer. VBC Grevelingemeer te Drimmelen.
- Verschure, J.M., 2000. Verspreiding van groot zeegras (*Zostera marina* L.) in het Grevelingenmeer en het Veerse meer in 2000. NIOO-CEME, Yerseke.
- Verschure, J.M., 2003. Verspreiding van groot zeegras (*Zostera marina* L.) in het Grevelingenmeer en het Veerse meer in 2003. NIOO-CEME, Yerseke.
- Visser, J., 1995. Het Grevelingenmeer, natuurlijk ingericht. Achtergronden van 25 jaar inrichting en beheer. Flevovericht 378. RWS Directie IJsselmeergebied. In: Van Dijk & Inberg, 2002.
- Vrijling, J.K., J. van Duivendijken, L.F. Mooyaart (2008). Getijdencentrale in de Brouwersdam. De proefcentrale Brouwerssluis. TUDelft.
- Waardenburg, H.W., 1998. Vismigratie door de Brouwerssluis (Grevelingenmeer). Rapport nr. 98.042, Bureau Waardenburg bv, Culemborg.
- Watersportvisie Grevelingen, 2010. Projectbureau Vrolijk www.vrolijk.nl.
- Wetsteijn, L.P.M.J, 2011. Grevelingenmeer: meer kwetsbaar? Een beschrijving van de ecologische ontwikkelingen voor de periode 1990 t/m 1998. RWS Waterdienst, Lelystad.
- Witteveen+Bos en Bureau Waardenburg, 2009. Maatlatten Noordzeekanaal. Referentie RW1664-81.

- Witteveen+Bos (2011). MKBA verkenning Grevelingen. Deelrapport project SDM113-2 in opdracht van Natuur- en recreatieschap de Grevelingen.
- Witteveen+Bos (2011a). Morfologische studie Voordelta en Grevelingen. Witteveen + Bos in opdracht van Natuur- en recreatieschap De Grevelingen, Schiedam.
- Witteveen+Bos en Deltares (2011b). Morfologische beoordeling oevererosie en slibsedimentatie Grevelingen. Witteveen + Bos in opdracht van Natuur- en recreatieschap De Grevelingen, Schiedam.
- 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.

Pre-verkenning Grevelingen water en getij

- Witteveen+Bos, 2009. Verkenning Grevelingen water en getij.
- Bouma, S., W. Lengkeek, T.J. Boudewijn, L.G. Turlings, R. Abma en R.L.J. Nieuwkamer 2008. Notitie knelpunten autonome ontwikkeling. Onderdeel Verkenning Grevelingen water en getij.
- Turlings L.G., R.L.J. Nieuwkamer, S. Bouma, W. Lengkeek, T.J. Boudewijn en R. Abma, 2009. Notitie bouwstenen en kansrijke oplossingsrichtingen. Onderdeel Verkenning Grevelingen water en getij.
- Turlings, L.G., A.J. Smale, M.J.J. Boon, R.L.J. Nieuwkamer, 2008. Notitie optimale locaties doorlaatmiddelen. Onderdeel Verkenning Grevelingen water en getij.
- Baijens, M.M.H.P., P. Quist, L.G. Turlings, 2008. Notitie scheepvaart. Onderdeel Verkenning Grevelingen water en getij.
- M.J.J. Boon, F.M. Roest, 2008. Notitie civiele aspecten doorlaatmiddel Brouwersdam. Onderdeel Verkenning Grevelingen water en getij.

Internetsites

- KennisInfrastructuur CultuurHistorie. <http://www.kich.nl>, geraadpleegd maart 2011.
- Cultuurhistorische Structuur provincie Zeeland. <http://zldags.zeeland.nl/geo/>, geraadpleegd maart 2011.
- Provinciale Zeeuwse Courant. www.pzc.nl, geraadpleegd maart 2011.
- Milieucentraal 2011.
- <http://www.milieucentraal.nl/pagina.aspx?onderwerp=grote%20energieverbruikers>, geraadpleegd juli 2011.
- CultGIS-database van het ministerie van Economische Zaken 2011, Landbouw en Innovatie, www.kich.nl, geraadpleegd april 2011.