



# Notitie bouwstenen en kansrijke oplossingsrichtingen

onderdeel verkenning "Grevelingen water en getij"

Datum 23 januari 2009  
Status definitief

# Notitie bouwstenen en kansrijke oplossingsrichtingen

Onderdeel Verkenning Grevelingen

Definitief 23 januari 2009

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



<b>1</b>	<b>Inleiding 5</b>
1.1	Aanleiding 5
1.2	Doel van deze notitie 5
1.3	Aanpak via bouwstenen 5
<b>2</b>	<b>Afleiden van de bouwstenen uit de doelen 7</b>
2.1	Doelen 7
2.2	Geconstateerde knelpunten 7
2.3	Beoordelingsraamwerk 9
2.4	Bouwstenen 9
2.5	Bepaling van de fysieke effecten 9
<b>3</b>	<b>Bouwsteen 1: Doorspoelen via Flakkeese spuisluis 12</b>
3.1	Toelichting 12
3.2	Doelen die er mee bereikt worden 12
3.3	Fysieke effecten 12
3.3.1	Waterhuishouding 12
3.3.2	Waterkwaliteit 12
3.3.3	Ecologie 13
3.4	Maatschappelijke effecten 15
<b>4</b>	<b>Bouwsteen 2: Doorlaatmiddel Brouwersdam 16</b>
4.1	Toelichting 16
4.2	Doelen die er mee bereikt worden 16
4.3	Fysieke effecten 16
4.3.1	Inleiding 16
4.3.2	Waterhuishouding 17
4.3.3	Morfologie 17
4.3.4	Waterkwaliteit 19
4.3.5	Ecologie 24
4.4	Maatschappelijke effecten 33
<b>5</b>	<b>Bouwsteen 3: Ruimte voor de Rivier 35</b>
5.1	Toelichting 35
5.2	Doelen die er mee bereikt worden 35
5.3	Fysieke effecten 35
5.4	Maatschappelijke effecten 38
<b>6</b>	<b>Bouwsteen 4: Getijcentrale 39</b>
6.1	Toelichting 39
6.2	Doelen die er mee bereikt worden 41
6.3	Fysieke effecten 42
6.3.1	Potentiële ecologische effecten van een getijcentrale 42
6.3.2	Ecologische van de verandering van de getijbeweging 46
6.4	Maatschappelijke effecten 46

---

**7      Bouwsteen 5: Schutsluis Brouwersdam 47**

- 7.1    Toelichting 47
- 7.2    Doelen die er mee bereikt worden 47
- 7.3    Fysieke effecten 47
- 7.4    Maatschappelijke effecten 47

**8      Bouwsteen 6: Beheermaatregelen 49**

- 8.1    Inleiding 49
- 8.2    Verwijdering van de organische sliblaag 49
- 8.3    Aanleg broedeilanden 50
- 8.4    Actief vegetatiebeheer 51
- 8.5    Verwijdering van zeesla 52
- 8.6    Verwijdering van Japanse oesters 52
- 8.7    Het aanplanten van zeegras 53

**9      Samenvatting effecten en conclusies 54**

- 9.1    Combinatiematrix 54
- 9.2    Kosten van de bouwstenen 55
- 9.3    Effectenoverzicht 56
- 9.4    Analyse en conclusie 58

**10     Referenties 61**

**Bijlage 1: checklist beoordeling van effecten 63**

**Bijlage 2: Modelresultaten Deltares 66**

**Bijlage 3: Effecten van de bouwstenen op de doelen voor Natura 2000 en KRW 77**

**Bijlage 4: Juridische aspecten 82**

---

# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

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

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

## 1.2 Doel van deze notitie

De huidige situatie en autonome ontwikkeling is reeds in een notitie beschreven (Notitie knelpunten autonome ontwikkeling, d.d. 28 april 2008). In deze notitie zijn door een vergelijking met de doelen ook de knelpunten in beeld gebracht. Voorliggende notitie, die dient als bouwsteen voor het opstellen van het eindrapport van de 'Verkenning Grevelingen Water en Getij', beschrijft de mogelijke maatregelen om de knelpunten op te lossen (de oplossingen).

## 1.3 Aanpak via bouwstenen

Deze notitie begint in hoofdstuk 2 met een beknopte herhaling van de doelen en knelpunten uit de knelpuntennotitie. De doelen en knelpunten hebben gediend als vertrekpunt om mogelijke maatregelen te identificeren.

Voor het systematisch verkennen van mogelijke maatregelen is voor een aanpak met zes bouwstenen gekozen. Een bouwsteen is een maatregel, met een specifiek doel, die gecombineerd kan worden met andere bouwstenen tot een integrale oplossing voor het Grevelingenmeer. De zes bouwstenen worden individueel beschreven in de hoofdstukken 3 tot en met 8. Van elke bouwsteen is het volgende opgenomen:

- een beknopte beschrijving;
- de doelen die ermee bereikt worden;
- de effecten.

Vervolgens is onderzocht welke bouwstenen met elkaar gecombineerd kunnen worden en welke niet. Hiervan wordt in hoofdstuk 9 een combinatiematrix gepresenteerd. In hoofdstuk 9 zijn vervolgens van de vier belangrijkste bouwstenen de civieltechnische kosten geraamd.

---

Tevens zijn de mogelijke batenposten beschreven. Alle onderzoeksresultaten zijn met elkaar gecombineerd in een overzichtstabel. Op basis van deze overzichtstabel worden in het hoofdrapport een of meerdere kansrijke oplossingsrichtingen (combinaties van bouwstenen) geschetst, die in de planstudie kunnen worden uitgewerkt. Hoofdstuk 10 tenslotte bevat de referenties.

---

## 2 Afleiden van de bouwstenen uit de doelen

### 2.1 Doelen

De inhoudelijke doelen voor een duurzame toekomstige ontwikkeling van de Grevelingen zijn onder te brengen onder een hoofddoel en drie nevendoelen:

1. hoofddoel is duurzame verbetering van het **ecologisch functioneren** van het watersysteem, bijvoorbeeld door de realisatie van een nieuw doorlaatmiddel in de Brouwersdam;
2. het eerste nevendoel is het opwekken van **getijenergie** middels een getijcentrale in de Brouwersdam, omdat hier wellicht een combinatie mogelijk is met de realisatie van een doorlaatmiddel;
3. het tweede nevendoel is de verbetering van de mogelijkheden voor **recreatievaart** door realisatie van een schutsluis in de Brouwersdam, omdat ook hier wellicht een combinatie mogelijk is met de realisatie van een doorlaatmiddel;
4. het derde nevendoel is het openlaten van de mogelijkheid om het Grevelingenmeer te gebruiken voor het **bergen en/of afvoeren van rivierwater** onder specifieke afvoeromstandigheden.

### 2.2 Geconstateerde knelpunten

De knelpunten zijn in de Notitie knelpunten autonome ontwikkeling uitgebeid beschreven. Omdat de bouwstenen (de maatregelen) in voorliggende notitie het oplossen van de knelpunten als doel hebben, is het bij het definiëren en beoordelen van de bouwstenen belangrijk om de knelpunten goed op het netvlies te hebben. De knelpunten worden daarom hieronder nog eens herhaald.

#### 1. Zuurstofproblematiek

De ophoping van organisch materiaal in combinatie met het zuurstofgehalte van de bodem en van het water in het Grevelingenmeer is één van de belangrijkste zorgpunten van de huidige situatie. Dit treedt op sinds de afsluiting van het Grevelingenmeer in 1971. Het zuurstofgehalte in de bovenste laag is goed, 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 met ophoping van organisch slib, waardoor de bodem geen geschikt substraat meer is voor (epi)bentische fauna. 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.

#### 2. Afname geschikt broedgebied voor kustbroedvogels

In de toekomst zullen zonder beheersmaatregelen door de vegetatiesuccessie geschikte broedlocaties voor de verschillende kustbroedvogelsoorten verloren gaan, waardoor de aantallen



---

kustbroedvogels op termijn zullen afnemen en instandhoudingsdoelen geformuleerd onder Natura 2000 mogelijk niet gehaald worden.

### 3. Mogelijke verdere afname visetende vogels

De aalscholver gaat achteruit en dit geldt misschien in mindere mate ook voor de fuut, al lijkt deze soort zich de laatste jaren te stabiliseren.

### 4. Verdwijning van zeegras

In 1978 was 4.400 ha van het Grevelingenmeer bedekt met zeegras, maar sinds 2000 is zeegras volledig uit het Grevelingenmeer verdwenen. De verhoogde saliniteit (van circa 12 naar 16 g Cl<sup>-</sup>/l) is de belangrijkste factor voor de verdwijning van zeegras. Het herstel van zeegras is wel een doel van de KRW en daarom belangrijk. Het hoge zoutgehalte blijft met het huidige beheer gehandhaafd, zodat het behalen van het onder de KRW voorgestelde doel dat meer dan de helft van het potentieel begroeibaar oppervlak in 2015 begroeid moet zijn met het oorspronkelijk aanwezige zeegras, niet haalbaar lijkt.

### 5. Grootschalige ophoping van zeesla en algenbloei

De grootschalige ophoping van zeesla zorgt voor veel stankoverlast en wanneer zeesla afzinkt naar de bodem kunnen afbraakprocessen mogelijk bijdragen aan de zuurstofloosheid.

Wanneer een grootschalige bloei van *Phaeocystis* (een alg) optreedt op de Noordzee en via de Brouwerssluis de Grevelingen binnenstroomt, zal het organische materiaal naar de bodem zinken en bijdragen aan de zuurstofloosheid.

### 6. Sterfte onder bodemdieren

De organische slibophoping is een knelpunt voor de op hard en zacht substraat voorkomende levensgemeenschappen. Door de zuurstofloosheid in en nabij de (slib)bodem die ieder jaar terugterugkeert, ontbreken zacht substraat gemeenschappen in een aanzienlijk deel van het meer, met name in het oostelijk deel van het meer tot op een diepte van 5 m. Met name in jaren met een warm voorjaar en warme zomer lijkt de zuurstofloosheid zich uit te breiden naar ondiepere delen van het meer waar dan grote sterfte onder commercieel gekweekte oesters optreedt.

### 7. Sterke toename Japanse oesters

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

## 2.3 Beoordelingsraamwerk

De bouwstenen zijn beoordeeld op grond van de primaire, fysieke effecten en de secundaire maatschappelijke effecten in relatie tot bovenstaande doelen. Waar mogelijk zijn de effecten kwantitatief berekend. Dit geldt bijvoorbeeld voor de kosten. Veel effecten zijn kwalitatief beschreven. De beschrijvingen staan in de hoofdstukken 3 tot en met 8. Voor het maken van deze beschrijvingen zijn als hulpmiddel twee checklists gebruikt (zie bijlage I).

## 2.4 Bouwstenen

Om de doelen te bereiken en de aangegeven knelpunten op te lossen, zijn in de verkenning zes verschillende bouwstenen (maatregelen) bestudeerd. In onderstaande tabel is per bouwsteen aangegeven welke doelen met de bouwsteen bereikt kunnen worden. Een bouwsteen die is ontwikkeld om het ene doel te bereiken, kan ook invloed hebben op het bereiken van een ander doel (hoewel de bouwsteen daar niet primair voor is ontwikkeld). Ook dit is in de tabel aangegeven. De bouwstenen worden nader beschreven in de volgende zes hoofdstukken.

**Tabel 2.1. Doelen en bouwstenen Verkenning Grevelingen Water en Getij**

		Hoofddoelen	Nevendoelen		
		Ecologisch functioneren	Bergen van rivierwater	Getijenergie	Recreatievaart
Bouwstenen	1. Doorspoelen via Flakkeese spuisluis				
	2. Doorlaatmiddel Brouwersdam				
	3. Ruimte voor de Rivier				
	4. Getijcentrale in de Brouwersdam				
	5. Schutsluis Brouwersdam				
	6. Beheermaatregelen				

middel om het doel te bereiken  
 heeft invloed op het bereiken van het doel

## 2.5 Bepaling van de fysieke effecten

Effecten op de waterhuishouding en waterkwaliteit zijn voornamelijk ingeschat aan de hand van modelstudies uitgevoerd door Deltares (Zijl & Nolte, 2006; Nolte *et al.*, 2008). Effecten op de ecologie zijn ingeschat aan de hand van een studie naar de effecten van het opnieuw in gebruik nemen van de Flakkeese spuisluis met een

---

daggemiddelde debiet van 65 m<sup>3</sup>/s uitgevoerd door Rijkswaterstaat in 2006 (Haas *et al.*, 2006) en op basis van expert judgement.

### **peilbeheer**

In de huidige situatie is het gemiddeld peil (middenstand) op het Grevelingenmeer NAP -0,2 m met een lichte getijslag van 10 cm. Overigens kunnen de hoogwater- en laagwaterstanden door windinvloed in de praktijk flink afwijken van het gemiddelde. Het handhaven van het gemiddelde peil van NAP – 0,2 m vereist ook het knijpen van de Brouwerssluis omdat een schommeling rond NAP meer 'natuurlijk' is.

Voor doorspoelen met de Flakkeese spuisluis (bouwsteen 1) is de middenstand op precies NAP gezet om de doorspoeldebieten zo groot mogelijk te laten zijn (niet knijpen).

Voor het doorlaatmiddel inde Brouwersdam (bouwsteen 2) met Gedempt Getij is een middenstand van NAP -0,1 m gekozen met HW NAP +0,15 m en LW NAP -0,35 m. De motivatie hierbij is dat de hoogwaterstand begrensd is, omdat de kosten bij een peil van meer dan NAP +0,2 m sterk gaan toenemen. Voor het doorlaatmiddel met Maximaal Getij is de middenstand is op NAP -0,2 m gezet, omdat bij een HW stand van meer dan NAP +0,3 m de effecten (en dus de kosten) op Port Zeelande sterk gaan toenemen. Met een nog grotere getijslag nemen de kosten zo sterk toe dat een getijslag van 1,5 m niet meer in beschouwing is genomen.

De middenstand voor de bouwsteen 3 Ruimte voor de Rivier is afgestemd met het voorkeursalternatief van de planstudie waterkwaliteit Volkerak-Zoommeer. Hierbij is een middenstand van NAP -0,1 m NAP aangehouden. Wel moet rekening gehouden worden dat tijdens waterberging de waterstanden fors kunnen oplopen. Dit is een onderwerp voor een vervolgstudie.

De middenstanden liggen in de range van NAP-0,2 m tot NAP +0,00 m en veranderen daarmee relatief weinig ten opzichte van de huidige situatie. Een verhoging van de middenstand kan toename van zoute kwel naar het binnendijkse gebied veroorzaken. De invloed van getijslag reikt minder ver dan de invloed van de middenstand, doordat de getijdynamiek in het grondwatersysteem naar verwachting sterk gedempt wordt. Binnendijs zou door toename van de zoute kwel zoutschade in de landbouw en natuur kunnen ontstaan. Dit effect is in deze studie niet verder onderzocht, maar in een eventuele milieueffectrapportage dient naar dit effect wel onderzoek gedaan te worden.

### **zuurstofconcentratie**

Effecten op de waterkwaliteit en de ecologie zijn ingeschat aan de hand van de resultaten van de modelstudie van Deltares (Nolte *et al.*, 2008) en op basis van expert judgement. De modelstudie van Deltares geeft informatie met betrekking tot zuurstofconcentraties in de waterkolom (van de oppervlakte tot op een diepte van circa 1 meter boven de

---

bodem, zie bijlage 2). De maat die Deltares hanteert is 'areaal dat gedurende 7 dagen aaneengesloten < 3 mg/l heeft'.

Het model verschaft geen informatie over slib- en zuurstofcondities in de bodem en op een afstand van minder dan 1 m boven de bodem. Effecten op het organisch slib en de zuurstofconcentraties in en nabij de bodem zijn daarom ingeschat op basis van expert-judgement aan de hand van de stroomsnelheden op 1 m boven de bodem, die ook door het model worden berekend. Hoe het organisch slib zich gedraagt, is niet met expert-judgement in te schatten, en dit is dus een belangrijke kennisvraag voor de planstudie.

#### **vogels en oevervegetatie**

Voor het inschatten van effecten op vogels en (oever)vegetatie is daarnaast door middel van een interpolatie tussen dieptegegevens van 2003 en AHN-gegevens (Actueel Hoogtebestand Nederland) een inschatting gemaakt van de effecten van de verschillende bouwstenen en hun varianten op het areaal intergetijdengebied (bijlage 2). Deze interpolatie is uitgevoerd door Deltares in augustus 2008. Deze interpolatie is nog grof, maar geeft wel een indicatie van de verschillen tussen de bouwstenen die voldoende is voor een verkenning. De effecten op de doelen voor Natura 2000 en KRW zijn samengevat in bijlage 3.

---

# 3 Bouwsteen 1: Doorspoelen via Flakkeese spuisluis

## 3.1 Toelichting

De bouwsteen Doorspoelen via de Flakkeese spuisluis betreft het vergroten van de capaciteit van de Flakkeese spuisluis tot een daggemiddeld debiet van 135 m<sup>3</sup>/s gecombineerd met het benutten van de maximale capaciteit van de Brouwerssluis (ook 135 m<sup>3</sup>/s daggemiddeld). De Flakkeese spuisluis wordt alleen gebruikt om water van de Oosterschelde in de Grevelingen te laten en de Brouwersdam wordt alleen gebruikt om water van de Grevelingen naar de Noordzee te laten (doorspoelen van oost naar west).

De Flakkeese spuisluis is onderdeel van de autonome ontwikkeling en de ingebruikname is al in voorbereiding.

## 3.2 Doelen die er mee bereikt worden

Hoofddoel van deze bouwsteen is het verbeteren van het ecologisch functioneren van het watersysteem door meer verversing van het water in het Grevelingenmeer. Er wordt geen getijslag geïntroduceerd.

## 3.3 Fysieke effecten

### 3.3.1 Waterhuishouding

De getijslag bedraagt 5 cm (schatting). Dit leidt tot een intergetijde-areaal van 50 hectare (schatting). De middenstand is precies NAP, gelijk met de middenstand op de Noordzee, zodat het debiet door de Brouwerssluis niet hoeft te worden geknepen en het doorspoeldebiet zo groot mogelijk is.

### 3.3.2 Waterkwaliteit

#### Zuurstof

##### *Conditie in de waterkolom*

Het effect op zuurstofconcentratie in de waterkolom is tweeledig. In het westelijke deel (met name in de diepe putten) van de Grevelingen treedt duidelijk een verslechtering op, terwijl in het oostelijke deel een verbetering te zien is (Nolte *et al.*, 2008)(bijlage 2). In Nolte *et al.*, 2008 wordt geconcludeerd dat deze bouwsteen op de schaal van het gehele Grevelingenmeer leidt tot een duidelijke verslechtering van zuurstofconcentraties in de waterkolom ten opzichte van de huidige situatie. Een verhoogde nutriëntenbelasting als gevolg van het inlaten van water vanuit de Oosterschelde (zie volgende paragraaf) lijkt een belangrijke sturende factor te zijn voor deze verslechtering. Door de hogere nutriëntenbelasting neemt de primaire productie namelijk toe, waardoor er meer organisch materiaal in het systeem terecht komt. Dit

---

organische materiaal wordt afgebroken met behulp van zuurstof met als gevolg dat de zuurstofconcentraties gaan dalen (Nolte *et al.*, 2008).

#### *Conditie in en nabij de bodem*

De bouwsteen leidt volgens het model tot een verhoogde nutriëntenbelasting met als gevolg een verhoogde productie van organisch materiaal (zie hieronder). Dit organische materiaal zal in laag dynamische gebieden naar de bodem zakken, waardoor de zuurstofvraag voor de afbraak hiervan toe zal nemen. De doorspoelvariant leidt daardoor niet alleen tot verslechterde zuurstofconcentraties in de waterkolom, maar zal waarschijnlijk ook leiden tot verslechterde zuurstofcondities in en nabij de bodem. Zuurstofcondities lijken bij het doorspoelen dus zelfs enigszins (marginaal) te verslechteren.

#### **Saliniteit**

Aangezien de Oosterschelde ter hoogte van de Flakkeese spuisluis iets minder zout is dan het water van het Grevelingenmeer, neemt het chloridegehalte iets af als de uitwisseling met de Oosterschelde groter wordt. Door doorspoelen via de Flakkeese spuisluis zal het chloridegehalte iets zakken (naar 15,5 g Cl<sup>-</sup>/l).

#### **Nutriënten**

Voor zowel stikstof als fosfaat 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 (Nolte *et al.*, 2008). De wintergemiddelde stikstofconcentratie zal in deze bouwsteen stijgen van 0,75 mg totaal-N/l naar 0,99 mg totaal-N/l en de wintergemiddelde fosfaatconcentratie van 0,031 mg totaal-P/l naar 0,045 mg totaal-P/l (Nolte *et al.*, 2008).

#### **Doorzicht**

Het doorzicht in het oostelijke deel van de Oosterschelde is de laatste jaren gemiddeld circa 2 m en daarmee net iets lager dan het doorzicht in het Grevelingenmeer (circa 2,5 m) (Bouma *et al.*, 2008). In de modelstudie is berekend dat het doorzicht in de huidige situatie op basis van gegevens van het jaar 2000 gemiddeld 1,9 m is en bij de bouwsteen doorspoelen zal afnemen van 1,9 m naar 1,7 m (Nolte *et al.*, 2008).

### **3.3.3 Ecologie**

#### **Bodemleven**

Door het doorspoelen via de Flakkeese spuisluis zullen de zuurstofcondities in en nabij de bodem op dieptes > 6 m waar zich over de jaren heen een dikke (organische) sliblaag (circa 30-40 cm) ontwikkeld heeft mogelijk verslechteren. Dit betekent dat de levensomstandigheden voor bodemorganismen in deze gebieden niet verbeteren en dat geen positieve verandering in bodemdiergemeenschappen verwacht kan worden. Het enige zichtbare

---

bodemleven op de dikke sliblaag in de Bocht van St. Jacob zijn in de huidige situatie enkele grondels en krabben.

### **Vissen**

Het doorspoelen via de Flakkeese spuisluis zal naar verwachting een beperkte invloed hebben op de visgemeenschap in het Grevelingenmeer. Voor diadrome vissen (vissen die migreren van zoet naar zout en andersom) verbetert de situatie niet. Er ontstaat geen zoete lokstroom waar de vissen door aangetrokken worden (Haas *et al.*, 2006) en, nog belangrijker, er wordt geen verbinding met het zoete achterland hersteld.

Voor vissen die alleen seizoensgebonden in het Grevelingenmeer verblijven, verbetert de situatie in vergelijking met de autonome situatie niet. Dit zijn bijvoorbeeld vissen die in de winter naar meer zuidelijke wateren trekken, of in dieper water overwinteren (circa 14 soorten, bijvoorbeeld geep, makreel en haring (Waardenburg, 1998)). Voor deze vissen geldt dat de huidige mogelijkheid om het Grevelingenmeer binnen te trekken nauwelijks verandert, omdat in de autonome situatie de Flakkeese spuisluis reeds opnieuw in gebruik genomen is.

Het water rondom de sluis zal lokaal zeer dynamisch worden, onder de werking van het in- en uitstromende getij. De ervaring met de huidige Brouwersluis leert dat zo'n dynamische plek een sterke aantrekkingskracht heeft op vis. Ook om deze reden kan dus verwacht worden dat het gebied direct rondom de sluis visrijker zal worden, al zal dit effect zeer lokaal zijn.

De positieve effecten die hierboven staan beschreven zullen naar verwachting vooral relatief kleinschalige lokale effecten zijn en invloed hebben op het gebied in de directe omgeving van de sluis. Om het visbestand in het gehele meer te verbeteren, zal ook de zuurstofhuishouding moeten verbeteren. Zoals aangegeven in § 3.3.1 heeft het doorspoelen via de Flakkeese spuisluis hierop geen positieve invloed.

### **Vogels**

Uit de modelstudie blijkt dat er als gevolg van het doorspoelen via de Flakkeese spuisluis geen extra dynamiek in het Grevelingenmeer zal ontstaan (5 cm getijslag). Het areaal intergetijdengebied, en daarmee het foerageergebied voor een groot aantal steltlopers en overige bodemfauna etende vogelsoorten, zal neemt dan ook niet toe. Er zullen vanwege het uitblijven van extra dynamiek ook geen effecten optreden op de aanwezige vegetatietypen op de eilanden en oevers. Het aantal geschikte broedlocaties voor verschillende kustbroedvogels verandert niet door deze maatregel.

Voor visetende watervogels is de visstand en het doorzicht sturend voor de verwachte ontwikkelingen. Omdat het doorspoelen via de Flakkeese spuisluis naar verwachting geen effect heeft op de visstand en/of het doorzicht, zal ook geen effect op visetende vogels optreden. Vogelsoorten die op kleinere vissoorten (zoals grondels en garnalen)

---

foerageren (geoorde fuut, middelste zaagbek), zullen zich waarschijnlijk goed kunnen handhaven, maar soorten die op grotere vissoorten (zoals platvis en haring) foerageren, vertonen de afgelopen jaren een dalende trend en gaan mogelijk nog verder achteruit (Bouma *et al.*, 2008).

### **Zeegras**

Sinds 2000 is zeegras volledig verdwenen uit het Grevelingenmeer, waarschijnlijk door een te hoog zoutgehalte (Kamermans *et al.*, 1998 in Bouma *et al.*, 2008). Uit de modelresultaten blijkt dat het chloridegehalte iets zakt (van 16,2 Cl-/l naar 15,5 g Cl-/l). Stabiele zeegrasvelden worden in Nederlandse kustwateren uitsluitend aangetroffen op locaties waar zoetwater uitstroming plaatsvindt (Kamermans *et al.*, 1998). Het doorspoelen via de Flakkeese spuisluis leidt niet tot aanvoer van zoet water en zal dus ook niet leiden tot een terugkeer van het oorspronkelijk aanwezige zeegras in het Grevelingenmeer.

### **Algenbloei en zeesla**

Door het doorspoelen neemt de nutriëntenbelasting toe (§ 3.3.1). Door de beschikbaarheid van meer nutriënten kan de algenbloei en bloei van zeesla toe gaan nemen. Het jaargemiddelde chlorofyl-a gehalte is in de huidige situatie circa 4,7 µg/l en berekend is dat deze toeneemt tot circa 6,3 µg/l bij doorspoelen (Nolte *et al.*, 2008). De primaire productie is in de huidige situatie circa 243 g C/m<sup>2</sup> per jaar en berekend is dat deze toe zal nemen tot 331 g C/m<sup>2</sup> per jaar (Nolte *et al.*, 2008). Afbraak van dit extra organische materiaal kost zuurstof, waardoor zuurstofcondities in de waterkolom en in en nabij de bodem kunnen dalen.

### **Vegetatie op oevers en eilanden**

Doorspoelen via de Flakkeese spuisluis leidt niet of nauwelijks tot extra dynamiek in het Grevelingenmeer (5 cm getijslag). Omdat er geen veranderingen in waterstanden op zullen treden, zullen er ook geen effecten optreden op de aanwezige vegetatietypen op de eilanden en oevers.

## **3.4 Maatschappelijke effecten**

De Flakkeese spuisluis heeft slechts geringe effecten op de waterkwaliteit (doorzicht) en visstand, die zich niet of nauwelijks laten doorvertalen naar de maatschappelijke functies als beroepsvisserij, landbouw, getijde-energie en recreatie. Het enige maatschappelijke effect kan zijn dat lokaal door de toenemende dynamiek rond de Flakkeese Spuisluis vis aan getrokken wordt. Hierdoor kan een aantrekkelijke locatie voor de sportvisserij ontstaan, die vergelijkbaar is met de Brouwerssluis, mits de locatie voor sportvissers bereikbaar is of bereikbaar gemaakt wordt. Ook in de autonome situatie, als de Flakkeese spuisluis opnieuw in gebruik genomen is, is dit echter reeds het geval.



---

## 4 Bouwsteen 2: Doorlaatmiddel Brouwersdam

### 4.1 Toelichting

De bouwsteen Doorlaatmiddel Brouwersdam bestaat uit het realiseren van extra doorlaatcapaciteit door de Brouwersdam via de aanleg van één of meerdere doorlaatmiddelen. Van de bouwsteen Doorlaatmiddel Brouwersdam zijn vier varianten bestudeerd:

- **Gedempt Getij (GG):** 8 keer de huidige doorlaatcapaciteit (1.000 m<sup>3</sup>/s daggemiddeld) in het zuidelijk deel van de Brouwersdam, resulterend in een getijslag van naar schatting 50 cm;
- **Gedempt Getij 70Z:30N (NS2):** 8 keer de huidige doorlaatcapaciteit (1.000 m<sup>3</sup>/s daggemiddeld) waarvan 70% in het zuidelijk en 30% in het noordelijk deel van de Brouwersdam, resulterend in een getijslag van naar schatting 50 cm;
- **Noorderspuisluis (NS1):** handhaving van de huidige Brouwerssluis (125 m<sup>3</sup>/s daggemiddeld), aangevuld met 14 keer de huidige doorlaatcapaciteit (1.750 m<sup>3</sup>/s daggemiddeld) in het noordelijk deel van de Brouwersdam, resulterend in een getijslag van naar schatting 75 cm;
- **Maximaal Getij (MG):** 20 keer de huidige doorlaatcapaciteit (2.500 m<sup>3</sup>/s daggemiddeld) in het zuidelijk deel van de Brouwersdam, resulterend in een getijslag van naar schatting 100 cm.

Het huidige doorlaatmiddel door de Brouwersdam (de Brouwerssluis) heeft een maximale capaciteit van circa 135 m<sup>3</sup>/s daggemiddeld. Van deze capaciteit wordt in de huidige situatie 125 m<sup>3</sup>/s gebruikt.

### 4.2 Doelen die er mee bereikt worden

Het realiseren van extra doorlaatcapaciteit door de Brouwersdam via de aanleg van één of meerdere doorlaatmiddelen is primair bedoeld om het ecologisch functioneren van het Grevelingenmeer te verbeteren door:

- (gedeeltelijk) terugbrengen van een getijbeweging;
- verversing van het water in het Grevelingenmeer ten behoeve van het verminderen van de zuurstof- en organisch slibproblematiek;
- voorkomen van verruiging van de vegetatie op de platen en langs de oevers, doordat deze periodiek overstromen met zout water. Hierdoor blijft geschikt broedhabitat voor kustvogels beschikbaar.

### 4.3 Fysieke effecten

#### 4.3.1 Inleiding

Bij het doorrekenen van de varianten binnen deze bouwsteen is er vanuit gegaan dat de Flakkeese spuisluis operationeel is met een daggemiddelde debiet van 65 m<sup>3</sup>/s (variant huidig+; zie § 3.1). Er is er bij alle varianten van uitgegaan dat de middenstand gehandhaafd blijft op -0,2m NAP.

---

### 4.3.2 Waterhuishouding

De getijslag bedraagt bij de varianten GG, NS2, NS1 en MG respectievelijk 50, 50, 75 en 100 cm (schatting). Dit leidt tot een intergetijdeareaal van respectievelijk 1200, 1200, 1400 en 1600 hectare. De middenstand ligt bij Gedempt Getij (alle varianten) op NAP -0,1 m en bij Maximaal Getij op NAP -0,2 m.

### 4.3.3 Morfologie

De bouwsteen doorlaatmiddel Brouwersdam zal een effect hebben op zowel de morfologie in de monding van de Grevelingen als de ontwikkeling van de bodemligging in het Grevelingenmeer. De effecten zijn afhankelijk van de wijze waarop de bouwsteen wordt in gevuld. Onderstaand wordt per variant de verwachte morfologische ontwikkeling (in indicatieve/kwalitatieve termen) gepresenteerd. Opgemerkt wordt dat het hier om een verkennende studie gaat en dat de gepresenteerde analyse dus een beperkte nauwkeurigheid heeft. De gepresenteerde getallen/percentages zijn dan ook indicatief. Nauwkeuriger analyses (zoals bijvoorbeeld een uitgebreide data-analyse en modelonderzoek) dienen in het vervolgtraject te worden uitgevoerd.

Door de monding van de Grevelingen stroomde oorspronkelijk (in 1960, WLIDelft Hydraulics (2000)) een getijprisma van orde 400 miljoen m<sup>3</sup>, orde 60% door de zuidelijke geul en 40% door de noordelijke geul.

#### *Gedempt getij (GG)*

De variant "Gedempt Getij" heeft een daggemiddelde doorlaatcapaciteit van 1.000 m<sup>3</sup>/s, corresponderend met een getijprisma van orde 45 miljoen m<sup>3</sup>. Deze doorlaatcapaciteit wordt volledig in het zuidelijke deel van de Brouwersdam gerealiseerd.

Een toename van de doorlaatcapaciteit door het zuidelijke deel van de Brouwersdam leidt tot een toename van de waterbeweging door het Brouwershavensche Gat. Deze geul transporteerde voor de afsluiting van de Grevelingen orde 240 miljoen m<sup>3</sup> per half getij (totale hoeveelheid water welke tijdens gemiddeld getij instroomde). Met het realiseren van een getijprisma van 45 miljoen m<sup>3</sup> wordt de waterbeweging door het zuidelijke sluitgat voor meer dan 20% hersteld.

Na afsluiting van de Grevelingen zijn de geulen in de monding van de Grevelingen sterk aangezand (als gevolg van de reductie in waterbeweging). Alkyon (2006) laat zien dat de aanzanding van de verlaten geulen en het Brouwershavensche Gat de laatset jaren sterk is afgenomen, wat de indruk wekt dat er (bijna) een nieuw dynamisch evenwicht is bereikt. Het weer laten toenemen van de afvoer door het Brouwershavensche Gat zal leiden tot een nieuw dynamisch evenwicht, maar nu met diepere geulen in het zuidoostelijke deel van de monding (met name Brouwershavensche Gat). Deze verdieping gaat mogelijk ook gepaard met een verbreding en/of verschuiving van de geulen. Verwacht wordt dat het nieuwe dynamische evenwicht behorende bij

---

deze variant ruimschoots binnen de historische ligging van geulen zal vallen (orde 20% van de oorspronkelijke geul/hoogte/breedte). Hierdoor ontstaan mogelijk problemen met de kustveiligheid langs het Brouwershavensche Gat.

Het verhogen van de waterbeweging door het zuidelijke deel van de monding van de Grevelingen heeft ook effecten op de morfologie in het noordelijke deel van de monding van de Grevelingen. Verwacht wordt dat het noordelijke deel van de monding van de Grevelingen ook (beperkt) meer dynamisch gedrag zal laten zien (diepere en mogelijk migrerende geulen). De exacte grootte en omvang van deze effecten zijn zonder kwantitatieve analyses niet nader te beschrijven.

Conclusie. De variant Gedempt Getij zal waarschijnlijk beperkte gevolgen hebben voor de bodemligging in de Grevelingen: de beschikbare waterdiepte is nu voldoende om de toename in de waterbeweging te kunnen opvangen.

#### *Gedempt Getij 70Z:30N (NS2)*

De variant "Gedempt getij 70Z:30N" resulteert in een toename van het getijprisma naar orde 45 miljoen m<sup>3</sup>, vergelijkbaar met de variant "Gedempt Getij" (dezelfde getijslag wordt gerealiseerd), maar verdeeld over twee geulen. De morfologische effecten van deze variant verschillen van de voorgaande in de zin dat er ook water via het noordelijke deel van de Brouwersdam wordt doorgelaten.

Voor het noordelijke deel leidt dit tot een totaal getijprisma van orde 18 miljoen m<sup>3</sup> (40%), de resterende 27 miljoen m<sup>3</sup> (60%) wordt via een opening in het zuidelijke deel van de Brouwersdam doorgelaten. Deze verdeling van getijprisma komt waarschijnlijk (bij benadering) overeen met de verdeling zoals deze ook aanwezig was voor afsluiting van de Grevelingen. Ten gevolge van deze verdeling zal dan ook weer een dynamisch systeem (twee stroomvoerende geulen gescheiden door platen) ontstaan. Een groot verschil met de situatie voor afsluiting van de Grevelingen is de sterkte van de morfologische veranderingen: deze zullen aanzienlijk minder zijn omdat 10% van het oorspronkelijke totale getijprisma wordt doorgelaten. Hierdoor blijft de invloed van golven waarschijnlijk dominant, wat leidt tot minder diepe geulen of hoge platen.

Het effect op de bodemligging in het Grevelingen is vergelijkbaar met de variant "Gedempt Getij".

#### *Noorderspuisluis (NS1)*

De variant "Noorderspuisluis" wordt gekenmerkt door een hogere doorlaatcapaciteit, leidend tot een getijprisma van orde 84 miljoen m<sup>3</sup>. Dit getijprisma wordt geheel door het noordelijke deel van de Brouwersdam doorgelaten. De morfologische effecten van deze variant verschillen nadrukkelijk van de voorgaande varianten vanwege de ligging van het doorlaatmiddel.

---

Het voorgenomen getijprisma komt overeen met orde 20% van het oorspronkelijke totale getijprisma van 400 miljoen m<sup>3</sup>. Wanneer de verdeling tussen noordelijk en zuidelijk deel van de monding van de Grevelingen in beschouwing wordt genomen, dan blijkt dat orde bijna 50% van het oorspronkelijke getijprisma door het noordelijke deel wordt hersteld (84 van de 160 miljoen m<sup>3</sup>). Hiermee wordt een aanzienlijk deel van de dynamiek van de “oude” delta terug gebracht in het noordelijke deel.

De toename van het getijprisma leidt waarschijnlijk tot het verdiepen van de nu ondiepe geulen en het versterken van het reliëf (hoge platen, diepe geulen) in het noordelijke deel van de monding van de Grevelingen. In combinatie met de huidige ontwikkelingen zal dit waarschijnlijk leiden tot een verdieping en verbreding van de geul langs Goeree (uitmondend in de Schaar), leidend tot (een versterking van) kusterosie.

In de Grevelingen zelf kan deze variant ook tot een verandering van de bodemligging leiden omdat het getijprisma door geulen wordt gevoerd welke inmiddels niet meer toegerust zijn (ten gevolge van aanzanding) voor het transporteren van deze watermassa. Mogelijk leidt dit tot een verdieping van deze geulen.

#### *Maximaal Getij (MG)*

De variant “Maximaal Getij” leidt tot een toename van het totale getijprisma naar 112 miljoen m<sup>3</sup> in het zuidelijke deel van de monding. Deze hoeveelheid komt overeen met orde bijna 30% het totale oorspronkelijke getijprisma. Het geheel door het zuidelijk deel van de Brouwersdam doorlaten van deze watermassa leidt tot een herstel van 45% van het oorspronkelijke getijprisma in het zuidelijke deel.

Deze toename zal waarschijnlijk voldoende zijn om een deel van het oorspronkelijke reliëf te herstellen. Het Brouwenshavensche Gat, zal gaan verdiepen en /of verbreden. In de huidige situatie is sprake van aanzanding langs de kust van Schouwen: dit kan door een toename van het getijprisma worden geneutraliseerd of zelfs worden omgedraaid. Daarnaast zal door deze toename de landwaartse terugdringing (ten gevolge van golven) van de zuidelijke buitenste zandbanken worden gereduceerd. Hierdoor blijft op termijn mogelijke en groter intergetijdegebied bestaan.

De morfologische effecten zijn slecht kwalitatief ingeschat en dienen in een later stadium (waar mogelijk) kwantitatief te worden onderbouwd.

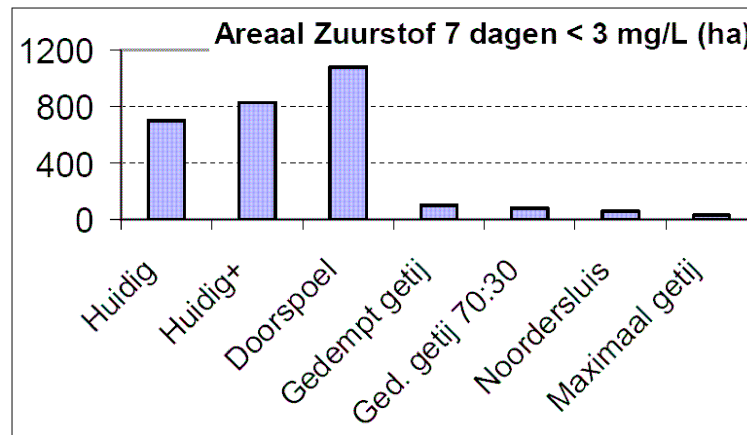
### **4.3.4 Waterkwaliteit**

#### **Zuurstof**

Het vergroten van de uitwisseling met de Noordzee door middel van een nieuw doorlaatmiddel in de Brouwersdam is een goede maatregel om de zuurstofhuishouding van het water van het Grevelingenmeer duurzaam te verbeteren. Berekeningen met een computermodel laten dit zien (Nolte *et al.*, 2008). De verschillen tussen de varianten zijn

klein. In afbeelding 4.1 is, als maat voor de zuurstofhuishouding in het water van het Grevelingenmeer, per variant het wateroppervlak weergegeven waarop de zuurstofconcentratie gedurende minimaal 7 aaneengesloten dagen beneden een kritische waarde komt. In de kleinste bestudeerde variant (Gedempt Getij) is dit areaal vrijwel even klein als in de varianten met een grotere doorlaatopening in de Brouwersdam.

**Afbeelding 4.1. Areaal met minimaal 7 dagen aaneengesloten periode met lage zuurstofconcentratie in de waterkolom circa 1 m boven de bodem (hectare) (Nolte *et al.*, 2008)**



huidig = huidige situatie, huidig+ = autonome situatie (ingebruikname Flakkeese spuisluis), doorspoel = vergroten Flakkeese spuisluis, Gedempt getij t/m Maximaal getij = doorlaatmiddel Brouwersdam in vier varianten.

#### *Conditie in de waterkolom*

Resultaten van de modelstudie van Deltares geven aan, dat alle varianten leiden tot een duidelijke verbetering van de zuurstofcondities in de waterkolom ten opzichte van de huidige situatie en de varianten waarbij alleen de Flakkeese spuisluis opnieuw in gebruik wordt genomen (zie bouwsteen 1).

Bij de variant gedempt getij neemt de zuurstofconcentratie in de waterkolom over de gehele lengte van de hoofdgeul duidelijk toe, maar in de zomer kunnen af en toe nog steeds zuurstofarme tot zuurstofloze condities optreden over de gehele lengte van de hoofdgeul. In het gebied langs het noordelijke deel van de Brouwersdam treedt een duidelijke lokale verslechtering op van de zuurstofconcentraties in de waterkolom ten opzichte van de huidige situatie (Nolte *et al.*, 2008) (bijlage 2). Bij de variant maximaal getij is de waterkolom gedurende het gehele jaar goed gemengd en treden er alleen nog zuurstofloze condities op in het gebied langs het noordelijke deel van de Brouwersdam (Nolte *et al.*, 2008).

De resultaten van de variant waarbij het huidige debiet van de Brouwerssluis verdeeld wordt over de Brouwerssluis en een nieuw te realiseren spuisluis in het noordelijke deel van de Brouwersdam (NS2) zijn vergelijkbaar met die van de variant gedempt getij. Een duidelijk verschil is echter dat de zuurstofconcentraties in het gebied langs het

---

noordelijke deel van de Brouwersdam bij deze variant duidelijk verbeteren ten opzichte van de huidige situatie. De zuurstofconcentraties in het gebied ten noordoosten van het eiland Hompelvoet lijken echter te verslechteren, zowel ten opzichte van de variant gedempt getij als ten opzichte van de huidige situatie.

De resultaten van de variant waarbij een nieuwe spuisluis in het noorden gerealiseerd wordt met een daggemiddeld debiet dat 14x zo hoog is als die van de Brouwerssluis zijn vergelijkbaar met die van de variant maximaal getij. De verbetering van de zuurstofcondities is in deze variant echter iets minder groot vanwege een lager instroomdebiet (1.750 m<sup>3</sup>/s versus 2.500 m<sup>3</sup>/s bij de variant maximaal getij). Een opvallend verschil is dat er bij deze variant geen zuurstofarme condities meer optreden in het gebied langs het noordelijke deel van de Brouwersdam, maar dat de zuurstofloze condities in het zuidwestelijke deel van het meer nabij de Brouwersdam wel blijven optreden (Nolte *et al.*, 2008).

#### *Conditie in en nabij de bodem*

De zuurstofconcentraties in de waterkolom verbeteren zowel bij de variant gedempt getij als bij gedempt getij verdeeld (NS2). Wel treden bij deze varianten in de zomer af en toe nog steeds zuurstofarme condities op in de waterkolom. Bij de varianten maximaal getij en Noorderspuisluis (NS1) is de waterkolom gedurende het hele jaar goed gemengd en treden er in het oosten van het meer geen zuurstofarme of zuurstofloze condities meer op tot op een diepte van 1 m boven de bodem.

In hoeverre de verschillende doorlaatmiddelen een effect hebben op de zuurstofcondities in de bodem is sterk afhankelijk van de hoeveelheid opgehoopt organisch materiaal. Organisch materiaal heeft zich over de jaren heen vooral opgehoopt in laag dynamische gebieden dieper dan 6 m, zoals de Bocht van St. Jacob en enkele locaties in het Springersdiep ten noordwesten van het eiland Hompelvoet (Lengkeek *et al.*, 2007). Concrete informatie over de gebieden waar ophoping heeft plaatsgevonden, hoeveelheden en de samenstelling van het opgehoopte ontbreken echter, waardoor hier moeilijk een uitspraak over te doen is. De kans op een duidelijk effect is het grootst voor de variant maximaal getij, omdat de verbetering van zuurstofconcentraties in de waterkolom hier het sterkst is.

Aan de hand van berekende maximale stroomsnelheden op 1 m boven de bodem blijkt, dat deze bij de varianten gedempt getij en gedempt getij verdeeld (NS2) nauwelijks veranderen ten opzichte van de huidige situatie (in enkele gebieden een maximale toename van 0,1 m/s). Stroomsnelheden zijn overal nog steeds dusdanig laag (0,2 -0,4 m/s) dat een eventueel aanwezige (organische) sliblaag niet in beweging komt<sup>1</sup> en de zuurstofvraag van de bodem dus blijft bestaan. Het is zelfs de vraag of het in beweging krijgen van de sliblaag door hogere

---

<sup>1</sup> De inschatting van het in beweging komen van de sliblaag is zeer kwalitatief en verdient nader onderzoek.

---

stroomsnelheden een effectieve remedie kan zijn. De andere remedie is debietvergroting, waardoor zowel de stratificatie wordt opgeheven als de verblijftijd van het water wordt verkort. Dit bevordert het zuurstoftransport van water naar de bodem door het bodem-watergrensvlak (grenszone). De lange termijn accumulatie van organisch slib kan daarmee worden gestopt, en wellicht zelfs omslaan naar een trend van geleidelijke afbraak van de slibmassa. Ook deze remedie is niet getoetst en behoeft dus nader onderzoek. Zoals aangegeven in het Deltares rapport is modelonderzoek niet voldoende, mogelijk, of zinvol zonder meer gegevens.

Bij de variant maximaal getij nemen de maximale stroomsnelheden op 1 m boven de bodem in het gebied tussen de Brouwerssluis (waar het water binnenkomt) en het gebied ten zuiden van Hompelvoet in enkele gebieden sterk toe ten opzichte van de huidige situatie (van circa 0,1 m/s naar 0,6 m/s). De stroomsnelheden in het Springersdiep en in het oostelijke deel van het meer veranderen bij deze variant echter minder sterk (maximaal circa 0,2 - 0,3 m/s).

Bij de variant Noorderspuisluis (NS1) nemen de maximale stroomsnelheden op 1 m boven de bodem in het gebied voor de nieuw aan te leggen Noordersluis (waar het water binnenkomt) eveneens sterk toe (van circa 0,1 m/s naar 0,6 m/s). De maximale stroomsnelheid in het Springersdiep neemt minder sterk toe (tot circa 0,3 – 0,4 m/s) en in het gebied voor de Brouwersdam en het oostelijke deel van het meer verandert deze nog minder (maximaal circa 0,2 - 0,3 m/s). Aan de hand van deze informatie wordt ingeschat dat de (organische) sliblaag in het Spingersdiep en de Bocht van St. Jacob ook bij de varianten maximaal getij en Noorderspuisluis niet in beweging komt<sup>2</sup>. Of de zuurstofcondities in en nabij de bodem verbeteren op locaties waar de stroomsnelheden nabij de bodem sterk toenemen is sterk afhankelijk van de hoeveelheid opgehoopt organisch materiaal.

### Saliniteit

De varianten hebben geen significant effect op het zoutgehalte van het Grevelingenmeer. Omdat het zoutgehalte in de Noordzee in de huidige situatie iets hoger is dan die van het Grevelingenmeer (respectievelijk 17,5 g Cl<sup>-</sup>/l en 16,2 g Cl<sup>-</sup>/l) zal het zoutgehalte iets toenemen ten opzichte van de huidige situatie afhankelijk van het instroomdebiet. Bij de varianten gedempt getij en gedempt getij verdeeld (NS2) zijn de instroomdebieten exact gelijk (beide 1.000 m<sup>3</sup>/s) waardoor het effect van beide varianten op het zoutgehalte ook gelijk is. Aan de hand van het model van Deltares is berekend dat het zoutgehalte in het Grevelingenmeer bij deze varianten iets toe zal nemen tot 16,8 g Cl<sup>-</sup>/l. Bij de varianten maximaal getij en Noorderspuisluis (NS1) zijn de debieten aanzienlijk hoger (respectievelijk 1.750 m<sup>3</sup>/s en 2.500 m<sup>3</sup>/s), waardoor het effect op het zoutgehalte groter is. Het zoutgehalte neemt bij beide varianten toe tot circa 17 g Cl<sup>-</sup>/l (Nolte *et al.*, 2008).

---

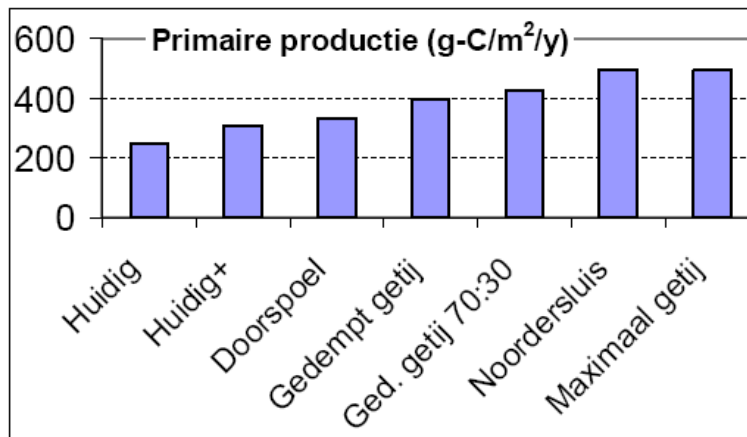
<sup>2</sup> Ook deze inschatting van het in beweging komen van de sliblaag is zeer kwalitatief en verdient nader onderzoek.

## Nutriënten

Voor zowel stikstof als fosfaat geldt dat de (winter)concentratie in de Noordzee hoger is dan die in het Grevelingenmeer. Iedere verhoging van het instroomdebiet leidt daardoor automatisch tot een verhoogde nutriëntenbelasting in het Grevelingenmeer. Bij de varianten gedempt getij en gedempt getij verdeeld (NS2) (beide met eenzelfde debiet van 1.000 m<sup>3</sup>/s) stijgt de wintergemiddelde stikstofconcentratie van 0,75 mg totaal-N/l naar respectievelijk 0,89 en 0,90 mg totaal-N/l. Bij de varianten maximaal getij Noorderspuisluis (NS1) (debieten van respectievelijk 2.500 m<sup>3</sup>/s en 1.750 m<sup>3</sup>/s stijgt deze concentratie naar respectievelijk 0,92 en 0,93 mg totaal-N/l (Nolte *et al.*, 2008).

Door de aanvoer van zuurstofrijk water zal de afbraak van organisch materiaal worden versneld. Over de mate waarin deze afbraak versnelt kan met het gebruikte computermodel niets worden gezegd. Tegelijkertijd stijgt ook de belasting met voedingsstoffen, omdat met de aanvoer van water uit de Noordzee ook voedingsstoffen worden meegevoerd. Hierdoor neemt de productie van organisch materiaal in de Grevelingen in de vorm van planten en algen toe. Afbeelding 3.2 laat dit zien.

**Afbeelding 4.2. Productie van algen en waterplanten (primaire productie) (Nolte *et al.*, 2008)**



huidig = huidige situatie, huidig+ = autonome situatie (ingebruikname Flakkeese spuisluis), doerspoel = vergroten Flakkeese spuisluis, Gedempt getij t/m Maximaal getij = doorlaatmiddel Brouwersdam in vier varianten.

Het gebruikte computermodel geeft dus onvoldoende informatie over de balans tussen afbraak en afvoer enerzijds en productie en aanvoer anderzijds. Deze balans moet dan ook nader worden onderzocht om een antwoord te kunnen geven op de vraag of het knelpunt van de verslibbing van de bodem wordt opgelost door een doorlaatmiddel.

De wintergemiddelde fosfaatconcentratie blijft in alle varianten min of meer gelijk (van 0,031 mg totaal-P/l in de huidige situatie naar maximaal 0,036 mg totaal-P/l bij de varianten maximaal getij en het Noorderspuisluis (NS1)) (Nolte *et al.*, 2008).



---

Opgemerkt dient te worden dat de toename van de nutriëntenbelasting bij de doorspoelvariant (zie bouwsteen 1) het grootste is.

### **Doorzicht**

De varianten hebben volgens de modelberekeningen geen duidelijk effect op het doorzicht van het Grevelingenmeer. Volgens het model is het doorzicht van het Grevelingenmeer in de huidige situatie 1,9 m en verandert dit niet, met uitzondering van de variant maximaal getij waarbij het doorzicht met 10 cm afneemt tot 1,8 m (Nolte *et al.*, 2008).

### **4.3.5 Ecologie**

Alle vier de varianten van de bouwsteen Doorlaatmiddel Brouwersdam leiden tot terugkeer van getij in het Grevelingenmeer. De getijslagen variëren van 50 cm voor de varianten gedempt getij en gedempt getij verdeeld (NS2) tot 75 cm voor de variant Noorderspuihuis (NS1) en 100 cm voor de variant maximaal getij.

Terugkeer van getij heeft invloed op het areaal intergetijdengebied en daarmee op vrijwel alle ecologische soortgroepen in het Grevelingenmeer. Aan de hand van een interpolatie tussen dieptegegevens van 2003 en AHN gegevens is door Deltares een inschatting gemaakt van het areaal intergetijdengebied in de huidige situatie en de effecten van de verschillende varianten hierop. Bij deze interpolatie is een dieptekaart tot NAP -1,2 m gecombineerd met een laseraltimetribeeld (hoogtekaart) voor de droogvallende delen. De tussenliggende zone van globaal -1,2 m NAP tot -0,2 m NAP wordt ingeschat via een lineaire interpolatie tussen beide kaarten. Bij deze interpolatie kunnen fouten optreden, omdat de oevers op veel plaatsen niet geleidelijk aflopen in de tussenliggende zone, maar via een hol profiel (notitie De Jong, oktober 2008). Dit profiel is een resultaat van een combinatie van enerzijds de aanwezigheid van oeververdedigingen, direct en/of indirect, en anderzijds oevererosie in de ondiepe zone. De berekende arealen intergetijdengebied zijn dus slechts een grove inschatting en dienen ervoor om de effecten van de verschillende bouwstenen onderling met elkaar te vergelijken. In het voorjaar van 2009 kunnen de arealen waarschijnlijk nauwkeuriger ingeschat worden. Deze winter wordt namelijk een meer geavanceerde techniek (via de 'groene laser') toegepast in de Grevelingen om de dieptes in de tussenliggende zone in kaart te brengen. Met deze gegevens kan een gebiedsdekkende diepte/hoogtekaart worden gemaakt zonder een interpolatie uit te hoeven voeren. Naar verwachting zal de gebiedsdekkende diepte/hoogtekaart in het voorjaar van 2009 beschikbaar komen (notitie De Jong, oktober 2009).

In de huidige situatie is het ingeschatte areaal intergetijdengebied circa 100 ha. De intergetijdengebieden zijn in de huidige situatie relatief klein en liggen versnipperd in het noordoostelijke deel van het Grevelingenmeer (grosfeg tussen de Schelphoek in het noordwesten en de punt net ten westen van Herkingen in het zuidwesten).

Bij de variant gedempt getij neemt het areaal intergetijdengebied toe tot circa 1.200 ha. De huidige intergetijdengebieden breiden zich sterk

---

uit en vormen nu een aaneengesloten band in het gehele noordelijke deel van het Grevelingenmeer. Daarnaast ontstaan ook op andere locaties (relatief grote) intergetijdengebieden bijvoorbeeld rondom de eilanden Hompelvoet, Veermansplaat, Stampersplaat, Dwars in de Weg en bij de slikken van Bommenede, Dijkwater en de Punt. Bij de variant maximaal getij is ingeschat dat het areaal intergetijdengebied toeneemt tot circa 1.600 ha. Deze toename van 400 hectare ten opzichte van de variant gedempt getij bestaat uit een verdere uitbreiding van dezelfde intergetijdengebieden. Er ontstaan geen nieuwe intergetijdengebieden ten opzichte van de variant gedempt getij.

Bij deze inschattingen is echter geen rekening gehouden met eventuele erosie van eilanden en platen als gevolg van de terugkeer van het getij. De meeste vooroeververdedigingen rondom de eilanden liggen in de huidige situatie op het niveau van NAP, terwijl het gemiddelde waterpeil gehandhaafd wordt op -0,20 NAP. Bij de variant gedempt getij wordt een getijslag verwacht van circa 50 cm en bij de variant maximaal getij van 100 cm. Indien de oeververdedigingen niet opgehoogd worden, betekent dit dat deze oeververdedigingen bij beide varianten tijdens hoog water onder water verdwijnen (bij de variant gedempt getij circa 5 cm en bij de variant maximaal getij 30 cm). Hierdoor heeft het water vrij spel op de oevers, waardoor waarschijnlijk erosie op gaat treden. De kans op erosie, zonder aanvullende maatregelen aan de oeververdedigingen, is het grootst bij de variant maximaal getij. Welk effect dit heeft op het areaal intergetijdengebied dat ontstaat bij de verschillende varianten is moeilijk in te schatten.

#### **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 maandelijkse cyclus van spring- en doottij. Daarnaast wordt er nog extra dynamiek (meer verhoging of verlaging) ingebracht door de invloed van de wind.

Dit is van groot belang voor de ontwikkeling van geschikt areaal voor zilte vegetatie 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 invloed van zout water, maar wat 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.

Voor schorren en zouttolerante vegetatietypen geldt, dat er in een natuurlijk systeem een uitgebreide zonering van verschillende vegetatietypen bestaat. Dit is kenmerkend voor een natuurlijke schorvegetatie. Deze zonering ontstaat, doordat verschillende hoogtezones een verschillende zoutinvloed kennen, bijvoorbeeld gerelateerd aan de overspoelingsfrequentie die varieert van dagelijks tot enkele malen per jaar.

Om deze reden is het bij projecten waarbij een getij geherintroduceerd wordt in een binnendijks gebied van groot belang, dat het teruggebrachte getij onderhevig is aan natuurlijke variatie. Er moet een systeem nagestreefd worden, waarbij de binnendijkse getijslag ook onderhevig is aan spring- en doottij en stuwings door wind. Systemen waarbij het maximaal en minimaal getij vast staat en het getij wordt bepaald door een dagelijks open- en dichtgaande klepduiker kennen te weinig natuurlijke dynamiek en leveren naar verwachting minder natuurwaarden (Boudewijn *et al.* 2007).

---

## Bodemleven

Uit modelresultaten van Deltares blijkt dat alle varianten leiden tot een verbetering van de zuurstofcondities in de waterkolom ten opzichte van de huidige situatie, waarbij het effect groter wordt naarmate het instroomdebiet door de Brouwersdam groter wordt. In hoeverre verbeterde zuurstofcondities in de waterkolom ook leiden tot verbeterde zuurstofcondities in de bodem en dus verbeterde omstandigheden voor bodemdieren, is echter moeilijk aan te geven. De kans op een positief effect is het grootst bij de varianten maximaal getij en Noorderspuisluis (NS1), omdat de zuurstofcondities in de waterkolom bij deze varianten het sterkst verbeteren.

Bij de variant maximaal getij treden nog steeds zuurstofloze condities op in het gebied langs het noordelijke deel van de Brouwersdam. In de huidige situatie treedt in dit gebied sterfte van oesters op commerciële percelen op. Het is niet uit te sluiten dat deze sterfte in de toekomst niet opnieuw plaatsvindt. Bij de variant Noorderspuisluis treden volgens het model geen zuurstofloze condities meer op in het water van het Springersdiep. De kans op oestersterfte is bij deze variant dan ook kleiner.

In laag dynamische gebieden waar zich over de jaren heen een dikke organische sliblaag op heeft gebouwd, zullen waarschijnlijk geen van de varianten een duidelijk positief effect hebben op bodemdieren. Voor de afbraak van het opgehoopte materiaal is naar verwachting zoveel zuurstof nodig, dat de toename van de zuurstofconcentraties in de waterkolom onvoldoende is om aan deze vraag te kunnen voldoen. Dit geldt bijvoorbeeld voor laag dynamische gebieden dieper dan 6 m in het Springersdiep en de oostelijk gelegen Bocht van St. Jacob.

Betere omstandigheden voor bodemdieren ontstaan wel in ondiepe gebieden en diepere gebieden waar geen dikke (organische) sliblaag aanwezig is. Dit effect zal wederom het grootst zijn bij de varianten maximaal getij en Noorderspuisluis (NS1). Op dieptes tot circa 6 m komen in de huidige situatie in de Bocht van St. Jacob matig ontwikkelde riffen van Japanse oesters voor met zuurstofloze plekken op de bodem tussen de oesters (zichtbaar door de vorming van witte plekken van *Beggiatoa spp.*). Verwacht wordt dat in dergelijke gebieden de zuurstofcondities dusdanig verbeteren, dat de Japanse oesters zich op deze locaties uitbreiden tot goed ontwikkelde riffen. Tevens wordt verwacht dat de zuurstofloze plekken tussen de oesters verdwijnen. In gebieden met zachte substraten zal het aantal wormen, (slib)anemonen en muiltjes toenemen.

Door terugkeer van de getijbeweging ontstaan intergetijdengebieden rondom de eilanden Hompelvoet, Veermansplaat, Stampersplaat, Dwars in de Weg en bij de slikken van Bommenede, Dijkwater en de Punt. Hierdoor worden gebieden die in de huidige situatie droog liggen, overspoeld en kunnen bodemdieren zich gaan vestigen.

---

## Vissen

Het herintroduceren van een (gedempt) getij in de Grevelingen door de doorgang in de Brouwerssluis te vergroten kan effect hebben op twee belangrijke huidige knelpunten voor vis: 1) de huidige belemmeringen voor vismigratie, en 2) de slechte zuurstofhuishouding.

### *Vismigratie*

In het Grevelingenmeer komen migrerende vissoorten voor die het watersysteem passeren tijdens hun trektocht van zoet naar zout (diadrome vissen, bijvoorbeeld paling) en migrerende soorten die alleen seizoensgebonden in een kustwater als de Grevelingen verblijven (bijvoorbeeld haring en makreel). In Waardenburg (1998) staat een overzicht waaruit blijkt dat van de 29 soorten die in fuikvangsten zijn waargenomen in de periode 1980-1989 circa 18 soorten migrerende soorten zijn. In de huidige situatie is de Brouwerssluis de enige opening, wat zeer beperkt ruimte laat voor migratie in en uit het meer.

Voor de vissen die seizoensgebonden in het Grevelingenmeer verblijven kan worden aangenomen dat elke vergroting van de opening in de Brouwersdam een verbetering is voor migratie mogelijkheden in en uit het meer. Hoe groter de opening hoe beter, dus de variant maximaal getij is daarbij de meest gunstige variant.

Voor vissen die migreren tussen zoet en zout reikt geen van de varianten een goede oplossing aan, want het creëren van een zoete lokstroom en een goed passeerbare verbinding met het zoete achterland ontbreekt in alle varianten.

### *Zuurstofhuishouding*

Voor een goede visstand is een goede zuurstofhuishouding nodig in zowel de bodem als de waterkolom. Vissen hebben zuurstof uit de waterkolom nodig om te leven en veel vissoorten zijn afhankelijk van voedsel van de bodem, waarvoor een gezonde bodemdiergemeenschap nodig is. In de huidige situatie komen veel zuurstofproblemen voor in de waterkolom en bodem, en is een fors areaal bodemoppervlakte levenloos.

Bij de varianten gedempt getij en NS2 verbetert de zuurstofhuishouding in de waterkolom en bij de varianten maximaal getij en NS1 komen zuurstofloze condities in de waterkolom vrijwel helemaal niet meer voor. Bij alle varianten zullen de levensomstandigheden voor vis verbeteren, waarbij aangenomen kan worden dat hoe groter het getij, hoe beter.

### *Verhoogde dynamiek*

De ervaring met de situatie rondom de huidige Brouwerssluis leert dat sterk dynamische gebieden, zoals uitstroomopeningen van sluisen, een aantrekkingskracht hebben op vis. Wanneer de uitwisseling met de Noordzee 8, 14 of 20 keer vergroot wordt, zal er een aanzienlijk dynamisch gebied ontstaan in de directe omgeving van de sluisen. Stroomsnelheden in de directe omgeving van de sluisen zullen toenemen naarmate ook het doorstroomdebiet toeneemt. Verwacht

---

wordt dat het gebied rondom de sluizen een visrijk gebied wordt, gekenmerkt door aanwezigheid van soorten zoals zeebaars, geep en makreel.

## **Vogels**

### *Kustbroedvogels*

Door terugkeer van getij ontstaat een natuurlijke dynamiek waardoor vegetatiesuccessie aan de randen van eilanden en platen tegen wordt gegaan. Hierdoor ontstaan geschikte broedgebieden voor kustbroedvogels die op een kale grond broeden, waardoor de aantallen broedparen kunnen gaan stijgen. Nieuwe geschikte broedlocaties komen vooral beschikbaar op de Hompelvoet, Veermansplaat, Stampersplaat, Dwars in de Weg, Slikken van Flakken, Slikken van Bommenede, Dijkwater en de Punt. De toename van geschikt broedgebied is groter naarmate de getijslag groter is. Het effect op kustbroedvogels is dus het grootst bij de variant maximaal getij.

Voor kustbroedvogels die foerageren op bodemdieren ontstaan als gevolg van de terugkeer van het getij tevens nieuwe foerageergebieden in de directe omgeving van de broedlocaties. Een kanttekening hierbij is dat het getijdengebied dat ontstaat in de Grevelingen wellicht niet van dezelfde kwaliteit is als het getijdengebied in bijvoorbeeld de Oosterschelde. Het water in de Grevelingen is relatief helder, en de slikken die er nu zijn, zijn zanderiger dan de Oosterschelde. Een effect van zanderige slikken is dat ze sneller opdrogen bij laag water waardoor de zone waar veel voedsel (bodemfauna) voor de vogels voorkomt smaller is (alleen het lager gelegen deel). Het is voornamelijk onduidelijk hoe zanderig of slikkig de slikken in de Grevelingen zullen worden. Wellicht wordt er meer slib uit de Noordzee aangevoerd, of komt er organisch slib van de bodem in beweging dat kan bezinken in het intergetijdengebied.

De belangrijkste broedgebieden voor de strandplevier zijn in de huidige situatie de niet ontzilte delen van de Slikken van Flakkee en de Slikken van Bommenede. Verwacht wordt dat het aantal broedparen in deze gebieden toeneemt en dat deze soort ook gaat broeden aan de randen van andere eilanden en platen waar door de terugkeer van het getij geschikte broedlocaties beschikbaar komen. Dit wordt in ieder geval voor de Veermansplaat verwacht, waar eind 70-er jaren 163 broedparen aanwezig waren.

De belangrijkste broedgebieden voor de bontbekplevier zijn in de huidige situatie de Slikken van Flakkee, de Slikken van Bommenede, de plaat van Markenje en Dijkwater. Daarnaast broeden ook enkele paren op de Hompelvoet en de Stampersplaat. Verwacht wordt dat het aantal broedparen in deze gebieden toeneemt en dat deze soort ook gaat broeden aan de randen van andere eilanden en platen waar door de terugkeer van het getij geschikte broedlocaties beschikbaar komen. In ieder geval geldt dit voor de Veermansplaat die in het verleden ook een belangrijke broedplaats voor deze soort was.

---

De kluut broedt in de huidige situatie vrijwel op alle platen en eilanden in de Grevelingen en er zijn geen duidelijke verschillen in aantallen broedparen tussen de verschillende gebieden. Door de terugkeer van getij neemt het aantal broedparen in deze gebieden mogelijk verder toe.

De grote stern broedt in de huidige situatie vrijwel uitsluitend op de Hompelvoet en de Stampersplaat. Indien de aanwezigheid van geschikt broedgebied momenteel een beperkende factor is voor het voorkomen van grote sterns in de Grevelingen, wordt verwacht dat het aantal broedparen op deze eilanden toeneemt en dat deze soort ook gaat broeden aan de randen van andere eilanden en platen waar door de terugkeer van het getij geschikte broedlocaties beschikbaar komen.

De belangrijkste broedgebieden voor de visdief en de dwergstern zijn in de huidige situatie de Hompelvoet. De dwergstern broedt ook op de kunstmatig aangelegde eilandjes bij de Slikken van Flakkee. Verwacht wordt dat het aantal broedparen op deze eilanden toeneemt en dat deze soort ook gaat broeden aan de randen van andere eilanden en platen waar door de terugkeer van het getij geschikte broedlocaties beschikbaar komen.

#### *Visetende vogels*

Voor visetende vogels zijn de visstand en het doorzicht sturend voor de verwachte ontwikkelingen. Daar waar verbeteringen in de visstand optreden (zie effecten op vissen), zullen ook verbeteringen optreden in de aantallen visetende vogels.

De dodaars is een wintergast in de Grevelingen en foerageert vooral nabij de sluizen, in havens en nabij visnetten en fuiken. De grootste aantallen worden in de huidige situatie waargenomen langs de Brouwersdam, Stampersplaat, Dwars in de Weg en nabij de Flakkeese spuisluis in de Grevelingendam. De aantallen fluctueren en lijken te worden gestuurd door strenge winters. De afgelopen jaren heeft een sterke toename van de dodaars in het Grevelingenmeer plaatsgevonden. Verwacht wordt dat er visrijke gebieden ontstaan rondom de sluizen als gevolg van de verhoogde dynamiek. Omdat dodaars naast kleine kreeftachtigen ook foerageren op kleine vissoorten zullen de aantallen van deze soort dan ook naar verwachting verder toenemen.

De fuut, geoorde fuut, kleine zilverreiger en lepelaar komen in de huidige situatie in de gehele Grevelingen voor en foerageren vooral op kleinere vissoorten, zoals grondels, haring en garnalen. Deze soorten vertonen de afgelopen jaren een toename in aantallen. Wanneer de visstand verbetert als gevolg van de verschillende varianten zullen ook deze soorten waarschijnlijk verder toenemen.

Kuifduikers komen vooral voor in het midden van het Grevelingenmeer en ten noorden en zuidoosten van de Veermansplaat. Deze soort neemt de afgelopen jaren in aantallen toe. Verwacht wordt dat deze soort

---

verder toeneemt en ook in andere gebieden in de Grevelingen voor gaat komen.

De aalscholver die op grotere vissoorten foerageert, zoals platvis en haring, vertoont sinds 1998 een afname. Wanneer grotere vissoorten toenemen als gevolg van de verschillende varianten zullen ook de aantallen aalscholvers toenemen.

Het aantalverloop van de middelste zaagbek is niet eenduidig, maar verwacht mag worden dat ook het aantal van deze soort toeneemt wanneer de visstand verbetert.

#### *Overige vogels*

De verschillende varianten zullen geen effecten hebben op vogelsoorten die planten, gras en/of wieren eten (zoals ganzen, smient, pijlstaart, kleine zwaan, wilde eend, krakeend en meerkoet).

Terugkeer van het getij zal wel een effect hebben op de bergeend die op bodemfauna foerageert. Aangezien nieuwe intergetijdengebieden ontstaan waar bodemdieren zich kunnen gaan vestigen, zal het aantal van deze soort waarschijnlijk toenemen.

#### **Zeegras**

De varianten leiden niet tot een terugkeer van zeegras in het Grevelingenmeer. Uit de knelpuntennotitie autonome ontwikkeling blijkt namelijk dat de verdwijning van zeegras uit het Grevelingenmeer waarschijnlijk veroorzaakt wordt door een te hoog zoutgehalte, terwijl de modelresultaten aangeven dat het zoutgehalte bij alle varianten iets toeneemt.

#### **Algenbloei en zeesla**

Zoals eerder aangegeven, neemt de nutriëntenbelasting bij alle varianten toe en is deze toename sterk afhankelijk van het instroomdebiet van de betreffende variant. Door de beschikbaarheid van meer nutriënten kan de algenbloei en bloei van zeesla toe gaan nemen. Het jaargemiddelde chlorofyl-a gehalte is in de huidige situatie circa 4,7 µg/l en berekend is dat deze toeneemt tot circa 7,9 µg/l in de variant gedempt getij, 8,6 µg/l in de variant gedempt getij verdeeld (NS2) en 9,1 µg/l in zowel de variant maximaal getij als Noorderspuisluis (NS1) (Nolte *et al.*, 2008).

De primaire productie is in de huidige situatie circa 243 g C/m<sup>2</sup> per jaar en berekend is dat deze toe zal nemen tot 397 g C/m<sup>2</sup> per jaar in de variant gedempt getij en tot 426 g C/m<sup>2</sup> per jaar in de variant gedempt getij verdeeld (NS2) (Nolte *et al.*, 2008). Bij de varianten maximaal getij en Noorderspuisluis (NS1) is deze toename sterker (respectievelijk 497 en 494 g C/m<sup>2</sup> per jaar (Nolte *et al.*, 2008)) vooral vanwege een hoger instroomdebiet.

---

## Vegetatie op oevers en eilanden

### *Schorvegetaties en éénjarige pionierbegroeiingen*

Eénjarige pioniervegetaties gekenmerkt door zeekraal of zeevetmuur en Atlantische schorvegetaties komen typisch voor aan de randen van getijdengebieden (vanaf 50 cm onder Gemiddeld Hoog Water (GHW) tot boven GHW in natuurlijke situaties). Voor beide habitattypen geldt dat de bijbehorende vegetaties leven in een zout milieu. Eénjarige pioniervegetaties komen nu in relatief grote arealen voor, vooral aan de buitenste randen van de eilanden (Dijk & Inberg, 2001). Dit zijn de gebieden waar in de varianten met een gedempt of maximaal getij een dagelijkse getijdebeweging zal ontstaan. Omdat de pionierzones voorkomen tot -50 cm GHW en de maximale getijslag een GHW van huidig peil +50 cm zal hebben, wordt verwacht dat er geen areaal pionierzone verloren gaat. De invloed van zout zal door het getij ook in hoger gelegen gebieden doordringen. Wellicht ontstaat hierdoor een nog groter areaal wat geschikt is voor pionierbegroeiingen. Na enkele jaren wordt ook een toename van Engels slijkgras verwacht in de pionierzone. In hoeverre dit ten koste zal gaan van areaal pionierbegroeiingen is vooralsnog onduidelijk.

Atlantische schorren komen nu relatief weinig voor in het gebied. Er wordt verwacht dat door de dynamiek van het getij en de verzilting van lage oeverdelen er meer geschikt areaal voor Atlantische schorren ontstaat. Dit habitatype zal naar verwachting uitbreiden na herintroductie van een getijslag. Dit effect zal sterker zijn naarmate de getijslag toeneemt.

### *Duinvegetaties*

Voor de hier volgende beschrijving zijn de beschikbare vegetatiekaarten van de eilanden (Dijk & Inberg, 2001) en van de Slikken van Flakkee (Van der Pluijm & De Jong, 2003) vergeleken met kaarten met de voorspellingen van getijdenarealen (bijlage 3).

De arealen met duindoornstruweel, kruipwilgstruweel en grijze duinen liggen doorgaans op de iets hogere delen van de eilanden en platen, en zullen zelfs bij een maximaal getij (getijslag 1 meter) buiten de getijdenzone vallen. Er wordt daarom bij de twee getijslagen niet veel verandering verwacht in het areaal van deze drie habitattypes. Ook het soortenrijke struweel op de slikken van Flakkee zal niet overspoelen. Enkele kleinschalige uitzonderingen hierop zijn de zuidelijke rand van Stampersplaat en kleine stukken van Veermansplaat, waar wel wat duindoorn- en wilgenstruweel groeit in de potentiële getijdezone.

Wanneer de pioniers- en schorzone zich uitbreiden en de huidige zone met duindoorn- en wilgenstruwelen behouden blijft, zal er areaal van de tussenliggende zone met vochtige duinvalleien verloren gaan. Dit blijkt ook uit de vergelijking van de vegetatiekaarten met de getijdenareaal-kaarten. Vooral op de eilanden zullen er arealen met vochtige duinvalleivegetaties met onder andere diverse orchis soorten dagelijks overspoeld worden met zout water. De uitbreiding van pioniersbegroeiing en schor zal hier ten koste gaan van het areaal



---

vochtige duinvallei. Verschuiving van deze zone lijkt slecht mogelijk, omdat de duindoorn- en wilgenstruwelen op de hogere delen waarschijnlijk zullen blijven bestaan. Belangrijk hierbij is dat de vochtige duinvalleivegetaties het belangrijkste habitat op de eilanden vormen en soortenrijker zijn dan de schorvegetatie die er voor in de plaats komt. Hoeveel areaal vochtige duinvalleivegetatie er precies zal verdwijnen moet nader onderzocht worden. Dit effect betreft vooral de eilanden. Op de Slikken van Flakkee is de zone waar het getij zal komen nu grotendeels kaal of al begroeid met pioniers- of schorbegroeiing. Hier zal naar verwachting weinig vochtige duinvalleivegetatie verloren gaan.

#### *Groenknolorchis*

Deze soort maakt deel uit van het habitat-type 'Vochtige duinvalleien'. Zoals hierboven beschreven zal er op de eilanden areaal van dit habitat-type verloren gaan en vervangen worden door schor- of pioniersbegroeiing. De verwachting is dan ook dat deze soort achteruit gaat.

#### *Ruigten en zomen*

Ruigten en zomen komen in de Grevelingen alleen zeer marginaal voor op de Slikken van Flakkee, buiten de zones waar de invloed van getij merkbaar zal zijn. Er wordt geen effect verwacht van de verschillende varianten op dit habitat-type.

#### *Noordse woelmuis*

De Noordse woelmuis is de enige endemische zoogdier (onder)soort van Nederland. Dat wil zeggen dat de soort alleen maar in Nederland voorkomt. Het dier bevindt zich in een zeer ongunstige staat van instandhouding (Anonymus, november 2007). De Noordse woelmuis heeft vooral veel te lijden van concurrentie met andere soorten, met name de aardmuis en de veldmuis. Op de eilanden in de Grevelingen leeft de soort geïsoleerd en gedijt daardoor relatief goed ten opzichte van andere, niet-geïsoleerde leefgebieden.

In de literatuur wordt vaak aangegeven dat de Noordse woelmuis gebaat is bij enige mate van peildynamiek. Deze bewering heeft echter vaak betrekking op gebieden waar de soort in concurrentie leeft. De Noordse woelmuis kan beter tegen peildynamiek dan zijn concurrenten. Op de eilanden waar de soort geïsoleerd leeft, geldt dit dus niet. Een getijslag die de eilanden dagelijks voor een deel overspoelt, kan een achteruitgang van het leefgebied van de Noordse woelmuis op de eilanden betekenen. De Noordse woelmuis leeft echter ook op het vaste land rondom de Grevelingen. Op die locaties zou een getijslag dus een vooruitgang van het leefgebied kunnen betekenen, omdat de concurrerende soorten meer te leiden hebben van de peildynamiek dan de Noordse woelmuis.

Het is nu niet te voorspellen welk effect van getij, het positieve effect aan de randen van de Grevelingen of het negatieve effect op de eilanden, sterker zal zijn. Er kan wel opgemerkt worden, dat het negatieve effect op de eilanden waarschijnlijk klein is, omdat de Noordse woelmuis het minst voorkomt op de Veermansplaat, en dit

---

juist het eiland is waar het grootste areaal land in intergetijdengebied overgaat.

#### **4.4 Maatschappelijke effecten**

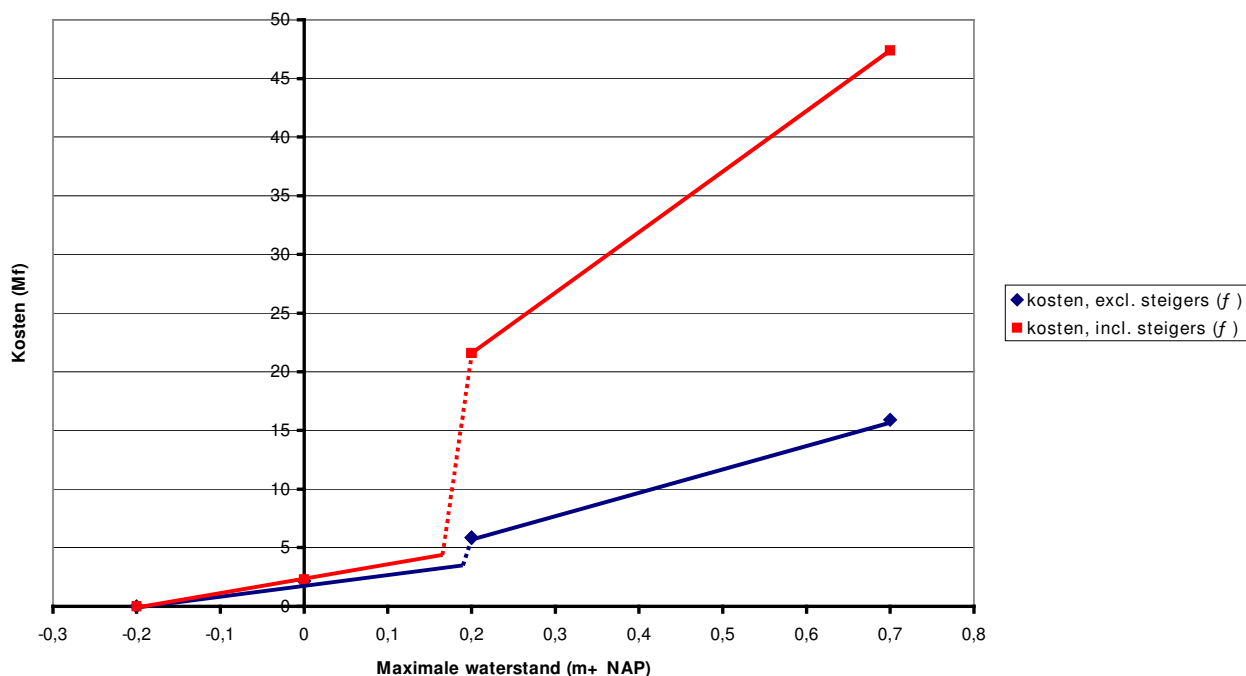
##### **Beroepsvisserij**

Omdat het Grevelingenmeer de enige locatie is waar de Zeeuwse platte oester succesvol gekweekt wordt, is dit binnenwater voor de Zeeuwse oestersector van groot belang. Beroepsvisserij is in het Omgevingsplan Zeeland aangegeven als een belangrijke nevenfunctie voor het Grevelingenmeer. De sector heeft in bepaalde jaren tijdens warme zomers last van oestersterfte op dieper liggende percelen, mogelijk als gevolg van de lage zuurstofgehalten. Deze sector wordt daarom direct bedreigd door zuurstofloosheid in of bij de bodem. Alle varianten van de bouwsteen Doorlaatmiddel bieden goede kansen om een duurzame oplossing te bieden voor de zuurstofproblematiek in het Grevelingenmeer en daarmee afsterven van bodemleven en oesterpercelen te voorkomen.

##### **Oeververdediging**

Bij de variant gedempt getij wordt een getijslag verwacht van circa 50 cm en bij de variant maximaal getij van 100 cm bij een middenwaterstand van NAP – 01,0 m en NAP –0,20 m. Dit betekent dat de maximale waterstanden uitkomen op respectievelijk NAP +0,15 m en NAP +0,30 m. De kans op erosie, zonder aanvullende maatregelen aan de oeververdedigingen, is het grootst bij de variant maximaal getij. De vraag is of deze erosie acceptabel is of niet. Indien de erosie als niet acceptabel wordt beschouwd dan dient met extra kosten voor oeververdediging en steigers rekening gehouden te worden. Dit speelt vooral in de variant Maximaal Getij, omdat boven +0,20 m NAP de kosten voor aanpassing aan oeververdediging sterk toenemen (zie onderstaande afbeelding uit Witteveen+Bos, 2000). Aflezend in de grafiek bedragen de kosten bij NAP +0,30 m maximaal 27 miljoen gulden (prijspeil 2000). Dit komt overeen met 12,3 miljoen euro (prijspeil 2000) oftewel bijna 15 miljoen euro (prijspeil 2008, bij een gemiddelde inflatie van 2%). Hierin zijn de mogelijke effecten op Port Zélande nog niet meegenomen. De verwachting is dat bij een waterstand hoger dan NAP +0,3 m de kosten voor infrastructuur vele malen groter zullen worden vanwege de noodzaak voor aanleg van een (ongewenste) dijk en bemaling rond Port Zélande. Port Zélande zou dan in een polder komen te liggen.

### Kosten bij toenemend peil



#### Recreatie

Het Grevelingenmeer is bij veel recreanten populair vanwege het rustige heldere water. Dit water is geschikt voor recreatievaart, sportvissen, (plank)zeilen, duiken en oeverrecreatie. De getijdewerking heeft niet of nauwelijks effect op de oeverrecreatie. Het effect van veranderingen in vispopulatie op de sportvisserij is onduidelijk. In de MKBA zandhonger Oosterschelde is geconcludeerd dat de omvang van de verschillende vispopulaties er niet toe doet voor de sportvissers, als er maar een alternatief waarop ze kunnen vissen voorhanden is.

In de directe nabijheid van het doorlaatmiddel zullen veiligheidsmaatregelen genomen moeten worden, om te voorkomen dat recreanten en vaartuigen door het doorlaatmiddel worden gezogen.

Het ruimtebeslag van het doorlaatmiddel in de Brouwersdam conflicteert, afhankelijk van omvang en locatie, mogelijk met de recreatieve functie van de Brouwersdam en het nabij gelegen strand aan de zuidzijde van de dam.

---

## 5 Bouwsteen 3: Ruimte voor de Rivier

### 5.1 Toelichting

De bouwsteen Ruimte voor de Rivier betreft het maken van een koppeling tussen het Grevelingenmeer en het Krammer-Volkerak via een open of afsluitbare verbinding in de Grevelingendam. Het gehele systeem Grevelingen-Krammer-Volkerak staat in dan verbinding met het Noordelijke deltabekken via de Volkerakspuisluizen. Hoe de verbinding tussen Grevelingen en Krammer-Volkerak eruit komt te zien, (open brug of afsluitbaar doorlaatmiddel) en hoe groot de berging op de Grevelingen kan zijn, is nog niet bekend.

### 5.2 Doelen die er mee bereikt worden

Het doel van het realiseren van een verbinding tussen het Grevelingenmeer en het Krammer-Volkerak is het aanbrengen van mogelijkheden om het Grevelingenmeer te benutten voor de berging van rivierwater onder specifieke afvoersomstandigheden.

### 5.3 Fysieke effecten

#### Inleiding

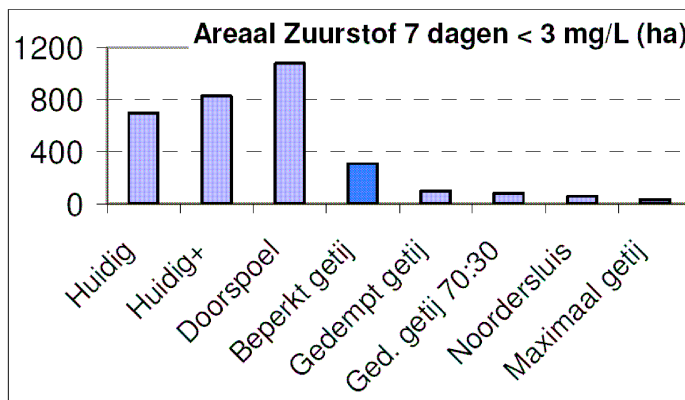
In de planstudie voor het weer zout maken van het Krammer-Volkerak wordt uitgegaan van een middenstand van NAP -0,10 m en een getijslag van 30 cm. Echter, het besluit om het Krammer-Volkerak-Zoommeer weer zout te maken is nog niet genomen. Bij de effectbeschrijving is echter aangenomen dat er één systeem ontstaat en dat deze middenstand en getijslag dus ook op gaan treden in het Grevelingenmeer.

Omdat deze bouwsteen (vooralsnog) niet mee is genomen in de modelstudie van Deltares en de effecten sterk afhankelijk zijn van de grootte van de verbinding (o.a. hoeveelheid water die uitwisselt tussen beide systemen en de dimensies van de verbinding) betreft onderstaande effectbeschrijving slechts een beschrijving op hoofdlijnen. Door Deltares is wel reeds een berekening gemaakt wat de effecten zijn van een doorlaatmiddel in de Brouwersdam dat resulteert in 30 cm getijslag op de Grevelingen, zodat dit aansluit bij het Volkerak Zoommeer. Deze resultaten zijn opgenomen in onderstaand kader. In deze berekeningen is de koppeling met het Volkerak Zoommeer nog niet meegenomen.

### Kader 5.1. Effecten van een doorlaatmiddel in de Brouwersdam dat resulteert in een getijslag van 30 cm

De mogelijkheden voor en effecten van het bergen van rivierwater in het Grevelingenmeer zijn in de verkenning niet gedetailleerd onderzocht, omdat dit buiten de scope van de verkenning viel. Wel is, aanvullend op de varianten die bij de bouwsteen Doorlaatmiddel Brouwersdam zijn beschreven, een modelberekening uitgevoerd van de variant met een doorlaatmiddel van vier keer de capaciteit van de huidige Brouwerssluis (Beperkt Getij) (Spiteri & Nolte, 2008). Dit doorlaatmiddel resulteert in een getijslag van circa 30 cm en sluit daardoor aan bij de getijslag van het Volkerak Zoommeer conform de planstudie. Bij deze variant wordt de mogelijkheid tot het koppelen van het Grevelingenmeer met Volkerak Zoommeer via een open verbinding open gehouden, omdat beide meren dan hetzelfde peilbeheer krijgen. Onderstaande afbeelding geeft het wateroppervlak weer waarop de zuurstofconcentratie gedurende minimaal 7 aaneengesloten dagen beneden een kritische waarde komt. Uit de afbeelding blijkt dat de variant Beperkt Getij in veel mindere mate leidt tot een verbetering van de zuurstofhuishouding in de waterkolom. Tussen de variant Beperkt Getij en de variant Gedempt Getij bevindt zich waarschijnlijk het kantelpunt waarboven vergroting van het doorlaatmiddel nog maar zeer beperkt bijdraagt aan een verdere verbetering van de zuurstofhuishouding.

**Afbeelding. Areaal (hectare) met minimaal 7 dagen (aaneengesloten periode) met lage zuurstofconcentratie in de waterkolom circa 1 m boven de bodem bij Beperkt Getij en de overige bestudeerde varianten (Spiteri & Nolte, 2008).**



### Waterhuishouding

Het dagelijkse peilbeheer op de Grevelingen wordt bij deze bouwsteen mogelijk begrensd door de maximale peilvariatie op het Volkerak-Zoommeer. Om de mogelijkheden voor berging van rivierwater te onderzoeken, wordt momenteel een planstudie waterberging Volkerak-Zoommeer opgestart door Rijkswaterstaat. Het is nog onduidelijk wat dit voor de Grevelingen zal betekenen, ook voor wat betreft peilstijgingen bij berging van rivierwater.

---

De getijslag bedraagt bij de bouwsteen Ruimte voor de Rivier 30 cm (schatting). Dit leidt tot een intergetijdeareaal van 900 hectare (schatting).

### **Waterkwaliteit**

Verwacht wordt dat deze bouwsteen ten opzichte van de bouwsteen waarbij de Flakkeese spuisluis opnieuw in gebruik wordt genomen al dan niet in combinatie met de bouwsteen doorlaatmiddel Brouwerssluis het grootste effect heeft op de waterkwaliteit in het oostelijke deel van het Grevelingenmeer en mogelijk zelfs het gehele Grevelingenmeer. De effecten zullen vooral merkbaar zijn in het oostelijke deel van het meer, omdat het water hier naar binnen stroomt.

In geval van een blijvend zoet Volkerak-Zoommeer zal het zoutgehalte met name in het oostelijke deel van het meer (sterk) afnemen, omdat zoet water van de Rijn en Maas nu weer vrij toegang heeft tot het Grevelingenmeer. In het westelijke deel van het meer zal dit effect steeds minder sterk worden, waardoor er van oost naar west een zoet-zout gradiënt ontstaat in het Grevelingenmeer. In een zout Volkerak-Zoommeer is dat niet het geval. De zoetwaterbelasting vanuit de rivier van een zout Volkerak-Zoommeer is zeer gering: circa 5-15 m<sup>3</sup>/s.

De nutriëntenconcentraties in het Krammer-Volkerak zijn vele malen hoger dan in het Grevelingenmeer. De realisatie van een open verbinding tussen beide watersystemen zal mogelijk leiden tot een toename van de nutriëntenconcentraties in het Grevelingenmeer. Hierdoor zal ook de productie van organisch materiaal (primaire productie) toenemen. Echter, de voorkeursvariant voor het zoute Volkerak-Zoommeer is zeer zorgvuldig ontworpen en getoetst, met onder andere een zoutgehalte dat ook in het oostelijk deel hoog genoeg is ten behoeve van mariene bodemfauna, en nutriëntgehalten die behoorlijk binnen de perken blijven zodat, inclusief het effect van grascontrole, de algenbiomassa beperkt blijft.

Er zal meer verversing optreden in het oostelijke deel van het Grevelingenmeer, waardoor stratificatie in de waterkolom tegen wordt gegaan. Hierdoor wordt verwacht dat de zuurstofconcentraties in de waterkolom zullen verbeteren. In hoeverre deze bouwsteen zal leiden tot verbeterde zuurstofomstandigheden nabij de bodem is met de huidige gegevens niet te voorspellen. Door een toename van de productie van organisch materiaal als gevolg van de toegenomen nutriëntenconcentraties zal meer zuurstof nodig zijn voor de afbraakprocessen bij de bodem. In hoeverre de toename van zuurstof in de waterkolom voldoende is om de toegenomen zuurstofvraag voor de afbraak van organisch materiaal te compenseren, is niet duidelijk.

### **Ecologie**

Deze bouwsteen is de enige bouwsteen die een duidelijk effect op het zoutgehalte kan hebben. Het zoutgehalte zal afnemen wat mogelijk kansen biedt voor de terugkeer van zeegras in het Grevelingenmeer. Wel zal moeten worden onderzocht of andere

---

waterkwaliteitsparameters, zoals het N-gehalte, binnen de voor zeegras gewenste range komen te liggen.

Deze bouwsteen is tevens de enige bouwsteen die zorgt voor een verbinding tussen het Grevelingenmeer met het zoete water van de rivieren. Hierdoor ontstaan nieuwe kansen voor diadrome vissoorten (vissen die migreren van zoet naar zout en andersom), die als gevolg van de realisatie van een open verbinding kunnen migreren tussen het zoute water van de Noordzee en het zoete water van de rivieren.

Indien zuurstofconcentraties in de waterkolom en nabij de bodem verbeteren ontstaan betere levensomstandigheden voor bodemdieren en vissen, waardoor vervolgens weer meer voedsel beschikbaar komt voor vogels.

Bij een getijslag van 30 cm ontstaan nieuwe intergetijdengebieden die mogelijk geschikt broed- en foerageergebied voor vogels bieden (zie ook § 4.2.2 vogels). Aan de hand van berekeningen uitgevoerd door Deltares is ingeschat dat circa 900 ha intergetijdengebied ontstaat (zie bijlage 3).

#### **5.4 Maatschappelijke effecten**

De maatschappelijke effecten van deze bouwsteen zijn aanzienlijk. De bouwsteen draagt bij aan veiligheid in het kader van het Ruimte voor de Rivier programma. Daarnaast wordt het Krammer-Volkerak-Zoommeer waarschijnlijk omgevormd van een zoet naar een zoutwatersysteem (hoewel het besluit daartoe nog niet formeel is genomen). In een zout Volkerak-Zoommeer zal het blauwalgenprobleem naar verwachting verdwijnen, wat gunstig is voor de recreatievaart en oeverrecreatie en de horeca en bewoners langs het water. Deze keuze heeft invloed op de zoetwatervoorziening naar de landbouw en drinkwaterbedrijven.

# 6 Bouwsteen 4: Getijcentrale

## 6.1 Toelichting

De bouwsteen Getijcentrale betreft het realiseren van een getijcentrale in de Brouwersdam. In deze bouwsteen worden de combinatiemogelijkheden onderzocht van het vergroten van de doorlaatcapaciteit van de Brouwersdam (bouwsteen 2: Doorlaatmiddel Brouwersdam) met het winnen van energie uit de waterbeweging die hier het gevolg van is. In opdracht van het Zeeuwse energiebedrijf Delta N.V. heeft de TU Delft een verkennende studie naar een getijcentrale in de Brouwersdam uitgevoerd (Vrijling *et al.*, 2008). In deze studie zijn 8 alternatieven (met voor een aantal alternatieven twee varianten) voor een getijcentrale uitgewerkt. De alternatieven en varianten verschillen voor wat betreft het type centrale, de capaciteit van de centrale en de locatie op de Brouwersdam. Tabel 6.1 geeft de karakteristieken van de bestudeerde varianten weer. De karakteristieken worden daaronder toegelicht.

**Tabel 6.1. Karakteristieken bestudeerde alternatieven getijcentrale Brouwersdam (Vrijling *et al.*, 2008)**

Alternatief	Type Centrale	Gemiddeld doorvoer debiet per getij-beweging (m <sup>3</sup> /s)	Waterstands variatie Grevelingen (m)	Locatie turbines (sluitgat)	Locatie spuisluizen (sluitgat)
1a	eb	5100	1,0-1,1	Noord	Noord
1b	vloed	5100	1,1-1,2	Noord	Noord
2a	eb	5100	1,0-1,1	Noord	Zuid
2b	vloed	5100	1,1-1,2	Noord	Zuid
3a	eb	7600	1,5	Noord en zuid	Noord en zuid
3b	vloed	7600	1,5	Noord en zuid	Noord en zuid
4	TT	2 keer 4560	0,7	Noord	-
5	TT	2 keer 3010	0,4	Zuid	-
6	TT	2 keer 3440	0,5	Zuid	-
7	TT	2 keer 7570	1,0-1,1	Noord en zuid	-
8	TT	2 keer 8000	1,1	Noord en zuid	-

Er zijn drie type centrales onderscheiden: een centrale waarbij energie wordt gewonnen als het water bij eb van de Grevelingen naar de Noordzee stroomt (ebcentrale), een centrale waarbij energie wordt gewonnen als water bij vloed van de Noordzee naar de Grevelingen stroomt (vloedcentrale) en een centrale waarbij energie wordt gewonnen bij beide waterbewegingen (TT-centrale). TT staat voor tweezijdig turbineren, waarbij met turbineren wordt bedoeld op het proces waarbij met behulp van turbines energie wordt gewonnen uit waterbeweging. Bij de eb- en de vloedcentrale kan het water slechts in één richting door de turbines stromen, waardoor voor de waterbeweging in de andere richting aparte spuisluizen nodig zijn. Deze aparte spuisluizen liggen niet noodzakelijk op dezelfde locatie als de



---

turbines. Bij de TT-centrale zijn geen aparte spuisluizen nodig, omdat het water zowel bij eb als bij vloed door de turbines stroomt.

### **energie winnen uit het getij**

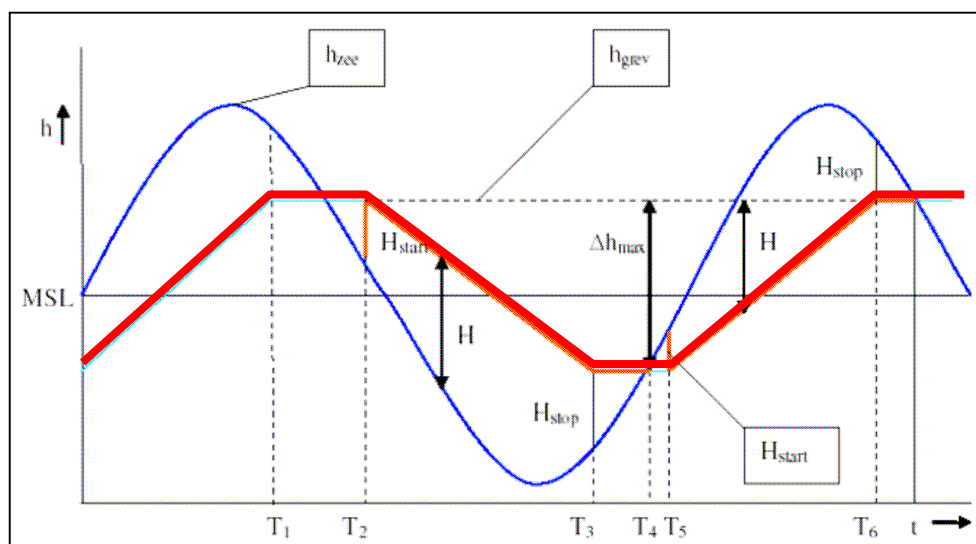
Getijenergie kan worden opgewekt door een hoogteverschil (het verval) tussen de zee en een bekken, in dit geval het Grevelingenmeer. Het hoogteverschil wordt gecreëerd door het waterniveau in het bekken op een bepaald moment in het getij vast te houden door het sluiten van de doorlaatopeningen. Hierdoor kan een waterstandsverschil ontstaan tussen beide kanten van de dam. Als dit waterstandsverschil groot genoeg is, worden de doorlaatopeningen open gezet en stroomt het water door de turbines die gaan draaien als gevolg van de waterbeweging, waarmee energie wordt opgewekt. Op een bepaald moment in de getijbeweging wordt het verval te klein, worden de doorlaatopeningen weer gesloten en stopt het winnen van energie.

Voor het winnen van energie uit getij is het dus noodzakelijk om elke getijbeweging waaruit energie wordt gewonnen, verval tussen beide zijden van de getijcentrale te creëren. Dit heeft als gevolg dat per getijbeweging de periode waarin water van de Grevelingen naar de Noordzee stroomt of vice versa korter is dan bij een opening zonder getijcentrale. Immers, de openingen zijn gedurende een bepaalde periode dicht. Dit heeft een aantal consequenties:

- om, in vergelijking met doorlaatopeningen zonder getijcentrale, eenzelfde maximale en minimale waterstand op het Grevelingenmeer te bereiken, zijn meer of grotere doorlaatopeningen nodig. De tijd die het water per getijbeweging heeft om door de openingen te stromen is immers korter en de maximale en minimale waterstand op de Grevelingen is rechtstreeks gekoppeld aan de totale hoeveelheid water die per getijbeweging door de dam stroomt. Eenzelfde hoeveelheid water in kortere tijd betekent dus meer of grotere openingen. Omdat de periodes waarin water door de turbines stroomt ook verschilt tussen de drie typen getijcentrales, verschillen ook de benodigde doorlaatopeningen bij deze typen centrales. Naast de kortere periode zorgt ook de grotere weerstand van de turbines ervoor dat er bij een getijcentrale meer of grotere openingen nodig zijn. De TU-Delft heeft per alternatief het aantal turbines en het getijverschil op het Grevelingenmeer als resultante daarvan bepaald;
- het waterstandsverloop op het Grevelingenmeer over de tijd verschilt bij een doorlaatopening met of zonder getijcentrales en tussen de drie typen getijcentrales. Bij toepassing van een getijcentrale worden op het Grevelingenmeer periodes met een gelijke waterstand (in de periode dat de turbines dicht zijn om het verval op te bouwen) afgewisseld door periodes waarin de waterstand lineair stijgt of daalt (in de periode dat energie wordt gewonnen). Het waterstandsverloop bij een doorlaatopening zonder getijcentrale volgt min of meer een sinusoïde, waardoor niet of nauwelijks een periode met een vast peil aanwezig is. Onderstaande afbeelding geeft een voorbeeld van het waterstandsverloop op de

Grevelingen (rode lijn) in vergelijking met het waterstandverloop op zee weer voor een TT-centrale.

**Afbeelding 6.1.** Het verloop van de waterstanden bij een TT-centrale op het Grevelingenmeer (rode lijn) en de Noordzee (blauwe lijn). De aangegeven tijdstippen geven de stappen weer in de getijcentrale: T1 sluiten turbines, T2 openen turbines (start energiewinning), T3 sluiten turbines (stop energiewinning), etc. Het waterstandsverschil tussen de rode en blauwe lijn (het verval) bepaalt de hoeveelheid energie die op een tijdstip kan worden opgewekt. Naar Vrijling et al. (2008)



### voorkeursalternatief getijcentrale

Delta N.V. heeft op basis van de resultaten van de studie van de TU Delft de voorkeur aangegeven voor de alternatieven 4 en 7 uit tabel 6.1. In de projectgroep voor de Verkenning Grevelingen Water en Getij is besloten in deze Verkenning de bouwsteen Getijcentrale te koppelen aan de variant Maximaal Getij van de bouwsteen Doorlaatmiddel Brouwersdam. Het waterstandsverschil van alternatief 7 komt min of meer overeen met het waterstandsverschil bij Maximaal Getij. In deze notitie en de notitie Civiele aspecten is daarom van alternatief 7 uitgegaan. Dit betreft een TT-centrale waarbij de turbines zowel in het noordelijk als in het zuidelijk sluitgat zijn gelegen.

### 6.2 Doelen die er mee bereikt worden

Het doel van het realiseren van een getijcentrale in de Brouwersdam is het opwekken van duurzame energie uit de in- en uitstroom van water via de doorlaatmiddelen in de Brouwersdam. Dit is een aanvullend doel in aanvulling op de doelen die reeds zijn aangegeven bij de bouwsteen Doorlaatmiddel Brouwersdam (verbeteren ecologisch functioneren door terugbrengen van een getijbeweging en vergroten van de verversing).

---

### 6.3 Fysieke effecten

Fysieke effecten van de introductie van getij op het gebied van waterhuishouding, waterkwaliteit en ecologie zijn reeds beschreven bij de bouwsteen Doorlaatmiddel Brouwersdam. De variant Maximaal Getij komt min of meer overeen met het getij dat bij de bouwsteen Getijcentrale zal optreden. Onder fysieke effecten wordt hier aanvullend ingegaan op:

- potentiële ecologische effecten als gevolg van de aanwezigheid van de getijcentrale met (draaiende) turbines;
- ecologische effecten als gevolg van de andere getijbeweging in vergelijking met een doorlaatmiddel zonder getijcentrale, zoals in paragraaf 6.1 is toegelicht.

#### 6.3.1 Potentiële ecologische effecten van een getijcentrale

##### **inleiding**

Diverse ecologische componenten kunnen beïnvloed worden door de aanleg van een getijcentrale (Retiere, 1994). Veranderingen in getij, waterstromen en sedimenthuishouding bijvoorbeeld, kunnen invloed hebben op bodemfauna en plankton. Effecten op vogels kunnen optreden door veranderingen in getijslag en indirect door veranderingen in het voedselweb. Dergelijke effecten zijn reeds beschreven bij de bouwsteen Doorlaatmiddel Brouwersdam.

Effecten op organismen die in en uit de Grevelingen migreren, en dus werkelijk zullen proberen de centrale te passeren, zijn nog niet beschreven. Op dit type effecten wordt hieronder nader ingegaan. Voorbeelden van deze organismen zijn vissen, inktvissen en zeezoogdieren. Eerst wordt hieronder ingegaan op het voorkomen van deze soortgroepen in de Grevelingen.

##### *de ecologie nabij de Brouwersdam*

De geschiedenis van het Grevelingenmeer en de effecten op vis van de diverse menselijke ingrepen staan uitgebreid beschreven in de 'Knelpuntennotitie autonome ontwikkeling' (Bouma *et al.*, 2008). In het kort kan geconcludeerd worden, dat de Grevelingen een visrijk gebied is, dat grote veranderingen heeft ondergaan door menselijk ingrijpen. Het afsluiten van de Grevelingen van de grote rivieren door de aanleg van de Grevelingendam vormde een ernstige barrière voor vissen die migreren tussen zoet en zout. Na de afsluiting van de Grevelingen van de Noordzee door de Brouwersdam ging de soortenrijkdom van vissen in het de Grevelingen achteruit (hoewel sommige soorten in aantal toenamen, bijvoorbeeld paling en grondels). De achteruitgang van het aantal soorten heeft in belangrijke mate te maken met het statische, afgesloten karakter van het waterlichaam. Dit zorgt namelijk voor problemen met migratie in en uit het meer, en voor problemen ten aanzien van de zuurstofhuishouding (zie Bouma *et al.*, 2008).

Zeezoogdieren (met name zeehonden) komen niet in grote getale voor in de Grevelingen, maar af en toe worden enkele exemplaren

---

waargenomen vooral in de buurt van de Brouwersdam (Bouma *et al.*, 2008).

Aan de buitenkant van de Brouwersdam ligt de Voordelta. De biodiversiteit van dit gebied is relatief rijk en het gebied is aangewezen als een Natura 2000-gebied. De Voordelta is een belangrijk gebied voor zeezoogdieren en vogels en vissen vormen hier een belangrijk onderdeel van het ecosysteem.

#### *de aantrekkingskracht van dynamiek*

De grens tussen de Grevelingen en de Voordelta is interessant. De enige huidige verbinding tussen de twee waterlichamen is de Brouwerssluis. Hier staat nagenoeg de gehele dag een sterke stroming. De stroming is naar binnen toe gericht wanneer het peil aan de buitenkant hoger is, en naar buiten wanneer het peil binnen hoger is. De sluis is gesitueerd op de locatie waar voor de afsluiting een stroomgeul lag, en nog steeds is dit aan weerszijden van de dam een diep gedeelte in vergelijking met de directe omgeving. De kolkende watermassa die door de sluis heen komt lijkt een sterke aantrekkingskracht te hebben op vis. De talrijke hengelaars die zich op dit kleine stuk Brouwersdam verzamelen getuigen hiervan.

Typische soorten die komen jagen in de stroming nabij de Brouwerssluis zijn zeebaars en geep, en met regelmaat scholen makreel. Ook haring wordt in bepaalde seizoenen veelvuldig door sportvissers op de Brouwersdam gevangen. Het gedrag van deze soorten is van belang. Zeebaars en geep jagen in de uitstroom dicht bij de sluis, en zwemmen dus waarschijnlijk met regelmaat door de sluis heen en weer, omdat de richting van de stroming wisselt van binnen naar buiten afhankelijk van het getij. Haring en makreel worden eveneens zowel aan de binnenkant als aan de buitenkant veel gevangen. Ook deze soorten zwemmen dus waarschijnlijk met regelmaat door de sluis<sup>3</sup>.

#### *vismigratie*

Van oudsher vormde de Grevelingen een belangrijke route voor diadrome vissen (vissen die migreren van zoet naar zout en andersom). Nog steeds migreren er diadrome vissen, met name paling, in en uit het meer. Naast echte diadrome vissen migreren er ook soorten in en uit het meer die in de winter naar meer zuidelijke wateren trekken. In Waardenburg (1998) is een overzicht gegeven van soorten vis die in het Grevelingenmeer zijn waargenomen en waarvan bekend is, dat ze een vorm van migratie in en uit het meer vertonen. Uit Waardenburg (1998) blijkt, dat er 17 soorten in het meer voorkomen waarvan gesteld kan worden dat ze een bepaalde vorm van migratie vertonen en dus het meer in en uit zwemmen. Hieronder vallen meerdere platvissoorten, rode poon, pollak, haring en kabeljauw.

#### *zeezoogdieren*

Zoals eerder genoemd komen er niet veel zeezoogdieren voor in het Grevelingenmeer, maar de waarnemingen die gedaan worden vinden

---

<sup>3</sup> *Wegens ontbrekende meetgegevens is deze alinea gebaseerd op expert judgement en gesprekken met sportvissers op de Brouwersdam.*

---

vaak plaats dichtbij de Brouwersdam. Ook op zeehonden lijkt het dynamische gebied nabij de sluis een aantrekkingskracht te hebben. Er zijn met regelmaat meerdere zeehonden te zien die aan het vissen zijn in de uitstroom van de sluis (persoonlijke observatie medewerkers van Bureau Waardenburg).

### **getijcentrales en ecologische effecten**

Er zijn wereldwijd nog maar weinig gerealiseerde getijcentrales, en het effect op de ecologie is dan ook maar beperkt onderzocht. Uit ervaringen met waterkrachtcentrales in riviersystemen weten we dat er vooral problemen op kunnen treden met sterfte van dieren die door de turbines heen zwemmen of worden gezogen (met name vis).

Drie processen kunnen ten grondslag liggen aan vissterfte door het passeren van turbines (uit Davies, 1988):

- drukverschillen;
- turbulentie en 'shear' (afschuifdruk);
- aanvaring met de rotorbladen.

#### *drukverschillen*

Binnen draaiende turbines kunnen lokaal zeer grote drukverschillen optreden. Dit heeft vooral effect op met gas gevulde lichaamsdelen van de vis, met name de zwemblaas. Wanneer een vis een plotselinge verlaging van de omgevingsdruk ondergaat, kan de zwemblaas buiten proporties opzwellen. De vis verliest hierdoor zijn controle en vermogen om te zwemmen. Wanneer de zwemblaas te sterk opzwellt, wordt er permanente schade veroorzaakt en komt deze gedeeltelijk door de keel naar buiten. Dit leidt meestal tot sterfte.

#### *turbulentie en shear*

De watermassa in een draaiende turbine is zeer turbulent. Dit kan als een verdovende, soms dodende klap voor de vissen aankomen. 'Shear' is de situatie waarin twee waterlagen langs elkaar heen bewegen, vaak veroorzaakt door turbulentie in de turbine. In waterkrachtturbines kan dit met zulke hoge snelheden voorkomen, dat vissen ernstige beschadiging zoals onthoofding oplopen (specifiek onthoofding omdat de waterlagen grip hebben op de kieuwzone).

#### *aanvaring met rotorbladen*

Vissen kunnen ook direct geraakt worden door de rotorbladen in de turbine. Dit kan leiden tot ernstige beschadigingen en sterfte.

### **praktijkvoorbeelden van effecten op ecologie van getijcentrales**

Er is literatuur voor handen van twee voorbeelden van gerealiseerde getijcentrales: een centrale in de monding van de rivier La Rance in Frankrijk, en een centrale bij Annapolis Royal in Canada (Davies, 1988; Retiere, 1994). De gerapporteerde effecten op vis van deze twee getijcentrales lopen sterk uiteen.

In La Rance is een grote centrale gebouwd van 24 Bulb-turbines en enkele Francis-turbines. Deze ingreep veranderde het systeem. De getijslag veranderde (werd gedempt) en door de gierende stroming

---

nabij de centrale veranderde de sedimenthuishouding van het systeem. De visgemeenschap in het gebied veranderde, maar bewijs voor grootschalige sterfte was er niet (Davies, 1988). Het is niet duidelijk waardoor de veranderingen in de visgemeenschap precies veroorzaakt werden. Er wordt enerzijds gespeculeerd dat vissen het gebied vanwege de centrale mijden. Anderzijds wordt gespeculeerd dat de sterk veranderde sedimenthuishouding als gevolg van de centrale de visgemeenschap heeft beïnvloed. In Retiere (1994) wordt geconcludeerd dat vissen en inktvissen die het La Rance waterbassin in en uit willen migreren de centrale redelijk kunnen passeren. Dit zou komen doordat de gebruikte horizontale bulb-turbines groot zijn en langzaam draaien. Hierdoor lijken ze goed passeerbaar.

Bij Annapolis Royal is één experimentele STRAFLO turbine geplaatst. Hierbij is onderzocht wat het effect was op passerende vis. Er werd gevonden dat er een hoge sterftekans bestond (Davies, 1988). Deze hoge sterftekans is mede te wijten aan het type (STRAFLO) turbine, en kan aanzienlijk minder zijn bij langzaam draaiende horizontale bulb-turbines.

### **conclusie**

Op basis van de literatuur voor handen moet geconcludeerd worden, dat de aanleg van een getijcentrale in de Brouwersdam gepaard zal gaan met ecologische effecten. De sedimenthuishouding kan sterk veranderen, wat vooral lokaal effect zal hebben nabij de centrale<sup>4</sup>. In het stroomgebied van de getijcentrale zal sediment weg eroderen en zal het gebied uitdiepen. Het is aannemelijk dat de sterftekans van vissen die een langzaamdraaiende horizontale bulb-turbine passeren beperkt is, in ieder geval kleiner dan bij andere typen waterkrachtturbines. Echter, deze sterftekans is, voor zover bekend is bij de auteurs van deze notitie, nog niet daadwerkelijk in voldoende mate gemeten.

De Brouwersdam vormt de scheiding tussen twee ecologisch interessante gebieden. In het Grevelingenmeer komen veel soorten vis voor waarvan verwacht wordt dat ze in en uit het meer migreren. Dit neemt naar verwachting toe wanneer er een grotere uitwisseling met de Noordzee gerealiseerd wordt. De dynamiek van de Brouwerssluis heeft aantrekkingskracht op vis. Er kan verwacht worden dat er op de locatie waar een vergroot debiet in en uit het Grevelingenmeer zal stromen een zeer visrijk gebied zal ontstaan<sup>5</sup>.

Er zijn geen gegevens bekend over het effect op zeezoogdieren die door een getijcentrale proberen te zwemmen. Het is echter niet aannemelijk dat een groot dier zoals een zeehond een turbine ongedeerd kan passeren.

### **aanbeveling**

Er zijn diverse visgeleidingssystemen ontwikkeld voor waterkrachtcentrales in rivieren en inzuiginstallaties voor koelwater van

---

<sup>4</sup> Deze conclusie geldt ook voor de doorlaatmiddelen zonder getijdecentrale.

<sup>5</sup> Deze conclusie geldt ook voor de doorlaatmiddelen zonder getijdecentrale.

---

energiecentrales. Sommige daarvan werken goed. Er kunnen bijvoorbeeld fijnmazige roosters geplaatst worden voor de turbines, en vrije doorgangen opengelaten worden voor migrerende vissen. Ook kan er gewerkt worden met verlichting. Bij de verdere ontwikkeling van de getijcentrale wordt op dit punt het volgende aanbevolen:

- concreet kan er experimenteel onderzocht worden wat de sterftkans is van vissen die een bulb-turbine in La Rance passeren. Ook experimenteel onderzoek in een proefopstelling kan hiervoor geschikt zijn;
- daarnaast kan er bijvoorbeeld in samenwerking met ontwerpers van visgeleidingssystemen nagedacht worden hoe een effectief visgeleidingssysteem voor zo'n omvangrijke centrale er uit moet zien.

### **6.3.2 Ecologische van de verandering van de getijbeweging**

Zoals uiteengezet in paragraaf 6.1 stuurt een getijcentrale de getijbeweging op de Grevelingen, om per getijbeweging voldoende verval te creëren voor de energieopwekking. In feite "snijdt" de getijcentrale de toppen in de sinusoïde van een normale getijbeweging af en vervangt deze door periode van gelijke waterstand. In de toppen van de sinusoïde is de snelheid van daling of stijging van de waterstand echter toch al laag. De getijcentrale verandert verder niets aan de minimale en maximale waterstand die bij een bepaalde doorlaatcapaciteit optreedt. Het areaal intergetijdegebied verschilt daarom ook niet bij varianten met eenzelfde doorlaatcapaciteit. Op grond van beide aspecten wordt verwacht dat de ecologische effecten van de verandering van de getijbeweging beperkt tot afwezig zullen zijn.

## **6.4 Maatschappelijke effecten**

Het maatschappelijke effect van een getijcentrale is het opwekken van getijenergie. In Vrijling *et al.* (2008) is de energieopbrengst van de getijcentrale door middel van een rekenmodel bepaald. De in voorliggende notitie beschreven variant 7 heeft een energieopbrengst van 336 GWh per jaar. Dit komt overeen met een stroomverbruik van circa 100.000 huishoudens gedurende een jaar. De kosten van een getijcentrale worden geraamd op meer dan 1,5 miljard euro inclusief omzetbelasting. Hiervan is ongeveer de helft toe te rekenen aan de getijcentrale. De andere helft is toe te rekenen aan het doorlaatmiddel voor Maximaal Getij. De investering in de getijcentrale komt overeen met een investering van 7.000 euro per huishouden. Bij een leveringsprijs van elektriciteit van ongeveer 10 cent per kWh en een gemiddeld verbruik van 3.360 kWh per huishouden per jaar, is de terugverdientijd van deze investering meer dan 20 jaar. Hierbij is nog geen rekening gehouden met financieringskosten, onderhoud en afschrijving.

De overige maatschappelijke effecten zijn vergelijkbaar met die van het doorlaatmiddel voor Maximaal Getij (bouwsteen 2). Wel is het ruimtebeslag van een getijcentrale groter bij eenzelfde doorlaatcapaciteit dan een doorlaatmiddel zonder getijcentrale.

---

# 7 Bouwsteen 5: Schutsluis Brouwersdam

## 7.1 Toelichting

De bouwsteen Schutsluis Brouwersdam betreft het realiseren van een scheepvaartsluis ten behoeve van recreatievaart door de Brouwersdam. Een schutsluis in de Brouwersdam zorgt voor een directe scheepvaartverbinding van het Grevelingenmeer met de Noordzee.

## 7.2 Doelen die er mee bereikt worden

Het doel van het realiseren van een scheepvaartsluis in de Brouwersdam betreft het vergroten van de vaarmogelijkheden voor de recreatievaart (en beroepsvaart?). Hierdoor wordt de aantrekkelijkheid voor de recreatievaart vergroot van de zuidwestelijke Delta als geheel en het Grevelingenmeer in het bijzonder.

## 7.3 Fysieke effecten

De fysieke effecten van een scheepvaartsluis in de Brouwersdam zijn zeer beperkt. De uitwisseling van water tussen Noordzee en Grevelingen (schutverlies) is, in vergelijking met de huidige Brouwerssluis en zeker in vergelijking met de bouwsteen Vergroten doorlaatmiddel Brouwersdam, zeer gering. De schutsluis zal dan ook niet of nauwelijks bijdragen aan het vergroten van de verversing van water in de Grevelingen. Omdat de schutsluis een groot deel van de tijd ook als schutsluis gebruikt zal worden en de stroming in de omgeving van de sluis vanwege de daar aanwezige recreatievaart beperkt moet blijven, kan de schutsluis niet als aanvullend doorlaatmiddel worden ingezet.

Mogelijk kan de schutsluis wel een kleine functie vervullen in de migratie van vis en andere dieren tussen Noordzee en Grevelingen. Er zijn genoeg voorbeelden bekend van schutsluizen die door vissen worden benut voor stroomopwaartse of stroomafwaartse migratie. In vergelijking met de huidige Brouwerssluis en de bouwsteen Doorlaatmiddel Brouwersdam zal de toegevoegde waarde van de schutsluis ook voor dit aspect beperkt zijn.

## 7.4 Maatschappelijke effecten

Het Grevelingenmeer is een druk bevaren meer. In een aantal jachthavens in het Grevelingenmeer bestaat er een wachtlijst voor een ligplaats. De huidige Grevelingensluis en Krammersluizen worden door de recreatievaart druk bezet. Daarbij gaat het vooral om zeiljachten. Voor een meer uitgebreide beschrijving van de huidige scheepvaart in de Grevelingen en de Delta wordt verwezen naar de Notitie Scheepvaart.

Een uitgevoerde meerwaardestudie van een schutsluis in de Brouwersdam laat zien dat een schutsluis in de Brouwersdam leidt tot



---

een stijging van de directe, gebruikgerelateerde bestedingen van circa EUR 950.000,-- per jaar (Projectbureau Vrolijk, 2008). Men verwacht 26.000 sluispassages per jaar. De stijging van de bestedingen is afgeleid van een inschatting van een netto stijging van het aantal vaardagen met circa 10.300. Het aantal vaardagen zal naar verwachting netto stijgen, omdat de Grevelingen en de Delta aantrekkelijker worden als vaarwater bij de aanwezigheid van een schutsluis in de Brouwersdam. Daarnaast wordt er vanuit gegaan dat de populariteit van de watersport autonoom zal toenemen.

---

# 8 Bouwsteen 6: Beheermaatregelen

## 8.1 Inleiding

Wellicht kan door gericht beheer het ecologisch functioneren van de Grevelingen verbeterd en de gesignaleerde knelpunten opgelost worden. Om te onderzoeken of beheermaatregelen kansrijk zijn, worden per beheermaatregel het doel en de effecten beschreven. In dit hoofdstuk worden de volgende beheermaatregelen behandeld:

- verwijdering van de organische sliblaag;
- aanleg broedeilanden;
- actief vegetatiebeheer op de eilanden, slikken en schorren;
- verwijdering van zeesla;
- verwijdering van Japanse oesters;
- het aanplanten van zeegras.

## 8.2 Verwijdering van de organische sliblaag

### Toelichting

Sinds het wegvallen van het getij in het Grevelingenmeer zakt organisch en anorganisch materiaal uit de waterkolom naar de bodem, vooral in gebieden met weinig waterbeweging (zoals bijvoorbeeld locaties in het Springersdiep en de oostelijk gelegen Bocht van St. Jacob). Hier heeft zich over de jaren heen een dikke sliblaag ontwikkeld (circa 30-40 cm) met name op dieptes groter dan 6 meter. De ophoping van organisch materiaal in laag dynamische gebieden lijkt toe te nemen met als gevolg dat de zuurstofvraag voor de afbraak hiervan steeds groter is geworden. Zuurstofloze condities in en nabij de bodem lijken zich mede hierdoor de laatste jaren steeds verder uit te breiden over een groter oppervlakt en naar ondiepere delen van het Grevelingenmeer (Bouma *et al.*, 2008). Naast de zuurstofconsumptie van de organische sliblaag op de bodem vindt daar ook productie van waterstofsulfide plaats. Dit veroorzaakt de 'rotte eieren' stank die dikwijls bij de Grevelingen te ruiken is. Waterstofsulfide is giftig voor aërobe bacteriën die in gezonde systemen organisch materiaal afbreken en is giftig voor vis vanaf 0,3 mg/l.

Omdat de afbraak van organisch materiaal naast stratificatie het belangrijkste proces lijkt te zijn dat ten grondslag ligt aan de waargenomen zuurstofproblematiek in het Grevelingenmeer, kan verwijdering van de over de jaren heen opgebouwde organische sliblaag een belangrijke bijdrage leveren aan vermindering van de zuurstofproblematiek in het Grevelingenmeer. Of de sliblaag het beste verwijderd kan worden door baggeren, of door een andere behandeling moet nader onderzocht worden. Baggeren kan effectief zijn (Peterson, 2007), maar in zoetwatersystemen met vergelijkbare problematiek worden ook successen geboekt door behandeling met enzymen naast menging van de waterkolom (zie bijvoorbeeld Muller, 1987).

---

### **Doelen die ermee bereikt worden**

- Verbetering van de zuurstofcondities in en nabij de bodem in laag dynamische gebieden.
- Reduceren van de productie van waterstofsulfide
- Verbetering van de leefomstandigheden van met name bodemdiergemeenschappen van zachte substraten en vissen die op en nabij de bodem leven (bijvoorbeeld platvissen).

### **Effecten**

Verwijdering van de geaccumuleerde organische sliblaag zal leiden tot vermindering van het verlies aan geschikt substraat voor het bodemleven. Hierdoor ontstaan betere leefomstandigheden voor met name bodemdiergemeenschappen van zachte substraten en vissen die op en nabij de bodem leven (bijvoorbeeld platvissen). In de huidige situatie zijn omstandigheden in laag dynamische gebieden op dieptes groter dan 6 meter, zoals bijvoorbeeld locaties in het Springersdiep en de oostelijk gelegen Bocht van St. Jacob dusdanig slecht dat op dergelijke locaties alleen nog enkele grondels en krabben worden aangetroffen. Al het overige bodemleven is afwezig (Lengkeek *et al.*, 2007). Door verbeterde zuurstofcondities krijgen bodemdiergemeenschappen de kans zich te herstellen waarbij zowel de soortensamenstelling als de abundantie van de verschillende soorten toe zal nemen. Herstel van bodemdiergemeenschappen zal op zijn beurt leiden tot betere omstandigheden voor organismen die hoger in de voedselketen staan, waaronder grotere vissoorten en vogels.

Het is nog echter de vraag of verwijderen van een ongeconsolideerde sliblaag effectief kan worden uitgevoerd. Bovendien is slib verwijderen zonder de oorzaak van de accumulatie aan te pakken 'dweilen met de kraan open'. De zuurstofvraag zal niet of nauwelijks afnemen. Het verwijderen van slib is geen volwaardig alternatief voor een doorlaatmiddel en kan wellicht alleen ingezet worden als aanvullende beheermaatregel in combinatie met een doorlaatmiddel. Als een doorlaatmiddel wordt gerealiseerd bestaat de kans dat het slib gaandeweg vanzelf verdwijnt door de verversing.

## **8.3 Aanleg broedeilanden**

### **Toelichting**

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.

### **Doelen die ermee bereikt worden**

- Het in stand houden / verbeteren van broedlocaties voor kustbroedvogels.

---

### **Effecten**

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 door te graven en daarmee het schiereiland te isoleren is in principe een gunstige situatie voor kustbroedvogels geschapen. De aanwezige vegetatie is gekleped en er is een laag schelpen opgebracht. De eilanden zijn vorig najaar (2007) opgeleverd en dit voorjaar (2008) is het eerste broedseizoen dat ze gebruikt kunnen worden. Een eerste indruk van de effectiviteit van deze maatregel moet dus nog verkregen kunnen worden.

Tijdens overleg tussen het Natuur- en Recreatieschap Grevelingen, Staatsbosbeheer en Rijkswaterstaat Directie Zeeland zijn plannen ontwikkeld voor additionele broedeilandjes in het Grevelingenmeer.

### **8.4 Actief vegetatiebeheer**

#### **Toelichting**

Zoals beschreven onder hoofdstuk 2.3.2 vormt vegetatiesuccessie in de oeverzones een bedreiging voor kustbroedvogels. Vegetatiesuccessie in de oeverzone kan tegengegaan worden door actief vegetatiebeheer op eilanden, schorren en slikken, zoals begrazing, maaien of ploegen. 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 Scheelhoekeilanden in het Haringvliet of op de Krammersluizen (Strucker *et al.*, 2005).

#### **Doelen die ermee bereikt worden**

- Het in stand houden van broedlocaties voor kustbroedvogels.

#### **Effecten**

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.

---

## 8.5 Verwijdering van zeesla

### Toelichting

De ontwikkeling van zeesla begint ongeveer half mei en bereikt 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 geogst 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.

### Doelen die ermee bereikt worden

- Beperking van de ophoping van zeesla op de bodem in laag dynamische gebieden, waardoor de zuurstofvraag voor de afbraak hiervan afneemt.
- Vermindering van stankoverlast van rottend zeesla op en nabij recreatiestranden en achter oeververdedigingen.
- Vermindering van hinder voor de kleine scheepvaart nabij de oevers.

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.

## 8.6 Verwijdering van Japanse oesters

### Toelichting

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 Kabellaarsbank, het strand aan de Grevelingendam en West-Repert (in de buurt van Scharrendijke). Populaire surfgebieden zijn met name de Kabellaarsbank, 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.

**Doelen die ermee bereikt worden**

- Vermindering van overlast voor surfers en badgasten in ondiepe gebieden.

**8.7 Het aanplanten van zeegras**

Omdat een te hoog zoutgehalte de belangrijkste oorzaak lijkt te zijn voor de verdwijning van zeegras uit de Grevelingen wordt er als KRW maatregel er 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.

---

# 9 Samenvatting effecten en conclusies

## 9.1 Combinatiematrix

### **Wat is fysiek combineerbaar?**

De bouwstenen die in de vorige hoofdstukken beschreven zijn, zijn niet allemaal met elkaar te combineren. In onderstaande combinatiematrix is aangegeven welke bouwstenen wel en niet met elkaar combineerbaar zijn. Bij deze tabel 9.1 maken wij de volgende opmerkingen.

De beide varianten van de Flakkeese spuisluis zijn met iedere andere bouwsteen combineerbaar. Ze zijn zelfs met elkaar te combineren, omdat het hier om twee beheervarianten van dezelfde constructie gaat. Aangezien de Flakkeese spuisluis deel uitmaakt van de autonome ontwikkeling, zijn er geen combinatieknelpunten te verwachten.

De verschillende varianten van het doorlaatmiddel zijn niet met elkaar combineerbaar en ook niet met de getijcentrale, omdat het om fysiek verschillende constructies gaat. Bij de bouw van een getijcentrale vormt de getijcentrale het doorlaatmiddel en hoeft een getijcentrale dus ook niet te worden gecombineerd met een doorlaatmiddel. Bij de bouw van een doorlaatmiddel of getijcentrale moet op voorhand bedacht worden welke variant gebouwd gaat worden.

De bouwsteen ruimte voor de rivier behelst een doorlaatmiddel of brug in de Grevelingendam. Deze bouwsteen staat fysiek los van de andere bouwstenen en is daarom in principe combineerbaar met de andere bouwstenen. Echter, als het Grevelingenmeer permanent in openverbinding komt te staan met het Volkerak-Zoommeer, dan zou deze bouwsteen een effect kunnen hebben op het rendement van de getijcentrale bij de huidige capaciteit vanwege toenemend bergend oppervlak van Grevelingen en Vokerak-Zoommeer samen. Hoe dit effect uitpakt moet in dat geval nader worden onderzocht.

De bouwsteen getijcentrale is niet combineerbaar met de verschillende varianten van het doorlaatmiddel vanwege constructieve verschillen.

De scheepvaartsluis is als losstaande bouwsteen te beschouwen, die combineerbaar is met alle andere bouwstenen.

De beheermaatregelen zijn niet constructief en dus onafhankelijk van de andere bouwstenen in te zetten. Echter, het verwijderen van de sliblaag is (afgezien van de onbekende effectiviteit) wellicht overbodig als gekozen wordt voor een van de varianten van het doorlaatmiddel en door destratificatie en verversing ten gevolge van de getijdynamiek het bodemslib gaandeweg vanzelf wordt afgebroken. Hetzelfde geldt voor vegetatiebeheer. Vooral bij de varianten maximaal getij en getijcentrale is de getijdynamiek op de Grevelingen zo groot dat het intergetijdeareaal fors toeneemt en vegetatiebeheer (deels) achterwege kan blijven. Het verwijderen van zeesla en Japanse oesters kan in combinatie met alle andere bouwstenen noodzakelijk zijn.

**Tabel 9.1 Mogelijke (groen) , onmogelijke (rood) en niet logische bouwsteencombinaties (geel)**

nr.	bouwstenen	1b	2a	2b	2c	2d	3	4	5	6a	6b	6c	6d	6e
1	Flakkeese spuisluis, Doorspoelen		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2a	Doorlaatmiddel, Gedempt Getij (GG)	x					x		x	x	x	x	x	x
2b	Doorlaatmiddel, Gedempt Getij (NS2)	x					x		x	x	x	x	x	x
2c	Doorlaatmiddel, Noorderspuisluis (NS1)	x					x		x	x	x	x	x	x
2d	Doorlaatmiddel, Maximaal Getij (MG)	x					x		x		x		x	x
3	Ruimte voor de Rivier	x	x	x	x	x			x	x	x	x	x	x
4	Getijcentrale, GG t/m MG	x							x		x		x	x
5	Scheepvaartsluis	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x
6a	Verwijdering organische sliblaag	x	x	x	x		x		x		x	x	x	x
6b	Aanleg broedeilanden	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x	x
6c	Actief vegetatiebeheer	x	x	x	x		x		x	x	x		x	x
6d	Verwijdering zeesla	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x
6e	Verwijdering Japanse oesters	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	

## 9.2 Kosten van de bouwstenen

In de notitie Civiele aspecten zijn de kosten van vier bouwstenen geschat met behulp van de PRI-methode met een nauwkeurigheid van 50%. Deze zijn in tabel 9.2 overgenomen en afgerond. Hieruit blijkt onder andere dat er geen kostenverschil tussen een doorlaatmiddel in het noordelijke en zuidelijke sluitgat is. De kosten in tabel 9.2 van Maximaal Getij zijn niet lineair bepaald uit de kosten voor het doorlaatmiddel van Gedempt Getij, maar met behulp van een interpolatie op basis van een kombergingsbeschouwing (zie notitie Civiele aspecten). De kosten voor de Noorderspuisluis zijn lineair geïnterpoleerd tussen de afgeronde kosten van Gedempt Getij en Maximaal Getij. De kosten voor een getijcentrale voor Gedempt Getij en Noorderspuisluis zijn afgeleid uit de kostenraming opgesteld door de TU Delft (Vrijling *et al.*, 2008).

**Tabel 9.2. Kosten van vier bouwstenen in miljoenen euro inclusief omzetbelasting**

nr	bouwsteen	sluitgat	raming	kosten afgerond
2a	doorlaatmiddel Gedempt Getij (PRI)	zuid	314	300
2a	doorlaatmiddel Gedempt Getij (PRI)	noord	314	300
2c	doorlaatmiddel Noorderspuisluis	noord	n.b.	550
2d	doorlaatmiddel Maximaal Getij (op basis van kombergingsbeschouwing)	noord + zuid	785	800
4a	getijcentrale, Gedempt Getij	zuid	n.b.	650*
4b	getijcentrale, Noorderspuisluis	noord	n.b.	800*
4c	getijcentrale (PRI), Maximaal Getij	noord + zuid	1.549	1.500
5	schutsluis (PRI)	n.v.t.	68	70

\* gebaseerd op kostenraming TU Delft (Vrijling *et al.*, 2008)



---

### 9.3 Effectenoverzicht

In onderstaande tabel 9.3 geven wij op basis van de effectbeschrijvingen uit de hoofdstukken 3 tot en met 8 hoe de bouwstenen bijdragen aan de doelen die in hoofdstuk 2 voor de Verkenning Grevelingen Water en Getij zijn onderscheiden:

1. hoofddoel is duurzame verbetering van het **ecologisch functioneren** van het watersysteem, bijvoorbeeld door de realisatie van een nieuw doorlaatmiddel in de Brouwersdam;
2. het eerste nevensdoel is het opwekken van **getijenergie** middels een getijcentrale in de Brouwersdam, omdat hier wellicht een combinatie mogelijk is met de realisatie van een doorlaatmiddel;
3. het tweede nevensdoel is de verbetering van de mogelijkheden voor **recreatievaart** door realisatie van een schutsluis in de Brouwersdam, omdat ook hier wellicht een combinatie mogelijk is met de realisatie van een doorlaatmiddel;
4. het derde nevensdoel is het openlaten van de mogelijkheid om het Grevelingenmeer te gebruiken voor het **bergen en/of afvoeren van rivierwater** onder specifieke afvoeromstandigheden.

**Tabel 9.3. Overzichtstabel kenmerken en effecten van de bouwstenen ten opzichte van huidige situatie**

Aspect	huidige situatie	autonome ontwikkeling (huidig+)	1. Doorspoelen via Flakkeese spuisluis	2a. Doorlaatmiddel, Gedempt Getij (CG)	2b. Doorlaatmiddel, Gedempt Getij (NS2)	2c. Doorlaatmiddel, Noorderspuisluis (NS1)	2d. Doorlaatmiddel, Maximaal Getij (MG)	3. Opening of brug in de Grevelingendam	4. Getijcentrale in de Brouwersdam	5. Schutsluis Brouwersdam	6. Beheermaatregelen
<b>Fysieke effecten (gemiddelden)</b>											
- daggemiddelde capaciteit (m <sup>3</sup> /s)	125	135	135	1.000	1.000	1.750	2.500	n.v.t.	2.500	0	n.v.t.
- middenstand t.o.v. NAP (m)	-0,2	-0,2	0	-0,1	-0,1	-0,1	-0,2	-0,1	-0,2	n.v.t.	n.v.t.
- getijslag (m)	0,1	0,1	0,1	0,5	0,5	0,75	1,0	n.v.t.	1,0	n.v.t.	n.v.t.
- hoogste waterstand t.o.v. NAP (m)	-0,1	-0,15	+0,05	+0,15	+0,15	+0,25	+0,3	n.v.t.	+0,3	n.v.t.	n.v.t.
- laagste waterstand t.o.v. NAP (m)	-0,3	-0,25	-0,05	-0,35	-0,35	-0,5	-0,7	n.v.t.	-0,7	n.v.t.	n.v.t.
- intergetijde areaal (ha)	200	200	200	1200	1200	1400	1600	n.v.t.	1600	n.v.t.	n.v.t.
- herstel morfodynamiek in:											
zuidelijk deel	0	0	0	15%	10%	>0%	40%	0	40%	0	0
noordelijk deel	0	0	0	>0%	10%	70%	>0%	0	>0%	0	0
- extra kans op kusterosie	0	0	0	0	0	-	-	0	-	0	0
Hoofddoel: verbetering ecologisch functioneren	0	-	-	+	+	++	+++	0/+	+++	0	+
Nevendoel: bergen van rivierwater	0	0	0	0	0	0	0	+	0	0	0
Nevendoel: getij-energie opwekken	0	0	0	0	0	0	0	-	+	0	0
Nevendoel: verbetering mogelijkheden recreatievaart	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	0
<b>Overige maatschappelijke effecten:</b>											
schelpdiervisserij	0	0	0	+	+	+	+	?	+	0	0
landbouw	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
overige recreatie	0	0	0	0	0	0	-	0	-	+	+
investeringskosten (afgerond in miljoen euro)	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	300	300	550	800	?	1.500	70	0

0: geen effect/neutral, - verslechtering ten opzichte van huidige situatie, + verbetering ten opzichte van huidige situatie

Op basis van tabel 9.3 trekken wij de volgende conclusies.

1. De doorlaatmiddelen en de getijcentrale, eventueel aangevuld met het verwijderen van de sliblaag, dragen bij aan de oplossing van de zuurstofproblematiek en het voorkomen van sterfte van bodemdieren. Met dubbele en driedubbele plussen is aangegeven dat hoe groter het doorlaatmiddel hoe groter de getijdynamiek wordt en hoe groter de bijdrage aan de oplossing van de zuurstofproblematiek zal zijn. Ook de morfodynamiek en het intergetijde areaal nemen substantieel toe. Op basis van de modelberekeningen van Deltares is geconcludeerd dat het doorlaatmiddel Gedempt Getij de zuurstofhuishouding duurzaam verbetert en grotere doorlaatmiddelen daar niet veel aan toevoegen.

- 
2. Op grond van de voorgaande hoofdstukken is nog niet aan te geven hoe groot de effectiviteit van iedere bouwsteen is ten aanzien van de bestrijding van de accumulatie van organisch slib op de bodem en de daardoor veroorzaakte zuurstofloosheid in de bodem. Ook is de effectiviteit van het verwijderen van de sliblaag nog niet aan te geven. Er staat nu een enkele plus in tabel 9.2 achter deze maatregel, maar het zou ook een dubbele of driedubbele plus kunnen zijn, of een ineffectieve of niet-uitvoerbare maatregel blijken te zijn;
  3. De doorlaatmiddelen en de getijcentrale dragen ook bij aan de uitbreiding van het intergetijdengebied en daarmee aan het voorkomen van de afname van (broedgebied voor) kustbroedvogels. Met dubbele en driedubbele plussen is aangegeven dat hoe groter de getijdynamiek, hoe groter het intergetijdengebied wordt en hoe groter de bijdrage aan kustbroedvogels kan zijn. Maar de kustbroedvogels kunnen ook geholpen worden met de aanleg van broedeilanden en vegetatiebeheer. Wederom is de effectiviteit van de maatregelen ten opzichte van elkaar moeilijk aan te geven;
  4. De opening of brug in de Grevelingendam is de enige maatregel die bijdraagt aan de doelstelling berging van rivierwater. Deze bouwsteen kan invloed hebben op het ecologisch functioneren en op de getijcentrale. Deze invloed is hier niet onderzocht;
  5. De schutsluis is een op zichzelf staande maatregel die alleen effect heeft op de recreatievaart. De schutsluis is niet in te zetten als doorlaatmiddel;
  6. Voor de mogelijke achteruitgang van visetende vogels zijn geen maatregelen benoemd. Met het genoemde pakket aan maatregelen wordt dit knelpunt niet opgelost. Mogelijk profiteren de visetende vogels wel van een verbeterde visstand bij de bouwstenen doorlaatmiddel en getijcentrale;
  7. De ophoping van zeesla en algenbloei en toename Japanse oesters zijn alleen te bestrijden met beheermaatregelen. De hier genoemde beheermaatregelen zijn effectgericht en nemen de oorzaken van algenbloei en toename van zeesla en Japanse oesters niet weg. Toch kunnen deze effectgerichte maatregelen vanuit recreatief oogpunt gewenst zijn.
  8. Een doorlaatmiddel voor maximaal getij of een getijcentrale voor maximaal getij hebben een fors ruimtebeslag op de Brouwersdam. Dit conflicteert mogelijk met de recreatieve functie van de Brouwersdam (overige recreatie).

#### **9.4 Analyse en conclusie**

De kern van de problematiek in de Grevelingen is de zuurstof- en slibproblematiek. Na de afsluiting is een geïsoleerd meer ontstaan dat niet voldoende ververst wordt en waar zich op de bodem een organische sliblaag opbouwt vanwege de biologische productie. De sliblaag groeit naar mate de tijd verstrijkt. De zuurstofproblematiek en het afsterven van bodemleven zal zich uitbreiden. Dit werkt door in de hele voedselketen. Hoe snel de sliblaag groeit en hoe snel de zuurstofproblematiek zich uitbreidt is niet bekend.

---

De doorlaatmiddelen hebben een positief effect op de zuurstofhuishouding in de waterkolom van het Grevelingenmeer. Hoe groter het doorlaatmiddel hoe groter het effect. In hoeverre de zuurstofloosheid van de bodem met de doorlaatmiddelen wordt opgelost, is nog niet bekend en dient nader te worden onderzocht. Wellicht is de beheermaatregel 'verwijderen sliblaag' een mogelijk alternatief, maar het is ook mogelijk dat de sliblaag wordt afgebroken en vanzelf verdwijnt als een doorlaatmiddel wordt gerealiseerd. Ook deze optie dient nader te worden onderzocht

### **maatschappelijke betekenis zuurstofproblematiek**

Op termijn zou de zuurstofloosheid de economisch belangrijke schelpdiercultuur kunnen bedreigen. Het voorkomen van de schade aan de schelpdiersector is, naast de intrinsieke waarde van herstel van het ecosysteem, de belangrijkste maatschappelijke baat van maatregelen om de zuurstofproblematiek op te lossen. De economische betekenis van de schelpdiersector voor platte oester in de Delta (niet alleen de Grevelingen) afgemeten naar de omzet is circa 6 miljoen euro per jaar in 2001, waarvan naar schatting 10-25% uit de Grevelingen komt (mondelijke mededeling E. van Zante, Rijkswaterstaat). De investering in een doorlaatmiddel kan worden vergeleken met de toegevoegde waarde (winst) van de schelpdiersector in de Grevelingen (die daar alleen uit de teelt van platte oesters komt). Op basis van enkele grove aannames kunnen we een schatting maken. Stel dat de winst in de schelpdiersector ongeveer 10% bedraagt. Dan is de toegevoegde waarde van de schelpdiersector in de Grevelingen in de orde van grootte van 0,6 tot 1,5 miljoen euro per jaar. Dit is bij de door het rijk vastgestelde discontovoet van 5,5% equivalent met een eenmalig bedrag van 12 tot 27 miljoen euro eenmalig. Deze toegevoegde waarde van de schelpdiersector in de Grevelingen is minder dan 10% van de kosten van het doorlaatmiddel Gedempt Getij.

De zuurstofproblematiek en het realiseren van een doorlaatmiddel in de Brouwersdam heeft waarschijnlijk nauwelijks tot geen effect op de landbouw. Enig effect binnendijs kan ontstaan door aanpassing van de gemiddelde waterstand (middenstand) op de Grevelingen waardoor de zoute kwel naar de polders toeneemt, maar de effecten daarvan zijn in deze verkenning niet onderzocht. Het ruimtebeslag van een doorlaatmiddel conflicteert mogelijk met de recreatieve functie van de Brouwersdam (overige recreatie). Overige effecten op recreatie treden niet of nauwelijks op.

### **getijcentrale**

De kosten van een getijcentrale worden geraamd op meer dan 1,5 miljard euro. Hiervan is ongeveer de helft toe te rekenen aan de getijcentrale voor Maximaal Getij. De rest van het bedrag is toe te rekenen aan het doorlaatmiddel. De investering in de getijcentrale komt overeen met een investering van 7.000 euro per huishouden. Bij een leveringsprijs van elektriciteit van ongeveer 10 cent per kWh en een gemiddeld verbruik van 3.360 kWh per huishouden per jaar, is de terugverdientijd van deze investering meer dan 20 jaar. Hierbij is nog

---

geen rekening gehouden met onderhoudskosten, afschrijving en financieringskosten. Of deze investering maatschappelijk verantwoord is, is afhankelijk van de elektriciteitsprijs en het landelijke energiebeleid. Dat is in deze verkenning niet onderzocht.

#### **schutsluis**

De schutsluis is een op zich zelf staande bouwsteen en de investeringsbeslissing kan los van de beslissing om een doorlaatmiddel of getijcentrale te bouwen, worden genomen. De kosten zijn geraamd op ongeveer 70 miljoen euro. De baten zijn geschat op een toename van de jaarlijkse bestedingen van ongeveer 950.000 euro. Stel dat ook hier de winst ongeveer 10% bedraagt. Dan is de toegevoegde waarde van een schutsluis circa 100.000 euro per jaar. Dit is bij de door het rijk vastgestelde discontovoet van 5,5% equivalent met een eenmalig bedrag van 1,8 miljoen euro. Deze toegevoegde waarde van de schutsluis in de Grevelingen is ongeveer 3% van de kosten voor aanleg van de schutsluis.

#### **ruimte voor de rivier**

Over deze bouwsteen is nog weinig concreets bekend. Het openen van de Grevelingendam, zodat het Grevelingenmeer en het Volkerak-Zoommeer één watersysteem worden, kan invloed hebben op het functioneren van de getijcentrale. Indien besloten wordt de getijcentrale te bouwen, dan zal hiernaar nader onderzoek moeten worden uitgevoerd. Ook de ecologische effecten van het openen van de Grevelingendam zijn nog onvoldoende in beeld.

---

## 10 Referenties

Boudewijn, T.J., W. Lengkeek, M. Japink & A.J. Nienhuis, 2007. Mogelijkheden voor estuariene natuurontwikkeling en integrale gebiedsontwikkeling in Waterdunen. Versterking van de estuariene kwaliteit Bureau Waardenburg, Culemborg.

Bouma S., Lengkeek W., Boudewijn T.J., Turlings L.G., Abma R. & Nieuwkamer R.L.J., april 2008. Notitie knelpunten autonome ontwikkeling. Onderdeel Verkenning Grevelingen.

Davies, J.K. 1988. A review of information relating to fish passage through turbines: implications to tidal power schemes. *Journal of Fish Biology* 33 (A), 111-126.

Dijk, E. & Inberg, J. A., 2002. Vegetatiekartering Grevelingen 2001. Veermansplaat, Kleine Veermansplaat, Stampersplaat en Dwars in de weg. Bureau Bakker adviesbureau voor ecologie, Assen.

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

Holland A.M.B.M., 2004. Veerse Meer aan de Oosterschelde. Toestand ecosysteem Veerse Meer voor ingebruikname doorlaatmiddel. Rapport RIKZ/2004.007, inclusief CD-ROM.

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

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.

Louisse Consulting, 2005, Indicatie baten Delta in Zicht. Een verkenning van de economische baten van natuurlijker Deltawateren in opdracht van de Deltaraad/Provincie Zeeland. Goes, maart 2005.

Muller, V. 1987. Restoration and quality management interim report for Anoka County on Highland Lake, Kordiak Park, Columbia Heights, Minnesota. Muller Engenering, Minnesota.

Nolte A., Troost, T, de Boer G., Spiteri C. en van Weesenbeeck B., eindconcept augustus 2008. Verkenning oplossingsrichtingen voor een

---

betere waterkwaliteit en ecologische toestand van het Grevelingenmeer. Deltares rapport Z4576.

Peterson S. A., 2007. Lake restoration by sediment removal. *Journal of American Water Resources Association*, 18 (3) 423-436.

Projectbureau Vrolijk in samenwerking met Arcadis, 2008. Meerwaardestudie Grevelingen en Delta, Schutsluis in de Brouwersdam?

Retiere, C. 1994. Tidal power and the aquatic environment of La Rance. *Biological Journal of the Linnean Society* 51: 25-36.

Sierdsma F. & van den Broek T., 2007. Voorstellen voor KRW-maatregelen en –doelen voor zoute rijkswateren in Zuid-Nederland. Grevelingenmeer. Rapport nr. 9S0926. Royal Haskoning, Rotterdam.

Sfriso A. Facca C., & Ghetti P.F., 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.

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

Spiteri, C. & Nolte, A. 2008. Notitie doorlaatmiddel Beperkt Getij.

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

Vrijling J.K., Van Duivendijk J., Jonkman S.N., Gilles A. & Mooyaart L.F., 2008. Getijcentrale in de Brouwersdam, een verkennende studie. TU Delft, Eindrapport juni 2008.

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

Wijsman J.W.M., Dubbeldam M. & Van Zanten E., december 2007. Wegvisproef Japanse oesters in de Oosterschelde T3. Rapport Wageningen IMARES C061/07.

Witteveen+Bos, 2000, Civieltechnische effecten peildynamiek Grevelingenmeer. Rapport Rw1048.1. 27 november 2000.

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.

# Bijlage 1: checklist beoordeling van effecten

Onderstaande checklists (tabel 0.1 en tabel 0.2) zijn gebruikt bij het beschrijven van de effecten van de bouwstenen. In de checklist zijn per aspect de doelen weergegeven, de criteria waarmee de doelen worden beoordeeld, de eenheden waarin deze beoordeling plaatsvindt en de methode aan de hand waarvan de effecten bepaald worden.

**Tabel B1.1. Checklist primaire, fysieke effecten**

Aspect	Doel	Criterium	eenheid	Methode effectbepaling
waterhuishouding	terugbrengen getij, verversing, voorkomen verzuivering	getijslag	meter	modelinstrumentarium Deltares
	terugbrengen getij, verversing, voorkomen verzuivering	getijdebiet	m <sup>3</sup> /s	randvoorwaarde
	vergroten intergetijdegebied	intergetijdegebied	ha	modelinstrumentarium Deltares
	handhaven streefpeil (middenstand)	streefpeil	m NAP	modelinstrumentarium Deltares
	verversing	verblijftijd	dagen	modelinstrumentarium Deltares
	verversing	menging	kwalitatief / omvang stratificatie	modelinstrumentarium Deltares
	berging rivierwater	bergingscapaciteit (RvR)	m <sup>3</sup>	modelinstrumentarium Deltares
waterkwaliteit	oplossen zuurstofproblematiek	O <sub>2</sub>	mg/l of %	modelinstrumentarium Deltares
	voorkomen algenbloei, bloei zeesla	N (concentratie en belasting)	mg/l en g/m <sup>2</sup> /d	modelinstrumentarium Deltares
	voorkomen algenbloei, bloei zeesla	P (concentratie en belasting)	mg/l en g/m <sup>2</sup> /d	modelinstrumentarium Deltares
	handhaven zoutgehalte	Cl	mg/l	modelinstrumentarium Deltares
	handhaven of verbeteren doorzicht	doorzicht	meter	modelinstrumentarium Deltares
ecologie	voorkomen algenbloei	chlorofylgehalte	µg/l	modelinstrumentarium Deltares
	voorkomen sterfte door zuurstofloosheid	bodemleven	kwalitatief / individuen/m <sup>2</sup>	kwalitatief a.h.v. modelinstrumentarium Deltares
	verbeteren habitat voor zoet-zout migrerende vissen	habitatgeschiktheid vissen (m.n. zoet-zout)	kwalitatief	kwalitatief a.h.v. modelinstrumentarium Deltares
	voorkomen verzuivering	vegetatie op de platen (areaal per successiestadium)	hectare	kwalitatief a.h.v. modelinstrumentarium Deltares
	voorkomen overlast zeesla, terugkeer zee gras, voldoen aan N2000 doelen	vegetatie in het water (areaal zeesla en zee gras)	hectare	kwalitatief a.h.v. modelinstrumentarium Deltares



	voldoen aan N2000 doelen	kustbroedvogels en visetende watervogels	aantallen	kwalitatief a.h.v. modelinstrumentarium Deltares
morfodynamiek	voorkomen erosie	oevererosie kust en platen	meter/jaar	kwalitatief a.h.v. modelinstrumentarium Deltares
	verminderen overlast sliblagen	dikte sliblagen	meter	kwalitatief a.h.v. modelinstrumentarium Deltares
veiligheid tegen overstroming	handhaven veiligheidsniveau	risico	kans maal schade	kwalitatieve inschatting

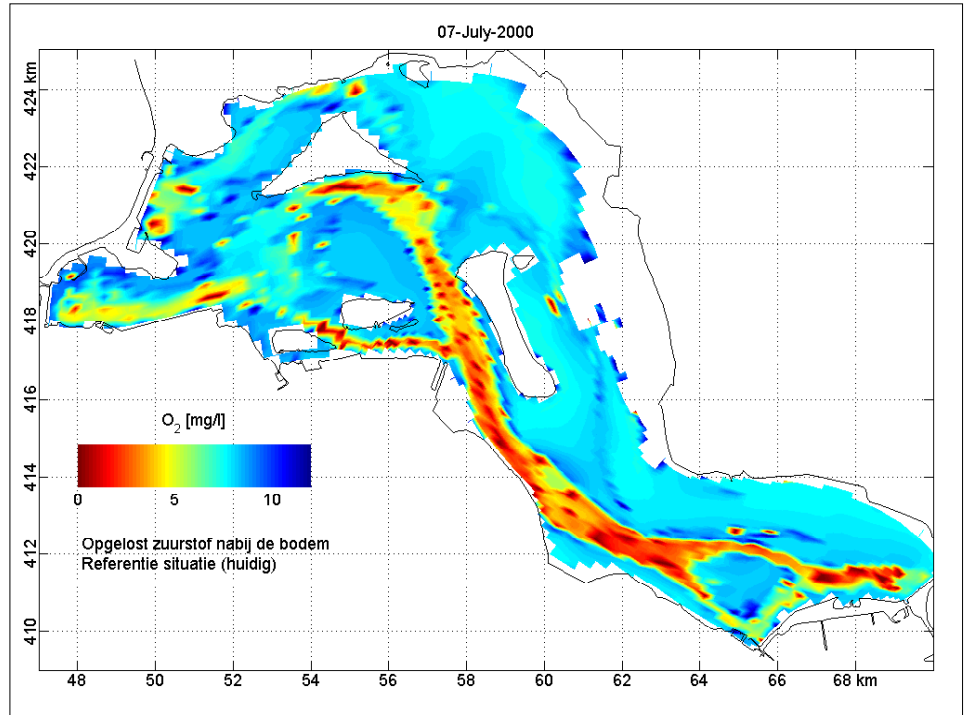
**Tabel B1.2. Checklist secundaire, maatschappelijke effecten**

<b>Aspect</b>	<b>Doel</b>	<b>Criterium</b>	<b>eenheid</b>	<b>Methode effectbepaling</b>
recreatie	Verbeteren recreatiemogelijkheden	duikers	aantal, EUR	kwalitatieve inschatting
	Verbeteren recreatiemogelijkheden	oeverrecreatie	aantal, EUR	kwalitatieve inschatting
	Verbeteren recreatiemogelijkheden	verblijfsrecreatie	aantal, EUR	kwalitatieve inschatting
	Verbeteren recreatiemogelijkheden	recreatievaart	aantal, EUR	kwalitatieve inschatting
	Verbeteren recreatiemogelijkheden	sportvisserij	aantal, EUR	kwalitatieve inschatting
beroepsvisserij	Handhaven oogst beroepsvisserij	aal	oogst (ton), EUR	kwalitatieve inschatting
	Handhaven oogst beroepsvisserij	kreeft	oogst (ton), EUR	kwalitatieve inschatting
	Handhaven oogst beroepsvisserij, voorkomen sterfte oesterbanken	oester	oogst (ton), EUR	kwalitatieve inschatting
getijcentrale	winning van energie uit getij	rendement	EUR (baten-kosten)	kwalitatieve inschatting
landbouw	voorkomen schade	droogteschade	%, EUR	kwalitatieve inschatting
	voorkomen schade	natschade	%, EUR	kwalitatieve inschatting
	voorkomen schade	zoutschade	%, EUR	kwalitatieve inschatting
investeringskosten	economisch meest gunstige oplossing	sluis	EUR	globaal ontwerp, globale raming
	economisch meest gunstige oplossing	aanpassen oevers	EUR	globaal ontwerp, globale raming
	economisch meest gunstige oplossing	doorlaatmiddel(en)	EUR	globaal ontwerp, globale raming
onderhoudskosten	economisch meest gunstige oplossing	sluis	EUR	globale inschatting benodigd beheer
	economisch meest gunstige oplossing	oevers	EUR	globale inschatting benodigd beheer
	economisch meest gunstige oplossing	baggeren / opspuiten	EUR	globale inschatting benodigd beheer
	economisch meest gunstige oplossing	natuurbeheer	EUR	globale inschatting benodigd beheer

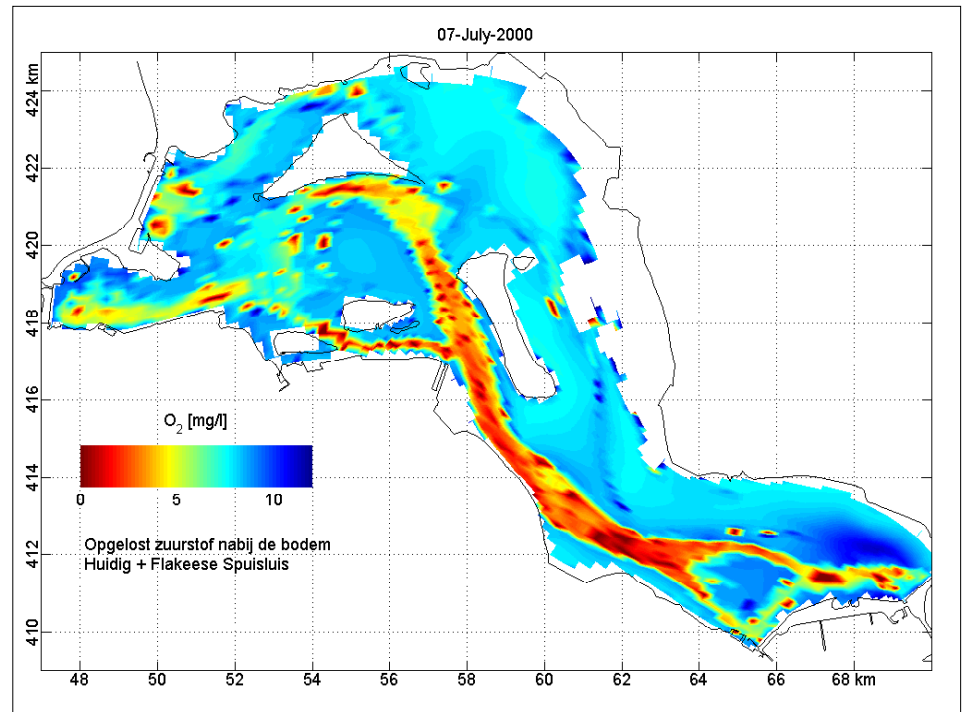
---

## Bijlage 2: Modelresultaten Deltares

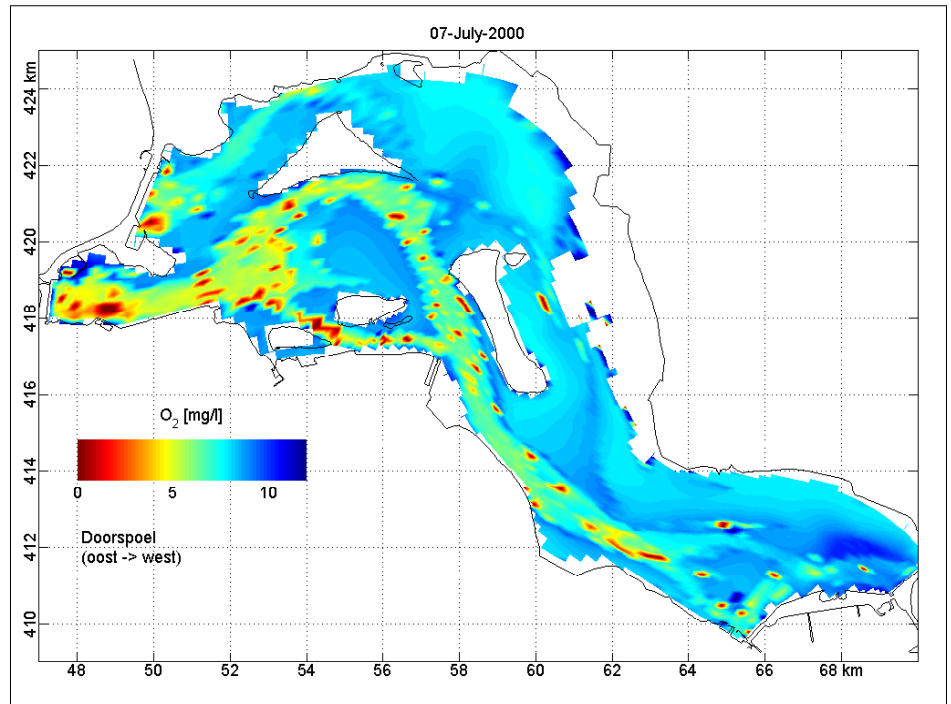
Zuurstofgehalten op 1 m boven de bodem (ontleend aan Nolte et al., 2008)



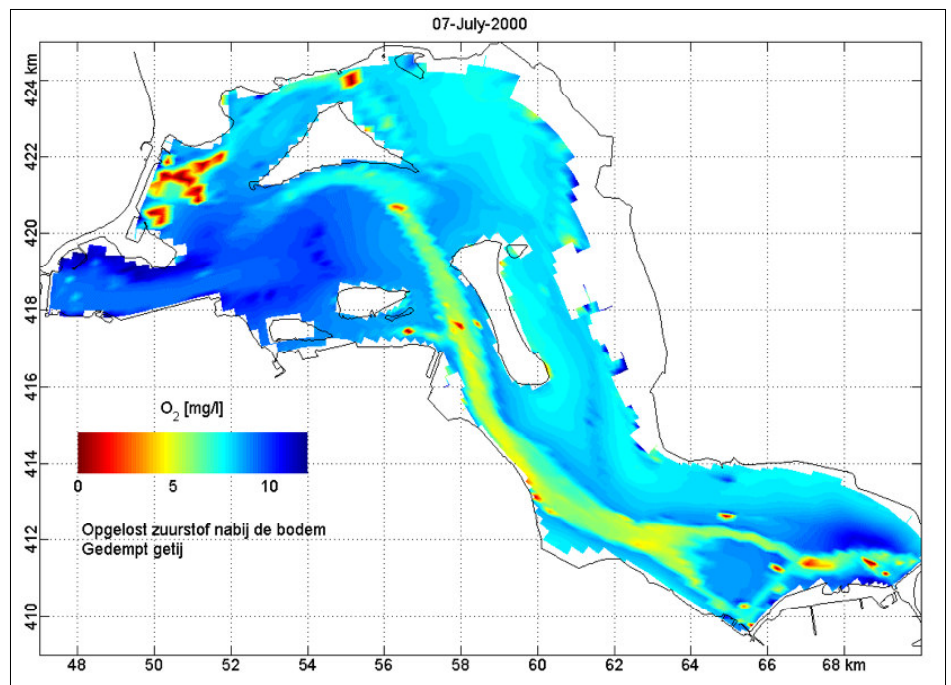
Huidige situatie



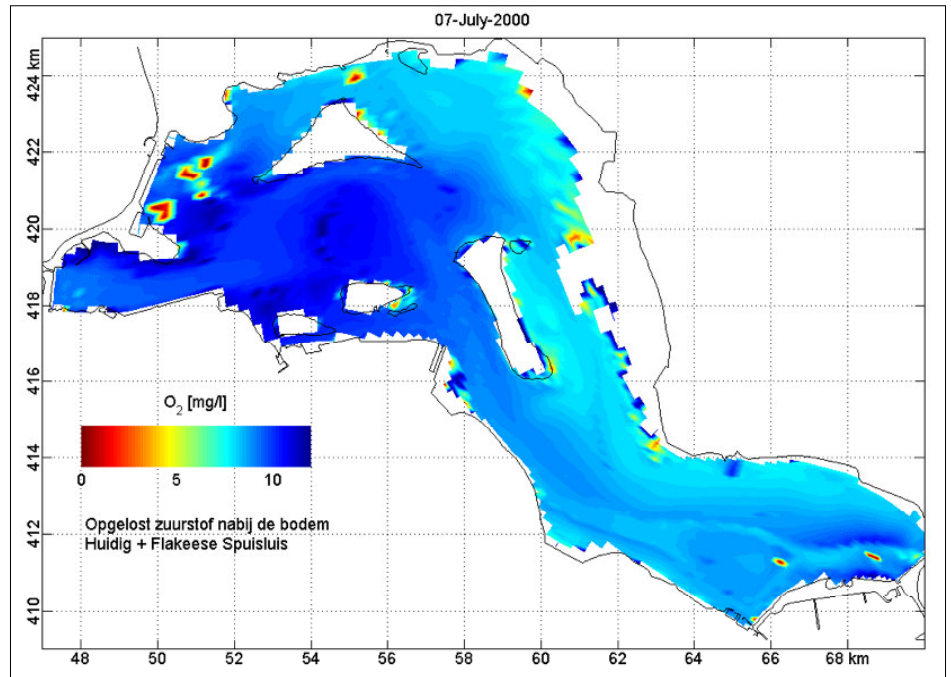
Huidig + situatie



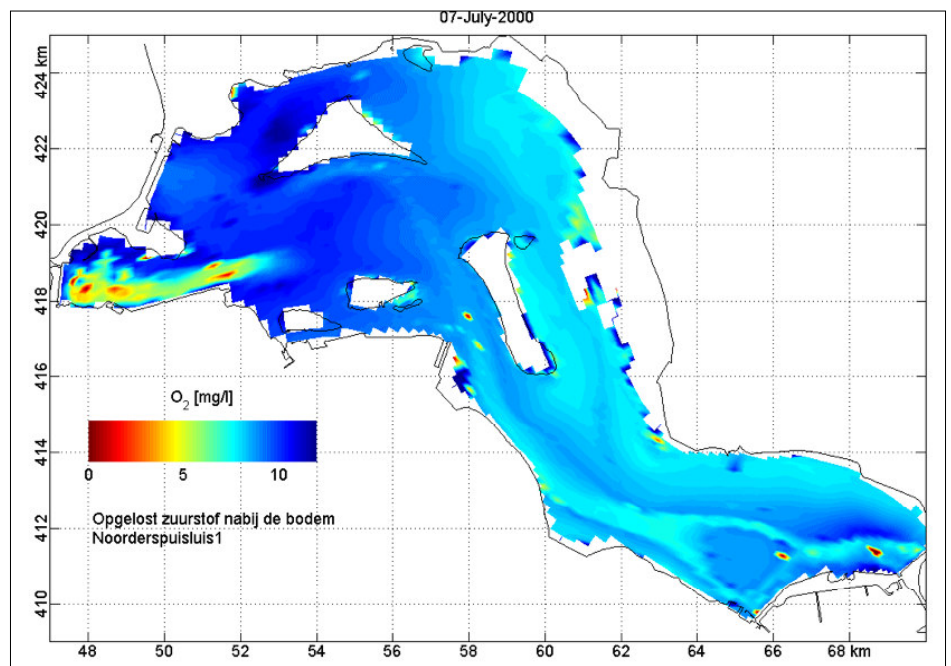
Doorspoelvariant



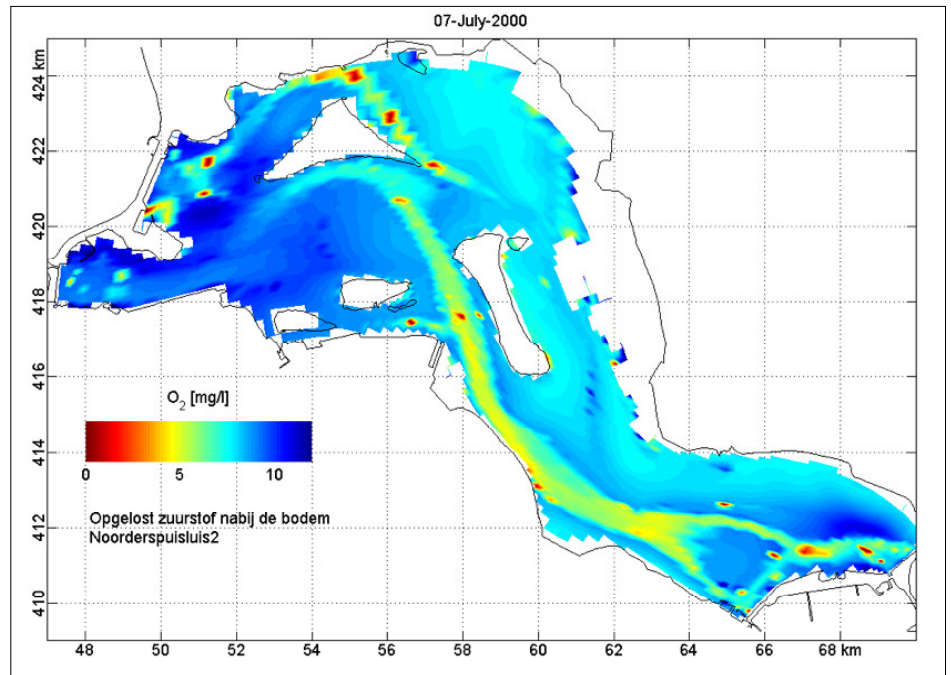
Gedempt getij variant



Maximaal getij variant

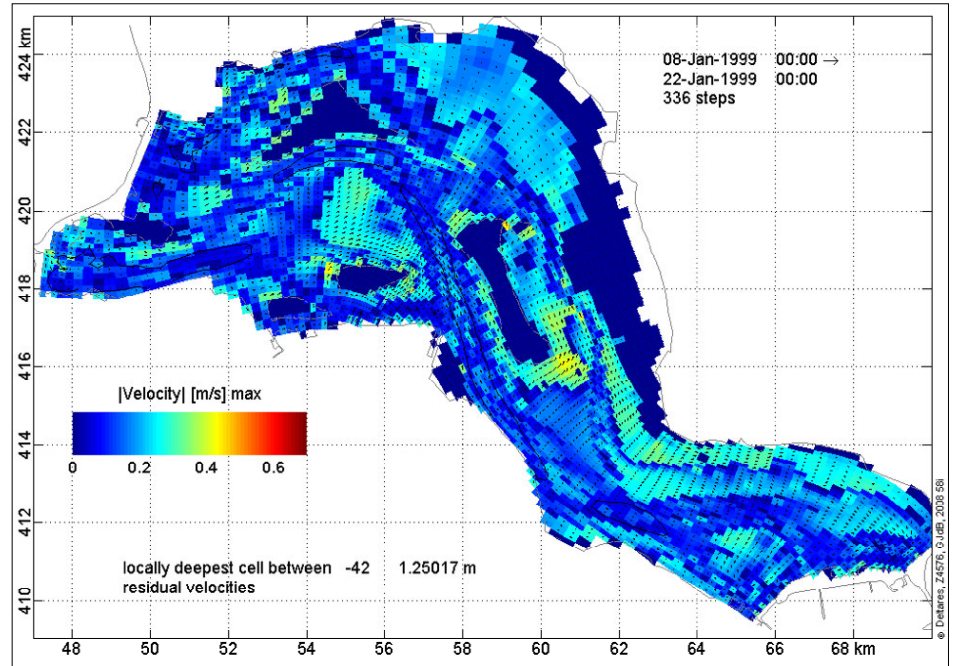


Noordersluis variant

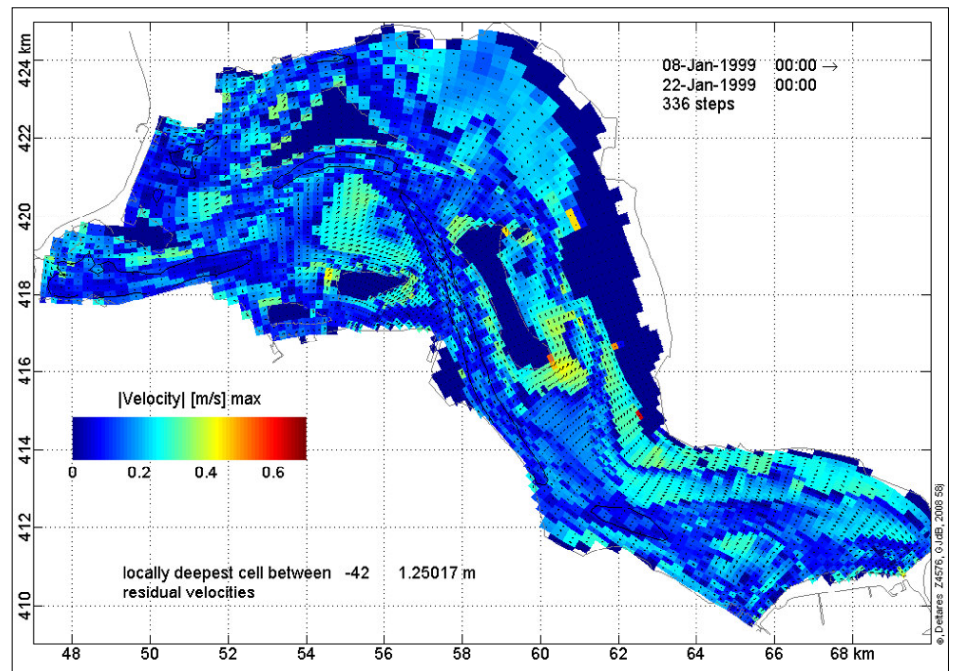


Noordersluis 70:30 variant

Maximale stroomsnelheden op 1m boven de bodem (Arno Nolte, juli 2008)

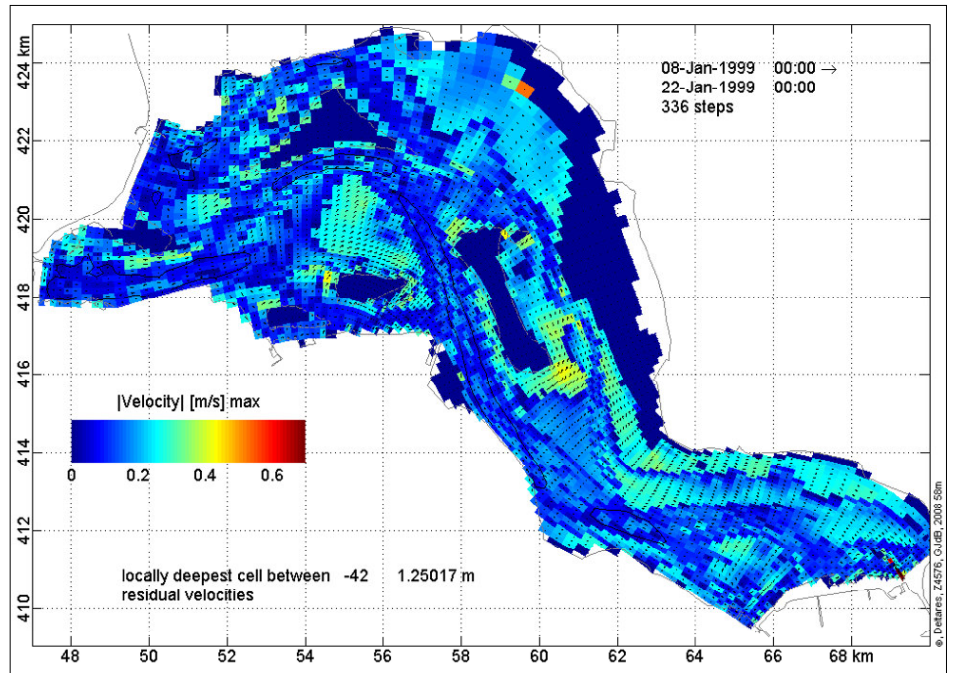


Huidige situatie

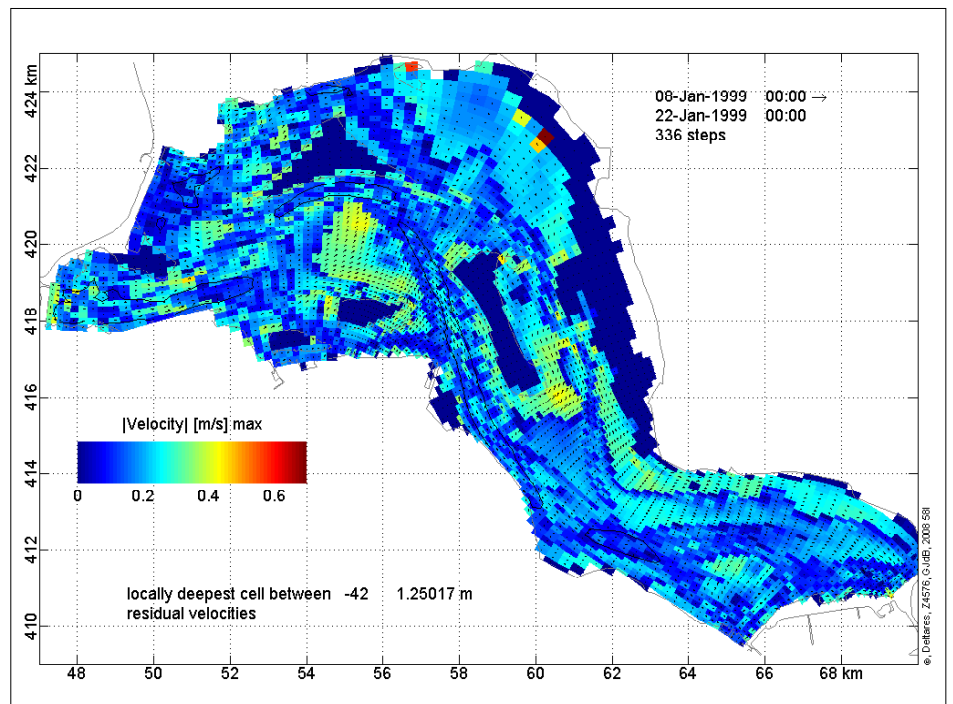


Huidig + variant

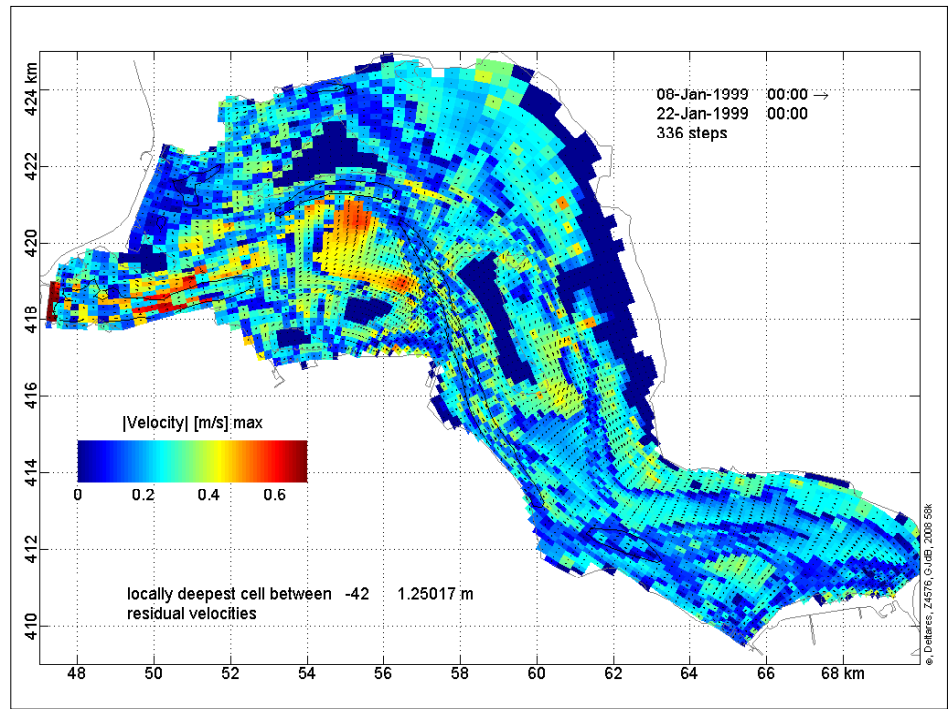




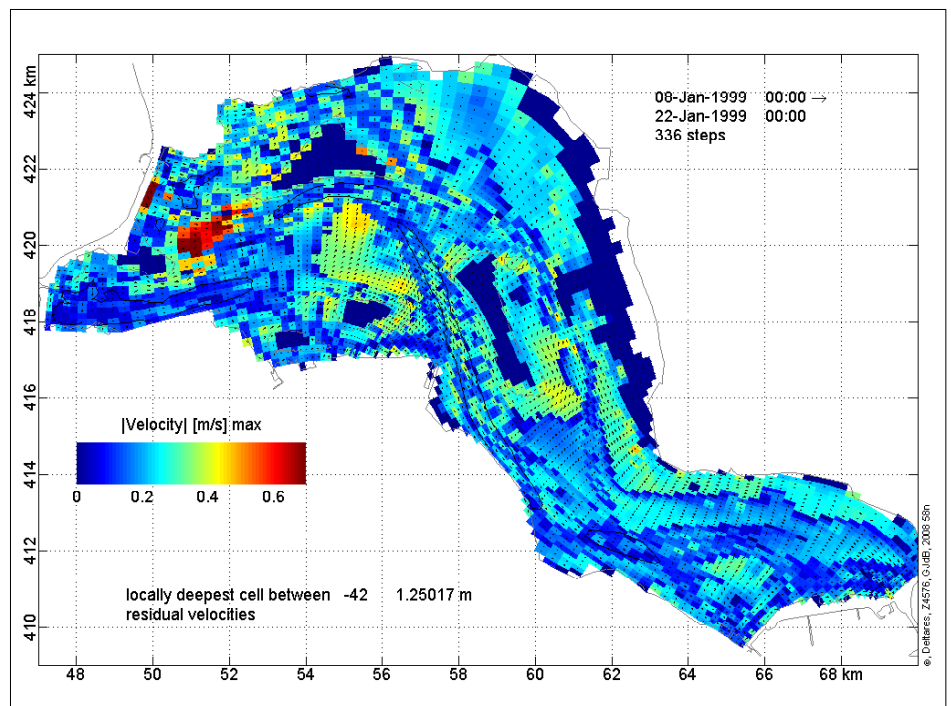
Doorspoel variant



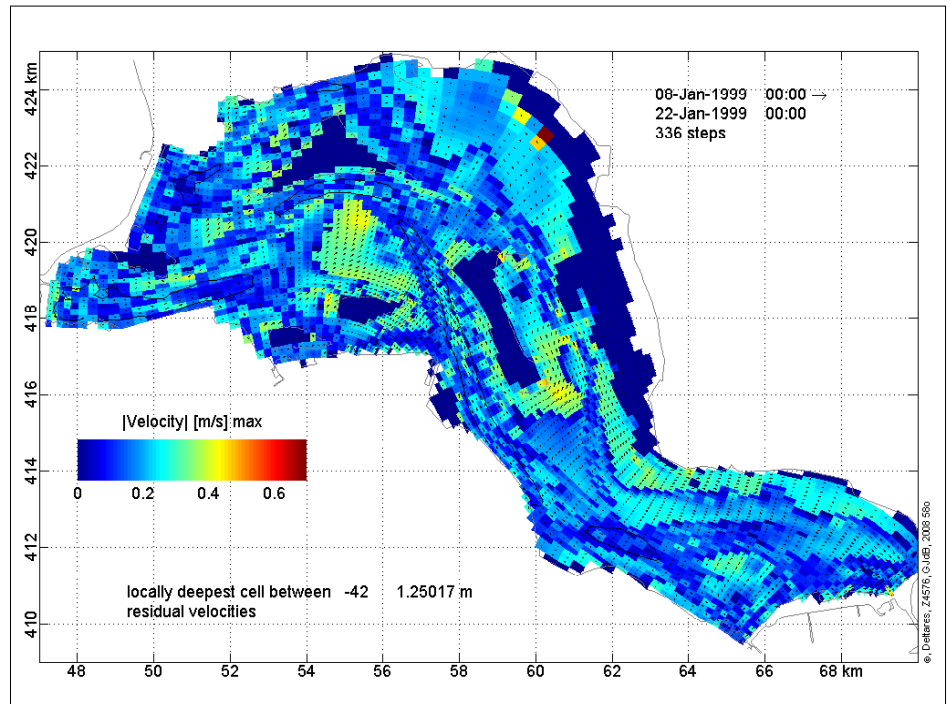
Gedempt getij variant



Maximaal getij variant

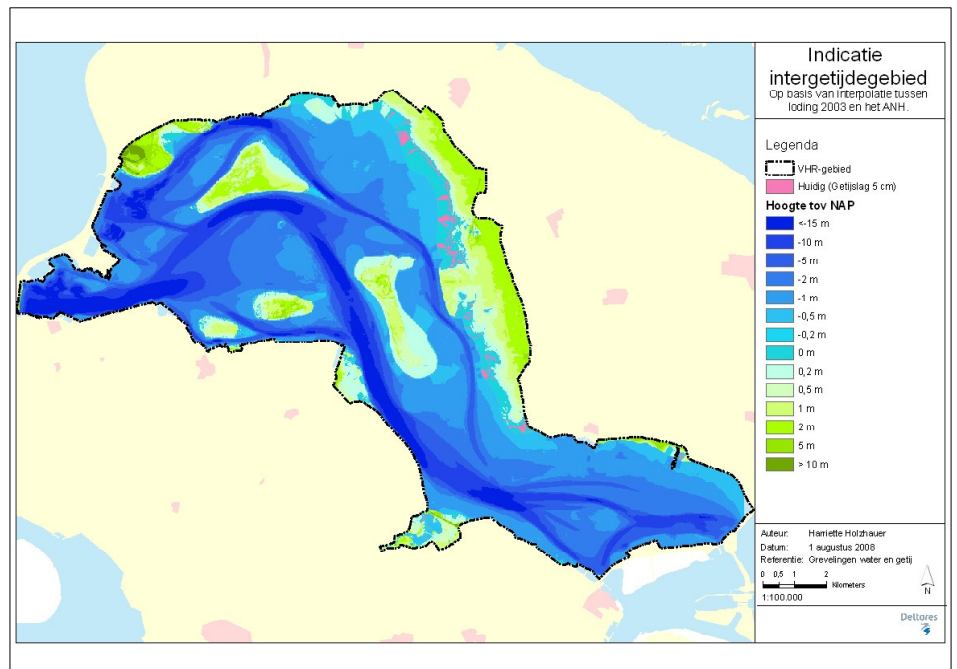


Noordersluis variant

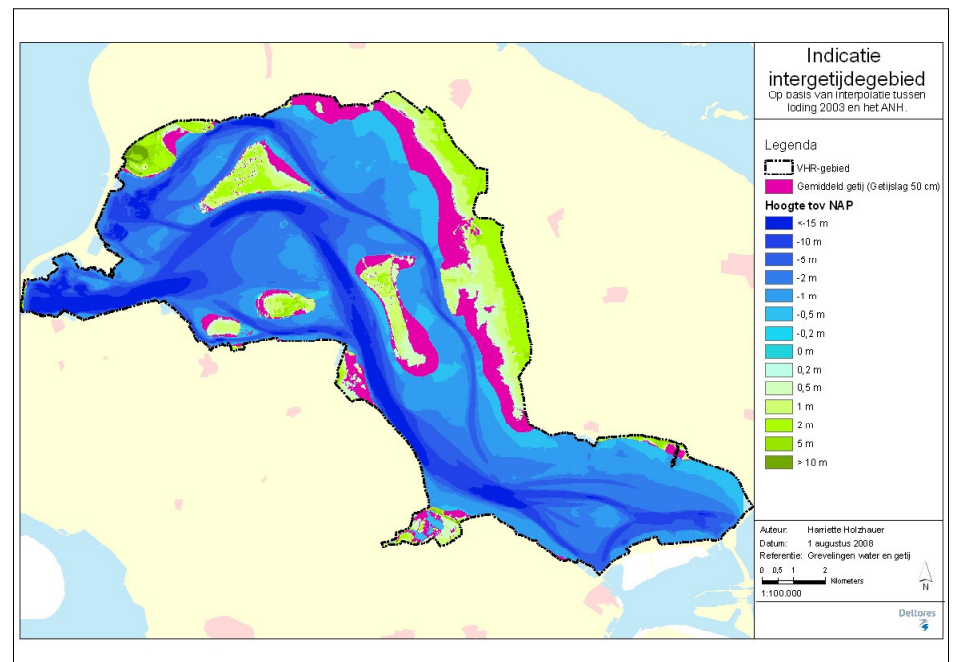


Noordersluis 70: 30 variant

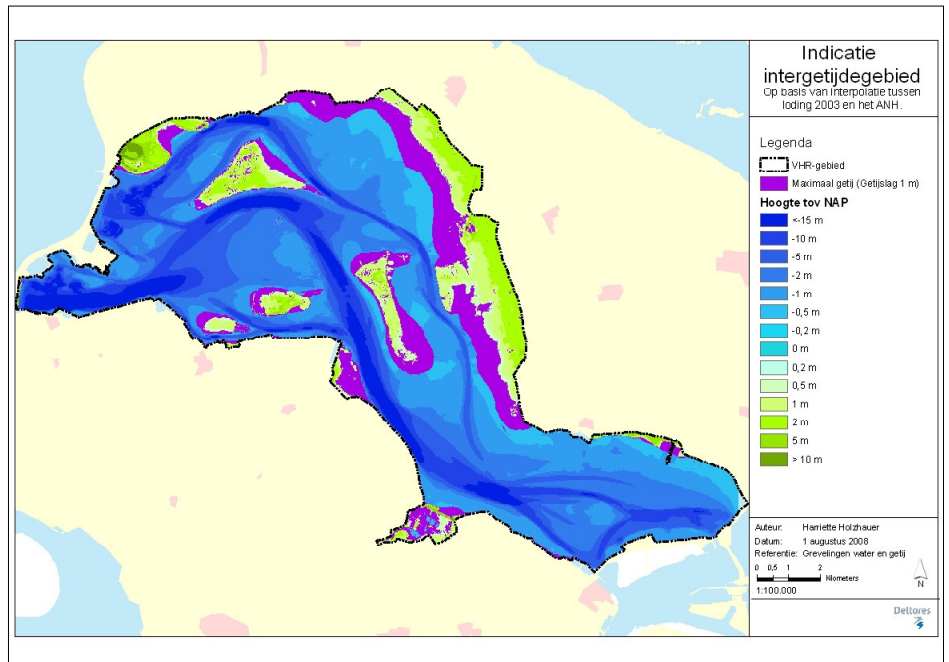
Intergetijden arealen bij de verschillende variant's (Harriette Holzhauser, juli 2008)



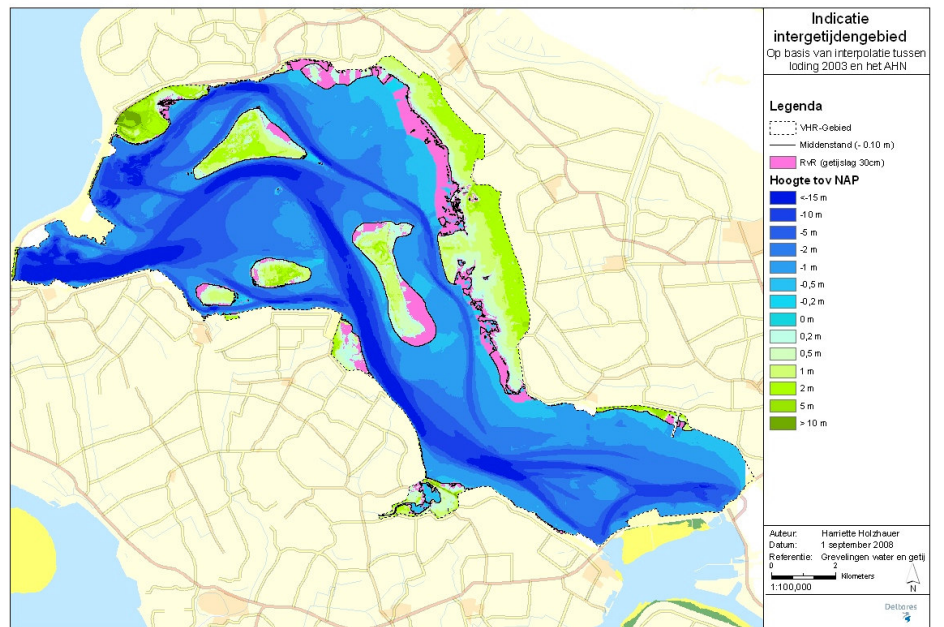
Huidige situatie



Gedempt getij variant



Maximaal getij variant



bouwsteen Ruimte voor de Rivier

# Bijlage 3: Effecten van de bouwstenen op de doelen voor Natura 2000 en KRW

In onderstaande tabel B3.1 is aan de hand van de effectbeschrijvingen een inschatting gemaakt van de effecten van de verschillende varianten op concept KRW- en Natura 2000-doelen. Concept KRW doelen zijn ontleend aan Sierdsma & Van den Broek (2007). Concept Natura 2000 doelen aan het concept gebiedendocument Natura 2000 gebied 115 – Grevelingen.

*Tabel B3.1. Concept KRW doelen en het effect van de verschillende varianten op deze doelen. ++ = zeer positief, + = positief, 0 = geen effect, - = negatief, -- = zeer negatief. Waar mogelijk is tussen haakjes de kwantitatieve voorspelling weergegeven.*

Parameter/ kwaliteitselement	GEP waarde	Flakkeese Spuisluis, Huidig+	Flakkeese Spuisluis, Doorspoel	Doorlaat middel, Gedempt getij (GG)	Doorlaat middel, Gedempt getij verdeeld (NS2)	Doorlaatmid del, Noordersluis (NS1)	Doorlaat middel, Maximaal getij (MG)
<b>Chemische parameters</b>							
Thermische omstandigheden	□25 °C	Geen invloed; in ondiepe gebieden wordt dit misschien niet gehaald tijdens warme zomers.					
Zuurstofhuishouding in de bovenlaag	6-12 mg/l 60-120%	De zuurstofconcentratie in de bovenlaag is in de huidige situatie al goed en zal verbeteren naarmate het instroomdebiet door de sluisen toeneemt. Er is geen KRW doel voor de zuurstofconcentratie in en nabij de bodem waar de echte problemen zitten voor het behalen van een goede ecologische toestand.					
Chloridegehalte	14-18 g Cl <sup>-</sup> /l	0 (16,2)	0 (15,5)	0 (16,8)	0 (16,8)	0 (17,0)	0 (17,0)
Zuurgraad	5,5-9 pH	0	0	0	0	0	0
Totaal fosfor <sup>1</sup>	□0,11 mg P/l	0 (0,034)	0 (0,045)	0 (0,033)	0 (0,034)	0 (0,036)	0 (0,036)
Totaal stikstof <sup>1</sup>	□1,8 mg N/l	0 (0,83)	0 (0,99)	0 (0,89)	0 (0,90)	0 (0,92)	0 (0,93)
Doorzicht <sup>2</sup>	□0,9 m	0 (1,8)	0 (1,7)	0 (1,9)	0 (1,9)	0 (1,9)	0 (1,9)
<b>Fytoplankton</b>							
Abundantie - Chlorofyl-a gehalte <sup>3</sup>	<12 µg/l	0 (5,7)	0 (6,3)	0 (7,9)	0 (8,6)	0 (8,6)	0 (9,1)
Soortensamenstelling (negatieve bloeien) - Aantal cellen Phaeocystis	<10 *10 <sup>6</sup> cel/l	Deze parameter is niet berekend met het model van Deltares, maar zal een soortgelijke trend vertonen als het hierboven gepresenteerde chlorofyl-a gehalte.					
<b>Macrophyten</b>							
Zeegras - kwantiteit (% van potentieel begroeibaar oppervlak begroeid met zeegras) - kwaliteit (% begroeide oppervlak met bedekking zeegras > 60%)	> 50       >40	0	0	0	0	0	0
Zeegras is uit het Grevelingenmeer verdwenen sinds 2000 waarschijnlijk door een te hoog zoutgehalte. Voor terugkeer van zeegras is toevoer van zoetwater nodig hetgeen niet gebeurt bij de doorgerekende varianten.							

Zeesla - % gebied met overlast	< 1%	De bloei van zeesla wordt als één van de knelpunten gezien, maar er zijn geen gegevens die het mogelijk maken deze parameter te toetsen.					
<b>Macrofauna</b>	?	0	0	+	+	++	++
<b>Vis</b>							
Aantal + abundantie diadrome soorten	3-4	0	0	0	0	0	0
Aantal estuariene residenten	6-8	0	0	+	+	++	++
Aantal mariene soorten	8-11	0	0	+	+	++	++
Aantal zoetwatersoorten	0-1	0	0	0	0	0	0

1 De huidige waardes voor totaal-N (0,75) en totaal-P (0,031) zijn veel lager dan dit doel aangeeft en dit zal ook het geval zijn bij alle doorgerekende varianten. Nutriënten mogen dus volgens dit doel sterk toenemen hetgeen ook de algenbloei en zeeslabloei bevordert. De bloei van zeesla wordt juist als een probleem gezien.

2 Het doorzicht is de laatste jaren circa 2,5 m (Bouma et al., 2008). In het model is berekend dat het huidige doorzicht 1,9 m is en dat deze daalt tot minimaal 1,7 m in de doorspoelvariant. Dit doel staat dus toe dat het doorzicht enorm mag verslechteren. Dit zou een probleem op kunnen leveren voor visetende vogelsoorten die op zicht jagen.

3 Het jaargemiddelde chlorofyl-a gehalte is momenteel circa 4,7 µg/l en verwacht wordt dat deze toeneemt tot maximaal circa 9,1 µg/l in de variant maximaal getij. Het chlorofyl-a gehalte en dus de algenbloei mag volgens dit doel dus sterk toenemen. Afbraak van extra organisch materiaal kost zuurstof, waardoor de zuurstofproblematiek versterkt kan worden.

4 In Sierdsma & Van den Broek (2007) zijn geen KRW doelen voor macrofauna gedefinieerd.

Tabel B3.2. Concept Natura 2000 doelen en het effect van de verschillende varianten op deze doelen.  
 ++ = zeer positief, + = positief, 0 = geen effect, - = negatief, -- = zeer negatief.

2a Kustbroedvogels

Soort	Instandhou- dingsdoel (aantal paren) <sup>6</sup>	Flakkeese Spuisluis, Huidig+	Flakkeese Spuisluis, Doorspoel	Doorlaat middel, Gedempt getij (GG)	Doorlaat middel, Gedempt getij verdeeld (NS2)	Doorlaat middel, Noordersl uis (NS1)	Doorlaat middel, Maximaal getij (MG)
Bruine kiekendief	20	0	0	0	0	0	0
Kluut	2.000	0	0	0/+	0/+	+	+
Bontbekplevier	100	0	0	+	+	++	++
Strandplevier	220	0	0	+	+	++	++
Grote stern	4.000	0	0	+	+	++	++
Visdief	6.500	0	0	+	+	++	++
Dwergstern	300	0	0	+	+	++	++

Opmerkingen doelstellingen kustbroedvogels:

- In het conceptgebieden document wordt gebruik gemaakt van informatie tot het jaar 2003, terwijl er gegevens beschikbaar zijn tot en met het jaar 2006 (bijvoorbeeld de verspreidingskaartjes van alle Natura 2000 soorten die op Sharepoint beschikbaar zijn). Hierdoor kloppen de meeste beschrijvingen omtrent de aantallen en verspreiding van kustbroedvogels niet meer. De verspreidingskaartjes en de toelichtingen op de concept doelen spreken elkaar tegen.
- Deze doelen bieden geen houvast voor de beheerder, omdat doelstellingen voor het gehele Deltagebied geformuleerd zijn. Indien er bijvoorbeeld 2.000 kluten elders in het Deltagebied broeden, hoeven er geen kluten in de Grevelingen te broeden. Misschien is een streefgetal te noemen specifiek voor de Grevelingen gebaseerd op lange termijn gegevens?
- Voor de bruine kiekendief, grote stern, visdief en dwergstern zijn geen specifieke aantallen gedefinieerd die in de Grevelingen voor moeten komen (ook niet onder niet-broedvogels). In principe hoeven deze soorten dus niet in de Grevelingen voor te komen.

<sup>6</sup> Behoud omvang en kwaliteit leefgebied met een draagkracht voor de populatie van het Deltagebied van tenminste x paren.



Tabel B3.2. Concept Natura 2000 doelen en het effect van de verschillende varianten op deze doelen.  
 ++ = zeer positief, + = positief, 0 = geen effect, - = negatief, -- = zeer negatief.

2b Visetende vogels

Soort	Instandhou- dingsdoel (aantal vogels) <sup>7</sup>	Flakkeese Spuisluis, Huidig+	Flakkeese Spuisluis, Doorspoel	Doorlaat middel, Gedempt getij (GG)	Doorlaat middel, Gedempt getij verdeeld (NS2)	Doorlaat middel, Noordersl uis (NS1)	Doorlaat middel, Maximaal getij (MG)
Dodaars	70	0	0	+	+	++	++
Fuut	1.600	0	0	+	+	++	++
Kuifduiker	20	0	0	+ / ++	+ / ++	++	++
Geoorde fuut	1.500	0	0	+	+	++	++
Aalscholver	310	0	0	+ / ++	+ / ++	++	++
Kleine zilverreiger	50	0	0	+	+	++	++
Lepelaar	70	0	0	+	+	++	++
Middelste zaagbek	1.900	0	0	+ / ++	+ / ++	++	++

Opmerkingen doelstellingen visetende vogels:

- In het conceptgebieden document wordt gebruik gemaakt van informatie tot het jaar 2003, terwijl er gegevens beschikbaar zijn tot en met het jaar 2006. Hierdoor kloppen de meeste beschrijvingen omtrent de aantallen en verspreiding van visetende vogels niet meer.
- In de concept doelen wordt gesproken over een seizoensgemiddelde. Voor geen van de soorten is 'het seizoen' echter gedefinieerd, waardoor toetsing moeilijk wordt. Misschien moet je een seizoen voor de verschillende soorten aangeven?
- Geen doelstelling geformuleerd voor de scholekster, terwijl deze soort wel in de lijst voorin wordt genoemd.

2c Overige vogelsoorten

Wanneer het oppervlakte pioniersvegetaties en Atlantische schorvegetaties toeneemt, nemen mogelijk ook vogelsoorten die gebruik maken van deze habitats toe. Hierbij valt te denken aan soorten als brandgans, grauwe gans, smient en wintertaling.

Terugkeer van getij mogelijk ook een effect hebben op de bergeend die op bodemfauna foerageert. Aangezien nieuwe intergetijdengebieden ontstaan, waar bodemdieren zich kunnen gaan vestigen, kan het aantal van deze soort mogelijk toenemen.

<sup>7</sup> Behoud omvang en kwaliteit leefgebied met een draagkracht voor een populatie van gemiddeld x vogels (seizoensgemiddelde).

Tabel B3.3 Habitat-typen

Habitat type	Instandhoudingsdoel	Flakkeese Spuisluis, Huidig+	Flakkeese Spuisluis, Doorspoel	Doorlaat middel, Gedempt getij (GG)	Doorlaat middel, Gedempt getij verdeeld (NS2)	Doorlaat middel, Noordersluis (NS1)	Doorlaat middel, Maximaal getij (MG)
H1310 Eenjarige pioniersvegetaties	Behoud oppervlakte en kwaliteit	0	0	0	0	+	+
H1330 Atlantische schorren	Behoud oppervlakte en kwaliteit	0	0	+	+	++	++
H2130 Grijze duinen	Behoud oppervlakte en kwaliteit	0	0	0	0	0	0
H2160 Duindoornstruweel	Behoud oppervlakte en kwaliteit	0	0	0	0	0/-	0/-
H2170 Kruipwilgstruweel	Behoud oppervlakte en kwaliteit	0	0	0	0	0/-	0/-
H2190 Vochtige duinvaleien	Behoud oppervlakte en kwaliteit	0	0	-	-	--	--
H6430 Ruigten en zoomen	Behoud omvang en kwaliteit	0	0	0	0	0	0
H1340 Noordse woelmuis	Behoud omvang en kwaliteit leefgebied voor behoud populatie	0	0	?	?	?	?
H1903 Groenknol- orchis	Behoud omvang en kwaliteit leefgebied voor behoud populatie	0	0	-	-	--	--

1. Het is belangrijk om te realiseren dat de inschattingen die voor deze tabel gemaakt zijn een indicatieve eerste inschatting zijn, horende bij een verkennende studie. Deze resultaten kunnen niet gebruikt worden voor een toetsing aan milieuwetgeving, maar wel voor het vergelijken van de beschouwde bouwstenen. Er waren voor deze studie slechts grove indicaties van getijdenarealen en getijdenbeweging beschikbaar. De vegetatiekartering is afkomstig uit 2001. Uitgebreider onderzoek is nodig om arealen te berekenen van habitat H2190, H1340 en H1903 dat mogelijk verloren gaat bij het realiseren van een getij.

---

# Bijlage 4: Juridische aspecten

## 1 Inleiding

Op basis van de activiteitenlijst en de informatie i.h.k.v. de verkenning wordt hier een overzicht gegeven van de procedurele aspecten met het oog op een te starten planstudie voor dit SNIP-project. Aangegeven wordt:

1. welke activiteiten planmer/besluitmer- en Nbw-plichtig zijn;
2. welke besluiten genomen worden en wat de onderlinge samenhang tussen besluiten en procedures is;
3. welke kansen er tijdens de uitvoering voor vervlechting met de aanbesteding zijn.

De inrichting van het besluitvormingsproces (scoop, fasering, volgorde, etc) hangt voor een belangrijk deel af van de inhoudelijke samenhang tussen activiteiten en de manier van uitvoeren. Het besluitvormingsproces zal gefaseerd verlopen, waarbij in de loop van de tijd meerdere besluiten (plannen, vergunningen, ontheffingen) genomen moeten worden.

### Nieuwe Waterwet

De nieuwe Waterwet (Ww) die medio 2009 van kracht wordt, integreert de besluiten die nu nog afzonderlijk genomen worden op grond van de WVO, Whh, Wbr, Waterstaatswet 1900 en Wkk. Er komt dan op planniveau één projectplan op grond van de Waterwet (bijvoorbeeld in plaats van een peilbesluit, dijkversterkingsplan) en een uitvoeringsbesluit de Waterwetvergunning (WVO, Wbr, etc). Afhankelijk van de fasering in de besluitvorming zal over meerdere projectplannen en vergunningen op grond van de Waterwet besloten worden.

## 2 Mer- en Nbw-plicht

### 2.1 Planmer- en besluitmerplicht

Een planmer is een strategische milieubeoordeling (geen MER). De planmer is verplicht voor kaderstellende besluiten waarin mer-plichtige en Nbwet-plichtige activiteiten worden mogelijk gemaakt. Besluitmer is de reguliere mer voor een juridische bindend besluit met startnotitie, richtlijnen en MER met alternatieven. De volgende activiteiten zijn planmer- en besluitmer-plichtig:

activiteit (cat. Bmer)	drempel voorwaarde	besluit incl Habitatoets Nbw	bevoegd gezag	Conclusie Merplichtig heid
5.4 ophogen bodem Grevelingen	> 200 ha	Projectplan Ww	V&W als waterbeheerder	Ja als >200 ha
18.3 berging baggerspecie	klasse B én > 5.000.000 m <sup>3</sup>	Wm/Wwvergunning	V&W/GS	nee
19.2 uitvoering werk voor overbrenging van water tussen stroomgebieden	onttrekking > 2000 milj m <sup>3</sup> p.j en overgebracht water >5% onttrekkingsdebiet	Projectplan Ww	V&W	Nee, tenzij
27.2 peilwijziging Grevelingen Haringvliet	>16 cm	Projectplan (nieuwe)Waterwet	V&W als waterbeheerder LNV/GS check	ja

De Nota van Toelichting op het Besluit mer geeft een specifiekere omschrijving van de activiteiten. Uitgaande van de voorliggende beschrijving van de activiteiten in de verkenning Grevelingen, zijn de voorlopige conclusies opgenomen in de kolom conclusie mer-plichtigheid in de bovenstaande tabel (zie voor onderbouwing de Toelichting mer-plichtige activiteiten aan het einde van deze bijlage).

De volgende activiteiten zijn wel aangewezen in het Besluit mer maar zullen niet besluitmer-plichtig zijn, omdat niet aan de voorwaarden wordt voldaan (grens omvang activiteit):

- wijziging Deltadijk;
- aanleg sluizen en andere doorlaatmiddelen
- jachthavens, vaargeulverdiepingen.

De getijdecentrale valt niet onder een afzonderlijk aangewezen activiteit maar kan wel onderdeel zijn van een doorlaatmiddel tot peilwijziging (27.2) in de Grevelingen. De centrale moet dan wel behandeld worden in de MER. Welke aspecten van de centrale wel en niet onderzocht moeten worden in die fase, zal nader bepaald moeten worden.

### 2.2 Mer-beoordelingsplicht

Bovenstaande en nog andere activiteiten zijn mer-beoordelingsplichtig. Uitgangspunt hier is dat er een MER wordt opgesteld. Als daarin alle

---

mer-beoordelingsplichtige activiteiten worden opgenomen, vervalt automatisch de mer-beoordelingsplicht. Deze worden hier daarom niet verder behandeld. Mochten de bovengenoemde activiteiten allemaal niet-merplichtig zijn, dan dient nader onderzocht te worden welke activiteiten mer-beoordelingplichtig zijn.

### **2.3 Nbw-plichtig**

Besluit mer-plichtige activiteiten in of bij een aangemeld of aangewezen natuurgebied (N2000-gebied) op grond van de Natuurbeschermingswet 1998 (N2000) moeten per definitie een Passende beoordeling (PB) op grond van de Nbw doorlopen. Integratie van beide procedures is mogelijk en gewenst. De Grevelingen is aangemeld als N2000-gebied zodat voor alle mer-plichtige activiteiten een mer en een passende beoordeling op grond van de Nbw 1998 moet worden opgesteld. De getijdeverbinding tussen de Grevelingen en de Noordzee beïnvloedt direct het N2000 gebied de Voor-Delta, zodat de PB zich ook tot dit gebied moet uitstrekken. Voor de Voor-Delta geldt een aanwijzingsbesluit en een beheerplan. Beiden zijn kaderstellen voor de PB voor het project Grevelingen.

## **3 Samenhang besluitvormingsprocedures**

### **3.1 Kaderstellende besluiten**

In een MER moeten alle redelijkerwijs te beschouwen alternatieven onderzocht worden (art 7.x Wm). In dit stapsgewijze proces begint het met veel keuzemogelijkheden en allengs wordt die keuze ingeperkt en vallen alternatieven af. Een middel tot inperken van alternatieven is een formeel kaderstellend besluit. Zo'n besluit, bijvoorbeeld een plan op strategisch niveau, beoogt randvoorwaarden te stellen waarbinnen de alternatieven ontwikkeld kunnen worden. Een dergelijk kaderstellend besluit dient dan aan een planmer te zijn onderworpen, zoals het BPRW of een afzonderlijk waterbeheerplan voor de Grevelingen op grond van de Waterwet.

### **3.2 Koppeling nieuwe Waterwet**

Centraal in het project staat de kwaliteit van het oppervlaktewater en de onderwaterbodem. Peilwijziging en of baggeren zijn de twee belangrijkste activiteiten besluiten waarvoor het MER wordt opgesteld. Als RWS als waterbeheerder het initiatief neemt, biedt de nieuwe Waterwet de mogelijkheid de mer te koppelen aan het zogenaamde Projectplan. Daarin kunnen alle aspecten van het voornemen op strategisch niveau worden meegenomen. Indien inrichting van een baggerspeciedepot noodzakelijk is, zal het MER ook informatie moeten geven ten behoeve van de Waterwetvergunning voor het depot.

### **3.3 Koppeling WRO**

Het projectplan op grond van de Waterwet geeft geen ruimtelijke doorwerking op bestemmingsplannen van gemeenten en structuurvisies

---

van provincies. Indien in het projectplan bouwwerken zoals een getijde centrale worden opgenomen, zullen daarvoor de bestemmingsplannen moeten worden aangepast. Een andere mogelijkheid is bijvoorbeeld om een integrale afweging te bevorderen, dat het Rijk besluit om voor de Grevelingen de zg Rijksprojectenprocedure op grond van de WRO te volgen. Dit Rijksprojectbesluit komt dan in de plaats van het bestemmingsplan.

### **3.4 Koppeling Nbw**

De natuurdoelen voor de Grevelingen worden nog vastgesteld in een Aanwijzingsbesluit op grond van de Nbw van LNV (BG) op te stellen door RWS (IN). Voor het zekerstellen van de doelen dient een beheerplan met maatregelen te worden opgesteld. De aanwijzing en het beheerplan op grond van de Nbw zijn in belangrijke mate verbonden met het onderhavige project. Inhoudelijk zal er een koppeling moeten bestaan tussen het project en de besluiten op grond van de Nbw, maar een (lichte) procedurele koppeling is ook denkbaar, bijvoorbeeld om het aanwijzingsbesluit te koppelen aan de startnotitie-MER. Voor de Voor-Delta geldt al een aanwijzingsbesluit en een beheerplan. Deze vormen de juridische kaders waarbinnen de activiteit geplooid moet worden.

## **4 Vervlechting procedures en doorkijk uitvoering**

Doel van vervlechten is de aanbesteding parallel te schakelen aan de planvorming, zodat de markt eerder bij het project betrokken wordt en zo zijn kennis kan inbrengen. De doorlooptijd en complexiteit van het project is zo groot dat de (formele) besluitvorming in 3 stappen moet worden beschouwd. Conform de voorstellen van de commissie Elverding is de volgende fasering denkbaar:

Stap1: strategische besluiten en keuzes met randvoorwaarden voor verdere planvorming.

Stap 2: planvorming voor de afzonderlijke activiteiten binnen het project (water, dijken) uitgaande van één gekozen alternatief.

Stap 3: binnen vastgestelde ruimtelijke kaders de uitvoeringsbesluiten ter realisatie van werken.

In deze opdeling liggen de grootste kansen tot vervlechting tussen de fases 2 en 3. Fase 3 moet vooral ruimtelijke randvoorwaarden en doelstellingen formuleren zodanig dat er voldoende zekerheid en flexibiliteit is voor de markt om al te gaan participeren. Fase 1 en 2 kunnen stapsgewijs ingepast worden in de mer-procedure die gekoppeld wordt aan de peilwijziging en de landophogingen. Fase 1 kan ingepast worden in de richtlijnen fase (initiatief en voorkeursalternatief in Startnotitie, advies en inspraak in advies voor richtlijnen, vastlegging voorkeur in vastgestelde richtlijnen mer als kaderstellen voor vervolgonderzoek – en besluitvorming (gekoppeld aan start aanbesteding).

---

## **Toelichting mer-plichtige activiteiten**

In de Nota van Toelichting op het besluit mer (Staatsblad 1999 224) en alle wijzigingen nadien zijn alle de mer-plichtige activiteiten afzonderlijk toegelicht. De onderstaande toelichtingen bevatten de letterlijke teksten uit de Toelichting.

### **ophogen bodem Grevelingen categorie C5.4 (kunstmatige eilanden)**

#### Activiteit

Met een kunstmatig eiland wordt elke ophoging van de zeebodem in de Noordzee of de Waddenzee alsmede van de bodem van grote binnenwateren, zoals het IJsselmeer en de Zeeuwse wateren, bedoeld, althans indien deze bodem bij hoog water niet onder de waterspiegel komt te liggen. In dit verband moet worden gedacht aan industrie-eilanden, buitengaatse overslagplaatsen of opspuitingen.

#### Besluit

Het is waarschijnlijk dat de rijksoverheid bij een initiatief tot de aanleg van een kunstmatig eiland zal zijn betrokken. In bedoelde gevallen zal naar verwachting de Minister van Verkeer en Waterstaat, de Minister van Economische Zaken of een andere minister een besluit over de aanleg van het kunstmatig eiland nemen. Dit zal geschieden op basis van een plan tot aanleg. In dit plan zullen in ieder geval de situering, de wijze van aanleg en de inrichting van het eiland aan de orde moeten worden gesteld. De vaststelling van een dergelijk plan is cruciaal voor het doorgaan van de activiteit.

#### Ophoging bodem Grevelingen

Volgens de toelichting gaat het om vormen van landwinning waarop economische activiteiten ontplooid. De voorziene eilandvorming/landaanwinning heeft hier uitsluitend natuurdoel, zodat betwijfeld kan worden of hier mer-plicht beoogd was. Als echter aan omschrijving in het Besluit wordt voldaan, leert de jurisprudentie dat een sterk formele uitleg gehanteerd moet worden. Voorlopige conclusie: mer-plichtig als drempel oppervlakte wordt overschreden

### **Categorie C18.3 Berging baggerspecie**

In categorie 18.3 is een regeling opgenomen ten aanzien van de m.e.r.-plicht voor het storten van baggerspecie van de klasse 3 of 4. Baggerspecie kent een eigen classificatie. De normering van baggerspecie is gebaseerd op een risicobenadering, waarbij klasse 4 het hoogste potentiële risico verwoordt. Het storten van baggerspecie van de klasse 0, 1 of 2 is niet m.e.r.-plichtig. Indien baggerspecie een gevaarlijke afvalstof is als bedoeld in het Besluit aanwijzing gevaarlijke afvalstoffen (Baga), valt zij overigens in categorie 18.2 (gevaarlijke afvalstoffen).

---

### Berging baggerspecie

De kans dat meer dan 5 milj kuub baggerspecie verplaatst gaat worden, is groot. Het grootste deel zal de (voormalige) klasse 0, 1, en 2 zijn. Dat is niet mer-plichtig. Indien echter klasse 2 zodanig geïsoleerd geborgen wordt dat de drempel van 5 milj wordt overschreden, dit de klasse 2 berging mer-plichtig.

Voorlopige conclusie: niet-merplichtig

### **Categorie C19.2 Overbrenging water tussen stroomgebieden**

De opname van deze nieuwe categorie vloeit voort uit de richtlijn 97/11/EG. Bij deze activiteit gaat het om de overbrenging van grote hoeveelheden oppervlaktewater uit het ene stroomgebied naar het andere stroomgebied. Een van de redenen hiervoor kan zijn de waterschaarste in het ontvangende stroomgebied. Als stroomgebieden zijn in Nederland de stroomgebieden van de rivieren de Eems, de Rijn, de Maas en de Schelde aangewezen. De Eems en de Schelde liggen voornamelijk in de buurlanden, maar delen van Nederland maken wel deel uit van hun stroomgebieden.

De drempels zijn afgestemd op het doel van de activiteit – het al dan niet bestrijden van waterschaarste – en de omvang van de afvoer van de Nederlandse rivieren. De activiteiten die vallen onder categorie 19.1 zullen meer voorkomen in de droge delen van Europa, terwijl de activiteiten die vallen onder categorie 19.2 voor de Nederlandse situatie relevant zijn. Door de drempels vallen de gewone verbindingen tussen de rivieren in Nederland in de vorm van kanalen met sluisen e.d. niet onder de m.e.r.-plicht. Activiteiten met betrekking tot deze gewone verbindingen vallen onder categorie 3 (waterwegen). De gevolgen van de overbrenging kunnen zich in beide stroomgebieden, het leverende en het ontvangende, voordoen en vooral ecologisch van aard zijn.

#### Overbrenging water

Uit de toelichting blijkt dat bij de beoogde activiteit niet gedacht is aan het terugbrengen van getijdenwerking in de Grevelingen. Resteert de beoordeling of de voorgenomen activiteit strikt genomen binnen de wettelijke omschrijving valt.

Daarbij zijn de volgende vragen te formuleren, waarbij het antwoord uitsluitend kan geven:

- is er sprake van overbrenging van water tussen twee stroomgebieden, in casu Noordzee en de Rijn;
- het gemiddeld jaardebiet van het bekken waaraan water wordt onttrokken (Noordzee, Grevelingen) bedraagt meer dan 2.000 milj kuub;
- is de in- en uitstroom van water bedraagt meer dan 5% van die minimaal 2.000 milj kuub.

Als de drempelwaarde in kuubs niet wordt bereikt, kan eenvoudig (en veilig) tot niet-mer-plichtigheid worden geconcludeerd. Zo niet dan is nader onderzoek naar de Europese richtlijn zelf nodig of hier sprake is van twee stroomgebieden en bekkens waaruit water wordt overgebracht.

De voorlopige conclusie luidt: niet mer-plichtig, tenzij.



---

## Categorie C 27.2 Peilwijziging Grevelingen of Haringvliet

In de grote, van de zee afgesloten wateren wordt het peil in enigermate beheerst. Deze grote wateren zijn het Veerse Meer, de Grevelingen, het Haringvliet, het Markermeer alsmede het IJsselmeer en zijn randmeren. De Oosterschelde staat in open verbinding met de zee, behalve wanneer de stormvloedkering wordt gesloten en deze dan de primaire waterkering is. De Oosterscheldekering wordt gesloten wanneer hoge waterstanden worden verwacht. Bepalend hiervoor is de Maatgevende Peil Verwachting (MPV), het verwachte peil waarboven de Oosterscheldekering gesloten moet zijn. Grotere peilveranderingen kunnen belangrijke nadelige gevolgen voor het milieu hebben, in het bijzonder voor het omliggende oppervlakte- en grondwater en daarmee voor de flora en fauna. Met peilwijzigingen worden bedoeld structurele wijzigingen van het (streef-)peil en niet schommelingen als gevolg van veranderingen in de toevoer van water.

### Peilwijziging

Het voornemen bestaat een intergetijdegebied te creëren in de Grevelingen met een waterstandvariatie tussen de -70 en +30 NAP. Het (jaar)gemiddelde streefpeil zou dan minder dan 16 cm zijn en daarmee geen mer-plichtige activiteit opleveren.

De drempelwaarde gaat uit van een structurele peilwijziging (verlaging én verhoging). Dat is met het hoog- en laagtij structureel het geval, nl. om de 6 uur, zodat de variatie veel groter is dan 16 cm en ook nog zout water bevat. Dat heeft mogelijk grote milieugevolgen, overeenkomstig het doel van de mer-plichtigheid bij deze activiteiten. Voorlopig moet daarom worden uitgegaan van de mer-plichtigheid van het voornemen.