

Verminderd getij

Verkenning naar mogelijke maatregelen om het verlies van platen, slikken en schorren in de Oosterschelde te beperken.

Hoofdrapport

E. van Zanten en L.A. Adriaanse

Mei 2008



Rijkswaterstaat

Inhoud

Voorwoord	4
Dankwoord	5
Samenvatting	6
1 Inleiding	11
1.1 Aanleiding	11
1.2 Doel en proces	12
1.3 Waardering van intergetijdengebied in de delta	13
2 Belangen in de Oosterschelde	15
3 Wetten, regels en beleid	19
3.1 Europese richtlijnen	19
3.2 Nederlandse wet- en regelgeving	20
3.3 Beleid en beheer	21
4 Zandhonger en verlies van intergetijdengebied	22
4.1 Wat is zandhonger?	23
4.2 Wat is het gevolg voor slikken en platen?	23
4.3 Wat is het gevolg voor schorren?	25
4.4 Wat bepaalt de erosiesnelheid?	25
4.5 Wat brengt de toekomst?	28
4.6 Zandhonger in de Voordelta	31
5 Gevolgen voor veiligheid, natuur en gebruikers	32
5.1 Natuur	32
5.2 Veiligheid	39
5.3 Scheepvaart	42
5.4 Schelpdiervisserij	43
5.5 Recreatie	44
6 Maatregelen	47
6.1 Oorzaak bestrijden	47
6.1.1 <i>Meer water door de geulen laten stromen</i>	47
6.1.2 <i>Zandaanvoer stimuleren</i>	51
6.2 Effecten bestrijden	57
6.3 Elders vergelijkbare natuur ontwikkelen	61
6.4 Totaaloverzicht van de maatregelen	62
7 Maatschappelijke kosten-batenanalyse	64
7.1 Doel en uitgangspunten	64
7.2 Alternatieven	65
7.3 Resultaten	67
7.4 Robuustheid van de analyse	70
7.5 Mogelijkheden voor verbetering	71
8 Vervolg	72
8.1 Mogelijke maatregelen	72
8.2 Wenselijke maatregelen	72
8.3 Bewustwording	73
8.4 Studies en praktijkproeven	73
8.4.1 <i>Praktijkproeven</i>	73
8.4.2 <i>Studies en monitoring</i>	75
8.4.3 <i>Gebiedsgerichte aanpak en uitvoeringsbesluit</i>	77

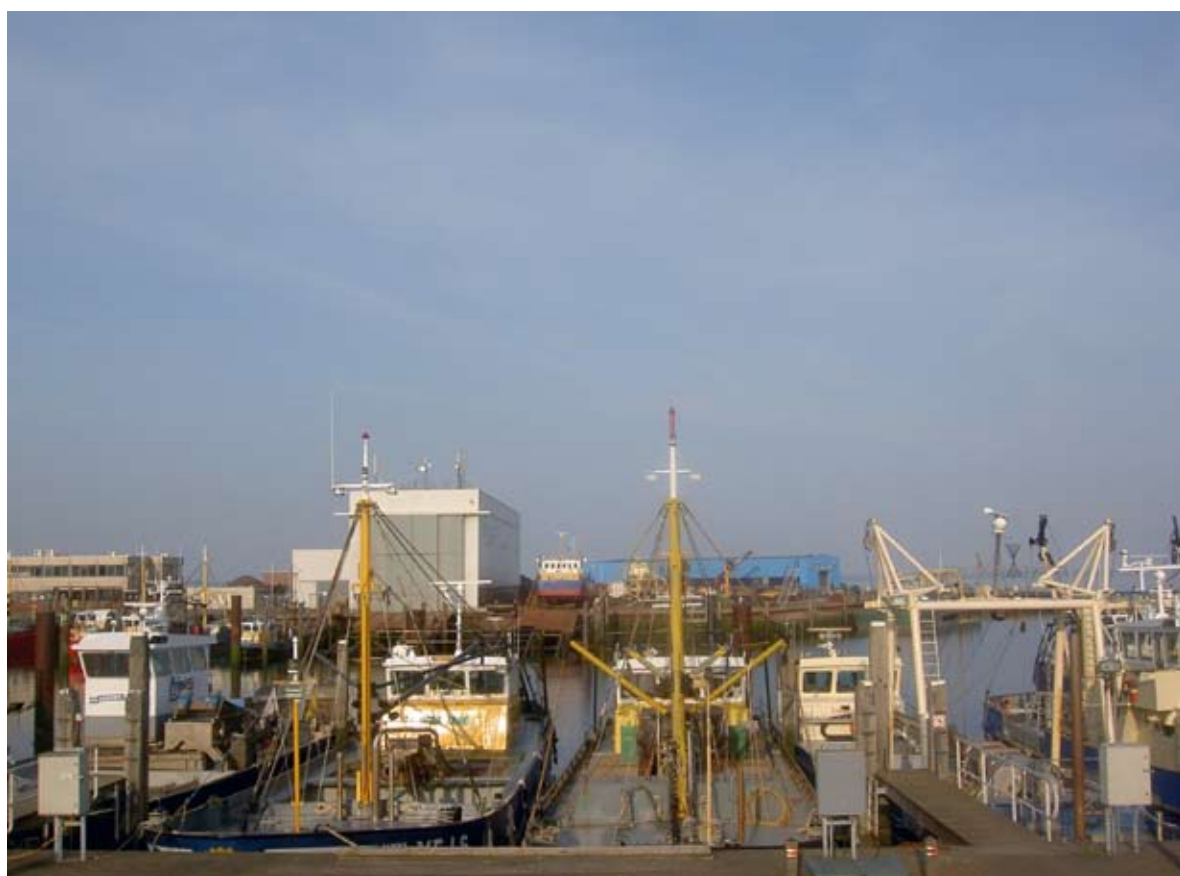
Voorwoord

Zelfs nu, 20 jaar na afloop van de deltawerken werken de gevolgen van de aanleg de stormvloedkering en dammen door. De Oosterschelde blijft veranderen. De karakteristieke platen, slikken en schorren van de Oosterschelde verliezen langzaam maar zeker hoogte en zullen, zonder ingrijpen, op een termijn van tientallen jaren vrijwel geheel onder de golven zijn verdwenen. Dit proces staat bekend als de 'zandhonger'.

Directoraat-Generaal Water heeft Rijkswaterstaat opdracht gegeven om te verkennen of er maatregelen mogelijk zijn die de negatieve effecten van de zandhonger kunnen remmen of stoppen. De resultaten van deze verkenning staan in het voorliggende rapport 'Verminderd getij'.

Verminderd getij is een synthese van een aantal (deel)rapportages naar de effecten en mogelijke maatregelen tegen de zandhonger. De rapportage bestaat uit twee delen: Een brochure en een hoofdrapport (dit rapport).

De onderliggende verkenningen zijn uitgevoerd door het Instituut voor strategisch en toegepast marien onderzoek, Imares Wageningen, het Waterloopkundig Laboratorium/Delft Hydraulics te Delft, Royal Haskoning te Rotterdam, Witteveen en Bos te Rotterdam, Aquasense te Amsterdam, Alkyon te Emmeloord, Ecocurves te Haren en door een student van de faculteit civiele techniek van de TU Delft. Voor de geïnteresseerde lezer die dieper op de deelverkenningen wil ingaan, zijn de relevante onderzoeken op de bijgeleverde cd-rom gezet.



Dankwoord

Veel mensen hebben de afgelopen jaren bijgedragen aan de totstandkoming van dit rapport. We zijn dank verschuldigd aan hen allemaal, en met name aan de volgende personen:

Renske Postma voor haar rol als redacteur van dit rapport en haar verwerken van commentaren.

De leden van de projectgroep Verkenning Zandhonger (Dirk van Maldegem, Hans van Pagee, Erik Schuilenburg, Gé Beaufort, Gert Jan Liek, Dirk Simon Beerda, Benno Koehorst, Rolf Ruks, Cornelis Israel en Stephanie van Workum) willen we bedanken voor het helpen formuleren van de onderzoeksvragen, het interpreteren van de resultaten, hun denkkraft en bij het becommentariëren van concept versies.

Ties Verhoeven willen we bedanken voor de helderheid die hij met zijn onderzoek heeft geschapen in de factoren die de erosie bepalen.

Jeroen Wijsman (Imares), Kees Rappoldt (Ecocurves), Sjaak Jacobse (Royal Haskoning), Tom Jongeling (Delft Hydraulics), Carlo Rutjes (Aquasense) en Eveline Buter (Witteveen en Bos) willen we bedanken voor de prettige samenwerking bij de uitvoering van de diverse onderliggende onderzoeken.

Nelie Houtekamer voor het organiseren van de bijeenkomsten van belanghebbenden,

Dick de Jong, Peter Meininger, Cor Berrevoets, Bert Wetsteyn, Belinda Kater en Fred Twisk willen we bedanken voor het uiteenrafelen van de doorwerking van de zandhonger op het ecologisch systeem, Aylin Erkman voor de uitleg van de complexe natura 2000 wetgeving.

Jan van den Broeke bedanken we voor zijn inzet om de figuren op te maken tot begrijpelijke afbeeldingen.



Samenvatting

Aanleiding en doel van de verkenning zandhonger

Na de overstromingsramp van 1953 was duidelijk dat Zeeland beter beschermd moest worden tegen overstromingen. Het eerste plan bestond uit het afdammen van vrijwel alle zeearmen in de delta. In de jaren zeventig, toen de eerste afsluitingen een feit waren, ontstond een wending in het denken. Onder invloed van natuur- en visserijorganisaties besloot de regering de Oosterschelde niet af te dammen, maar te voorzien van een stormvloedkering. Zo zouden de waardevolle getijdennatuur en de schelpdiervisserij grotendeels behouden blijven. Deskundigen voorspelden toen al dat de natuur wel ongewenste effecten zou ondervinden. Geulen en platen zouden enigszins nivelleren. Inmiddels zijn de effecten zichtbaar. Het proces voltrekt zich sneller dan voorspeld.

Het verlies aan platen, slikken en schorren is niet alleen nadelig voor de natuur, maar ook voor de instandhouding van dijken, scheepvaart, recreatie en schelpdiervisserij. Het ministerie van Verkeer en Waterstaat heeft in samenwerking met het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit de effecten onderzocht en heeft verkend of er mogelijke maatregelen zijn om het verlies van platen, slikken en schorren te stoppen of te beperken. Tussenresultaten zijn besproken met het Overleg nationaal park Oosterschelde en belangengroepen.

Oorzaak van de zandhonger

Sinds de aanleg van de Oosterscheldewerken stroomt er minder water in en uit de Oosterschelde. De getijdengeulen zijn te groot voor de kleinere hoeveelheid water. Het water stroomt daardoor langzamer dan voorheen en heeft onvoldoende kracht om sediment te verplaatsen van de geulen naar het intergetijdengebied. Bij storm spoelt er wel zand van het intergetijdengebied in de geulen. Al het zand dat in de geulen terecht komt, blijft daar liggen. De afbrekende krachten werken nog wel, maar de opbouwende krachten niet. Het evenwicht is verstoord, de afbraak van intergetijdengebied overheerst. Dit proces staat bekend als de "zandhonger"

Voor het stillen van de zandhonger is vierhonderd à zeshonderd miljoen kubieke meter zand nodig. Dit is 30 tot 50 keer het jaarlijkse suppletievolume van de gehele Nederlandse kust. Aanbrengen van deze hoeveelheid zand vanuit zee is vanuit logistiek en kostenoverwegingen niet haalbaar.

Toekomst van het intergetijdengebied

In de intergetijdengebieden zit 140 miljoen m³ zand opgeslagen, onvoldoende om de zandhonger te stillen. Als geen maatregelen getroffen worden voor het behoud van het intergetijdengebied, zijn de volgende ontwikkelingen te verwachten:

Rond 2050 zullen de platen en slikken in de Oosterschelde gehalveerd zijn. Het oppervlak neemt af van elfduizend in 1986 tot ongeveer vijfduizend hectare in 2045. In de periode tot 2100 bereikt het intergetijdengebied een eindsituatie van ongeveer vijftienhonderd hectare.

Schorren zijn in 2050 alleen nog op beschutte locaties te vinden (Rattenkaai en Krabbenkreek). De schorren op onbeschutte locaties zijn rond die tijd geheel verdwenen.

De intergetijdengebieden verdwijnen door twee processen: de randen brokkelen af en de platen en slikken worden lager. Door dit tweede proces 'verdrinken' de intergetijdengebieden langzaam.

Gevolgen voor natuur, veiligheid en gebruik

Natuur. Op intergetijdengebieden leven veel bodemdieren, zoals kokkels en mossels. Die vormen het voedsel voor watervogels. Door het verlies aan intergetijdengebied, komt er minder voedsel beschikbaar. Omdat de platen en slikken steeds korter droogvallen, hebben de vogels minder tijd om te eten. Uit berekeningen blijkt dat het aantal scholeksters hierdoor rond 2045 met tachtig procent zal zijn afgenomen. Andere slikgebonden wadvogels wacht eenzelfde lot.

Veiligheid. Dijken langs de Oosterschelde moeten sterk en hoog genoeg zijn om hoge golven en waterstanden te weerstaan. Als het voorland voor een dijk door de zandhonger lager wordt of zelfs geheel verdwijnt, kunnen nog hogere golven de dijk bereiken. Die vormen een grotere belasting. Bij het ontwerp van de huidige dijkversterkingen is het effect van de zandhonger wel meegenomen, maar te laag geschat. Daardoor zijn in de komende vijftig jaar extra investeringen nodig in dijkversterkingen. Afhankelijk van het verloop van andere omstandigheden, zoals klimaatverandering, zullen de extra kosten naar verwachting variëren van circa 25 à 45 miljoen euro in het gunstigste geval tot 90 à 260 miljoen euro in het ongunstigste geval.

Scheepvaart. In de grote scheepvaartgeulen blijft periodiek baggerwerk noodzakelijk. Enkele kleinere geulen in de buurt van intergetijdengebied zullen aanzienlijk ondieper worden.

Schelpdiervisserij. Het effect van zandhonger op de mosselvisserij is onzeker. Er komt meer ondiep water en dat is geschikt voor mosselteelt. Maar de omstandigheden worden ruwer doordat beschutte locaties verdwijnen. De mossels krijgen ook meer concurrentie van de Japanse oester, omdat het leefgebied voor die soort sterk toeneemt. Kokkelvisserij is alleen mogelijk als er meer kokkels zijn dan nodig als voedsel voor de steltlopers. Door de afname van het intergetijdengebied zal het kokkelbestand afnemen. De kokkelvisserij zal daarom minder vaak mogelijk zijn.

Recreatie. De Oosterschelde blijft aantrekkelijk voor recreanten, ook als de intergetijdengebieden verdwijnen. Een 'rondje rond de plaat', met zicht op vogels en zeehonden, zal over enige tijd niet meer mogelijk zijn. Dat maakt het gebied minder waardevol.



Platen en slikken in de Oosterschelde

Maatregelen

In deze verkenning zijn drie soorten maatregelen onderzocht:

1. oorzaak van de zandhonger bestrijden (meer water door de geulen laten stromen of meer zand in de geulen brengen);
2. effect van de zandhonger bestrijden (verlies van intergetijdengebied tegengaan);
3. elders vergelijkbare natuur ontwikkelen.

Voor ieder type maatregel zijn de technische uitvoerbaarheid, de effectiviteit en de kosten verkend. Geen van de maatregelen is getest in de Oosterschelde. Een definitief oordeel over de haalbaarheid is dan ook nog niet mogelijk.

Maatregel	Oordeel	Kennishiaten
Verwijderen Oosterscheldekering en compartimenteringsdammen	Geen nadere bestudering. Weliswaar effectief tegen de zandhonger, maar zeer kostbaar (miljarden investering) en vereist ingrijpende vervangende maatregelen voor onder meer veiligheid.	
Meer water door de kering laten stromen	Geen nadere bestudering. Hoge investeringen noodzakelijk voor afname van de zandhonger die onvoldoende is om de platen en slikken te redden.	
Verbinden met Volkerak-Zoommeer of Westerschelde (Overschelde)	Geen nadere bestudering te behoeve van zandhonger. Hoge investeringen, gering effect op zandhonger.	
Ontgrondingskuilen aanpassen om zandimport te vergroten	Mogelijke maatregel voor de lange termijn. Verdient nadere bestudering.	Werking en technische haalbaarheid nog onduidelijk. Kan de Voordelta zand kan missen?
Suppleties in de Voordelta	Mogelijke maatregel voor de lange termijn in combinatie met ontgrondingskuilen aanpassen. Verdient nadere bestudering.	
Geulen opvullen tot evenwicht	Onhaalbaar voor hele Oosterschelde. Optie voor lokale invulling in Krabbenkreek, Slaak en Mosselkreek. Lokale inzet vergt nadere bestudering.	Kwantificeren benodigde hoeveelheid zand. Effecten op waterstanden en gebruik.
Suppleren intergetijdengebied	Mogelijke maatregel. Periodiek onderhoud noodzakelijk. Verdient nadere bestudering en praktijkproef.	Levensduur en effect op bodemleven onbekend.
Schelpdierbanken aanleggen om afslag te vertragen	Interessante maatregel. Oesterbanken vormen een effectieve golfbreker. Het effect van mosselbanken is onzekerder, maar die zijn mogelijk te combineren met mosselteelt en/of voedsel voor scholeksters. Verdient nadere bestudering en praktijkproef.	Is aanleg op dynamische plaatranden mogelijk?
Oeververdediging	Oeververdediging in serie lijkt interessant. Biedt mogelijkheid om hoogtezones te behouden voor ecologie en veiligheid. Verdient nadere bestudering en praktijkproef.	Nog geen ervaring met aanleg en onderhoud. Effectiviteit? Is combinatie met schelpdiercultures mogelijk? Is de constructie landschappelijk inpasbaar?
Paalhoofden als golfbrekers	Interessant. Mogelijke combinatie met mosselteelt? Mogelijk combinatie met getrapte oeververdediging. Verdient nadere bestudering en praktijkproef	Onduidelijk of de paalhoofden de erosie tegen kunnen houden.
Vergelijkbare getijdennatuur elders creëren	Behoud van getijdennatuur in de Oosterschelde verdient de voorkeur omdat de kwaliteit van elders gecreëerde getijdennatuur minder zal zijn	

Een structurele en natuurlijke lange termijn oplossing verdient de voorkeur. Die wordt mogelijk geboden door aanpassing van de ontgrondingskuilen om zandimport door de kering mogelijk te maken. Dat kan er toe leiden dat de geulen zich langzaam vullen met zand. Natuurlijke aanvulling van de slikken en platen zal pas na zal vele tientallen jaren aanvangen, dus in de tussenliggende tijd zal intergetijdengebied met suppleties of erosieremmende maatregelen in stand moeten worden gehouden. Het zand dat nodig is om de geulen op te vullen zal moeten komen uit strategische suppleties aan de kust en in de Voordelta. Deze voorraad zal niet alleen de Oosterschelde voeden, maar kan ook fungeren als zandvoorraad voor de instandhouding van het kustfundament van de Zeeuwse en Hollandse kust en is noodzakelijk voor de kustveiligheid bij verdergaande zeespiegelstijging. De aanleg van deze strategische suppleties vereist een aanzienlijke toename van het huidige programma van kustsuppleties.

Maatschappelijke kosten-batenanalyse

Een maatschappelijke kosten-batenanalyse (mkba) geeft inzicht in de kosteneffectiviteit van maatregelen. Alleen kosten en baten die in geld zijn uit te drukken, worden in beeld gebracht. Als onderdeel van de verkenning is een mkba voor drie alternatieve maatregelenpakketten uitgevoerd. De alternatieven streven naar een minimale, gematigde en maximale beperking van het verlies van intergetijdengebied. De uitvoering van de maatregelen in de alternatieven kosten geld (uitvoeringskosten). Daar staan baten tegenover. De belangrijkste baat in de drie alternatieven is dat kosten voor dijkversterking geheel of gedeeltelijk vermeden worden doordat getijdengebieden voor de dijken in stand blijven. Het behoud van intergetijdengebied levert ook andere welvaartseffecten voor de samenleving op.

Alle drie de alternatieven leveren netto baten voor de samenleving op. Extra investeringen in behoud van intergetijdengebied verdienen zich terug in extra baten voor de natuurfunctie en de verervingswaarde (welvaart door behoud natuurgebied). De baten voor de natuur worden nog groter als ook de intrinsieke natuurwaarde meegewogen wordt. Die blijft in de maatschappelijke kosten-batenanalyse echter buiten beschouwing. Behoud van het intergetijdengebied is kosteneffectiever voor het waarborgen van de veiligheid dan versterking van de steenbekledingen. Dit komt vooral door de lagere uitvoeringskosten van de voorlandssuppleties. De voorlandssuppleties leveren daarnaast grote baten voor natuur of andere functies op. De uitkomsten van de mkba zijn echter met grote onzekerheden omgeven, met name op het gebied van effectiviteit, aanleg en onderhoudskosten.

Conclusie

Uit deze verkenning blijkt dat er mogelijke maatregelen zijn om het verlies aan intergetijdengebied te beperken. Een structurele oplossing op de lange termijn wordt mogelijk als aanpassing van de ontgrondingskuilen bij de Stormvloedkering zandimport naar de Oosterschelde op gang brengt. Het is dan wel nodig dat er extra zand wordt gesuppleerd op de kust in de omgeving van de Stormvloedkering. Dat vereist een aanzienlijke toename van het huidige kustsuppletieprogramma, maar levert ook een bijdrage aan het op peil houden van de hoeveelheid zand in de kustzone (het kustfundament). Dat is noodzakelijk voor de kustveiligheid bij verdergaande zeespiegelstijging.

Het zal vele tientallen jaren duren voordat de structurele oplossing leidt tot aanvulling van de intergetijdengebieden van de Oosterschelde. In de tussenliggende tijd zal het verlies aan intergetijdengebied beperkt kunnen worden met suppleties op platen en slikken in combinatie met erosieremmende maatregelen.

De maatregelen zijn met onzekerheden omgeven. Er is te weinig inzicht in effectiviteit, uitvoerbaarheid en kosten om nu te besluiten over aanpak van de zandhonger. Er is daarom een vervolgtraject van nadere studie en veldexperimenten gepland. Vooralsnog worden de kosten voor maatregelen voor behoud van het grootste gedeelte van het intergetijdengebied geschat op enkele miljoenen € per jaar.

Natura 2000

De Oosterschelde is aangewezen als speciale beschermingszone voor 15 slikgebonden vogels en voor het habitat grote ondiepe baaien. De kwaliteitsdoelstelling voor het habitat betreft behoud van de



variatie en oppervlakten aan slikken en platen en geulen. Kwaliteitsverbetering in de volle breedte wordt gezien de zandhonger niet realistisch geacht. De zandhonger leidt tot een verwachte afname van platen en slikken met ongeveer 50 ha per jaar.

In de voorlopige instandhoudingdoelen van de slikgebonden vogels wordt rekening gehouden met de 50 ha afname van foerageerhabitat per jaar.

Om de achteruitgang van platen en slikken zoveel mogelijk 'te remmen' dan wel te stoppen zal nader onderzoek plaats vinden naar effectieve maatregelen voor de korte en (middel)lange termijn. Met deze verkenning naar de mogelijke maatregelen is een eerste stap gezet in dit onderzoek.

Vervolg

De mogelijke maatregelen uit deze verkenning zijn met onzekerheden omgeven en niet getest in de Oosterschelde. De verkenning wordt daarom verlengd met een tweede fase waarin de mogelijke maatregelen in de praktijk worden getoetst. De volgende activiteiten staan op stapel: Op de Galgeplaat voert Rijkswaterstaat een suppletie van 150.000 m³ zand uit om te onderzoeken of dit een zinvol herstellende maatregel is. Rijkswaterstaat laat nader onderzoeken of de blokkade voor zandimport door de Oosterscheldekering kan worden opgeheven en wat voor gevolgen dat zal hebben voor de Oosterschelde en Voordelta.

Het consortium Building with Nature, WINN Biobouwers en Rijkswaterstaat zijn samen begonnen met de voorbereiding van een of meer proeven voor stabiliserende maatregelen.

De praktijkproeven en nader onderzoek zijn bedoeld om inzicht in de haalbaarheid van de maatregelen te vergroten. Pas dan kan worden gestart met ontwikkelen van gebiedsgerichte maatregelpakketten. Per plaat of slik wordt dan een integrale afweging voor behoud (ecologie, veiligheid, medegebruik) gemaakt en aangegeven welke maatregelen daarvoor op korte en (middel)lange termijn kunnen worden ingezet. Deze gebiedsgerichte maatregelpakketten worden naar verwachting in 2012/2013 ontwikkeld. Daarop volgt besluitvorming of maatregelen verder worden gedetailleerd in een planstudie en zullen worden opgenomen in het stroomgebiedsbeheerplan van 2015-2021.



1 Inleiding

Na de overstromingsramp van 1953 werd besloten vrijwel alle zeearmen in Zeeland af te dammen. In de jaren zeventig veranderden de maatschappelijke wensen. De regering paste het plan aan: de Oosterschelde werd niet volledig afgedamd, maar kreeg een stormvloedkering. Een belangrijke reden voor deze ommekeer was de wens om waardevolle getijdennatuur te behouden. Een stormvloedkering zou de natuur ook beïnvloeden, maar aanzienlijk minder. Deskundigen voorspelden al wel dat de getijdengeulen 'zandhonger' zouden krijgen en dat waardevolle platen, slikken en schorren erosie zouden ondervinden, maar ten tijde van de besluitvorming was nog weinig bekend over de werkelijke omvang van de zandhonger.

Inmiddels zijn de effecten van de zandhonger duidelijk zichtbaar. Het proces voltrekt zich sneller dan voorspeld. Dat is niet alleen nadelig voor de natuur, maar ook voor de veiligheid van de dijken, scheepvaart, recreatie en schelpdiervisserij. Het ministerie van Verkeer en Waterstaat onderzoekt samen met het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit de effecten en verkent of er mogelijke maatregelen zijn om het verlies van platen, slikken en schorren te stoppen of te beperken.

1.1 Aanleiding

Vanaf de dijk gezien lijkt de Oosterschelde nog op die zeearm van vóór de Deltawerken. Maar toch is er het een en ander veranderd. Het dynamische evenwicht tussen opbouw en afbraak van platen, slikken en schorren is verstoord. Sinds de aanleg van de kering en de compartimenteringsdammen stroomt er per getij minder water door de getijdengeulen. De geulen zitten nu te ruim in hun jasje en hebben 'zandhonger'. Het gevolg is dat er bij rustig weer geen opbouw van intergetijdengebied meer plaatsvindt met sediment uit de geulen, terwijl bij stormen wel afbraak optreedt. Zandplaten, slikken en schorren zullen daardoor vrijwel geheel verdwijnen.



Foeragerende steltlopers op een slik

Juist platen, slikken en schorren hebben belangrijke natuurwaarden. Het zijn leefgebieden voor kenmerkende en beschermde vogels en voor bodemdieren zoals schelpdieren. Onder meer om deze reden heeft Nederland de Oosterschelde aangewezen als speciale beschermingszone voor de Vogelrichtlijn en de Habitatrichtlijn. Voor het instandhouden van de beschermde soorten zijn doelen vastgesteld. Bij de keuze van de doelen is er rekening mee gehouden dat het leefgebied voor de soorten als gevolg van de zandhonger zal afnemen. De Nederlandse overheid onderzoekt of het redelijkerwijs mogelijk is de leefgebieden voor beschermde soorten zo goed mogelijk in stand te houden.

Het verlies aan intergetijdengebied heeft niet alleen gevolgen voor natuurwaarden. Ook voor de veiligheid is het nadelig als deze golfdempende 'buffers' voor de dijken verdwijnen. De dijken moeten dan hogere golven kunnen weerstaan. Scheepvaart, recreatie en (schelpdier)visserij kunnen eveneens nadelige effecten ondervinden.

1.2 Doel en proces

De verkenning zandhonger is onderdeel van het formele traject dat het ministerie van Verkeer en Waterstaat volgt bij de besluitvorming over grotere projecten. Het doel van de verkenning zandhonger is in beeld te brengen welke gevolgen de zandhonger op lange termijn zal hebben en welke maatregelen kansrijk lijken om de nadelige gevolgen effectief te bestrijden. De resultaten van de verkenning zijn in dit rapport beschreven. De hoofdlijnen zijn samengevat in een brochure.

De verkenning geeft een overzicht van de gevolgen van de zandhonger voor natuur en veiligheid en voor de gebruiksfuncties (schelpdier)visserij, recreatie en scheepvaart. De onderzochte beheersmaatregelen zijn in te delen in drie groepen: maatregelen die de oorzaak van de zandhonger bestrijden, maatregelen die de effecten verminderen en maatregelen om elders vergelijkbare natuur te ontwikkelen. Een globale kosten-batenanalyse heeft een eerste indicatie van kosten en baten van enkele maatregelenpakketten opgeleverd.



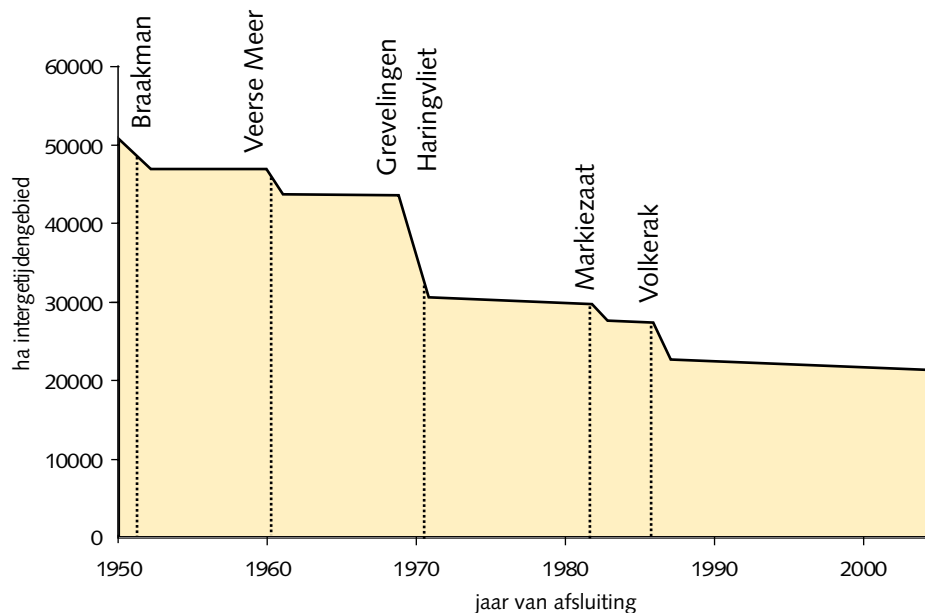
Zeehonden

De verkenning is gebaseerd op verschillende onderzoeken van Rijkswaterstaat en onderzoeksbureaus. Rijkswaterstaat heeft de verkenning in juni en november 2007 in concept voorgelegd aan belangengroepen en bestuurders die betrokken zijn bij de Oosterschelde. Ook het overlegorgaan Nationaal Park Oosterschelde heeft tweemaal een concept beoordeeld. De mondelinge en schriftelijke opmerkingen van deze groepen heeft Rijkswaterstaat gebruikt bij de afronding van de documenten.

De maatregelen die mogelijk kansrijk zijn, zijn geen van alle getest in de Oosterschelde. Als vervolg op dit rapport zijn praktijkproeven en nader onderzoek gepland om meer inzicht in de effectiviteit en kosten van maatregelen te krijgen. Met dit rapport en de praktijkproeven wordt invulling gegeven aan de onderzoeksvraag naar mogelijke maatregelen tegen de zandhonger vanuit de Vogel en Habitatrichtlijnen. Het traject van praktijkproeven en nader onderzoek eindigt in 2012/2013. Daarna kan de staatssecretaris van Verkeer en Waterstaat besluiten of uitwerking van een maatregelenpakket in een planstudie zinvol is. Dit besluit staat gepland in 2012/2013.

1.3 Waardering van intergetijdengebied in de z.w. delta

Door de zandhonger eroderen platen, slikken en schorren in de Oosterschelde. Deze bijwerking van de Deltawerken is ook op andere plaatsen te zien. Overal waar dammen zijn aangelegd en het getij is verdwenen, is getijdennatuur verloren gegaan. In de jaren vijftig, bij de aanvang van de deltatwerken, was er 51.000 hectare intergetijdengebied aanwezig in de delta (Eertman, 1997). Nu, 55 jaar later, is als tussenstand 29.000 hectare verloren gegaan (zie Figuur 1). Het resterende areaal is nu nog gelijk verdeeld over de Westerschelde en Oosterschelde. Maar als het effect van de zandhonger doorgaat, herbergt op termijn alleen de Westerschelde nog intergetijdengebied van betekenis.



Figuur 1: Ontwikkeling van het areaal intergetijdengebied in de delta sinds 1950 (inclusief schorren). De abrupte afnamen zijn veroorzaakt door de afsluitingen van de respectievelijke bekken in het kader van de deltatwerken (bron: Eertman, 1997).

Al tijdens de bouw van de deltatwerken ontstond een kentering in het denken over getijdennatuur. Onder druk van natuurorganisaties en de schelpdiersector besloot de Tweede Kamer in 1975 tot een miljardeninvestering: in plaats van de geplande volledige afsluiting van de Oosterschelde, werd gekozen voor gedeeltelijke afsluiting met een stormvloedkering. Zo bleef een gedempt getij in stand en het was de verwachting dat hierdoor een groot deel van de getijdennatuur bewaard zou blijven. Ook nu nog heeft behoud van intergetijdengebied en de daarvan afhankelijke levensgemeenschappen

hoge prioriteit in Nederland: in de Waddenzee is aardgaswinning alleen toegestaan als dat niet ten koste gaat van de platen en slikken. De habitatversturende kokkelvisserij op de Wadden is zelfs geheel uitgekocht.

Toch is in de afgelopen tientallen jaren veel getijdennatuur verloren gegaan, vooral in de z.w. Delta. Behoud en herstel van getijdennatuur is nu een belangrijk onderdeel van plannen voor alle Deltawateren. In de afgesloten wateren zijn op grote schaal vooroeververdedigingen aangebracht om de voormalige intergetijdengebieden ten minste als oevergebied te behouden. Waar getijdennatuur eenmaal verdwenen is, blijkt herstel in de praktijk niet gemakkelijk te zijn. Voor Haringvliet, Grevelingen en Volkerak-Zoommeer worden momenteel maatregelen overwogen om de kwaliteit van deze wateren een impuls te geven. De plannen hebben met elkaar gemeen dat er wordt gestreefd getijdennatuur te herstellen met verbindingen naar bestaand getijdenwater. Hierdoor zal in deze wateren intergetijdengebied ontstaan, maar er zal geen structureel herstel van intergetijdennatuur in deze door de deltawerken veranderde wateren ontstaan. Daarvoor zijn de natuurlijke processen te veel verstoord (getijverschil, waterstroming). Dat maakt het urgent de bestaande getijdennatuur in de Oosterschelde in ieder geval te koesteren.

2 Belangen in de Oosterschelde

De zandhonger heeft grote gevolgen voor het intergetijdengebied in de Oosterschelde: platen, slikken en schorren zullen grotendeels verdwijnen. Het belang van het intergetijdengebied voor natuur, veiligheid, schelpdiervisserij, scheepvaart en recreatie is hieronder in beeld gebracht.

Natuur

De Oosterschelde is een Nationaal Park met hoge natuurwaarden. Behoud van de getijdennatuur en de intergetijdengebieden was een van de belangrijkste redenen voor de bouw van de kostbare halfopen stormvloedkering. Als gevolg van de stormvloedkering heeft de Oosterschelde nu te kampen met zandhonger, waardoor het intergetijdengebied verdwijnt. Het intergetijdengebied is een zeldzaam habitat; in Nederland zijn alleen in de Oosterschelde, Westerschelde en Waddenzee nog grotere intergetijdengebieden te vinden. Het intergetijdengebied herbergt een rijk bodemleven met unieke soorten en een hoge biomassa en productiviteit. Van deze rijkelijk gedekte tafel profiteren veel wadvogels en vissen.

De Oosterschelde is voor honderdduizenden steltlopers een essentiële tussenstop op de trekroutes van Siberië, Scandinavië en Canada naar het zuiden en weer terug. Dit belang komt tot uiting in de Ramsar-doelstellingen. Daarin is vastgesteld dat de Oosterschelde van "*internationaal belang*" voor twintig watervogelsoorten is, omdat ten minste één procent van de totale Noord-Atlantische populaties de Oosterschelde als leefgebied heeft. Tot deze watervogels behoren onder meer zilverplevier, scholekster, kanoet, wulp, rosse grutto, tureluur, bonte strandloper, goudplevier, kluut, zwarte ruit, steenloper, slobbeend, pijlstaart en bergeend.

Voor overwinterende steltlopers behoort de Oosterschelde tot de zes belangrijkste gebieden rond de *zuidelijke Noordzee* (Figuur 2). De Oosterschelde herbergt voor negen soorten watervogels meer dan tien procent van de *Nederlandse populatie*: zilverplevier, scholekster, kanoet, zwarte ruit, steenloper, bontbekplevier, strandloper, kleine zilverreiger en slobbeend. Binnen de Delta is de Oosterschelde het belangrijkste gebied voor de slikgebonden steltlopers en eenden.

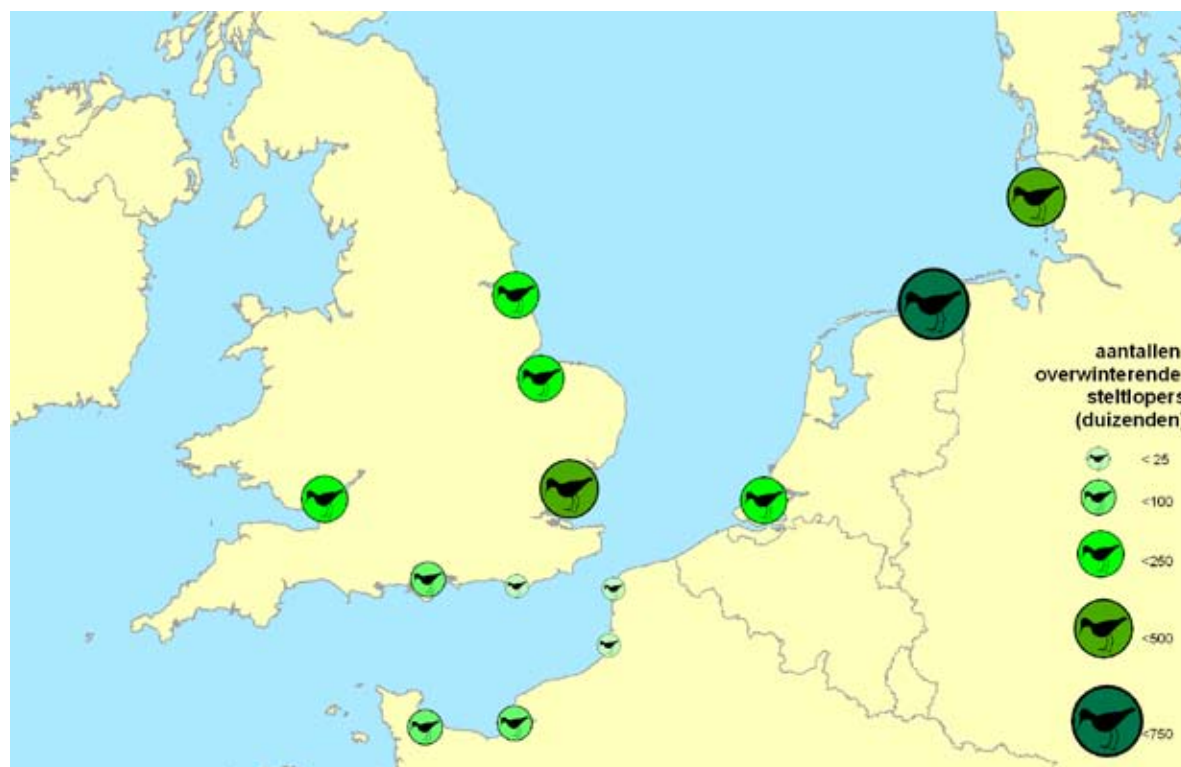


Schelpenbank op de Galgeplaat (Foto E. Paree)

Door verlies van intergetijdengebied zullen soorten die daarvan afhankelijk zijn sterk in aantal verminderen of zelfs geheel uit de Oosterschelde verdwijnen. De gevolgen zullen niet alleen in de Oosterschelde merkbaar zijn, maar ook in omringende landen, bijvoorbeeld in landen die langs de Noord-Atlantische trekroutes liggen.

Ook de populaties wadvogels van de Waddenzee kunnen effect ondervinden van de zandhonger. Voor hen fungeren de intergetijdengebieden van de Oosterschelde als overloopgebied wanneer het streng vriest in de Waddenzee.

In de Oosterschelde, de Westerschelde en de Voordelta is de gewone zeehond een beschermde soort in het kader van de Habitatrichtlijn. Het doel is dat de populatie in deze drie gebieden samen tot tweehonderd exemplaren groeit. Het streven is dat het leefgebied in de Oosterschelde in stand blijft.



Figuur 2: Belangrijkste overwintergebieden van steltlopers rond de zuidelijke Noordzee

Veiligheid

De Oosterscheldekering voorkomt dat in de Oosterschelde extreem hoge waterstanden bij stormvloed optreden. Dijken met een totale lengte van 175 km beschermen het land rond de Oosterschelde tegen windgolven die in het bekken zelf worden opgewekt. Platen, slikken en schorren vormen een golfbrekende buffer voor een dijk. De dijk zelf hoeft hierdoor minder krachtige golven te keren. De zandhonger veroorzaakt verlaging van het voorland waardoor de dijken een grotere golfaanval te verduren krijgen. Momenteel versterkt het Projectbureau Zeeweringen (PBZ) het grootste deel van de steenbekledingen op het talud van de Oosterscheldedijken. De dijken zijn sterker dan ooit. Maar als de erosie van het voorland doorzet met de huidige snelheid, zullen de steenbekledingen in de toekomst sterker belast worden.

Schelpdiervisserij

De Oosterschelde is een belangrijk gebied voor de mossel- en oestervisserij. Het kweken en oogsten van mosselen en oesters is alleen toegestaan met een vergunning en gebonden aan percelen. Mosselzaad dat wordt uitgezaaid op de percelen in de Oosterschelde, is grotendeels afkomstig uit de Waddenzee. Op de percelen groeien de mosselen in twee tot drie jaar uit tot consumptiemosselen. In de Oosterschelde is ongeveer vierduizend hectare (elf procent van het totale oppervlak)

aangewezen als mosselperceel. De percelen bevinden zich vooral op de randen van platen en slikken en in ondiep water, vanaf de laagwaterlijn tot een diepte van twintig meter beneden NAP. In 2005 waren vijftig bedrijven met 194 medewerkers actief (voltijddienst). De bedrijven boden dat jaar 58 miljoen kilo mosselen aan op de veiling van Yerseke, waarvan iets meer dan helft uit de Oosterschelde (Taal et al., 2006). De omzet bedroeg € 55 miljoen. In de periode 1999-2001 waren twintig schepen deels actief in de oestervisserij. De jaaromzet bedroeg in die periode naar schatting € 3 miljoen (Taal et al., 2003).



Golffloop op een dijk

De kokkelvisserij vist op kokkels in het intergetijdengebied. De kokkelvisserij is gebonden aan vergunningen. Er mag alleen gevist worden in de monding en het middengebied (Roggenplaat, Galgeplaat en Slikken van den Dortsman). Sinds 1992 geldt een reserveringsbeleid. Sindsdien mag er alleen gevist worden als er meer kokkelvles beschikbaar is dan nodig om de steltlopers te voeden. In 2002 bedroeg de reservering voor steltlopers 4,1 miljoen kilo kokkelvles. Vanaf de gereedkoming van de Oosterscheldekering is er gevist tussen 1987 en 1996 en in 2001 en 2006.

Scheepvaart

In de geulen van de Oosterschelde ligt een aantal scheepvaartroutes, waarvan de noord-zuidverbinding Wemeldinge-Krammer de belangrijkste is. De beroepsscheepvaart maakt van deze route gebruik; jaarlijks vinden er 45.000 scheepsbewegingen plaats. Voor de beroepsscheepvaart is het van belang dat de vaarroutes voldoende diep en breed zijn om de schepen veilig en zonder vertraging te laten passeren.

Recreatie

Recreatie is in de Oosterschelde een belangrijke functie. Het gebied biedt voor bepaalde groepen recreanten bijzondere waarden die elders niet of veel minder te vinden zijn. Voorbeelden zijn duiksport (vijfhonderdduizend duiken per jaar), watersport op groot getijdenwater (ruim vijfduizend ligplaatsen), sportvisserij op zoutwatervis en vogels kijken. Een grote groep recreanten komt vooral voor de beleving van de natuur: wind, rust, ruimte, vogels en landschap (provincie Zeeland, 2001). Omwonenden maken gebruik van kleine recreatiestrandjes in de buurt van dorpen en campings. De meeste intergetijdengebieden zijn verboden gebied voor betreding, als gevolg van een toegankelijkheidsregeling.



Figuur 3: Mosselpercelen in de Oosterschelde

3 Wetten, regels en beleid

Wetten, regels en beleid vormen het kader voor het afwegen van de effecten van de zandhonger op de natuur, bescherming tegen overstroming, scheepvaart en het beheer van de Oosterschelde.

3.1 Europese richtlijnen

Met name drie Europese richtlijnen stellen eisen aan het beheer van de Oosterschelde: de Kaderrichtlijn Water, de Vogelrichtlijn en de Habitatrichtlijn.

De *Kaderrichtlijn Water* vereist dat de lidstaten alle wateren in een zo goed mogelijke ecologische toestand brengen en houden. Door de Deltawerken zijn de natuurlijke processen in de Oosterschelde sterk veranderd. Volledig herstel van de oorspronkelijke situatie door het verwijderen van de Oosterscheldekering en de dammen is maatschappelijk en economisch ondenkbaar. Rijkswaterstaat onderzoekt welke toestand wél haalbaar en betaalbaar is.



Een schor

In het kader van de habitatrichtlijn is de Oosterschelde aangewezen als speciale beschermingszone voor de volgende habitattypes: Grote ondiepe krekens en baaien, eenjarige pioniersvegetaties van slikken en zandgronden, schorren met slijkvegetatie en Atlantische schorren.

De doelstelling voor deze habitats is kwaliteitsverbetering en behoud van variatie en oppervlakte met bijhorende biodiversiteit. Gezien de zandhonger wordt een kwaliteitsverbetering van de habitats niet realistisch geacht. Er is daarom besloten om een voorlopig instandhoudingsdoel te formuleren waarin wordt rekening gehouden met een afname van het intergetijdengebied met 50 ha/jaar door de zandhonger. Om deze achteruitgang zoveel mogelijk te 'remmen' dan wel stoppen zal met voorrang nader onderzoek plaats vinden naar effectieve maatregelen op de korte en (middel)lange termijn.

In het kader van de *Vogelrichtlijn* zijn speciale beschermingszones aangewezen die samen een Europees netwerk van beschermde natuurgebieden vormen (Natura 2000). Nederland heeft de Oosterschelde aangewezen als speciale beschermingszone, om de volgende redenen:

- de Oosterschelde is een belangrijke schakel in een internationaal samenhangend systeem van waterrijke gebieden (trekroute kustvogels);
- de Oosterschelde is een zeer belangrijk voedsel- en broedgebied voor vogels;
- de Oosterschelde herbergt grote aantallen (bijzondere) broedende vogelsoorten;
- de Oosterschelde is van bijzonder grote betekenis (onmisbaar) als rust-, rui- en foerageergebied voor doortrekkende en overwinterende watervogels.

Voor 15 slikgebonden wadvogels zijn voorlopige instandhoudingdoelen opgesteld waarin rekening wordt gehouden met de achteruitgang van foerageerareaal van 50 ha/jaar.

De meeste beschermde vogelsoorten in de Oosterschelde en de gewone zeehond zijn afhankelijk van het intergetijdengebied dat als gevolg van de zandhonger geleidelijk zal verdwijnen. Nederland heeft zich verplicht te onderzoeken welke maatregelen mogelijk zijn om dit verlies te beperken. Als maatregelen redelijkerwijs haalbaar en betaalbaar zijn, zal Nederland die ook uitvoeren.



Een priel in de Galgeplaat (Foto E. Schuilenburg)

3.2 Nederlandse wet- en regelgeving

Voor het beheer van de Oosterschelde is met name wetgeving voor veiligheid en natuur van belang.

De *Wet op de waterkering* schrijft voor dat de dijken rond de Oosterschelde een storm moeten kunnen weerstaan met een kans van voorkomen van 1/4000 per jaar. De beheerder van de waterkeringen moet iedere vijf jaar toetsen of de dijken daar nog aan voldoen. Is dat niet het geval, dan is versterking van de dijk vereist. De toetsing houdt rekening met de aanwezigheid van het voorland vóór de dijk. Als daar intergetijdengebied ligt, breken de golven voordat ze de dijk bereiken. De dijk wordt in dat geval minder zwaar belast. De *Wet beheer Rijkswaterstaatwerken* beschermt waterstaatswerken die het Rijk in beheer heeft en waarborgt veilig en doelmatig gebruik. Tot de waterstaatswerken behoren ook oevers en intergetijdengebieden die belangrijk zijn voor de waterkerende functie van bijvoorbeeld dijken en die bedreigd worden door de zandhonger.

Nederland heeft de regels uit de Vogel- en Habitatrichtlijn verankerd in de *Natuurbeschermingswet* en de *Flora- en Faunawet*. De Oosterschelde valt daarmee onder de werking van de Natuurbeschermingswet. Verstoring van de rust, verontreiniging van bodem en water en het toebrengen van andere schade zijn verboden. Gebruik is beperkt tot delen die daarvoor zijn aangewezen en is aan regels gebonden. In de Oosterschelde komen dieren voor die beschermd zijn volgens de *Flora- en Faunawet*, bijvoorbeeld de gewone en de grijze zeehond en de vogels. Activiteiten die schade toebrengen aan deze soorten zijn verboden.

3.3 Beleid en beheer

Behoud en ontwikkeling van intergetijdengebieden en estuariene processen zijn onderdeel van vrijwel alle beleidsdocumenten over de Oosterschelde. Deze doelstellingen zijn onder meer opgenomen in de Nota Ruimte, de Vierde Nota Waterhuishouding, het Beheerplan Rijkswateren en het Beleidsplan Oosterschelde. De hoofddoelstelling van het *Beleidsplan Oosterschelde* (1995) is 'behoud en zo mogelijk versterking van aanwezige natuurlijke waarden, met inachtneming van basisvoorwaarden voor een goed maatschappelijk functioneren van het gebied, waaronder met name de visserij wordt begrepen. Als randvoorwaarde geldt dat de veiligheid van het gebied voor de zee te allen tijde gewaarborgd moet zijn.' Het beleidsplan is vastgesteld door Provinciale Staten van Zeeland en onderschreven door de andere betrokken overheden. In 2002 is de Oosterschelde aangewezen als Nationaal Park. Ook in het Beheers- en Inrichtingsplan Nationaal Park Oosterschelde nemen behoud en ontwikkeling van intergetijdengebieden en estuariene processen een centrale plaats in.

Als invulling van de Kaderrichtlijn Water stelt Nederland stroomgebiedbeheerplannen op, onder meer voor het Schelde-stroomgebied. Hierin komen de maatregelen te staan die Nederland uitvoert om de ecologische toestand van de wateren te verbeteren. In de Oosterschelde zullen bodemdieren en schorren als gevolg van de zandhonger op korte termijn niet meer aan de doelen van de richtlijn voldoen. Omdat de zandhonger een autonoom proces is, mag Nederland de doelen daarop aanpassen. Maar als uit de verkenning zandhonger blijkt dat haalbare en betaalbare maatregelen mogelijk zijn, zullen die onderdeel worden van het stroomgebiedbeheerplan.

Ook voor Natura 2000 worden beheermaatregelen voorbereid die nodig zijn om de instandhoudingdoelen te bereiken. In het beheerplan voor de Oosterschelde komen de voorlopige instandhoudingdoelen te staan, die er rekening mee houden dat leefgebieden door zandhonger kleiner worden. Uit de verkenning zandhonger en proefprojecten zal blijken of er haalbare en betaalbare maatregelen zijn om de negatieve effecten van de zandhonger te vertragen of te stoppen. Als die er zijn, zullen deze maatregelen een plaats krijgen in het beheerplan voor Natura 2000.

4 Zandhonger en verlies van intergetijdengebied

De geulen hebben zandhonger, maar wat betekent dat eigenlijk? Waarom ondervindt het intergetijdengebied daar gevolgen van? En hoe ontwikkelen de geulen en intergetijdengebieden zich op de lange termijn? Dit hoofdstuk geeft de antwoorden op deze vragen.

4.1 Wat is zandhonger?

Vóór de deltawerken bestond er een dynamisch evenwicht tussen opbouw en afbraak van intergetijdengebied. De vloedstroom bracht het opgewervelde zand vanuit de getijdengeulen op de platen en slikken en liet het daar achter. Bij stormachtig weer woelden de golven weer zand los dat terugstroomde naar de geulen.



Door de bouw van de Oosterscheldekering, de Oesterdam en de Philipsdam is het evenwicht tussen opbouw en afbraak verstoord. Sindsdien stroomt er per getij dertig procent minder water in en uit de Oosterschelde. De afname van het debiet is voor zestig procent het gevolg van de Oosterscheldekering, die de doorstromopening in de Oosterscheldemonding heeft verkleind, en voor veertig procent het gevolg van de afkoppeling van Markiezaat en Volkerak (Lieveense, 2004). De kleinere hoeveelheid water die in en uit de Oosterschelde stroomt, stroomt langzamer door de geulen. De stroomsnelheid is met dertig procent of meer afgenomen. Omdat het vermogen van water om zand te transporteren sterk afhankelijk is van de stroomsnelheid, is het opbouwende zandtransport nog sterker verminderd: met gemiddeld 75 procent.

De opbouw van intergetijdengebied bij rustig weer is vrijwel gestopt, maar de afbraak bij storm gaat gewoon door. Het zand dat opgewerveld wordt en in de geulen belandt, komt daar voorlopig niet meer weg. De stroming krijgt pas weer genoeg kracht om het te transporteren als de geulen opgevuld zijn met vierhonderd tot zeshonderd miljoen kubieke meter zand (Kohsiek et al., 1987), genoeg om heel Noord-Beveland vijf meter op te hogen! Dan pas zullen opbouw en afbraak weer in evenwicht komen.

Galgeplaat; onder bedreiging van de zandhonger (Foto E. Schuilenburg)

Kan de natuur de zandhonger stillen? De Volkerakdam en de Philipsdam blokkeren de aanvoer van sediment uit de grote rivieren. En ook vanuit de zee stroomt geen zand meer naar de Oosterschelde. Jongeling (2007) acht het zeer waarschijnlijk dat de ontgrondingskuilen aan weerszijden van de kering het zandtransport in en uit de Oosterschelde blokkeren. De enige sedimentbron vormen dus de intergetijdengebieden in de Oosterschelde zelf. Daar ligt boven de laagwaterlijn ongeveer honderdveertig miljoen kubieke meter zand in opgeslagen. Zelfs als al het intergetijdengebied in de geulen beland is, zijn de geulen nog te ruim voor de getijdenstroom.

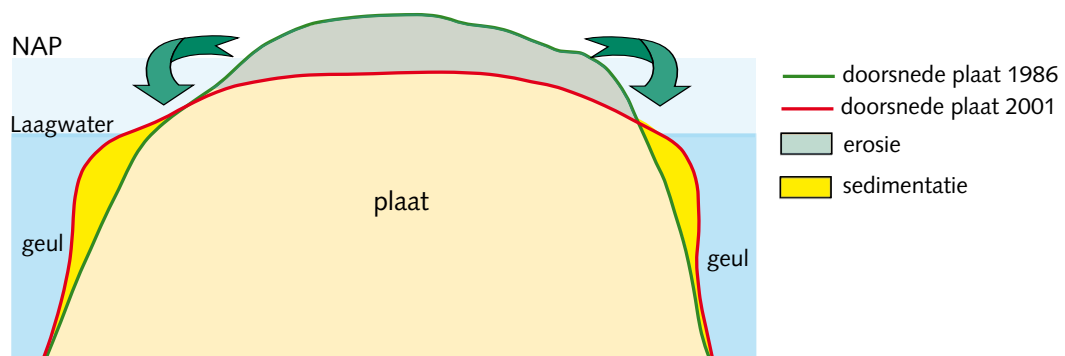
Een belangrijke constatering is dat de geulen niet actief trekken aan het sediment van het intergetijdengebied, maar de stroming is zo krachteloos geworden dat het sediment dat door de werking van golven en getij eenmaal in de geulen belandt, niet meer terug naar het intergetijdengebied kan worden gebracht.

4.2 Wat is het gevolg voor slikken en platen?

Door de stormvloedkering is het verschil tussen hoog- en laagwater tien tot twintig procent kleiner geworden (Boeije et al., 1991). Bij laagwater staat het water gemiddeld hoger en daardoor is zevenhonderd hectare (zes procent) van de platen en slikken buiten de getijdenwerking komen te liggen. Het intergetijdengebied is hierdoor meteen na de aanleg van de kering afgenomen van ruim 12.000 hectare tot 11.300 hectare.

De resterende intergetijdengebieden hebben te lijden onder de zandhonger. In de periode 1986-2001 zijn hierdoor de volgende veranderingen opgetreden (Zie figuur 4 en tabel 1):

- De slikken en platen zijn *kleiner* geworden: het oppervlak is met acht procent afgenomen, van 11.300 tot 10.430 hectare.
- De slikken en platen zijn *lager* komen te liggen: de gemiddelde hoogte van alle intergetijdengebieden is met veertien centimeter afgenomen, tot 32 centimeter beneden NAP in 2001. Dat komt neer op een gemiddelde afname van één centimeter per jaar. Gemiddeld vallen de slikken en platen daardoor ruim een uur minder lang droog, van negen uur tot minder dan acht uur.
- Het reliëf op de intergetijdengebieden is afgenomen. De hogere delen verliezen sediment dat deels in geultjes en lokale laagten op de platen blijft liggen. De platen en slikken worden daardoor platter.



Figuur 4: Tussenstand plaaterosie 2001 Slikken en platen worden kleiner, lager en platter door de zandhonger. Uiteindelijk zal de plaat verdrinken.

Het sediment dat wordt losgewoeld op de hogere delen van platen en slikken komt in eerste instantie op de randen van het intergetijdengebied en in het diepere water terecht. Daar hebben golven er geen vat meer op en zal het blijven liggen tot het verder wordt verplaatst door het getij. Het zand komt zo in de geulen terecht en bezinkt daar op natuurlijke drempels en in binnenbochten.

De oppervlakte slikken en platen is tot 2001 met vijftig hectare per jaar afgenomen. De afbraak verloopt niet overal even snel (Zie figuur 4). Platen en slikken in de onbeschutte delen van de

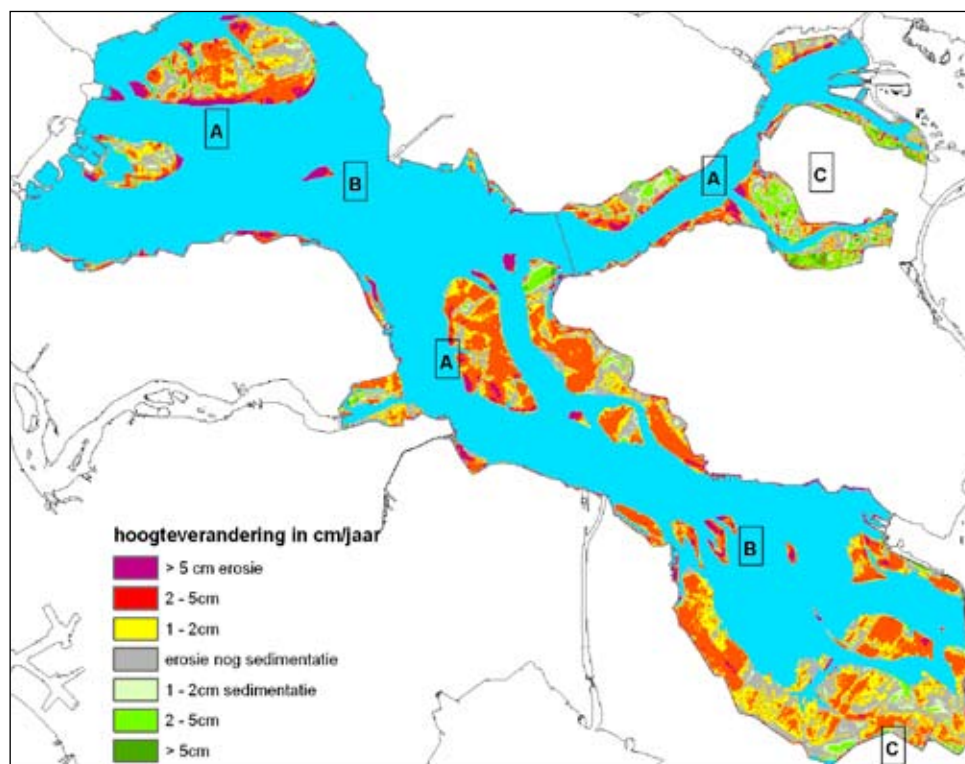
Oosterschelde ondergaan de grootste verliezen. De afbraak is het sterkst aan de randen die op het westen of zuidwesten gericht zijn, waar de windgolven het grootst zijn en op kleine intergetijdengebieden met een korte verplaatsing naar de geul.

	Areal intergetijdengebied (ha)			Gemiddelde hoogte (cm NAP)			Volume boven laag water (Miljm ³)		
	1985	2001	verschil	1985	2001	verschil	1985	2001	verschil
	voor sluiting	15 jr na sluiting							
Oosterschelde geheel	11300	10430	-870	-18	-32	-14	138	113	-25,2
Roggenplaat	1602	1486	-116	4	-11	-15	32,7	28,1	-4,6
NeeltjeJans	356	344	-12	-19	-28	-9	6,4	5,9	-0,5
Slikken van den Dortsman	1236	1179	-57	-12	-27	-15	23,2	20,4	-2,8
Galgeplaat	1000	964	-36	-32	-65	-33	16,8	13,0	-3,8
Zandkreek	280	280	0	-31	-44	-13	4,7	4,3	-0,3
Middelplaat	190	176	-14	-59	-77	-18	2,7	2,2	-0,5
Slikken van Yerseke	98	88	-10	-53	-76	-23	1,4	1,1	-0,3
Hooghe Kraaijer	453	417	-36	-80	-106	-26	5,4	3,9	-1,5
Verdronken land ZB	1980	1847	-133	-72	-91	-19	25,3	20,1	-5,2
Krabbenkreek	832	834	2	21	20	-1	17,1	16,5	-0,6
Slikken van Viane	427	406	-21	-5	-17	-12	8,1	7,4	-0,6

Tabel 1: Oppervlakte en inhoud van het intergetijdengebied in de Oosterschelde tussen 1983 en 2001

Areaal en inhoud betreffen het intergetijdengebied tussen gemiddeld hoog- en laagwater. Voor de situatie direct na de aanleg van de Oosterscheldekering zijn de bodemhoogten van 1983-1985 gebruikt.

De erosie is bijvoorbeeld sterk op de Galgeplaat, de Slikken van Yerseke en de oesterbanken van Yerseke. In de Krabbenkreek en de Zandkreek zijn de verliezen kleiner. Slechts hier en daar treedt op beschut gelegen slikken nog sedimentatie op, zoals op de slikken in de Krabbenkreek of slikken van Viane.



Figuur 5: Erosie en sedimentatie op slikken en platen tussen 1985 en 2001

A: sterke erosie op de steile westelijke tot zuidelijke randen; B: sterke erosie op kleine geïsoleerde platen; C: lokale sedimentatie.

4.3 Wat is het gevolg voor schorren?

De schorren liggen allemaal in het oostelijke, luwe deel van de Oosterschelde. In een natuurlijke situatie ontstaat nieuw schor aan de voet van het bestaande schor als het getij voldoende sediment aanvoert. Maar sinds de aanleg van de Oosterscheldewerken is de aanvoer van sediment vanuit de geulen naar het slik vrijwel gestopt en vindt aangroei van jong schor niet meer plaats. De bestaande schorren worden kleiner omdat de golven kracht uitoefenen op de kliffen. Ook worden de golven krachtiger naarmate het voorliggende slik lager komt te liggen.



Erosie van het klif van een schor.

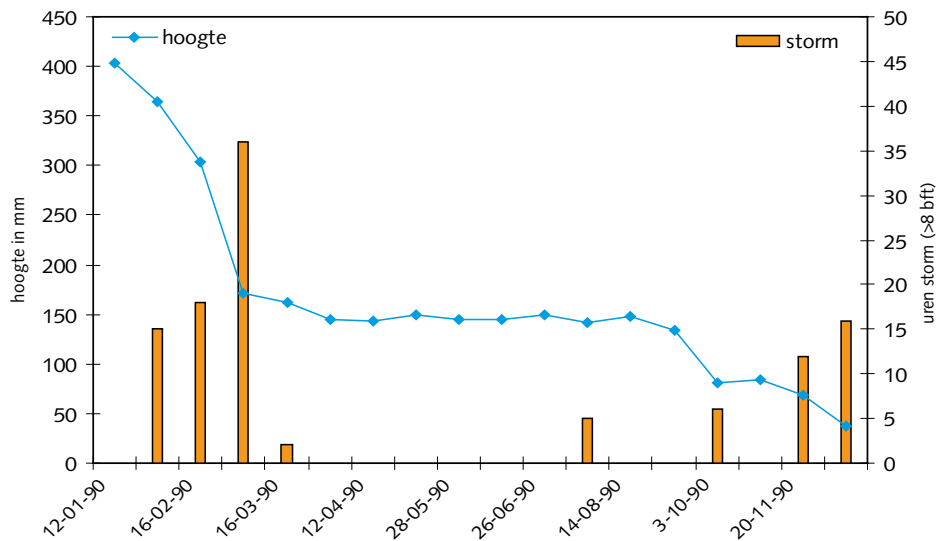
Het oppervlakte schorren in de Oosterschelde bedraagt ongeveer vijfhonderd hectare volgens een meting in 2001. Jaarlijks verdwijnt er drie hectare schor. Alle schorren worden kleiner. Het snelst verloopt de afslag van het schor bij Anna Jacobapolder (2,8 meter per jaar), het traagst bij Rattekaai (0,4 meter per jaar). De schorren bij Slaak en Sint Annaland zijn gedeeltelijk beschermd met een schorrandverdediging. Ter plaatse van de verdedigingen is de erosie sindsdien gestopt. Als onderdeel van het project dijkversterkingen Oosterschelde, krijgen de schorren van de tweede Bathse polder en Anna Jacobapolder in de komende jaren een schorrandverdediging.

4.4 Wat bepaalt de erosiesnelheid?

De erosie als gevolg van zandhonger varieert van jaar tot jaar en van plaats tot plaats. Een combinatie van factoren bepaalt de erosiesnelheid.

Storm

Erosie vindt vooral plaats bij storm. De windrichting en duur van de storm bepalen de mate van erosie (Figuur 6). Van der Hoeven (2006) heeft aangetoond dat de erosie op de Galgeplaat het grootst is bij een harde, langdurige storm uit westelijke tot zuidwestelijke richting.



Figuur 6: Het verband tussen de duur van een storm en de mate van erosie voor een meetpunt op de Galgeplaat in 1990. Hoe langer het stormt, des te meer erosie er optreedt.

Waterdiepte

Golven veroorzaken de erosie. Windkracht, waterdiepte en strijklengte bepalen hoe hoog en krachtig de golven zijn. Komt een golf een ondiepte zoals een plaat- en slikrand tegen, dan breekt hij. De breking veroorzaakt opwoeling van sediment. Het getij verplaatst het opgewoelde sediment. Is de stroomrichting naar de geul, dan verdwijnt het sediment voorgoed onder water. Neemt de waterdiepte als gevolg van de erosie toe, dan komt de bodem langzaam buiten de invloedssfeer van de golven en neemt het tempo van erosie af. Van der Hoeven (2006) heeft met een hydrodynamisch modellering aangetoond dat bij windkracht 9 de opwervende kracht van de golven afneemt vanaf een waterdiepte van 2,5 à 3 m. Als slikken en platen als gevolg van de zandhonger zijn verlaagd tot de laagwaterlijn, zal de erosie nog niet stoppen maar, weliswaar steeds trager, doorgaan tot een niveau van enkele meters onder laagwater is bereikt.



De voormalige plaat de Vuilbaard, eerste slachtoffer van de zandhonger

Sluiting van de stormvloedkering

Tijdens een sluiting van de stormvloedkering is de waterstand min of meer constant gedurende minimaal één getij. Van der Hoeven (2006) heeft berekend dat ook tijdens sluitingen erosie op de Galgeplaat optreedt. De mate van erosie is in die omstandigheden niet uitzonderlijk, maar vergelijkbaar met de erosie die optreedt bij een storm met open kering. Tijdens een sluiting grijpen de eroderende kracht van golven langdurig in op één niveau, waar veel zand losgewoeld kan worden. Daar staat tegenover dat tijdens een sluiting de getijdenstroming vrijwel afwezig is en de enige transporterende kracht windgedreven stroming is. De grotere opwoelende werking wordt zichtbaar tenietgedaan door de kleinere transporterende kracht van het water.

De stormvloedkering sluit gemiddeld één keer per jaar.



Een veenbank in de Westerschelde

Erosiebestendige laag in de ondergrond

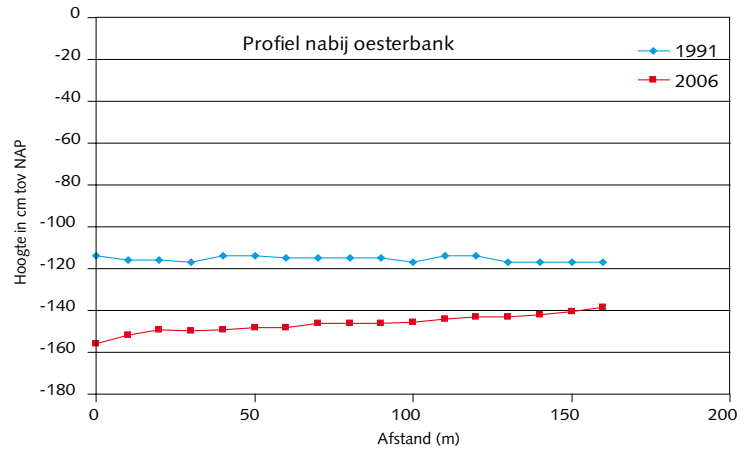
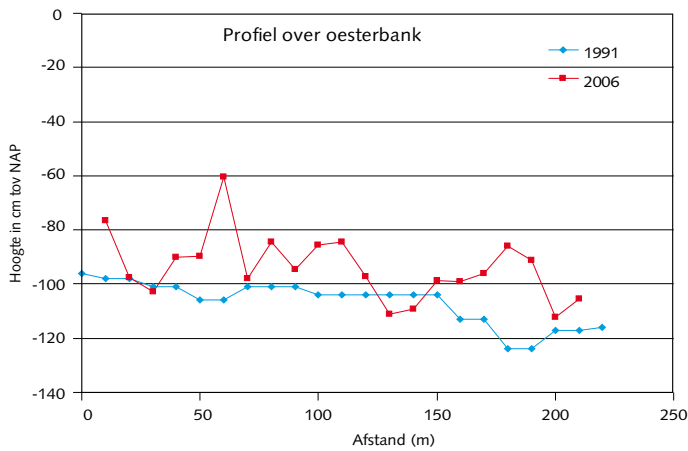
Klei- en veenbanken bieden meer weerstand tegen de eroderende werking van golven dan zand en slib. Onder een aantal slikken in de Oosterschelde liggen dergelijke banken. Zodra een veen- of kleibank aan het oppervlak komt, beschermt deze het achterliggende intergetijdengebied tegen verdere afkalving en afvlakking. Maar op de plaats van de klei- of veenbank verdwijnt vrijwel al het bodemleven en verliest het intergetijdengebied zijn ecologische functie.

Schelpdierbanken

Mosselbanken en banken van Japanse oesters beschermen het intergetijdengebied tegen de afbrekende werking van golven. De stevige banken beschermen het onderliggende sediment en breken de kracht van de golven. Bovendien scheiden de schelpdieren kleine kluitjes onverteerbaar zwevend stof uit, waardoor de bodem rond een schelpdierbank wordt opgehoogd met slijkgig sediment. Uit onderzoek is gebleken dat een rif van Japanse oesters op de Galgeplaat een omkering teweegbrengt van erosie naar sedimentatie (Wijsman et al., 2006).



Een Japanse oesterbank (Foto E. Schuilenburg)



Figuur 7: Bodemhoogte langs twee profielen over de Galgeplaat, gemeten in 1991 en 2006 Tussen 1991 en 2006 ontstond rond het linkerprofiel een rif van Japanse oesters. Daarna is het reliëf toegenomen en de bodem hoger komen te liggen, terwijl in het nabijgelegen rechterprofiel (zonder oesterbank) de erosie als gevolg van de zandhonger onverminderd is doorgegaan.

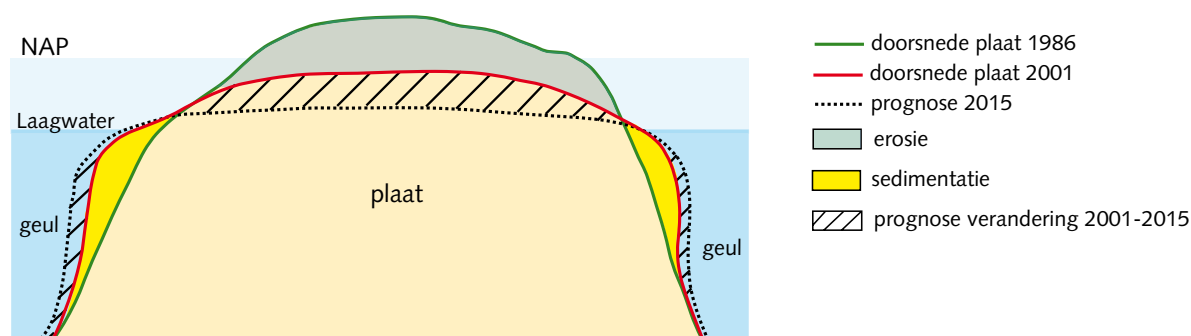
4.5 Wat brengt de toekomst?

In de toekomst worden de schorren, platen en slikken niet alleen bedreigd door zandhonger, maar ook door zeespiegelstijging. Door zeespiegelstijging stijgen zowel de laagwaterstanden als de hoogwaterstanden, waardoor de laaggelegen delen van het intergetijdengebied verdrinken en de laaggelegen delen van de schorren binnen de zone van dagelijkse getijdenwerking komen.

Voorspelling erosie

In 1987 zijn door Kohsiek et al. voorspellingen gedaan over het verloop van de zandhonger. Na 1987 is uit analyse van bodemhoogtegegevens gebleken dat verlaging van de centrale delen van platen en slikken het dominante proces is. Kohsiek et al (1987) hielden alleen rekening met de afslag aan de randen van de platen. De afbraak verloopt daardoor sneller dan de voorspellingen uit 1987 laten zien. En het eindbeeld (figuur 10) zal naar verwachting eerder bereikt zijn (al in de periode 2050-2100 in plaats van na 2100).

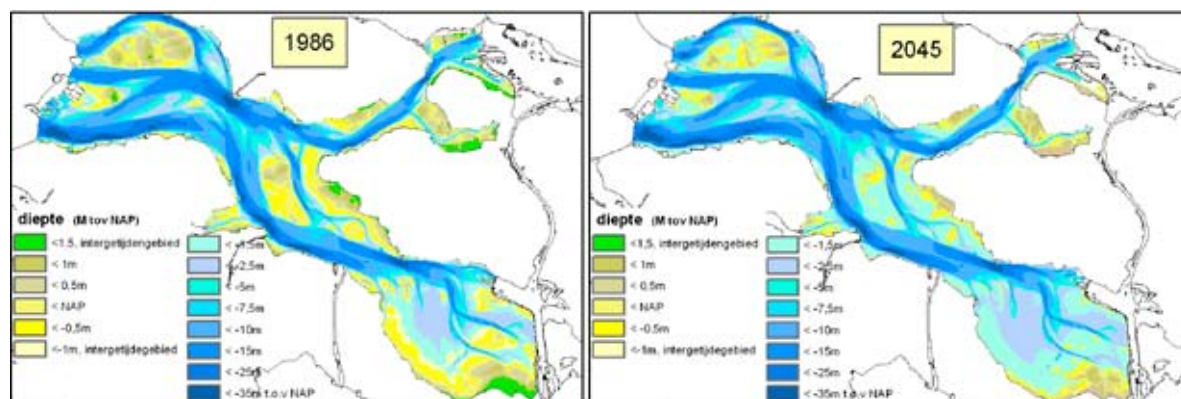
Hoe de bodem zich precies zal ontwikkelen, is niet goed te voorspellen. Op basis van metingen in de eerste vijftien jaar na de sluiting is opnieuw geschat hoe het proces naar verwachting zal verlopen. Uitgangspunt daarbij is dat de veranderingen die in de periode 1986-2001 zijn opgetreden, op dezelfde wijze en even snel doorgaan in de toekomst (Figuur 8). De werkelijke veranderingen zullen echter afhankelijk zijn van onder andere de weersomstandigheden en de waterdiepte, en die veranderen in de loop van de tijd. De uitkomsten van de prognoses geven een indicatie die weliswaar betrouwbaarder is dan die van 1987, maar nog steeds heel onzeker is.



Figuur 8: Schematische weergave van de erosie en sedimentatie zoals die de afgelopen vijftien jaar hebben plaatsgevonden en de voortzetting van dit proces in de prognoses

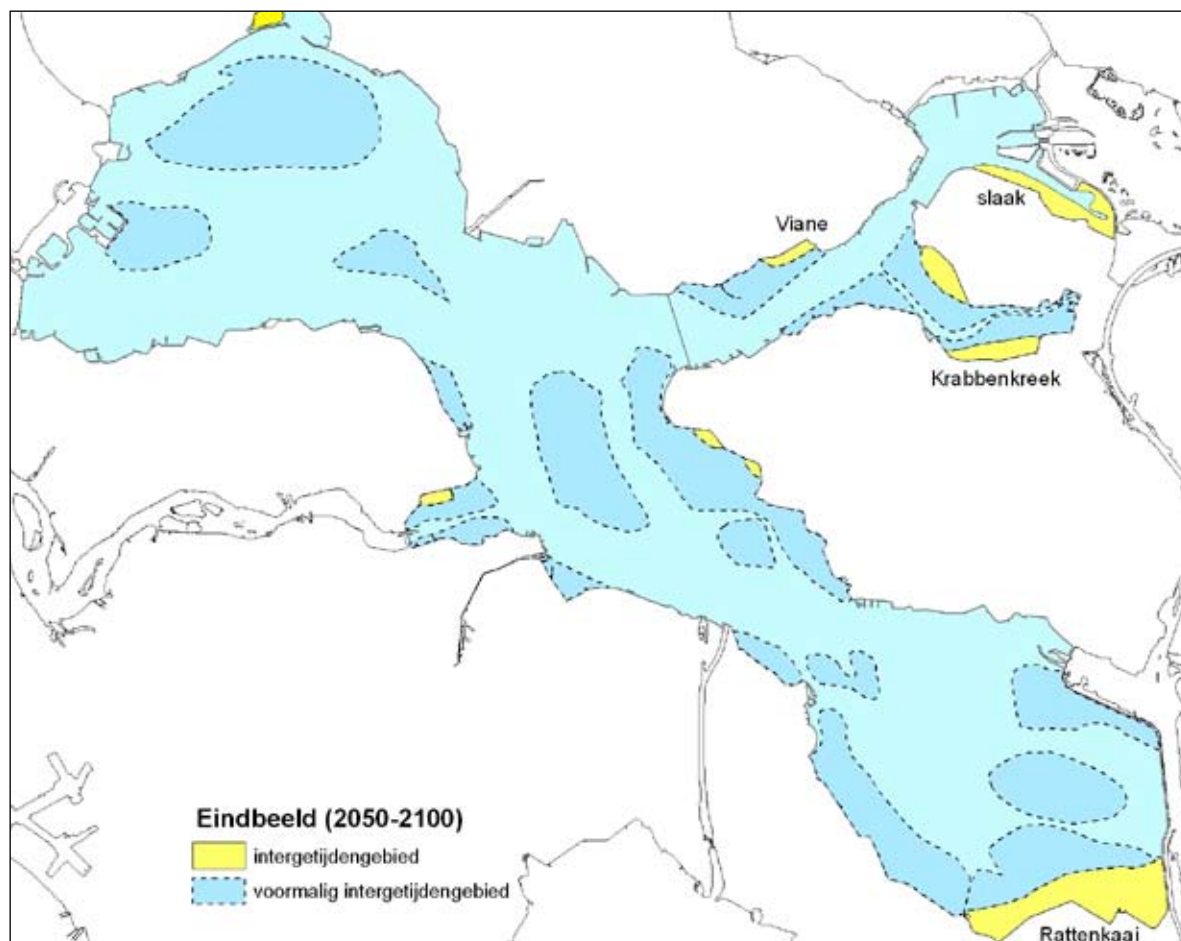
Eindbeeld van platen, slikken en schorren

De afbraak van platen en slikken heeft tot nu toe vooral boven de laagwaterlijn plaatsgevonden: de platen en slikken zijn lager geworden, maar vallen bij laagwater nog steeds droog. Uit de modelberekeningen blijkt dat de oppervlakte van het intergetijdengebied binnenkort snel zal afnemen. Een aantal platen en slikken wordt in de komende periode namelijk zo laag dat ze niet meer droogvallen en dus niet meer tot het intergetijdengebied behoren. Rond 2015 zullen de Speelmansplaten gehalveerd zijn; rond 2030 zal ook van de Galgeplaat, de Hooghe Kraaijer en Yerseke Oesterbank nog maar de helft over zijn. Slikken die beschut liggen, zoals in de Krabbenkreek, de Zandkreek en het Slaak, zullen grotendeels in stand blijven.



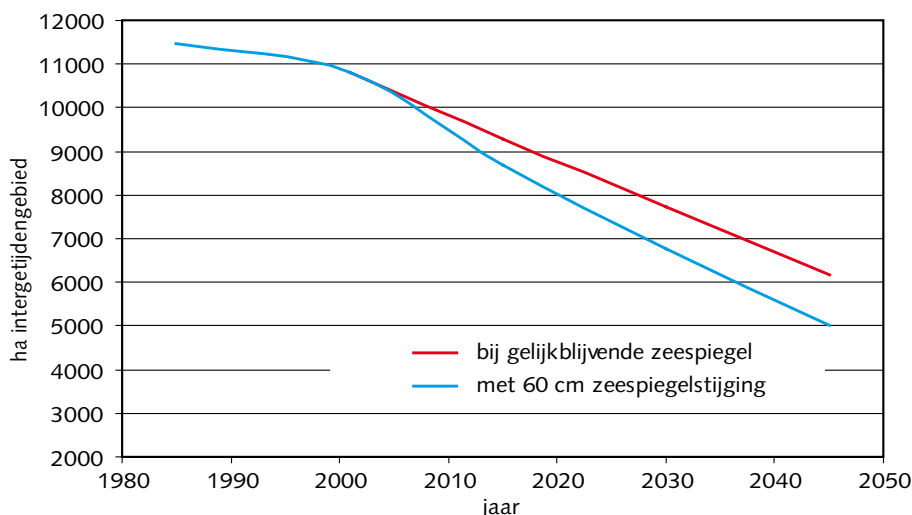
Figuur 9: Ontwikkeling bodemhoogte 1986-2045

Rond 2045 zal het totale intergetijdengebied in de Oosterschelde meer dan gehalveerd zijn (Figuur 9): er treedt een verlies op van 11.300 hectare in 1986 tot circa 5000 hectare in 2045. Dit is het gecombineerde effect van zandhonger en een verwachte zeespiegelstijging van 60 centimeter in de komende eeuw. Het verlies door de zeespiegelstijging bedraagt in 2045 ongeveer 1200 hectare, het verlies door de zandhonger 5100 hectare (Figuur 11). Het effect van de zandhonger is dus meer dan vier keer zo groot als het effect van de zeespiegelstijging.



Figuur 10: Eindbeeld van intergetijdengebied en geulen in de Oosterschelde, zoals dat naar verwachting in de periode 2050-2100 wordt bereikt.

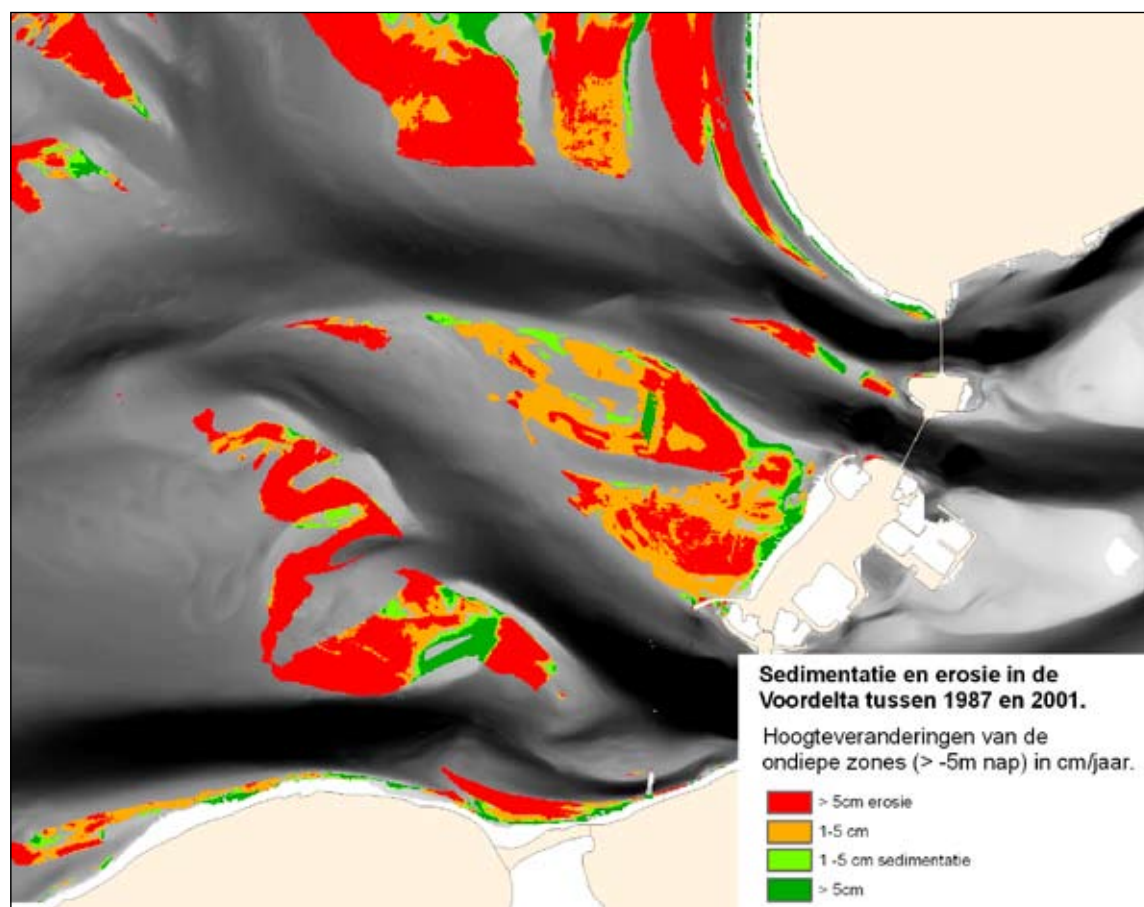
Ook de afslag van schorren zal in de toekomst niet overal even snel verlopen. Jacobse et al (in prep.) verwacht dat schorren op beschutte locaties (Rattenkaai en Krabbenkreek) in 2060 nog vrijwel geheel behouden zijn, maar dat schorren op onbeschutte locaties geheel verdwenen zijn (Slikken van de Dortsman).



Figuur 11: Ontwikkeling areaal intergetijdengebied 1986-2050

4.6 Zandhonger in de Voordelta

Ook de geulen op de Voordelta, zeewaarts van de kering, hebben zandhonger. Dat komt omdat de waterstroming van en naar de Oosterschelde is afgenomen. De hogere delen van de Voordelta, die in de invloedssfeer van de golven liggen, verliezen sediment aan de diepere geulen. Hierdoor neemt het areaal (middel)diep water toe ten koste van het oppervlak ondiep water en intergetijdengebied. (zie Figuur 12). Hoe groot de zandhonger in de Voordelta is, is niet berekend.



Figuur 12: Erosie en sedimentatie van de ondiepten in de Voordelta

5 Gevolgen voor veiligheid, natuur en gebruikers

Het landschap van droogvallende intergetijdengebieden, ondiep water en geulen verandert door de zandhonger. Dat heeft gevolgen voor de natuur in de Oosterschelde, de golfaanval op de dijken en de verschillende gebruikers van het gebied. Wat zijn de belangrijkste gevolgen als de zandhonger ongehinderd doorgaat?

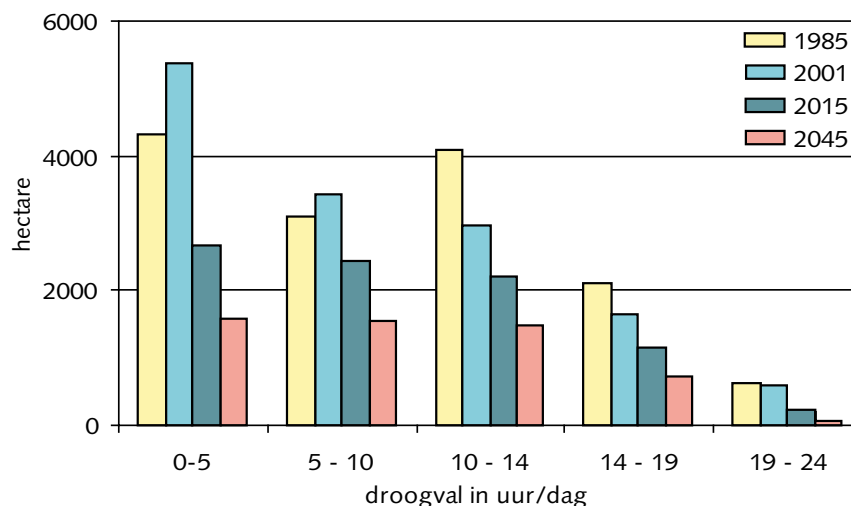
5.1 Natuur

Het ecosysteem in de Oosterschelde is voor een groot deel afhankelijk van het intergetijdengebied. Het intergetijdengebied is rijk aan bodemdieren die een bron van voedsel vormen voor hogere soorten zoals vissen en vogels. Zeehonden gebruiken drooggevallen platen en slikken als rustgebied. Gaat het intergetijdengebied verloren, dan verliest het ecosysteem een belangrijk fundament. Dit zal een aanzienlijke verschuiving in de soortensamenstelling teweegbrengen.

Op dit moment is tien procent van het intergetijdengebied verloren gegaan en het resterende intergetijdengebied is lager geworden. De soorten die het intergetijdengebied als leefgebied hebben, hebben per individu minder ruimte beschikbaar. Dat zal eerst ten koste gaan van de conditie, totdat bij verdergaande afname de populaties drastisch kleiner worden.

Droogvalduur

De meeste bodemdieren hebben een heel specifieke habitatvoorkeur. Ze gedijen alleen bij een unieke combinatie van bodemsamenstelling, waterdynamiek en droogvalduur. De droogvalduur, de tijd dat een intergetijdengebied droogvalt tijdens laagwater, verandert als gevolg van de zandhonger: platen en slikken worden lager en vallen daardoor minder lang droog. De voorspelling van de droogvalduur is de sleutel voor de voorspelling van de ontwikkeling van bodemdiergemeenschappen. Op basis van de voorspellingen van de bodemhoogte en getijcurves zijn droogvalduurkaarten gemaakt voor 1985, 2001, 2015, 2030 en 2045. Hierbij is rekening gehouden met een zeespiegelstijging van zestig centimeter in de komende honderd jaar. In Figuur 13 is de verandering in de droogvalduur voor de gehele Oosterschelde weergegeven. De oppervlakten van alle droogvalduurklassen zullen in 2045 ten minste gehalveerd zijn.



Figuur 13: Ontwikkeling droogvalduur voor de gehele Oosterschelde

Voor bodemdieren en steltlopers zijn vooral de zones die lang droogvallen van belang. De oppervlakten in deze hogere droogvalduurklassen nemen gedurende de gehele periode gestaag af. De arealen die kort droogvallen (droogvalduur 0-5 uur en 5-10 uur) zijn tot 2001 nog toegenomen, maar nemen vanaf dat jaar fors af. De toename in de eerste jaren is te verklaren doordat deze zone in eerste instantie sediment krijgt dat uit de hogere zones geërodeerd is en doordat de hogere zones zo laag worden dat ze in lagere droogvalduurklassen vallen.

Tussen 2001 en 2045 neemt de gemiddelde droogvalduur van het intergetijdengebied af van bijna negen uur tot minder dan vijf uur per dag. Dat is bijna een halvering.

Bodemdieren

Bodemdieren die op intergetijdengebieden leven, zijn bestand tegen de afwisseling van droogvallen en onder water staan. De meeste bodemdieren zijn voedsel voor vogels en vissen en sommige soorten zijn ook van belang voor de schelpdiervisserij (mosselen, kokkels). De dichtheden van jonge bodemdieren zijn vaak hoog (Farke et al., 1979; Günther, 1992). Ze zoeken hun toevlucht tot de intergetijdengebieden omdat ze daar veiliger zijn voor jagende vissen, krabben en kreeften.

De erosie heeft effecten op de leefomstandigheden voor bodemdieren. Bodemdieren die op het hooggelegen intergetijdengebied leven, zien hun leefgebied kleiner worden. Dit zijn vooral kleinere bodemdieren zoals wadslakje, slijkgarnaal en kokkel. Bodemdieren die in de lage intergetijdengebieden leven, zien hun leefgebied tijdelijk toenemen. Vooral de Japanse oester profiteert daarvan. Voor alle bodemdieren wordt de kinderkamer kleiner; jonge bodemdieren vallen daardoor gemakkelijker ten prooi aan bijvoorbeeld vissen en garnalen.

De effecten zijn nader verkend voor de kokkel en de Japanse oester. De kokkel is gekozen omdat dit schelpdier commercieel bevestigd wordt en belangrijk voedsel vormt voor de scholekster, een vogelrichtlijnsoort met een afnemende populatie. De Japanse oester is gekozen omdat dit schelpdier sterk in opmars is en inmiddels een aanzienlijk areaal intergetijdengebied bedekt. Deze soort concurreert om voedsel met onder andere de mossel en de kokkel.



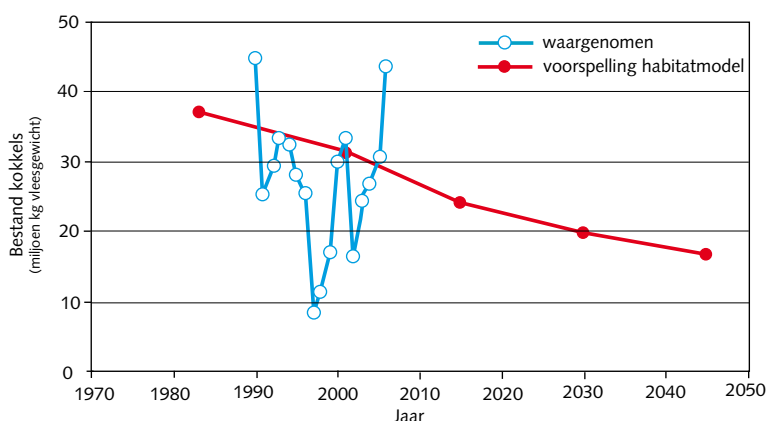
Kokkels

Kokkels

Het kokkelbestand van de Oosterschelde wordt jaarlijks gemeten tijdens de schelpdiersurvey van Wageningen Imares. Optimale vestigingscondities voor kokkels ontstaan bij een gemiddelde stroomsnelheid van ongeveer dertig centimeter per seconde, een droogvalduur van ongeveer vijftig procent (ongeveer NAP-hoogte) en een fijnzandige bodem (Geurts van Kessel et al., 2003).

Tussen 1985 en 2001 is het areaal intergetijdengebied met een optimale droogvalduur voor kokkels (tien tot veertien uur) afgenomen met dertig procent (zie Figuur 13). Het kokkelbestand vertoont echter nog geen duidelijke afname. Mogelijk werd het oppervlak optimaal habitat niet volledig benut in de Oosterschelde. Een andere verklaring is dat het kokkelbestand ook door andere factoren bepaald wordt, zoals door het succes van de broedval, visserij, predatie en voedselbeschikbaarheid (Wijsman, 2007). Wanneer een effect van de doorgaande afname van het optimale habitat te verwachten is, is ongewis, maar een negatief effect is zeker te verwachten.

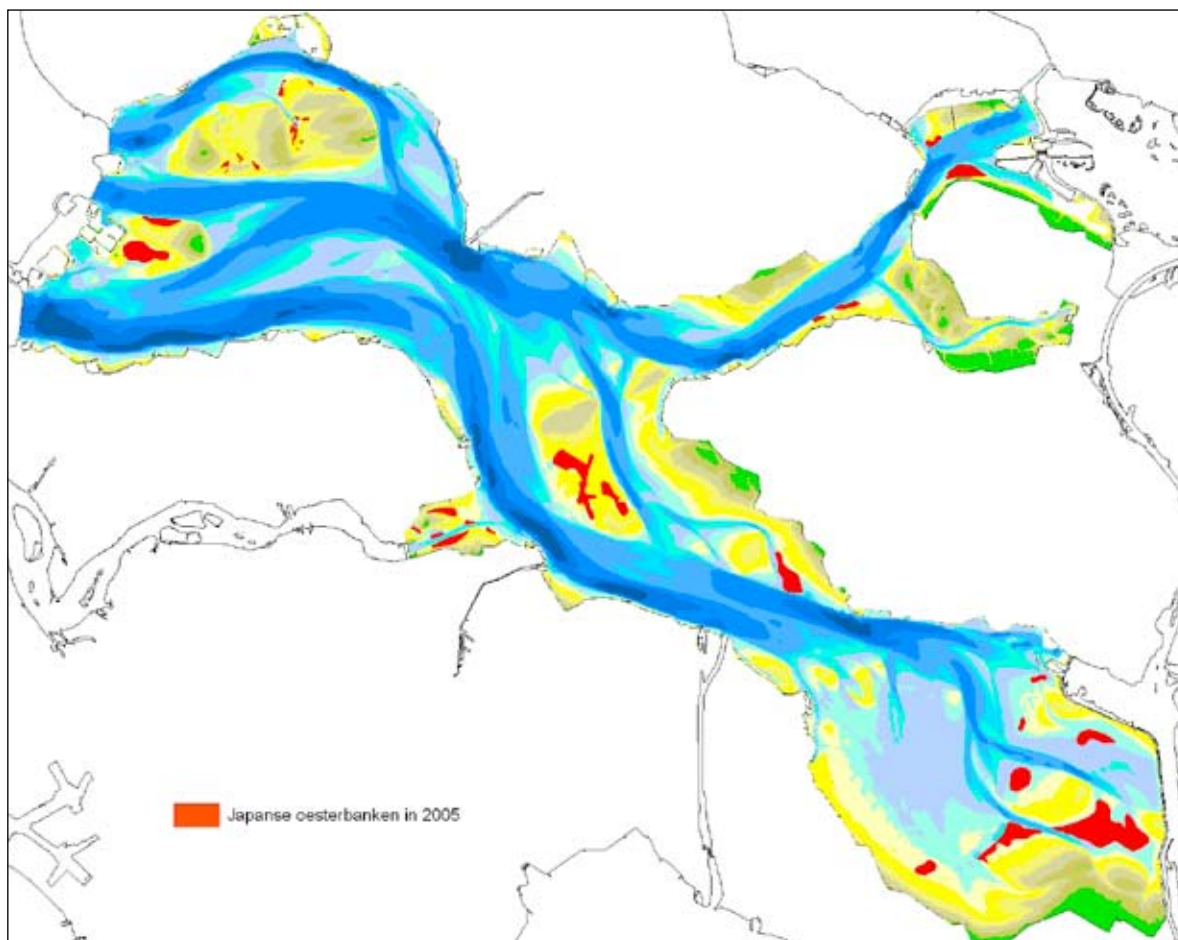
Kater et al. (2003) hebben een habitatmodel gemaakt waarmee het aantal kokkels te voorspellen is op basis van de droogvalduur en de stroomsnelheid. Met dit model kon slechts 37 procent van de variatie in kokkelbiomassa voorspeld worden. De resultaten van het model moeten daarom als indicatief worden beschouwd. Wijsman (2007) heeft dit kokkelhabitatmodel toegepast op de droogvalduurkaarten en zo een voorspelling gemaakt van de kokkelbestanden in 2015, 2030 en 2045. Volgens het model is het kokkelbestand in 2045 gehalveerd ten opzichte van 2001 (Figuur 14). Deze halvering zal een vermindering van het voedsel betekenen voor steltlopers (met name de scholekster) en vissen die van de kokkels leven en verminderde vangsten voor de kokkelvisserij in de Oosterschelde.



Figuur 14: Verloop van het kokkelbestand in de Oosterschelde op basis van het habitatmodel (gesloten rondjes). De metingen (open rondjes) tonen een veel grilliger beeld dan het habitatmodel. In het habitatmodel zijn niet alle populatiebepalende factoren verwerkt (Wijsman, 2007).

Japanse oester

De Japanse oester is een exoot. Oesterkwekers hebben deze soort in 1964 geïntroduceerd, na de massale sterfte van de platte oester in de strenge winter van 1962/63. Sindsdien heeft de Japanse oester zich explosief uitgebreid. Inmiddels bedekken de riffen van Japanse oesters ongeveer achthonderd hectare intergetijdengebied van de Oosterschelde (Wijsman, 2006). De verspreiding van de Japanse oesters in de Oosterschelde is weergegeven in Figuur 15. De Japanse oesters vestigen zich net boven de laagwaterlijn. Vijftien procent van het areaal dat minder dan tien procent van de tijd droogvalt is bedekt door Japanse oesters. Naar verwachting zal het areaal met Japanse oesters als gevolg van de zandhonger zowel absoluut als relatief toenemen. Dit heeft twee oorzaken. Ten eerste neemt de droogvalduur van het gehele intergetijdengebied af waardoor meer geschikt habitat ontstaat. Ten tweede beschermen de riffen van Japanse oesters het intergetijdengebied voorlopig tegen verdere erosie (Wijsman et al., 2006): terwijl de onbeschermd zones langzaam verdrinken, blijven de oesterriffen op hoogte.



Figuur 15: Japanse oesters in het intergetijdengebied in 2001. De oesters vestigen zich in de zone net boven de laagwaterlijn (droogval gemiddeld vijftien procent van de tijd). Bron: Wijsman, 2007.

Het voorkomen van velden met Japanse oesters is niet alleen te verklaren door de droogvalduur. Veel van de huidige oesterbanken bevinden zich op of in de buurt van (voormalige) mossel- en oesterpercelen en kokkelbanken. Blijkbaar vormen de schelpen(resten) een geschikt substraat voor primaire vestiging (Wijsman, 2007).

De riffen van Japanse oesters hebben een positief en een negatief effect op de natuur. Aan de ene kant verdrijven de oesters de oorspronkelijke bodemfauna. Aan de ander kant bieden de riffen nieuw habitat voor wieren, slakken, garnalen, kreeften en grondeltjes. Ook steltlopers vinden er voedsel. De meeste slikgebonden steltlopers foerageren op de oesterriffen, zelfs met een grotere dichtheid dan op de onbedekte slikken en platen (Wijsman et al, 2006).

Vogels

Het is te verwachten dat de populaties van slikgebonden wadvogels (voornamelijk steltlopers) in de Oosterschelde kleiner worden. De zandhonger verslechtert de levensomstandigheden voor vogels op de volgende manieren:

- Het foerageergebied wordt *kleiner* omdat platen en slikken onder water verdwijnen. In het kleinere foerageergebied wordt de concurrentie om het voedsel groter.
- De vogels hebben *minder tijd* om te foerageren omdat platen en slikken minder lang droogvallen. Steltlopers moeten tijdens laagwater lang genoeg kunnen eten om een hoogwater te overbruggen. Een scholekster heeft daar op een koude winterdag 5,5 uur voor nodig, een bonte strandloper ruim 6 uur.
- Het wordt *moeilijker om voedsel te bemachtigen*. Steltlopers kunnen bodemdieren gemakkelijker pakken als ze in een dun laagje water liggen en volgen daarom de laagwaterlijn. Door de zandhonger worden de platen vlakker en daardoor zal de laagwaterlijn zich met grotere sprongen verplaatsen.

Vooraf vogels met een voorkeur voor bodemdieren op het hogere intergetijdengebied, krijgen minder voedsel beschikbaar. Scholeksters, die voornamelijk kokkels eten, zien hun voedselaanbod in de periode 1980-2045 met de helft afnemen. Ook de bergeend die vooral wadslakjes op het menu heeft staan en bontbekplevieren die bij voorkeur slijkgarnalen eten moeten het met minder voedsel stellen.



Kluut

Voor vijftien slikgebonden wadvogels is een voorlopig instandhoudingsdoel voor Natura 2000 vastgesteld. Alleen de populaties van scholekster en strandplevier worden kleiner (Sovon en CBS, 2005). De populaties van de overige soorten blijven gelijk of groeien. De effecten van de zandhonger tot nu toe (tien procent areaalverlies en een uur minder droogvaltijd) kunnen de meeste populaties nog opvangen. Maar het is te verwachten dat in de nabije toekomst meerdere soorten last krijgen van de zandhonger. Om een idee te krijgen van de toekomstige effecten is de populatieontwikkeling van de scholekster voorspeld.

Scholeksters

Van de scholekster is voldoende bekend om te voorspellen hoe de populatie zich zal ontwikkelen als gevolg van de zandhonger. In de jaren tachtig en negentig zijn prooikeuze, voedselopname en energiehuishouding van deze soort uitvoerig onderzocht (Rappoldt et al., 2003).

De zandhonger heeft twee potentiële effecten op de scholeksters:

- Het belangrijkste voedsel voor de scholeksters zijn kokkels. Door de te verwachten afname van de droogvalduur neemt het areaal optimaal habitat voor kokkels af. Het kokkelbestand zal naar verwachting met de helft afnemen tussen 2001 en 2045.
- Op een koude winterdag heeft een scholekster ongeveer 5,5 uur droogvaltijd nodig om voldoende kokkels te kunnen eten voor zijn energiebehoefte. Omdat het intergetijdengebied steeds korter droogvalt, dreigt de foerageertijd te kort te worden. In een periode met vorst kan daardoor massale sterfte van scholeksters optreden.



Scholekster

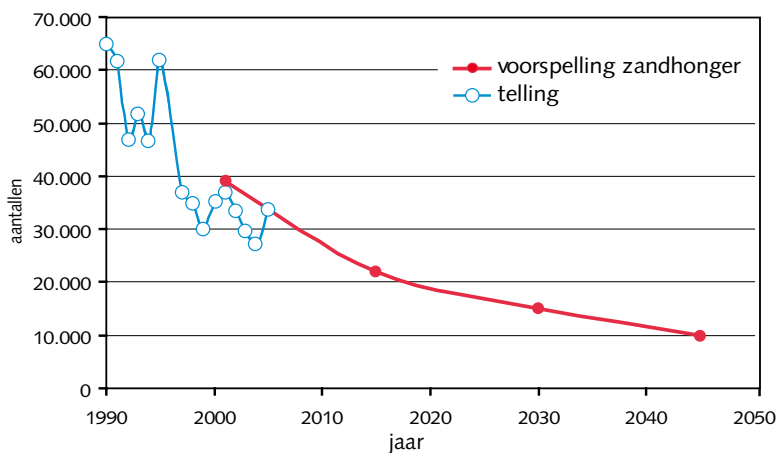
Rappoldt et al. (2003) hebben een model ontwikkeld waarmee het aantal scholeksters wordt berekend dat gedurende een winter in de Oosterschelde kan overleven, gegeven de energiebehoefte, het aanwezige kokkelbestand, de foerageertijd (droogvalduur) en het aantal scholeksters dat om het voedsel concurreert. Dit model berekent de draagkracht van de Oosterschelde voor scholeksters: het theoretische aantal scholeksters dat op de platen en slikken kan foerageren. Het werkelijke aantal vogels kan daarvan afwijken, omdat dat ook afhankelijk is van andere factoren als broedsucces, predatie of jachtdruk.

Met dit model is de draagkracht van de Oosterschelde in 2015, 2030 en 2045 geschat (Rappoldt et al., 2006). De berekening is gebaseerd op de prognoses van de droogvalduur in 2015, 2030 en 2045 en de prognoses van de ontwikkeling van de kokkelbestanden in deze jaren.

De resultaten van de modelberekening laten zien dat de draagkracht voor scholeksters in 2045 met tachtig procent is afgenomen (Figuur 16). In 2001 bood de Oosterschelde nog leefgebied voor 39.000 scholeksters, in 2045 kunnen er nog maar 8.000 scholeksters terecht (betrouwbaarheidsinterval 5.000 tot 14.000). Het intergetijdengebied zal in die periode met de helft afnemen.

Het is onwaarschijnlijk dat de overige deltawateren de duizenden scholeksters kunnen opvangen die niet meer in de Oosterschelde terecht kunnen. Deze verwachting is gebaseerd op een studie naar de gevolgen van verlies aan scholeksterhabitat in het Krammer-Volkerak. Dit verlies vond plaats toen het het Krammer-Volkerak werd afgesloten van de Oosterschelde. De scholeksters die daar voorheen foerageerden en rustten, waren binnen drie jaar na de afsluiting uit de delta verdwenen (Smaal et al., 1991). De meeste vogels zijn doodgegaan, een deel van de groep heeft elders vervangende foerageerplaatsen gevonden.

De vraag is of de overige steltlopers hetzelfde lot staat te wachten als de scholeksters. Het is de verwachting dat ook de populaties van andere steltlopers drastisch zullen afnemen, omdat ook hun foerageergebied onder de golven verdwijnt. De vraag is niet zozeer of de populaties door de zandhonger zullen krimpen, maar meer wanneer dat gebeurt.



Figuur 16: Voorspelling van de draagkracht van de Oosterschelde voor scholeksters op basis van prognoses van voedselbeschikbaarheid en foerageertijd (Rappoldt et al., 2006). De tellingen vertonen een grilliger beeld dan het draagkrachtmodel. Er zijn meer factoren die de omvang van de populatie bepalen.

Vissen

Als gevolg van de zandhonger wordt het intergetijdengebied lager en verandert het uiteindelijk in ondiep water. Vissoorten die tijdens hun levenscyclus gebruikmaken van het intergetijdengebied, zullen een negatief effect ondervinden van deze verandering. Soorten die het ondiepe water gebruiken, zullen juist profiteren. Rutjes (2007) heeft uitgezocht wat de effecten op de visstanden in de Oosterschelde en de Noordzee zullen zijn.

Juvenielen van de platvissen schol, bot, tarbot en griet en zeebaars gebruiken het intergetijdengebied als kinderkamer. De productie van voedsel voor juveniele vis is hier hoog (Van der Veer et al., 2000), de juvenielen zijn er minder kwetsbaar voor predatie dan in de diepere zones (Gibson, 1994) en het water warmt er sneller op wat de groei bevordert.

Als de kinderkamer kleiner wordt, zal dat mogelijk een negatief effect hebben op deze platvissen. De dichtheid aan individuen in de kleinere kinderkamer neemt toe en dat vergroot de kans op predatie (Van der Veer et al., 1987). Ook kan de beschikbaarheid van voedsel in gevaar komen. Voor schol is vastgesteld dat in jaren met grote aanvoer van larven en juvenielen de overlevingskans van de individuele vissen afneemt, omdat het jachtsucces van de jagende vissen groter wordt (Van der Veer en Bergman, 1987).



Tong verborgen in het zand

De juvenielen van tong gebruiken het ondiepe water als kinderkamer. Het areaal ondiep water neemt toe door de zandhonger. Hierdoor neemt de kans op predatie en voedsellimitatie voor juveniele tongen af. Jaren met veel larven zullen hierdoor tot grotere rekrutering kunnen leiden. Grondels verblijven hun hele leven in deze zone en de populaties van deze vissoort zullen kunnen groeien.

Na het opgroeien in de kinderkamers voegen de volwassen dieren zich bij de Noordzeepopulaties. De bijdrage van de Oosterschelde aan de totale Noordzeebestanden is echter klein. Het overgrote deel van de juvenielen groeit elders op, vooral in de Waddenzee. Omdat de bijdrage van de Oosterschelde gering is, zullen effecten van de zandhonger in de Oosterschelde een zeer kleine invloed hebben op de totale visbestanden. De visbestanden in de Oosterschelde zelf zullen uiteindelijk wel invloed ondervinden, zeker de grondels. Maar die effecten zullen in het niet vallen bij de bestaande fluctuaties in visbestanden als gevolg van visserijdruk en variatie in jaarklassterkte door bijvoorbeeld weersomstandigheden.

Zeehonden

Zeehonden maken vooral gebruik van de Roggenplaat en in mindere mate van de Galgeplaat. Ze worden soms ook waargenomen op het Noordergaatje bij Yerseke. In het seizoen 2005/2006 zijn in augustus en september 37 zeehonden geteld, de meeste op de Roggenplaat (Error! Reference source not found.). De zeehonden gebruiken de platen als rustgebied en om te verharen en te zogen (mei-september). De zandhonger zal er uiteindelijk toe leiden dat de zeehonden hiervoor niet meer terecht kunnen in de Oosterschelde.



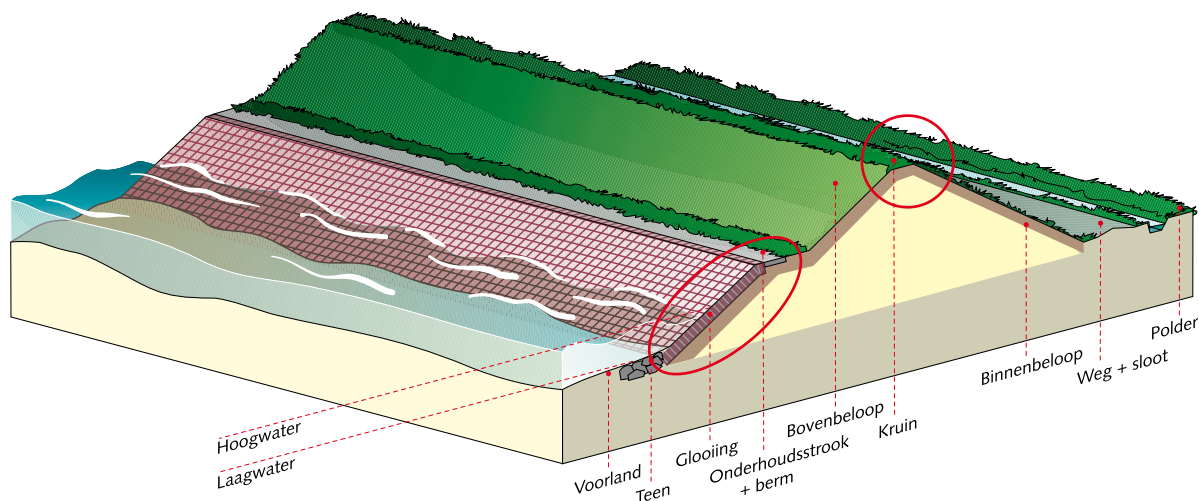
Zeehonden

5.2 Veiligheid

Hoe hoog en sterk moet een dijk zijn? De dijken langs de Oosterschelde moeten voldoen aan normen die in de Nederlandse Wet op de waterkering staan. De normen komen erop neer dat de dijken hoge waterstanden en golven, die slechts heel zelden optreden, veilig moeten kunnen keren (kans van optreden 1/4000 per jaar). Hoe hoog en sterk een dijk daarvoor moet zijn, hangt af van plaatselijke omstandigheden. De waterkeringbeheerders toetsen iedere vijf jaar of de dijken voldoen aan de normen. Voldoet een dijk niet, dan is ingrijpen noodzakelijk.

Als een dijk direct grenst aan een diepe geul of een uitgestrekte watervlakte, kunnen golven hoog oplopen. De bekleding en de hoogte van de dijk moeten daartegen bestand zijn. Ligt er een zandplaat, slik of schor voor de dijk, dan zullen de golven gedempt worden en minder kracht uitoefenen op de dijk (Figuur 17).

De gevolgen van de zandhonger stellen extra eisen aan de hoogte en de sterkte van de dijken. Schorren, slikken en platen komen immers lager te liggen of verdwijnen zelfs geheel. Dijken die nu bescherming genieten van een hoog voorland, zullen in de toekomst sterker belast worden door golven en stroming.



Figuur 17: Doorsnede van een dijk. Door de zandhonger wordt het voorland lager en neemt de golfaanval toe. Dit vereist een sterkere steenbekleding op de glooing en een hogere kruin.

Versterking steenbekledingen

Het projectbureau Zeeweringen verzwaart op dit moment de steenbekledingen van de meeste dijken rond de Oosterschelde. Bij het ontwerp van de nieuwe steenbekledingen houdt het projectbureau rekening met de verlaging van het voorland door zandhonger, uitgaande van een meting uit 1989/1991 en een voorspelling van de toekomstige bodemligging uit 1998 (Roelse, 1998). Inmiddels zijn de inzichten in de toekomstige bodemligging bijgesteld. In 2001 heeft Rijkswaterstaat een tweede meting uitgevoerd en in 2006 zijn op basis daarvan nieuwe voorspellingen van de bodemligging in 2015, 2030, 2045 en 2060 gemaakt (Jacobse et al., 2006). Uitgangspunt voor de voorspelling is dat de bodemontwikkeling zich in de toekomst met gelijke snelheid blijft voltrekken als in de afgelopen jaren (zie ook paragraaf 4.5). Ook uit de nieuwste voorspelling blijkt dat het voorland van meeste dijken door de zandhonger lager wordt. Voor ieder scenario is berekend in welke mate de golfbelasting op de dijken toeneemt als gevolg van het lagere voorland (Jacobse et al., 2006).

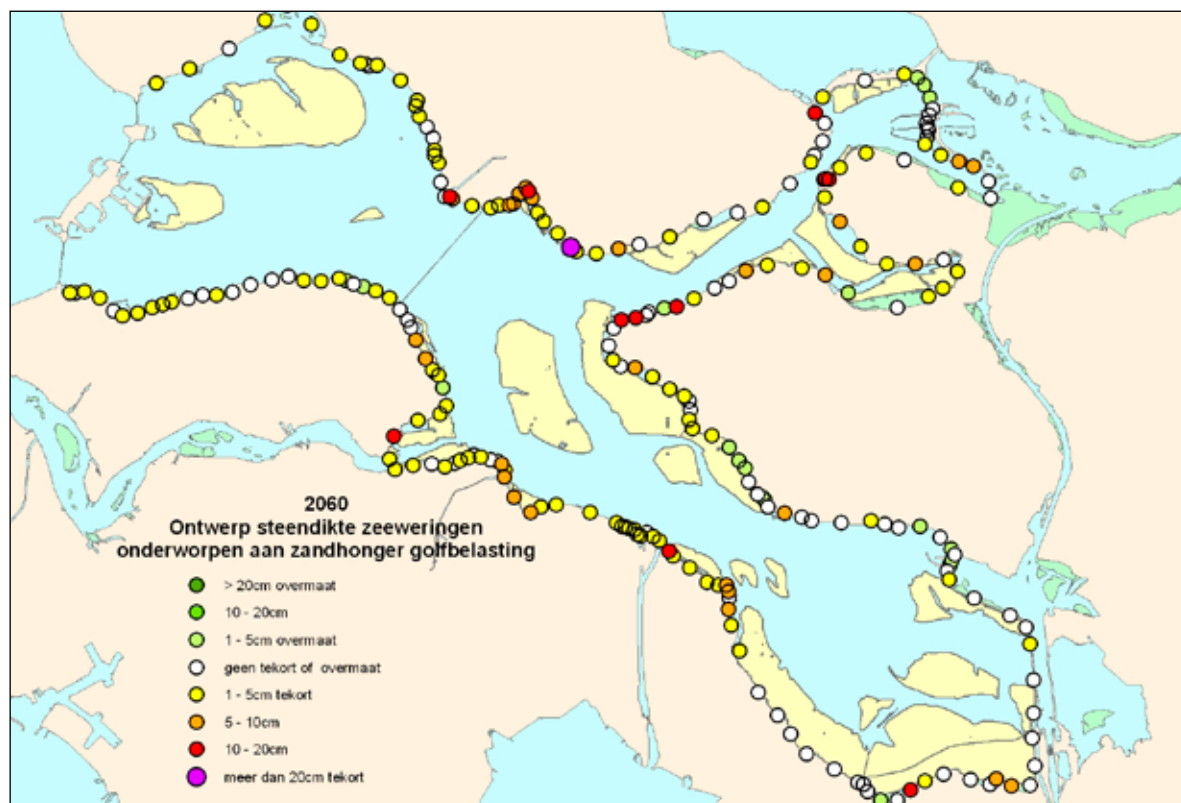
Toetsen en ontwerpen

Elke vijf jaar toetst de beheerder of een dijk de vereiste veiligheid biedt. De belasting wordt zo scherp mogelijk beschreven op basis van de Hydraulische Randvoorwaarden. Onlangs zijn de Hydraulische Randvoorwaarden 2006 (HR 2006) gepubliceerd. Daarin staan de waterstanden en golven die de beheerder bij de volgende toetsing moet gebruiken. Uit de toetsing blijkt of de dijk sterk en hoog genoeg is om die waterstanden en golfbelasting in de komende vijf jaar te weerstaan. Bij aanleg van een nieuwe dijk of de versterking van een bestaande dijk, wordt het ontwerp berekend op een periode van vijftig jaar. In die vijftig jaar kunnen de omstandigheden veranderen, bijvoorbeeld als gevolg van klimaatverandering en zandhonger. Daarom gelden voor het ontwerp zwaardere eisen dan voor de toetsing. In aanvulling op de Hydraulische Randvoorwaarden gelden voor het ontwerp toeslagen voor onzekerheden zoals een mogelijk langere stormduur, onzekerheden in de golfperiode en golfhoogte, zetting van de waterkering en klink van de ondergrond. Binnen die vijftig jaar hoeft verandering van de omstandigheden niet meteen te leiden tot een nieuwe dijkversterking. De ontwerpnormen worden zo gekozen, dat versterking in principe pas na vijftig jaar nodig is, uitgaande van de huidige inzichten in de onzekerheden, waaronder klimaatverandering.

Nieuwe inzichten

Bij het vaststellen van de Hydraulische Randvoorwaarden 2006 is een nieuwe berekeningswijze toegepast. Hieruit blijkt dat de meeste dijken langs de Oosterschelde een minder zware belasting hoeven te weerstaan dan eerder gedacht, terwijl de veiligheid gelijk blijft. De dijkversterkingen die het projectbureau Zeeweringen nu uitvoert, zijn gebaseerd op de oude randvoorwaarden. Ze bieden dus meer sterkte dan strikt noodzakelijk: de ontwerpen zijn robuuster geworden.

Tegenover deze meevaller staat echter een tegenvaller: in de ontwerpen is een te kleine toeslag voor de toekomstige gevolgen van de zandhonger toegepast. Uit nieuwe berekeningen blijkt dat de golfbelasting in de komende vijftig jaar als gevolg van zandhonger sterker toeneemt dan eerder was aangenomen. In 2060 zal de golfbelasting naar verwachting op 79 procent van de dijkglooiingen groter zijn dan is aangenomen bij het ontwerp (Figuur 18). Op een deel van deze dijkglooiingen zal die situatie al vóór 2060 bereikt zijn. Of de dijken dan nog de vereiste veiligheid bieden, hangt ervan af hoe de overige omstandigheden, zoals klimaatveranderingen, zich ontwikkelen. Een worst-casescenario ontstaat als in 2060 alle toeslagen nodig zijn om die ontwikkelingen op te vangen. Een aantal dijken zal dan onvoldoende robuust zijn om de grotere effecten van de zandhonger op te vangen. Daar zullen eerder dan gepland versterkingen plaats moeten vinden. De gemiddelde levensduur van de steenbekleding neemt dan af van 50 tot 30 jaar.



Figuur 18: Ontwerp van de steenbekleding in vergelijking met de benodigde dikte van de steenbekleding bij de voorgeplande golfbelasting in 2060

De dijkvakken waarvan de steenbekleding in het worst-casescenario vóór 2060 niet dik genoeg meer is, liggen verspreid over de Oosterschelde. De meeste problemen treden op rond de Gouwveerse polder bij Zierikzee, slikken van Kats, slik van Kattendijke, slik van Yerseke, Krabbenkreek en Zandkreek en de Kempenhofstedepolder op Tholen. De problemen met de steenbekleding ontstaan vooral waar een toch al smal voorland als gevolg van de zandhonger nog kleiner wordt. Een uitzondering vormen de dijkvakken langs de Zandkreek en de Krabbenkreek, die ondanks het brede voorland toch problemen met de steenbekleding krijgen.

In het worst-casescenario moeten al deze dijken eerder dan voorzien versterkt of vervangen worden. De kosten daarvoor variëren van € 90 à 100 miljoen in geval van versterking met bijvoorbeeld stortsteen en gietasfalt, tot € 215 à 260 miljoen in geval van volledige vervanging.

Een zeer gunstig scenario ontstaat als alléén gevolgen van zandhonger optreden en de overige omstandigheden in de komende vijftig jaar gelijk blijven. Dat wil zeggen dat geen enkel effect van bijvoorbeeld klimaatverandering optreedt. In dat geval is maar een klein deel van de dijken vóór 2060 aan versterking toe. De investeringen vallen dan lager uit en bedragen waarschijnlijk € 25 à 45 miljoen.

Kruinhoogte

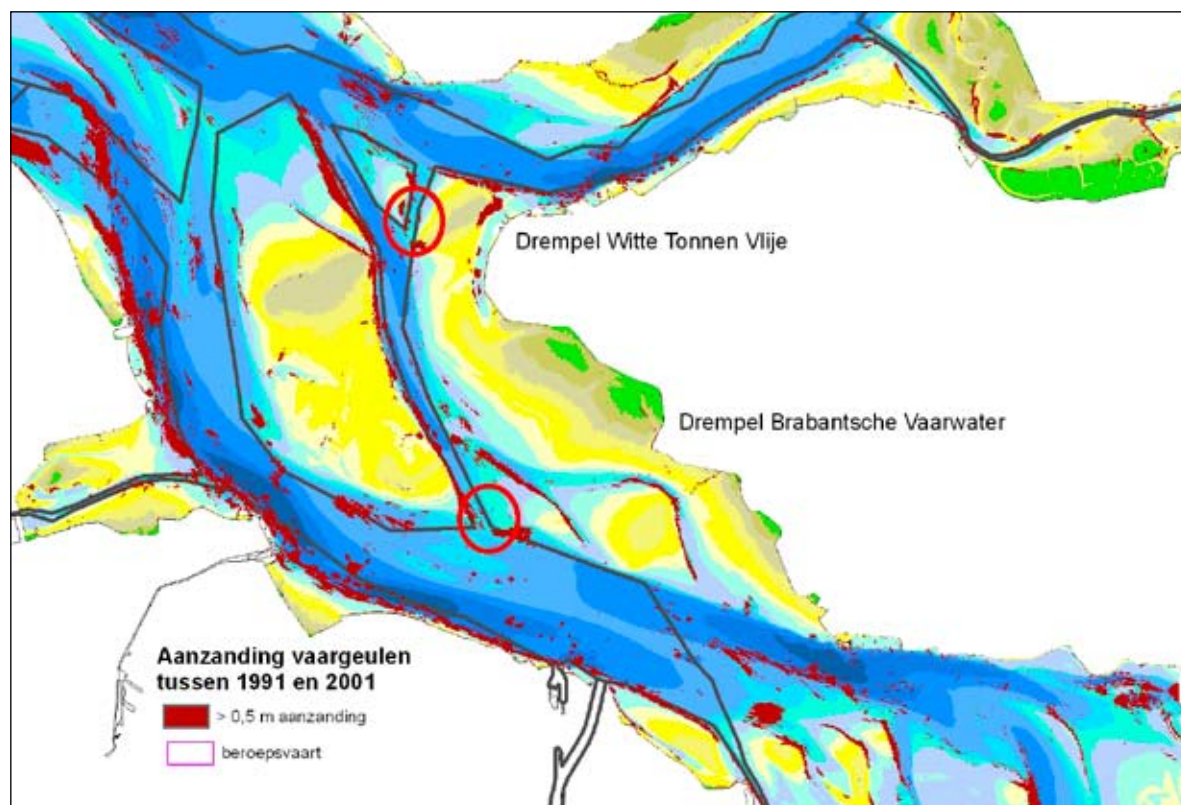
De golfbelasting bepaalt niet alleen de benodigde sterkte van de steenbekleding maar ook de noodzakelijke hoogte van een dijk. Het verband tussen kruinhoogte en golfbelasting is vrijwel lineair. Om de toenemende golfaanval als gevolg van de zandhonger te kunnen weerstaan, moet de kruinhoogte in 2060 gemiddeld 20 centimeter hoger zijn dan in 2001 (Jacobse et al., 2006). De dijken rond de Oosterschelde zijn in de jaren vijftig gedimensioneerd op waterstanden die optreden bij een storm met een kans van optreden van 1/500, zonder Oosterscheldekering. Die waterstanden zijn hoger dan de huidige maatgevende waterstanden. De dijken zijn daardoor gemiddeld 1.6 meter hoger dan noodzakelijk, genoeg om de extra 20 centimeter op te vangen. Op slechts enkele dijkvakken zal de kruinhoogte vóór 2060 ontoereikend zijn. Het projectbureau Zeeweringen brengt deze dijkvakken in de komende jaren op hoogte, tegelijk met de versterking van de steenbekleding.

Onzekerheden

Voor deze berekeningen zijn voorspellingen gebruikt van de manier waarop de zandhonger doorwerkt in de golfbelasting op dijken. De voorspellingen zijn gebaseerd op slechts twee metingen van de bodemhoogte en gaan bovendien ver vooruit. De resultaten geven dan ook niet meer dan een eerste indicatie. In 2008 komt een nieuwe bodemmeting beschikbaar en zal ook een nieuwe voorspelling gemaakt worden. Maar de verwachting is dat de erosie onverminderd doorzet. Tussentijdse metingen op de Galgeplaat en in de Zandkreek bevestigen dat beeld.

5.3 Scheepvaart

In de belangrijkste noord-zuidroute voor scheepvaart liggen twee natuurlijke drempels: één in de Witte Tonnen Vlije en één in het Brabantsch Vaarwater (Figuur 19). Tussen 1991 en 2001 is op deze drempels maximaal twee meter zand gesedimenteerd. Als gevolg van de zandhonger vindt continue aanvoer van zand plaats vanaf het intergetijdengebied naar de geulen. Daarom zal ongeveer eens in de tien jaar baggerwerk op de twee drempels noodzakelijk blijven.



Figuur 19: Aanzanding op twee drempels in de hoofdscheepvaartroute tussen 1991 en 2001

In de kleinere geulen, die in de buurt van grote intergetijdengebieden liggen, zal de verondieping veel forsler zijn. In de eerste jaren na de aanleg van de stormvloedkering zijn deze geulen vooral smaller geworden, omdat het sediment blijft liggen op de geulwanden. In de Krabbenkreek, de geul door de Dortsman en de Mosselkreek is op sommige plaatsen al drie meter zand afgezet op de geulwanden. Dit zand zal zich geleidelijk verspreiden en over enkele tientallen jaren zullen de kleinere geulen meer dan een meter ondieper zijn.



Scheepvaart op de Oosterschelde

5.4 Schelpdiervisserij

De Oosterschelde is een belangrijk gebied voor mossel- en oesterkweek en voor kokkelvisserij.

De mosselvisserij vangt mosselzaad in de Waddenzee en zaaien het uit op percelen in de Oosterschelde. Na twee tot drie jaar zijn de mossels geschikt voor consumptie. De percelen beslaan bij elkaar een oppervlakte van ongeveer vierduizend hectare, elf procent van de Oosterschelde. De percelen liggen op de randen van platen en slikken, in het ondiepe water vanaf een diepte van zes meter beneden NAP tot aan de laagwaterlijn. Door de zandhonger neemt het areaal dat geschikt is voor mosselpercelen toe (Wijsman, 2006). Daarentegen wordt een aantal bestaande percelen dat nu in de luwte achter platen ligt, juist minder geschikt omdat de omstandigheden ruwer worden. Ook krijgen mossels grotere concurrentie van de Japanse oester omdat die meer leefgebied krijgen door de daling van het intergetijdengebied (paragraaf 5.1). Het is nog onduidelijk wat het netto effect van de zandhonger voor de mosselvisserij zal zijn.

Kokkelvisserij vindt plaats op de intergetijdengebieden. Dit is alleen toegestaan voor vergunninghouders en beperkt tot de Roggenplaat, de Galgeplaat en de Slikken van den Dortsman. Bovendien mag kokkelvisserij alleen plaatsvinden in jaren dat er meer kokkels zijn dan de steltlopers nodig hebben als voedsel. Door de zandhonger neemt het leefgebied voor kokkels af en naar verwachting is het kokkelbestand in 2045 nog maar de helft van nu. Het zal daardoor op korte termijn vaker voorkomen dat de steltlopers alle kokkels nodig hebben en kokkelvisserij niet toegestaan is.



Kokkelvisserij

5.5 Recreatie

Recreanten die de Oosterschelde bezoeken, komen vooral voor wind, rust, ruimte, vogels en landschap. De belangrijkste vormen van recreatie zijn recreatievaart (zeilen), sportduiken en kleinschalige strandrecreatie. Het grootste deel van de intergetijdengebieden is gesloten voor betreding om de kwetsbare vogelpopulaties voor verstoring te behoeden. Op het Noordergaatje, een plaat bij Yerseke, is betreding wel toegestaan. Op warme zomerdagen varen daar strandrecreanten vanuit de omliggende havens naartoe.



Recreanten op de slikken van de Krabbenkreek

Recreatievaart

De Oosterschelde is een uniek en geliefd vaarwater voor plezierjachten en charterschepen, vanwege het getij, het wisselende landschap van periodiek droogvallende slikken en platen en de gedempte golfslag. Een tochtje rond de plaat, met zicht op zehonden en vogels, is een belangrijke attractie van de Oosterschelde (Houtekamer, 2007), ook voor recreanten uit andere delen van Nederland en uit het buitenland. Verlies van het intergetijdengebied maakt de Oosterschelde minder waardevol, maar naar verwachting blijft het gebied aantrekkelijk. Een leegloop van vaste ligplaatsen is dan ook niet te verwachten.

Duiken

De Oosterschelde is een geliefd duikgebied omdat het water helder is en omdat zich een kleurrijk planten- en dierenleven ontwikkeld heeft op het grote oppervlak harde oeverbestortingen. Voor de duikers is het intergetijdengebied minder interessant. De teloorgang van het intergetijdengebied zal daarom weinig effect hebben op het gebruik van de Oosterschelde als duikwater.



Duiken tussen de hangcultuurmosselen (foto J. Geurts van Kessel)

Dagrecreatie

Op een aantal plaatsen langs de Oosterschelde zijn zandstrandjes aangelegd. Deze strandjes zijn populair bij strandrecreanten. De gemeenten of recreatiebedrijven die de strandjes in beheer hebben moeten de strandjes nu al met enige regelmaat aanvullen met suppleties. Door de zandhonger zal het onderhoud toenemen.



Strandrecreatie langs de Oosterschelde

6 Maatregelen

De zandhonger heeft ongewenste effecten, vooral voor natuur en veiligheid. Rijkswaterstaat verkent of het mogelijk is de ongewenste effecten te beperken. Drie typen maatregelen passeren hieronder de revue: maatregelen die de oorzaak van de zandhonger wegnemen, maatregelen die de ongewenste effecten verminderen of vertragen en maatregelen om elders vergelijkbare natuur te creëren. De ideale maatregel handhaaft zowel de natuur als de veiligheid, zonder de gebruikers van het gebied te benadelen.

6.1 Oorzaak bestrijden

De oorzaak van de zandhonger is eenvoudig gezegd dat de hoeveelheid water die door de geulen stroomt te klein is in verhouding tot de omvang van de geulen. In theorie is de oorzaak op twee manieren weg te nemen: meer water door de geulen laten stromen óf meer zand in de Oosterschelde brengen om de geulen kleiner te maken.

6.1.1 Meer water door de geulen laten stromen

Oosterscheldewerken ongedaan maken

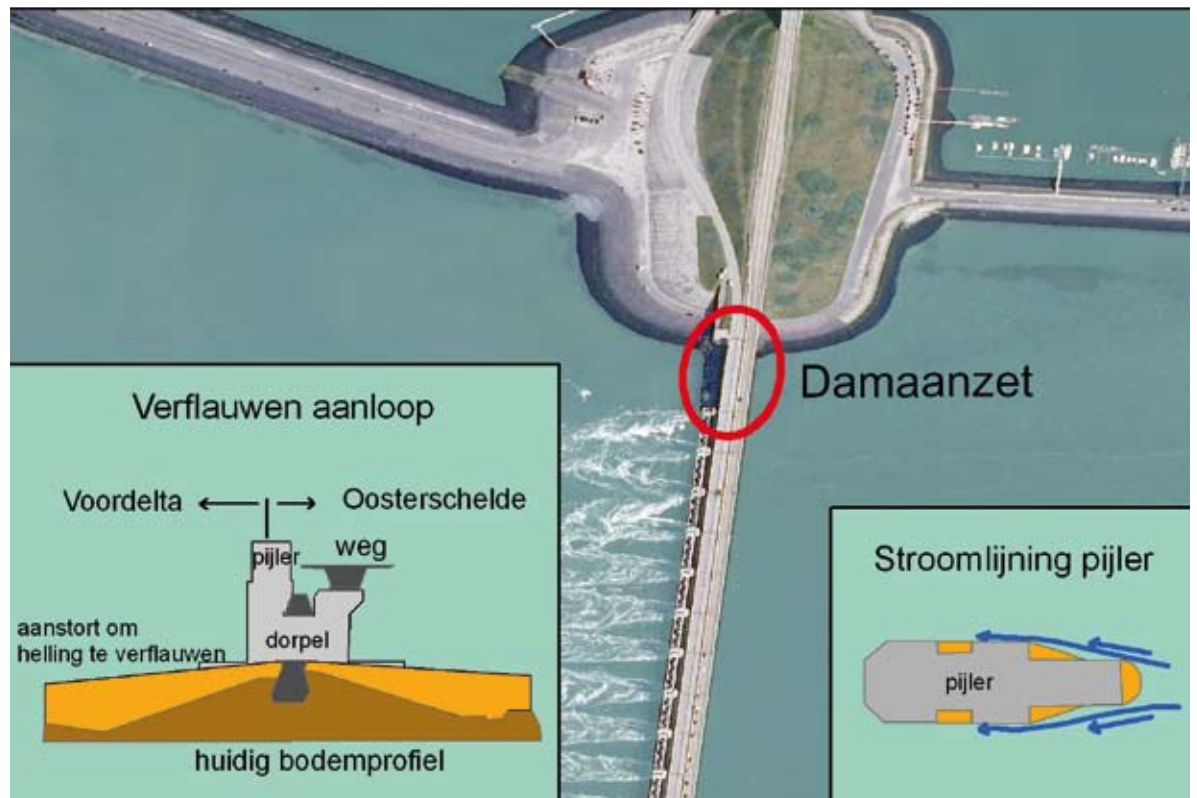
De zandhonger is ontstaan door de Oosterscheldewerken (Oosterscheldekering, Philipsdam en Oesterdam). Sinds de aanleg van de Oosterscheldewerken stroomt er per getij dertig procent minder water in en uit de Oosterschelde terwijl de geulen even groot zijn gebleven als voor die tijd. De afname van het getijvolume is voor zestig procent toe te schrijven aan de kleinere doorstroomopening in de monding van de Oosterschelde als gevolg van de Oosterscheldekering en voor veertig procent aan het afkoppelen van Markiezaat en Krammer-Volkerak (Lievense, 2002). In theorie is herstel van het getijvolume mogelijk door zowel de kering als de compartimenteringsdammen weer te verwijderen. Dat is een onhaalbare maatregel, onder meer omdat voor de veiligheid, de scheepvaart en het behoud van oeververbindingen zeer kostbare en ingrijpende maatregelen nodig zijn.

Meer water door de Oosterscheldekering laten stromen

Met civieltechnische maatregelen is het mogelijk de doorstroomcapaciteit van de Oosterscheldekering te vergroten. Hierdoor zal meer water door de geulen gaan stromen. Jongeling (2007) ziet drie mogelijkheden (Figuur 20):

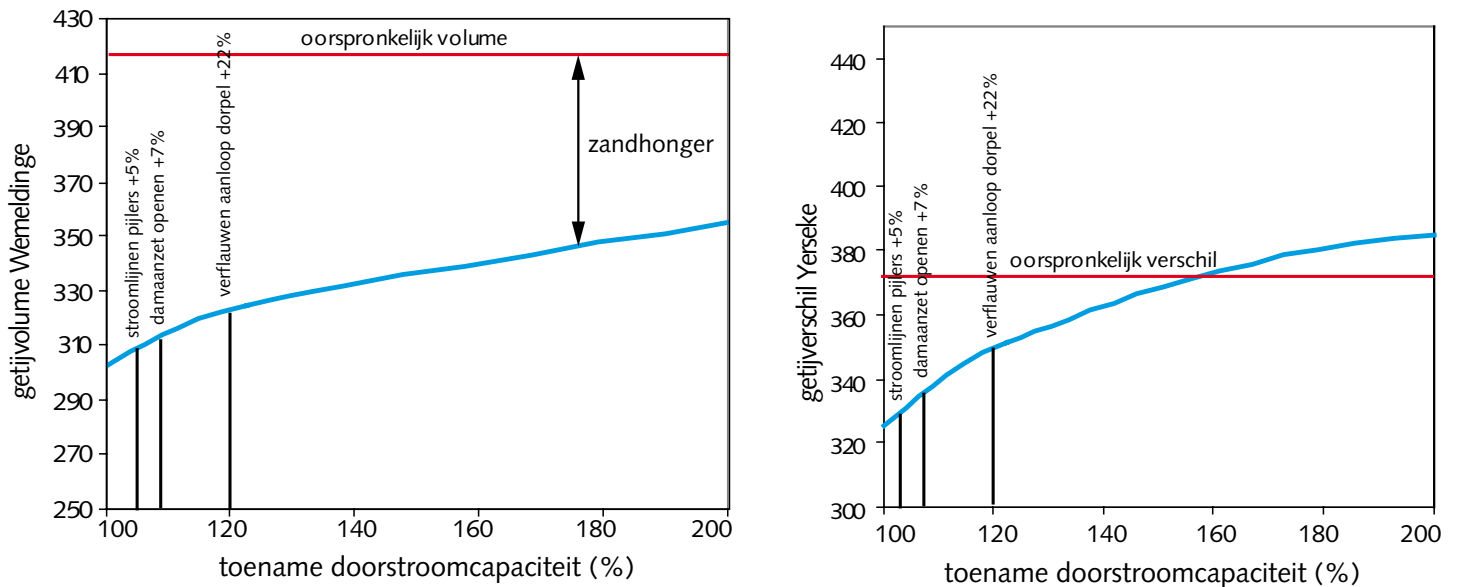
- de pijlers stroomlijnen;
- het talud voor de dorpels flauwer maken, om een gelijkmatiger toestroming te verkrijgen;
- openingen aanbrengen in de dam aanzetten.

Daarbovenop bestaat er een mogelijkheid om op Neeltje Jans een extra doorlaatmiddel te bouwen. Dit doorlaatmiddel kan eventueel worden voorzien van een getijdencentrale voor energiewinning. De meest logische plaats voor een dergelijk doorlaatmiddel is de Mattenhaven aan de zuidzijde van het voormalige werkeiland.



Figuur 20: Mogelijke ingrepen aan de stormvloedkering om de doorstroomcapaciteit te vergroten

Door het stroomlijnen van de pijlers neemt de doorstroomcapaciteit van de kering met vijf procent toe. Het openen van de damaanzetten levert zeven procent toename op. Door het verflauwen van het talud voor de dorpielen neemt de doorstroomcapaciteit met vijftien tot dertig procent toe. Van der Biezen et al (2007) hebben berekend dat een fors doorlaatmiddel in de Mattenhaven leidt tot een toename van de doorstroomcapaciteit met 20%. Bij combinatie van deze maatregelen kunnen de effecten niet zonder meer bij elkaar opgeteld worden. De toename van de doorstroomcapaciteit leidt tot een groter getijverschil en een groter getijvolume (zie Figuur 21).



Figuur 21: Effect van vergroting van de doorstroomcapaciteit op het getijverschil bij Yerseke en het getijvolume bij Wemeldinge

De zandhonger is gestild als het getijvolume herstelt tot de oorspronkelijke waarde. Uit figuur 21 blijkt dat de maatregelen om de doorstroomcapaciteit te vergroten onvoldoende is om de geulen weer in evenwicht te brengen. Deze maatregel levert slechts een kleine afname van de zandhonger op. Het effect op het getijverschil is groter dan het effect op het getijvolume. Oorzaak is dat de compartimenteringdammen het bekken aanzienlijk kleiner hebben gemaakt. Door de grotere getijslag valt een groter deel van de waterbodem droog tijdens eb. Het intergetijdengebied neemt daarmee toe, met tweehonderd à tweehonderdvijftig hectare bij het stroomlijnen van de pijlers of openen van de dam aanzetten en met maximaal achthonderd hectare bij het verflauwen van het talud. De toename is echter tijdelijk omdat de zandhonger niet wordt gestopt, daarvoor is de toename van het getijvolume te gering. Deze maatregel heeft dan ook geen effect op het eindbeeld van schorren, slikken en platen.

De conclusie is dat deze maatregelen niet zinvol zijn omdat zij onvoldoende blijvend effect hebben.

Sturen met de Oosterscheldekering

De Oosterscheldekering kruist drie stroomgeulen: Roompot, Schaar en Hammen. Door de kering tijdens vloed in een van de geulen te sluiten, zal het water door de andere geulen sneller gaan stromen. De stroomsnelheden in die geulen kunnen mogelijk toenemen tot de waarden die voor de aanleg van de kering optraden of zelfs hogere. Hierdoor kan het hydrodynamisch evenwicht in theorie weer herstellen, waardoor aanvoer van sediment naar platen of slikken langs deze geulen zal optreden.

Lievens (2006) heeft met het hydrodynamische model Implic berekend wat het effect is als een of twee stroomgeulen volledig worden gesloten bij vloed. Alleen in de directe omgeving van de kering nemen de stroomsnelheden in dat geval toe. Alleen de Roggenplaat en Neeltje Jans kunnen in potentie profiteren van deze maatregel. In de rest van het bekken worden de stroomsnelheden juist kleiner. Door de maatregel wordt het getijverschil kleiner. Het hoogwater wordt lager en het hogere intergetijdengebied valt permanent droog.

Het is niet uitgesloten dat door deze maatregel problemen ontstaan met de stabiliteit van de kering, de ontgrondingskuilen en de bodembescherming. De stroming wordt immers geforceerd door een kleinere opening.

Al met al is deze maatregel niet zinvol, nog afgezien van de civieltechnische vragen over de stabiliteit van de kering.

Aantakken Volkerak

Het Volkerak kan weer in verbinding komen te staan met de Oosterschelde door een doorlaatmiddel in de Philipsdam aan te brengen. Het waterbergend oppervlak van de Oosterschelde neemt daarmee toe met 8300 hectare (Jörissen, 2003). Dit zou een positief effect kunnen hebben op de zandhonger, het getijvolume in de Oosterschelde zou kunnen toenemen.

In het Volkerak-Zoommeer zal doorspoeling met zout Oosterscheldewater de blauwalgenproblematiek bestrijden.

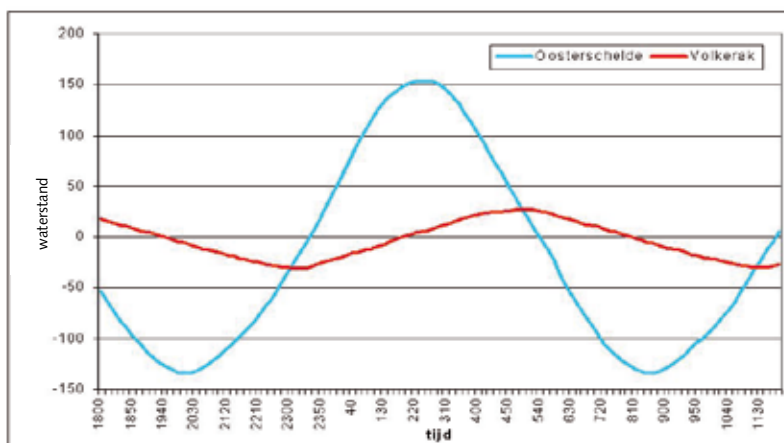
Momenteel loopt voor de m.e.r waterkwaliteit Volkerak-Zoommeer een aanvullende studie naar het optimale doorlaatmiddel om het bekken zodanig door te spoelen dat de blauwalgen afdoende worden bestreden. Lievens (2008 in prep) heeft vooruitlopend op dit onderzoek berekend wat het effect is van een doorlaatmiddel met een getijgemiddeld debiet van 100m³ en 600m³. Deze debieten komen overeen met de onder-, en bovengrens van het aanvullende onderzoek van de m.e.r.

Het effect van het 100m³ doorlaatmiddel is een minimale daling van het getijvolume en de getijslag in de Oosterschelde. Het effect van het 600m³ doorlaatmiddel is iets groter. Het getijvolume door de kering neemt af met 1,3% en de getijslag met 6cm, gelijk verdeeld over de hoog-, en laagwaterstand. Door de stijging van de laagwaterstand verdrinkt 100 tot 150ha intergetijdengebied permanent.





Oosterschelde en volkerak zoommeer



Figuur 22: Getijcurven Oosterschelde en Volkerak bij een doorlaatmiddel van 600m³. Er treedt een faseverschil op 2,5 uur waarin het water in het volkerak in tegenovergestelde richting stroomt van de Oosterschelde. Het getij in de Oosterschelde komt daardoor niet tot volledige ontwikkeling.

De (minimale) vermindering van getijslag en getijvolume in de Oosterschelde door de constructie van een doorlaatmiddel in de Philipsdam is tegengesteld aan de verwachting. De oorzaak ligt in het faseverschil in het getij dat ontstaat tussen beide bekkens. Dit faseverschil bedraagt ongeveer 2,5 uur. (zie Figuur 22). Gedurende dit faseverschil loopt het water door het doorlaatmiddel in tegenovergestelde richting als in de Oosterschelde zelf. Hierdoor kan het getij in de Oosterschelde zich niet volledig ontwikkelen.

De conclusie is dat de doorlaatmiddelen die onderwerp zijn van het nader onderzoek m.e.r. waterkwaliteit Volkerak Zoommeer een verwaarloosbaar tot licht negatief effect hebben op de zandhonger.

Overschelde

Bij de voorbereiding van de derde verdieping van de Westerschelde, begin deze eeuw, is het idee ontstaan om een verbindingskanaal tussen de Westerschelde en Oosterschelde aan te leggen. Doel van dit kanaal, de Overschelde, was de Oosterschelde te laten functioneren als noodoverloopgebied bij extreem hoogwater op de Westerschelde en als verbinding tussen beide bekken onder normale omstandigheden. In 2005 is besloten de Overschelde niet verder uit te werken. Voor de verkenning zandhonger is beoordeeld of de Overschelde de problemen met zandhonger zou kunnen verminderen. De Overschelde was gepland in de hals van Zuid-Beveland, naast het Bathse Spuikanaal. In de Oosterschelde zou de Overschelde uitmonden op de slikken van Rattenkaai. Om voldoende doorstroming te garanderen, moeten die worden ontgraven over een areaal van 175 hectare.

Door de aanleg van dit kanaal stroomt het water onder normale omstandigheden van de Oosterschelde naar de Westerschelde. De laagwaterstand in de Oosterschelde wordt hierdoor 5 tot 8 centimeter lager en het getijvolume neemt licht toe (Svasek, 2002). Door de lagere laagwaterstand neemt het areaal intergetijdengebied toe. Maar omdat de zandhonger nauwelijks vermindert, is dit een tijdelijke toename. Daarbij komt het permanente verlies van slikken bij Rattenkaai. De conclusie is dat de Overschelde geen oplossing biedt voor de zandhonger.

6.1.2 Zandaanvoer stimuleren

Zand is op verschillende manieren in te zetten in de strijd tegen de zandhonger. Het verlies aan intergetijdengebied is direct te herstellen door zand op de platen of slikken aan te brengen. Door zand in de geulen te storten, komen stroomsnelheid en geulomvang weer in evenwicht. De winlocatie van het zand bepaalt of er sprake is van een structurele aanpak van het probleem. Door grote hoeveelheden zand vanuit de Noordzee naar de Oosterschelde te brengen, kan de zandhonger op lange termijn gestild worden. Een alternatief is zand binnen de Oosterschelde te verplaatsen naar de intergetijdengebieden. Dit biedt geen structurele oplossing voor de zandhonger, maar levert wel direct effect op.

Ontgrondingskuilen opvullen

Er is nauwelijks aanvoer van zand vanuit de Voordelta naar de Oosterschelde (zie paragraaf 4.6). Waarschijnlijk vangen de ontgrondingskuilen aan weerszijden van de kering al het zand op (Jongeling, 2007). Door de kuilen aan de zeezijde op te vullen met zand en dat af te dekken met stortsteen, verdwijnt een belangrijke hindernis voor zandtransport en kan import van zand plaatsvinden. Dat zand zal bezinken in de geulen. Naarmate de geulen kleiner worden, neemt de stroomsnelheid toe. Op het moment dat de waterstroming krachtig genoeg is om zand vanuit de geulen naar de intergetijdengebieden te transporteren, wordt opbouw van platen en slikken weer mogelijk. Het evenwicht tussen opbouw en afbraak van het intergetijdengebied is dan op een natuurlijke en structurele wijze hersteld. Vanaf dat moment groeien de intergetijdengebieden mee met de zeespiegelrijzing. Dat is gunstig voor de natuur (de zeldzame intergetijdengebieden blijven in tact) en voor de veiligheid (de dijken zijn beschermd door een robuust voorland). Het is echter niet zeker dat opvulling van de ontgrondingskuilen tot import van zand leidt. Daar moet nader onderzoek naar worden gedaan. De kosten van het opvullen bedragen tientallen miljoenen euro's.

Suppleties op de Voordelta

Het is niet zeker of er op de Voordelta - na aanpassing van de ontgrondingskuilen - genoeg zand in beweging is dat naar de Oosterschelde kan stromen. Ook op de Voordelta is sprake van zandhonger als gevolg van de Deltawerken. Nader onderzoek zou inzicht kunnen geven in de omvang van de



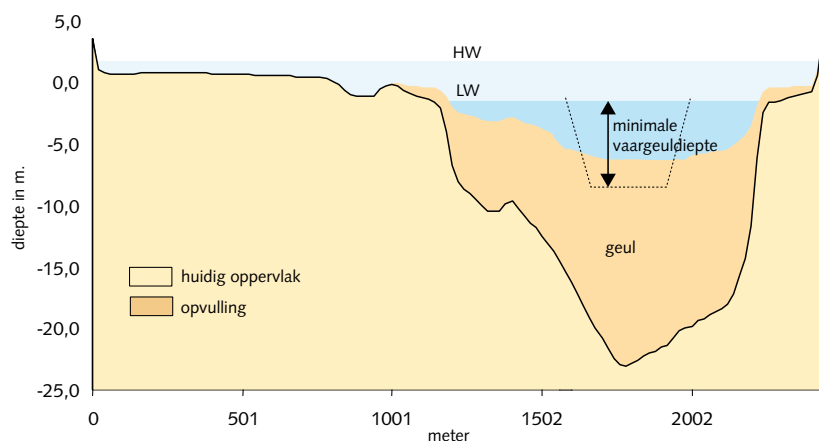
zandhonger in de Voordelta. Grootschalige zandsuppleties op de Voordelta kunnen de zandstroom naar de Oosterschelde op gang brengen. Suppleties op de Voordelta zijn aanzienlijk goedkoper dan suppleties in de Oosterschelde zelf. Deze maatregel heeft als tweede voordeel dat de zandrivier voor de Nederlandse kust voorzien wordt van extra sediment. Dat is van belang om bij verdergaande zeespiegelstijging het 'kustfundament' in stand te kunnen houden. Het kustfundament is de hoeveelheid zand in de kustzone die de basis voor de bescherming tegen overstromingen vormt.

Het effect in de Oosterschelde zal hoe dan ook pas op heel lange termijn merkbaar zijn. De geulen zullen zich opvullen vanaf het westen, terwijl de meeste intergetijdengebieden in het middengebied en de kom liggen. In de tussentijd zal zonder overige ingrepen een groot deel van het intergetijdengebied (tijdelijk?) verloren gaan.

Deze maatregel werkt weliswaar langzaam, maar pakt de zandhonger wel structureel aan. Op de lange termijn kunnen suppleties in de Voordelta een oplossing bieden voor het intergetijdengebied in grote delen van de Oosterschelde. Tot die tijd moet het intergetijdengebied wel met andere maatregelen in stand gehouden worden.

Geulen met zand opvullen

Door de geulen kleiner te maken, kan een nieuw evenwicht ontstaan met de kleinere waterstroom. Of een evenwicht werkelijk bereikt wordt, is echter onzeker. De kleinere geulen zullen mogelijk ook leiden tot afname van het getij. Om de zandhonger volledig op te lossen, is in totaal vierhonderd à zeshonderd miljoen kubieke meter zand nodig. Dit zand moet uit de Noordzee komen, ver buiten de kust om te voorkomen dat de kustveiligheid eronder te lijden heeft. De zandhonger wordt hiermee effectief opgelost en het oppervlak intergetijdengebied zal fors toenemen. Maar er zullen ook grote ongewenste effecten zijn. De huidige locaties van de mossel- en oesterpercelen zullen waarschijnlijk zwaar te lijden hebben van het storten van de grote hoeveelheden zand. Tijdens het storten zal het water vertroebelen en neemt de primaire productie af. Dit kan effect hebben op de ecologie en opbrengsten van mosselpercelen. En het zal veel meer inspanning kosten dan nu om de vaargeulen op diepte te houden (Figuur 23). De kosten van deze maatregel bedragen naar schatting enkele miljarden euro's. Al met al lijkt het in korte tijd kleiner maken van de geulen een onrealistische maatregel.



Figuur 23: Doorsnede van het Mastgat in de huidige situatie en na opvulling van de geul. Scheepvaart is na opvulling alleen mogelijk met extra baggerinspanning

Lokaal kan het opvullen van geulen wel aantrekkelijk zijn. Daar is een beperktere hoeveelheid zand voor nodig. De kosten en de ongewenste effecten zijn daardoor kleiner. Het intergetijdengebied in de directe omgeving kan daardoor op natuurlijke wijze in stand blijven. De omstandigheden zijn het meest geschikt als de getijdenstroom geconcentreerd is in een enkele geul, die omringd is met veel intergetijdengebied. De Krabbenkreek en de geul voor de Slaak zijn daar voorbeelden van. Maar ook

de Mosselkreek tussen de slikken van de Rattenkaai en de Hooge Kraaijer zou in aanmerking kunnen komen. Omringende mossel- en oesterpercelen kunnen door deze maatregel tijdelijk onbruikbaar worden. Ook kunnen de geulen minder goed bevaarbaar worden. Uitvoering van deze maatregel vereist nauw overleg met de gebruikers.

Als onderdeel van de kustlijnzorg zullen de komende jaren op enkele plaatsen in de Oosterschelde steenbestortingen plaatsvinden. Als de lokale omstandigheden het toe laten, is het te overwegen om een of meer van deze steenbestortingen bij wijze van proef te vervangen door een vooroeversuppletie met zand. Een dergelijke suppletie dient dan niet alleen de veiligheid, maar draagt ook bij aan het verkleinen van de zandhonger.

Slikken en platen suppleren

Het zand dat slikken en platen verliezen als gevolg van zandhonger kan periodiek weer worden aangevuld met suppleties. Langs de kust worden suppleties met succes toegepast om de hoeveelheid zand in de kustzone op peil te houden. Bij het ontbreken van natuurlijke zandaanvoer is dit een geschikt alternatief. Een suppletie is een depot van zand op een slik of plaat. Golven en stroming verspreiden het zand vervolgens geleidelijk over het intergetijdengebied. Zo is de oppervlakte én de hoogte van slikken en platen te herstellen, en daar profiteren zowel veiligheid als natuur van. Bij het gebruik van Noordzeezand neemt bovendien de zandhonger structureel af, omdat er meer zand in de Oosterschelde komt.

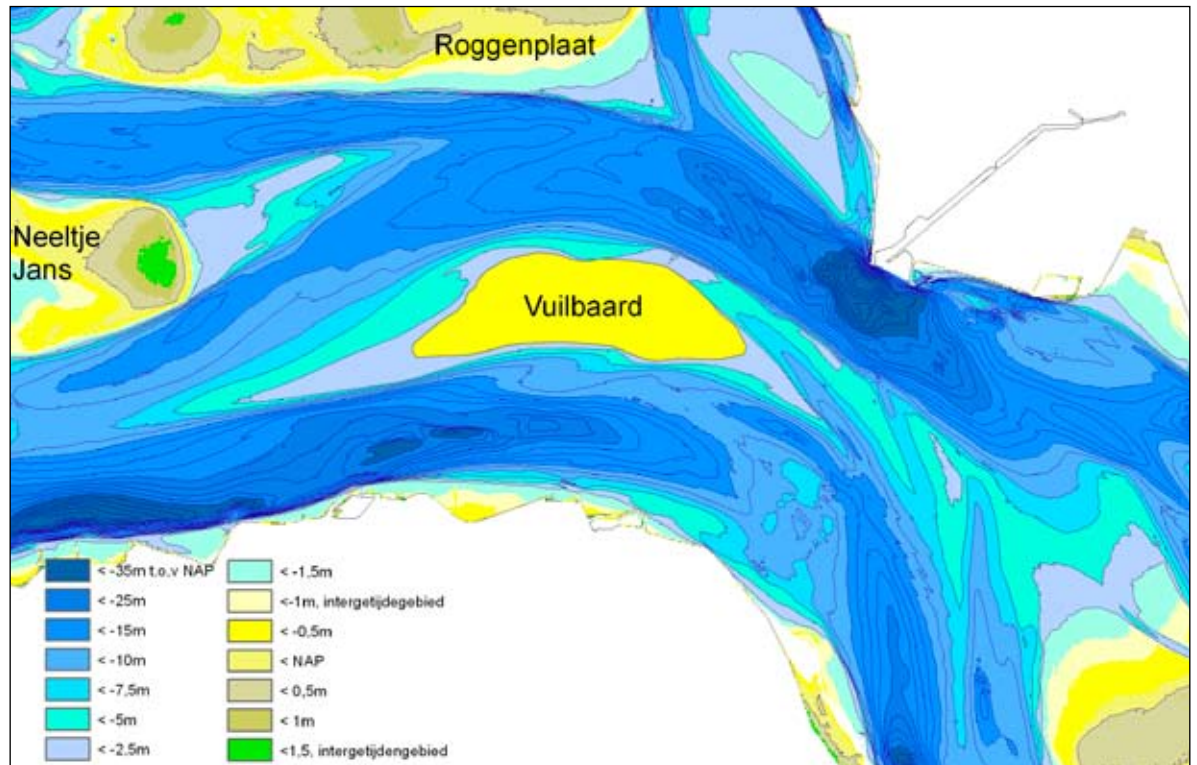


Een suppletie

Suppleties op het voorland van dijken kunnen voordelen voor zowel natuur als veiligheid opleveren of toegespitst worden op één van beide doelen (Figuur 25). De veiligheid wordt het eenvoudigst gediend door een wal direct aan de voet van een dijk aan te leggen, met een minimale breedte van ongeveer tachtig meter (Blom, 2007). Dit levert geen substantieel natuurherstel op, maar is wel efficiënt om de golfaanval op de dijk te dempen. Een wal die midden op een slik of plaat ligt kan beide doelen dienen. Het zand zal zich vanuit de wal verspreiden over de omgeving, zodat het leefgebied voor de bodemfauna op hoogte blijft en de golven breken voordat ze de verderop gelegen dijk bereiken. Door de suppletie plaatselijk tot boven de hoogwaterlijn aan te brengen, kunnen kustbroedvogels zoals sterns en plevieren er tijdelijk gebruik van maken als broedgebied.

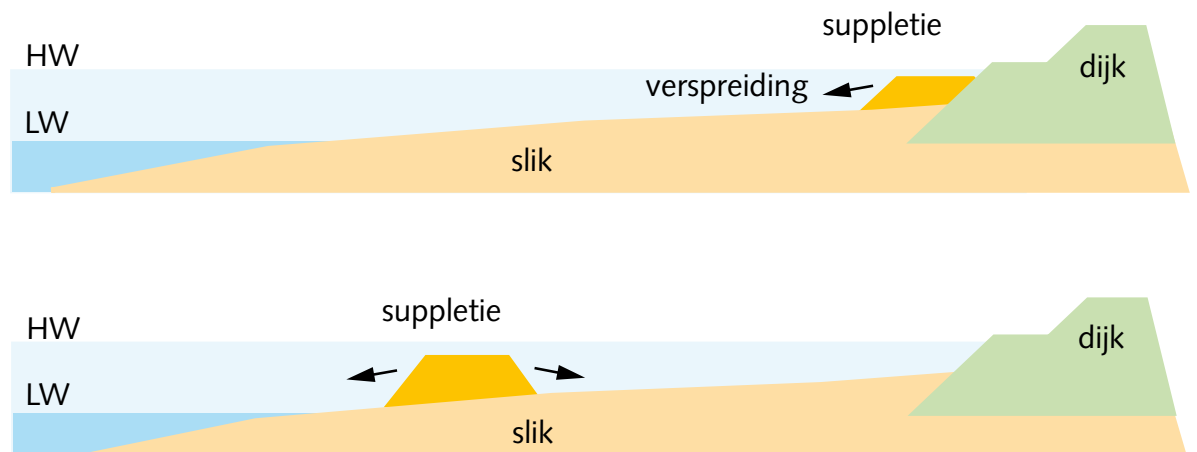
Met suppleties is ook nieuw intergetijdengebied te creëren. Zo kan bijvoorbeeld het ondiepe gebied Vuilbaard, ten zuiden van de Roggenplaat, worden opgehoogd tot boven de laagwaterlijn. De Vuilbaard was tot voor kort een kleine plaat op de ondiepte tussen de schaar van Colijnsplaat en de Roompot. De laatste jaren van 20e eeuw is de Vuilbaard permanent onder water verdwenen en kan daarmee gezien worden als eerste slachtoffer van de zandhonger.

Met een suppletie van 12 miljoen m³ is daar een plaat van 350 ha te creëren.



Figuur 24: Voorbeeld van nieuw aan te leggen intergetijdengebied, een plaat op de Vuilbaard.

Het voordeel van een nieuw intergetijdengebied is dat bestaand gebruik zoals mosselkweek niet wordt gehinderd en dat de volledige foerageermogelijkheden van het bestaande intergetijdengebied in tact blijft. De nieuw aan te leggen Vuilbaard zal wel beschermd moeten worden tegen golfaanval met erosieremmende maatregelen aanvullende suppleties. Het wordt immers aangelegd op een plek waar van nature geen intergetijdengebied meer voorkomt.



Figuur 25: Varianten van suppleren op intergetijdengebied.

Kosten

De kosten worden vooral bepaald door de aanlegkosten en de duurzaamheid van de suppleties. Aanlegkosten, uitgedrukt in een prijs per kubieke meter suppletiezand, hangen af van de complexiteit van het aanbrengen van het zand en vooral ook van de vaarafstand tussen de winlocatie en de locatie van de suppletie. Zand uit de Oosterschelde is goedkoper en heeft ook voor de ecologie de voorkeur. Verplaatsing van zand binnen de Oosterschelde biedt echter geen structurele oplossing van de zandhonger. Een structurele oplossing ontstaat wel als de suppleties worden gecombineerd met zandimport door de kering (zie paragraaf 6.1.2). Het suppleren dient dan om de intergetijdengebieden in stand te houden totdat de zandimport de zandhonger heeft opgelost.

Suppleties in de Oosterschelde met zand uit de Noordzee dragen wel direct bij aan het verminderen van de zandhonger. De kosten daarvan zijn ongeveer tweemaal zo hoog als suppleties met zand uit de Oosterschelde.

Er zijn aanlegkosten berekend voor het herstellen van het zandvolume dat in 15 jaar van de platen en slikken is verdwenen. De kosten zijn berekend voor gebruik van Noordzeezand en voor gebruik van Oosterscheldezand. De herstelkosten voor al het intergetijdengebied bedragen 150 miljoen € bij een kuubprijs van 5 € en 40% aanlegverlies. De herstelkosten per intergetijdengebied variëren tussen 2,1 miljoen € voor de Krabbenkreek tot 32 miljoen € voor de Roggenplaat bij het gebruik van Oosterscheldezand. Als de aanlegkosten worden omgeslagen naar kosten per hectare intergetijdengebied variëren ze tussen de 5000€/ha voor de Krabbenkreek tot 25.000€/ha voor de Hooghe Kraaijer. Aanleg met Noordzeezand verdubbelt de kosten. Hoe lang het zand op de slikken blijft liggen is onbekend, maar als de erosie even snel doorgaat als in de afgelopen jaren, dan hebben de suppleties een levensduur van 15 jaar.

Samenhang met het kustbeheer

De zandhonger in de Oosterschelde vertoont grote overeenkomsten met de problematiek langs de kust. Ook langs de Nederlandse kust is sprake van zandtekort, met name door de zeespiegelstijging. De afslag van de kust heeft gevolgen voor de sterkte van de duinen (veiligheid) en de oppervlakte aan strand en duinen (natuur, recreatie). Het kustbeleid stelt dat zand 'de drager voor alle functies' is. Voor het beheer van de kustzone is de volgende drietrapsstrategie opgesteld:

- behoud van zand en ongehinderd transport van zand langs en dwars op de kust;
- zoveel mogelijk zandige maatregelen als ingrepen noodzakelijk zijn;
- alleen in het uiterste geval zand met harde constructies vastleggen.

Tot op heden is dit beleid van toepassing op de Noordzeekust, de Westerschelde en de Waddenzee, maar niet op de Oosterschelde. Ook de Oosterschelde is echter onderdeel van het actieve kuststelsel en zal te maken krijgen met zeespiegelstijging. De zandhonger veroorzaakt hier extra gevolgen voor de sterkte van de dijken.

Het bestaande kustbeheer biedt aanknopingspunten voor het gebruik van zand in de Oosterschelde. De kustlijnzorg is gericht op het meegroeien van de kust met de zeespiegelstijging. Jaarlijks vraagt dat twaalf miljoen kubieke meter suppletiezand voor de gehele Noordzeekust, Waddenzee en Westerschelde. Als de kustlijnzorg ook op de Oosterschelde van toepassing zou zijn, neemt de jaarlijkse suppletiehoeveelheid toe met een miljoen kubieke meter. Dit is duur zand, omdat het van buiten de Oosterschelde moet komen en omdat het op het intergetijdengebied moet worden aangebracht. Deze hoeveelheid zand komt overeen met het gemiddelde jaarlijkse verlies dat in de afgelopen twintig jaar is opgetreden. Bij gelijkblijvende zeespiegelstijging en zandhonger kan met deze hoeveelheid de huidige situatie in stand blijven.

Nader overleg en studie moeten uitwijzen of het beleid voor de kustlijnzorg ook in de Oosterschelde van toepassing kan zijn en hoe de kustlijnzorg in dat geval invulling kan krijgen.

Suppleties, mosselcultuur en duikers

Op de vooroevers van alle grote intergetijdengebieden liggen mosselpercelen (zie Figuur 3). Bij het aanbrengen van een suppletie bestaat het risico dat de opbrengst van de percelen vermindert. Het anorganische slib dat tijdens de aanleg vrijkomt, kan de voedselopname verstoren of de mosselen

begraven. Het is daarom zaak de suppletie zo aan te brengen dat deze risico's zeer gering zijn (bijvoorbeeld door gebruik van perskades en aanleg bij laagwater).

Als blijkt dat het risico op verstoring van de percelen te groot is, kunnen tijdelijke percelen op andere locaties misschien uitkomst bieden. Onderzoek moet uitwijzen of dat mogelijk is. In dat geval gelden minder beperkingen voor de suppletie en komen mogelijk goedkopere methoden binnen bereik.

Dit vereist een flexibeler regime van verhuur van mosselpercelen. Als het Volkerak-Zoommeer in de toekomst zout wordt, komen daar waarschijnlijk nieuwe schelpdierpercelen beschikbaar die misschien ook als uitwijkpercelen in te zetten zijn.



Mosselkotter voor een plaat

De Oosterschelde is een belangrijk duikwater. Er wordt vooral gedoken op rijk begroeide steenbestortingen. De meeste duikplaatsen bevinden zich in de nabijheid van slikken. Suppleren van de slikken kan tot gevolg hebben dat een deel van het suppletiezand wegspoelt en het hardsubstraat bedekt. Het is dus zaak om bij de suppleties ook de risico's op aanzanding van de steenbestortingen te minimaliseren.

Conclusie

Toepassing van suppleties lijkt een mogelijke maatregel. Met deze maatregel komt het zand meteen terecht waar het nodig is: op het intergetijdengebied. De maatregel kan gebiedsgericht worden ingezet. Met zandsuppleties blijven waarschijnlijk ecologisch waardevolle intergetijdengebieden behouden. Met zandsuppleties op het voorland van dijken wordt ook een bijdrage geleverd aan de veiligheid. Voordat een definitief oordeel mogelijk is, zijn veldproeven zijn noodzakelijk om de onzekerheden te verkleinen: het is nog niet duidelijk hoe lang een suppletie werkzaam blijft, hoe groot de golfdempende werking is en hoe snel de leefgemeenschappen van intergetijdengebieden zich op het gesuppleerde zand zullen vestigen. Mogelijk ondervinden nabijgelegen mossel- en oesterpercelen hinder van de aanleg van een suppleties. Een praktijkproef van een suppletie op de Galgeplaat in 2008 kan hier inzicht in geven.

6.2 Effecten bestrijden

De belangrijkste ongewenste effecten van de zandhonger zijn afslag en verlaging van slikken en platen en afslag van schorren. Er zijn verschillende maatregelen denkbaar om de afslag te verminderen.

Afslag bestrijdende maatregelen hebben als doel het zand zoveel mogelijk op de platen, slikken en schorren te houden. Daarvoor is het nodig de opwoelende werking van golven te verminderen. Dat kan op twee manieren: door golven te dempen of door het sediment te fixeren. Waarschijnlijk is geen van de maatregelen in staat de erosie volledig te stoppen. Er zal altijd sediment in beweging komen en naar de geulen worden getransporteerd. Afslag bestrijdende maatregelen bieden dus alleen een oplossing voor de korte termijn. Door afslag bestrijding te combineren met periodieke suppleties van zand, komt langdurig behoud binnen bereik. Erosieremmende maatregelen houden het gesuppleerde zand langer vast zodat herhaling van de suppletie minder vaak nodig is. Dat beperkt de suppletiekosten en de nadelige effecten op ecologie en andere gebruiksfuncties.

Schelpdierbanken op slikken en platen

Mossel- en oesterbanken blijken intergetijdengebieden tegen golven te beschermen. Ook vangen ze sediment op dat in de geulen dreigt te spoelen (zie paragraaf 4.4 en onder meer Wijsman et al. (2006) en Van Katwijk et al. (2007)). De aanleg van schelpdierbanken kan afslag van slikken en platen lokaal voorkomen of verminderen waardoor de plaat en slikranden gefixeerd blijven. Bovendien zijn vooral de mosselbanken een biotoop met een hoge biodiversiteit waarop een aantal slikgebonden vogels (Scholekster en kanoet) een rijk gedekte tafel vinden. Schelpdieren kunnen echter niet op hoog intergetijdengebied leven. Oesters komen voor tot een meter beneden NAP, mosselen tot NAP. Schelpdierbanken zijn daarom niet toepasbaar op het voorland van een dijk, dat boven NAP ligt. Ze zijn wel inzetbaar voor het beschermen van plaat- en slikranden.

In 2006 hebben het NIOO, Rijkswaterstaat (RIKZ), RU Nijmegen en het WL als proef een oesterbank aangelegd op de Slikken van den Dortsman, als onderdeel van het Waterinnovatieprogramma van Rijkswaterstaat (WINN). De oesters zijn er in het najaar neergelegd maar bij de eerste herfststorm al weggespoeld. De belangrijkste les uit die proef is dat een oesterbank alleen kan ontstaan als de ondergrond voldoende stabiel is en de oesters voldoende tijd krijgen zich te hechten aan de ondergrond.



Japanse oesters (Foto E. Schuilenburg)

De schelpdierbanken kunnen worden ingezet voor bescherming van plaat- en slikranden. In deze zones kunnen de schelpdieren goed overleven. Op de plaatranden vangen de schelpen het sediment op dat van hoger gelegen zones afspoelt. Ook remmen ze de erosie van de plaat- of slikrand. Vooral waar de golfbelasting groot is, kan deze maatregel effectief zijn. Dat is bijvoorbeeld het geval aan de westrand van de Galgeplaat en de Krabbenkreek en aan de zuidrand van de Roggenplaat en de Slikken van Viane.

In totaal komt ongeveer vijftig kilometer van plaat- en slikranden in aanmerking voor bescherming door oester- en mosselbanken. Uitgaande van banken van honderd meter breed, is hiervoor vijfhonderd hectare nodig. Het gebruik van mosselen heeft de voorkeur boven het gebruik van Japanse oesters, omdat mosselen ook voedsel vormen voor de beschermde steltlopers en beter bestand zijn tegen langdurig droogvallen dan oesters. De kosten van de aanleg van mosselbanken bedragen ongeveer € 10 à 20 duizend per hectare, afhankelijk van de prijs van het mosselzaad.

Nadeel van het gebruik van mosselzaad is dat het schaars is en er concurrentie kan ontstaan met de mosselvisserij. De mosselen zullen bovendien een deel van de primaire productie verbruiken waardoor mogelijk minder voedsel beschikbaar is voor andere soorten of mosselen op de percelen. Mogelijk zijn de schelpdierbanken te combineren met gecontroleerde mosselkweek, zoals selectief of periodiek oogsten. Belangrijk is dat de mosselbanken zo groot zijn dat oogsten van een gedeelte niet leidt tot voedselschaarste voor de steltlopers.

Al met al is aanleg van schelpdierbanken een interessante maatregel die samen met de schelpdiersector nader verkend kan worden.

Harde oeververdedigingen

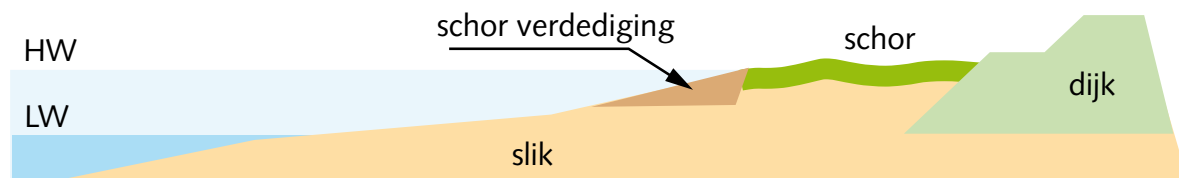
Stenen oeververdedigingen beschermen de randen van intergetijdengebied en schorren tegen golven. Het schor bij Sint Annaland en het schor van Rumoirt (Slaak) zijn gedeeltelijk met een stenen oeververdediging beschermd. In het Gevelingenmeer, het Veerse Meer en het Volkerak-Zoommeer liggen oeververdedigingen voor vrijwel alle oevers. Oeververdedigingen zijn het meest effectief op plaatsen waar de golfbelasting hoog is. In de Oosterschelde is dat het geval langs ongeveer vijftig kilometer plaat- en slikranden en langs alle schorranden. Voor het verdedigen van de oevers zijn drie opties uitgewerkt: een schorrandverdediging, een enkelvoudige stortstenen dam op een plaat- of slikrand en een getrapte oeververdediging op plaat- of slikrand.



Schorrandverdediging

Schorrandverdediging

Een harde schorrandverdediging is een glooiing van steen die direct tegen het schorklif aan ligt. Dit type verdediging is al vaak toegepast en heeft zich bewezen. De glooiing is in staat de achteruitgang van het schorklif effectief te stoppen. De schorren van Rumoirt en een gedeelte van de schorren van Sint Annaland zijn op deze wijze verdedigd. Projectbureau Zeeweringen bereidt momenteel de verdediging van de schorren van de tweede Bathse polder en Anna Jacobapolder voor.



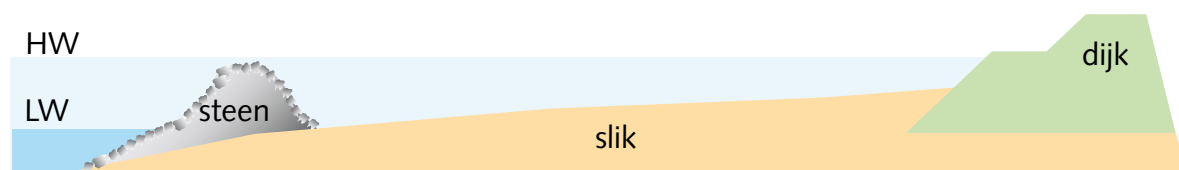
Figuur 26: Schorrandverdediging

Enkele oeververdediging

De enkele oeververdediging is een wal van enkele meters hoog met een basis onder de laagwaterlijn. De wal dempt de golfwerking op het achterliggende intergetijdengebied over een zekere afstand effectief uit. Het zand dat toch in beweging komt en wegspoelt, blijft voor een deel achter de golfbrekers liggen. Hierdoor blijft het langer beschikbaar voor het intergetijdengebied.

Enkele oeververdedigingen hebben een aantal nadelen. De verlaging van het middendeel van grotere platen en slikken wordt door deze maatregel niet gestopt of afgeremd. Ook worden de intergetijdengebieden moeilijker toegankelijk voor diersoorten zoals vissen en krabben. Mosselvisserij kunnen bovendien hinder ondervinden van de oeververdedigingen als zij op hun mosselpercelen aan het werk zijn. De oeververdedigingen zijn ongeveer twee meter hoog en veranderen het landschapsbeeld daarmee aanzienlijk. Platen en slikken worden minder goed zichtbaar. De duikwereld heeft een voorkeur voor deze maatregel omdat de stenen een goede vestigingsplaats zijn voor een diverse en kleurrijke levensgemeenschap.

Enkele oeververdedigingen lijken daarom alleen geschikt om de ongewenste effecten van de zandhonger op de veiligheid te bestrijden op plaatsen waar 'zachte' maatregelen geen uitkomst bieden. Voor het bestrijden van de effecten op intergetijdengebieden is deze maatregel zeer ingrijpend.



Figuur 27: enkelvoudige oeververdediging

Oeververdediging in serie

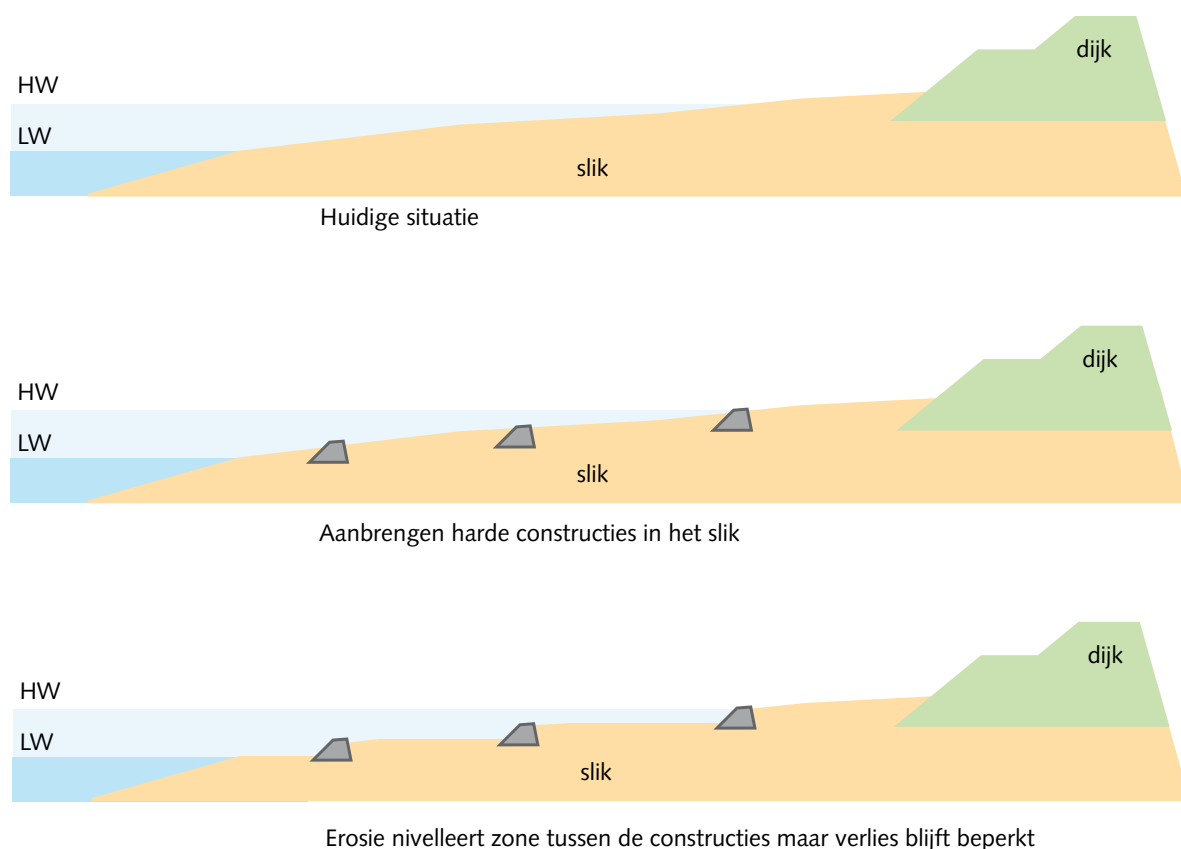
Een getrapte oeververdediging bestaat uit een serie harde constructies, die als walletjes in de plaat of het slik zijn ingegraven. De constructies zijn ongeveer een halve meter tot een meter hoog. Ze kunnen bestaan uit stortsteen en misschien ook uit verkit zand (Figuur 28). De getrapte oeververdediging kan de erosie niet geheel voorkomen, maar zorgt er wel voor dat veel van het sediment achter de walletjes blijft hangen. Daarmee wordt het oorspronkelijk profiel van de plaat of slik min of meer behouden. Achter elk walletje ontstaat in eerste instantie een vlak stuk slik of plaat. Bij verdergaande erosie ontstaat uiteindelijk een verlaging. Op dat moment is een suppletie nodig om het profiel weer te herstellen.

Het doel van de getrapte oeververdediging is om het reliëf op de plaat zoveel mogelijk te behouden. Daarmee blijven zowel de foerageermogelijkheden voor vogels als de golfdempende werking voor dijken in stand. Bij aanleg van een getrapte oeververdediging zijn suppleties minder vaak nodig. De kosten en nadelige effecten van suppleties zijn in dat geval kleiner.

Mogelijk zijn de terrasvormige slikken en platen, die ontstaan door de getrapte oeververdediging, op sommige locaties te combineren met schelpdiercultuur. Dat kan aantrekkelijk zijn omdat bij periodieke suppleties behoefte is aan nieuwe schelpdierpercelen als tijdelijke vervanging van percelen in de buurt van de suppleties.

Het is onduidelijk hoe en op welke hoogten de constructies moeten worden aangelegd. Het is niet bekend hoe erosieremmend de maatregel is. Ook is niet bekend wat het effect is op het bodemleven en de daarvan afhankelijke steltlopers. Deze onzekerheden vereisen nader onderzoek en de maatregel moet in de praktijk getest worden.

De getrapte oeververdediging lijkt een interessante maatregel, maar een definitief oordeel is pas te geven na aanvullend onderzoek en praktijkproeven.



Figuur 28: Principe van oeververdediging in serie

Palenrijen

Palenrijen breken de golven. Door palenrijen parallel aan de dieptelijnen te plaatsen op de westelijke randen van platen en slikken, wordt de kracht van golven gedempt. Daardoor neemt de erosie van het achterliggende intergetijdengebied af. De golfdempende werking hangt af van de hoogte van de palen, de afstand tussen de palen en de positie van de rij ten opzichte van de overheersende windrichting. Het is niet zeker of palenrijen de erosie vertragen. Mogelijk ontstaan rond de palen grote stroomsnelheden en versnelt de erosie daar juist. Een veldexperiment kan hier duidelijkheid in geven.

Als blijkt dat de palenrijen een erosieremmende werking hebben, kunnen ze afzonderlijk of in combinatie met een getrapte oeververdediging of suppletie worden ingezet. De palenrijen dienen dan vooral om de levensduur van de suppletie of oeververdediging te verlengen.

In Frankrijk worden palen in het intergetijdengebied gebruikt voor de mosselkweek, de zogenaamde Bouchot-cultuur (Figuur 30). Ook in de Oosterschelde kunnen paalhoofden langs platen of slikken kansen bieden voor schelpdiercultuur, bijvoorbeeld voor het invangen van mosselzaad.

Nadere bestudering van de functie van palenrijen in een proefopstelling lijkt de moeite waard, zeker in combinatie met een functie voor schelpdiercultuur.

6.3 Elders vergelijkbare natuurwaarden ontwikkelen

Wellicht is het mogelijk buiten de Oosterschelde natuurwaarden te ontwikkelen die vergelijkbaar zijn met de waarden die in de Oosterschelde verloren gaan. Dit kan van belang zijn als behoud van intergetijdengebieden in de Oosterschelde niet haalbaar is.



Bouchot cultuur, N. Frankrijk. Een kans voor medegebruik van de palenrijen voor mosselkweek.

Herstel getij in voormalige zeearmen

In het Volkerak-Zoommeer, het Haringvliet, de Grevelingen en het Veerse Meer kan getij in gedempte vorm terugkeren met behulp van doorlaatmiddelen. Dat vergt een investering van honderden miljoenen euro's. De nieuwe intergetijdengebieden staan onder invloed van een gedempt getij. Voor de natuur in deze zeearmen en in de delta als geheel zal dit een grote vooruitgang betekenen. Maar de nieuwe intergetijdengebieden zullen niet dezelfde hoge kwaliteit hebben als de bestaande intergetijdengebieden in de Oosterschelde door de mindere dynamiek (getijdewerking, stroming) en voedselaanbod voor bodemdieren.

Binnendijkse getijdennatuur

Getijdennatuur kan binnendijks tot ontwikkeling komen door een binnendijks gebied met een doorlaatmiddel te verbinden met getijdenwater. In de zone tussen hoog- en laagwater zal intergetijdengebied ontstaan. Voor het Rammegors, een voormalig schor tussen de Krabbenkreek en het Schelde-Rijnkanaal bestaan vergevorderde plannen om het gebied met een afsluitbare duiker te verbinden met de Krabbenkreek. Zo kan in het Rammegors een getijdenverschil van anderhalve meter ontstaan en een intergetijdengebied van 75 hectare. De getijdennatuur

die daar ontstaat, zal een waardevolle aanvulling vormen op de bestaande natuur, maar biedt geen volwaardige vervanging voor de bestaande intergetijdengebieden in de Oosterschelde.

Binnendijkse getijdennatuur is op verschillende plaatsen rond de Oosterschelde mogelijk. De gebieden moeten aan een aantal voorwaarden voldoen:

- grenzend aan getijdenwater;
- hoogteligging rond NAP of iets daarboven;

- bij voorkeur enig (historisch) reliëf;
- omringd door dijken.

Aan deze criteria voldoen jonge polders omgeven door dijken direct langs de Oosterschelde. Verbinden van deze polders met de Oosterschelde kan enkele honderden hectaren getijdennatuur opleveren. De investeringen zullen fors zijn.

Eilanden voor de kust

Vanuit verschillende overwegingen ontstaan plannen om eilanden voor de kust aan te leggen. De eilanden kunnen voordelen bieden voor bijvoorbeeld kustbescherming en ruimte bieden voor natuur of zelfs bebouwing. De omstandigheden voor de kust zijn aanzienlijk ruwer dan in de Oosterschelde. Om hier intergetijdengebied zoals in de Oosterschelde tot ontwikkeling te laten komen, moeten voldoende luwe plaatsen gecreëerd worden. De aanleg van eilanden is een zeer ingrijpende en kostbare maatregel. De besluitvormings- en uitvoeringsprocedures zullen tientallen jaren in beslag nemen. Het resultaat is zeer ongewis.

Elders vergelijkbare natuurwaarden ontwikkelen lijkt alleen het overwegen waard als behoud van de intergetijdengebieden in de Oosterschelde niet mogelijk is.

6.4 Totaaloverzicht van de maatregelen

De paragrafen hiervoor geven per maatregel inzicht in de effectiviteit, de kosten en de technische haalbaarheid. Op basis van deze kenmerken heeft Rijkswaterstaat beoordeeld welke maatregelen in theorie mogelijk zijn. De betrokken partijen kunnen nu gezamenlijk een keuze maken uit deze set mogelijke maatregelen. Zij moeten afwegen welke maatregelen zij wel of niet wenselijk vinden en een passende strategie vaststellen. Bij die afweging zullen ook andere kenmerken een rol spelen, bijvoorbeeld landschappelijke inpasbaarheid, natuurlijkheid en beschikbaarheid van financiële middelen.

Geen van de maatregelen is direct toepasbaar in de Oosterschelde, met uitzondering van de al toegepaste schorrandverdedigingen. Alle andere maatregelen vereisen nader onderzoek en veldexperimenten om de effectiviteit in de praktijk te testen. De stand van zaken staat in Tabel 2. De meeste kansrijke maatregelen zijn zowel lokaal als grootschalig toepasbaar. Dat maakt een gebiedsgerichte aanpak van de effecten van zandhonger mogelijk, waarbij verschillende typen maatregelen in combinatie worden ingezet.

Maatregel	Oordeel	Kennishiaten
Verwijderen Oosterscheldekering en compartimenteringsdammen	Geen nadere bestudering. Weliswaar effectief tegen de zandhonger, maar zeer kostbaar (miljarden investering) en vereist ingrijpende vervangende maatregelen voor onder meer veiligheid.	
Meer water door de kering laten stromen	Geen nadere bestudering. Hoge investeringen noodzakelijk voor afname van de zandhonger die onvoldoende is om de platen en slikken te redden.	
Verbinden met Volkerak-Zoommeer of Westerschelde (Overschelde)	Geen nadere bestudering te behoeve van zandhonger. Hoge investeringen, gering effect op zandhonger.	
Ontgrondingskuilen aanpassen om zandimport te vergroten	Mogelijke maatregel voor de lange termijn. Verdient nadere bestudering.	Werking en technische haalbaarheid nog onduidelijk. Kan de Voordelta zand kan missen?
Suppleties in de Voordelta	Mogelijke maatregel voor de lange termijn in combinatie met ontgrondingskuilen aanpassen. Verdient nadere bestudering.	
Geulen opvullen tot evenwicht	Onhaalbaar voor hele Oosterschelde. Optie voor lokale invulling in Krabbenkreek, Slaak en Mosselkreek. Lokale inzet vergt nadere bestudering.	Kwantificeren benodigde hoeveelheid zand. Effecten op waterstanden en gebruik.
Suppleren intergetijdengebied	Mogelijke maatregel. Periodiek onderhoud noodzakelijk. Verdient nadere bestudering en praktijkproef.	Levensduur en effect op bodemleven onbekend.
Schelpdierbanken aanleggen om afslag te vertragen	Interessante maatregel. Oesterbanken vormen een effectieve golfbreker. Het effect van mosselbanken is onzekerder, maar die zijn mogelijk te combineren met mosselteelt en/of voedsel voor scholeksters. Verdient nadere bestudering en praktijkproef.	Is aanleg op dynamische plaatranden mogelijk?
Oeververdediging	Oeververdediging in serie lijkt interessant. Biedt mogelijkheid om hoogtezones te behouden voor ecologie en veiligheid. Verdient nadere bestudering en praktijkproef.	Nog geen ervaring met aanleg en onderhoud. Effectiviteit? Is combinatie met schelpdiercultures mogelijk? Is de constructie landschappelijk inpasbaar?
Paalhoofden als golfbrekers	Interessant. Mogelijke combinatie met mosselteelt? Mogelijk combinatie met getrapte oeververdediging. Verdient nadere bestudering en praktijkproef	Onduidelijk of de paalhoofden de erosie tegen kunnen houden.
Vergelijkbare getijdennatuur elders creëren	Behoud van getijdennatuur in de Oosterschelde verdient de voorkeur omdat de kwaliteit van elders gecreëerde getijdennatuur minder zal zijn	

Tabel 2: Overzicht van de maatregelen: oordeel en kennishiaten

7 Maatschappelijke kosten-batenanalyse

De maatregelen om de effecten van zandhonger te bestrijden vragen forse investeringen. Een maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA) geeft gevoel voor de omvang van de investeringen en opbrengsten die daartegenover staan.

7.1 Doel en uitgangspunten

De maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA) is uitgevoerd door Witteveen en Bos (Buter, 2007). De analyse betreft de kosten en baten voor de Nederlandse belastingbetaler, voor zover die in geld zijn uit te drukken. Natuur zonder direct te kwantificeren economische waarde speelt in de MKBA geen rol. Juist die intrinsieke natuurwaarden vormden in de vorige eeuw een belangrijke reden voor de bouw van de Stormvloedkering en zijn nu een belangrijke aanleiding voor maatregelen tegen de effecten van zandhonger. De kosten-batenanalyse geeft daarom slechts een deel van de overwegingen die van belang zijn voor de uiteindelijke besluitvorming. De analyse is vooral van belang om maatregelenpakketten te optimaliseren op kosteneffectiviteit.

Kernvraag voor de kosten-batenanalyse was: loont het om geld te besteden aan maatregelen tegen zandhonger? Om deze vraag te beantwoorden is het nodig de kosten en baten van maatregelen te vergelijken met de kosten en baten van 'niets doen'. Ook niets doen brengt namelijk kosten met zich mee. Zo gaan de steenbekledingen op dijken mogelijk twintig jaar minder lang mee als gevolg van de zandhonger. De kosten en baten van maatregelen zijn in beeld gebracht voor drie alternatieven, die de bandbreedte tussen minimale en maximale beheerinspanning bestrijken.



Dijkverzwaring

7.2 Alternatieven

Met de MKBA zijn de maatschappelijke kosten en baten voor drie alternatieven in beeld gebracht:

- alternatief 1: al het intergetijdengebied behouden, zachte maatregelen
- alternatief 2: behoud waar vooral veiligheid profiteert, zachte maatregelen
- alternatief 3: geen behoud intergetijdengebied, harde maatregelen voor veiligheid.

Bij de samenstelling van de drie alternatieven hebben de volgende overwegingen een rol gespeeld:

- Het is niet haalbaar of betaalbaar om op korte termijn de oorzaak van de zandhonger weg te nemen. De nadruk ligt daarom op effecten bestrijden. De voorkeur gaat uit naar maatregelen die de zandhonger op lange termijn wel stillen, al gaat dat heel langzaam. Suppleties met zand zijn daar een voorbeeld van. De alternatieven 1 en 2 maken daar zo veel mogelijk gebruik van.
- In het algemeen gaat de voorkeur uit naar toepassing van natuurlijke materialen, zoals zand, klei en schelpen. Maar deze zogenoemde 'zachte' maatregelen zijn niet overal mogelijk. Bovendien hebben ze soms nadelen voor de natuur, op de locatie van gebruik of van herkomst. Daarom zijn harde maatregelen niet bij voorbaat uitgesloten. De alternatieven 1 en 2 bevatten zachte materialen waar dat kan en harde waar het moet. Alternatief 3 bevat alleen harde maatregelen.
- Als behoud van al het intergetijdengebied niet mogelijk lijkt, zijn locatiekeuzes nodig. In dat geval ligt het voor de hand die intergetijdengebieden te behouden die ook voor andere functies van belang zijn. Dat zijn met name de voorlanden van de dijken, die van belang zijn voor de veiligheid. De alternatieven 2 en 3 bevatten maatregelen voor het in stand houden van intergetijdengebied voor dijken. Om de alternatieven onderling goed te kunnen vergelijken, bevat ook alternatief 1 maatregelen die noodzakelijk zijn om de vereiste veiligheid in stand te houden.

Alternatief 1: intergetijdengebieden behouden, zachte maatregelen

Dit alternatief bestaat uit maatregelen voor het behoud van al het intergetijdengebied in de Oosterschelde vanaf 2015 en het op orde houden van de veiligheid. Waar het kan, worden zandsuppleties toegepast.

De Roggenplaat en de Galgeplaat blijven in stand door zandsuppleties, die vanaf 2015 plaatsvinden. Aangenomen is dat de benodigde hoeveelheid zand overeenkomt met het gemiddelde jaarlijkse verlies in de periode 1986-2001. Voor de suppletie van de Roggenplaat is in dat geval 112.000 kubieke meter zand per jaar nodig, voor de suppletie van de Galgeplaat 63.000 kubieke meter per jaar.

Voor het waarborgen van de veiligheid, vinden waar mogelijk suppleties plaats op slikken die direct aan de dijk grenzen. Suppleties zijn mogelijk waar het voorland voor de dijk breder is dan honderd vijftig meter. Ze worden zo uitgevoerd dat het gehele voorland behouden blijft. De suppleties beginnen op het moment dat de steenbekleding niet meer toereikend is. In 2015 zijn de eerste suppleties nodig. De maximale omvang wordt in 2060 bereikt, als suppleties nodig zijn over een totale lengte van 63 kilometer (Figuur 29). Op dat moment omvatten de suppleties op het voorland van dijken in totaal 840.000 kubieke meter per jaar. Op een traject van in totaal 71 kilometer dijken zijn eveneens maatregelen nodig voor veiligheid maar bieden suppleties geen uitkomst. Die dijkvakken worden versterkt met harde maatregelen. Dat kan op twee manieren:

- ingieten: voegen ingieten met bitumen of milieuvriendelijke harsen. Dit kan alleen onder voorwaarde dat de voegen goed zijn uitgespoeld en het tekort aan dikte van de dijkbekleding niet meer dan vijf centimeter bedraagt. Ingieten kan worden toegepast op een traject van 26 kilometer (Blom et al, 2007);
- overlagen: boven op de bestaande steenbekleding komt een laag stortsteen, ingegoten met bitumen. Dit zal plaatsvinden op 45 kilometer.

In totaal omvatten de suppleties in dit alternatief ruim een miljoen kubieke meter per jaar. In deze berekening is uitgegaan van een aanlegverlies van veertig procent.

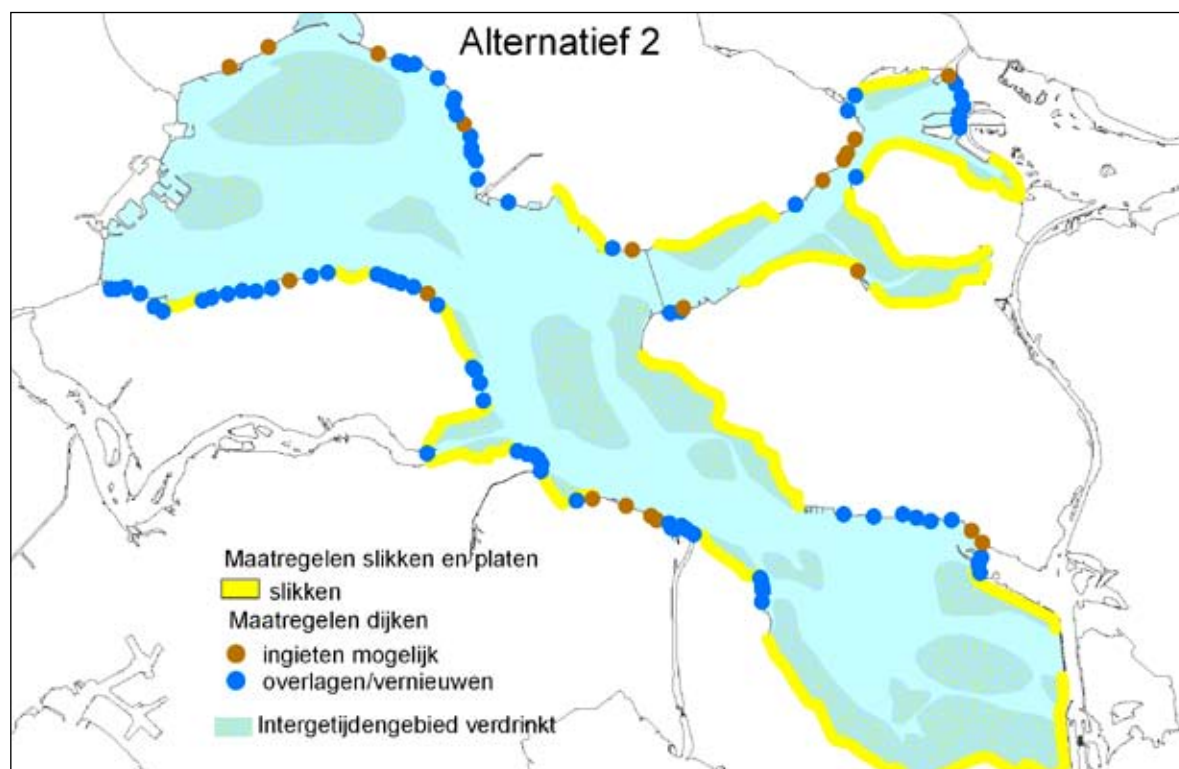
In dit alternatief blijft ongeveer achtduizend hectare intergetijdengebied in stand: 1.300 hectare op de Roggenplaat, 650 hectare op de Galgeplaat en 6.000 hectare voor de dijken. Vervanging van de dijkbekleding is pas nodig na de geplande vijftig jaar, in 2065.

Suppleties op het voorland van de dijken sluiten aan bij de doelstelling van de kustlijnzorg: het voorland van waterkeringen mee laten groeien met de zeespiegelstijging door proactief zand in het kustfundament te brengen. In alternatief 1 komt de jaarlijkse hoeveelheid gesuppleerd zand overeen met het totale jaarlijkse verlies dat in de afgelopen periode door zandhonger en zeespiegelstijging samen is opgetreden. Als de twee processen met gelijke snelheid doorgaan en niet versnellen, is deze hoeveelheid toereikend om de veiligheid ook op lange termijn te waarborgen. Dit alternatief kan van toepassing zijn als de Oosterschelde onderdeel wordt van het kustfundament en onder de kustlijnzorg komt te vallen.

Alternatief 2: behoud waar ook veiligheid profiteert, zachte maatregelen

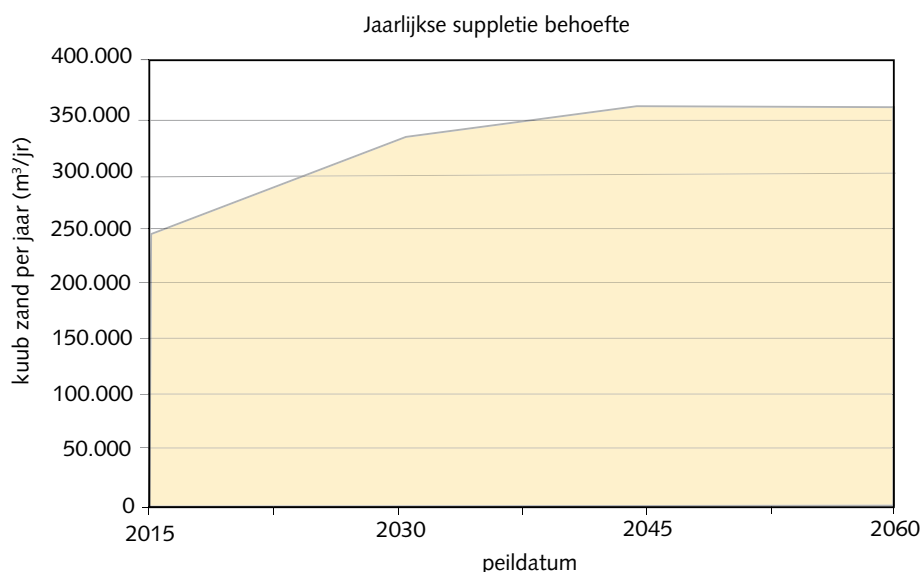
In alternatief 2 vinden alleen maatregelen plaats waar behoud van intergetijdengebied ook bijdraagt aan de veiligheid. Dit gebeurt waar mogelijk met zachte maatregelen: suppleties op slikken die direct aan de dijk grenzen. De overige dijktrajecten worden zo nodig versterkt met harde maatregelen, net als in alternatief 1 met ingieten (26 kilometer) of overlagen (45 kilometer).

De suppleties blijven beperkt tot de strook die nodig is om golven te kunnen breken. De minimale breedte daarvan is gelijk aan twee golflengtes, ongeveer tachtig meter. De eerste suppleties beginnen in 2015 met 250.000 kubieke meter per jaar. De hoeveelheid loopt op tot 350.000 kubieke meter in 2060. Daarna blijft de jaarlijks te suppleren hoeveelheid zand min of meer constant (Figuur 30). Versterking van steenbekledingen vindt plaats na de geplande vijftig jaar.



Figuur 29: Maatregelen alternatief 2 (bron: Blom en Jacobse, 2007)

In alternatief 2 blijft 504 hectare slik aan de dijkvoet behouden. Dit levert een geringe bijdrage aan het behoud intergetijdengebied in vergelijking met het nulalternatief: in 2100 resteert 2000 hectare in plaats van 1500 hectare van de oorspronkelijke 11.000 hectare. Van omvangrijk ecologisch behoud is geen sprake.



Figuur 30: Jaarlijkse suppletiebehoefte in alternatief 2 (Bron: Blom, 2007)

Alternatief 3: behoud waar ook veiligheid profiteert, harde maatregelen

Dit alternatief beperkt zich tot het bestrijden van de effecten die de zandhonger op de veiligheid heeft, door toepassing van harde materialen. De dijken waar de steenbekleding vroeger dan gepland onvoldoende is, worden zodanig versterkt dat de levensduur van de steenbekleding de geplande vijftig jaar alsnog haalt. Dit gebeurt op twee manieren:

- ingieten: voegen ingieten met bitumen of milieuvriendelijke harsen. Dit kan alleen onder voorwaarde dat de voegen goed zijn uitgespoeld en het tekort aan dikte van de dijkbekleding niet meer dan vijf centimeter bedraagt. Ingieten kan worden toegepast op een traject van 26 kilometer (Blom et al, 2007);
- overlagen: boven op de bestaande steenbekleding komt een laag stortsteen, ingegoten met bitumen. Deze maatregel wordt toegepast op de overige 108 kilometer dijken waar problemen met de steenbekleding zullen ontstaan (Blom et al., 2007).

Dit maatregelenpakket heeft geen positief effect op de grootte van het intergetijdengebied. Het intergetijdengebied zal afnemen van ongeveer 10.000 hectare nu tot 1.500 hectare in 2100.

7.3 Resultaten

Saldo van kosten en baten

De uitvoering van de maatregelen in de alternatieven kosten geld (uitvoeringskosten). Daar staat tegenover dat kosten voor dijkversterking geheel of gedeeltelijk vermeden worden (baten). Ook kunnen andere welvaartseffecten voor de samenleving optreden. Deze zijn uitgedrukt in de verandering van waarden of inkomsten die het directe gevolg zijn van fysieke effecten van maatregelen en die in geld zijn uit te drukken. Welvaartseffecten kunnen zowel kosten als baten zijn. Fysieke effecten zijn te verwachten bij het suppleren van platen en voorland in alternatief 1 en suppleren van voorland in alternatief 2. Het intergetijdengebied vervult namelijk meerder functies en behoud ervan levert daarom meerdere welvaartseffecten op.

De grootste baat is in alle drie de alternatieven het uitstellen van de vervanging van de steenbekleding (Tabel 3). Alternatief 1 levert netto de hoogste baten op. De extra investeringen voor alternatief 1 verdienen zich terug in extra baten voor de natuurfunctie en de verervingswaarde (welvaart door behoud natuurgebied). De baten voor de natuur worden nog groter als ook de intrinsieke natuurwaarde meegewogen wordt. Die blijft in de maatschappelijke kosten-batenanalyse echter buiten beschouwing. Suppleties op het voorland zijn kosteneffectiever voor het waarborgen van de veiligheid dan versterking van de steenbekledingen. Dit komt vooral door de lagere uitvoeringskosten van de voorlandsuppleties. De voorlandsuppleties leveren nauwelijks baten voor natuur of andere functies op. De verschillende kosten en baten zijn hieronder toegelicht.

Aspect	Alternatief 1 alle intergetijdengebieden behouden, zachte maatregelen		Alternatief 2 natuurbehoud waar ook veiligheid profiteert, zachte maatregelen		Alternatief 3 alleen maatregelen veiligheid, harde maatregelen	
	Kosten	Baten	Kosten	Baten	Kosten	Baten
Uitvoeringskosten						
Verstevigen steenbekleding	26,8	0	26,8	0	62,5	0
Zandsuppletie	102,3	0	33,6	0	0	0
Totaal uitvoeringskosten	129,1		60,4		62,5	
Effecten						
Vermeden kosten vervanging steenbekleding	0	77,6	0	77,6	0	74,5
Scholvisserij	0	10,1	0	0,8	0	0
Tongvisserij	2,7	0	0,2	0	0	0
Mossel/oesterkweek	0	0	0	0	0	0
Kokkelvisserij	0	0	0	0	0	0
Natuurfuncties	0	29,5	0	2,3	0	0
Verervingswaarde	0	49,5	0	0	0	0
Bestedingen duikers	1,1	0	0	0	0	0
Totaal effecten	3,8	163,1	0,2	80,7	0	74,5
Saldo van kosten en baten	Netto baten: 30,3		Netto baten: 20,1		Netto baten: 12,0	

Tabel 3: Kosten en baten, exclusief intrinsieke natuurwaarde (contante waarde in miljoenen euro's)

Toelichting op de kosten en baten

Uitvoeringskosten

De uitvoeringskosten zijn geraamd door eenheidsprijzen te vermenigvuldigen met de noodzakelijke hoeveelheid (Tabel 4). De eenheidsprijzen en noodzakelijke hoeveelheden zijn berekend door Blom en Jacobse (2007). De eenheidsprijs van suppletiezand is gebaseerd op zand dat afkomstig is uit de Oosterschelde. In de gevoeligheidsanalyse is ook gerekend met een hogere eenheidsprijs om te bezien of het saldo daar gevoelig voor is (paragraaf 7.4).

Maatregel	Eenheidsprijs	Alternatief 1 alle intergetijden- gebieden behouden, zachte maatregelen	Alternatief 2 behoud waar ook veiligheid profiteert, zachte maatregelen	Alternatief 3 geen behoud, harde maat- regelen voor veiligheid
Ingieten dijken	€ 5/m ² steenbekleding	111.300 m ²	111.300 m ²	111.300 m ²
Overlagen dijken	€ 60/m ² steenbekleding	438.000 m ²	438.000 m ²	1.032.000 m ²
Suppleren dijkvoorland	€ 4/m ³ (Oosterschelde- zand)	840.000 m ³ /jr	2015: 254.000 m ³ /jr 2030: 335.000 m ³ /jr 2045: 364.000 m ³ /jr 2060: 365.000 m ³ /jr	
Suppleren platen	€ 4/m ³ (Oosterschelde- zand)	175.000 m ³ /jr	-	-
Kosten (contante waarde)		€ 129.100.000	€ 60.400.000	€ 62.500.000

Tabel 4: Raming uitvoeringskosten

Visserij

Suppleren van de slikken en platen levert behoud van intergetijdengebied op. Daarmee blijft de kinderkamerfunctie voor commercieel interessante vissen zoals schol behouden. Er vindt echter een kleinere toename van ondiep water plaats, waarin de tong opgroeit. Voor beide vissoorten is het welvaartseffect geschat door de bijdrage van de Oosterscheldepopulaties aan de bevisbare Noordzeepopulaties te schatten en te kapitaliseren.

Mossel- en oesterkweek

De erosie van de intergetijdengebieden heeft geen duidelijk effect op de mossel- en oesterkweek (zie 5.4). Grootschalig suppleren, zoals in het alternatief veiligheid en ecologie, kan de groei van de schelpdieren belemmeren door tijdelijke vertroebeling van het water, aanzanding op de percelen of begraving. Uitgangspunt is dat de suppleties zo worden uitgevoerd dat geen productieverlies ontstaat. Omdat de mosselkweek een belangrijke economische activiteit is, zijn mogelijke opbrengstverliezen wel meegenomen in de gevoeligheidsanalyse (7.4).

Kokkelvisserij

Als gevolg van zandhonger neemt het leefgebied voor kokkels af. Voor de visserij zullen daardoor op termijn geen kokkels meer beschikbaar zijn. In alternatief 1 blijven de Roggenplaat en de Galgeplaat behouden, maar het is de verwachting dat ook in dit alternatief de kokkelvisserij geminimaliseerd wordt.

Natuur

De intergetijdengebieden kunnen fosfaat vastleggen en nitraat uit het water filteren. Het oppervlaktewater wordt daardoor schoner. Dit levert baten in de vorm van vermeden zuiveringskosten van binnendijks polderwater op dat wordt gespuid op de Oosterschelde. In de alternatieven 1 en 2 blijft deze zuiverende werking (deels) behouden.

In alternatief 1 blijven de zeehondenpopulaties en vogelhabitats in de Oosterschelde in stand. Dat kan een positief effect hebben op de recreatie en de beleving, maar dat effect is niet gekwantificeerd.

Woongenot

Wonen in de nabijheid van een groene of blauwe omgeving vinden veel mensen aantrekkelijk. De Oosterschelde zal door de afname van intergetijdengebied langzaam een deel van haar visuele aantrekkelijkheid verliezen. De verwachting is echter dat veel mensen de Oosterschelde ook aantrekkelijk zullen vinden zonder intergetijdengebied. Voor het woongenot leveren de maatregelen dus geen kosten of baten op.



Verervingswaarde

Het voortbestaan van de Oosterschelde als internationaal belangrijk natuurgebied, met grote landschappelijke waarde en grote aantallen steltlopers levert welvaart op voor omwonenden. Zij zijn bereid voor het in stand houden van deze natuurwaarde een zeker bedrag per jaar te besteden. De aanname is dat deze *Willingness To Pay* (WTP) € 35,- per jaar bedraagt voor alle huishoudens binnen een straal van tien kilometer rond de Oosterschelde. Dit is de waarde die het ministerie van Verkeer en Waterstaat standaard hanteert in de methode Overzicht Effecten Infrastructuur (OEI). Verervingswaarde is alleen een baat in alternatief 1, omdat in dit alternatief een substantieel deel van de huidige natuurwaarde in stand blijft.

Klimaatadaptatie

In de verre toekomst zijn aanzienlijke baten te verwachten van suppleties op het voorland van de dijken. Het overstromingsrisico is met deze maatregel tegen relatief geringe kosten te bestrijden, ondanks de klimaatverandering. Deze baat is echter niet in de kosten-batenberekening verwerkt omdat het effect pas op veel langere termijn merkbaar is.

Recreatie

In de Oosterschelde vinden verschillende vormen van recreatie plaats. De zandhonger en de maatregelen daartegen hebben weinig effect op het aantal dag- en verblijfrecreanten, watersporters, sportvissers en strandrecreanten. Zonder intergetijdengebied gaat de belevingswaarde weliswaar iets achteruit, maar niet zoveel dat recreanten uitwijken naar andere gebieden. Duikers ondervinden mogelijk een negatief effect van de zandsuppleties in alternatief 1, omdat het zand op een aantal duikplekken het gewaardeerde harde substraat zal bedekken.

7.4 Robuustheid van de analyse

De kosten-batenanalyse is gebaseerd op schattingen van ondermeer hoeveelheden en eenheidsprijzen. Om inzicht te krijgen in de robuustheid van de berekening is nagegaan hoe gevoelig deze zijn voor andere uitgangspunten of aannamen.

Suppletiezand uit de Noordzee

De prijs van suppletiezand bepaalt in sterke mate de investeringskosten. In de kosten-batenanalyse is ervan uitgegaan dat het zand uit de Oosterschelde kan komen, tegen een prijs van 4 euro per kubieke meter. Wanneer het zand uit de Noordzee moet worden gehaald, kan de prijs oplopen tot 10 euro per kubieke meter. In dat geval worden de saldi van alternatief 1 en 2 negatief. Het is in dat geval kosteneffectiever de steenbekleding te versterken zoals in alternatief 3 (Tabel 5).

Langere levensduur steenbekleding

Het uitstellen van de vervanging van de steenbekleding is de grootste baat. Uitgangspunt in de berekening is dat de steenbekleding zonder ingrijpen al na dertig jaar moet worden vervangen. Hoe pakken de kosten en baten uit als de zandhonger vertraagt en de gemiddelde levensduur van de steenbekleding toeneemt tot 35 jaar? In dat geval nemen de baten van de uitgestelde investering zodanig af dat alleen alternatief 1 nog een (klein) batig saldo heeft (Tabel 5).

	Alternatief 1	Alternatief 2	Alternatief 3
Origineel resultaat	+30,3	+20,1	+12,0
Suppletie met zand uit de Noordzee	-123,3	-30,3	+12,0
Toename levensduur steenbekleding met vijf jaar	+5,0	-5,0	-13,1
Productieverlies mosselpercelen (5 procent in alternatief 1 en 1 procent in alternatief 2)	-132,0	-12,4	+12,0

Tabel 5 Verandering saldo (M€) bij andere uitgangspunten

Productieverlies mosselpercelen

In de kostenberekening is ervan uitgegaan dat de mosselsector kosten noch baten ondervindt. De sector zelf vreest echter dat vooral het grootschalig suppleren in alternatief 1 tot productieverlies zal leiden. Daarom is berekend wat het effect van enig productieverlies op het saldo is. Hierbij is aangenomen dat in alternatief 1 een blijvend productieverlies van vijf procent optreedt, en in alternatief 2 van één procent). Het saldo van de beide alternatieven wordt dan negatief.

Hieruit blijkt dat de kostenberekening zeer gevoelig is voor andere uitgangspunten en aannamen en geen robuust beeld geeft van kosten en baten.

7.5 Mogelijkheden voor verbetering

Uit de vorige paragraaf blijkt dat de kosten-batenberekening niet robuust is. De berekening is te verbeteren door meer kennis of informatie te verzamelen over onzekere uitgangspunten. De belangrijkste onzekerheden zijn:

Ontwikkeling van de erosie

De snelheid van de erosie bepaalt de termijn waarop de steenbekleding aan vervanging toe is en de omvang van de suppleties. Door de erosie goed te blijven monitoren, zijn de onzekerheden over deze effecten te verkleinen.

Duurzaamheid van suppleties

De duurzaamheid van de suppleties bepaalt mede de kosten van de suppleties. Voor de alternatieven 1 en 2 is aangenomen dat het aangebrachte sediment met dezelfde snelheid weer verdwijnt als het zand in het omringende intergetijdengebied. Het is echter niet zeker of dat zo is. Erosieremmende maatregelen kunnen de duurzaamheid vergroten.

Optimale kostprijs suppleties

De kostprijs van de suppleties bepaalt het saldo van de alternatieven 1 en 2. De prijs is van een aantal factoren afhankelijk: de oorsprong van het suppletiezand (Oosterschelde of Noordzee), de contractvorm met de baggeraar (incidenteel of langlopend) en de complexiteit van het aanbrengen.

Productieverlies mosselpercelen

Naar verwachting is het mogelijk suppleties zo uit te voeren dat geen effecten op mosselpercelen ontstaan. Een veldproef kan dat uitwijzen.

Intrinsieke natuurwaarde

De intrinsieke natuurwaarden is niet in de kosten-batenanalyse meegenomen. Het behoud van deze waarde vormt een belangrijke aanleiding voor de maatregelen. Het resultaat van de kosten-batenanalyse vormt daarom geen volledige informatie voor besluitvorming.

8 Vervolg

Uit deze verkenning blijkt dat er mogelijke maatregelen zijn om het verlies aan intergetijdengebied te beperken. Met dit resultaat is een discussie mogelijk waarin alle betrokken partijen gezamenlijk besluiten welke maatregelen zij wenselijk vinden. Het is zinvol de wenselijke maatregelen vervolgens in de praktijk te toetsen. Als daaruit blijkt dat de maatregelen inderdaad uitvoerbaar en effectief zijn, kan besluitvorming plaatsvinden over een uitvoeringsplan.

8.1 Mogelijke maatregelen

Zonder maatregelen zal het intergetijdengebied in de Oosterschelde blijven eroderen. Omdat er geen natuurlijke aanwas is, zal het op den duur geheel verdwijnen. Het verdwijnen van intergetijdengebieden zal binnen enkele tientallen jaren zeer groot effect op de internationaal belangrijke vogelpopulaties hebben. De dijken verliezen bovendien de bescherming van brede, golfbrekende voorlanden.

Uit de verkenning blijkt dat er weinig maatregelen zijn die de zandhonger structureel op kunnen lossen. Aanpassingen aan de stormvloedkering, voor het vergroten van de getijdendynamiek zullen de zandhonger maar beperkt verminderen. Ook het (ten dele) herstellen van de uitwisseling tussen Oosterschelde en het Volkerak-Zoommeer of de Grevelingen, heeft zeer gering effect. Het lijkt aantrekkelijk de zandtoevoer vanuit de Voordelta te bevorderen. Dit vereist een combinatie van twee ingrepen: strategische zandsuppleties om de zandhonger in de Voordelta op te lossen en aanpassingen aan de ontgrondingskuilen om zandtransport door de Oosterscheldekering mogelijk te maken. De suppleties leveren ook een bijdrage aan het op peil houden van de hoeveelheid zand in de kustzone (het kustfundament). Dat is noodzakelijk voor de kustveiligheid bij verdergaande zeespiegelstijging. Met lokale maatregelen is bestaand intergetijdengebied te behouden of misschien zelfs te herstellen. Dit kan bijvoorbeeld met suppleties op strategisch gekozen locaties of erosieremmende maatregelen. Omdat de effectiviteit van dergelijke maatregelen nog heel onzeker is, zijn praktijkproeven en nadere studie aan te bevelen. Die zullen meer inzicht geven in de technische uitvoerbaarheid, de kosten, de effecten op veiligheid en natuur en de duurzaamheid.

De conclusie is dat aanpak van de zandhonger mogelijk lijkt via twee sporen:

- Tijdelijke oplossingen op korte termijn (50 tot 100 jaar):
behoud van intergetijdengebied met suppleties en stabiliserende maatregelen
- Structurele oplossing op langere termijn (na 50 jaar):
zandimport op gang brengen door aanpassing van de ontgrondingskuilen, suppleties op de Voordelta en lokale opvulling van geulen

Een structurele oplossing zal uiteindelijk de voorkeur genieten, maar vereist een lange termijn voordat de effecten merkbaar worden en vereist een aanzienlijke verhoging van het jaarlijkse suppletiebudget. Een tijdelijke oplossing op korte termijn is echter noodzakelijk om te voorkomen dat al het intergetijdengebied verdwenen is voordat de structurele oplossing gaat werken.

8.2 Haalbare maatregelen

Rijkswaterstaat heeft in deze verkenning een scala aan maatregelen verkend op technische uitvoerbaarheid, kosten en effectiviteit. Het resultaat van deze toetsing staat in Tabel 2. De betrokken partijen zijn nu gezamenlijk aan zet om uit de set van *mogelijke* maatregelen een strategie van *wenselijke* maatregelen vast te stellen.

Voor het waterbeheer zijn twee wensen met name van belang:

- *Zacht waar het kan, hard waar het moet.* De voorkeur gaat uit naar natuurlijke maatregelen, van zand, klei of schelpen. Suppleties in geulen of op intergetijdengebied passen daar goed in. Deze maatregelen bieden de mogelijkheid tussentijds bij te sturen. Maar als deze maatregelen onvoldoende effect opleveren, zijn harde constructies niet op voorhand uitgesloten. Aandachtspunt is dat harde constructies lokaal ongewenste stromingspatronen kunnen veroorzaken en dat bijsturen lastig is.
- *Structureel als het kan, tijdelijk als het moet.* Een structurele oplossing voor de zandhonger heeft voor het waterbeheer de voorkeur. Uit de verkenning lijken daar mogelijkheden voor te zijn. Maar de effecten zijn pas op lange termijn merkbaar. In de tussentijd zal het intergetijdengebied grotendeels verloren gaan. Daarom zijn op korte termijn tijdelijke maatregelen noodzakelijk.

Bij de afweging over wenselijkheid zullen ook andere kenmerken een rol spelen, bijvoorbeeld landschappelijke inpasbaarheid en natuurlijkheid van de maatregelen, de waardering voor het intergetijdengebied in de Oosterschelde en de beschikbare financiën die de partijen over hebben voor het behoud daarvan. Het symposium dat het Nationaal Park Oosterschelde organiseert in het voorjaar van 2008 kan een aanzet geven voor een dergelijke strategie.

8.3 bewustwording

Het dreigende verlies van de intergetijdengebieden door de zandhonger en de daarmee samenhangende teloorgang van unieke natuurwaarden van de Oosterschelde leeft niet echt in de maatschappij. Dit is opvallend omdat de Waddenzee, een gebied met vergelijkbare kwaliteit, op veel meer betrokkenheid, aandacht en bescherming kan rekenen. Een reden voor deze discrepantie in beleving is nooit onderzocht, maar het lijkt erop dat het publiek onbekend is met de grote waarden van de Oosterschelde. En onbekend maakt onbemind. Bewustwording is daarom gewenst. Educatie en voorlichting zijn daarvoor de middelen. Het overlegorgaan Nationaal Park Oosterschelde (NPO) heeft educatie en voorlichting over de natuurwaarden als doelstelling en is daarmee aangewezen partner om activiteiten op dit gebied te ontwikkelen en ontplooiën. De eerste tastbare activiteit van het NPO is de organisatie van een symposium over de zandhonger eind mei 2008. Daarnaast kan worden gedacht aan:

- Gidsentochten over de slikken of platen
- Natuureducatie aan scholen van aan de Oosterschelde liggende gemeenten
- Schrijven van brochures voor de recreanten van de Oosterschelde.

8.4 Studies en praktijkproeven

De mogelijke maatregelen uit deze verkenning zijn nog met onzekerheden omgeven en nog niet getest in de Oosterschelde. Rijkswaterstaat is samen met partners een vervolgotraject gestart van meerdere studies en praktijkproeven.

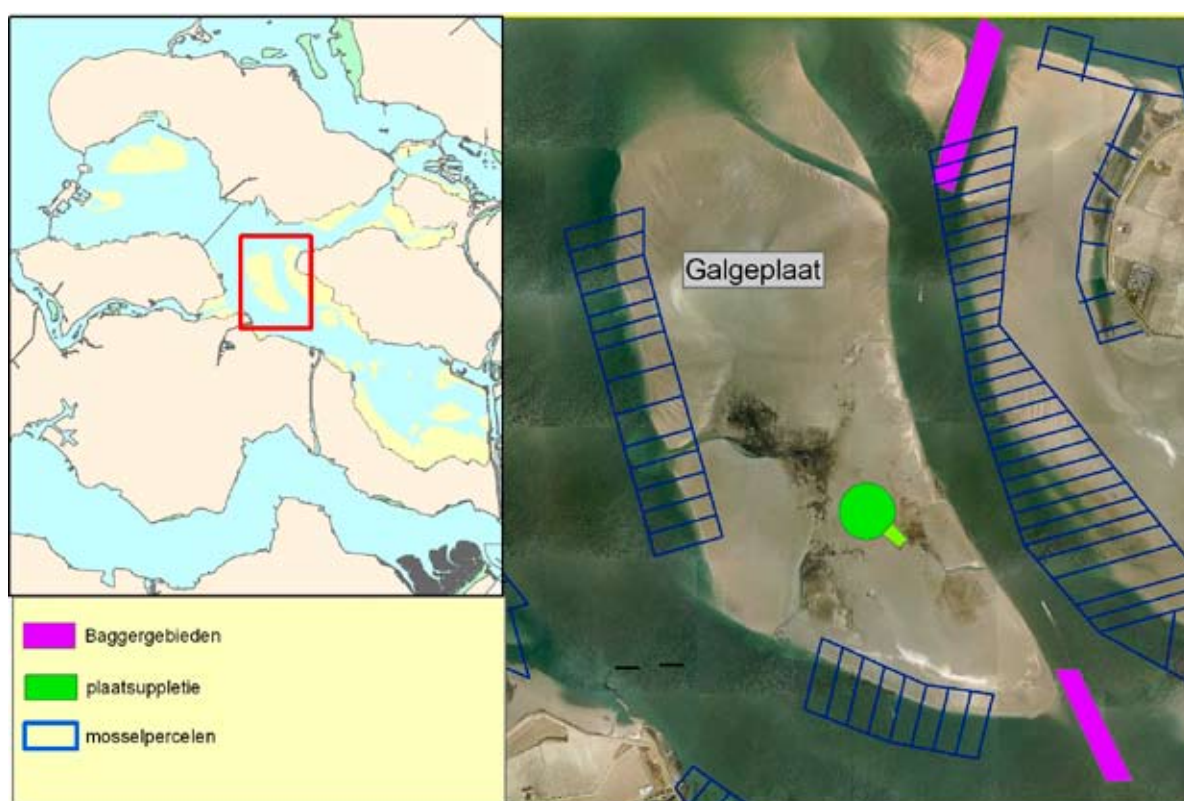
8.4.1 Praktijkproeven

Drie praktijkproeven zijn noodzakelijk om de effectiviteit en duurzaamheid van maatregelen beter te kunnen beoordelen:

- proef met zandsuppleties voor herstel van reliëf en hoogteligging van intergetijdengebied (proefsuppletie Galgeplaat);
- proef met erosieremmende maatregelen op slikken en platen;
- proef met suppleties op de geulwand als alternatief voor steenbestorting.

Proefsuppletie Galgeplaat

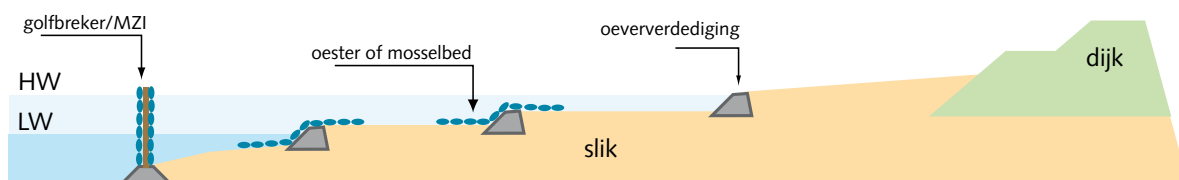
Rijkswaterstaat gaat in de zomer van 2008 een pilot met een suppletie op de Galgeplaat uitvoeren. In deze periode komt zand voor een suppletie beschikbaar bij onderhoudsbaggerwerk in het nabij gelegen Brabantsch Vaarwater en de Witte Tonnen Vlije. De pilot kan inzicht geven in de duurzaamheid van suppleren, de winst voor de natuur en veiligheid en de mogelijkheden om de hinder voor andere gebruikers, vooral mosselkwekers, zo gering mogelijk te houden. Als onderdeel van de verkenning is onderzocht welke locatie het meest geschikt is voor een dergelijke proef. Op verzoek van de mosselsector zijn hierbij ook de condities en mogelijkheden voor het suppleren van de Roggenplaat bekeken. Uiteindelijk is toch voor een locatie op de Galgeplaat gekozen, onder meer vanwege de sterke erosie en afvlakking die daar is opgetreden, de gunstige ligging ten opzichte van de baggerlocaties en de vele meet- en onderzoeksgegevens die voor deze plaat beschikbaar zijn. Met de mosselsector is afgesproken dat de suppletie zo zal worden uitgevoerd dat het risico op verstoring van de mosselpercelen minimaal is.



Figuur 31: Proef met suppletie op de Galgeplaat

Proef met erosieremmende maatregelen

De erosieremmende maatregelen hebben als doel het sediment op de intergetijdengebieden vast te houden, door golven te dempen of sediment vast te houden. Deze maatregelen vertragen het erosieproces maar voorkomen het niet. Combinatie met periodieke suppleties is daarom waarschijnlijk noodzakelijk om intergetijdengebied te behouden. In overleg met vertegenwoordigers van de schelpdiersector is het idee ontstaan erosieremmende maatregelen te combineren met activiteiten voor de schelpdiersector, zoals mossel- en oesterteelt en mosselzaadinvalinstallaties (MZI). Ook is voorgesteld schelpen van Japanse oesters, die elders verwijderd zijn, te gebruiken als constructiemateriaal voor oeverbescherming.



Figuur 32; Een mogelijk ontwerp voor een proef met erosiewerende maatregelen in combinatie met aquacultuur

Het is niet duidelijk hoe effectief de voorgestelde maatregelen zijn in het vasthouden van sediment en hoe hoog de aanlegkosten zijn. Rijkswaterstaat is samen met Winn Biobouwers en het consortium Building with Nature gestart met de voorbereiding van een praktijkproef. Een mogelijk ontwerp voor een proef is weergegeven in Figuur 32. De maatregel bestaat uit een rij golfbrekers die parallel aan de waterlijn staan en de golven breken voordat ze het achterliggende slik bereiken. De golfbrekers liggen op hoogtelijnen die steeds enkele decimeters in hoogte verschillen. Ze bestaan uit walletjes van stortsteen die het zand vasthouden. Net boven de laagwaterlijn zijn de walletjes begroeid met oesters of mossels, die de constructie extra stabiliteit geven. De palen op de meest zeewaartse golfbreker fungeren tevens als mosselzaadinvanginstallatie.

Vooroeversuppletie

Voor de komende jaren staan op een aantal plaatsen vooroeverbestedingen gepland, waar geulen te dicht bij de oevers komen en risico op dijkvallen bestaat. Volgens de planning vinden de bestortingen plaats met stortsteen. Maar als bestorten met zand ook kan, past dat beter in de strategie van het kustbeleid (zacht als het kan). Daarom wil Rijkswaterstaat in overleg met het waterschap onderzoeken of bestorten met zand een alternatief kan zijn en bij een positief antwoord één bestorting met zand uitvoeren. Hieruit kan blijken of ook zand de vooroever voldoende en langdurig stabiliteit biedt. Bestorting met zand uit zee heeft als bijkomend voordeel dat de zandhonger vermindert.

8.4.2 Studies en monitoring

Er zitten nog veel hiaten in de morfologische kennis, en vooral in de kennis over het verplaatsen van zand door hydraulische constructies zoals de stormvloedkering. Om beter inzicht te krijgen in de mate waarin zandtoevoer vanuit de Voordelta tot stand kan komen, is onderzoek nodig naar de morfologische ontwikkeling in de Voordelta en het zandtransport in de ontgrondingskuilen bij de kering. Daarnaast is behoefte aan een goede, periodieke analyse van de veranderingen in de hoogteligging van het intergetijdengebied.

Drie studies zijn aan te bevelen om tot betere voorspellingen van de effecten van maatregelen te kunnen komen:

- onderzoek naar de effectiviteit van het opvullen en afdekken van de ontgrondingskuilen bij de kering, voor het bevorderen van de zandimport uit de Voordelta;
- onderzoek naar de wenselijkheid en mogelijkheid voor aanvoer van zand voor versterking van het kustfundament (en het oplossen van de ook in de Voordelta aanwezige zandhonger);
- periodieke monitoring van de bodemligging en evaluatie van waargenomen veranderingen.

Bevorderen zandimport

Uit een studie van WL-Delft (Jongeling, 2007) blijkt dat de zandtoevoer naar de Oosterschelde mogelijk kan toenemen door aanpassing van de ontgrondingskuilen aan de zeezijde van de kering. Dit vereist echter betere kennis van het zandtransport in de Voordelta en direct rond de kering. Een studie naar de morfologisch ontwikkeling van de ontgrondingskuilen en de kustlijn ten westen van de kering en van de Voordelta, eventueel gecombineerd met morfodynamische modellering, kan dat inzicht opleveren.



Aansluiting van het strand van noord Beveland en de Oosterscheldekering

Versterking kustfundament

Het kustbeheer heeft onder meer als doel dat de kust meegroeit met de zeespiegelstijging, zodat een klimaatbestendige Delta ontstaat. Het is aan te bevelen dit principe ook in de Oosterschelde toe te passen en de Oosterschelde als onderdeel van de Nederlandse kust te beschouwen. Nader overleg en studie moeten uitwijzen of het beleid voor de kustlijn zorg (zandsuppleties) ook van toepassing kan zijn in de Oosterschelde en hoe de invulling van kustlijn zorg in de Oosterschelde goed vorm kan krijgen.

Periodieke monitoring hoogteligging intergetijdengebieden

De hoogte van de intergetijdengebieden wordt iedere zes jaar opnieuw gemeten. De laatste opname is in 2007 uitgevoerd. Aanbevolen wordt jaarlijks op een beperkt aantal plaatsen aanvullende hoogtemetingen uit te voeren om de vinger aan de pols te houden. Daarmee is een nadere analyse mogelijk van de veranderingen in hoogteligging die sinds 2001 zijn opgetreden, zodat een actueel beeld ontstaat van de snelheid waarmee het intergetijdengebied afneemt. De gegevens zullen beter inzicht geven in de deelgebieden die de hoogste prioriteit hebben bij het treffen van maatregelen. Aanvullende monitoring kan wenselijk zijn om meer zekerheid over de ontwikkeling van een gebied te krijgen.

Flexibele uitgifte schelpdierpercelen

Uit deze verkenning blijkt dat maatregelen voor behoud van intergetijdengebied mogelijk effect hebben op schelpdierpercelen. Het is daarom aan te bevelen dat Rijkswaterstaat, het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, de schelpdiersector en natuurorganisaties gezamenlijk onderzoeken of de locaties voor schelpdierpercelen en mosselzaadinvanginstallaties flexibeler aan te wijzen zijn. Ook de mogelijkheden van Grevelingenmeer en op termijn ook van Veerse Meer en wellicht Volkerak-Zoommeer kunnen daarbij verkend worden.

Ruimte voor innovatie

Het is wenselijk financiële ruimte te creëren voor het uitproberen van innovatieve maatregelen in de komende jaren. Een voorbeeld van zo'n innovatieve maatregel is Ecobeach, een manier om zand vast te houden door extensieve verticale drainage in het intergetijdengebied. Op dit moment vindt als onderdeel van het Waterinnovatieprogramma van Rijkswaterstaat (WINN) een proef plaats bij Egmond aan Zee. Een verkenning voor de Roggenplaat zal duidelijk maken of de samenstelling van het zand geschikt is om een proef met deze methode te overwegen.

Intensieve samenwerking tussen Rijk, provincie, waterschap, gemeenten, diverse sectoren, kennisinstellingen en waterbouwers is noodzakelijk om innovatieve maatregelen te ontwikkelen en te beoordelen. Stuurgroep Delta Technologie, het consortium Building with Nature, het Waterinnovatieprogramma (WINN) van Rijkswaterstaat en het Kennisnetwerk Deltawater kunnen daar een impuls aan geven.

8.4.3 Gebiedsgerichte aanpak en uitvoeringsbesluit

Uit de verkenning is gebleken dat er geen maatregelen zijn die de problemen met zandhonger in de gehele Oosterschelde op korte termijn volledig kunnen oplossen. Er zal daarom per deelgebied moeten worden gezocht naar een passend pakket aan maatregelen.

De gebiedsgerichte aanpak kan tot stand komen als onderdeel van het traject voor de vaststelling van (voorlopige) doelen en maatregelen voor de Kaderrichtlijn Water en Natura 2000, die in het beheerplan water en natuur worden opgenomen. Het vaststellen van een gebiedsgerichte aanpak is pas mogelijk als de strategie van gewenste maatregelen is vastgesteld en de resultaten van praktijkproeven en studies beschikbaar zijn, zodat duidelijk is welke maatregelen daadwerkelijk haalbaar en betaalbaar zijn en op voldoende maatschappelijk draagvlak kunnen rekenen.

De gebiedsgerichte aanpak kan vervolgens de basis vormen voor definitieve besluitvorming over de uitvoering van maatregelen.

Referenties

- Berg, J.H. van den (1986)
Aspects of sediment and morphodynamics of subtidal deposits of the Oosterschelde. Rijkswaterstaat, Communications 43
- Berg, J.H. van den (1987)
Zandimport door de stormvloedkering, een eerste indicatie. Rijkswaterstaat, notitie DDWTZ 87 255
- Biezen, van der, S. en Buter, E. (2007)
Batengenererende oplossingen MKBA zandhonger Oosterschelde. Witteveen en Bos, Rotterdam, RW1633-1
- Blom, J. (2007)
Robuuste dijken in de Oosterschelde, ondanks de zandhonger. Royal Haskoning, Rotterdam. 9s7317.A0
- Buter, E. (2007)
MKBA verkenning zandhonger. Witteveen en Bos. Rotterdam. Ref. 1633-1/
- Eertman, R. (1997)
veranderingen inde estuariene ecoptopen inde delta. RWS RIKZ. Werkdocument RIKZ AB/96-803X
- Escaravage V., T. Ysebaert, M. Bos en H. Hummel (2003)
Karakteristieken van de macrozoobenthos inde Oosterschelde in verband met actuele beheervragen. NIOO-CEME rapport 2003-06, ISSN 1381-6519. Nederland instituut voor Ecologie, Yerseke
- Farke, H., P.A.W.J. de Wilde en E.M. Berghuis (1997)
Distribution of juvenile and adult arenicola marina on tidal mud flat and the importance of nearshore areas for recruitment. Neth. J. Sea Res. 13: 354-361
- Flemming, B.W. en M.T. Delafontaine (1994)
Biodeposition in a juvenile musselbed of the east frisian Wadden Sea (Southern North Sea). Neth. J. Aquat. Ecol.28 (3/4), p 289-297
- Geurts van Kessel, A.J.M. (2004)
Verlopend tij. Oosterschelde en veranderend natuurmonument. Rapport RIKZ/2004.028. Rijkswaterstaat, RIKZ Middelburg
- Geurts van Kessel, A.J.M., B.J. Kater en T.C. Prins (2003)
Veranderde draagkracht van de Oosterschelde voor kokkels. RIKZ/RRIVO. Rapport RIKZ 2003.043 RIVO rapport C062/03. ISBN 90-369-3487-7
- Gibson R.N. (1994)
Impact of habitat quality and quantity on the recruitment of juvenile flatfishes. Neth. J. Sea Res. 32(2):191-206
- Günther, C.P. (1992)
Settlement and recruitment of *Mya arenica* L. in the wadden sea. J.exp.Mar.Biol. Ecol 159: 203-215
- Hesselink, A.W, D.C. van Maldegem. K. van der Male en B. Schouwenaar (2003)
Verandering van de morfologie van de Oosterschelde door de aanleg van de stormvloedkering. Nota RIKZ/OS/2003.810x. Middelburg
- Hoeven, M.L.E.B. van der (2006)
De zandhonger van de Oosterschelde. Casestudie naar de morfologische ontwikkeling van de Galgeplaat. Afstudeeronderzoek TU Delft, faculteit Civiele Techniek

- Houtekamer, N. (2007)
Verslag bijeenkomst Zandhonger Oosterschelde met de recreatiesector. Houtekamer Coaching, Veere
- Jacobse, S., O. Schol en J. van de Koppel (in prep.)
Prognose van schor en slikontwikkelingen in de Oosterschelde. Royal Haskoning Rotterdam. Project 9R9125.A0
- Jacobse, S. en T. van der Laan (2006)
Zandhonger Oosterschelde, een bedreiging voor de veiligheid? Royal Haskoning Rotterdam, projectnummer 9R9774.A0
- Jongeling, T.H.G. (2007)
Maatregelen ter vergroting van de doorstroomcapaciteit en zanddoorvoer stormvloedkering Oosterschelde. Waterloopkundig laboratorium, Delft. Rapport Q4264-deelrapport 3
- Jörissen, J.G.L. (2003)
Herstructurering sluiscomplex Krammer. Rijkswaterstaat Bouwdienst
- Kater, B.K, A.G. Brinkman, J.M.D.D. Baars en G. Aarts (2003)
Kokkelhabitatkaarten voor de Oosterschelde en de Waddenzee. RIVO, Yerseke
- Katwijk, M.M., van Bauma, T.J. de Vries en M.B. Borsje (2007)
Biobouwers van de kust en klimaatverandering. Radboud universiteit, Nijmegen
- Kamsteeg, A.T. en Andorka Gal. J.H. (1999)
Golfrandvoorwaarden Oosterschelde. RIKZ Den Haag
- Kohsiek, L.H.M, J.P.M. Mulder, T. Louters en F. Berben (1987)
De Oosterschelde naar een nieuw onderwaterlandschap, Nota DGW 87.029, Rijkswaterstaat, dienst der getijdewateren
- Lambeek, J. (2006)
Ontwerp pilotplaatsuppletie Oosterschelde. Rapportnummer A1647R2r1 Alkyon Emmeloord
- Lievense, P. en L. Dekker (2002)
Relatie getijvolume met doorstroomopening OS-mond. Rijkswaterstaat, directie Zeeland, Middelburg. Interne adviesnota
- Lievense, P. (2006)
Aanvullende berekeningen naar getijvolume stormvloedkering in het kader van de zandhonger Oosterschelde. RWS ZLD. Interne adviesnota
- Maldegem, D. van en D. de Jong (2004)
Opwassen of verdrinken. Sedimentaanvoer naar schorren in de Oosterschelde, een zandhongerig gedempt getijdesysteem. Werkdocument RIKZ/AB/2003/826X RIKZ Middelburg
- Maldegem, D. van (2007)
Optimalisatie baggeren Krabbenkreek Oosterschelde t.b.v scheepvaart. RIKZ Middelburg. RIKZ/ZDA/2007.810.w
- Provincie Zeeland (2001)
De parels en het slik. Beheer- en inrichtingsplan Nationaal Park Oosterschelde.
- Rappoldt, C., B.J. Ens, M.A.J.M. Kersten en E.M. Dijkman (2004)
Wader energy balance & tidal cycle simulator WEBTICS, technical documentation version 1.1 Alterra Wageningen. Alterra rapport 869, ISSN 1566-7197
- Rappoldt, C., B.J. Ens en M.A.J.M. Kersten (2006)

Scholeksters en de droogvalduur van kokkels in de Oosterschelde. Ecocurves, Haren. Ecocurves rapport 2, ISSN 1872-5449.

Roelse, P. (1998)
Bodemgrid Oosterschelde, nota RIKZ/AB-98.803X. RIKZ Middelburg

Rutjes, C. (2007)
Is de zandhonger slecht voor de vissen? Aquasense Amsterdam, projectnummer 227398

Sliepen, H en M. Tosserams (2003)
Verkenning oplossingsrichtingen Volkerak-Zoommeer. RWS Bouwdienst

Sovon en CBS (2005)
Trends van vogels in het Nederlandse natura 2000 netwerk. Sovon informatierapport 2005/09. Sovon vogelonderzoek Nederland, Beek Ubbergen.

Smaal, A.C en R.C. Boeije (1991)
Veilig getij, de effecten van de waterbouwkundige werken op het getijdemilieu van de Oosterschelde. Nota gwws 91.088 DGW/directie Zeeland, Middelburg

Stroud, D.A., N.C. Davidson, R. West, D.A. Scott, L. Haanstra, O. Thorup, B. Ganter en S. Delany (compilers on behalf of the International Wader Study Group) (2004)
Status of migratory wader populations in Africa and Western Eurasia in the 1990s. International Wader Studies 15: 1-259

Svasek hydraulics (2004)
De Overschelde, baggeren voor de veiligheid. Svasek Hydraulics, Rotterdam

Taal C., M.O. van Wijk, A. Klok, J.W. de Wilde en M.H. Smit (2003)
Visserij in Cijfers 2002. Den Haag, LEI, 2003

Taal C., H. Bartelings, A. Klok, J.A.E. van Oostenbrugge en B. de Vos (2006)
Visserij in Cijfers 2006. Den Haag, LEI, 2006

Ten Brinke, W.B.M. (1990)
Zandimport door de kering tijdens storm. Rijksuniversiteit Utrecht, vakgroep fysische geografie, rapport geopro 1990.05

Vechgel, R.H.W. van (1977)
Morfologische ontwikkeling in de Oosterschelde. Rijkswaterstaat Deltadienst Middelburg. Nota W-77.009

Veer, H.W. van der en M.J.N. Bergman (1986)
Development of tidally related behaviour of a newly-settled 0-group plaice (*Pleuronectes platessa* L.) population in the western Wadden Sea. Mar. Ecol. Prog. Ser. 31, 121-129

Veer, H.W. van der, R. Berghahn, J.M. Miller en A.D. Rijnsdorp (2000)
Recruitment in flatfish, with special emphasis on North Atlantic species: progress made by the Flatfish Symposia. ICES J. Mar. Sci. 5: 202-215

Wijsman J.W.M., M. van Stralen, M. Dubbeldam, R. Geene, M. de Kluijver, E. van Zanten en A. Smaal (2006)
Wegvisproef Japanse oesters, tussentijdse rapportage (T2). Rapportnummer C077/06. Imares Yerseke.

Wijsman, J.W.M. (2007)
Effecten van de zandhonger in de Oosterschelde op Kokkels, oesters ende kweek van oesters en mosselen. Wageningen Imares. Rapport nr C002/07

Zanten van, E. (2005)
Reader workshop modellering zandhonger Oosterschelde