

**BIJLAGE II    SYSTEEMANALYSE (RW1809-28/HITM/215)**

<b>INHOUDSOPGAVE</b>	<b>blz.</b>
<b>1. INLEIDING</b>	<b>1</b>
<b>2. PLANGEBIED DE OOSTERSCHELDE</b>	<b>3</b>
<b>3. NATUUR</b>	<b>5</b>
3.1. Ecosysteem van de Oosterschelde	5
3.2. Natuurwaarden van de Oosterschelde	5
3.3. Schorren en vegetaties	6
3.4. Bodemdieren	7
3.5. Vissen en kreeftachtigen	8
3.6. Zeehonden	8
3.7. Vogels	9
<b>4. VEILIGHEID</b>	<b>13</b>
<b>5. VISSERIJ</b>	<b>15</b>
<b>6. BEROEPSSCHEEPVAART</b>	<b>17</b>
<b>7. RECREATIE</b>	<b>19</b>
<b>8. FYSISCH PROCESEN</b>	<b>23</b>
8.1. Historische ontwikkeling van de Oosterschelde	23
8.2. Onderdelen van het Oosterschelde systeem	25
<b>9. ZANDHONGER</b>	<b>27</b>
9.1. Wat is zandhonger?	27
9.2. Afname areaal en droogvalduur intergetijdengebied	29
9.3. Verwachte ontwikkeling zandhonger tot 2060	31
<b>10. EFFECTEN VAN DE ZANDHONGER</b>	<b>39</b>
10.1. Inleiding	39
10.2. Effecten op natuur	39
10.3. Overige effecten	42
laatste bladzijde	<b>43</b>
<b>BIJLAGEN</b>	<b>aantal blz.</b>
-	



## **1. INLEIDING**

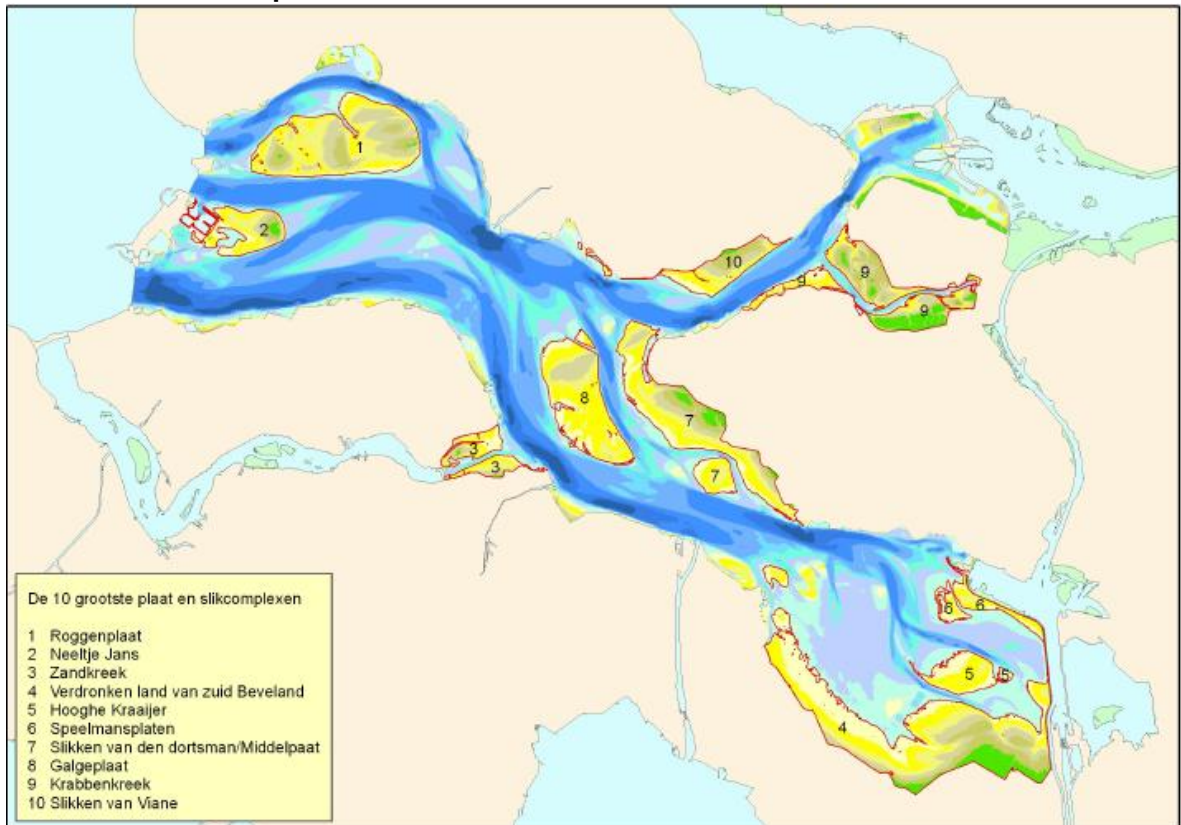
Dit rapport bestaat uit een systeemanalyse van de Oosterschelde. De systeemanalyse start met een beschrijving van het gebied en haar functies, natuur, veiligheid, visserij, scheepvaart en recreatie. Vervolgens worden in hoofdstuk 8 de fysische processen in de Oosterschelde beschreven. In hoofdstuk 9 wordt zandhonger in de Oosterschelde toegelicht, welke effecten zijn tot nu toe opgetreden en welke effecten worden verwacht. In hoofdstuk 10 worden de gevolgen van zandhonger op de functies van de Oosterschelde beschreven.



## 2. PLANGEBIED DE OOSTERSCHELDE

Het plangebied voor de MIRT Verkenning Zandhonger bestaat uit de Oosterschelde. De Oosterschelde ligt in het zuidwesten van Nederland, geheel in de provincie Zeeland. Het vormt een centraal onderdeel van het voormalige estuariumgebied van Rijn, Maas en Schelde. De Oosterschelde wordt begrensd door de dijken van de eilanden Schouwen-Duiveland, Tholen en Sint Philipsland, Noord-Beveland en Zuid-Beveland en de dammen van de Deltawerken. De grootte van het gebied is gelijk aan het oppervlak van Nationaal Park Oosterschelde en betreft circa 37.000 ha, een oever van 170 km, een lengte van hemsbreed 40 km van oost naar west en 27 km van noord naar zuid.

**Afbeelding 2.1. Plangebied de Oosterschelde inclusief de 10 grootste platen en slikcomplexen**





### **3. NATUUR**

#### **3.1. Ecosysteem van de Oosterschelde**

In de eeuw voorafgaand aan de Deltawerken was de Oosterschelde een onderdeel van het estuariumsysteem van de Rijn en Maas met de daarbij horende estuariene kenmerken. De verbinding met de rivieren zorgde voor een brak-zout gradiënt in de Oosterschelde met bijbehorende estuariene flora en fauna. Het aangevoerde riviersediment zorgde bovendien voor een gradiënt in bodemsamenstelling en luwe hoge delen boden ruimte voor successie van schorvegetaties. De getijdenstromen en golfwerking zorgden voor erosie- en sedimentatieprocessen die resulteerden in een wisselend patroon van schorren, slikken en droogvallende platen (het intergetijdengebied), ondiep water en diepe getijdengeulen (zie ook paragraaf 8.3). De Oosterschelde was bovendien een belangrijke doortrekroute voor vis en steltlopers. In 1986 is de Oosterschelde afgesloten door de bouw van compartimenteringsdammen aan de rivierzijde en een stormvloedkering aan zeezijde en veranderd in een zee-arm met enigszins beperkte getijdenwerking. Door de aanleg van de dammen werden wateren aan de oostkant van Oosterschelde afgesneden en verzoet, waarmee aanzienlijke delen intergetijdengebied, schorren en daarbij horende levensgemeenschappen direct verloren gingen. Door de verminderde getijslag in de Oosterschelde ging ook hier intergetijdengebied verloren met name door de verhoging van de laagwaterlijn (Geurts van Kessel, 2004).

De huidige Oosterschelde is een zout getijdenwater, een zee-arm, die onderdeel is van een voormalig estuarium. Ondanks de verminderde getij- en golfwerking vinden er in de Oosterschelde erosie- en sedimentatieprocessen plaats en wordt het gebied gekenmerkt door een gevarieerd patroon van schorren, slikken en droogvallende platen (intergetijdengebied) afgewisseld met ondiep water en getijdengeulen. Platen, slikken en schorren herbergen belangrijke natuurwaarden. De fysische processen in de Oosterschelde zijn beschreven in hoofdstuk 8. De platen, slikken en schorren zijn leefgebieden voor bijzondere vegetaties, voor bodemdieren zoals schelpdieren en kenmerkende en beschermde vogels. De Oosterschelde is een internationaal belangrijke pleister- en overwintergebied voor steltlopers (Troost & Ysebaert 2011). De grote variatie in factoren als getij, stroming, watertemperatuur, hoogteligging, sedimentsamenstelling en de goede waterkwaliteit heeft geleid tot een grote diversiteit aan dier- en plantensoorten. Het water, het intergetijdengebied en de binnendijks gelegen gebieden vormen tezamen het leefmilieu voor de rijke flora en fauna van het gebied (LNV 2009).

#### **3.2. Natuurwaarden van de Oosterschelde**

De Oosterschelde herbergt de belangrijkste getijdennatuur van Zuidwest-Nederland (LNV 2012), bestaande uit droogvallende platen en schorren met de daarbij behorende bijzondere vegetaties en grote aantallen foeragerende en rustende steltlopers. Door de beperkte invloed van golven en de hoge diversiteit aan substraat hebben zich onderwater verschillende gemeenschappen van wieren, weekdieren, wormen en kreeftachtigen ontwikkeld. Het intergetijdengebied kent een rijk bodemleven, waarbij de hoge biomassa en productiviteit het mogelijk maakt dat grote aantallen steltlopers en vissen in de Oosterschelde kunnen leven. De Oosterschelde is van internationaal belang voor overwinterende en trekkende watervogels. Het ondiepe water vervult een belangrijke rol als kinderkamer voor vissen, terwijl de platen als rustgebied dienen voor gewone zeehonden (LNV 2012, van Zanten & Adriaanse 2008, Geurts van Kessel 2004). Een (sub)populatie bruinvissen verblijft in de Oosterschelde. Omdat de Oosterschelde leefgebied is van verscheidene habitattypen, beschermde vogelsoorten, de Noordse woelmuis en de gewone zeehond, kent het gebied in-



standhoudingsdoelen voor deze soorten vanuit het Europese Natura 2000-beleid (LNV, 2012).

### 3.3. Schorren en vegetaties

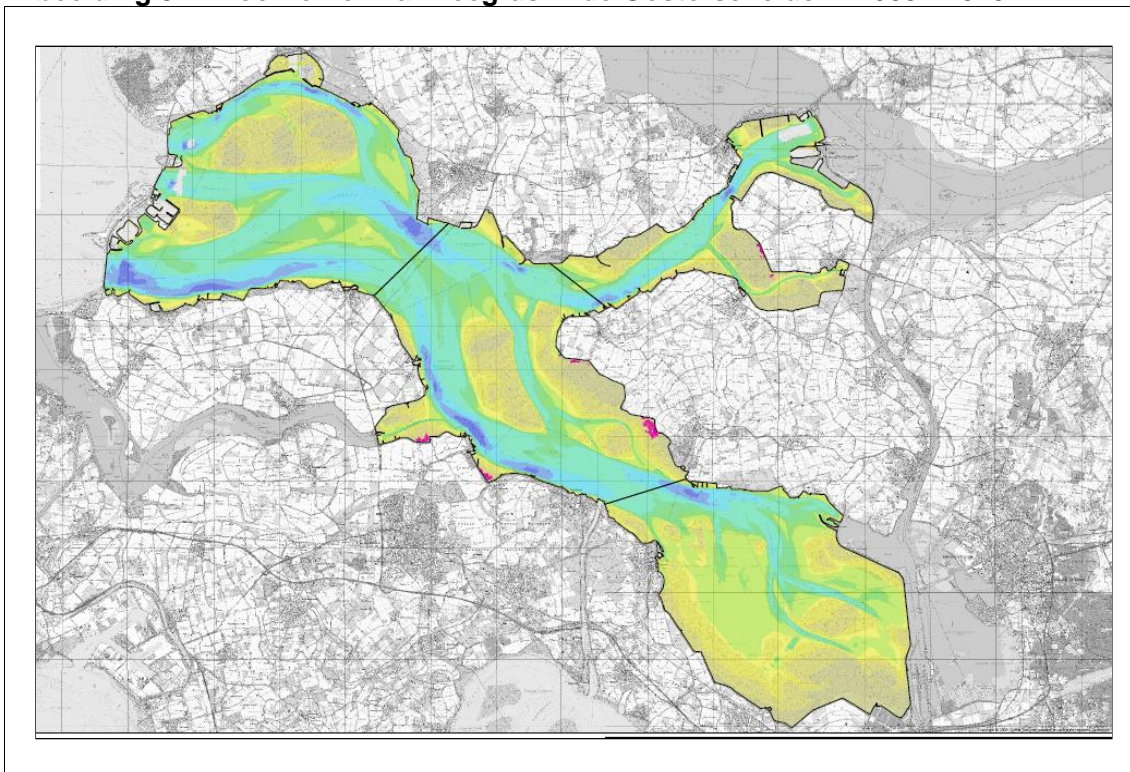
Belangrijke vegetatietypen in de Oosterschelde zijn zilte pionierbegroeiingen met zeekraal, slijkgrasvelden, schorvegetaties en zeegrasvelden. Schorren zijn de hoogste, periodiek door zout water geïnundeerde delen van slikken, die begroeid zijn met planten. De grootste schorgebieden liggen in het oosten van de Oosterschelde, zoals bij de Anna Jacobapolder, bij St. Annaland (Krabbenkreek) en bij Rilland (Rattekaai). Totaal is er circa 500 ha schorren in de Oosterschelde. Slijkgrasvelden komen ook elders in het gebied voor op het slik. Zilte pionierbegroeiingen met zeekraal komen voor op de lagere schorren en hogere slikken. Klein zeegras komt verspreid op diverse plekken in de Oosterschelde voor, terwijl Groot zeegras bijna geheel verdwenen is. Beide soorten zijn sinds de aanleg van de Deltawerken achteruitgegaan, mogelijk als gevolg van de afname van de invloed van zoet water en het daaraan gekoppelde stabiele en hogere zoutgehalte (LNV 2012, Geurts van Kessel 2004). In de Oosterschelde speelt daarnaast dat de bodemdynamiek door wadpieraactiviteit groter is geworden en sterfte van zeegras door strenge vorst (1984 - 1987). Het totaal oppervlakte zeegras in de Oosterschelde is momenteel circa 140 ha tegen nog 1.000 ha voor 1985. In tabel 3.1 zijn de arealen vegetaties, die voorkomen in de Oosterschelde, weergegeven.

**Tabel 3.1. Arealen vegetaties in de Oosterschelde**

vegetatie	areaal (ha)
zeegras	140
zilte pioniersbegroeiingen	5
slijkgrasvelden	236
schorren en zilte graslanden buitendijks	222

Ter illustratie is het zeegras in de Oosterschelde is weergegeven in onderstaande afbeelding. In het onderdeel 'Kaarten' van het achtergrondrapport zijn ook de andere vegetaties in de Oosterschelde weergegeven.

**Afbeelding 3.1. Voorkomen van zeegras in de Oosterschelde in 2009 - 2010**



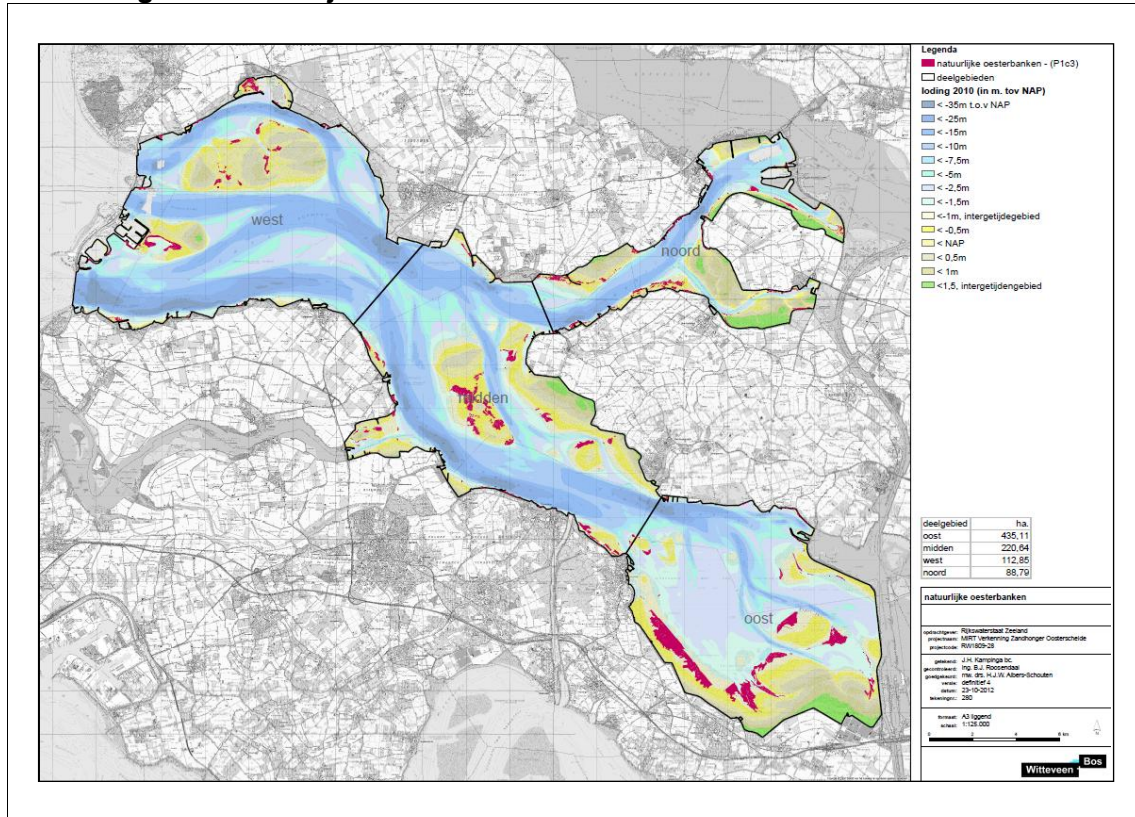
### 3.4. Bodemdieren

De Oosterschelde wordt gekenmerkt door een rijke bodemfauna, Bodemdieren die in het intergetijdengebied leven zijn bestand tegen het wisselende regime van ondiep water en droogval. Wanneer het slik droogvalt trekken veel bodemdieren zich terug in schuilplaatsen. De dominante bodemdieren in het intergetijdengebied - kokkels, strandgapers, wadpieren en schelpkokerwormen- zijn samen goed voor meer dan 80 % van de biomassa. Het intergetijdengebied kent een gemiddelde biomassa van bodemdieren van circa 20 gram per vierkante meter (Zwarts *et al.*, 2011). De meeste bodemdieren hebben een vrij brede range waar ze voorkomen, maar sommige soorten zijn meer specifiek in hun voorkeur met betrekking tot de bodemsamenstelling, waterdynamiek en droogvalduur van hun leefgebied (van Zanten & Adriaanse 2008). Hoge delen van het intergetijdengebied worden door sommige soorten bodemdieren (wadpieren, nonnetjes) gebruikt als kinderkamer. Deze hoge delen worden gekenmerkt door minder predatie door vissen, garnalen en krabben en spelen zodoende een belangrijke rol in het broedsucces van de soorten (Farke *et al.*, 1979, Hiddink *et al.*, 2002).

De Japanse oester is in 1964 in de Oosterschelde geïntroduceerd als alternatief voor de platte oester en kent sindsdien een opmars. Schelpdierbanken zoals mossel- en oesterbanken hebben een sterk effect op de structuur van hun omgeving (ecosysteembouwers) en beschermen het intergetijdengebied. Ze breken de kracht van de golven en de omgeving wordt opgehoogd met slijkgig sediment (pseudofaeces). Uit onderzoek is gebleken dat een rif van Japanse oesters op de Galgeplaat een omkering teweegbrengt van erosie naar sedimentatie (Wijsman *et al.*, 2006). De Japanse oester is zelf geen belangrijke bron van voedsel. De Japanse oesterriffen bieden echter leefgebied aan andere bodemdieren die wel als voedsel kunnen dienen voor bijvoorbeeld steltlopers (Troost 2010). In afbeelding 3.2

worden de natuurlijke oesterbanken in de Oosterschelde weergegeven. In de Oosterschelde komen geen wilde litorale mosselbanken voor.

**Afbeelding 3.2. Natuurlijke oesterbanken in de Oosterschelde**



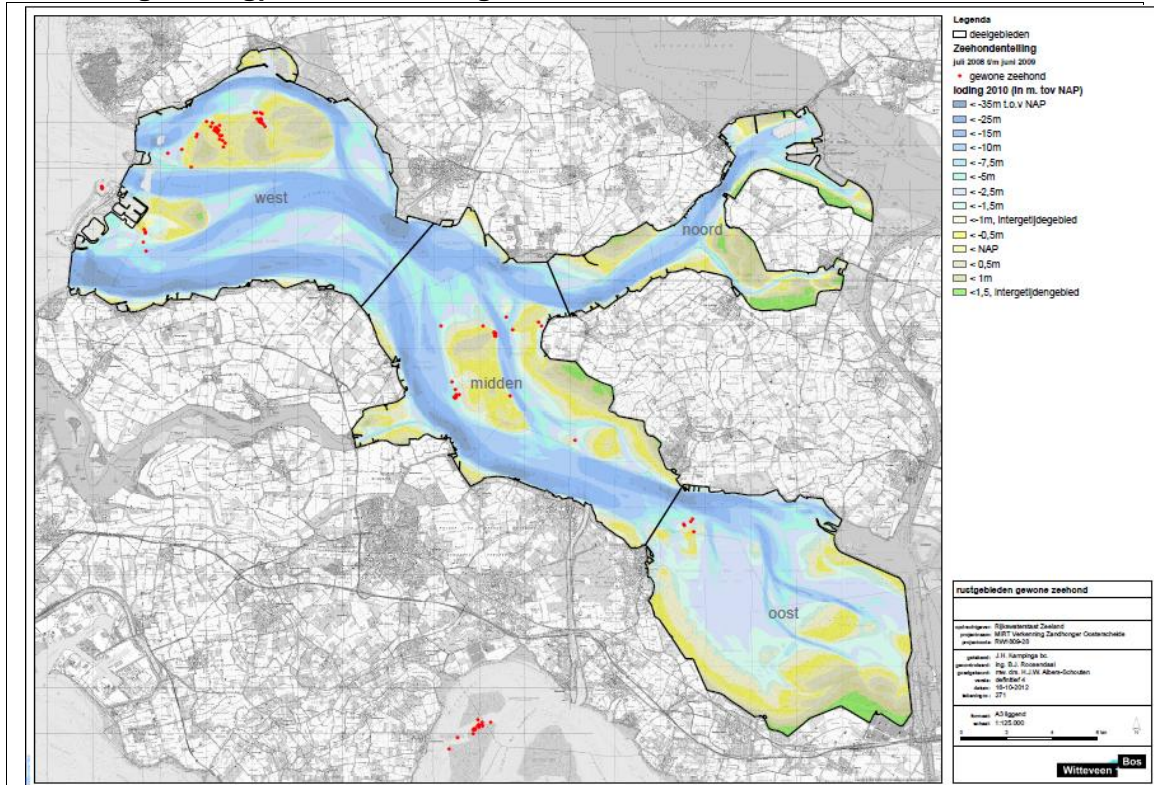
### 3.5. Vissen en kreeftachtigen

Zowel het intergetijdengebied als het ondiepe water van de Oosterschelde vervullen een belangrijke rol als kinderkamer voor verschillende vissoorten en kreeftachtigen. Garnalen en krabben komen volop voor op de platen en slikken in de tegenwoordig veel voorkomende gebieden waar een laagje water achterblijft. De garnalen en krabben zijn tegenwoordig een belangrijke prooi voor veel steltlopers (Zwarts *et al.*, 2011). Juvenielen van de platvissen schol, bot, tarbot, griet, zeebaars en garnalen benutten het intergetijdengebied met hoogwater als foerageergebied en kinderkamer. De juvenielen van tong gebruiken het ondiepe water als kinderkamer (Rutjes 2007).

### 3.6. Zeehonden

Het rustgebied van gewone zeehonden bestaat uit platen in het intergetijdengebied met hoge gedeelten en weinig verstoring. Binnen het gebied Voordelta, Westerschelde en Oosterschelde werd in de periode 2000 tot juni 2010 18 % van het totaal aantal zeehonddagen in de Oosterschelde doorgebracht. De belangrijkste ligplaatsen zijn de Roggeplaat Middegeul en de Roggeplaat Westgeul. In 2008/2009 werden minimaal vijf jonge gewone zeehonden geboren in de Oosterschelde (Strucker *et al.*, 2010).

**Afbeelding 3.3. Ligplaatsen van de gewone zeehond in de Oosterschelde**

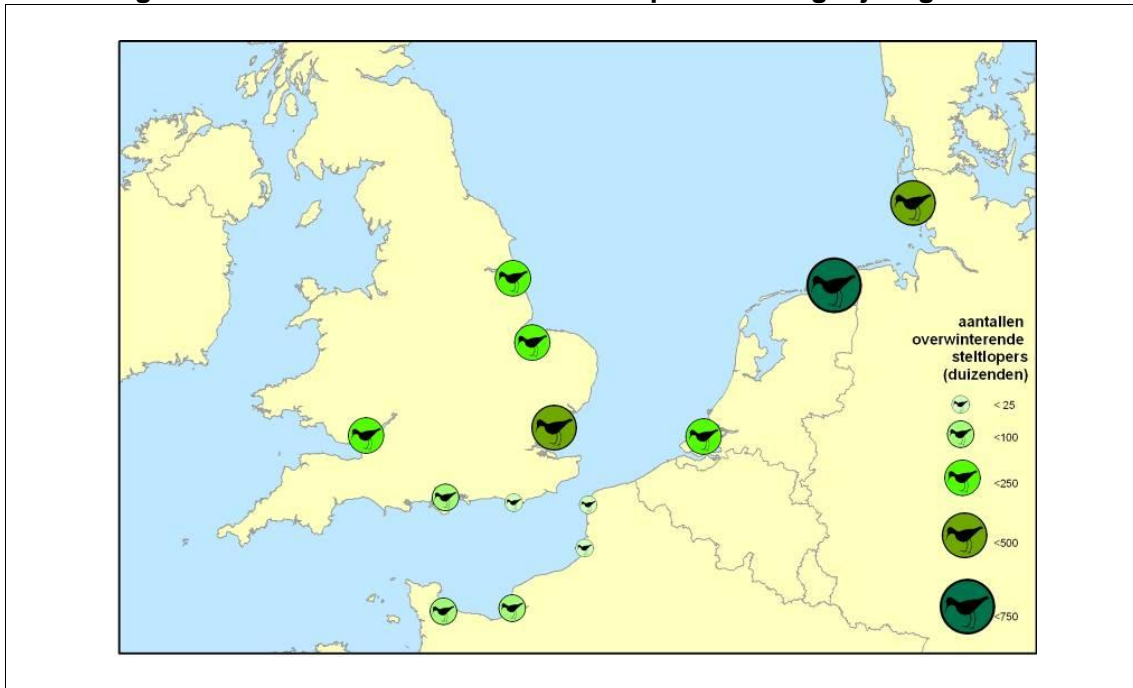


### 3.7. Vogels

Het Deltagebied is van grote en internationale betekenis als broedgebied, pleisterplaats en overwinteringsgebied voor vogels (afbeelding 3.4) en vormt daarmee een belangrijke schakel in de keten van waterrijke gebieden langs de Oost-Atlantische trekroute. Binnen het Deltagebied is de Oosterschelde altijd een van de belangrijkste gebieden voor watervogels geweest (Meininger *et al.*, 1984 - 1998; Berrevoets *et al.*, 1994 - 2005; Strucker *et al.*, 2005 - 2011). Pleisterende vogels gebruiken de Oosterschelde om te ruïen, te rusten en te foerageren, waarbij het menu bestaat uit bodemdieren, plantaardig materiaal of vis. De diversiteit aan watervogels in de Oosterschelde is groot. Zo werden in het telseizoen 2009 - 2010 85 verschillende soorten watervogels waargenomen, waarvan steltlopers (29 soorten) en eenden (18 soorten) de belangrijkste vertegenwoordigers zijn (Strucker *et al.* 2011). Met name voor de groep bodemdieretende steltlopers is de Oosterschelde een belangrijk gebied (Van Berchum & Wattel 1997). Voor deze groep is het van belang om in de periode rond laagwater gedurende een voldoende lange periode te kunnen foerageren.

De Oosterschelde is aangemerkt als gebied met internationaal belang voor watervogels dat is uitgewerkt middels criteria uit de Ramsar Conventie: 1) er komen regelmatig meer dan 20 000 watervogels voor, en 2) er maakt regelmatig meer dan 1 % van een totale geografische populatie van een watervogelsoort van het gebied gebruik (de 1 %-norm). De 1 % norm wordt in de Oosterschelde overschreden door 18 soorten, waaronder de bodemdieretende soorten Kanoet, Rosse Grutto, Scholekster en Zilverplevier, Bonte Strandloper, Wulp, Kluut, Drieteenstrandloper, Bergeend, Steenloper en Goudplevier (Strucker *et al.*, 2011, Ysebaert *et al.*, 2011). Deze soorten gebruiken de Oosterschelde met name in het najaar en de winter als overwinter- en pleisterplaats.

### Afbeelding 3.4. Aantallen overwinterende steltlopers in intergetijdgebieden



Bron: Rijkswaterstaat (2008) Verminderd Getij.

Naast de beschikbaarheid van intergetijdgebied in het algemeen, speelt ook de droogvalduur een belangrijke rol in de voedselbeschikbaarheid van deze groep. Droogvalduur, ofwel de tijd dat platen tijdens laagwater droogvallen, bepaalt de tijd die vogels kunnen besteden aan voedselopname. Daarnaast bepaalt de droogvalduur de beschikbaarheid van specifieke prooidieren. Vogels beginnen met foerageren vanaf het moment dat voor de soort geschikte bodemdieren beschikbaar komen. Veel bodemdieren zijn actief wanneer hun leefgebied onder water staat. Wanneer het slik droogvalt trekken veel bodemdieren zich terug in schuilplaatsen waarmee ze onbereikbaar worden voor vogels. Het aandeel van de aanwezige prooien dat vangbaar is voor vogels en daarmee de snelheid van de voedselopname is optimaal in de buurt van de waterlijn (Baptist, 2011). Zodoende volgen vogels vanaf de start van hun foerageerperiode de waterlijn, zowel bij afgaand als bij opkomend tij.

#### Deelgebieden in de Oosterschelde

Onderscheid in deelgebieden is zinvol, vanwege de ecologische samenhang binnen een deelgebied. Tussen deelgebieden vindt relatief weinig verkeer door vogels plaats. Binnen elk deelgebied fourageren de vogels niet op één specifieke plaat of slik, maar zijn ze mobiel. De vogels volgen de waterlijn in één gebied en kunnen over steken naar een droogvalven slik of aangrenzende plaat. De platen en slikken binnen een deelgebied vormen een functionele eenheid voor foeragerende vogels.

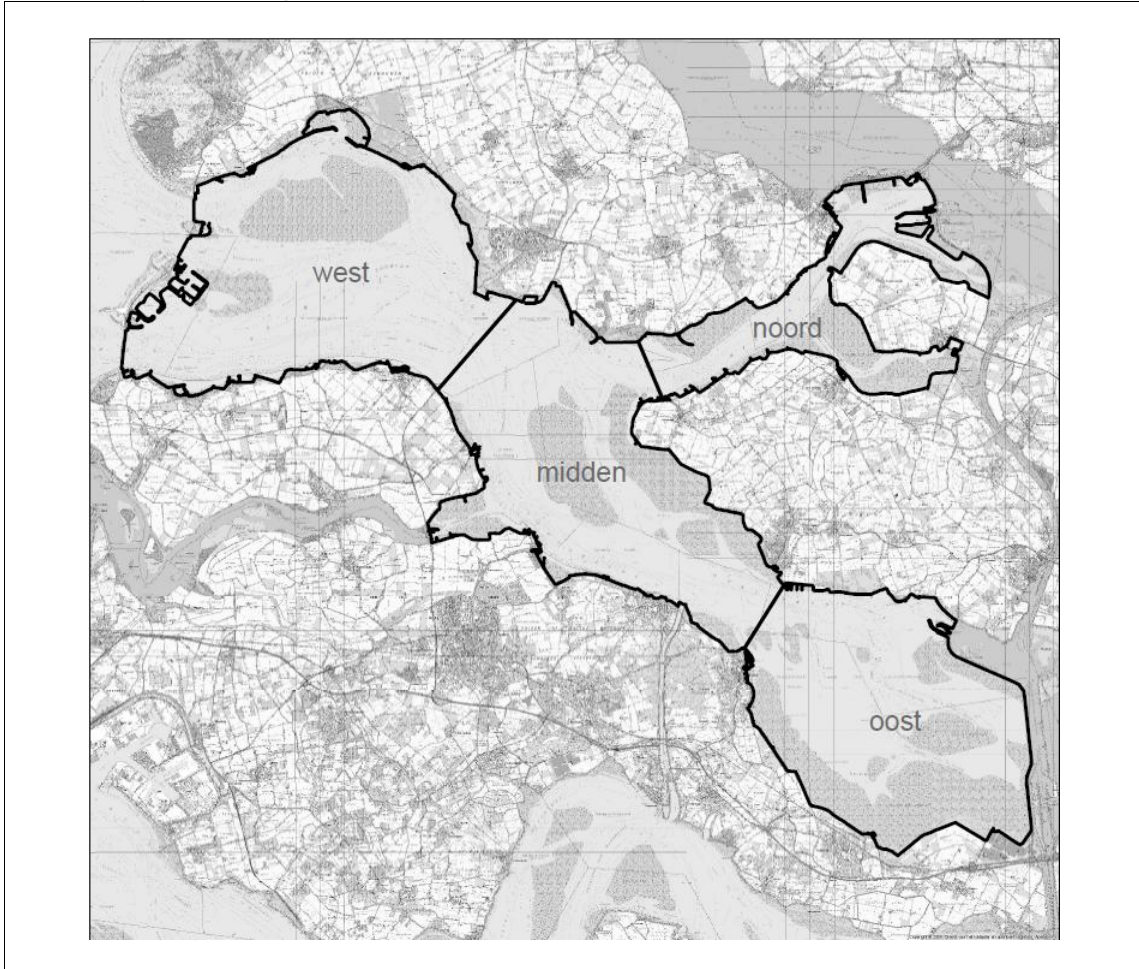
De Oosterschelde is in te delen in de volgende vier deelgebieden:

- west: gebied tussen de Zeelandbrug en de Oosterscheldekering, waarvan de voornaamste platen de Roggenplaat en Neeltje Jansplaat zijn;
- midden: gebied tussen de Zeelandbrug, Yerseke en Stavenisse, waarvan de voornaamste platen en slikken de Dortsman, Galgeplaat en Zandkreek zijn;
- oost: gebied ten oosten van Yerseke, waarvan de voornaamste platen en slikken de Rattekaai is en het slik Yerseke - Krabbendijke. Dit deelgebied wordt ook wel de Kom genoemd;

- noord: gebied tussen Stavenisse en Philipsdam, waarvan de voornaamste gebieden de Krabbenkreek, Slikken van Viane en Slaak zijn.

De deelgebieden zijn weergegeven in afbeelding 3.5.

**Afbeelding 3.5. Deelgebieden in de Oosterschelde**





#### 4. VEILIGHEID

De dijken rondom de Oosterschelde moeten hoge waterstanden en golven kunnen keren met een kans van optreden van 1/4.000 per jaar. Oorspronkelijk is ervan uitgegaan dat de dijken in de Oosterschelde tot 2060 voldoen aan de veiligheidsnorm. Bij onverminderd voortzetten van de zandhonger bestaat het risico dat dijken die nu beschermd worden door slikken eerder onderhoud aan de steenbekleding of verhoging van de kruinhoogte nodig hebben dan oorspronkelijk geraamd (van Zanten en Adriaanse 2008). Dit effect wordt nog verergerd door de zeespiegelstijging. In bijlage 15 'Quickscan steenbekleding en hoogwaterveiligheid' zijn de effecten van zandhonger op de hoogwaterveiligheid beschreven.





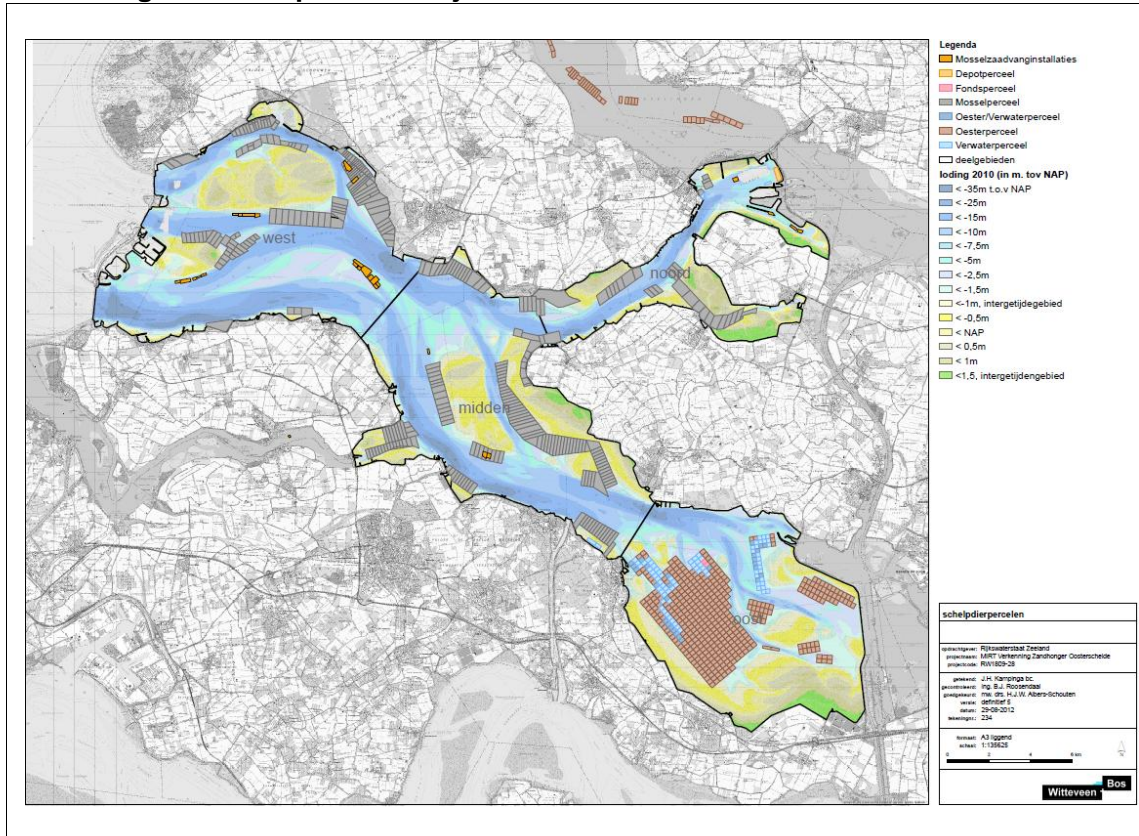
## 5. VISSERIJ

In de Oosterschelde komen vele vormen van visserij voor, zoals mossel- en oesterteelt, kokkelvisserij, sleepnetvisserij en visserij met vaste tuigen.

De schelpdiervisserij heeft een groot belang in de Oosterschelde, vooral de mossel en oesterteelt. In afbeelding 5.1 is de schelpdiervisserij in de Oosterschelde weergegeven. Deze afbeelding is in groot formaat weergegeven in het onderdeel 'Kaarten' van het achtergrondrapport. In de Oosterschelde is ongeveer 4.000 ha (11 % van het totale oppervlak) aangegeven 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 20 m beneden NAP. Boven de Gemiddeld Laag Water (GLW) vindt vrijwel geen mosselteelt meer plaats. In 2011 waren zestig bedrijven actief in de mosselteelt. De bedrijven boden dat jaar 368.631 miljoen ton mosselen aan op de veiling van Yerseke, waarvan iets meer dan helft uit de Oosterschelde. De aanvoerwaarde hiervan bedroeg M€ 52.

In de Oosterschelde is het areaal oesterpercelen circa 1.550 hectare. De gemiddelde omzet van de oestersector ligt rond de M€ 5. De oestersector is geconcentreerd in het Zeeuwse dorp Yerseke.

**Afbeelding 5.1. Schelpdiervisserij in de Oosterschelde**



Bron: Rijkswaterstaat (2008) Verminderd Getij

Enkele vissers vissen van tijd tot tijd met een sleepnet op de Oosterschelde. Zij vangen tong, schol en zeebaars, soms garnalen, maar ook paling en kreeft komt in de netten. Er wordt gevist met kotters die ook op de Noordzee kunnen vissen.

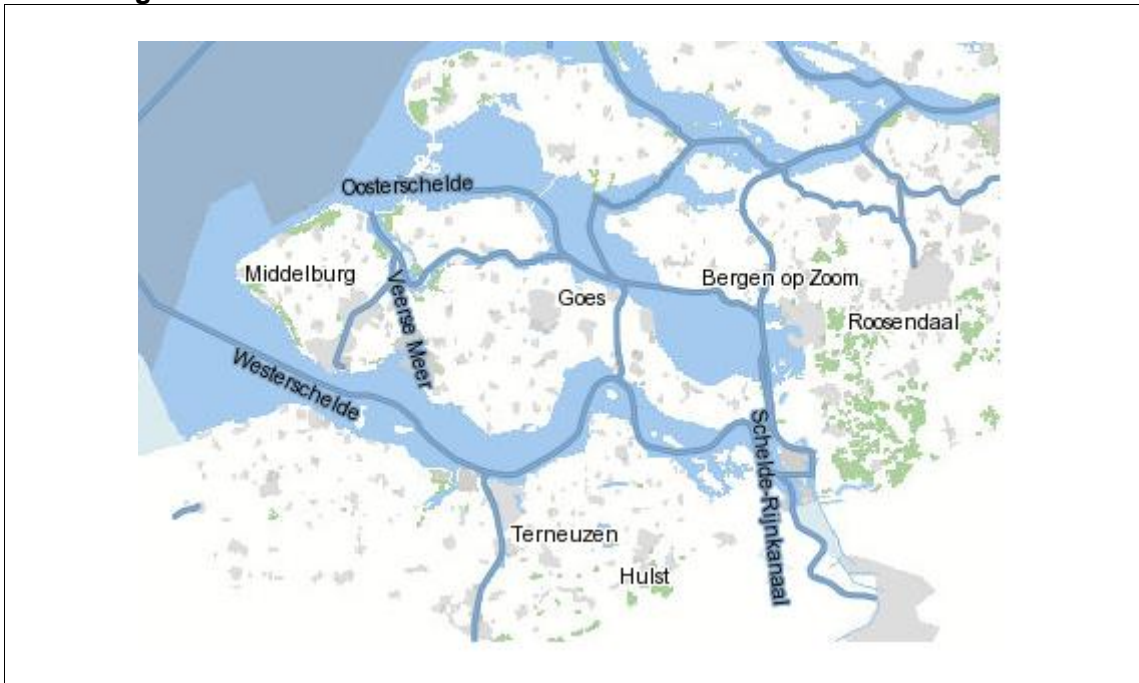
In de Oosterschelde wordt ook gevisd met vaste vistuigen. Er zijn tal van vaste vistuigen, maar voor de Oosterschelde zijn fuiken, kubben en kreeftenkorven het belangrijkste. De soorten die het meest worden gevangen zijn kreeft en paling.

## 6. BEROEPSSCHEEPVAART

De Oosterschelde, met onder meer Yerseke op Zuid-Beveland als belangrijke vissershavenplaats. In de Oosterschelde is in 1986 de Oosterscheldekering gebouwd. De Noordzee is via de Roompotsluis, ten zuiden van de kering, te bereiken.

In de Oosterschelde liggen twee hoofdvaargeulen, deze routes zijn weergegeven in afbeelding 6.1. De ene hoofdvaargeul, de Roompot, loopt van de Bergsediepsluis in de Oesterdam richting de Noordzee, via de Roompotsluis. Dit is vooral een route voor recreatievaart. De andere hoofdvaargeul is de hoofdtransportas Gent-Duitsland, namelijk de noord-zuidverbinding Wemeldinge - Krammer, via Keeten en het centrale deel van de Oosterschelde (Witte Tonnen Vlije, Brabantsch Vaarwater en Engelsche Vaarwater). De beroepsscheepvaart maakt vooral gebruik van deze noord-zuidverbinding. Per jaar maken circa 45.000 schepen, met een gezamenlijke lading van circa 25 miljoen ton laadvermogen, gebruik van de Oosterschelde. Daarnaast is er veel scheepvaart ten behoeve van de schelpdiervisserij. Belangrijke havens hiervoor zijn Yerseke, Bruinisse en Zierikzee.

**Afbeelding 6.1. Hoofdvaarroutes Oosterschelde**



Bron: [http://www.rijkswaterstaat.nl/water/feiten\\_en\\_cijfers/vaarwegenoverzicht/oosterschelde/index.aspx](http://www.rijkswaterstaat.nl/water/feiten_en_cijfers/vaarwegenoverzicht/oosterschelde/index.aspx).



## 7. RECREATIE

In de Oosterschelde zijn veel recreatie mogelijkheden, zoals vaarrecreatie met zeil- of motorboot, duiken, oeverrecreatie en sportvisserij.

Vaarrecreatie is de recreatievorm die wijdverbreid voorkomt in de Oosterschelde. 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 zeehonden en vogels, is een belangrijke attractie van de Oosterschelde.

Vanuit de diverse jachthavens langs de Oosterschelde en vanuit de andere (Zeeuwse) wateren wordt de Oosterschelde druk bevaren door de recreatievaart. Tabel 7.1 geeft een overzicht van jachthavens langs de Oosterschelde. Afbeelding 7.1 geeft de ligging van de jachthavens langs de Oosterschelde weer.

**Tabel 7.1. Ligplaatsen in de havens langs de Oosterschelde**

jachthaven	ligplaatsen vast
Burghsluis	120
Zierikzee	270
St. Annaland	330
Stavenisse	176
Poortvliet	20
Yerseke	260
Wemeldinge	464
Wilhelminadorp	300
Goes	70
Kats	100
Colijnsplaat	550
Kamperland - Roompot Marina	324

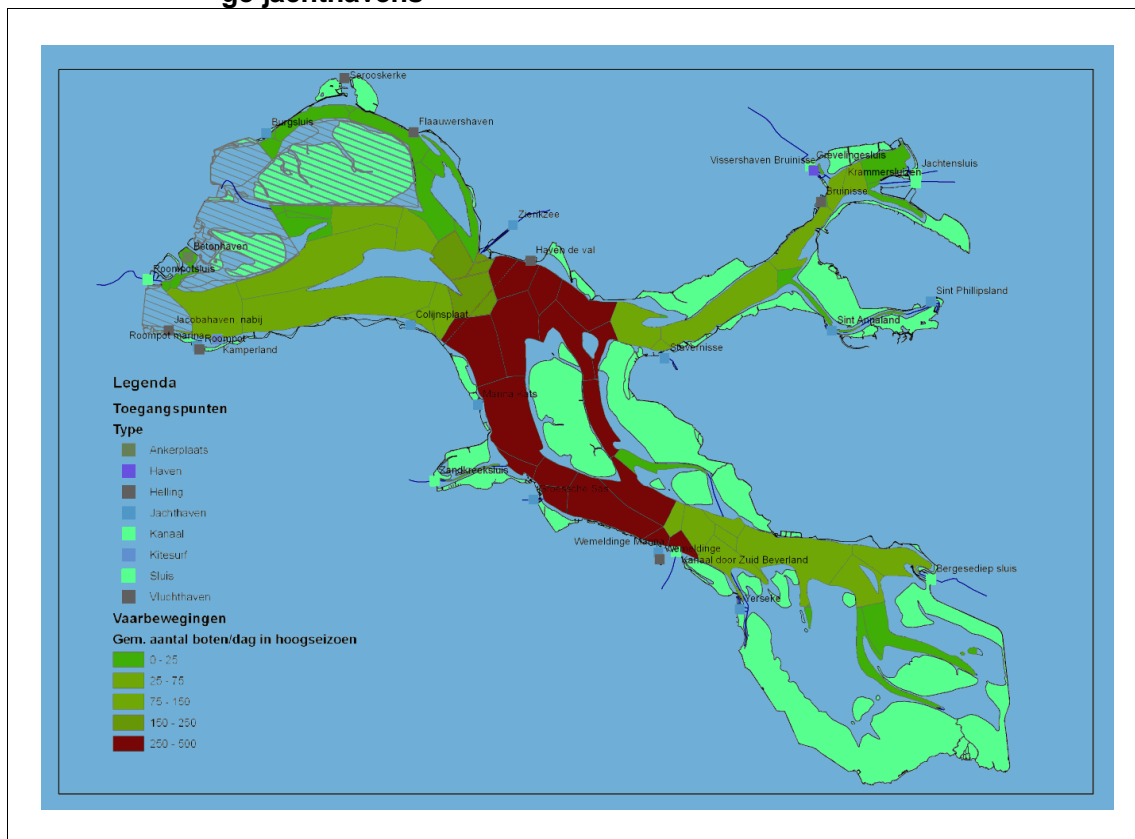
Bron: [http://www.zeeland.nl/toerisme\\_recreatie/jachthavens/](http://www.zeeland.nl/toerisme_recreatie/jachthavens/).

In 2006 passeerden bijna 20.000 schepen de Roompotsluis (belangrijke recreatieve verbinding), waarvan  $\frac{3}{4}$  deel bestond uit recreatievaart. Het algemene beeld is dat jaarlijks ongeveer 15.000 recreatieschepen passeren. Afbeelding 7.1 geeft een overzicht van de vaarintensiteit van de recreatievaart in de Oosterschelde.

De volgende verkeersstromen tussen de Oosterschelde en haar omgeving zijn hierbij te onderscheiden voor de recreatievaart:

- richting Voordelta via de Roompotsluis;
- richting Veersemeer via de sluis in de Zandkreekdam;
- richting Westerschelde via het Kanaal door Zuid Beveland;
- richting Zoommeer via Bergsche Diepsluis;
- richting Volkerak via Krammersluizen;
- richting Grevelingenmeer via de schutsluis in de Grevelingendam;
- bestemming naar aangelegen (jacht)havens.

**Afbeelding 7.1. Verspreiding van de vaarintensiteit in de Oosterschelde en aanwezige jachthavens**



Bron: Alterra (2012) Duurzaam ruimtegebruik Oosterschelde.

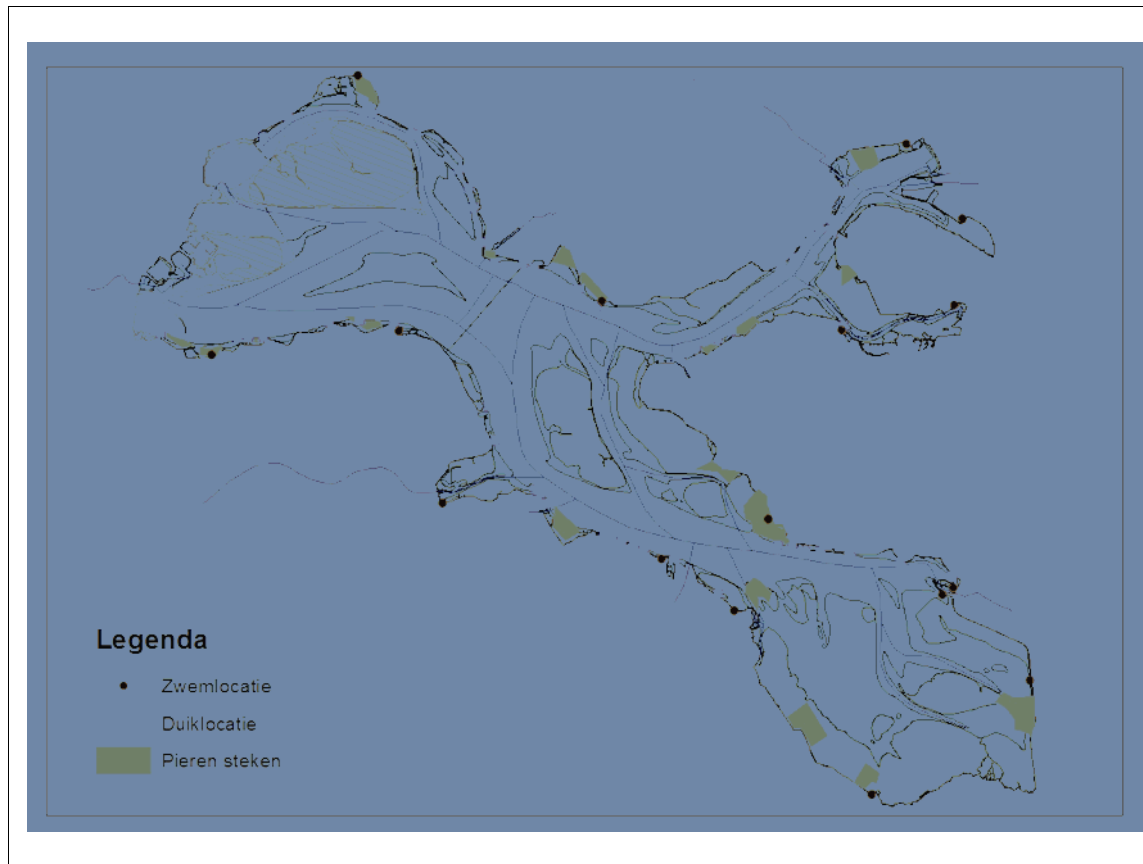
In de Oosterschelde zijn 44 duiklocaties, dit is weergegeven in afbeelding 7.2. Per jaar worden circa 500.000 duiken in de Oosterschelde gedaan. De Oosterschelde is een geliefd duikgebied omdat het water helder is en omdat zich een kleurrijk planten- en dierenleven ontwikkeld heeft op het grote oppervlak harde oeverbestortingen.

Op een aantal plaatsen langs de Oosterschelde zijn zandstrandjes aangelegd. Deze strandjes zijn populair bij strandrecreanten. Deze locaties zijn weergegeven op afbeelding 7.2. Daarnaast vindt op veel dijken langs de Oosterschelde oeverrecreatie plaats, zoals zwemmen, fietsen, wandelen etc.

In de Oosterschelde vindt sportvisserij plaats. De sportvisserij is onder te verdelen in kantvissers, bootvissers en chartervissers. In het Zeeuwse Deltagebied, waaronder de Oosterschelde, zijn per jaar circa 300.000 zeesportvissers actief, 12.000 kleine boot vissers en circa 50 charterschepen charterschepen. De voornaamste vissen waarop wordt gevestigd zijn de Bot, Schar, Tong, Schol, Wijting, Steenbolk, Makreel, Geep, Kabeljauw, Zeebaars en (Gevlekte) gladde haai.

In de Oosterschelde wordt veel gebruik gemaakt van de aanwezige spitgebieden. Pieren steken is het verzamelen van wadpielen en zagers om als lokaas te gebruiken bij het sportvissen. Per dag maken gemiddeld 60 tot 100 sportvissers en een tiental 'beroepsspitters' gebruik van de mogelijkheid om handmatig zeeas te steken (Sportvisserij Zuidwest Nederland, 2011). De meest gebruikte locaties in de Oosterschelde zijn de Dortsman, Grevelingendam en Schelphoek Oost.

**Afbeelding 7.2. Locaties voor zwemmen, duiken en pieren steken in de Oosterschelde**



Bron: Alterra (2012) Duurzaam ruimtegebruik Oosterschelde.





## 8. FYSISCH PROCESEN

### 8.1. Historische ontwikkeling van de Oosterschelde

#### Inleiding

Als deel van het deltagebied van de rivieren Maas, Rijn en Schelde is de Oosterschelde altijd aan veranderingen onderhevig geweest. In de periode voorafgaand aan de Deltawerken was de Oosterschelde een estuarium. In de huidige vorm is de Oosterschelde een zeearm met getij. De veranderingen die de Oosterschelde heeft doorgemaakt zijn in te delen in twee periodes:

1. periode voorafgaand aan de aanleg van de stormvloedkering en de compartimenteringsdammen (tot 1986);
2. periode na aanleg van de stormvloedkering en de compartimenteringsdammen, waarin de Oosterschelde van een estuarium in een zeearm veranderde (na 1986 tot heden).

Onderstaand wordt de historische ontwikkeling van de Oosterschelde voor de twee periodes beschreven op basis van de rapportage 'Verlopend Getij - Oosterschelde, een veranderend natuurmonument' (Rijkswaterstaat, 2004).

#### Periode voorafgaand aan de aanleg van de Deltawerken

Het huidig Deltagebied was aan het begin van de jaartelling voor een groot deel overdekt met veen, waarin de zee en de rivieren Schelde, Rijn en Maas gaandeweg een complex en voortdurend veranderend geulenpatroon sleten. Naast dit erosieproces vond ook sedimentatie plaats; de rivieren voerden klei en zand aan dat op het veen bezonk. De mens had nog weinig invloed op de waterstaatkundige toestand van het landschap.

In de vroege middeleeuwen begonnen de bewoners hun invloed op het gebied uit te oefenen: in de loop van eeuwen legden ze dammetjes en dijken aan, groeven watergangen uit, ontwaterden het gebied en ze wonnen zout door veen af te graven en te verbranden. De getijwerking werd daar sterker door en het land klinkte in. Ondertussen trad er tegelijkertijd een zeespiegelrijzing op, die met kleine en grote overstromingen gepaard ging. In de 16<sup>e</sup> eeuw was de Oosterschelde uitgegroeid tot een breed estuarium.

Tot dan toe had de Oosterschelde het water van de rivier de Schelde afgevoerd, maar dat veranderde, de Honte nam deze functie over, waardoor de Westerschelde ontstond. Dit was al halverwege de middeleeuwen. Na de functie overname verzandde de Kreekrak. De Rijn en Maas hadden toen nog maar weinig invloed in de Oosterschelde. Ter illustratie: het Zijpe was heel ondiep (doorwaadbaar te voet). In de laatste paar eeuwen kwam er wat meer invloed van de Rijn en Maas, maar vooral bij hoge rivierafvoeren was het substantieel. In de tweede helft van de 19e eeuw werd de Oosterschelde definitief van de Schelde afgesloten met een spoordijk door de verzande Kreekrak en een dam in het Sloe. Tot gereedkoming van de Oosterscheldekering nam het getij steeds verder toe en verdiepten de geulen, maar door voldoende stroomsnelheid in de geulen bleven de platen en slikken qua hoogte in evenwicht, behalve in het oosten van de Oosterschelde.

Als reactie op de stormvloedramp van 1953 is in 1959 de uitvoering van het deltaplan begonnen. Eerst werd het Veerse Meer door de Zandkreekdijk (1960) van de Oosterschelde afgesloten, vervolgens de Grevelingen (1960 - 1964) en met de aanleg van de Volkerakdijk (1969) werd de zoetwatertoevoer naar de Oosterschelde geheel gereguleerd tot een min of meer vaste hoeveelheid zoetwater jaarrond (50 m<sup>3</sup>/s). Voorafgaande aan de bouw van de compartimenteringsdammen was er netto export van zand uit de Oosterschelde richting de Noordzee.

Na de aanleg van de compartimenteringsdammen, Zandkreekdam, Grevelingendam en Volkerakdam, nam het getijvolume in de Oosterschelde met 8 % toe tussen 1970 en 1986. De toename aan getijvolume veroorzaakte een toename van zand export uit de Oosterschelde richting de Noordzee.

### Periode na aanleg van de Deltawerken

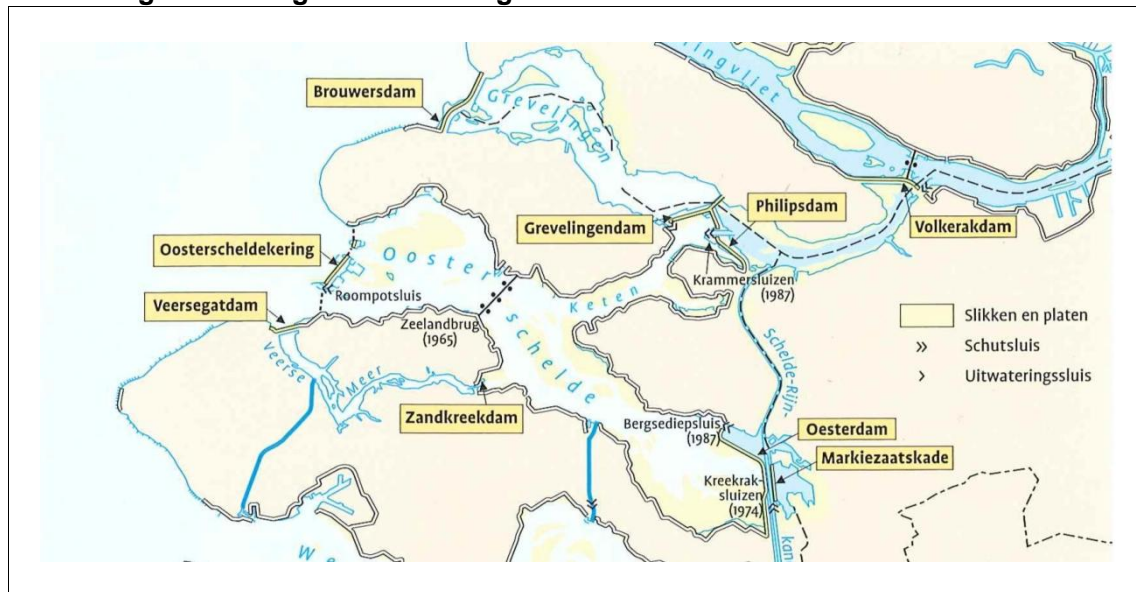
Aanvankelijk zou de Oosterschelde volgens het Deltaplan afgesloten worden van de zee door een dam, maar omwille van de waardevolle natuur en de economische belangrijke visserijactiviteiten werd er uiteindelijk voor gekozen de stormvloedkering te bouwen. De stormvloedkering is in 1986 in gebruik genomen.

Om een getijloze scheepvaartverbinding tussen Antwerpen en Rotterdam tot stand te brengen, voldoende zoetwater voor de landbouwsector in West-Brabant te realiseren en een voldoende groot getijverschil te behouden werden in het oostelijk deel van de Oosterschelde de Oesterdam en de noordelijke tak de Philipsdam aangelegd. De oorspronkelijke Oosterschelde is daarmee in drieën gesplitst:

1. het mondingsdeel ten westen van de stormvloedkering bleef onderdeel van de Voordelta;
2. de delen landwaarts achter de Oester- en Philipsdam werden getijloos en zoet;
3. het deel tussen de stormvloedkering en de compartimenteringsdammen - de zeearm 'klein Oosterschelde' - kreeg een meer gedempt getij en een stabiel hoog zoutgehalte.

In afbeelding 8.2 zijn de Oosterscheldekering en de compartimenteringsdammen weergegeven.

**Afbeelding 8.1. Huidige situatie - na gereedkomen van de Deltawerken**



Bron: Noordhoff Atlasproducties (2010) De Bosatlas van Nederland Waterland.

De Oosterscheldewerken hebben de waterhuishouding gewijzigd: het gemiddeld getijverschil, het getijvolume en de stroomsnelheden zijn afgenomen. Daarmee samenhangend is de verblijftijd van het water vooral in het deelgebied Noord en deelgebied Oost, fors toegenomen.

De aanvoer van zoet water werd voor een belangrijk deel afgesneden, met als gevolg een vrijwel homogene verdeling van de (hoge) zoutgehaltenes over de gehele Oosterschelde in

plaats van de gradiënten van zout aan de zeezijde tot brak achterin het estuarium. Zomers is er door verdamping zelfs sprake van een omgekeerd zoutgradiënt. Tabel 8.1 geeft een overzicht van de belangrijkste fysische veranderingen.

**Tabel 8.1. De belangrijkste hydrodynamische karakteristieken van de Oosterschelde, vóór en na de aanleg van de Deltawerken**

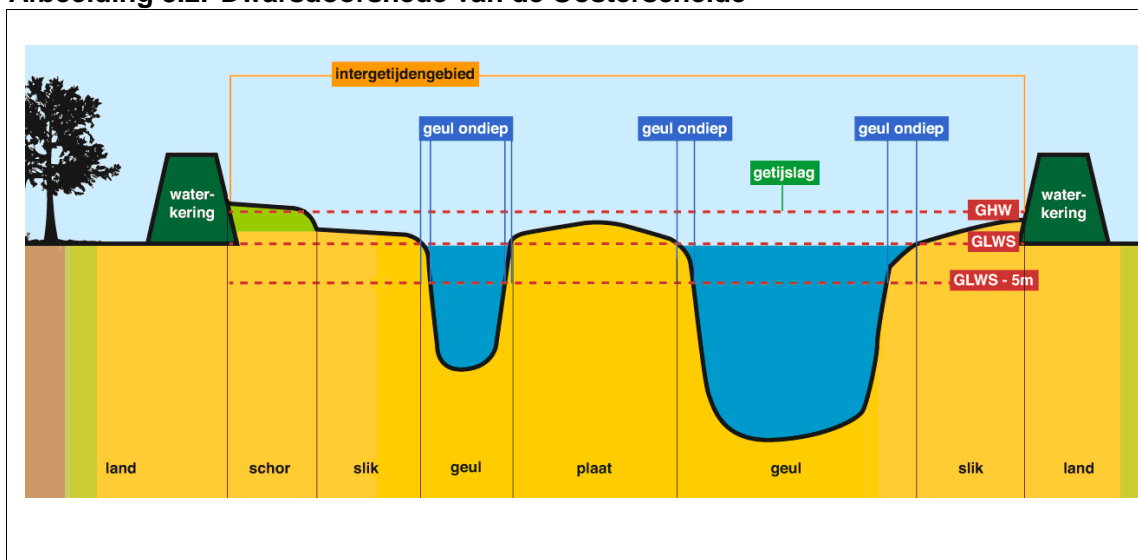
	vóór de Oosterscheldewerken	na de Oosterscheldewerken
totaal oppervlak (km <sup>2</sup> )	452	351
wateroppervlak (km <sup>2</sup> )	362	304
oppervlakte Intergetijdengebied (km <sup>2</sup> )	183	118
gemiddeld getijslag (m)	3,70	3.25
maximale stroomsnelheid (m/s)	1.5	1.0
verblijftijd (d)	5 - 25 (west) 75 > 100 (oost)	10 - 50 (west) 150>200 (oost)
getijvolume (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	1.230	880
zoetwateraanvoer door rivieren (m <sup>3</sup> /s)	50 - 100	10
zoutgehalte (%C1)	16.9 (west) 15.4 (oost)	17.1 (west) 16.7 (oost)

Sinds de aanleg van de stormvloedkering stroomt er minder water in en uit de Oosterschelde. Door de verlaagde stroomsnelheden in de Oosterschelde overheersen de erosieve processen de opbouwende processen, waardoor de slikken en platen langzaam maar zeker eroderen en onder water verdwijnen. Dit proces staat bekend als de 'zandhonger' en wordt nader beschreven in hoofdstuk 9.

## 8.2. Onderdelen van het Oosterschelde systeem

Het fysische systeem in de Oosterschelde bestaat onder andere uit het intergetijdengebied, platen, schorren en slikken. Onderstaande afbeelding geeft een dwarsdoorsnede van de Oosterschelde.

**Afbeelding 8.2. Dwarsdoorsnede van de Oosterschelde**



Het intergetijdengebied is het gebied tussen gemiddeld laagwater spring (GLWS) en gemiddeld hoogwater spring (GHW). Dit betreft alles dat bij laagwater droogvalt, de slikken, de platen en de schorren. Onbegroeide delen in de Oosterschelde worden slikken of platen genoemd. De slikken liggen tegen een dijk aan en de platen liggen tussen de geulen en zijn bij laagwater geheel omringd door water. Beide gebieden hebben veelal een zandige

bodem. Maar in diverse gebieden komen ook kleirijke bodems voor die na erosie van de zandlaag zijn overgebleven, bijvoorbeeld langs Keeten of Marsgat en in de Kom-west. De begroeide delen zijn schorren. Schorren liggen globaal tussen gemiddeld hoogwater bij doodtij (GHWD) en een minimale overspoelingsfrequentie van gemiddeld vijf keer per jaar. In de Oosterschelde wordt deze bovengrens in feite nergens gehaald.

Bij een eroderende schor is de grens tussen een slik en schor een klif (afslagrand). De grens tussen een slik en een schor kan ook een geleidelijke overgang hebben, waarbij de bedekking van de vegetatie veelal geleidelijk minder wordt. Een primair schor heeft een vegetatiebedekking van 5 % tot 50 % door pollen Engels Slijkgras of pioniervegetatie van zeekraal. Op het schor zelf komt een gevarieerde vegetatie voor die een sterk gezoneerd karakter heeft, gekoppeld aan de hoogteverschillen.

Een geul bestaat uit de permanente waterdelen dieper dan NAP - 7 m. Ondiepe geulen bestaan uit de zone langs het intergetijdengebied, dit is in de Oosterschelde tussen circa NAP - 2 m en NAP - 7 m.

## 9. ZANDHONGER

### 9.1. 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 op deze manier was er een dynamisch evenwicht tussen opbouw en afbraak van slikken en platen. Sinds de aanleg van de stormvloedkering in de jaren '80 stroomt er minder water in en uit de Oosterschelde. De kleinere hoeveelheid water in combinatie met de relatief grote getijdengeulen heeft geleid tot een afname van de stroomsnelheid. Het water heeft daardoor onvoldoende kracht om evenveel sediment te verplaatsen van de geulen naar het intergetijdengebied als voorheen. Bij storm spoelt er echter nog wel even veel zand van het intergetijdengebied in de geulen als voorheen. De afbrekende krachten werken dus nog wel, maar de opbouwende krachten niet en hierdoor is het dynamisch evenwicht verstoord. De afbraak van intergetijdengebied overheerst en dit proces staat bekend als de 'zandhonger' (Van Zanten en Adriaanse, 2008). In onderstaand kader wordt het zandhonger proces in detail beschreven.

#### Zandhongerproces in detail

Door de afname van de stroomsnelheid in de Oosterschelde, door de aanleg van de Oosterscheldekering in combinatie met de relatief grote getijdengeulen, heeft het water onvoldoende kracht om al het geërodeerde sediment weer terug te verplaatsen van de geulen naar het intergetijdengebied. Daarom verdwijnt er netto meer zand in de geul dan er terugkomt op een slik of plaat.

Erosie vindt vooral plaats tijdens storm. Het erosieproces start met loswoelen van zand door golven waar de golfaanval het sterkst is. Deze loswoeling van zand vindt vooral plaats op geëxponeerde (bloot liggende) randen van platen en slikken langs de geulen. Maar ook hoger op de platen en slikken is deze loswoeling actief. Vervolgens wordt het zand getransporteerd door de getijstrooming en eventueel versterkt door windgedreven strooming. Afhankelijk van de oriëntatie van de intergetijdengebieden en de richting van de getijstrooming en de windgedreven strooming wordt het zand richting een nabij gelegen geul getransporteerd of over een slik of plaat omhoog, en bij een plaat naar een achtergelegen geul.

Het sediment dat wordt losgewoeld op de hogere delen van platen en slikken komt in eerste instantie op de randen van het intergetijdengebied in het ondiepere 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 uiteindelijk in de geulen terecht.

Het resultaat van dit doorlopend verplaatsen van zand is:

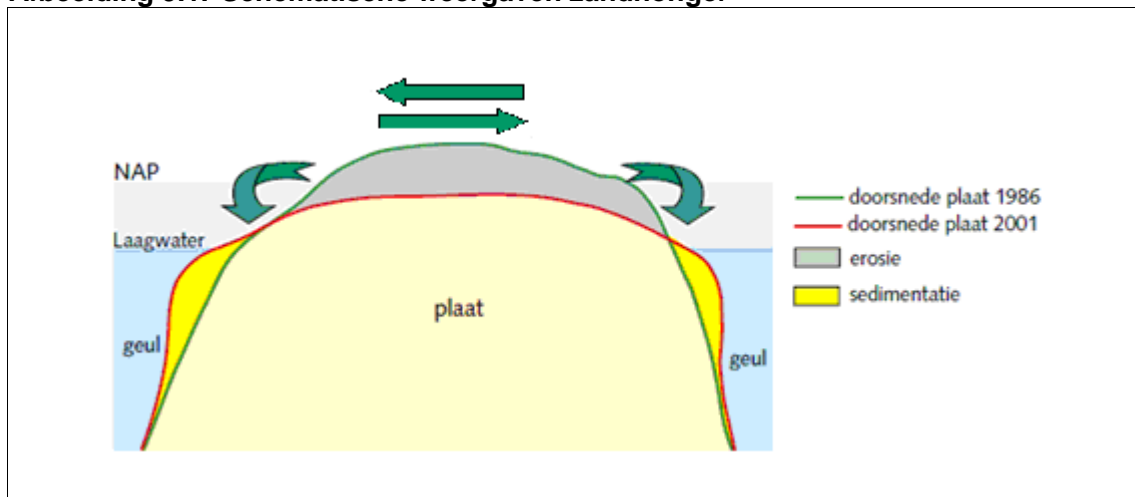
- aanzienlijke erosie van geëxponeerde slik en/of plaatranden en een lichtere erosie van de overige delen in het intergetijdengebied, die bovendien deels wordt opgevangen door aanvoer van zand van andere delen van slik/plaat;
- verlaging van platen en slikken, waarbij de laagste delen uiteindelijk definitief onder water verdwijnen;
- afname van reliëf op de intergetijdengebieden. De hogere delen verliezen sediment dat deels in geultjes en lokale laagten op de platen blijft liggen. De platen en slikken worden daardoor platter en vlakker.

Het intergetijdengebied binnen de huidige Oosterschelde is meteen na de aanleg van de kering afgenomen van ruim 12.000 ha tot 11.300 ha. Dat kwam door een hoger laagwater-niveau, waardoor de laagste delen van de slikken en platen permanent onder water verdwenen. De resterende intergetijdengebieden hebben te lijden onder de zandhonger. In de periode 1986 - 2001 zijn de volgende veranderingen opgetreden (zie afbeelding 9.1):

- de slikken en platen zijn kleiner geworden: het oppervlak is met 8 % afgenomen, van 11.300 tot circa 10.100 ha;

- de slikken en platen zijn lager komen te liggen: de gemiddelde hoogte van alle intergetijdengebieden is met veertien cm afgenomen, tot 32 cm beneden NAP in 2001. Dat komt neer op een gemiddelde afname van één cm 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.

**Afbeelding 9.1. Schematische weergaven zandhonger**



Bron: Van Zanten en Adriaanse (2008) Verminderd Getij.

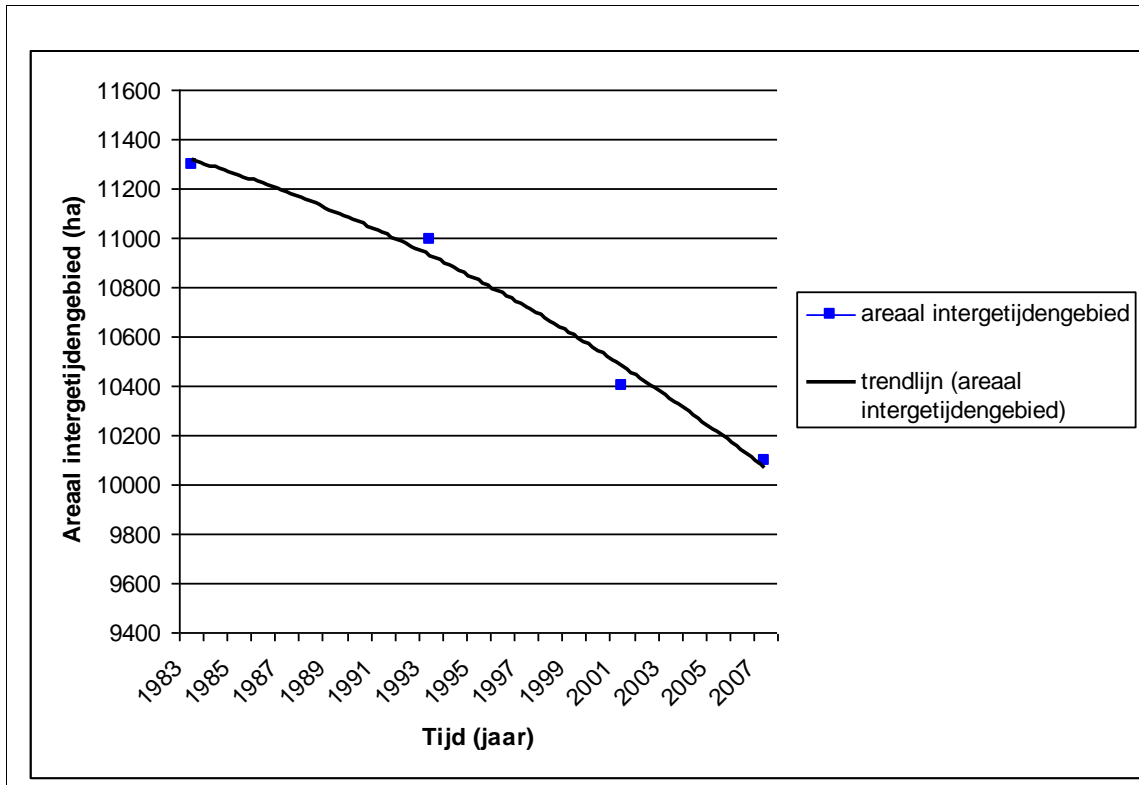
De oppervlakte slikken en platen is tot 2001 met 50 ha per jaar afgenomen. De afbraak verloopt niet overal even snel. Platen en slikken in de onbeschutte delen van de Oosterschelde ondergaan de grootste verliezen. De afbraak is het sterkst aan de randen die op het westen of zuidwesten gericht zijn, waar de windgolven het grootst zijn en op kleine intergetijdengebieden met een korte verplaatsingsafstand naar de geul.

Deze erosie gaat door tot al het verplaatsbare sediment boven de laagwaterlijn en tot een meter hieronder naar de geulen is verplaatst. Dat zal circa 100 jaar duren. Dan is de zandhonger van de geulen niet over, maar is er geen verplaatsbaar sediment over. Dan zijn dus in principe alle platen en slikken permanent onder water verdwenen. Een uitzondering zijn de slikken waar klei- en/of veenlagen boven laagwater te vinden zijn. Deze lagen vormen een resistente laag, waardoor de erosie min of meer stopt en heel laag gelegen slikken overblijven. Dit komt bijvoorbeeld nu al voor in de Kom en langs het Keeten en Mastgat.

## 9.2. Afname areaal en droogvalduur intergetijdengebied

Het intergetijdengebied (areaal slikken en platen) wordt door de zandhonger kleiner. In onderstaande grafiek staan de gemeten arealen intergetijdengebied voor de jaren 1983, 1989, 2001 en 2007.

**Afbeelding 9.2. Areaal gemeten intergetijdengebied tussen gemiddeld hoog en laag water**



Bron: Verminderd getij, 2008 en Hesselink et al, 2003.

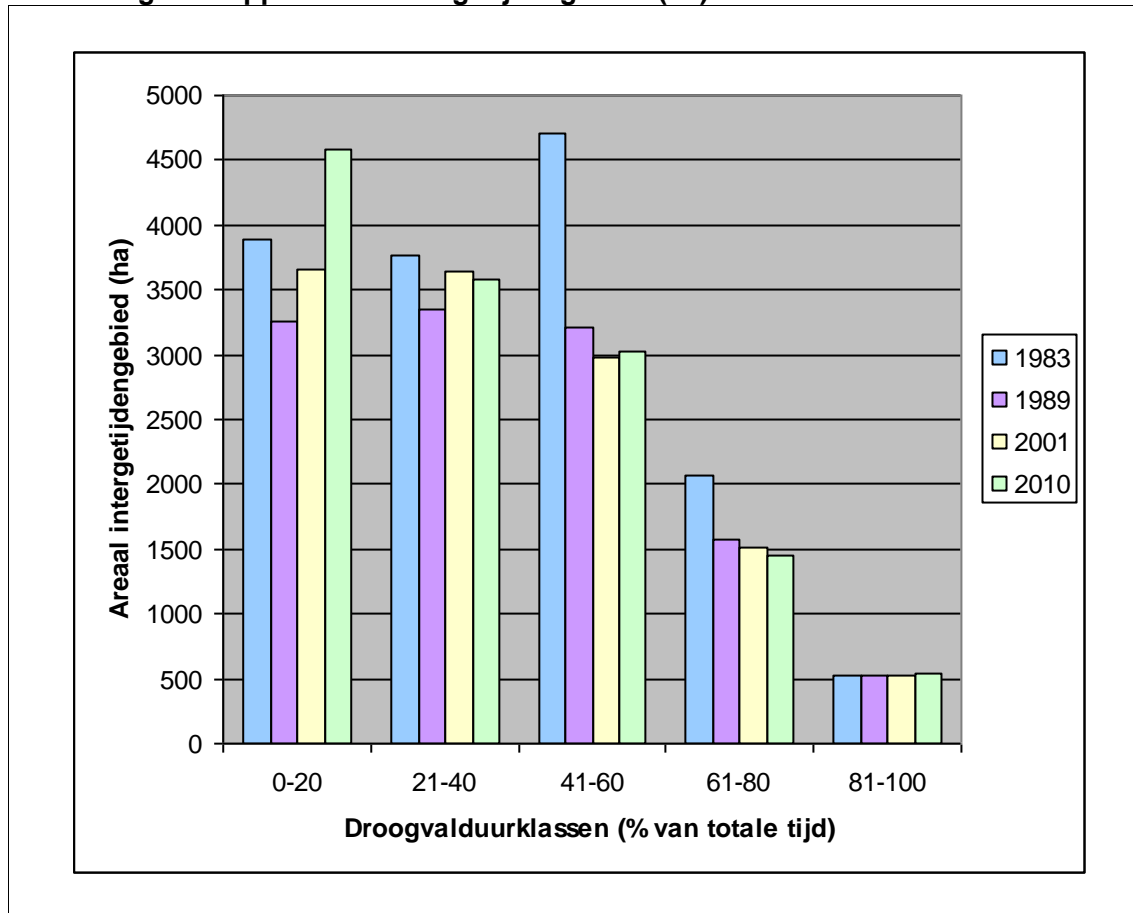
Door de zandhonger komen platen en slikken steeds lager te liggen en wordt de tijd dat platen en slikken tijdens laagwater droogvallen (droogvalduur) steeds korter. Daarnaast worden de platen vlakker. De droogvalduur speelt een belangrijke rol in de voedselbeschikbaarheid voor vogels. Droogvalduur, ofwel de tijd dat platen tijdens laagwater droogvallen, bepaalt de tijd die vogels kunnen besteden aan voedselopname. De voedselopname heeft invloed op de kwaliteit van het foerageergebied van steltlopers. De kwaliteit van het foerageergebied is een Natura 2000 doelstelling, daarom wordt de droogvalduur in de Oosterschelde geanalyseerd.

De algemene tendens is dat de droogvalduur van het intergetijdengebied afneemt, dit is weergegeven in afbeelding 9.3, maar de trend is verschillend voor gebieden met korte of lange droogvalduren. De oppervlakte van platen en slikken, die meer dan 40 % van de tijd droogvallen wordt steeds kleiner, terwijl er juist een groter areaal ontstaat van intergetijdengebied met een korte droogvaltijd (1 - 20 %) dan 25 jaar geleden. Dat laatste komt omdat de hoger gelegen delen door erosie 'worden toegevoegd' aan de lager gelegen delen. Zodra een hogere zone is verdwenen zal ook de er onder gelegen zone afnemen in oppervlak, omdat geen aanvulling meer plaats vindt vanuit de hogere zone. Uiteindelijk zal nageenog alles onder water verdwijnen, tenzij er hard veen of klei aan het oppervlak komt waardoor de erosie stopt, dit is vooral bij slikken te verwachten. De essentie is dat door verlies



aan areaal intergetijdengebied voorland van de dijken, vogels, schorren, zeehonden en bijzondere vegetatietypen in de Oosterschelde verdwijnen.

**Afbeelding 9.3. Oppervlakte intergetijdengebied (ha) in de Oosterschelde**



### Effecten van de zeespiegelstijging op zandhonger

De zeespiegelstijging heeft effect op de Oosterschelde. In de 21<sup>ste</sup> eeuw wordt een zeespiegelstijging van minimaal 0,20 tot gemiddeld 0,60 m verwacht. De hoogwaterstanden stijgen in de 21<sup>ste</sup> eeuw 5 cm sneller dan de gemiddelde zeespiegelrijzing, terwijl de laagwaterstanden in de 21<sup>ste</sup> eeuw 5 cm langzamer stijgen dan de gemiddelde zeespiegelrijzing (Technische adviescommissie voor de Waterkeringen, 2002).

Door de zeespiegelrijzing neemt het doorstroomoppervlak van de geulen gemiddeld 3 % per eeuw toe. Door de zeespiegelrijzing wordt ook het getijverschil (het verschil in waterhoogte tussen eb en vloed) op zee groter en deze vergroting werkt gedempt door op het getij in de Oosterschelde. De vergroting van het getijverschil in de Oosterschelde geeft een vergroting van het getijvolume van iets minder dan 4 % in de komende 100 jaar. Netto zal de evenwichtsrelatie tussen getijvolume en doorstroomoppervlak van de geulen door beide effecten niet veranderen (Geurts van Kessel, 2004). De zeespiegelrijzing heeft daardoor nauwelijks effect op de zandhonger van de Oosterschelde.

De zeespiegelrijzing heeft wel effect op de oppervlakte van de platen en slikken. Door de genoemde vergroting van het getijverschil komt het laagwater gemiddeld 5 cm hoger te liggen. Het water zal dus een groter deel van de platen permanent overspoelen, er verdwijnt plaatoppervlak. Dit effect van de zeespiegelrijzing heeft tot gevolg dat de oppervlakte aan

intergetijdengebied extra zal afnemen met naar schatting 1.000 tot 3.000 ha per eeuw (10 tot 30 % van het huidige oppervlak in de Oosterschelde). Door de zeespiegelstijging wordt de netto erosie van de platen en slikken versterkt, doordat de middenstand van het getij stijgt waardoor de relatieve hoogte ten opzichte van hoogwater extra daalt. Daardoor neemt de droogvalduur (van belang voor het foerageren van steltlopers) sneller af dan zonder zeespiegelstijging.

### 9.3. Verwachte ontwikkeling zandhonger tot 2060

#### Methode

De ANT (Autonome Neerwaartse Trend) Oosterschelde studie beoogt onder andere de wetenschappelijke onderbouwing te leveren van de erosietrends in de Oosterschelde. Het doel is om inzicht te krijgen in de mate van erosie en wijziging in hoogteverloop van de platen en slikken in de Oosterschelde. Voor de voorspelling van de morfologische ontwikkelingen in de Oosterschelde is daarom een gecombineerde methode ontwikkeld.

De erosie van platen en slikken in de Oosterschelde is berekend door gebruik te maken van drie bronnen:

- RTK<sup>1</sup> data, gemeten met dGPS van raaien op veel platen en slikken in de Oosterschelde van 1986 tot heden. De RTK data is de meest betrouwbare data (accuraatheid van 1 - 2 cm);
- de Vaklodingen<sup>2</sup> bedekken de gehele Oosterschelde en hebben een grid van 20 bij 20 m. De Vaklodingen zijn beschikbaar voor de jaren 1986, 1990, 2001, 2007 en 2010. De Vaklodingen zijn minder betrouwbaar dan RTK data (accuraatheid van 10 - 20 cm) en hiermee kunnen alleen grove schattingen van erosie worden gemaakt. Sinds 2001 worden de droogvallende gebieden aanvullend gemeten met lasermetingen;
- veld observaties en luchtfoto's.

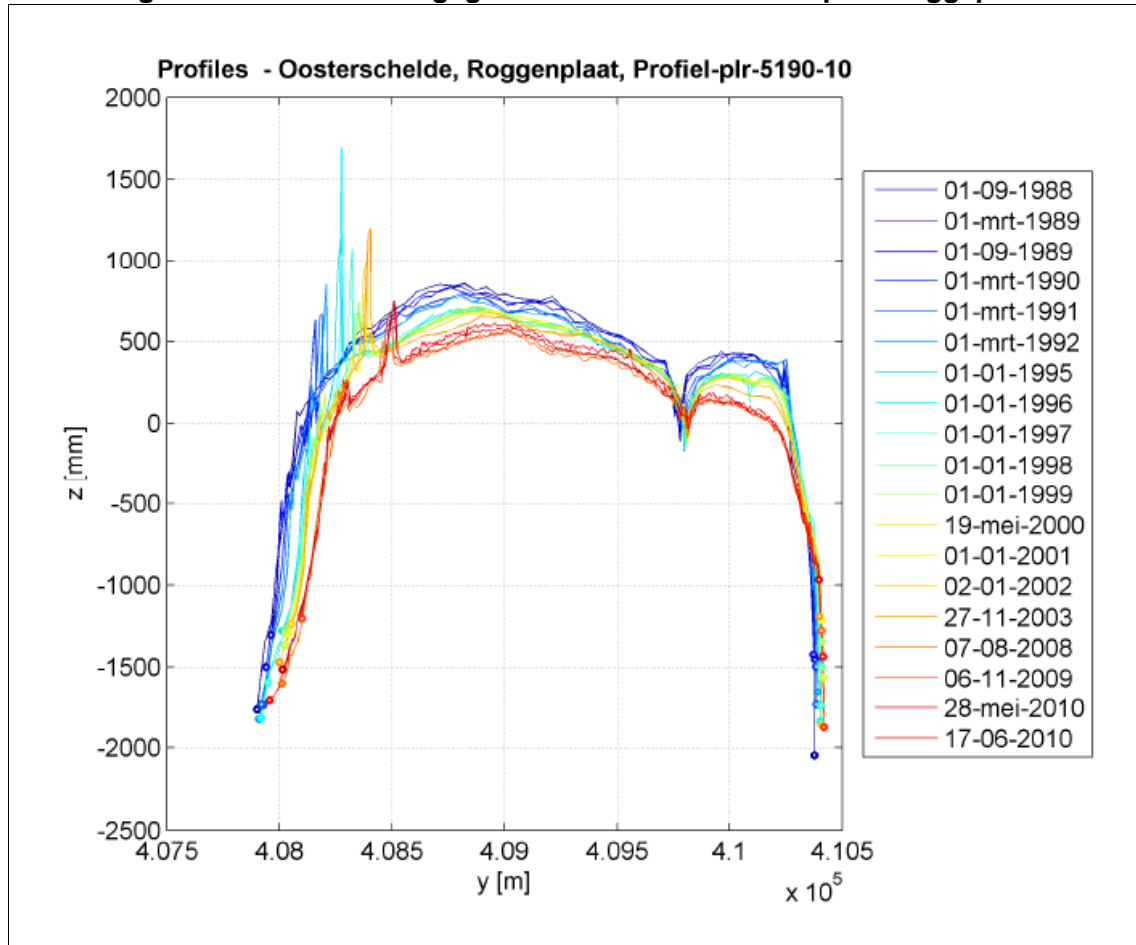
Afbeelding 9.4 geeft een voorbeeld van RTK gegevens voor raai 5190-10 op de Roggeplaat. Afbeelding 9.5 geeft de positie van de raai op de Roggeplaat aan.

---

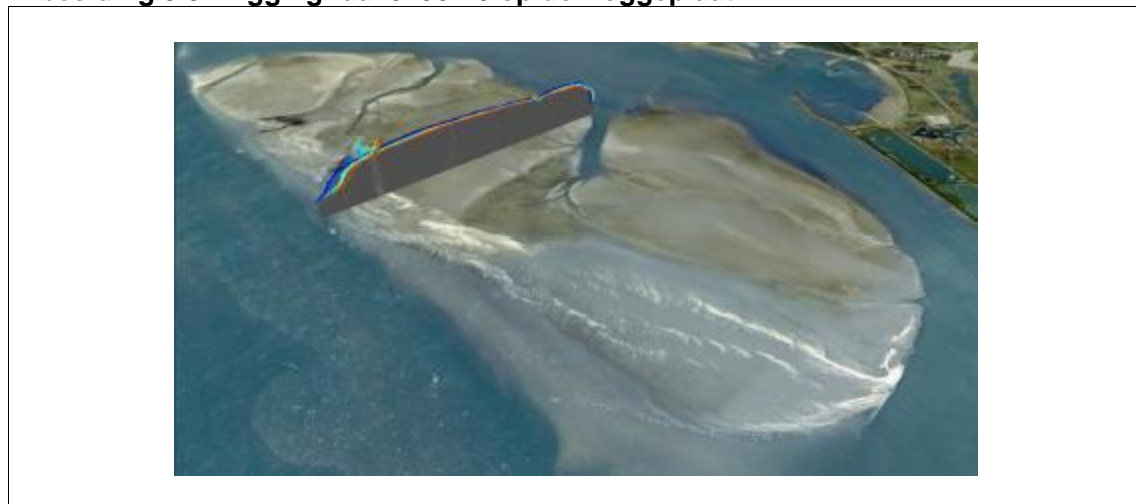
<sup>1</sup> RTK-dGPS: 'Real Time Kinematic'- 'differential Global Positioning System', een nauwkeurige methode voor hoogtemetingen.

<sup>2</sup> Vaklodingen zijn dieptemetingen vanaf schepen.

**Afbeelding 9.4. Voorbeeld RTK gegevens voor raai 5190-10 op de Roggeplaat**



**Afbeelding 9.5. Ligging raai 5190-10 op de Roggeplaat**



De RTK raaien zijn ingedeeld naar zones met vergelijkbaar erosiegedrag. Van elk van deze zones is vervolgens nagegaan hoe groot de erosie is en hoe de erosie verliep tussen 1987 en 2009. Uit deze analyse bleek dat de erosie vrijwel uniform in de tijd was en kon een erosiewaarde van een aantal milimeter per jaar worden berekend. De raaizones zijn vervolgens op basis van de raaien en de verschilkaarten uit de lodingen samengebracht tot

ruimtelijke eenheden met een uniforme erosie. In afbeelding 9.6 is een voorbeeld gegeven van erosiegebieden met uniform erosiegedrag.

**Afbeelding 9.6. Voorbeeld van de Roggeplaat met de gebiedsindeling voor de gekozen erosiegebieden**



Op basis van de nauwkeurig vastgestelde erosietrends zijn toekomstige erosietrends in de Oosterschelde bepaald. De prognosekaarten, waarin de toekomstige erosietrends zijn afgebeeld, zijn opgenomen in bijlage 9a van bijlage 16 GIS-kaarten. Op basis van de erosietrends is ook de toekomstige droogvalduur per plaat vastgesteld. De droogvalduurkaarten zijn opgenomen in bijlage 5 van bijlage 16 GIS-kaarten.

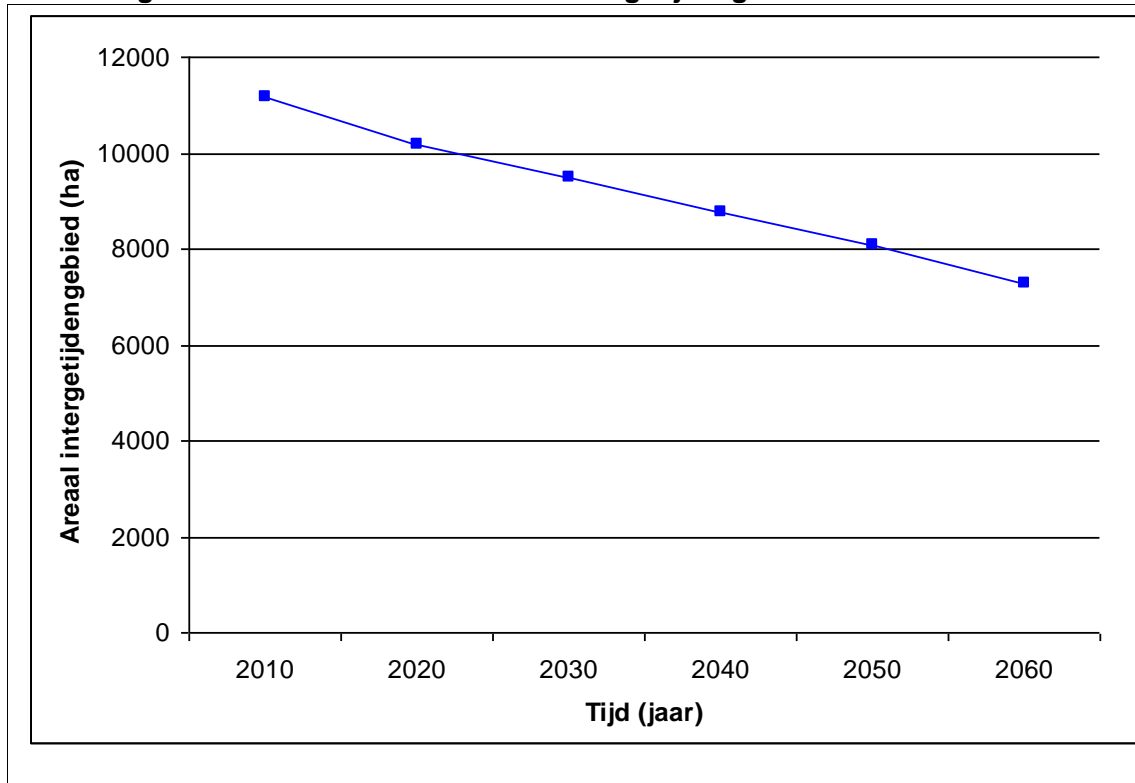
De volgende uitgangspunten zijn gehanteerd bij de erosieberekeningen:

- bij de erosieberekeningen is rekening gehouden met de zeespiegelstijging. Hierbij is het midden scenario van KNMI (Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut) gehanteerd. Het midden scenario van KNMI houdt in een zeespiegelstijging van 60 cm tussen 1990 en 2100;
- de erosie zal uniform in de tijd plaats vinden;
- de toekomstige klimaatomstandigheden gaan niet wijzigen.

**Resultaten erosieberekeningen**

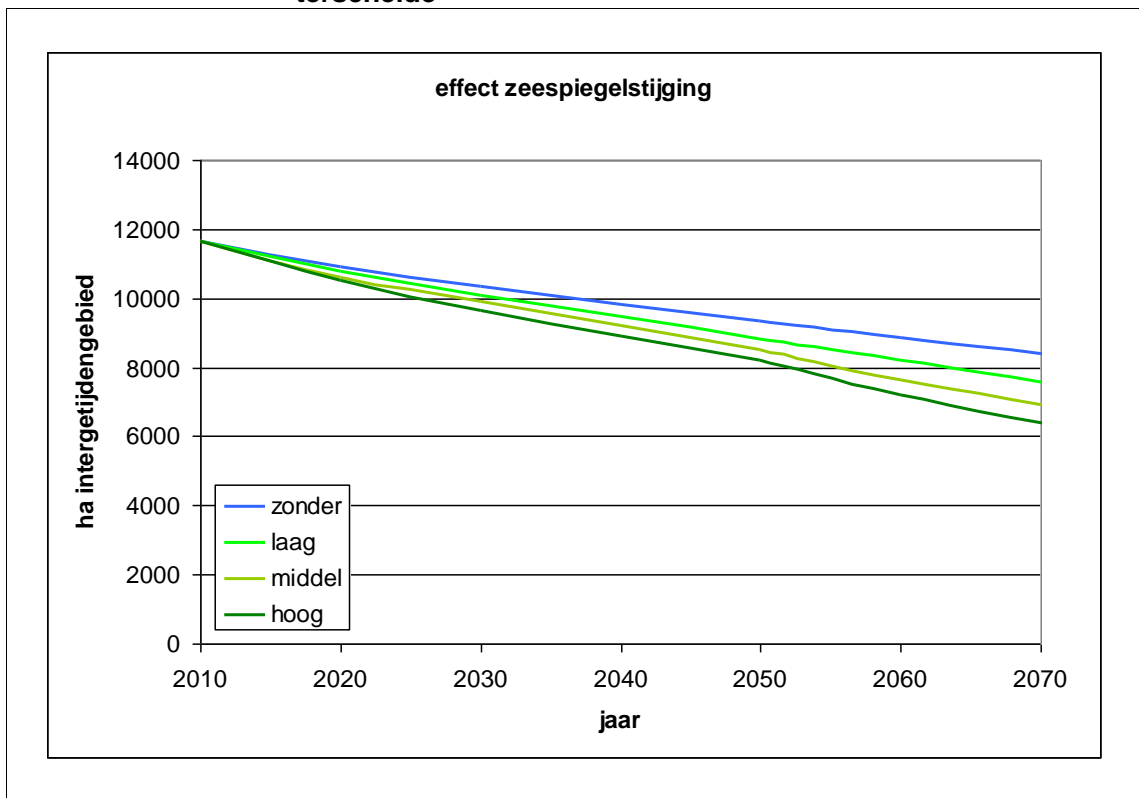
Uit de erosieberekeningen van ANT komt naar voren, dat het oppervlakte intergetijdengebied afneemt. Ten opzichte van de referentiesituatie (2010) neem het areaal in 2020 met 990 ha (9 %) af en in 2060 met 3.900 ha (35 %) af. In afbeelding 9.7 wordt de verwachte afname in oppervlakte intergetijdengebied weergegeven.

**Afbeelding 9.7. Verwachte afname areaal intergetijdengebied**



De zeespiegelstijging versnelt het verdrinken van platen en slikken in de Oosterschelde door zandhonger. In afbeelding 9.8 wordt het areaal intergetijdengebied in de Oosterschelde zonder zeespiegelstijging (blauwe lijn) en drie scenario's met zeespiegelstijging, met respectievelijk 35 cm stijging (laag), 60 cm (midden) en 85 cm (hoog) tot 2070 weergegeven.

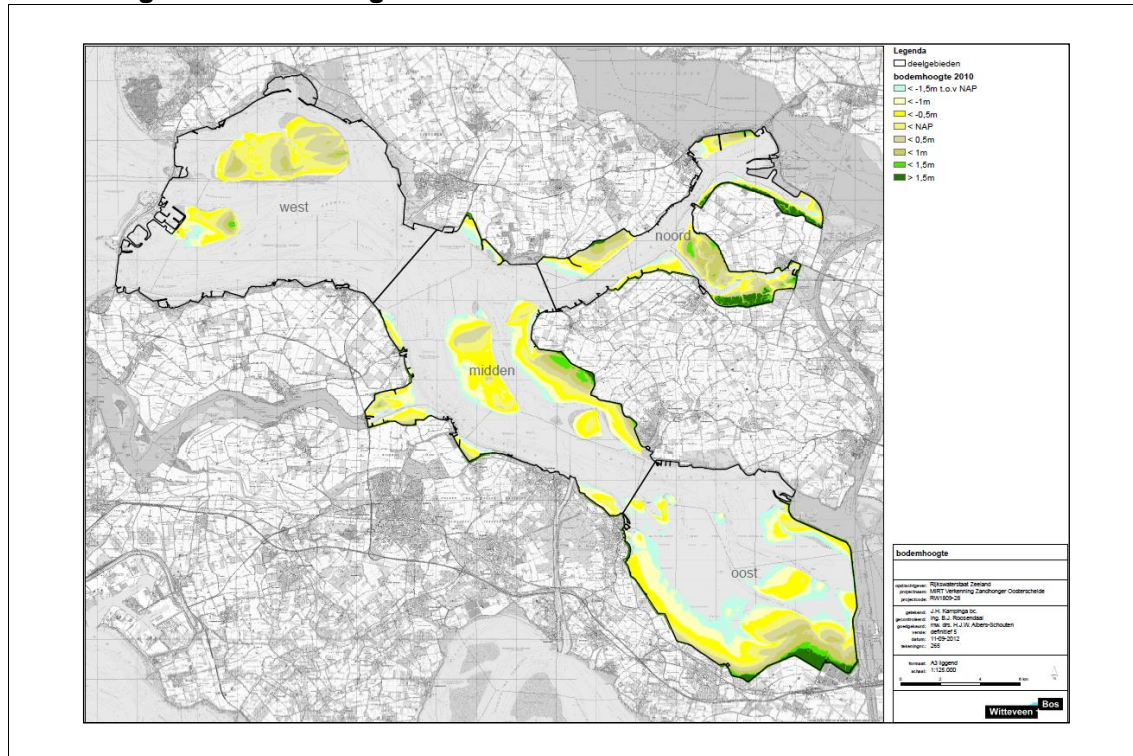
**Afbeelding 9.8. Effect zeespiegelstijging op het areaal intergetijdengebied in de Oosterschelde**



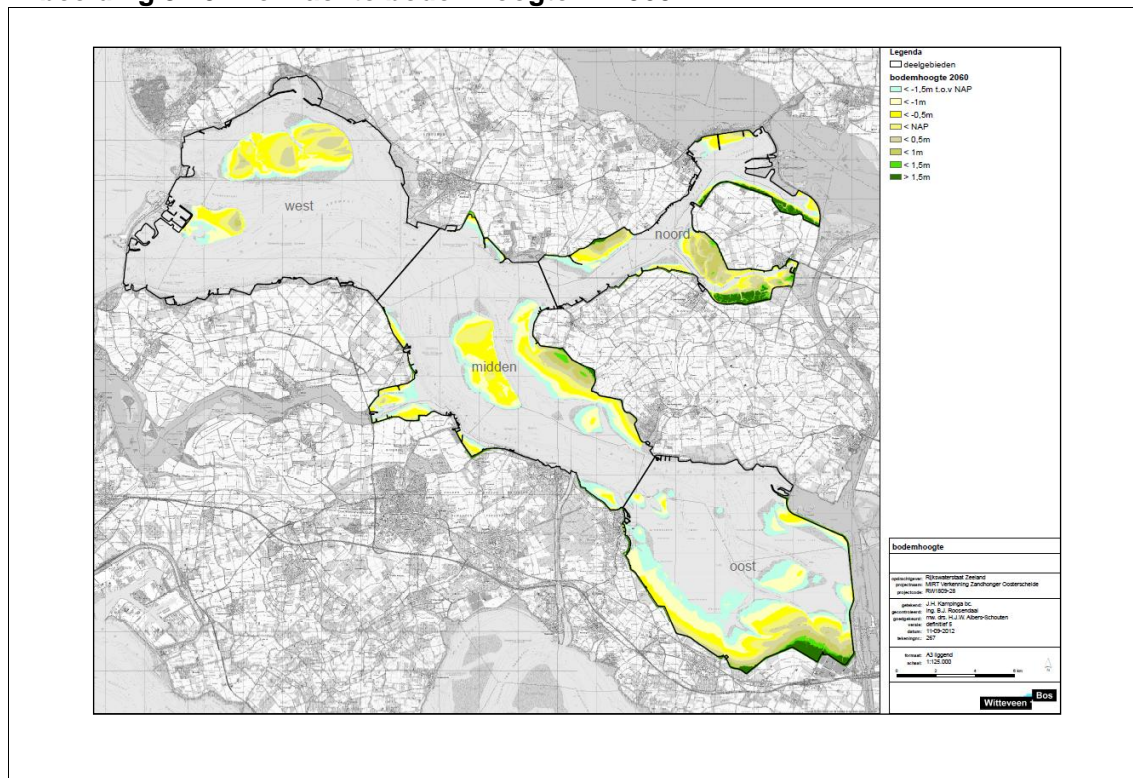
Zonder zeespiegelstijging is in 2060 bijna 2800 ha intergetijdengebied verdrongen. Bij het lage scenario (35 cm) is 600 ha extra intergetijdengebied verdrongen, bij het midden scenario (60 cm) 1200 ha en bij het hoge scenario (85 cm) 1700 ha. In de erosievoorspellingen is het midden scenario van de KNMI van 60 cm gehanteerd, dit betekent dat de zeespiegelstijging zorgt voor 30% verdrinking van het intergetijdengebied.

Uit de erosieberekeningen komt ook naar voren dat de bodemhoogte van de platen en slikken wijzigt. In afbeelding 9.9 is de bodemhoogte in 2010 weergegeven en in afbeelding 9.10 is de verwachte bodemhoogte in 2060 weergegeven, hiermee is de verwachte bodemontwikkeling inzichtelijk. In het onderdeel 'Kaarten' van het achtergrondrapport zijn kaarten opgenomen van de ontwikkeling van de bodemhoogte voor de jaren 2010, 2020 en 2060.

**Afbeelding 9.9. Bodemhoogte in 2010**

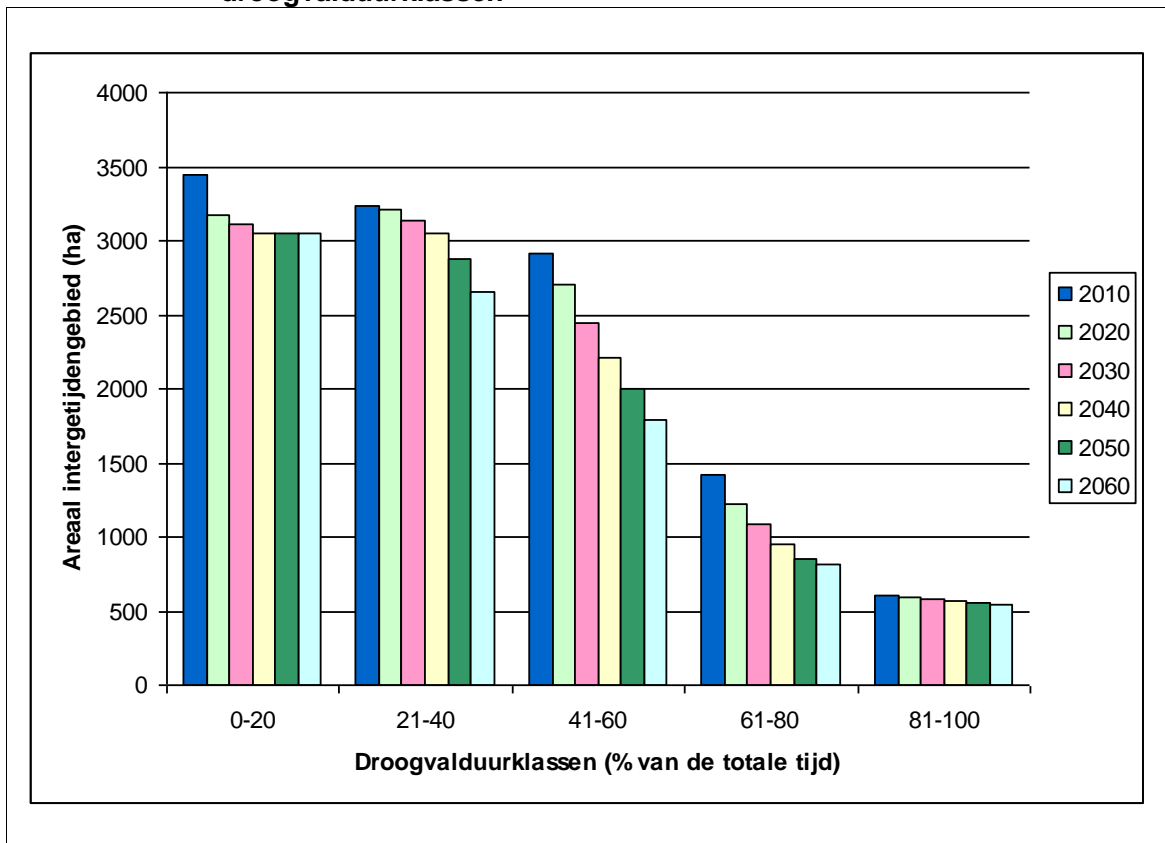


**Afbeelding 9.10. Verwachte bodemhoogte in 2060**



Door de wijziging in bodemhoogte verandert ook de droogvalduur van platen en slikken in de Oosterschelde. In afbeelding 9.11 wordt het oppervlakte intergetijdgebied (ha) in de Oosterschelde bij diverse droogduurklassen weergegeven. Uit deze analyse komt naar voren, dat het oppervlak voornamelijk voor de klassen van 20 - 40 %, 40 - 60 % en 60 - 80 % droogvalduur wijzigt/afneemt. Het oppervlakte 80 - 100 % Droogvalduur betreft bijna alleen schorren en daar is niet sprake van bodemhoogte verlagen maar van erosie vanaf de schorrand naar de dijk.

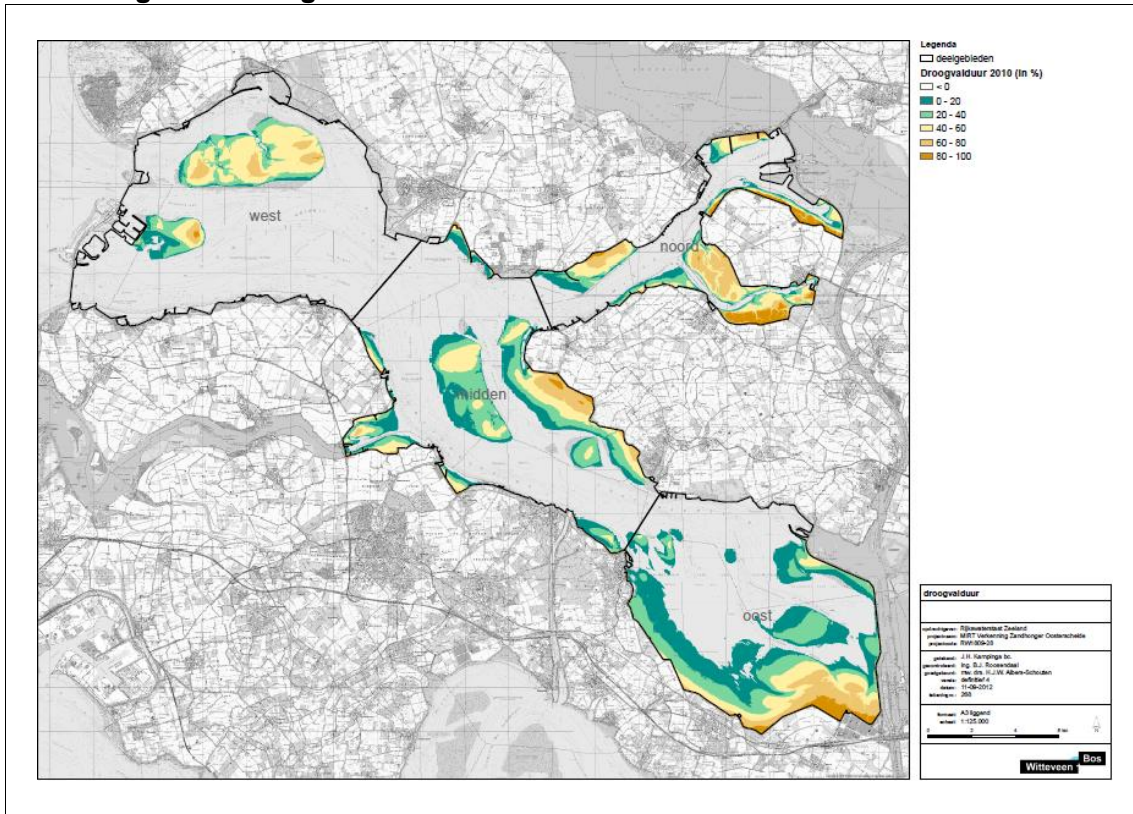
**Afbeelding 9.11. Oppervlakte intergetijdgebied in de Oosterschelde bij diverse droogvalduurklassen**



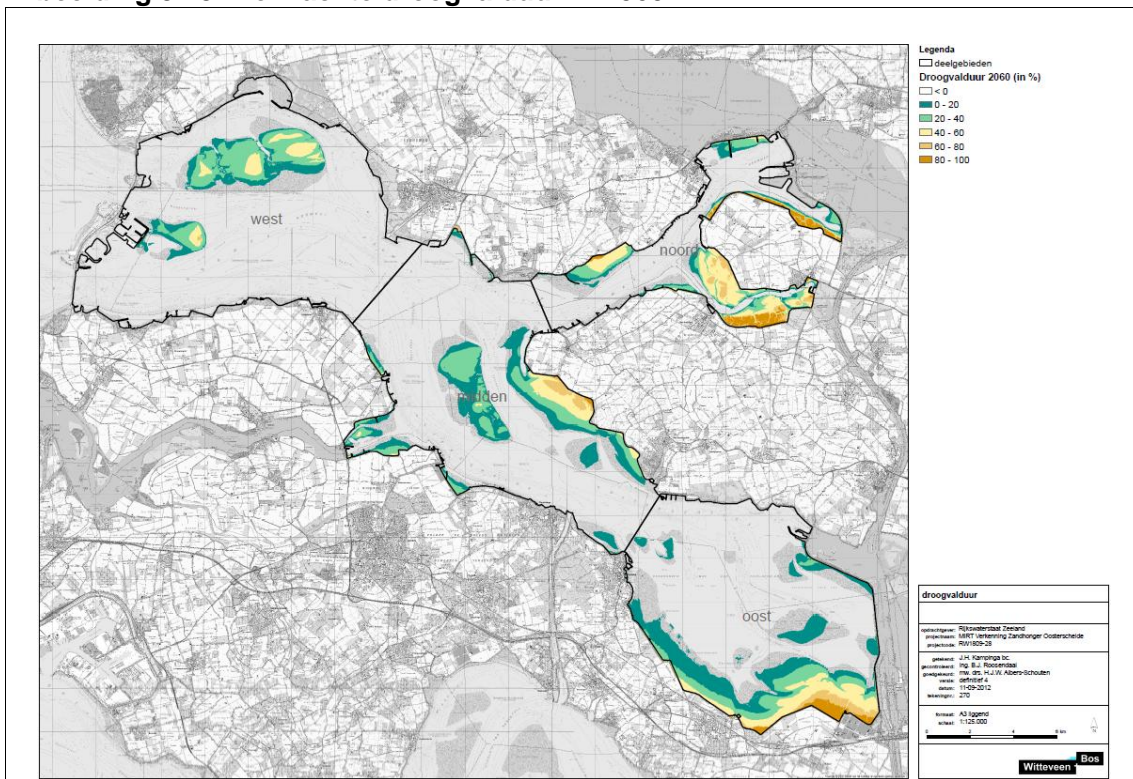
In afbeelding 9.12 is de droogvalduur van de platen en slikken in de Oosterschelde in 2010 weergegeven. In afbeelding 9.13 is de verwachte droogvalduur in 2060 weergegeven, waardoor de wijziging in droogvalduur in de Oosterschelde inzichtelijk is gemaakt. In het onderdeel 'Kaarten' van het achtergrondrapport zijn kaarten opgenomen van de droogvalduur per deelgebied voor de jaren 2010, 2020 en 2060.



**Abbeelding 9.12. Droogvalduur in 2010**



**Abbeelding 9.13. Verwachte droogvalduur in 2060**



## **10. EFFECTEN VAN DE ZANDHONGER**

### **10.1. Inleiding**

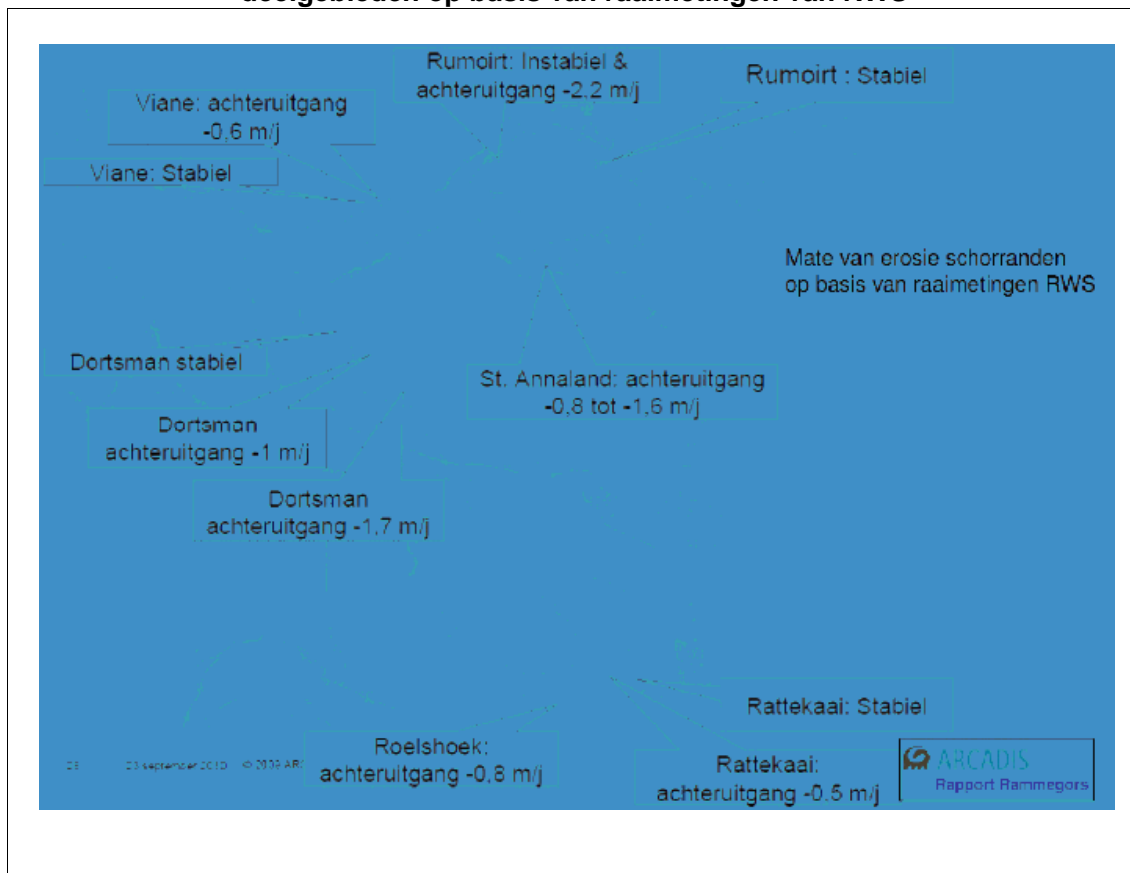
In dit hoofdstuk worden de effecten tot nu toe van de zandhonger op de Oosterschelde beschreven en wordt een doorkijk gegeven van de mogelijke effecten. Paragraaf 10.2 zal ingaan op de effecten van de zandhonger op de verschillende onderdelen van het ecosysteem. Paragraaf 10.3 beschrijft de effecten van zandhonger op overige functies in de Oosterschelde, namelijk veiligheid, visserij, scheepvaart en recreatie. De te verwachten effecten door zandhonger zijn beschreven in de effectbeschrijvingen (bijlagen 6 t/m 12).

### **10.2. Effecten op natuur**

#### **Gevolg voor schorren en zeegras**

Een afname van het areaal intergetijdengebied leidt tot een afname van het begroeibaar areaal voor zilte vegetaties (zeekraal, slijkgrasvelden, schorvegetaties en zeegrasvelden). In bijlage 16 GIS-kaarten Thema 2, 3 en 4 zijn kaarten van de vegetaties opgenomen. De zandhonger heeft een direct negatief effect wanneer al begroeide arealen van platen en slikken aan erosie onderhevig zijn. Dit is het geval bij een groot deel van de huidige arealen schorvegetaties en zeegrasvelden. Daarnaast neemt de kwaliteit van het leefgebied af wanneer er minder intergetijdengebied beschikbaar is voor de ontwikkeling van nieuwe arealen van verschillende vegetatietypen. De aanvoer van sediment naar de slikken is onvoldoende voor de aangroei van nieuwe schorren. Bovendien worden, door de steeds lagere ligging van het voorland, golven krachtiger zodat ze meer kracht uitoefenen op de schorranden waardoor de schorerrosie toeneemt (Van Zanten & Adriaanse 2008). Toenemende schorerrosie leidt op zijn beurt weer tot de afname van zilte pionierbegroeiingen van zeekraal. Overigens, het oostelijk gedeelte van de schorren van de Rattekaai, het westelijk gedeelte van schorren van Sint Annaland en het westelijk gedeelte van Rumoirt zijn al verdedigd tegen erosie of worden dat binnenkort.

**Afbeelding 10.1. Indicatie van de mate van erosie van schorerosie van verschillende deelgebieden op basis van raaimetingen van RWS**



Bron: Arcadis, 2002.

### Gevolg voor bodemdieren

Een afname van het areaal intergetijdengebied leidt tot een afname van bodemdieren in deze zone. Wanneer hogere delen van het intergetijdengebied verdwijnen, nemen bodemdieren die een voorkeur hebben voor deze zone af. Twee soorten die een voorkeur hebben voor de hogere delen zijn wadslakje en slijkarnaaltje (Geurts van Kessel, 2004). Ook neemt het kokkel bestand potentieel met 1 à 2 % per jaar af (Kater, 2003).

In de huidige situatie is er geen trend van bodemdieren (aantallen of biomassa) in de Oosterschelde. De zandhonger zorgt momenteel met name voor erosie van de laag productieve hogere delen. Wanneer in de toekomst ook de hoog productieve, lagere, zones afnemen, neemt de beschikbaarheid van bodemdieren als voedsel in het intergetijdengebied als gevolg van de zandhonger sterk af. Daar staat tegenover dat de beschikbaarheid van bodemdieren in het sublittoraal toeneemt.

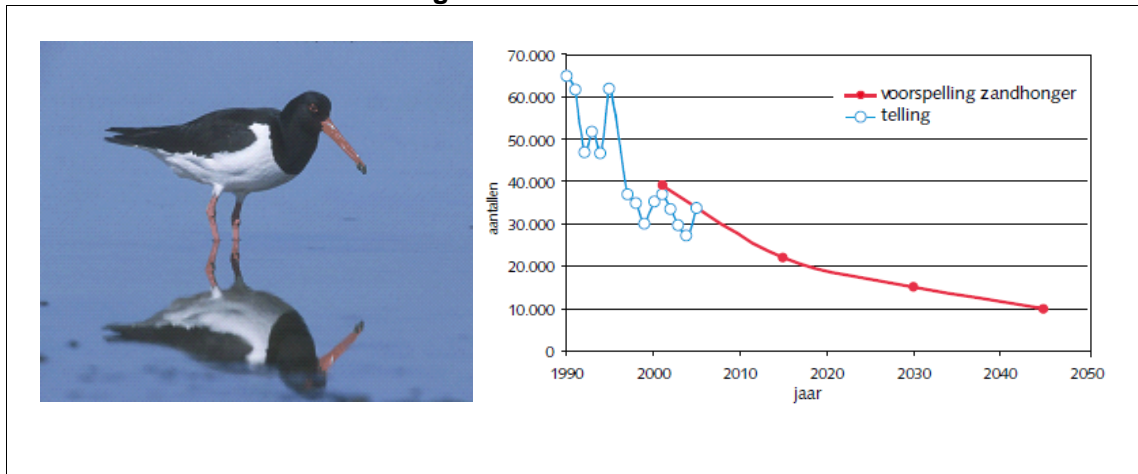
Wellicht zal het areaal Japanse oester juist toenemen. Het areaal intergetijdengebied met geringe droogvalduur neemt toe, waardoor het leefgebied voor deze soort zich uitbreidt. Daarnaast beschermen Japanse oesterriffen hun eigen omgeving tegen erosie, waardoor ze de bodemhoogte kunnen vasthouden (Van Zanten & Adriaanse, 2008).

### Gevolg voor vogels

Instandhoudingsdoelen voor bodemdieretende steltlopers staan onder druk. De steltlopers zijn voor hun voedsel afhankelijk van bodemdieren in het intergetijdengebied. De afname

van het areaal intergetijdengebied zorgt voor een kleiner foerageergebied en daarmee een toenemende voedselconcurrentie voor steltlopers. Omdat de platen en slikken bovendien steeds korter droogvallen, hebben de vogels minder tijd om te foerageren. Aan de andere kant worden platen vlakker waardoor ze trager afstromen. In combinatie met een ruwe oppervlak en grotere dichtheden aan wadpieren of Japanse oesterbedden blijft er langer water op de platen staan, waardoor het aanbod van actieve bodemdieren als voedselbron toeneemt. Daarnaast kunnen in waterhoudende delen van platen (ondiepe plasjes) kreeftachtigen (garnalen en krabben) benut worden als voedselbron (Zwarts *et al.* 2011).

**Afbeelding 10.2. Prognose van de populatieontwikkeling van Scholekster als gevolg van de zandhonger**



Bron: Van Zanten & Adriaanse (2008) Verminderd Getij.

De scholekster vertoont reeds een geruime tijd een duidelijke afname in aantal in de Oosterschelde door een afname van het kokkelbestand, zijn belangrijkste prooi-soort. De verwachting is dat deze afnemende trend zich door de zandhonger voortzet (Troost & Ysebaert 2011). Uit berekeningen blijkt dat het aantal scholeksters hierdoor rond 2045 met 80 % zal zijn afgenomen (Rappoldt *et al.*, 2006). Andere soorten steltlopers vertonen nog geen negatieve trends (Ysebaert & Troost, 2011). Dit hangt samen met de verschuivingen van arealen intergetijdengebied met verschillende droogvalduren. De belangrijkste zone waarin steltlopers foerageren is de zone van 5 - 60 % droogvalduur. Deze zone neemt nog niet sterk in areaal af, omdat deze wordt aangevuld door delen van de zone van 60 - 80 % droogvalduur die lager zijn komen te liggen (bufferwerking). Wanneer de arealen met langere droogvalduur op termijn verdwijnen, vervalt deze bufferwerking en zal het beschikbare foerageergebied sterk afnemen.

Hoewel er nog geen negatieve trends worden gevonden voor andere steltlopersoorten, zullen de populaties op termijn afnemen door voedselgebrek (Zwarts *et al.*, 2011). De eerste slachtoffers hierbij zijn kleine vogelsoorten, overwinterende vogels, opvettende vogels en vogels die voor foerageren met name zijn aangewezen op de hogere delen van de getijdenzone (Zwarts *et al.*, 2011).

Voor kleine steltlopers zijn gebieden met een langere droogvalduur belangrijker dan voor grotere soorten. Voor kleinere vogelsoorten is de minimaal benodigde tijd om voldoende voedsel te bemachtigen immers groter. Kleine vogels hebben namelijk in verhouding meer voedsel nodig om op gewicht te blijven. Ook eten ze meer kleine prooien die vaak tot dicht onder de hoogwaterlijn voorkomen. Tot slot zijn kleine steltlopers minder goed in staat prooien intern op te slaan om op een later moment te verteren. Een grote steltloper heeft

tijdens een getijdencyclus een periode van ongeveer zes uur nodig om te foerageren, terwijl kleine steltlopers soms meer dan acht uur nodig hebben (Boudewijn *et al.*, 2004, Zwarts *et al.*, 2011).

Vogels foerageren gemiddeld een uur langer in de winter, omdat ze in deze koude periode meer voedsel nodig hebben om hun lichaam op temperatuur te houden. Daarnaast gaat de voedselbeschikbaarheid in de winter achteruit. De aanwas van bodemdieren vindt voornamelijk plaats in de zomer, daarna treedt natuurlijke sterfte op. In de winter vindt tevens weinig groei van prooidieren plaats en een deel van de prooidieren (onder andere garnalen en krabben) trekken naar dieper water. Prooien zijn bovendien magerder en minder actief en zodoende minder goed te vinden. Naarmate het winterseizoen vordert wordt het zoeken van geschikte prooien dan ook steeds tijdrovender (Baptist, 2011).

Opvettende vogels hebben verhoudingsgewijs ook een grotere voedselopname. Ze gebruiken de pleisterperiode in de Oosterschelde om hun vetreserves die ze tijdens de trek zijn verloren, aan te vullen en vervolgens verder te trekken (bijvoorbeeld naar broedgebieden). Gemiddeld genomen moeten steltlopers hun dagelijkse foerageertijd in de opvetperiode met 25 % verhogen ten opzichte van de winteropname.

Sommige vogelsoorten foerageren meer op de hogere delen van de getijdenzone (zilverplevier, kanoet (winter) en bergeend) en zullen daarbij eerder worden getroffen door de zandhonger dan soorten die foerageren op de lage delen (bijvoorbeeld wulp) (Zwarts *et al.*, 2011).

#### **Gevolg voor zeehonden**

Een afname van het areaal intergetijdengebied leidt tot een afname van het huidig areaal rustgebied voor zeehonden. Door de kortere droogvalduur en de daaraan gekoppelde kortere rusttijd voor zeehonden, neemt de kwaliteit en geschiktheid van bestaande rustgebieden voor zeehonden af. Onduidelijk is of er vervangende rustgebieden in de Oosterschelde zijn die dan gebruikt kunnen worden (voldoende rust en voldoende droogvalduur).

#### **Gevolg voor vissen**

Als gevolg van de zandhonger neemt het areaal intergetijdengebied af en het areaal ondiep water toe. Vissoorten die tijdens hun levenscyclus gebruikmaken van het intergetijdengebied, zullen een negatief effect ondervinden wanneer het areaal intergetijdengebied afneemt. Soorten die het ondiepe water gebruiken, zullen profiteren omdat het areaal ondiep water toeneemt (van Zanten & Adriaanse 2008).

### **10.3. Overige effecten**

#### **Gevolgen voor veiligheid**

De dijken rondom de Oosterschelde moeten hoge waterstanden en golven kunnen keren met een kans van optreden van 1/4.000 per jaar. Oorspronkelijk is ervan uitgegaan dat de dijken in de Oosterschelde tot 2060 voldoen aan de veiligheidsnorm. Bij onverminderd voortzetten van de zandhonger bestaat het risico dat dijken die nu beschermd worden door slikken 20 jaar eerder onderhoud aan de steenbekleding of verhoging van de kruinhoogte nodig hebben dan oorspronkelijk geraamd (van Zanten en Adriaanse 2008). Dit effect wordt nog versterkt door de zeespiegelstijging. In paragraaf 2.4 is de relatie van de MIRT verkenning Zandhonger Oosterschelde met andere relevante projecten beschreven, onder andere de relatie met de versterking van de waterkeringen rondom de Oosterschelde.

### **Gevolgen voor visserij**

Het effect van zandhonger op de visserij sector is niet geheel duidelijk, maar is waarschijnlijk niet groot. Op de lange termijn na 2080 zijn wel negatieve effecten te verwachten wanneer het intergetijdengebied dusdanig verdrinkt dat het te diep komt te liggen voor teelt. Voor de mossel- en oesterteelt zijn luwe gebieden met kleine golfslag noodzakelijk. Door het eroderen van platen en slikken nemen de golven in de Oosterschelde toe waardoor op een aantal locaties de huidige mosselpercelen minder geschikt zullen worden. Daar staat tegenover dat de verdrinking van intergetijdengebied elders weer nieuwe geschikte gebieden voor mosselteelt creëert.

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 (Wijsman, 2007). Het zal daardoor op korte termijn vaker voorkomen dat de steltlopers alle kokkels nodig hebben en kokkelvisserij niet toegestaan is.

### **Gevolgen voor scheepvaart**

Voor de (beroeps)scheepvaart is het van belang dat de vaarroutes in de Oosterschelde voldoende diep en breed zijn om de schepen veilig en zonder vertraging te laten passeren. De doorgaande erosie door de zandhonger zorgt voor ophoping van sediment in de geulen, maar de geulen zijn zo diep dat slechts op twee plaatsen periodiek baggerwerk noodzakelijk is. Deze twee plaatsen zijn de zuidelijke aanloop van de Witte Tonnen Vlije en Brabantsch Vaarwater. Beide locaties zijn in 2008 door Rijkswaterstaat op diepte gebracht.

### **Gevolgen voor recreatie**

De gevolgen voor recreatie in de Oosterschelde liggen op verschillende vlakken. Een belangrijke attractie in de Oosterschelde is een boottochtje rond de platen, met zicht op zeehonden en vogels. Wanneer door zandhonger de rustgebieden van zeehonden verdwijnen en/of het foerageergebied van vogels, dan zal deze attractie naar verwachting op zeer langer termijn in het geding zijn. Daarnaast wordt de Oosterschelde gebruikt als spitgebieden voor sportvissers. Als gevolg van de zandhonger verdwijnen langzaam de locaties waar pieren gestoken kunnen worden.

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

De teloorgang van het intergetijdengebied zal weinig effect hebben op het gebruik van de Oosterschelde als duikwater. 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 duikers is intergetijdengebied minder interessant.