



AAN  
Jip van Peijpe, gebiedstrekker ZWD, Ministerie LNV

VAN  
Marijn Tangelder en Sarah Smith, Wageningen Marine Research

DATUM  
27 december 2018

INTERNET  
[www.wur.nl](http://www.wur.nl)

CONTACTPERSOON  
Marijn Tangelder

TELEFOON  
0317-487540

E-MAIL  
[marijn.tangelder@wur.nl](mailto:marijn.tangelder@wur.nl)

## Inventarisatie ecologische kennisvragen Oosterschelde

### Inleiding

De Oosterschelde is ecologisch gezien van mondiale betekenis voor migrerende vogelsoorten waarvoor de intergetijdennatuur essentieel rust- en foerageergebied vormen op hun jaarlijkse trek van noord naar zuid en omgekeerd. Op nationale schaal vertegenwoordigt de Oosterschelde grote waarden vanwege haar rijke waternatuur (van flora- en fauna op de bodem en het harde substraat van de dijken tot al het leven in de waterkolom daar boven), haar droogvallende platen, de slikken en schorren aan de randen en haar betekenis als foerageergebied voor steltlopers, rustgebied voor zeehond en habitat voor kustbroedvogels. Behoud van waardevolle habitats en aanverwante soorten is wettelijk vastgelegd. Deze natuurwaarden staan onder druk door het proces van zandhonger en zeespiegelstijging waardoor de waardevolle intergetijdengebieden dreigen te verdwijnen. In de zomer van 2018 kwam aan het licht dat de zeespiegel mogelijk sneller stijgt dan eerder voorspeld. Daarnaast trad massale kokkelsterfte op waarschijnlijk als gevolg van lang aanhoudende hoge temperaturen.

### Belangrijkste ontwikkelingen in de afgelopen jaren

Deze ontwikkelingen werpen nieuwe vragen op, niet alleen in relatie tot natuurwaarden maar natuurlijk ook voor thema's als waterveiligheid, beheer, gebruik etc. Aangezien de focus van deze memo op ecologische vragen ligt, staat dat thema centraal. Ecologisch gezien leiden deze nieuwe ontwikkelingen tot de vraag of er vervroegde 'kantelpunten' zullen optreden voor het behoud van oppervlakte en kwaliteit van intergetijdenhabitats en vogelsoorten maar ook de gevolgen voor het functioneren van het systeem en gevolgen voor het voedselweb bv. door veranderingen als gevolg van hogere temperaturen. Hieronder staan een aantal recente sporen/ontwikkelingen samengevat die van belang zijn voor (de kijk op) natuurbeheer in de Oosterschelde.

#### *Natuurwetgeving & visie op beheer*

Naast status als Nationaal Park heeft de Oosterschelde een beschermde status onder Natura 2000 Habitat- en Vogelrichtlijn die overheden o.a. verplicht tot het in stand houden van intergetijdenhabitats en aanverwante vogelsoorten. De Europese Kaderrichtlijn Water verplicht beheerders tot het uitvoeren van maatregelen die bijdragen aan een goede ecologische en chemische waterkwaliteit. Naast deze wetgeving heeft de visie op het beheren van natuur in grote wateren zoals de Oosterschelde een vlucht genomen. De Rijksnatuurvisie (Ministerie van Economische Zaken 2014) agendeerde een omslag in denken: van natuur beschermen tégen de samenleving naar natuur versterken mét de samenleving. De daarop volgende Natuurambitie Grote Wateren (Ministerie van Economische Zaken 2014) benadrukt het belang van ruimte voor natuurlijke processen in behoud en ontwikkeling van robuuste natuur. Gelijktijdig werden in 2014 de voorkeursstrategieën vanuit het Deltaprogramma bekend, gericht op een toekomstbestendig waterbeheer met een focus op waterveiligheid en zoetwatervoorziening met medefinanciering uit het Deltafonds (Deltaprogramma Zuidwestelijke Delta 2014).

#### *Programmatiese Aanpak Ecologie Grote Wateren*

In de periode 2014-2018 is steeds duidelijker geworden dat de toekomst ook nog een resterende ecologische opgave kent voor de Rijkswateren. Natuurherstel en -ontwikkeling in de Rijkswateren is daarmee gestegen op de politieke agenda. De Programmatiese Aanpak Ecologie Grote Wateren (PAEGW) vloeit hieruit voort en is in de kern gericht op (1) de resterende ecologische opgave die niet gedekt wordt door Natura 2000 beheersplannen en/ of KRW-maatregelen en (2) de ambitie om meer

dynamiek te realiseren in de Rijkswateren. De PAEGW (vervolg op de eerdere 'Verkenning Grote Wateren' (Feddes *et al.* 2018)) schetst een integraal ecologische ontwikkelperspectief en daarvan afgeleid 33 maatregelen. De programmering van de maatregelen richt zich op de komende 30 jaar, waarvan een deel al in de komende jaren (t/m 2030) kunnen worden geprogrammeerd en uitgevoerd. Deze ambitie is door de betrokken ministers van I&W en LNV in maart 2018 richting de tweede kamer uitgesproken.

Ecologische opgave Oosterschelde vanuit PAEGW (Rijkswaterstaat 2017):

*In de Oosterschelde is nu nog sprake van intergetijdengebied, maar deze staat het ernstig onder druk door de 'zandhonger' van de getijdengeulen. In de Oosterschelde is het ecologisch systeem uit evenwicht door de massale aanwezigheid van schelpdieren. Naast de intensieve mosselkweek overwoekert de Japanse oester de platen en slikken. Aquacultuur in de Oosterschelde of de andere deltawateren vraagt een balans tussen oogsten van de natuur en een acceptabele belasting van het voedselweb. Nieuwe vormen van recreatie zijn in te passen als we ook voldoende rust en ruimte voor vogels en zeezoogdieren kunnen bieden. In de Oosterschelde en Westerschelde levert een uitgekiende sedimentstrategie veel kansen om leefgebieden te behouden en te ontwikkelen. In de Oosterschelde zijn het verder afkalven van zandplaten en de zandhonger te bestrijden met een sedimentstrategie die bestaat uit gefaseerde en gedoseerde zandsuppleties op de grote zandplaten tot 2060 met bijbehorend beheer. Ook hier is behoud en herstel van intergetijdengebied het doel. Bij de keuze van de maatregelen is rekening gehouden met klimaatontwikkeling. Zo zijn dijkversterkingen met 20-30 jaar uit te stellen door maatregelen voor herstel van leefgebieden, zoals met de zandsuppletie Oosterdam is gedaan. In de Oosterschelde hebben eerste zandsuppleties plaatsgevonden om intergetijdengebied bij de Oosterdam te behouden. Op de Roggenplaat gaat in 2018 een grote zandsuppletie van start.*

Voorgestelde maatregelen vanuit de PAEGW voor de Oosterschelde:

- Aanpak zandhonger Roggenplaat (Oosterschelde) (uitvoering in 2019)
- Aanpak zandhonger Galgeplaat (Oosterschelde) (start vanaf 2021 t/m 2030) De suppletie 'stilt' de zandhonger in dit deel van de Oosterschelde tot 2040.
- Aanpak zandhonger Oosterschelde vervolg tot 2060 (18-25% behoud, zoekgebieden) (vanaf 2031)

[Oosterschelde Kenniscongres 29 oktober 2018, kenniscommunity en systeemrapportage](#)

In de zomer van 2018 kwam aan het licht dat de zeespiegel mogelijk (veel) sneller zal stijgen dan eerder was voorspeld (Haasnoot *et al.* 2018). De Deltawerken zijn hier niet op berekend en daarom reist de vraag: Hoe bedreigend zijn de gevolgen van de klimaatverandering en de zeespiegelstijging op de Oosterschelde en de Oosterscheldekering en hoe gaan we hier mee om? Deze vraag stond centraal op het kenniscongres Oosterschelde dat op maandag 29 oktober plaats had in het Topshuis en georganiseerd door vier betrokken professionals (zie [Kenniscongres Oosterschelde](#)). Ook is op het congres de Kenniscommunity Oosterschelde vanuit het Deltaplatform gelanceerd met als doel om kennis te delen en belangrijke vragen te adresseren. In het voortraject zijn in 2017 al gesprekken gestart met verschillende kennispartners (o.a. RWS, Deltares, WMR, NIOZ) om te komen tot een watersysteem rapportage voor de Oosterschelde. Een omvangrijke exercitie met als doel om op basis van meetgegevens inzicht te krijgen in de huidige status quo van het systeem. Echter is er in 2018 voor gekozen om eerst het Grevelingenmeer voorrang te geven met beschikbare budgetten en in de toekomst dit ook voor de Oosterschelde op te pakken.

[Oosterschelde Visie 2018-2024](#)

Op 22 mei 2018 hebben Gedeputeerde Staten de Oosterscheldevisie 2018-2024 vastgesteld (Provincie Zeeland 2018). De totstandkoming van deze visie, geleid door de provincie Zeeland, is een resultaat van intensieve samenwerking en afstemming tussen Oosterschelde gemeenten, Waterschap Scheldestromen en Rijkswaterstaat met bijdrage van andere partijen. Een belangrijk doel hierbij was het aandragen van oplossingen voor het toenemende ruimtegebruik van het Oosterscheldegebied. Uitgangspunt is daarbij een goede balans tussen bescherming en behoud van natuur en ruimte voor het gebruik door de recreatie-, visserij-, landbouw- en scheepvaartsectoren.

#### **Doel van deze memo**

Het ministerie van LNV vindt het van belang dat er inzicht komt in de belangrijkste ecologische kennisvragen voor de Oosterschelde en heeft Wageningen Marine

Research gevraagd dit te doen binnen het Beleidsondersteunend onderzoek (BO) voor de ZWD. Daarbij is het van belang focus te leggen op systeemniveau en een koppeling te maken met de maatregelen vanuit PAEGW en lopende kennissporen. Het doel van deze memo is het samenvatten van de belangrijkste kennisvragen over natuur in de Oosterschelde en een advies richting inzet BO middelen in 2019.

DATUM  
27 december 2018

PAGINA  
3 van 13

## Leeswijzer

Hieronder volgt een samenvatting van uitgevoerd en lopend onderzoek of kennissporen (congres) die relevant zijn voor de scope van deze memo. Daarbij worden de belangrijkste kennislacunes op systeem niveau aangegeven die uit het onderzoek naar voren komen. Er is voor gekozen om dit te structureren aan de hand van verschillende thema's. Vervolgens worden kennisvragen samengevat, bediscussieerd en een voorstel voor richting van het onderzoek in 2019.

## Samenvatting kennis- en onderzoek sporen en kennislacunes

Hieronder staan verschillende thema's gedefinieerd waarin de belangrijkste afgeronde of lopende onderzoek sporen worden besproken in relatie tot ecologie van de Oosterschelde. Hierbij worden de belangrijkste kennisvragen en -lacunes geadresseerd.

## Toekomstig waterbeheer

### *Kenniscongres Oosterschelde*

Zoals eerder genoemd vond op 29 oktober 2018 het Kenniscongres Oosterschelde "De Toekomst voor Volgende Generaties" plaats met als doel om te bediscussiëren hoe in de toekomst om te moeten gaan met de Oosterschelde gezien de verwachte gevolgen van klimaatveranderingen en (versnelde) zeespiegelstijging. Focus werd gelegd op 4 thema's: Veiligheid: Keringen en Sediment; Voeding & Natuur; Beleving onder- & boven water en Energietransitie & Landschap. Binnen deze thema's werden elk 4 scenario's uitgewerkt:

- De huidige situatie behouden
- De Oosterschelde afsluiten met een dichte dam
- Een open Oosterschelde (zonder stormvloedkering)
- Een zeevaartse verdediging (in de Voordelta).

Voor elk thema werd per scenario besproken welke aandachtspunten en kennisvragen te verwachten zijn, hieronder wordt een beknopte samenvatting gegeven.

Veiligheid: Kering & Sediment. Sedimentdynamiek in Oosterschelde, net als in de rest van de Delta, speelt een belangrijke rol in de aanwezigheid van belangrijke habitats zoals slikken en platen, die als rust- en/of foerageergebieden dienen voor o.a. steltlopers en zeehonden. Hoe het sediment beweegt in het systeem, daarbij niet alleen kijkend naar de Oosterschelde maar in feite de hele Delta (incl. rivieren), dient nader onderzocht te worden, om o.a. beter inzicht te krijgen wat toekomstige ontwikkelingen betekenen voor de slikken en platen en de natuurwaarden die hiervan afhankelijk zijn. Nadruk werd gelegd op de mate van urgentie. Sommige oplossingsmogelijkheden, vb. Building with Nature, vergen ook tijd om te realiseren. Verzocht wordt om nu al na te denken over mogelijke oplossingen en hiervoor scenario onderzoek uit te voeren.

Voeding & Natuur. Voor zowel voedselproductie en natuurwaarden wordt een veerkrachtig systeem als basis vereist. Bij het ontwikkelen van toekomstscenario's moet per gekozen scenario gekeken worden wat dit betekent voor habitats, draagkracht van het systeem en het gehele ecosysteem (en dus ook voor voedsel). Een integrale aanpak gebaseerd op wetenschappelijke kennis wordt aanbevolen. In verband met onzekerheden is doorlopende monitoring van belang voor een adaptief beheer en om waar nodig bij te kunnen sturen. Daarnaast is het van belang om de Oosterschelde niet apart te bekijken maar als onderdeel van een groter geheel, de Zuidwestelijke Delta.

Beleving onder- & bovenwater. Beleving van de Oosterschelde behelst ruimte, diversiteit en dynamiek. Een open Oosterschelde heeft dan de voorkeur. Om beleving van de Oosterschelde te garanderen is het nodig om verschuiving van biodiversiteit t.g.v. klimaatverandering en zeespiegelstijging goed in de gaten te houden. Aanbevelingen waren o.a. om sedimenttransport te realiseren en kwaliteit (van de natuur) te garanderen.

Energietransitie & Landschap. Duurzame energie is een vereiste voor de toekomst. Voor de Oosterschelde kan bijgedragen worden aan lokale vormen van duurzame

energie en benut worden als Living Lab om te experimenteren met vormen van duurzame energie.

Algemene adviezen/kennisvragen in relatie tot ecologie waren:

- Onderzoek sedimenttransport in het systeem. Sedimentatie en erosie processen zijn bepalend voor het vormen of verdwijnen van habitats.
- Uitvoeren van scenario onderzoek, o.a. om goed te kunnen bepalen wat gekozen maatregelen zullen betekenen voor habitats, draagkracht en het hele ecosysteem.
- Onderzoek: Welke mogelijkheden hebben wij om zoveel mogelijk sediment in te vangen om een natuurlijk kustopbouw in gelijke tred met de zeespiegelstijging mogelijk te maken?
- Bekijk het geheel op grotere schaal, nl. de Zuidwestelijke Delta incl. rivieren.
- Adaptief beheer met doorlopende monitoring.
- Onderzoek de mogelijke effecten van klimaatveranderingen op het ecosysteem van de Oosterschelde. Welke effecten zijn er te verwachten op de natuurwaarden als gevolg van verzuring van het water en de effecten van hogere water temperaturen?

## Behoud intergetijden habitats

### *Algemene Neerwaartse Trend Oosterschelde*

In opdracht van Rijkswaterstaat is in 2013 in de studie Autonome Neerwaartse Trend (ANT) Oosterschelde gepoogd inzicht te verschaffen in de haalbaarheid en betaalbaarheid van verschillende niveaus van Natura2000 instandhoudingsdoelen voor het Oosterscheldegebied, met een tijdshorizon van 2010-2060 (De Ronde *et al.* 2013). Oplossingsrichtingen worden aangegeven om in de Oosterschelde de effecten van zandhonger tegen te gaan en de natuurdoelen (deels) in stand te houden. De focus ligt hierbij op de natuurdoelstellingen m.b.t. de steltlopers in het gebied. Waarbij de aanname is dat als de abiotische randvoorwaarden voor de steltlopers op orde zijn, ook de andere natuurdoelstellingen die door de zandhonger worden bedreigd gehaald zullen worden. De studie concludeert dat om het natuurlijke karakter van de Oosterschelde op een duurzame wijze te behouden het de voorkeur heeft dat maatregelen zoveel mogelijk de ondersteunende ecosystemendiensten ondersteunen of versterken. Door alleen het in stand houden van de kerngebieden (ongeveer 50% van het totale areaal) is het mogelijk om 80 tot 90% van de aantallen steltlopers in stand te houden. Zandsuppleties en optimalisatie door middel van oesterriffen en dammetjes zijn hiervoor het beste middel. Het 100% in stand houden vergt aanzienlijk meer inspanning. De nog grote onzekerheden in de te verwachten effecten pleiten voor een gefaseerde aanpak. Op grond van de hiermee verkregen nieuwe kennis kunnen volgende fases worden gedefinieerd.

Intergetijdenplaten in de Oosterschelde zijn belangrijke foerageergebieden voor steltlopers. Erosie van dit gebied leidt tot een afname in foerageergebied, maar ook in foerageertijd voor vogels. De onderliggende studie Troost & Ysebaert (2011) analyseerde lange termijn ontwikkelingen (1987-2010) en concluderen dat waarnemingen van de afgelopen jaren geen afnemende trend laten zien in steltlopers in de Oosterschelde als gevolg van de erosie. Hieruit wordt geconcludeerd dat er vooralsnog genoeg te foerageren is voor steltlopers. Midden en lagere delen van de platen (< 60% droogvalduur) zijn van groter belang (hogere abundantie prooidieren) voor steltlopers dan de hogere delen (Escaravage *et al.* 2003) en tot nu toe zijn het juist de hogere delen van de platen waar de grootste erosie heeft plaatsgevonden. Echter wanneer de hogere delen van de platen weg geërodeerd zijn zullen de midden en lagere intertidale gebieden aan de beurt zijn. Omdat deze delen een hogere biomassa aan prooidieren herbergen is de verwachting dat erosie van deze delen wel degelijk een limiterend effect zullen hebben op de aanwezigheid van steltlopers. Voedselbeschikbaarheid voor steltlopers is een product van prooiabundantie, foerageertijd en foerageergebied. Steltloper soorten verschillen in hun voorkeur voor foerageergebied, maar ook in de nodige minimum foerageertijd. Zelfs wanneer de voorkeursprooidieren te vinden zijn in de lagere delen van de intergetijden platen kan de beschikbaarheid van prooidieren in hogere delen van de platen van groot belang zijn voor sommige soorten om te overleven aangezien de foerageertijd in de lagere delen mogelijk te beperkt kan zijn om voldoende voedsel te vinden. Prooiabundantie, foerageertijd en foerageergebied zijn mogelijk van invloed op de gevoeligheid van deze soorten voor de toenemende erosie van de intergetijden platen.

Ronde et al. (2013) benoemen verschillende kennisleemtes die het vermogen beperken om effecten van ingrepen volledig te voorspellen. Deze kennis is nodig om in de toekomst maatregelen efficiënter en met meer zekerheid op succes uit te voeren.

- *Inzicht in de verdeling van bodemdieren, incl. mobiele epifauna (krabben, garnalen) over de platen en slikken in relatie tot droogvalduur etc.*
- *Prooikeuze steltlopers; inzicht in de prooikeuze van steltlopers geeft inzicht in de gevoeligheid van deze soorten voor de toenemende erosie van de intergetijden platen.*
- *Gebruik van het intergetijdengebied door steltlopers tijdens laagwater;*
- *Blijven monitoren van de vogels in de Oosterschelde op basis van maandelijkse vogeltellingen op de hoogwater vluchtplaatsen (hvp's);*
- *Monitoring (fysisch, morfologisch, ecologisch) van de verschillende suppleties en andere pilots;*
- *De primaire productiviteit in de waterkolom van de Oosterschelde wordt voornamelijk beperkt door (over) begrazing. Het is onduidelijk hoe dit doorwoekert op andere compartimenten van het systeem (bv. benthische primaire productie of de productie van macroalgen). De doorvertaling naar vogels en andere hogere trofische niveaus is nog vrijwel onbekend.*
- *Nader veldonderzoek naar het kwantitatief belang van de kerngebieden en hun afbakening is nodig.*
- *Veld en modelonderzoek naar de gedetailleerde sedimenttransporten in tijd en ruimte, dit betreft vooral ook transportrichting en de relatie met wind en golven.*
- *Kwantificeren van de relaties van de verschillende arealen (lage: 0-40% droogvalduur & hoge: 40-80% droogvalduur) met de aantallen vogels dan is ook een voorspellingsmodel te maken waarmee de effecten van de veranderingen in areaal op de vogelstand te voorspellen zijn.*
- *Zowel laag als hoog areaal zijn belangrijk voor vogels (i.v.m. foerageergebied, prooiabundantie en foerageertijd). Het is van belang om per gebied binnen de Oosterschelde te bepalen of de hoge delen de limiterende factor zijn of de lage delen de limiterende factor zijn om zandsuppleties zo optimaal te kunnen inrichten. Hoog areaal creëren d.m.v. zandsuppleties waar hoog areaal limiterend is kan bijdragen aan het behoud van aantallen in het gebied. Echter hoog areaal creëren d.m.v. zandsuppleties waar laag areaal limiterend is zal geen of negatief bijdragen aan het behoud van vogelaantallen in het gebied.*
- *Inzicht in de haalbaarheid van 100% instandhouding van de Natura2000 doelstellingen. 100% instandhouding vereist 100% instandhouding van vogelkerngebieden en niet-kerngebieden die resp. 80-90% en 10-20% van de vogels realiseren. Instandhouding van deze gebieden kan door suppleren; echter suppleren zal een tijdelijk negatief effect hebben op de ecologie en zal 3-5 jaar rekolonisatie vereisen. Om toch te kunnen voldoen aan de 100% instandhouding zullen dus extra maatregelen genomen moeten worden om hiervoor te compenseren.*

#### *Monitoring suppleties/natuurherstel*

Afgelopen jaren zijn meerdere monitoringsprogramma's uitgevoerd of in uitvoering in opdracht van Rijkswaterstaat om de ontwikkeling van suppleties in de Oosterschelde te volgen:

- Suppletie Galgeplaat 2008: 130.000m<sup>3</sup> met een oppervlakte van 20 ha
- Aanleg oesterriffen 2010: vanuit het Building with Nature innovatieprogramma zijn in 2010 meerdere kunstmatige oesterriffen aangelegd (locaties de Val (nabij Zierikzee) en de Slikken van Viane) met als doel om te onderzoeken hoe deze kustriffen hun omgeving beïnvloeden (o.a. erosie en ecologie op en rondom het rif). Deze experimenten zijn uitvoerig bestudeerd, zie proefschrift van Brenda Walles (2015).
- Schelphoek suppletie 2011: 85.000m<sup>3</sup>, de helft van de suppletie is voorzien van stenen dammetjes om te onderzoeken of hierdoor het zand langer blijft liggen. Tijdens suppleren zijn effecten op nabij gelegen mosselen onderzocht (Wijsman & Brummelhuis 2013).
- Veiligheidsbuffer Oesterdam 2013: 350.000m<sup>3</sup> met een oppervlakte van 30 ha. De suppletie is uitgevoerd in een 'haakvorm' en aan de randen zijn oesterriffen aangelegd om te onderzoeken of het zand hierdoor langer blijft liggen. Morfo- en ecologische ontwikkeling zijn onderzocht door partners binnen het Centre of Expertise Delta Technology, bestaande uit Rijkswaterstaat, HZ University of Applied Sciences, Wageningen Marine Research, NIOZ en Deltares. Zie Boersema et al (2017) en Walles et al. (2018).
- Getijherstel Rammegors 2014: Als onderdeel van het herstel van slikken en schorren in de Oosterschelde heeft Rijkswaterstaat het Rammegors (142 ha)



weer in verbinding gebracht met de Oosterschelde. De doorlaat is eind 2014 geopend, maar door onvoorziene technische mankementen is de doorlaat in de periode 2014-2016 grotendeels gesloten geweest. Vanuit het Centre of Expertise wordt onderzocht (2016-2019) hoe de habitats en leefgemeenschappen ontwikkelen in het ontpolderde gebied. Eerste inventarisaties na de eerste opening in 2014 beschrijven de effecten van invloed van zoutwater op de zoete vegetatie (Elschot *et al.* 2016) en de ontwikkeling van bodemdieren (Wallis *et al.* 2017).

- Suppletie Roggenplaat 2019/2020: Als gevolg van lopende beroepsprocedures is de planning van deze suppletie opgeschoven (eerder 2018/2019). In de planfase is een variantenstudie uitgevoerd (Werf *et al.* 2016) en een rapportage van de huidige (T0) situatie (Ysebaert *et al.* 2016). Momenteel is een monitorings- en onderzoeksplan opgesteld voor de periode 2017-2025, de periode waarin de suppletie zal gebeuren.

Het onderzoek dat is uitgevoerd gekoppeld aan deze uitvoeringsprojecten heeft waardevolle inzichten opgeleverd over o.a. het herstel en specifieke ontwikkeling van het bodemleven in de jaren na suppleren, morfologische ontwikkeling etc. Deze kennis is van belang in het optimaliseren van de suppletiestrategie voor de Oosterschelde en herstel van estuariene natuur (Rammegors). Door Craeymeersch *et al.* (2017) wordt benadrukt dat er maar beperkte integratie van de kennis uit deze projecten plaatsvindt. Bij integratie van de resultaten van de suppletieprojecten ligt de focus met name op het behoud van voedsel voor vogels (bodemdieren) via behoud van slikken en platen, en dus de rol van sedimenthuishouding. Daarbij wordt voorbijgegaan aan andere factoren en processen die ook randvoorwaarden vormen voor het bodemleven, zoals primaire productie en is er dus zeker (nog) geen sprake van integratie op ecosysteemniveau. Daarnaast ik ook de inzichten die opgedaan worden op andere plekken, zoals bijvoorbeeld de talloze projecten in de Westerschelde of het Waddengebied, waardevol.

#### *Smartsediment*

Smartsediment (looptijd 2017-2019) is een Interreg<sup>1</sup> project dat streeft naar het opnieuw in evenwicht brengen van de biodiversiteit, de bodem en de ecosystemendiensten in de Schelde-delta inclusief de Oosterschelde door slim om te gaan met het beschikbare sediment en de waterbodem. Door kennisdeling, monitoring en analyse wordt tevens gewerkt aan oplossingen voor de toekomst. Het project bestaat uit 3 projectonderdelen. Allereerst het onderzoeken van de effecten van baggeren, storten en verplaatsen van sediment op 15 locaties in de delta. Daarbij wordt o.a. rustige ondiep-watergebieden onderzocht die worden hersteld door specifieke gebieden met baggerspecie uit de vaargeulen op te hogen. Ten tweede het monitoren van de bodemecologie in de Beneden Zeeschelde en de Westerschelde. Ten derde, het onderzoeken van de (ecologische) ontwikkeling van de Roggenplaat als deze is gesuppleerd. De suppletie is echter uitgesteld.

#### *MIRT onderzoek/verkenning & Effecten Zeespiegelstijging en Zandhonger Oosterschelde (EZZO)*

Het ministerie van Infrastructuur en Milieu heeft Rijkswaterstaat opdracht gegeven tot het uitvoeren van een MIRT-Verkenning Zandhonger Oosterschelde en de meest effectieve maatregelen. De uitkomst staat beschreven in de Rijksstructuurvisie zandhonger (Witteveen + Bos 2013) is dat de effecten van de zandhonger bestreden kunnen worden met het suppleren van zand op intergetijdengebieden. Voor de korte termijn is de aanpak van de Roggenplaat het meest urgent, omdat door de zandhonger de oppervlakte en hoogte van deze plaat snel afnemen. De aanpak van andere locaties is pas vanaf 2025 aan de orde. Daarnaast was het MIRT-onderzoek Integrale veiligheid Oosterschelde (IVO)(Witteveen + Bos 2017) er op gericht om te onderzoeken voor welke uitdagingen de hoogwaterveiligheid van de Oosterschelde wordt geplaagd door de zeespiegelstijging, en wanneer die effect zullen hebben. Dit onderzoek concludeert dat tot een zeespiegelstijging tot 35cm in 2050 de gevolgen voor hoogwaterveiligheid beperkt zijn. Als de zeespiegel in 2050 meer dan 35cm is gestegen dan zal de kering significant vaker sluiten en dit zal naar verwachting consequenties hebben voor natuur, landschap, ruimtegebruik en economie. Welke effecten dat zullen zijn en bij welke sluitfrequentie die zullen optreden is nog onbekend. Daarom start Rijkswaterstaat een vervolgonderzoek naar de effecten van de klimaatverandering, zeespiegelstijging en zandhonger op het ruimtegebruik, recreatie en de natuur van de Oosterschelde. In oktober 2018 heeft Rijkswaterstaat een vraag bij marktpartijen neergelegd gericht op effecten van zeespiegelstijging en zandhonger in de Oosterschelde: het 'EZZO onderzoek' dat in 2019 van start zal gaan en streeft naar het volgende eindresultaat:

<sup>1</sup> Interreg: een transnationaal EU programma ter stimulering van duurzame samenwerkingsprojecten.

- een overzicht van toekomstige knelpunten in plaats en tijdshorizon, gegeven de scenario's van verschillende ZSS en zandhonger;
- een beeld van de Oosterschelde bij maximale ZSS en zandhonger en laat dan zien welke van de huidige ruimtegebruik en natuurwaarden dan nog aanwezig kunnen zijn als er niet wordt ingegrepen;
- oplossingsrichtingen met een indicatie van oplossend vermogen, kansen en risico's, kosten en baten;
- een overzicht van in de tijd samenhangende maatregelen in adaptatie paden tot het jaar 2100;
- Een afweging van de adaptatiepaden op kosten, doelbereik effecten en flexibiliteit;
- het benodigde vervolgtraject (inhoudelijk en procedureel), inclusief een agenda van mogelijk noodzakelijke verdiepingsstudies.

Binnen dit onderzoek wordt op zoek gegaan naar 'knikpunten' voor waterveiligheid en natuur voor verschillende scenario's zeespiegelstijging en gevolgen voor ruimtegebruik. Wat behoud van habitats betreft concentreert het EZZO onderzoek zich op oppervlakten habitats i.r.t. zandhonger en verschillende scenario's zeespiegelstijging. Oplossingsrichtingen worden verkend. Daarnaast wordt ook onderzocht wat de gevolgen zijn van een stijgende watertemperatuur op de soortensamenstelling van de Oosterschelde.

### Draagkracht van het systeem

In 2017 heeft het Ministerie van LNV opdracht gegeven om te onderzoeken op welke wijze draagkracht kan worden gedefinieerd en gekwantificeerd, zie studie door Smaal (2017). Dit verzoek komt voort uit de discussie rondom het duurzaam beheer van schelpdierpopulaties en de bijbehorende draagkracht voor schelpdieren en heeft betrekking op schelpdierkweek, invang van mosselzaad en oesterbroed, herstel van schelpdierbanken voor natuurbeheer en gebruik van oesters voor kustbescherming. Tweekleppige schelpdieren (vb. mossel en oester) foerageren op fytoplankton en ander organisch materiaal dat in het water zweeft. De aanwezigheid van dit voedsel bepaald voornamelijk de draagkracht van een systeem voor schelpdieren. Voedselvoorziening is afhankelijk van de waterbeweging (voor invoer van voedsel afkomstig van buiten het systeem en voor verdeling van het voedsel binnen het systeem) en lokale voedselproductie (nieuw aanwas fytoplankton door primaire productie).

Het rapport geeft een overzicht van het concept draagkracht van ecosystemen voor schelpdieren, geïllustreerd aan de hand van de case studie Oosterschelde. In de Oosterschelde is er een grote graasdruk door de in het systeem aanwezige schelpdieren waardoor de ecologische draagkracht mogelijk bereikt zou kunnen zijn. D.m.v. een update van de relevante gegevens van de Oosterschelde is o.a. in de case-studie gekeken naar de draagkracht voor schelpdieren in de Oosterschelde. In de periode 1995-2009 heeft een halvering van de primaire productie plaatsgevonden als gevolg van begrazing door een toename in het wilde oesterbestand (Smaal, 2017). Met het gebruik van draagkrachtindicatoren (clearance ratio<sup>2</sup> en grazing ratio<sup>3</sup>) kan de mate van benutting van de ecologische draagkracht door filterfeeders inzichtelijk worden gemaakt. Aan de hand van de clearance ratio is bepaald dat voor de Oosterschelde was zowel in 1995 als in 2001 was de interne primaire productie belangrijker voor de voedselvoorziening dan uitwisseling met de Noordzee. De grazing ratio in 2001 was lager dan in 1995 als gevolg van een toename in clearance time en/of een afname in de primaire productie, die samenhangen met de toename van de wilde oesters, met als gevolg risico op overbegrazing. Door o.a. daling in het totale schelpdierenbestand is er sinds 2009 mogelijk sprake van een toename van de primaire productie.

De volgende kennisleemtes worden genoemd die een beter inzicht kunnen geven in de draagkracht van de Oosterschelde:

- De bovengenoemde indicatoren gelden voor het ecosysteem als geheel. Er is weinig kennis over de ruimtelijke en seizoenale patronen in deze draagkrachtindicatoren. Met ecosysteemmodellen die de stofstromen beschrijven, aangevuld met data, is een beter begrip te verkrijgen in het concept draagkracht.
- T.b.v. het beheer van de Oosterschelde is het nodig om te weten of de draagkracht voor de schelpdieren weer is toegenomen. En in hoeverre voor de verschillende soorten.

<sup>2</sup> Clearance ratio: geeft het belang aan van voedseltoevoer van buiten het systeem a.d.h.v. de verhouding tussen de tijd die de schelpdieren er over doen om het voedsel uit het totale watervolume te filteren en de gemiddelde verblijftijd van het water in het systeem.

<sup>3</sup> Grazing ratio: geeft aan hoe snel het water en het daarin aanwezige voedsel wordt gefiltreerd ten opzichte van de snelheid waarmee het voedsel via de primaire productie wordt geproduceerd.

- In hoeverre beheersmaatregelen nodig zijn en waaruit zouden deze maatregelen kunnen bestaan.
- Meetgegevens van primaire productie zijn nodig om te bepalen in hoeverre extra nutriënten toevoer de primaire productie in de Oosterschelde verder kan stimuleren.
- Jaarlijkse monitoring van de primaire productie is ook noodzakelijk voor het gebruik van de grazing ratio. M.b.v. clearance en grazing ratio's kan worden nagegaan in welke mate de verschillende vormen van draagkracht (fysieke, productie, ecologische en sociale) in het ecosysteem wordt benut.
- Daarnaast ontbreken gegevens over de filter feeders van het harde substraat en over begrazing door het zoöplankton en daarmee hun impact op.
- In hoeverre zou uitbreiding van een geëxploiteerd bestand gepaard moeten gaan met actief beheer c.q. inperking van wilde bestanden? Een beheersvraag die zowel raakt aan de ecologische als aan de sociale draagkracht.

## Gevolgen temperatuurstijging

### *Kokkelsterfte zomer 2018*

In de zomer van 2018 zijn heeft massale kokkelsterfte plaatsgevonden in de Oosterschelde (en Waddenzee en Westerschelde) van zowel één- als meerjarige exemplaren. In de Oosterschelde is >90% van de kokkels gestorven. Wageningen Marine Research voert jaarlijks bestandsschattingen uit in opdracht van LNV. Deze zomer is aanvullend onderzoek verricht. De resultaten zijn begin 2019 beschikbaar: Troost et al., 2019 (in voorbereiding). Hieronder wordt kort samengevat wat er speelt. Kokkelsterfte is vastgesteld in de periode van 25 juli tot 15 augustus door onderzoekers van Wageningen Marine Research en visserijkundige ambtenaren in de Waddenzee en Zeeuwse wateren. Op veel plaatsen waren de platen bezaaid met stervende en pas gestorven kokkels, al dan niet met het vlees nog in de schelpen. De meest voor de hand liggende doodsoorzaak lijkt de buitengewoon lange hittegolf. De extreem hoge kokkelsterfte is slecht nieuws voor vogels en vissers.

Kokkels kennen van nature een hoge sterfte. Maar wat zich in juli en begin augustus dit jaar heeft voorgedaan is uitzonderlijk en niet eerder waargenomen sinds de start van de jaarlijkse inventarisatie van kokkelbestanden in 1990. De meest voor de hand liggende doodsoorzaak lijkt de buitengewoon lang aanhoudende hittegolf in 2018, hoewel andere oorzaken nog niet uitgesloten zijn. De sterfte heeft zich in alle zoute kustwateren voorgedaan waar kokkels voorkomen op droogvallende platen. Dit wijst erop dat de sterfte is veroorzaakt door omstandigheden die tegelijkertijd in zowel de Waddenzee als de Zeeuwse wateren aanwezig waren. Als een ziekte of milieuvervuiling de boosdoener was geweest, dan zou de sterfte waarschijnlijk meer plaatselijk zijn. Daarnaast heeft de sterfte zich voorgedaan aan het eind van de buitengewoon lange hittegolf.

Kokkels zijn belangrijk 'stapelvoedsel' (bulk-food) voor sommigen soorten steltlopers (bv. Scholekster). Hoewel kokkelsterfte ieder jaar optreedt werd sinds 1990 sterfte op deze grote schaal niet eerder waargenomen op deze schaal en kan dit vermoedelijk grote gevolgen hebben voor de voedselvoorraad voor vogels. Kennisvragen zijn:

- Wat zijn de gevolgen van deze grootschalige sterfte voor de kokkelpopulatie?
- Wat zijn de gevolgen voor de kokkel populatie als een dergelijke hittegolf vaker gaat optreden? Waar ligt voor de kokkels de fatale grens in temperatuur en duur? Evt. te bepalen door eenvoudige lab experimenten.
- Welke vogelsoorten worden hier het meest door getroffen en welke alternatieve voedselbron hebben deze soorten?
- Wat is de doorwerking van de sterfte voor steltloper soorten die voor hun voedselvoorziening afhankelijk zijn van kokkels?

### *Ecologische modellering*

Ecosystemen zijn complex doordat vele dynamische processen elkaar beïnvloeden. Ecosysteemmodellen, gebaseerd op empirische kennis, zijn een geschikte tool om deze processen beter te begrijpen. Tevens kunnen deze modellen gebruikt worden om scenarioberekeningen uit te voeren waardoor de effecten van menselijke ingrepen kunnen worden voorspeld (e.g. Wijsman *et al.* 2013), maar ook effecten van klimaatveranderingen kunnen worden doorgerekend. Recentelijk zijn er nieuwe stroommodellen ontwikkeld voor de Oosterschelde (Carrasco de la Cruz 2018). Een belangrijk onderdeel van deze modellen zijn de groei en fysiologie van de schelpdieren. Er zijn verschillende manieren om de fysiologie van de schelpdieren te beschrijven. Traditioneel is veel gebruikt gemaakt van scope for growth (SFG) modellen. Recentelijk wordt er meer en meer gebruik gemaakt van modellen die zijn



gebaseerd op de Dynamic Energy Budget (DEB) theorie (Kooijman 1986; Kooijman 2010)

Een DEB model maakt het mogelijk om groei, energie dynamiek en reproductie te beschrijven als een functie van de milieuomstandigheden zoals temperatuur en de aanwezigheid van voedsel (Kooijman, 1986; 2010) en kan toegepast worden op verschillende soorten en levensfasen gebaseerd op soort specifieke parameters. Kokkels zijn een belangrijke voedselbron voor steltlopers, zoals de Scholekster, in de Oosterschelde, maar zijn ook van commerciële waarde voor de kokkelvisserij. Wijsman & Smaal (2011) hebben een DEB model ontwikkeld voor kokkels (*Cerastoderma edule*) in de Oosterschelde en vergeleken met veld observaties (1992-2007). Het DEB-model voor kokkels is gebruikt om spatiele heterogeniteit in groei in de Oosterschelde te relateren aan verschillen in de milieuomstandigheden. Met het DEB-model is aangetoond dat de groei van kokkels het hoogst is in het westelijke en centrale compartiment van de Oosterschelde als gevolg van hoge concentraties Cholrofyl-A, wat een belangrijke bron van voedsel is voor kokkels. Verbetering van het model kan gerealiseerd worden door de seizoensvariatie in de kwaliteit van het voedsel, als gevolg van algencompositie, detritus en anorganisch materiaal in het water, mee te nemen.

DATUM  
27 december 2018

PAGINA  
9 van 13

Een aanvullende simulatie is uitgevoerd met het COckle Computer (COCO)-model. Dit model simuleert de groei en reproductie van kokkels in de Oosterschelde onder omringende temperatuur en voedselbeschikbaarheid condities. De simulatie, op basis van dezelfde settings in het DEB-model, liet in sommige gevallen een lichte afname zien in structureel volume. Dit vind voornamelijk plaats bij grotere kokkels gedurende de zomer periode. Warme water temperaturen en een groot structureel volume resulteert in de noodzaak om veel energie te stoppen in onderhoud. Tegelijkertijd is in deze periode de hoeveelheid beschikbaar voedsel laag. Om toch nog energie te kunnen steken in het fysiologisch onderhoud zal enige tijd geteerd worden op de energie gereserveerd voor de reproductie. Echter wanneer deze reserve verbruikt is zal de kokkel gaan interen op zichzelf en zal het dier in volume krimpen. Oftewel het dier verhongerd. In de praktijk betekent dit dat met name cohorten van kokkels met lage energie reserves zullen verhongeren en alleen kokkels met hoge energie reserves zullen overleven.

Kennisleemtes:

- Om het DEB-model voor kokkels te verbeteren zou het dienen te worden ingebouwd in het stofstromenmodel zodat de gedetailleerde seizoensvariatie in de kwaliteit van het beschikbare voedsel meegenomen moeten worden in het model. In deze studie is dat niet gebeurd.
- In periodes van warme water temperaturen en lage voedselbeschikbaarheid (zomerperiode) zullen schelpdieren met lage energie reserves eerder verhongeren dan schelpdieren met hoge energie reserves. Als gevolg van klimaatverandering zijn in de toekomst (langere) warmere zomers te verwachten. Om te kunnen anticiperen om wat dit betekent voor de schelpdierpopulatie en daarmee ook de gevolgen voor steltlopers en de schelpdiervisserij zal nader onderzoek nodig zijn.

#### *Verschuiving van soorten en exoten*

Het opwarmen van het water heeft gevolgen voor het voorkomen van soorten. Zo zullen warteminnende (zuidelijke) soorten het gebied makkelijker kunnen koloniseren en de omstandigheden voor koude minnende soorten met een Noord Europese verspreiding ongunstiger worden (zie presentatie '[Soortverandering in de Zeeuwse wateren](#)' door Jeroen Wijsman). Sommige soorten zullen de verschuiving van klimaatzones niet bij kunnen houden. Voornamelijk de soorten van specifieke milieu's (over het algemeen de meer zeldzame soorten) zijn hiervoor gevoelig. Daarom is de verwachting dat het aantal meer algemene soorten zal toenemen. Daarnaast is de Oosterschelde ook rijk aan vele verschillende soorten exoten die door introductie van de mens zijn geïntroduceerd.

#### **Ruimtegebruik & verstoring**

Naast de natuurfunctie is het gebied ook van groot belang voor medegebruiksfuncties zoals recreatie en (schelpdier-)visserij. Dit leidt tot een grote gebruiks- en ruimtedruk op het gebied. De uitdaging ligt erin om de natuurfunctie en de diverse gebruiksfuncties op een duurzame manier te combineren. Het gaat daarbij niet alleen om het oplossen van ecologische knelpunten, maar ook om het in kaart brengen van ruimtelijke kansen voor recreatie en visserij, daar waar het ecologisch gezien kan. Dit is een complex vraagstuk, niet in de laatste plaats door de verschillende belangen van de vele overheden, beheerders en gebruikers van de Oosterschelde. Eerder is aangegeven dat de mate van voorkomen van bv. vogels o.a. afhankelijk is van het voedselaanbod in

het gebied. Echter een hoge mate van verstoring kan er toch toe leiden dan vogels of andere soorten geschikte habitatten niet gebruiken. Van veel vogelsoorten en zeehonden zijn verstoringsafstanden bekend (Henkens *et al.* 2012). In de Oosterschelde is echter nog geen goed overzicht beschikbaar van de aanwezige verstoringsbronnen en hun verstoringsintensiteit voor verschillende soortgroepen.

## Synthese kennislacunes en onderzoek

Voor ~~het (toekomstige keuzes in)~~ behoud van de natuurwaarden in de Oosterschelde is betere kennis van het functioneren van het systeem noodzakelijk. Soorten die in de Oosterschelde voorkomen zijn afhankelijk van de habitats waar ze goed kunnen gedijen, niet alleen in kwantiteit maar ook in kwaliteit. Het voorkomen van deze habitats wordt o.a. bepaald door de sediment- en waterdynamiek in het systeem. De zandhonger resulteert echter in een afname van het intergetijdengebied (slikken en platen) in de Oosterschelde. Het intergetijdengebied is van groot belang voor een verscheidenheid aan soorten, zoals ~~zeehonden en steltlopers en zeehonden~~. Met de verwachte (versnelde) zeespiegelstijging zal verdere afkalving van de slikken en platen en verkorting van de droogvalduur plaatsvinden. ~~Ook zal de Oosterscheldekering in de toekomst vaker sluiten.~~ Dit ~~kan heeft~~ gevolgen ~~hebben~~ voor de soorten die gebruik maken van dit gebied. Hogere temperaturen, nattere en drogere periodes, veranderingen in de waterkwaliteit (verzuring) kunnen leiden tot een verschuiving in diversiteit en soortensamenstelling omdat sommige soorten niet in staat zijn om in dergelijke condities te overleven. Ook kan het gevolgen hebben voor dichtheden/aantallen waarin soorten voorkomen. Een voorbeeld hiervan is de massale kokkelsterfte van afgelopen zomer wat ook weer gevolgen heeft voor vogelsoorten die van kokkels afhankelijk zijn. Het wegvallen van soorten brengt kansen met zich mee voor exoten die mogelijk wel in dergelijke situaties gedijen. Deze veranderingen kunnen vervolgens verder doorwerken in de gehele voedselketen. Naast de natuurfunctie is het gebied ook van groot belang voor medegebruiksfuncties zoals recreatie en (schelpdier-)visserij. Dit leidt tot een grote gebruiks- en ruimtedruk op het gebied (Henkens *et al.* 2012). De menselijke activiteiten zoals recreatie op de dijken, sloop- en pleziervaart, pierenspitten op de slikken etc hebben een verstoringseffect op vogels en zeehonden die tijdens laagwater te vinden zijn op de slikken en platen.

De noodzaak om te komen tot duurzame integrale oplossingen om ons voor te bereiden op de mogelijke effecten van klimaatverandering en zeespiegelstijging worden steeds urgenter. Om te komen tot dergelijke oplossingen is verdere kennis over het functioneren van het systeem essentieel. Uit de analyse van ecologische kennislacunes die hiervoor is beschreven concluderen we twee thema's die belangrijkste kennislacunes van het watersysteem van de Oosterschelde samenvatten.

### 1. Omvang en kwaliteit van habitat

Op- en afbouw van de intergetijdengebieden is o.a. afhankelijk van de sedimenthuishouding in het systeem. Om beter inzicht te krijgen in wat toekomstige ontwikkelingen gaan betekenen voor slikken en platen in de Oosterschelde is begrip nodig van hoe het sediment in de Oosterschelde, maar ook in de Delta als geheel inclusief rivieren beweegt. Met deze kennis kan a.d.h.v. veld en modelonderzoek een betere voorspelling gemaakt worden van het verwachte areaal van het intergetijdengebied als gevolg toekomstige ontwikkelingen en bij het ontwikkelen van toekomstscenario's. Het 'EZZO onderzoek' (zie eerder) ~~wat in begin~~ 2019 gaat starten zal meer inzicht opleveren in het areaal habitat in relatie tot waterbeheer. Naast omvang van habitat is ook de kwaliteit van het aanwezige habitat van belang (bv. aanwezigheid van voedsel, mate van verstoring). De kwaliteit van het habitat bepaalt ook in belangrijke mate in hoeverre het gebied aantrekkelijk blijft voor soorten. Om de kwaliteit van het habitat te bepalen voor specifieke soorten is kennis nodig over wat van belang is voor deze soorten in het habitat zoals voedselkeuze en abundantie van dit voedsel maar ook hoe de soorten het habitat gebruiken. Voor steltlopers bieden de slikken en platen foerageergebied, maar alleen als er voldoende (voorkeurs)prooidieren te vinden zijn en als er voldoende tijd is voor de vogels om naar deze prooidieren te zoeken. Met kennis over wat specifieke vogels eten, waar (welke delen van de slikken en platen) en wanneer ze dit kunnen vinden, hoeveel van de prooidieren op de slikken en platen te vinden zijn en hoeveel tijd de vogels nodig

hebben om voldoende te foerageren maakt het mogelijk om beter in te schatten wat de gevoeligheid is van deze soorten voor de toenemende afkalving van de slikken en platen en te voorspellen hoe veranderingen in areaal de vogelstand zullen beïnvloeden. Inzicht in hoe soorten gebruik maken van het gebied helpt ook in het kunnen bepalen van effectieve maatregelen voor behoud en voor het optimaliseren van de suppletie strategie.

Veranderende milieumomstandigheden, zoals hogere watertemperaturen en verzuring als gevolg van klimaatverandering, beïnvloeden de kwaliteit van het habitat voor soorten en daarmee ook hun aanwezigheid in het gebied. Dit kan direct, door effecten op de soort zelf, of indirect door effecten op de soorten waarvan ze leven.

Tot slot is de mate van verstoring van belang voor gebruik van intergetijdenhabitats door vogels en zeehonden. Van veel vogelsoorten en zeehonden zijn verstoringafstanden bekend. In de Oosterschelde is echter nog geen goed overzicht beschikbaar van de aanwezige verstoringbronnen en hun verstoringintensiteit voor verschillende soortgroepen.

#### Onderzoek:

- a) **Gebruik van het intergetijdengebied** door steltlopers tijdens laagwater: voorkeur in ruimte en tijd – focus op gebruik van hoog- midden- en laaglittoraal en ondiepwater voor foerageren en verloop van ruimtelijk gebruik tijdens laag water periode.
- b) Belang van **prooidieren** voor verschillende soorten – focus op een aantal soorten steltlopers van belang voor de Oosterschelde en onderzoek naar welke prooidieren van belang zijn voor deze soorten.
- c) Onderzoek naar gevolgen van **hoge temperaturen** voor bodemdieren op de droogvallende platen en slikken – focus op bv. overleving van kokkels door dit in een gecontroleerde omgeving te onderzoeken aangevuld met temperatuurmetingen en kokkelsurvey in het veld. Dit onderzoek kan gekoppeld worden aan de uitvoering van de Wettelijke Onderzoekstaken i.o.v. LNV.
- d) Identificeren van effecten van **verstoring** op soortengroepen en identificeren van knelpunten van gebruiksvormen. Een handige aanpak hiervoor is het maken van een ruimtelijk overzicht zoals ook voor de Westerschelde wordt gedaan in een interactieve verstoringkaart (Wallis en Ysebaert, 2019 in voorbereiding).

## 2. Voedselweb

Het voedsel van steltlopers bestaat in hoofdzaak uit bodemdieren zoals schelpdieren, wormen en kreeftachtigen. En bodemdieren zijn op hun beurt voor een groot deel afhankelijk van de lokale primaire productie bestaande uit fytoplankton en microfytobenthos dat aangeleverd worden door het systeem (Ronde et al., 2013). Echter naast de van nature voorkomende schelpdieren vindt er in de Oosterschelde ook schelpdierkweek (mosselen en oesters) plaats die van dezelfde voedselbron moet leven. De draagkracht van de Oosterschelde bepaald de grootte van populaties in het gebied en wordt in grote mate bepaald door de hoeveelheid voedsel dat beschikbaar is in het systeem. Om inzicht te hebben in de te verwachte populatiegroottes in de Oosterschelde van verschillende soorten is het van belang om kennis te hebben van de hoeveelheid beschikbare voedsel in het systeem beginnend met de primaire productie. Meetgegevens van de primaire productie zijn sinds 2010 niet meer beschikbaar, maar worden in 2019 weer opgepakt (persoonlijke communicatie Jacco Kromkamp, NIOZ). Voor 2010 was er sprake van (over)begrazing, echter door het gebrek aan monitoring is het onduidelijk in hoeverre dat nu nog het geval is. Daarnaast is het onduidelijk hoe een dergelijke situatie doorwerkt naar andere delen van de voedselketen zoals macroalgen en zoöplankton, maar ook vogels en andere hogere trofische niveaus. Hogere trofische niveaus van vissen en predatoren lijken vrijwel afwezig in de Oosterschelde. De gevolgen van klimaatverandering op bepaalde soorten kan mogelijk ook doorwerken in de voedselketen. De grootschalige sterfte van kokkels afgelopen zomer kan gevolgen hebben voor vogels die van deze voedselbron afhankelijk zijn. Het is mogelijk dat een eenmalige situatie als deze niet zoveel effect

zal hebben, maar wat zijn de gevolgen voor het systeem en het voedselweb als een dergelijk hittegolf vaker voor komt?

#### Onderzoek:

Om het ecologisch functioneren van een complex systeem als de Oosterschelde beter te kunnen begrijpen zijn **ecosysteem modellen** van groot belang. Recentelijk is er een stofstromenmodel ontwikkeld waarbij het transport van voedsel en nutriënten is berekend met een fijnmazig hydrodynamisch model. Dit model zou kunnen worden gebruikt om ruimtelijke en temporele verschillen in draagkracht te berekenen. Met het model kan worden doorgerekend hoe de in het systeem aanwezige schelpdieren reageren op de toekomstige veranderingen (temperatuurstijging, zeespiegelstijging, verdwijnen van slikken en platen) en hoe dit zich zal doorvertalen naar de hogere trofische niveaus.

#### Literatuur

- Boersema, M. P., v. d. Werf, J., E. Zanten & T. Ysebaert (2017). "Veiligheidsbuffer Oesterdam versterkt veiligheid en natuur." *Land+Water*: 24-25.
- Carrasco de la Cruz, P. M. (2018). An ecosystem model of the Oosterschelde estuary (EMOES). MSc, Ghent University.
- Craeymeersch, J. A. M., M. Tangelder, T. Ysebaert & M. J. Baptist (2017). Borging van systeemkennis en geïntegreerde aanpak van leerprojecten in de Zuidwestelijke Delta : een studie in kader van de Natuurambitie Grote Wateren. Wageningen Marine Research,
- De Ronde, J. G., J. P. M. Mulder, L. Van Duren & T. Ysebaert (2013). Eindadvies ANT Oosterschelde. Deltares, Delft. 1207722-000:78
- Deltaprogramma Zuidwestelijke Delta (2014). Integrale Voorkeursstrategie van de Stuurgroep Zuidwestelijke Delta.
- Elschot, K., M. Tangelder, v. IJzerloo, L., v. d. J. T. Wal & T. Ysebaert (2016). Getijherstel in het Rammegors : een quick-scan van de effecten van een tijdelijke zoutwaterinstroom op een zoetwater natuurgebied. IMARES,
- Escaravage, V., Y. Ysebaert, m. Bos & H. Hummel (2003). Karakteristieken van het macrobenthos in de Oosterschelde in verband met actuele beheersvragen. KNAW-NIOO, Centre for Estuarine and Marine Ecology, NIO-CEME, Yerseke.
- Feddes, Y., V. Y. Boheemen, S. Jansen & R. Balk (2018). Ontwikkelperspectief Ecologie Grote Wateren.
- Haasnoot, M., L. Bouwer, F. Diermanse, J. Kwadijk, v. d. Spek, A., G. Oude Essink, J. Delsman, O. Weiler, M. Mens, t. J. Maat, Y. Huismans, K. Sloff & E. Mosselman (2018). Mogelijke gevolgen van versnelde zeespiegelstijging voor het Deltaprogramma. Een verkenning. Deltares,
- Henkens, R. J. H. G., J. Wijsman, C. M. Goossen & R. Jochem (2012). Duurzaam ruimtegebruik in de Oosterschelde. Alterra, Wageningen. Alterra-rapport 2284:46
- Kooijman, S. A. L. M. (1986). "Energy budgets can explain body size relations." *Journal of Theoretical Biology* **121**: 269-282.
- Kooijman, S. A. L. M. (2010). Dynamic energy budget theory for metabolic organisation. Cambridge, Cambridge university Press.
- Ministerie van Economische Zaken (2014). Natuurambitie Grote Wateren 2050 en verder. Den Haag.75
- Ministerie van Economische Zaken (2014). Rijkswaterstaat 2014 Natuurlijk verder. Den Haag.
- Provincie Zeeland (2018). De Oosterschelde pakt door. Oosterschelde Visie 2018-2024.
- Rijkswaterstaat (2017). Verkenning Grote Wateren - Factsheet Zuidwestelijke Delta.
- Smaal, A. C. (2017). Draagkracht voor Schelpdieren: definities, indices en case studies.
- Troost, K. & Y. Ysebaert (2011). ANT Oosterschelde: Long-term trends of waders and their dependende on intertidal foraging grounds. IMARES Wageningen UR,
- Wallis, B. (2015). The role of ecosystem engineers in the ecomorphological development of intertidal habitats. PhD, Wageningen Universiteit.
- Wallis, B., A. v. d. Brink, M. P. Boersema & T. Ysebaert (2018). "Ecologisch herstel op de Veiligheidsbuffer Oesterdam." *Land+Water*: p.24-25.
- Wallis, B., E. Brummelhuis & T. Ysebaert (2017). Development of the benthic macrofauna community after tidal restoration at Rammegors : Progress report 1. Wageningen Marine Research,
- Werf, v. d., J., M. P. Boersema, T. J. Bouma, R. Schrijvershof, J. Stronkhorst, d. Vet, L. & T. Ysebaert (2016). Definitief ontwerp Roggenplaat suppletie.
- Wijsman, J. & E. B. M. Brummelhuis (2013). Proefsuppletie Schelphoek: Monitoring effecten op mosselgroei.
- Wijsman, J. W. M., M. Poelman, A. Blanco, T. Troost, T. Schellekens, W. J. Strietman & K. Hamon (2013). Verkenning van de effecten van toelaten nutriënten en verwijderen

van wilde oesters op de productie van Kweekoesters in de Kom van de Oosterschelde. Wageningen IMARES, Yerseke.68  
Witteveen + Bos (2013). MIRT-Verkenning Zandhonger Oosterschelde ontwerp-structuurvisie.  
Witteveen + Bos (2017). "Integrale Veiligheid Oosterschelde MIRT onderzoek - knikpunten, oplossingsrichtingen en effecten."  
Ysebaert, T., v. d. Werf, J., M. P. Boersema, R. Schrijvershof, J. Stronkhorst, d. Vet, L., A. O. Debrot & T. J. Bouma (2016). T-0 Rapportage Roggenplaat Suppletie. Wageningen Marine Research,

DATUM  
27 december 2018

PAGINA  
13 van 13