



# Vooroeversuppleties in de Oosterschelde

## Meerwaarde voor ecologie, economie en waterveiligheid

Vooroeversuppleties kunnen tegelijkertijd bijdragen aan de waterveiligheid en aan de ecologie en economie in de Oosterschelde. Dit artikel bespreekt deze potentiële bijdragen aan de hand van een praktijkervaring en een rekenvoorbeeld. Het laat zien dat met vooroeversuppleties een reductie van de belasting van dijklichamen mogelijk is waarmee reguliere dijkversterking uitgesteld kan worden en tegelijkertijd natuur- en recreatiedoelen kunnen worden gediend. Bestuurlijke afspraken over de verdeling van investeringskosten, beheer en onderhoud zijn daarbij een belangrijke succesfactor.

In en rondom de Oosterschelde zijn in de afgelopen zestig jaar grote ingrepen uitgevoerd om het gebied veiliger te maken in het kader van het eerste Deltaplan. Daardoor staat de Oosterschelde niet langer in verbinding met de Rijn en de Schelde en is de voormalige zee-arm veranderd in een zoutwater baai met gereduceerd getij. De aanleg van de Oosterscheldekering, de Oosten- en Philipsdam heeft ook geleid tot erosie en herverdeling van zand en sediment van platen en slikken naar de geulen van de Oosterschelde (ook wel zandhonger genoemd). Hierdoor slinkt het areaal intergetijdengebied in de Oosterschelde met circa 50 hectare per jaar (Eelkema *et al.*, 2013; Van Zanten & Adriaanse, 2008).

De Oosterschelde is sinds 2002 een Nationaal Park. Behoud van intergetijdengebied is een substantiële opgave in het kader van het Europese natuurbeleid; binnen- en buitendijkse gronden zijn aangewezen als Natura 2000-gebied. De droogvallende slikken en platen in de Oosterschelde zijn van belang voor de zeehonden en foeragerende watervogels, in het bijzonder voor steltlopers. Het ontwerpbeheerplan is in juni 2015 ter inzage vrijgegeven (Rijkswaterstaat, 2015).

In het Deltaprogramma is opgenomen dat het peil- en sluitregime van de Oosterscheldekering en het beheer en onderhoud van de dijken aangepast zullen worden met het oog op klimaatverandering (Staf Deltacommissaris, 2014). Alvorens dat te doen zal eerst uitgezocht worden

of de toepassing van innovatieve dijkconcepten (inclusief zandsuppleties van de vooroevers) en een gewijzigd peil- en sluitregime van de Oosterscheldekering realiseerbaar zijn en welke mogelijke meerwaarde deze bieden voor veiligheid, natuur, recreatie en visserij. In eerder onderzoek van Rijkswaterstaat zijn locaties geïdentificeerd waar vooroeversuppleties theoretisch mogelijk zijn (figuur 1).

Dit artikel onderzoekt en vergelijkt een praktijkvoorbeeld van een uitgevoerde vooroeversuppletie (Sophiastrand) en een rekenvoorbeeld van een mogelijke vooroeversuppletie (Slikken van den Dortsman), zie figuur 1, wat betreft hun potentiële bijdrage aan waterveiligheid, ecologie en economie. De gegevens zijn verkregen door het samenbrengen en interpreteren van de resultaten uit beleidsondersteunend onderzoek in het kader van het Deltaprogramma. Daarnaast worden aanbevelingen gedaan over het aanvullen van de integrale ontwerprichtlijnen uit het innovatieprogramma *Building with Nature* (De Vriend *et al.*, 2015) voor de dimensionering van specifieke vooroeversuppleties in estuaria.

### Sophiastrand

#### Keuze

Er is een casestudieanalyse gemaakt van circa 30 besluitvormingstrajecten in de Zuidwestelijke Delta waarbij innovatieve dijkconcepten met vooroeversupple-

#### MSc. J.A. (Jeroen) Veraart

Alterra, Wageningen  
UR, Postbus 47, 6700  
AA Wageningen  
jeroen.veraart@wur.nl

#### Dr. S.E. (Saskia) Werners

Earth System Science Group,  
Wageningen UR

#### MSc. M. (Marijn) Tangelder

IMARES, Wageningen UR

#### Dr. A.M.E. (Annemarie) Groot

Alterra, Wageningen UR

#### MSc. M. (Mark) de Bel

Deltares

#### Dr. J.P.M. (Jan) Mulder

freelance senior expert kust-  
zone onderzoek

Foto **Maurice Veraart** nabij  
het Sophiastrand op Noord-  
Beveland

**Figuur 1** overzicht van locaties in de Oosterschelde waar vooroever-suppleties bij dijken in eerdere planvormingsprocessen zijn overwogen (Van Zanten & Adriaanse, 2008)

**Figure 2** overview of locations in the Eastern Scheldt where in earlier plan processes foreshore sand nourishments have been considered



ties overwogen zijn. Het doel hiervan was om technische en sociaaleconomische succes- en faalfactoren te identificeren (Groot et al., 2014; Tangelder et al., 2013). Vervolgens zijn vier projecten verder uitgediept aan de hand van interviews en een workshop, waaronder de casus over het Sophiastrand.

### Beschrijving

De steenbekleding van de dijk langs het Sophiastrand op Noord-Beveland is in 2010 in het kader van het Hoogwaterbeschermingsprogramma afgekeurd.

Projectbureau Zeeweringen, Rijkswaterstaat en waterschap Scheldestromen hebben rond 2012 geconcludeerd dat herstel niet meer de meest voor de hand liggende oplossing is. De oorspronkelijke dijk is onder een zandpakket komen te liggen (situatie 2012) dat zich tot waardevolle duinnatuur ontwikkeld heeft. De duinen vallen in de Oosterschelde niet onder een beschermd habitattype, maar het slik bij het Sophiastrand heeft wel een beschermde Natura 2000-status met voor het voorland het habitattype H1160, 'grote ondiepe krenen en baaien'. Binnendijks (bijvoorbeeld bij de inlaag

's Gravenhoek) broeden beschermde vogelsoorten als kluut (*Recurvirostra avosetta*) en grutto (*Limosa limosa*) en in de nabijheid van het projectgebied is de rugstreep-pad (*Bufo calamita*) in de duinen aangetroffen (Van Delft & De Bruin, 2010). Het slik bij het Sophiastrand heeft slechts een beperkte functie als foerageergebied voor vogels door de recreatiedruk (Heunks et al., 2008). Zeehonden zijn in het gebied wel waargenomen, maar gebruiken het slik bij Sophiastrand niet als rustgebied (Van Vliet & Jaspers 2011).

Het strand is belangrijk voor recreatie en wordt op zonnige dagen bezocht door 500 tot 2000 bezoekers (Henkens et al., 2012). In de omgeving liggen het vakantiepark Roompot Beach Resort, een jachthaven en een watersportcentrum.

### Waterveiligheid

Er is uiteindelijk besloten tot twee suppleties (in 2013 en 2038) op duin, strand en vooroever, waarbij de duinstrook de rol van primaire waterkering zal gaan vervullen (Projectbureau Zeeweringen, 2012). Bij de dimensionering van de suppleties (tabel 1) is als randvoorwaarde gesteld dat de waterkering niet mag bezwijken voor een

maatgevende storm (kans 1:4000). De mate van duin-afslag bij een maatgevende storm is berekend door Rijkswaterstaat met het model DUROS+. De dwarsprofielen zijn geconstrueerd op basis van lodingen en het Actueel Hoogtebestand Nederland (Projectbureau Zeeweringen, 2012).

Het suppletievolume in 2013 (162.600 m<sup>3</sup>) is opgebouwd uit het volume dat nodig is om de duinstrook op sterkte te brengen tot aan de veiligheidsnorm (7.500 m<sup>3</sup>). Voorts is nog extra volume zand nodig om de duinstrook voor 25 jaar op sterkte te houden, de zogenaamde slijtlaag. Er is rekening gehouden met een historische erosietrend van gemiddeld 4.000 m<sup>3</sup>/jaar. Voorts is de afslagberekening gecorrigeerd voor de erosie in de periode tussen de laatste erosiebepaling (2007) en het geplande realisatiejaar (2014). Het suppletievolume van de eerste suppletie bedraagt hiermee 7.500 + 4.000 x (25 + 7) = 135.500 m<sup>3</sup>. Het volume is tot slot nog vermeerderd met 20% (Projectbureau Zeeweringen, 2012).

### Ecologie

De suppletie heeft zowel positieve als negatieve ef-

<b>Breedte</b>	823 m	
<b>Volume (1e suppletie)</b>	162.600 m <sup>3</sup>	<b>Uitgevoerd in 2013, versterking van duin (44%), strand (45%) en vooroever (11%)</b>
<b>Volume (2e suppletie)</b>	100.000 m <sup>3</sup>	<b>Gepland voor 2038. Volume gebaseerd op compensatie erosie in 25 jaar (groot onderhoud).</b>
<b>Kosten</b>	1e suppletie € 1.062.000 2e suppletie € 660.000	<b>De kosten voor de tweede suppletie zijn verdisconteerd als een kostenpost voor beheer en onderhoud (prijspeil 2012)</b>

**Tabel 1** kengetallen bij het ontwerp van de zandige versterking bij het Sophiastrand (Projectbureau Zeeweringen, 2012)

**Table 1** key indicators for the design of a sandy reinforcement of the Sophia beach (Projectbureau Zeeweringen, 2012)

**Tabel 2** MKBA-uitkomsten Sophiastrand in miljoenen Euro's (Schasfoort & De Bel, 2014)

	Dijkversterking	Vooroeversuppletie
<b>Totale kosten</b>	€ 1,6	€ 1,2
<b>Totale baten</b>	€ - 3,4	€ 8,2
<b>MKBA Saldo</b>	€ - 5,0	€ 7,0

**Table 2** outcomes of the societal cost benefit analysis for Sophia beach in million Euro's (Schasfoort & De Bel, 2014)

fecten op de natuurwaarden: 5,6 ha intergetijdengebied wordt omgevormd tot strand, maar daardoor hoeft het duin niet ontgraven te worden en blijft de natuur daar behouden. De suppletie (en de wind) voedt de duinen met zand vanaf het strand en zorgt daarmee mogelijk ook tot uitbreiding en verjonging. Door suppleren tot boven de hoogwaterlijn zal echter ook foerageergebied tijdelijk verloren gaan.

### Economie

Voor het Sophiastrand is een maatschappelijke kosten-batenanalyse voor de situatie zonder maatregelen (het referentie-alternatief) en twee projectalternatieven met respectievelijk harde dijkversterking en versterking van duinstrook, strand en vooroeversuppletie uitgevoerd (Schasfoort & De Bel, 2014). De MKBA is niet uitgevoerd om een besluit te nemen (want dat was al genomen), maar om te onderzoeken welke generieke lessen te trekken zijn over kosten en baten van vooroeversuppleties. De kosten zijn gebaseerd op inschattingen door Projectbureau Zeeweringen van voorbereidings-, uitvoerings- en onderhoudskosten. De baten betreffen positieve effecten voor recreatie en visserij. De verbreding van het strand biedt de mogelijkheid tot de bouw van 40 strandhuisjes en extra kitesurfactiviteiten. Het ombuigen van de strekdam biedt mogelijkheden voor de sportvisserij. In de omgeving van de projectlocatie vindt geen

beroepsvisserij plaats, wel is er ten oosten van het strand kleinschalige mosselkweek (Schasfoort & De Bel, 2014). De MKBA laat zien dat het saldo van de oplossing met versterking van strand en duin en vooroeversuppleties positief is en groter dan dat van versterking met steenbekleding (tabel 2).

### Bestuur

Uit de interviews en workshops kwam naar voren dat de urgentie tot het verbeteren van de waterveiligheid in combinatie met de perspectieven voor recreatie en natuur afspraken mogelijk maakte over de verdeling van de investeringskosten, beheer en onderhoud van dit dijkvak. Deze afspraken zijn vastgelegd in het 'Pact van Wissenkerke'. Het Pact is ondertekend door waterschap Scheldestromen, gemeente Noord-Beveland, Rijkswaterstaat, vakantiepark Roompot Beach Resort, provincie Zeeland en stichting Ecoshape. Er is bijvoorbeeld afgesproken dat het vakantiepark, in overleg met het waterschap, enkele dagen per jaar een grondverzetmachine mag inzetten om het strand te herprofilen. Rijkswaterstaat voert de eerste suppletie uit en het waterschap Scheldestromen zal de tweede suppletie doen met medefinanciering van Rijkswaterstaat. De vergunningverlening en de aanbesteding verliepen in dit project vlot. Natuurwet- en regelgeving waren geen vertragende factor in de besluitvorming en uitvoering (Groot et al., 2014).

<b>Profiel</b>	1:600	
<b>Breedte</b>	600 m	De totale breedte van de vooroever is 1200m
<b>Lengte dijkvak</b>	780 m	
<b>Volume</b>	477.000 m <sup>3</sup>	
<b>Kosten</b>	€ 2.385.000	Gebaseerd op een suppletieprijs van € 5 per m <sup>3</sup>

**Table 3** kengetallen van de vooroeversuppletie bij de Slikken van den Dortsman.

**Table 3** key indicators of the foreshore nourishment at Slikken van den Dortsman

## Slikken van den Dortsman

### Keuze

In een eerste verkenning zijn zestien locaties geïdentificeerd waar de waterkering door zandhonger en toenemende golfbelasting aan robuustheid (en dus veiligheid) verliest. Een kaart met die gebieden (Blom, 2007) is gecombineerd met figuur 1 (rode lijnen), om een selectie te krijgen van locaties waar vooroeversuppletie mogelijk een oplossing zou zijn. Voor vijf locaties is berekend hoe robuustheidsverlies gecompenseerd kan worden en tegelijkertijd meerwaarde voor ecologie en recreatie gecreëerd (Werners *et al.*, 2014). Hier worden de resultaten van die berekeningen voor de Slikken van den Dortsman gepresenteerd.

### Beschrijving

De Slikken van den Dortsman liggen voor een deel langs een dijkvak aan de zuidkust van Tholen nabij Stavenisse (figuur 1). Het gebied bestaat uit een combinatie van een smal schor met hoger gelegen kaal slik. Buitendijks ligt een fietspad. De Slikken van den Dortsman (circa 1.200 ha) behoren tot de belangrijkste foerageergebieden voor vogels in de Oosterschelde (De Ronde *et al.*, 2013). De slikken zijn relatief hoog en breed en bieden, bij ophoging, mogelijkheden voor schorvorming.

### Waterveiligheid

Er is rekening gehouden met een zeespiegelstijging van 35 cm (2050) en 85 cm (2100) ten opzichte van 1985 conform de KNMI W+ scenario's (Van den Hurk *et al.*, 2007). Rijkswaterstaat heeft de overschrijdingskansverdelingen van de zeewaterstanden op verschillende meetstations in de Oosterschelde aangepast aan deze scenario's. De doorrekening laat zien dat de waterstand bij de Slikken van den Dortsman maximaal met 6 (2050) tot 23 cm (2100) stijgt onder de verschillende klimaatscenario's. Deze veranderingen vallen binnen de marge van de huidige waterveiligheidstoets- en ontwerpwaarde voor de betreffende dijkvakken (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2007). Dit dijklichaam is dus sterker dan strikt noodzakelijk. Door de zeespiegelstijging neemt de marge tussen toets- en ontwerpwaarde echter af. Met vooroeversuppleties kunnen deze marges gehandhaafd blijven waarmee groot onderhoud van het dijkvak over een langere tijdsperiode gespreid kan worden, tot na 2060.

De toename in golfbelasting op dijken met steenbekleding is door HKV geschat met het model Hydra-K en Bretschneiderformules voor een waterstand in de Oosterschelde met een overschrijdingskans van 1:4000 en huidig sluitregime (HKV, 2013). Op basis van deze te

vermijden toename van de golfbelasting is vervolgens de dimensionering van de vooroever-suppletie bepaald (Werners et al., 2014), zie tabel 3. De reductie in golfbelasting door een vooroever-suppletie kan op deze locatie 25 tot 29% bedragen (Tonnon & Mulder, 2013). Dit levert ook een kostenbesparing op voor regulier onderhoud. Beide kostenbesparingen voor dijkonderhoud moeten echter afgewogen worden tegen de kosten van de vooroever-suppletie (tabel 3).

### Ecologie

De droogvalduur van platen en slikken bepaalt de tijd die beschikbaar is voor vogels om te foerageren. Deze wordt uitgedrukt in het percentage van de tijd dat het intergetijdengebied droog ligt. Op de hogere delen kunnen vogels langer foerageren dan op de lagere delen, maar als een gebied te hoog ligt (> 80% droogvalduur) is de voedseldichtheid (bodemdieren) lager en daardoor minder geschikt voor de meeste vogelsoorten (De Ronde et al., 2013). Door de zandhonger zal het areaal intergetijdengebied niet alleen afnemen, maar ook de droogvalduur. De verwachting is dat gebieden met 40-80% droogvalduur de komende decennia het meest zullen afnemen terwijl hier het voedselaanbod aan bodemdieren het hoogste is (Troost & Ysebaert, 2011) en dat na 2060 de gebieden met een droogvalduur boven 60% grotendeels verdwenen zullen zijn (De Ronde et al., 2013). Een suppletie langs het gehele dijktraject (780 m) met een breedte van 600 meter zorgt voor een ophoging van circa 47 hectare foerageergebied met een droogvalduur van 60-80%. Daarnaast zal dit gebied bij voortschrijdende erosie als gevolg van de zandhonger de lager gelegen intergetijdengebieden voeden met sediment. Verder kan een suppletie van deze omvang bijdragen aan schorvorming (De Groot et al., 2012). De bodemhoogte is een belangrijke randvoorwaarde want deze bepaalt de over-

stromingsfrequentie en -duur en de ontwikkeling van pioniervegetatie, maar ook andere factoren zijn betrokken bij schorvorming zoals golfaanval, geochemische aspecten van de bodem en beschikbaarheid van zaden. Suppleren van zand op de slikken kan (tijdelijk) leiden tot nadelige gevolgen voor de lokale levensgemeenschappen. Deze negatieve effecten kunnen verminderd worden door sediment te gebruiken dat qua korrelgrootte en samenstelling vergelijkbaar is met het oorspronkelijke materiaal (Baptist et al., 2009), door een interval van minimaal drie jaar tussen opeenvolgende suppleties te kiezen (Menn et al., 2003) en door niet in het voorjaar te suppleren vanwege de voortplantingscyclus van veel bodemdieren.

Het creëren van nieuw broedhabitat zal door deze suppletie slechts beperkt plaatsvinden gelet op de verwachte verstoring door wandelaars, honden, fietsers en recreatievaart (Troost, 2009). Afsluiten van het gebied of de aanleg van zandige broedeilanden kan daar verandering in brengen.

### Economie

Uitbreiding van de recreatiemogelijkheden op deze locatie is nauwelijks mogelijk omdat dit nadelig is voor de natuur, vooral voor foeragerende wadvogels. Schorren en slikken dragen wel bij aan de beleving van het Oosterscheldelandschap en bieden natuurliefhebbers meer kans op bijzondere natuurobservaties.

### Vergelijking casussen

#### • Waterveiligheid

Bij de Slikken van den Dortsman zijn de gevolgen van zeespiegelstijging expliciet meegenomen in het ontwerp van de vooroever-suppletie bij het Sophiastrand is dat niet gebeurd. Bij het ontwerp van de tweede suppletie (2038) kan daar alsnog rekening mee worden gehouden.

Door de zeespiegelstijging neemt de marge tussen toets- en ontwerpwaarde van dijklichamen in de Oosterschelde af. De casus Slikken van den Dortsman illustreert dat wanneer deze marges gehandhaafd worden, de kosten voor groot onderhoud van het dijkvak over een langere tijdsperiode gespreid kunnen worden waarbij groot onderhoud mogelijk kan worden uitgesteld tot na 2060.

- Ecologie

Bij de Slikken van den Dortsman is sprake van een vooroever-suppletie met een positief effect op de ecologie van het intergetijdengebied. Bij het Sophiastrand moesten de positieve en negatieve ecologische effecten op verschillende locaties in een milieueffectrapportage worden afgewogen. In het eerste geval was daardoor de ecologische meerwaarde van de vooroever-suppletie eenduidiger te bepalen.

- Economie en bestuur

Draagvlakontwikkeling, afspraken over verdeling van kosten en baten en afspraken over projectrisico's en wet- en regelgeving zijn belangrijk om vooroever-suppleties die meerdere doelen dienen te realiseren. Dat blijkt uit de casus Sophiastrand en ook uit praktijkervaringen elders in Nederland (Van Loon-Steensma & Vellinga, 2013; Van Slobbe et al., 2013). Bij de Slikken van den Dortsman, een rekenvoorbeeld, is daar geen aandacht aan besteed. Uit deze casus blijkt dat kosten voor dijkbeheer en groot onderhoud over een grotere tijdsperiode kunnen worden uitgesmeerd dankzij vooroever-suppletie. Een vergelijking van de vermeden kosten voor dijkonderhoud met de investeringskosten van de suppleties is op dit moment niet mogelijk omdat nog maar weinig bekend is over de levensduur van vooroever-suppleties.

## Conclusies en aanbevelingen

Zowel het Sophiastrand als de Slikken van den Dortsman laten zien dat het, in potentie, mogelijk is om vooroever-

suppleties zo te ontwerpen dat ze een meerwaarde hebben voor de verschillende maatschappelijke opgaven in de Zuidwestelijke Delta. Door uit te gaan van specifieke ontwerprichtlijnen kunnen vooroever-suppleties tot 2060 de robuustheid waarborgen en tegelijkertijd, zonder extra kosten, natuur- en recreatiedoelen dienen. Hierin ligt de meerwaarde ten opzichte van traditionele versterkingen waarbij in het ontwerp ecologische en/of recreatieve meerwaarde minder aan de orde komen.

Om deze meerwaarde in de Oosterschelde te realiseren bevelen wij aan om de integrale ontwerprichtlijnen voor vooroever-suppleties in estuaria uit het *Building with Nature* programma aan te scherpen op de volgende punten:

- In de Oosterschelde zijn de dijken sterker dan strikt noodzakelijk, maar die extra veiligheid, de marge tussen toets- en ontwerpwaarde, neemt in de toekomst door zeespiegelstijging wel af. Wij bevelen aan om de handhaving van deze marges met vooroever-suppleties als een ontwerprichtlijn mee te nemen wanneer dijkversterking aan de orde is. Daardoor is er ook tijd om ervaring op te doen met ontwerp, beheer en onderhoud van vooroever-suppleties;
- De generieke ecologische ontwerprichtlijn voor vooroever-suppleties gaat uit van behoud of herstel van het areaal met een droogvalduur van 40-80%. In de Oosterschelde is een droogvalduur van 60-80% aan te bevelen en een zo hoog mogelijk aan te brengen volume omdat door de zandhonger de suppletie weer erodeert. De ondergrens is afhankelijk van de lokale omstandigheden. Plaatselijk voorkomende oesterriffen of vegetatie kunnen bijvoorbeeld van invloed zijn op de morfologie en daarmee erosieprocessen remmen en de levensduur van een vooroever of dijklichaam verlengen;
- Tot slot bevelen we aan de kostenspreiding in de tijd en over betrokkenen bij aanleg, beheer en exploitatie expli-



---

ciet mee te nemen in de ontwerprichtlijn van vooroever-suppleties voor een dijklichaam in de Oosterschelde of elders. Planproces en technisch ontwerp dienen daartoe aan elkaar gekoppeld te zijn om te komen tot maatschappelijk draagvlak.

## Dank

Onze dank gaat uit naar Sonja Ouwerkerk (HKV Lijn in Water) en Pieter-Koen Tonnon (Deltares) voor hun bijdrage in de berekeningen. Het onderzoek is begeleid door Simon Brassier en Erik-Jan van der Meer (Deltaprogramma Zuidwestelijke Delta) en gefinancierd door het Ministerie van Economische Zaken.

---

## Summary

The added value of innovative foreshore sand nourishments for ecology, economy and water safety in the Eastern Scheldt estuary

**Jeroen Veraart, Saskia Werners, Marijn Tangelder, Annemarie Groot, Mark de Bel & Jan Mulder**

Eastern Scheldt, water safety, economy, ecology, foreshore nourishments

Foreshore nourishments as integral components of dike concepts are considered as innovative measures to ensure long-term water safety in the Eastern Scheldt in view of climate change. They can have additional benefits for biodiversity objectives (Natura 2000, Water Framework Directive) and the costs of protection as well. This article discusses these potential co-benefits on the basis of an executed foreshore nourishment (Sophia beach) and

a foreshore nourishment which is under consideration (Slikken van den Dortsman). Both examples illustrate that foreshore nourishment reduces the wave load on dikes, thus delaying necessary dike reinforcement and discounting its costs over a longer period of time. The study therefore recommends to use cost (re)allocation as a design guideline. From an ecological perspective the dimensioning of effective foreshore nourishment should take into account that in the Eastern Scheldt the foreshore elevation should be 60-80% of the time above the (tidal) water table. Agreements about costs, benefits, project risks and maintenance are important criteria from a governance point of view. It is recommended to include foreshore nourishments into the monitoring and evaluation protocol of Rijkswaterstaat.

---

## Literatuur

**Baptist, M.J., J.E. Tamis, B.W. Borsje & J.J. van der Werf, 2009.** Review of the geomorphological, benthic ecological and biogeomorphological effects of nourishments on the shoreface and surf zone of the Dutch coast. IMARES-rapport C113/08. Yerseke, IMARES/Deltares.

**Blom, J., 2007.** Robuuste dijken in de Oosterschelde, ondanks de zandhonger; een verkenning van alternatieven voor klassieke versterking. Rotterdam, Royal Haskoning / RIKZ.

**Boomgaard, M. van den & P van de Rest, 2010.** Impact bodemprognose op detailadviezen Oosterschelde. rapport MN/1565/09388. Antwerpen, Svasek Hydraulics.

**Delft, J. van & A. de Bruin, 2010.** Waarnemingenoverzicht 2007 en 2008 RAVON 34 (11).

**Eelkema, M., Z.B. Wang, A. Hibma & M.J.F. Stive, 2013.** Morphological effects of the Eastern Scheldt storm surge barrier on the ebb-tidal delta. Coastal Engineering Journal 55, 1350010.

- Groot, A.V. de, B. van Weesenbeeck & J.M. van Loon-Steensma, 2012.** Stuurbaarheid van kwelders. IMARES-rapport C004/13. Den Burg, IMARES.
- Groot, A.E., C.J. van Leeuwen, M. Tangelder, J.G. Timmerman, S.E. Werners & J.M. van Loon-Steensma, 2014.** Governance van innovatieve dijkconcepten in de Zuidwestelijke Delta. Handreiking voor projecten die veiligheid, economie en ecologie van een dijkzone combineren, Alterra-rapport 2506. Wageningen, Alterra.
- Henkens, R.J.H.G., J.W.M. Wijsman, C.M. Goossen & R. Jochem, 2012.** Duurzaam ruimtegebruik Oosterschelde toepassing van PARENA (Praktische Aanpak Recreatie en NATuur) voor een duurzame combinatie van natuur, recreatie en schelpdier visserij. Wageningen, Alterra rapport 2284.
- Heunks, C., P.A. Wolf, R. Strucker & T.J. Boudewijn, 2008.** Vogeltellingen tijdens afgaand water langs het dijktraject Oud-Noord-Bevelandpolder (Oosterschelde). Rapport 08-084. Culemborg, Bureau Waardenburg.
- HKV, 2013.** Veiligheidsanalyse Oosterschelde - Bepaling waterstanden en golfbelasting Oosterschelde.
- Hurk, B. van den, A.K. Tank, G. Lehderink, A. van Ulden, G.J. van Oldenborgh, C. Katsman, H. van den Brink, F. Keller, J. Bessembinder, G. Burgers, G. Komen, W. Hazeleger & S. Drijfhout, 2007.** New climate change scenarios for the Netherlands. Water Science and Technology 56, 27-33.
- Loon-Steensma, J.M. van & P. Vellinga, 2013.** Trade-offs between biodiversity and flood protection services of coastal salt marshes. Current Opinion in Environmental Sustainability 5, 320-326.
- Menn, I., C. Junghans & K. Reise, 2003.** Buried alive: Effects of beach nourishment on the infauna of an erosive shore in the North Sea. Senckenbergiana maritima 32, 125-145.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2007.** Hydraulische Randvoorwaarden primaire waterkeringen voor de derde toetsronde 2006-2011 (HR 2006).
- Projectbureau Zeeweringen, 2012.** Sophiastrand, Projectplan, PZDT-R-12294, Middelburg.
- Rijkswaterstaat, 2015.** Platform participatie - Natura 2000: deltawateren 2015 - 2021. Rijkswaterstaat. <http://www.platformparticipatie.nl/projecten/alle-projecten/projectenlijst/deltawateren/>. Bezocht: 02-07-2015 2015
- Ronde, J.G. de, J.P.M. Mulder, L.A. van Duren & T. Ysebaert, 2013.** Eindadvies ANT Oosterschelde. Yerseke, Deltares-rapport 1207722-000.
- Schasfoort, F. & M. de Bel, 2014.** MKBA Innovatieve Dijkconcepten. Deltares-rapport 1207694-001. Utrecht, Deltares.
- Slobbe, E. van, A. Klimkowska, H.F. van Dobben & A.P. Wiersma, 2013.** De zachte zandmotor van de Workumer Buitenwaarden. Landschap 30/4, 219-227.
- Staf Deltacommissaris, 2014.** Deltaprogramma 2015 - Werk aan de Delta - de beslissingen om Nederland veilig te houden. Den Haag.
- Tangelder, M., T. Ysebaert, C. van Sluis, J. van Loon-Steensma, A. Groot, J. Luttik, G.J. Ellen, G. van Meurs, H.A. Schelfhout & N. Eernink, 2013.** Innovatieve dijkconcepten in de Zuidwestelijke Delta. Imares-rapport C029/13. Yerseke, IMARES/Alterra/Deltares.
- Tonnon, P.K. & J.P.M. Mulder, 2013.** Voorlandsuppleties; een verkenning van een kansrijke optie voor een sedimentstrategie in de Zuid-Westelijke delta. Deltaresrapport 1207694-002. Delft, Deltares.
- Troost, K., 2009.** Doelendocument Natura 2000 Deltagebied. Uitwerking van Natura 2000 waarden in omvang, ruimte en tijd. Middelburg, Rijkswaterstaat/Ministerie van Verkeer en Waterstaat.
- Troost, K. & T. Ysebaert, 2011.** ANT Oosterschelde: Long-term trends of waders and their dependence on intertidal foraging grounds. IMARES-Report C063/11. Yerseke, IMARES.
- Vliet, J. van & C.J. Jaspers, 2011.** Passende Beoordeling Oud Noord-Bevelandpolder west; Toetsing van de voorgenomen dijkverbetering langs de Oosterschelde aan de Natuurbeschermingswet 1998. Rapportnummer PZDB-R-11260. Middelburg, Projectbureau Zeeweringen.
- Vriend, H.J. de, M. van Koningsveld, S.G.J. Aarninkhof, M. de Vries & M.J. Baptist, 2015.** Sustainable hydraulic engineering through Building with nature. Journal of Hydro-environment research 9, 159-171.
- Werners, S.E., M. Tangelder, P.K. Tonnon, J.P.M. Mulder, R. Henkens, R. Nicolai, J. Stijnen & S. Ouwerkerk, 2014.** Sedimentstrategie Zuidwestelijke Delta. Alterra-rapport 2520. Wageningen, Wageningen UR (Alterra/Imares), Deltares en HKV lijn in water.
- Zanten, E. van & L. Adriaanse, 2008.** Verminderd getij. Verkenning naar mogelijke maatregelen om het verlies van platen, slikken en schorren in de Oosterschelde te beperken. Hoofdrapport Rijkswaterstaat. Middelburg, Rijkswaterstaat.