

NOTITIE

Titel: Zandsuppletie en zandwinning bij een versnelde zeespiegelstijging

Auteur: J.P.M. Mulder

Opdrachtgever: Wereld Natuur Fonds (Bas Roels)

Datum: 11 maart 2019

1. Vooraf

In het kader van een snelle (quick and dirty) scenariostudie binnen WNF, waarin het werken met een natuur strategie om Nederland veilig en droog te houden wordt getoetst op haalbaarheid en compatibiliteit met WNF-standpunten op dossiers Noordzee en landbouw, zijn vragen naar voren gekomen rond het winnen van zand op de Noordzee ten behoeve van een noodzakelijke uitbreiding van kustsuppleties bij een sneller stijgende zeespiegel:

- Hoeveel zand is er nodig om huidige kustsuppletie voor te zetten tot eind deze eeuw bij een 2 graden Celsius klimaatscenario met versnelde zeespiegelstijging?
- Hoeveel komt daarbij als je ook de Waddenzee en de delta meeneemt in het suppletieprogramma?
- Hoe lang volstaat het huidige wingebied dan en in een hoe groot deel van het gebied wordt dan gewonnen, met welke frequentie en bandbreedtes?

Bijkomende vragen zijn:

- Hoe lang duurt het voordat het ecosysteem/bodemleven zich herstelt na suppletie? Wat is beter, diepe putten of afschrappen?
- Is het denkbaar om de rivieren zoveel ruimte te geven dat ze weer meer zand aanvoeren naar zee en de zandhonger daarmee vermindert?

Het WNF heeft aan Mulder Coastal Consultancy (Jan Mulder) gevraagd, “quick and dirty” op deze vragen antwoorden te genereren. Deze antwoorden worden in onderhavige notitie weergegeven.

In de gehanteerde quick-and-dirty benadering ligt de nadruk op ruwe schattingen van (bulk-)volumes en oppervlaktes. In paragraaf 2 is heel kort ingegaan op de achterliggende doelstellingen van het suppleren waaruit de volumes worden gemotiveerd. Om deze doelstellingen te realiseren is echter naast een bepaald volume, minstens zo belangrijk hoe dit volume in de tijd wordt gefaseerd en in de ruimte wordt verdeeld. Juist dit verdelingsvraagstuk is bij uitstek bepalend voor draagvlak en haalbaarheid van een toekomstige suppletie- en zandwinstrategie. Binnen het korte tijdbestek van deze opdracht kon aan dit aspect geen aandacht worden besteed.

2. Suppletievolumes

2.1 Hoeveel zand is er nodig om huidige kustsuppletie voor te zetten tot eind deze eeuw in een 2 graden Celsius klimaatscenario met versnelde zeespiegelstijging?

Waarom zandsuppletie

De Nederlandse kust is een dynamisch, sedimentair systeem dat voornamelijk bestaat uit zand. De basiskwaliteiten van die kust hangen samen met de balans tussen enerzijds aanvoer van sediment en anderzijds afvoer van sediment en tekorten ontstaan door zeespiegelstijging¹. Als deze balans in evenwicht is, kunnen de kwaliteiten van het kustsysteem blijven behouden.

Suppletie met een omvang evenredig aan het tekort op de sedimentbalans, is een middel om de kwaliteiten van het kustsysteem op een natuurlijke wijze te handhaven. Omdat het systeem in hoofdzaak zandig is en de Noordzee een overvloedige zandbron vormt, ligt suppletie van zand het meest voor de hand. In specifieke omstandigheden (bijvoorbeeld in randgebieden van getijddebekkens) is suppletie van fijnere sedimenten een optie.



Fig. 1 Nederlands kustsysteem met de deelsystemen Kustfundament, Waddenzee en Westerschelde

Sedimentbalans

Gezien op de schaal van het gehele Nederlandse kustsysteem (kustfundament, Waddenzee en Westerschelde gezamenlijk; zie fig. 1) is de sedimentbalans negatief. Aanvoer van sediment vanuit rivieren en via golf- en getijdgedreven stroming vanuit de diepere zee is verwaarloosbaar, aanvoer en afvoer door golfgedreven stroming vanuit en naar aangrenzende kusten houdt elkaar grotendeels in evenwicht. Gevolg: de zeespiegelstijging¹ wordt niet gecompenseerd door een surplus in

¹ Feitelijk kunnen daarnaast ook tekorten optreden als gevolg van bodemdaling (door delfstoffenwinning bijvoorbeeld) en in de getijddebekkens, als gevolg van morfologische aanpassingen na inpolderingen en de aanleg van afsluitdammen. Voor de helderheid van de uitleg over het principe van de sedimentbalans, laten we deze hier onvermeld.

sedimentaansvoer, de kust trekt terug, het daarbij vrijkomende sediment wordt afgezet in de getijdebekken van Waddenzee en Westerschelde.

Kijken we op de schaal van alleen de Waddenzee of alleen de Westerschelde, dan wordt de sedimentbalans bepaald door het verschil tussen de aanvoer van sediment vanuit het kustfundament en tekorten als gevolg van zeespiegelstijging en andere oorzaken¹. Bij de huidige snelheid van zeespiegelstijging, lijkt deze balans vooralsnog in evenwicht. Stijgt de snelheid van zeespiegelstijging tot waarden boven de 6 mm per jaar, dan is de inschatting dat voor de Waddenzee, de sedimentbalans negatief wordt (Haasnoot et al., 2018). Gevolg: geleidelijke verdrinking van de plaatgebieden.

Op de schaal van het kustfundament wordt – bij gebrek aan aanvoer van sediment, zoals beschreven voor het kuststelsel als geheel –, de sedimentbalans gevormd door de som van het verlies van sediment naar Waddenzee en Westerschelde en het tekort als gevolg van zeespiegelstijging¹. Deze balans is negatief.

Huidig kusthandhavingsbeleid

Het huidige kusthandhavingsbeleid beschouwt zand als belangrijke drager van functies; het totaal aanwezige zandvolume in het kuststelsel als voorwaardenscheppend voor alle kustfuncties.

Het beleid krijgt vorm door het handhaven van de kustlijn en het behoud van het kustfundament. Het totale jaarlijkse suppletievolume is afgestemd op het laatstgenoemde: handhaving van het zandvolume in het kustfundament door het aanvullen van het jaarlijkse tekort op de sedimentbalans.

Het benodigde suppletievolume is benaderd door de som van het tekort in het kustfundament als gevolg van zeespiegelstijging, en van het verlies van zand naar Waddenzee en Westerschelde. De omvang van laatstgenoemde verliezen is gelijk verondersteld aan de tekorten in de bekken als gevolg van zeespiegelstijging.

Het suppletievolume is vervolgens berekend door vermenigvuldiging van het oppervlak van het kuststelsel (kustfundament, Waddenzee en Westerschelde gezamenlijk; zie fig. 1) met de snelheid van zeespiegelstijging. Per mm zeespiegelstijging levert dat een benodigd suppletievolume op van 6,8 miljoen m³. Uitgaande van een gemiddelde zeespiegelstijgsnelheid van 1,8 mm/jaar is het jaarlijkse suppletievolume bepaald op 12 miljoen m³. Sinds 2001 is dit volume jaargemiddeld aangebracht.

NB Behalve aan de beleidsdoelstelling tot handhaving van het zandvolume in het kustfundament, wordt door deze benadering impliciet ook bijgedragen aan de doelstelling tot handhaving van de basisrandvoorwaarden voor het behoud van de Waddenzee.

Toekomstige zeespiegelstijging bij klimaatscenario 2 graden temperatuurstijging volgens Parijs akkoord

Het Klimaatakkoord van Parijs 2020-2050 stelt dat de gemiddelde temperatuur op de aarde niet meer mag stijgen dan 2 graden Celsius ten opzichte van het pre-industriële tijdperk. Landen streven ernaar dat de temperatuur maximaal 1,5 graden Celsius stijgt. Om het 2 graden doel te bereiken toont het IPCC (2014) dat een CO₂-emissiescenario nodig is dat wordt aangeduid als RCP4,5 (fig. 2)².

² https://en.wikipedia.org/wiki/Representative_Concentration_Pathway

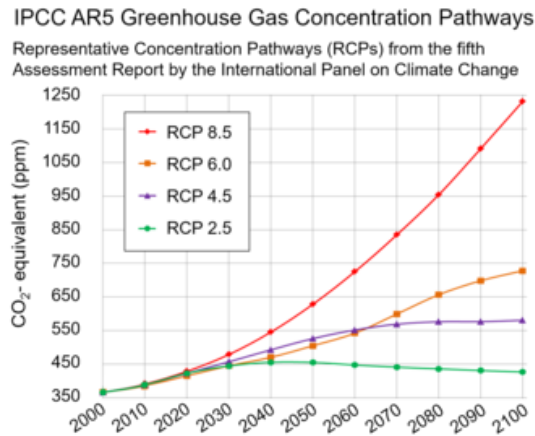


Fig. 2 IPCC scenario's voor broeikasgas ontwikkelingen (Representative Concentration Pathways- RCP)

Binnen het RCP4,5 - scenario treedt een versnelling op van de zeespiegelstijging welke door Haasnoot et al. (2018) is samengevat in tabel 1:

Table 1 (uit Haasnoot et al., 2018)

Zeespiegelstijging volgens de projecties voor versnelde zeespiegelstijging voor de onderwaarde (p5), middenwaarde (p50) en bovenwaarde (p95) in cm ten opzichte van 1995 (Le Bars et al. 2017). Deze projecties zijn specifiek voor de Nederlandse kust, en wijken dus iets af van de publicatie. Zie kader (p26) voor de uitleg van de betekenis van de onder, midden, bovenwaarde.

Concentratie scenario	RCP4.5		
	Onderwaarde	Middenwaarde	Bovenwaarde
2050	7	24	41
2100	29	108	192

Suppletiehoeveelheden gerelateerd aan zeespiegelstijging

Om de doelstelling tot het op peil houden van de zandvolumes in het kuststelsel – en daarmee het handhaven van de basisvoorwaarden voor (de ontwikkeling van) alle functies – te kunnen blijven waarmaken, zal het nodig zijn om de suppletievolumes aan te passen aan de veranderende omstandigheden.

Om een indruk te krijgen van de suppletievolumes die nodig zullen zijn bij een *ongunstig scenario* van versnelde zeespiegelstijging, gaan we uit van de midden- en bovenwaardes van het RCP4,5 scenario; dat houdt in een stijging ten opzichte van 1995, welke in 2050 kan liggen tussen 24 – 41 cm, en in 2100 tussen 108 en 192 cm (zie bovenstaande tabel 1).

Wanneer we ervanuit gaan dat de waargenomen stijgsnelheid in de periode 1995 – 2020 lag rond de 2 mm per jaar ³⁾, betekent dit dat de *gemiddelde* stijgsnelheid in de periode 2020 - 2050 ten opzichte van de huidige stijgsnelheid kan toenemen met een factor 3 tot 6; vanaf 2050 met een factor 9 tot 15 (tabel 2).

³ <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/achtergrond/zeespiegelveranderingen-gemeten>

Tabel 2 Projecties van mogelijke zeespiegelniveaus in 2050 en 2100 volgens scenario RCP4,5 en daaruit afgeleide gemiddelde stijgsnelheden in verschillende periodes. Het zeespiegelniveau in 2020 ten opzichte van 1995 is gereconstrueerd op basis van een waargenomen gemiddelde stijgsnelheid in die periode van 2 mm/jaar

referentiejaar	middenwaarde		bovenwaarde	
	zeespiegelniveau (mm)	gemiddelde stijgsnelheid mm/jaar	zeespiegelniveau (mm)	gemiddelde stijgsnelheid mm/jaar
1995	0		0	
1995 - 2020		2		2
2020	50		50	
2020 - 2050		6		12
2050	240		410	
2050 - 2100		17		30
2100	1080		1920	

De effecten van een versnelde zeespiegelstijging op de sedimentbalans van de deelsystemen kustfundament, Waddenzee en Westerschelde, geven een indicatie van het benodigde suppletievolumen. Uitgaande van de termen in de sedimentbalans zoals in voorgaande beschreven, leidt dat tot resultaten vermeld in Tabel 3. In deze benadering is aangenomen dat de tekorten die in Waddenzee en Westerschelde ontstaan door de stijging van de zeespiegel, tot een bepaalde stijgsnelheid, volledig worden gecompenseerd door aanvoer van erosiezand vanuit het kustfundament. Er zijn aanwijzingen dat voor de Waddenzee bij een bepaalde stijgsnelheid een knikpunt optreedt, waarbij de mogelijke compensatie door aanvoer vanuit het kustfundament zijn maximum heeft bereikt. Haasnoot et al. (2018) geeft aan dat dit knikpunt in de Westelijke Waddenzee wordt bereikt bij een stijgsnelheid van 6 mm/ jaar en in de Oostelijke Waddenzee bij 10 mm/jaar. In Tabel 3 is dit benaderd door aan te nemen dat voor de gehele Waddenzee de maximaal mogelijke jaarlijkse aanvoer vanuit het kustfundament wordt bereikt bij een stijgsnelheid van 6 mm/jaar.

Tekorten door andere oorzaken dan zeespiegelstijging, zoals bodemdaling en morfologische aanpassingen aan ingrepen in het verleden zijn in de benadering niet meegenomen.

Tabel 3 Schattingen van de sedimentbalans in de deelsystemen en van de benodigde suppletievolumes (Mm3 / jaar) bij verschillende stijgsnelheden van de zeespiegel

	kustfundament						Waddenzee						
	oppervlak (10 ⁶ m ²)	zeespiegelstijgsnelheid (10 ⁻³ m) / jaar					oppervlak (10 ⁶ m ²)	zeespiegelstijgsnelheid (10 ⁻³ m) / jaar					
	4000	2	6	12	17	30	2500	2	6	12	17	30	
tekort door zeespiegelstijging (Mm3)		-8	-24	-48	-68	-120	tekort door zeespiegelstijging (Mm3)		-5	-15	-30	-42,5	-75
aanvoer (Mm3)		0	0	0	0	0	aanvoer uit kustfundament (Mm3)		5	15	15	15	15
afvoer naar Waddenzee (Mm3)		-5	-15	-15	-15	-15	afvoer (Mm3)		0	0	0	0	0
afvoer naar Westerschelde (Mm3)		-0,6	-1,8	-3,6	-5,1	-9	sediment balans (Mm3)		0	0	-15	-27,5	-60
sediment balans (Mm3)		-13	-39	-63	-83	-135	suppletievolumen (Mm3 / jaar)		0	0	15	27,5	60
suppletievolumen (Mm3 / jaar)		13	39	63	83	135							
		Westerschelde											
	oppervlak (10 ⁶ m ²)	zeespiegelstijgsnelheid (10 ⁻³ m) / jaar											
	300	2	6	12	17	30							
tekort door zeespiegelstijging (Mm3)		-0,6	-1,8	-3,6	-5,1	-9							
aanvoer uit kustfundament (Mm3)		0,6	1,8	3,6	5,1	9							
afvoer (Mm3)		0	0	0	0	0							
sediment balans (Mm3)		0	0	0	0	0							
suppletievolumen (Mm3 / jaar)		0	0	0	0	0							

Een samenvatting van de geschatte suppletiehoeveelheden is weergegeven in Tabel 4.

Tabel 4 Samenvatting van geschatte suppletievolumes bij verschillende scenario's van zeespiegelstijging.

zeespiegelstijging		Kustfundament		Waddenzee		Westerschelde	
gemiddelde stijgsnelheid mm/jaar		suppletievolume (Mm ³ /jaar)					
middenwaarde	bovenwaarde	middenwaarde	bovenwaarde	middenwaarde	bovenwaarde	middenwaarde	bovenwaarde
2		12		0		0	
6	12	39	63	0	15	0	0
17	30	83	135	27,5	60	0	0

In stand houden van het kustfundament zal tot 2050 een verhoging vragen van het jaarlijkse suppletievolume met een factor 3 tot 5 in vergelijking tot het huidige jaarvolume van 12 miljoen m³. Vanaf 2050 kan de verhoging oplopen tot een factor 7 tot 11.

2.2 Hoeveel zou het suppletievolume toenemen als je ook de Waddenzee en de delta meeneemt in het suppletieprogramma ?

Waddenzee

Zoals boven beschreven en weergegeven in Tabel 3 en 4, gaat het meegroeien van de Waddenzee gevaar lopen wanneer de zeespiegel sneller stijgt dan 6 mm/jaar. Om bij hogere stijgsnelheden de sedimentbalans van de Waddenzee op peil te houden en de voorwaarden voor het meegroeien van platen en slikken te handhaven, is een optie om te suppleren binnen de Waddenzee zelf. Bij het ongunstige geval dat de stijgsnelheid zijn bovenwaarde bereikt van 12 mm/ jaar, zou dat tot 2050 de noodzaak in houden om jaarlijkse zo'n 15 miljoen m³ in de Waddenzee te brengen; een hoeveelheid vergelijkbaar met het huidige jaarvolume voor suppleties in het kustfundament. Na 2050 kan het benodigde suppletievolume voor de Wadden oplopen tot zo'n 28 tot 60 miljoen m³ per jaar.

Voor de Westerschelde, waar het vaargeulonderhoud een dominante rol speelt, bestaat niet de verwachting dat extra suppleties nodig zullen zijn.

Deltabekkens

De zeespiegelstijging doet zich ook gelden in de overige bekkens van de ZW Delta die op een of andere manier een open verbinding met de zee hebben. In de eerste plaats geldt dat voor de Oosterschelde met zijn stormvloedkering, maar ook voor het Veerse Meer met zijn verbinding via de Katse Heule, voor het Haringvliet met de Kier, en het zal gaan gelden voor de Grevelingen zodra er een verbinding is via de Brouwersdam.

Zeespiegelstijging heeft een negatief effect op de sedimentbalans van de bekkens. In alle bekkens is de aanvoer van sediment verwaarloosbaar; de Oosterscheldkering verhindert sedimentuitwisseling met de Noordzee en andere aanvoerbronnen ontbreken. Het laatste geldt ook voor de andere bekkens (riversediment bereikt het Haringvliet nauwelijks omdat alles al sedimenteert in Biesbosch en Hollands Diep; zie ook par. 4). Het saldo op de sedimentbans is negatief en evenredig aan de optredende zeespiegelstijging. Het gevolg is een toename van de erosie van platen en schorren.

Voor de Oosterschelde betekent dit dat de bestaande zandhonger als gevolg van de aanleg van de Oosterscheldewerken, bij de huidige zeespiegelstijging van 2 mm/jaar, jaarlijks toeneemt met een

omvang van 0,75 miljoen m³. Voor de overige bekkens neemt bij de huidige zeespiegelstijging, het negatieve saldo op de sedimentbalans jaarlijks toe met 0,1 tot 0,3 miljoen m³ (Tabel 5).

Om de sedimentbalans te stabiliseren is het denkbaar om de tekorten met suppleties aan te vullen met een omvang evenredig aan het jaarlijkse tekort. Tabel 6 toont de benodigde suppletievolumes bij verschillende scenario's voor zeespiegelstijging. Voor alle bekkens gezamenlijk betekent dat tot 2050 een sedimentvraag van jaarlijks 4 – 8 miljoen m³, daarna tot 2100 oplopend naar 11 – 19 miljoen m³ per jaar.

Tabel 5 Schattingen van de sedimentbalans in de Deltabekken en van de benodigde suppletievolumes (Mm3 / jaar) bij verschillende stijgsnelheden van de zeespiegel

	Oosterschelde						Veerse Meer					
	oppervlak (10 ⁶ m ²)	zeespiegelstijgsnelheid (10 ⁻³ m) / jaar					oppervlak (10 ⁶ m ²)	zeespiegelstijgsnelheid (10 ⁻³ m) / jaar				
	351	2	6	12	17	30	40	2	6	12	17	30
tekort door zeespiegelstijging (Mm3)		-0,7	-2,1	-4,2	-6,0	-10,5		-0,1	-0,2	-0,5	-0,7	-1,2
aanvoer vanuit kustfundament (Mm3)		0	0	0	0	0		0	0	0	0	0
afvoer naar kustfundament (Mm3)		0	0	0	0	0		0	0	0	0	0
sediment balans (Mm3)		-0,7	-2,1	-4,2	-6,0	-10,5		-0,1	-0,2	-0,5	-0,7	-1,2
suppletievolume (Mm3 / jaar)		0,7	2,1	4,2	6,0	10,5		0,1	0,2	0,5	0,7	1,2
	Grevelingen						Haringvliet					
	oppervlak (10 ⁶ m ²)	zeespiegelstijgsnelheid (10 ⁻³ m) / jaar					oppervlak (10 ⁶ m ²)	zeespiegelstijgsnelheid (10 ⁻³ m) / jaar				
	140	2	6	12	17	30	100	2	6	12	17	30
tekort door zeespiegelstijging (Mm3)		-0,3	-0,8	-1,7	-2,4	-4,2		-0,2	-0,6	-1,2	-1,7	-3,0
aanvoer vanuit kustfundament (Mm3)		0	0	0	0	0		0	0	0	0	0
afvoer naar kustfundament (Mm3)		0	0	0	0	0		0	0	0	0	0
sediment balans (Mm3)		-0,3	-0,8	-1,7	-2,4	-4,2		-0,2	-0,6	-1,2	-1,7	-3,0
suppletievolume (Mm3 / jaar)		0,3	0,8	1,7	2,4	4,2		0,2	0,6	1,2	1,7	3,0

Tabel 6 Samenvatting van geschatte suppletievolumes in Deltabekken bij verschillende scenario's van zeespiegelstijging.

zeespiegelstijging		Oosterschelde		Veerse Meer		Grevelingen		Haringvliet	
gemiddelde stijgsnelheid mm/jaar		suppletievolume (Mm3/jaar)							
middenwaarde	bovenwaarde	middenwaarde	bovenwaarde	middenwaarde	bovenwaarde	middenwaarde	bovenwaarde	middenwaarde	bovenwaarde
2		0,0		0,0		0,0		0,0	
6	12	2,1	4,2	0,2	0,5	0,8	1,7	0,6	1,2
17	30	6,0	10,5	0,7	1,2	2,4	4,2	1,7	3,0

2.3 Kosten indicatie

De kostprijs van suppleties hangt sterk af van de vaarafstand tussen de win- en stortlocatie en van contractvorm. De brandstofkosten zullen een direct effect hebben op de prijs per kubieke meter. Flexibilisering van de uitvoeringsperiode resulteert meestal in een lagere prijs (Haasnoot et al., 2018).

Het schatten van toekomstige suppletiekosten is dus omgeven door de nodige onzekerheden. Om toch een indruk te geven van de kosten maken we gebruik van dezelfde benadering als toegepast door Haasnoot et al. (2018). De huidige kosten van reguliere zandsuppleties in het kustfundament bedragen circa € 5 per m³; dit getal hanteren we als bovenschatting van de kostprijs. Bij grote projecten daalt de prijs per m³. Voor aanleg van de Zandmotor was de prijs ca. € 3,50 per m³; dit getal beschouwen we als benedenschatting van de kostprijs (zie Tabel 7).

Tabel 7 Ruwe indicatie van de kosten voor suppletie van het kustfundament

Kustfundament						
suppletievolume	kostprijs			kosten		
	€ / m3			miljoen € /jaar		
12	3,5	tot	5	42	tot	60
39	3,5	tot	5	137	tot	195
63	3,5	tot	5	221	tot	315
83	3,5	tot	5	291	tot	415
135	3,5	tot	5	473	tot	675

Voor een eerste kostenschatting van mogelijk toekomstige suppleties in de Waddenzee en deltabekkens, ontbreken ervaringsgegevens. Het enige dat op voorhand duidelijk is betreft het feit dat in deze gevallen, de vaarafstand groter zal zijn dan bij kustfundamentsuppleties. Daarnaast is te verwachten dat in deze ecologisch kwetsbare gebieden, aan de uitvoering strengere eisen zullen worden gesteld. Beide factoren zullen een negatief effect hebben op de kostprijs. Om toch een eerste indruk te geven van kosten voor mogelijke suppleties in Waddenzee en Deltabekkens met een omvang overeenkomend met de sedimenttekorten bij een stijgende zeespiegel, gaan we (enigszins speculatief) uit van een kostprijs variërend tussen 5 en 15 € per m³ (zie Tabel 8).

Tabel 8 Ruwe, eerste indicatie van de kosten voor suppletie in Waddenzee en Deltabekkens, gebaseerd op een speculatieve kostprijschatting.

Waddenzee						Oosterschelde, Veerse Meer, Grevelingen, Haringvliet							
suppletievolume	kostprijs			kosten			suppletievolume	kostprijs			kosten		
	€ / m3			miljoen € /jaar				€ / m3			miljoen € /jaar		
15	5	tot	15	75	tot	225	4	5	tot	15	20	tot	60
27,5	5	tot	15	138	tot	413	8	5	tot	15	40	tot	120
60	5	tot	15	300	tot	900	11	5	tot	15	55	tot	165
							19	5	tot	15	95	tot	285

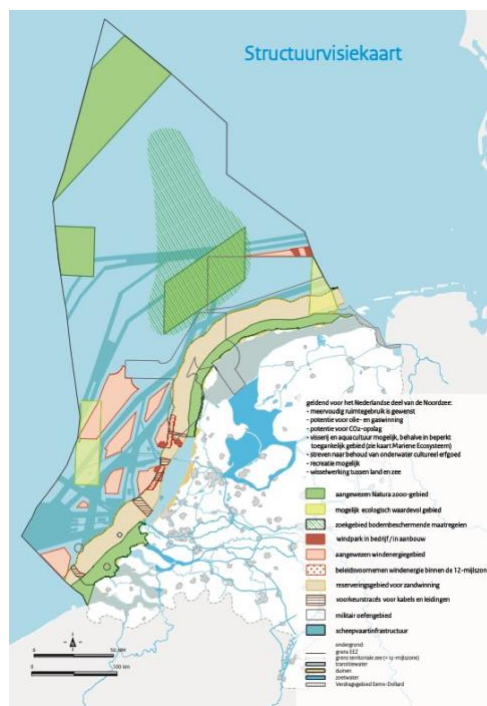


Fig. 3 Structuurvisiekaart in Beleidsplan Noordzee 2016 -2021, met indicatie van reserveringsgebied voor zandwinning

3. Zandwinning

3.1 Zandwinbeleid

Het huidige reserveringsgebied voor zandwinning (fig. 3) ligt binnen de 12 mijlszone, zeewaarts van de doorgetrokken -20m dieptelijn (i.e. de zeewaartse grens van het kustfundament). Het reserveringsgebied heeft een oppervlakte van 5200 km².

Op reguliere basis wordt momenteel ruim 25 miljoen m³ per jaar gewonnen, waarvan de helft als suppletiezand en de helft als ophoogzand. Dit betreft een oppervlakte van ongeveer 60 tot 90 km² per vijf jaar. De gemiddelde winddiepte in de voorbije jaren bedroeg twee meter.

Winning met een grotere diepte dan 2 meter heeft in de afgelopen jaren wel regelmatig plaatsgehad, onder andere ten behoeve van de Zandmotor en de aanleg van Maasvlakte 2 (hierbij is tot 20 m diep gewonnen). Een grotere winddiepte heeft de voorkeur zolang het risico op vertraagde rekolonisatie van bodemleven en zuurstofloosheid minimaal wordt gehouden en de helling van de put beperkt blijft. Bij een verdieping tot twee meter is de herstelperiode van het bodemleven vier á zes jaar. Voor een verdieping van zes á acht meter geldt waarschijnlijk een vergelijkbare herstelperiode, aangezien dergelijke verdiepingen ook als natuurlijke situatie in de zeebodem aanwezig zijn. Dit wordt nog nader onderzocht (Beleidsnota Noordzee 2016 – 2021).

3.2 Hoe lang volstaat het huidige reserveringsgebied voor zandwinning, in een hoe groot deel van het gebied wordt dan gewonnen, met welke frequentie en bandbreedtes ?

Kustfundament

Suppletiezandwinning heeft tot heden vooral plaatsgevonden met winddieptes tot 2 m. Het beleid spreekt wel zijn voorkeur uit voor diepere winning tot zes á acht meter (Beleidsnota Noordzee 2016 – 2021; zie boven). Om een indruk te krijgen van het ruimtebeslag op de Noordzeebodem van suppletiezandwinning voor het in standhouden van het kustfundament, bij verschillende scenario's van toekomstige zeespiegelstijging, zijn berekeningen gemaakt voor twee strategieën voor winddieptes: 2 meter en 8 meter. Aannemende dat elke winning plaats heeft op een 'vers' deel van de Noordzeebodem in het reserveringsgebied (met andere woorden de winfrequentie in de periode 2020 – 2100 is 1 maal per 80 jaar), levert dat de resultaten op, weergegeven in Tabel 9.

Uit deze theoretische benadering volgt dat voor het in standhouden van het kustfundament, tot 2050 bij een winddiepte van 2 meter, in 11 - 18 percent van het reserveringsgebied eenmalig winning plaats heeft; vanaf 2050 tot 2100 komt daar dan nog 40 - 65 percent bij. In het ongunstigste geval bedraagt tot 2100 het totale ruimtebeslag waar eenmalig zandwinning plaats heeft 83 percent.

Bij een winddiepte van 8 meter nemen deze percentages af naar 5 – 8 percent tot 2050 en naar 10-16 percent tussen 2050 en 2100. In het ongunstigste geval is dan tot 2100 het totale ruimtebeslag zo'n 24 percent.

Tabel 9 Theoretisch ruimtebeslag van suppletiezandwinning voor het in stand houden van het kustfundament, bij verschillende scenario's van zeespiegelstijging en strategieën voor winddiepte. Het percentage betreft het gedeelte van het huidige reserveringsgebied voor zandwinning (totaaloppervlak 5200 km² ofwel 5200 10*6 m²)

		suppletievolumen				ruimtebeslag									
		Kustfundament				winfrequentie 1 maal in totale periode 2020 - 2100									
		Deltabekkens				winddiepte 2 meter					winddiepte 8 meter				
		per jaar	per periode		per jaar	per periode		per jaar	per periode		per jaar	per periode			
			2020-2050	2050 - 2100		2020-2050	2050 - 2100		2020-2050	2050 - 2100		2020-2050	2050 - 2100		
			totaal			totaal	percent	totaal	percent		totaal	percent	totaal	percent	
		10*6 m ³ /jaar	10*6 m ³		10*6 m ² /jaar	10*6 m ²	%	10*6 m ²	%	10*6 m ² /jaar	10*6 m ²	%	10*6 m ²	%	
zeespiegelstijgsnelheid	10* -3 m) / jaar	2	12	360		6	180	3			2	75	1		
		6	39	1170		20	585	11			5	244	5		
		12	63	1890		32	945	18			8	394	8		
		17	83		4150	42			2075	40	10			519	10
		30	135		6750	68			3375	65	17			844	16

Kustfundament, Waddenzee en Deltabekkens gezamenlijk

Nemen we ook in beschouwing de suppletievolumes die bij toekomstige versnelling van de zeespiegelstijging, nodig zijn om naast het kustfundament ook in de Waddenzee en de Deltabekkens het negatieve saldo op de sedimentbalans aan te vullen, dan levert dat resultaten op als weergegeven in Tabel 10.

Tabel 10 Theoretisch ruimtebeslag van suppletiezandwinning voor het aanvullen van de tekorten op de sedimentbalans in het kustfundament, de Waddenzee en de Deltabekkens, bij verschillende scenario's van zeespiegelstijging en strategieën voor winddiepte. Het percentage betreft het gedeelte van het huidige reserveringsgebied voor zandwinning (totaaloppervlak 5200 km² ofwel 5200 10*6 m²)

		suppletievolumen				ruimtebeslag									
		Kustfundament, Waddenzee en				winfrequentie 1 maal in totale periode 2020 - 2100									
		Deltabekkens				winddiepte 2 meter					winddiepte 8 meter				
		per jaar	per periode		per jaar	per periode		per jaar	per periode		per jaar	per periode			
			2020-2050	2050 - 2100		2020-2050	2050 - 2100		2020-2050	2050 - 2100		2020-2050	2050 - 2100		
			totaal			totaal	percent	totaal	percent		totaal	percent	totaal	percent	
		10*6 m ³ /jaar	10*6 m ³		10*6 m ² /jaar	10*6 m ²	%	10*6 m ²	%	10*6 m ² /jaar	10*6 m ²	%	10*6 m ²	%	
zeespiegelstijgsnelheid	10* -3 m) / jaar	2	12	360		6	180	3			2	75	1		
		6	43	1290		22	645	12			5	269	5		
		12	86	2580		43	1290	25			11	538	10		
		17	121		6050	61			3025	58	15			756	15
		30	214		10700	107			5350	103	27			1338	26

Voor de periode tot 2050 blijken geen al te grote verschillen met de situatie waarin alleen suppleties plaats hebben in het kustfundament; bij winddieptes tot 2 meter ligt het ruimtebeslag waar eenmalig zandwinning plaats heeft, tussen 12 en 25 percent. Vanaf 2050, wanneer met name de Waddenzee

suppletie gaat vragen omdat natuurlijke aanvoer de stijgsnelheden van de zeespiegel niet meer kan volgen, nemen de totale suppletievolumes sterker toe. Het ruimtebeslag bij 2 meter winddiepte neemt tussen 2050 en 2100 toe tot 58 – 103 percent van het reserveringsgebied. In het ongunstigste scenario bedraagt dan het totale ruimtebeslag 128 percent. Het principe om binnen het reserveringsgebied nergens vaker dan eenmaal zand te winnen, is dan niet te handhaven. De keuzes zijn dan om voor een deel binnen het huidige reserveringsgebied (orde 30 percent van de oppervlakte) in de periode tot 2100, voor een tweede maal zand te winnen, de eenmalige zandwinning uit te breiden naar de tweede reserveringszone (eveneens met een totale oppervlakte van 5200 m²), of over te gaan op een grotere winddiepte.

Beschouwen we vanaf 2020 eenmalige zandwinnings met een 8 meter winddiepte, dan is het ruimtebeslag tot 2050 tussen 5 en 10 percent van de huidige reserveringszone; tussen 2050 en 2100 neemt dat percentage toe tot 15 – 26 percent. In het ongunstigste scenario bedraagt het totale ruimtebeslag bij een winddiepte van 8 meter 36 percent van het reserveringsgebied.

Samenvattend

Alleen gelet op het beschikbare oppervlak van het huidige reserveringsgebied voor zandwinning⁴, lijkt het huidige gebied ruim voldoende van omvang om de gevraagde suppletievolumes te kunnen leveren.

Voor het suppleren van alleen het kustfundament, is in alle zeespiegelstijgingsscenario's binnen RCP4.5, bij winddieptes van 2 meter waarbij tot 2100 nergens vaker dan eenmaal zand wordt gewonnen, het ruimtebeslag maximaal 83 percent. Wordt uitgegaan van een grotere winddiepte dan neemt dit percentage evenredig af. Bij winddieptes van 8 m is het totale ruimtebeslag tot 2100, in het ongunstigste geval 24 percent.

Om naast de vraag voor het kustfundament ook te voldoen aan een suppletievraag voor Waddenzee en Deltabekkens, kan in alle zeespiegelstijgingsscenario's binnen RCP4.5, voor een groot deel worden volstaan met winddieptes van 2 meter, waarbij tot 2100 nergens vaker dan eenmaal zand wordt gewonnen. In het ongunstigste scenario (waarbij theoretisch, bij deze benadering het ruimtebeslag 128 percent zou bedragen) kan worden gekozen om binnen een deel van het huidige reserveringsgebied de winfrequentie te verhogen, uit te wijken naar de tweede reserveringszone of (deels) de winddiepte te vergroten. Bij winddieptes van 8 meter is tot 2100 het totale ruimtebeslag, waarbij nergens vaker dan eenmaal wordt gewonnen, in het ongunstigste scenario 36 percent van het huidige reserveringsgebied.

3.2 Hoe lang duurt het voordat het ecosysteem/bodemleven zich herstelt na suppletie? Wat is beter, diepe putten of afschrappen?

De Beleidsnota Noordzee 2016 – 2021 schrijft over dit vraagstuk: "(...) Bij een verdieping van de zeebodem tot twee meter is de herstelperiode van het bodemleven vier á zes jaar⁵. Voor een verdieping van zes á acht meter geldt waarschijnlijk een vergelijkbare herstelperiode, aangezien dergelijke verdiepingen ook als natuurlijke situatie in de zeebodem aanwezig zijn. Dit wordt nog nader onderzocht ⁶(...) Een grotere winddiepte heeft de voorkeur zolang het risico op vertraagde rekolonisatie van bodemleven en zuurstofloosheid minimaal wordt gehouden en de helling van de put beperkt blijft..(..)"

⁴ Zandkwaliteit, eventueel ecologische aspecten en operationele - en kostenoverwegingen, laten we in deze eerste benadering achterwege.

⁵ Zie bijvoorbeeld: van Dalssen en Essink, 2001; van Dalssen et al., 2000

⁶ Zie bijvoorbeeld: de Jong, 2016

4. Rol van rivieren

4.1 Is het denkbaar om de rivieren zoveel ruimte te geven dat ze weer meer zand aanvoeren naar zee en de zandhonger daarmee vermindert?

Ook al wordt gesproken over de Nederlandse delta, de rol van rivieren in de Holocene opbouw van Nederland is beperkt. Slechts 18 percent van het Holocene sedimentvolume is door rivieren afgezet (...) de rest zijn kustsedimenten (...) waar bij oudere afzettingen op de zeebodem werden herwerkt en de kustlijn rechtgetrokken, aldus Van der Meulen et al. (2009). De conclusie die hieruit kan worden getrokken is dat een wijziging in de sedimentafvoer door rivieren, op de sedimentbalans van het hele kuststelsel slechts een geringe invloed zal hebben. Tenzij die wijziging een ongekennd grote omvang zou hebben.

Dat laatste ligt niet in de verwachting. Ten Brinke (2004) schat de benedenstroomse afvoer van zand via de rivieren op rond de 0,7 miljoen m³ jaar. Het grootste deel daarvan bezinkt in Biesbosch en het Hollands Diep. Transport naar zee is verwaarloosbaar. De post riviersediment op de sedimentbalans is van belang voor het Hollands Diep, maar niet voor de rest van het kuststelsel.

Zou dat kunnen veranderen door ingrepen zoals Ruimte voor de Rivier? Het scheppen van meer ruimte voor het water langs de rivieren, schept hier tevens meer ruimte voor sedimentatie. De verwachting is dus dat hierdoor benedenstrooms de afvoer van sediment verder zal afnemen. Een (vergroting van de) bijdrage aan het terugdringen van groeiende tekorten op de zandbalans van (onderdelen van) het kuststelsel ligt dan ook niet in de rede.

5. Referenties

Beleidsplan Noordzee 2016- 2021, gezamenlijke uitgave van Ministerie van Infrastructuur en Milieu Ministerie van Economische Zaken, Den Haag December 2014

M. Haasnoot, L. Bouwer, F. Diermanse, J. Kwadijk, A. van der Spek, G. Oude Essink, J. Delsman, O. Weiler, M. Mens, J. ter Maat, Y. Huismans, K. Sloff, E. Mosselman, 2018, Mogelijke gevolgen van versnelde zeespiegelstijging voor het Deltaprogramma. Een verkenning. Deltares rapport 11202230-005-0002.

de Jong, Maarten, 2016, The ecological effects of deep sand extraction on the Dutch continental shelf, *Implications for future sand extraction*. PhD Thesis, Wageningen University, Wageningen, NL (2016) 149 pages. ISBN: 978-94-6257-683-4

ten Brinke, Wilfried, 2004, De Beteugelde Rivier, Veen Magazines, Diemen 2004, 228 p., ISBN907698865x

van Dalfsen, J. A., and Essink, K. 2001. Benthic community response to sand dredging and shoreface nourishment in Dutch coastal waters. *Senckenbergiana Maritima*, 31: 329–332.

van Dalssen, J. A., Essink, K., Madsen, H. T., Birklund, J., Romero, J., and Manzanera, M. 2000. Differential response of macrozoobenthos to marine sand extraction in the North Sea and the Western Mediterranean. *ICES Journal of Marine Science*, 57: 1439–1445.

Van der Meulen, M.J., J.P.M. Mulder en A.J.F. van der Spek, 2009, De Nederlandse Delta bekeken door een bodembril; teveel water of te weinig sediment?, *Bodem* nr. 1, februari 2009, 16 - 19