

# **Invloed strandbebouwing op duinontwikkeling**

Bart van Westen



## Titel

Invloed strandbebouwing op duinontwikkeling

<b>Project</b>	<b>Kenmerk</b>	<b>Pagina's</b>
11203683-002	11203683-002-ZKS-0011	23

## Trefwoorden

Strandbebouwing, instuiving, duinen, waterveiligheid

## Samenvatting




In het kader van KPP-B&O Kust is een onderzoek uitgevoerd naar de invloed van strandbebouwing op duinontwikkeling. In dit rapport wordt een overzicht geboden van de onderzoeksresultaten uit de afstudeerscriptie van De Klerk (2019) en zijn er aanvullingen gedaan om het onderzoek te completeren. Op basis hiervan is gepoogd om handvatten te bieden voor het verder vormgeven van beleid rondom strandbouwwerken.

Door specifieke condities binnen het onderzochte gebied is het onderzoek niet direct generiek toepasbaar op andere locaties. Zo is er in het onderzochte gebied sprake van een relatief lage bebouwingsdichtheid, waardoor er nergens sprake is van een volledig eolische blokkade.

Wat betreft de invloed van strandbebouwing op de eolische processen lijkt er hooguit sprake van een tijdelijke afremming van het landwaartse transport. Met name het onderhoud en opbouw van de strandbebouwing heeft invloed op duinontwikkeling en is samen te vatten als volgt:

- Door menselijke activiteiten rondom strandbebouwing, zoals onderhoud, opbouw, opslag en transport, wordt duingroei geremd, dan wel volledig gestremd.
- De aanwezigheid van strandbebouwing kan resulteren in een zeereep met statische duinkarakteristieken.

De invloed van strandbebouwing draagt niet bij aan alle uitgangspunten voor wenselijke duinontwikkeling, zoals beschreven in het Nationaal Kader Kust. Puur vanuit duinperspectief geredeneerd, moet de invloed van strandbebouwing beperkt worden. Om dit te bewerkstelligen is een verscherping van bepaalde beleidsregels geadviseerd, zoals het in acht nemen van de potentiële duinontwikkeling in plaats van de verwachte duinontwikkeling bij het bepalen van de rooilijn.

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
0.1	nov. 2019	Bart van Westen		Marien Boers		Marcel van Gent	

## Status

concept

Dit document is een concept en uitsluitend bedoeld voor discussiedoeleinden. Aan de inhoud van dit rapport kunnen noch door de opdrachtgever, noch door derden rechten worden ontleend.



## Inhoud

<b>1</b>	<b>Introductie</b>	<b>1</b>
1.1	Context	1
1.2	Probleemstelling	1
1.3	Aanpak	2
1.4	Leeswijzer	2
<b>2</b>	<b>Conceptueel duinmodel</b>	<b>3</b>
2.1	Inleiding	3
2.2	Overzicht conceptueel duinmodel	3
2.3	Processen	4
2.4	Statische en dynamische duinen	5
2.5	Kwantificering van statische en dynamische duinkarakteristieken	7
<b>3</b>	<b>Invloed van strandbebouwing</b>	<b>10</b>
3.1	Blokkade eolisch sediment transport	10
3.1.1	Strandbebouwing op palen met vrije hoogte	10
3.1.2	Strandbebouwing zonder vrije hoogte	11
3.2	Opbouw en onderhoud van strandbebouwing	12
3.3	Invloed op vitaliteit helmgras	14
3.4	Samenvatting	15
<b>4</b>	<b>Handvatten voor beleid rondom strandbebouwing</b>	<b>16</b>
4.1	Invloed van strandbebouwing op nationale visie kustontwikkeling	16
4.2	Maatregelen ter beperking van invloed strandbebouwing	17
4.2.1	Maatregelen vanuit duinontwikkeling perspectief	17
<b>5</b>	<b>Discussie</b>	<b>19</b>
5.1	Beperkingen van het onderzochte gebied en bebouwingstypen	19
5.2	Beperkingen gerelateerd aan de scope van het onderzoek	19
5.3	Dynamisch kustbeheer	20
<b>6</b>	<b>Conclusie</b>	<b>22</b>
<b>7</b>	<b>Bibliografie</b>	<b>23</b>

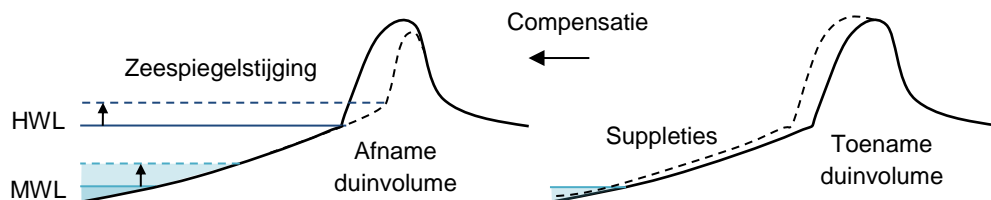


# 1 Introductie

## 1.1 Context

Duinen langs de Nederlandse kust dienen ter bescherming van het achterland tegen overstromingen. Bovendien biedt de zandige kust ruimte aan natuur en recreatieve activiteiten.

Eeuwenlang heeft de Nederlandse kust te maken gehad met een terugtrekkende kustlijn. In 1990 is besloten om het terugtrekken van de Nederlandse kustlijn te compenseren met suppleties (Rijkswaterstaat, 1990), zie Figuur 1-1. Rekening houdend met toekomstige zeespiegelstijging, zou het wenselijk zijn voor de duinontwikkeling om optimaal te profiteren van deze sedimenttoename door suppleties.



Figuur 1-1 Suppleties langs de Nederlandse kust.

Echter, door het toenemende kusttoerisme is er steeds meer bebouwing op het strand en tegen de duinvoet. Dit zou de duinontwikkeling kunnen beïnvloeden. In dit rapport is de invloed van strandbebouwing op duinontwikkeling onderzocht.

## 1.2 Probleemstelling

Rondom de invloed van strandbebouwing op duinontwikkeling heerst onzekerheid. De invloed van strandbebouwing zou een negatieve invloed kunnen hebben op de veiligheid van het achterland tegen overstromingen en op de ecologische waarden van duingebied. Om de invloed van strandbebouwing op duinontwikkeling te bepalen, zijn de volgende onderzoeksvraag opgesteld:

1. Hoe resulteren de combinatie van natuurlijke processen en menselijke activiteiten tot geobserveerde duinkarakteristieken?
2. Wat is de invloed van strandbebouwing op duinontwikkeling en de resulterende duinkarakteristieken?
3. Hoe is de invloed van strandbebouwing op duinontwikkeling te vertalen naar handvatten voor beleid rondom strandbebouwing?

## 1.3 Aanpak

Dit rapport is gebaseerd op de onderzoeksresultaten uit de afstudeerscriptie van De Klerk (2019), wat is uitgevoerd binnen KPP-B&O Kust. Er wordt een overzicht geboden van de onderzoeksresultaten en bovendien zijn er aanvullingen gedaan om het onderzoek te completeren. Deze aanvullingen hebben met name betrekking op de beleidsmaatregelen omschreven in hoofdstuk 4 en op de beperkingen van het uitgevoerde onderzoek.

Het beantwoorden van de onderzoeksvragen zal beginnen met het uitvoeren van een literatuurstudie. Daarnaast is er een data analyse uitgevoerd op twee datasets:

- (Shore, 2017) UAV (Unmanned Aerial Vehical) metingen in een periode van 2015–2018, bestaande uit Photogrammetry en LiDAR. Omwille van de nauwkeurigheid van de metingen zijn in dit onderzoek alleen de LiDAR metingen gebruikt. Om seizoensinvloeden te filteren, zijn alleen de metingen uit september 2017 (LiDAR) en september 2018 (LiDAR) geanalyseerd. De metingen dekken twee onderzoeksgebieden; één nabij Julianadorp en één nabij Sint Maartenszee.
- (De Klerk, 2019) Om de invloeden van opbouwen en onderhoudswerkzaamheden rondom de strandbebouwing vast te leggen, zijn er aanvullende LiDAR metingen uitgevoerd.

De resultaten van de literatuurstudie en data analyse zijn gecombineerd om een conceptueel duinmodel op te zetten. In dit model worden de ontwikkeling en karakteristieken van verschillende duinstaten beschreven. Vervolgens is aan de hand het conceptuele duinmodel de invloed van strandbebouwing op duinontwikkeling beschreven.

Hierbij moet worden opgemerkt dat binnen het onderzoeksgebied een aantal specifieke condities van toepassing zijn, zoals stromingen en geulen vlak langs de kust, een laag kalkgehalte in vergelijking met de rest van Nederland en bepaalde afspraken tussen strandpaviljoenhouders en het waterschap. Hierdoor zijn de onderzoeksresultaten niet volledig generiek toepasbaar op andere locaties.

## 1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt een conceptueel duinmodel beschreven en gekwantificeerd aan de hand van veldmetingen (onderzoeksvraag 1). Vervolgens is in hoofdstuk 3 het model toegepast om de invloed van strandbebouwing te kunnen omschrijven (onderzoeksvraag 2). Op basis hiervan is gepoogd handvatten te bieden voor het verder vormgeven van beleid rondom strandbouwwerken in hoofdstuk 4 (onderzoeksvraag 3). Het rapport wordt afgesloten met de discussie (hoofdstuk 5) en conclusie (hoofdstuk 6).

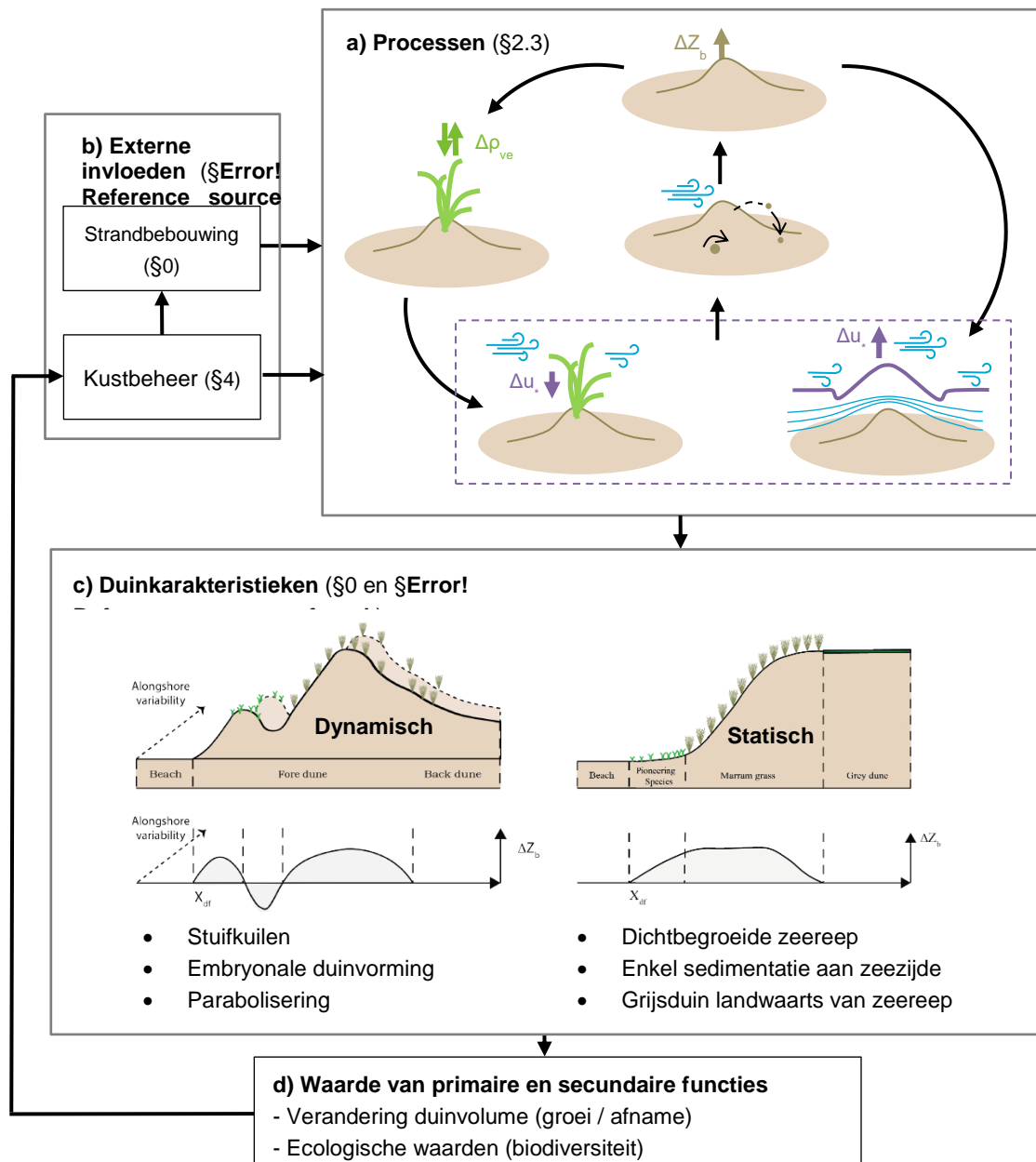


## 2 Conceptueel duinmodel

### 2.1 Inleiding

Om een overzicht te verkrijgen van de relevante duinontwikkelingsprocessen en de resulterende duineigenschappen, is er een conceptueel model opgezet (De Klerk, 2019) en toegepast om de invloed van strandbouwwerken op duinontwikkeling te kunnen beschrijven. De opzet van het conceptuele duinmodel is onderbouwd aan de hand van literatuur en is vervolgens gekwantificeerd met veldmetingen (Shore, 2017; De Klerk, 2019).

### 2.2 Overzicht conceptueel duinmodel



Figuur 2-1 Overzicht conceptueel duinmodel.

Een overzicht van het conceptuele duinmodel is weergegeven in Figuur 2-1. Duinen zijn het resultaat van de interactie tussen fysieke en biologische processen (a). Externe invloeden, zoals menselijke activiteiten, kunnen ingrijpen op deze processen (b).

De mate van menselijke invloed en de interactie tussen de verschillende processen, resulteren uiteindelijk in duinstaten met verschillende karakteristieken. Binnen dit conceptueel duinmodel worden deze duinstaten onderverdeeld naar een dynamische en statische duinstaat (c). De staat van de duin kan invloed hebben op de menselijke waardering van de functies. Zo biedt de statische duin meer zekerheid op het gebied van veiligheid tegen overstromingen en heeft dynamische duin bepaalde verhoogde ecologische waarden. Dit kan vervolgens weer invloed hebben op het beleid rondom duinbeheer.

## 2.3 Processen

Ontwikkeling van duinen is het gevolg van interactie tussen biologische en fysische processen, met als basis het transport van sediment door wind: eolisch sedimenttransport. Ruimtelijke variatie in het windveld kan resulteren in erosie en sedimentatie. De gradiënten in het windveld worden veroorzaakt door:

- Ruwheidselementen op het strand / in de duin, zoals vegetatie;
- Reeds bestaande morfologie (interactie morfologie en windveld).

De aanwezigheid van vegetatie, veelal helmgras, heeft een lokaal reducerend effect op de windsnelheid, waardoor sedimentatie optreedt rondom vegetatie. Aangezien de vitaliteit van helmgras afhankelijk is van vers stuivend zand, ontstaat er een positief feedbackmechanisme tussen duinvegetatie en sedimentatie. De interactie tussen deze verschillende processen is getoond in Figuur 2-1-a.

### Menselijke invloed

Invloeden van buitenaf, zoals menselijke activiteiten, haken in op deze processen en hebben daarmee invloed op de ontwikkeling van duinen. In Figuur 2-2 zijn een aantal voorbeelden gegeven van deze invloeden.



Figuur 2-2 Invloed van menselijk ingrijpen op duinontwikkelingsprocessen. Bovenste rij foto's vanuit De Klerk (2019). Onderste rij foto's, van link naar rechts 1, 2, 3.

<sup>1</sup><https://www.royalhaskoningdhv.com/en-gb/australia/projects/lincshore-beach-renourishment/822>

<sup>2</sup><https://duinlandschapnederland.wordpress.com/kenmerken-van-het-duinlandschap/>

<sup>3</sup><https://www.griendhouthandel.nl/nl/griendhout-producten/stuifschermen/>

## 2.4 Statische en dynamische duinen

In het conceptuele duinmodel is een onderscheid gemaakt tussen twee uiterste staten binnen het spectrum van Nederlandse duinlandschappen: een statische en een dynamische duinstaat (zie Figuur 2-1-c).

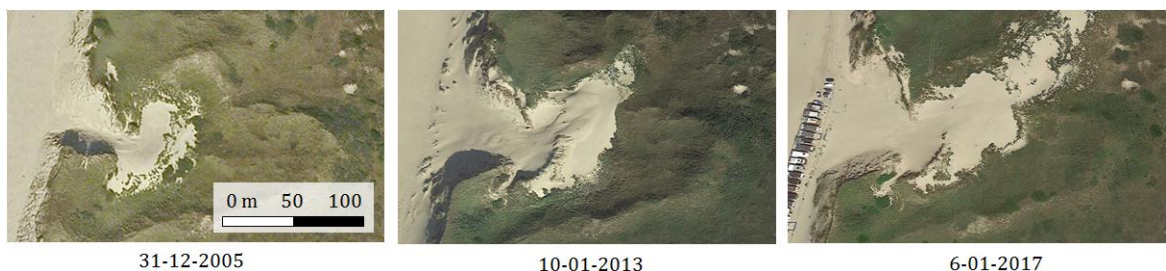
Om duinerosie tegen te gaan en daarmee de bescherming van het achterland te verbeteren, is in Nederland de zeereep eeuwenlang gestabiliseerd door het aanplanten van helmgras. Dit heeft geresulteerd in veel statische duingebieden (zie Figuur 2-3). Bij een statisch duin treedt de dichtbegroeide zeereep op als een blokkade tegen landwaarts eolisch sediment transport, waardoor duingroei zich beperkt tot de zeewaartse zijde. Een statisch duin is gekenmerkt door beperkte morfologische activiteit en een lage biodiversiteit landwaarts van de zeereep. De zeereep wordt in dit rapport gedefinieerd als de eerste duinenrij vanaf zee.



Figuur 2-3 Voorbeeld van statische duin, nabij Nieuw-Haamstede (Google Earth, sd).

In tegenstelling tot de statische duin, worden dynamische duinen gekenmerkt door dynamische karakteristieken, zoals embryonale duingroei, duinafslag, een ruimtelijk en temporele variatie van de locatie van de duinvoet en stuifkuilen (kerven en kuilen).

Door de aanwezigheid van stuifkuilen (zie Figuur 2-4 en Figuur 2-5) kan het zand verder landinwaarts worden getransporteerd. De verschillende fasen van de ontwikkeling van een stuifkuil zijn beschreven in Tabel 2-1.

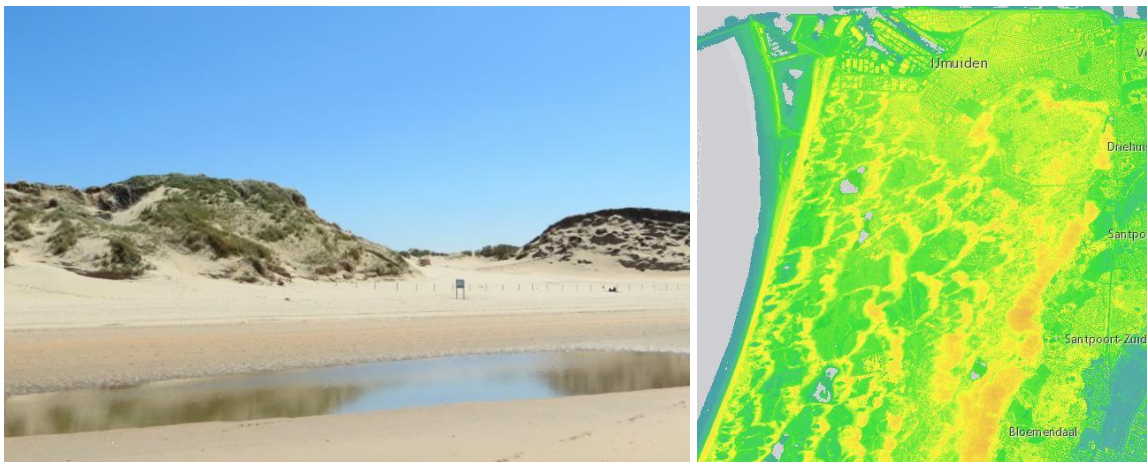


Figuur 2-4 Ontwikkeling van een stuifkuil nabij Castricum (Google Earth, sd)

Tabel 2-1 Verschillende fasen van ontwikkeling van stuifkuilen, gebaseerd op (Schwarz, Brinkemper, & Ruessink, 2019).

Fase	Omschrijving
Start erosie	Door natuurlijke processen of menselijk ingrijpen wordt de vegetatie op de begroeide bovenlaag verwijderd. Hierdoor wordt het eerder vastgelegde sediment onderhevig aan erosieve processen.
Landwaartse migratie	Ter plaatse van de erosie ontstaat er een stuifkuil in de zeereep. Het getransporteerde sediment begraaft landwaarts vegetatie, wat afsterft en resulteert in verdere uitbreiding van de kuil. Wanneer de stuifkuil is los geraakt van de zeereep, kan een parabol duin verder landwaarts migreren (parabolisering).
Herstel zeereep	Wanneer de bodemhoogte in de kuil een evenwicht heeft bereikt en de erosieve processen zijn gestopt, zal vegetatie gaan terugkeren. Hierdoor zal opnieuw sediment ingevangen worden, waardoor er herstel optreedt van de zeereep.

Een volledig dynamisch duinlandschap kenmerkt zich door een zeereep vol met stuifkuilen en eventueel parabolische duinen die migreren met de windrichting. Dat dit vroeger heeft opgetreden is terug te zien in hoogtekarten van Nederlandse duingebieden (zie Figuur 2-6).



Figuur 2-5 Links: Stuifkuil nabij Castricum (Google Earth, sd).

Figuur 2-6 Rechts: Hoogtekaart kustgebied nabij IJmuiden (AHN, sd) met veel restanten van parabolisering.

In plaats van volledige stabilisatie van de zeereep, wordt tegenwoordig in Nederland vaker gekozen om de natuurlijke processen meer hun gang te laten gaan en dynamische duinen te herintroduceren langs de Nederlandse kust. Deze beheerstrategie wordt dynamisch kustbeheer genoemd (zie <https://www.dynamischkustbeheer.nl/>).

In een notitie over de visie op dynamisch kustbeheer (STOWA, 2010) worden de doelen van dynamisch kustbeheer als volgt omschreven:

**“Bijdrage aan duurzame veiligheid.** Als wind en/of zee de ruimte hebben om sediment af te zetten, kunnen (buitendijkse) duinen en kwelders meegroeien met de stijgende zeespiegel. Dit proces wordt nu vaak belemmerd door de aanwezigheid van een dichte begroeide en stabiele zeereep. Dynamisch kustbeheer komt er op neer dat het ontstaan van kuilen en kerven in de zeereep wordt toegestaan, voor zover mogelijk uiteraard. Daardoor kan het zand naar binnen waaien. Lokaal is er wellicht ruimte voor de ontwikkeling van washovers. Dat zijn openingen in de zeereep waardoor de zee bij hoge stormvloed het achterliggende buitendijkse gebied instroomt en daar sediment afzet. De zeereep wordt zo een doorgeefluik van sediment.”

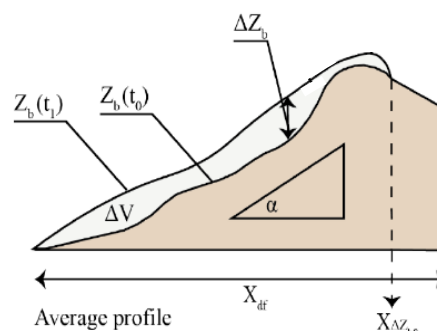
**“Bijdrage aan veerkrachtige natuur.** De regelmatige aanvoer van vers zeezand en/of zout water zorgt er voor dat het gebied niet dichtgroeit met struiken en bomen en dat de vegetatie wordt verjongd. Een meer dynamisch kustbeheer is de motor van een dynamisch duingebied en zal niet alleen de diversiteit van strand en zeereep, maar ook van het achterliggende landschap positief beïnvloeden. Ook kustbroedvogels profiteren van dynamiek en hebben de beste broedkansen in dynamische gebieden.”

Echter heeft dynamisch kustbeheer ook praktische bezwaren:

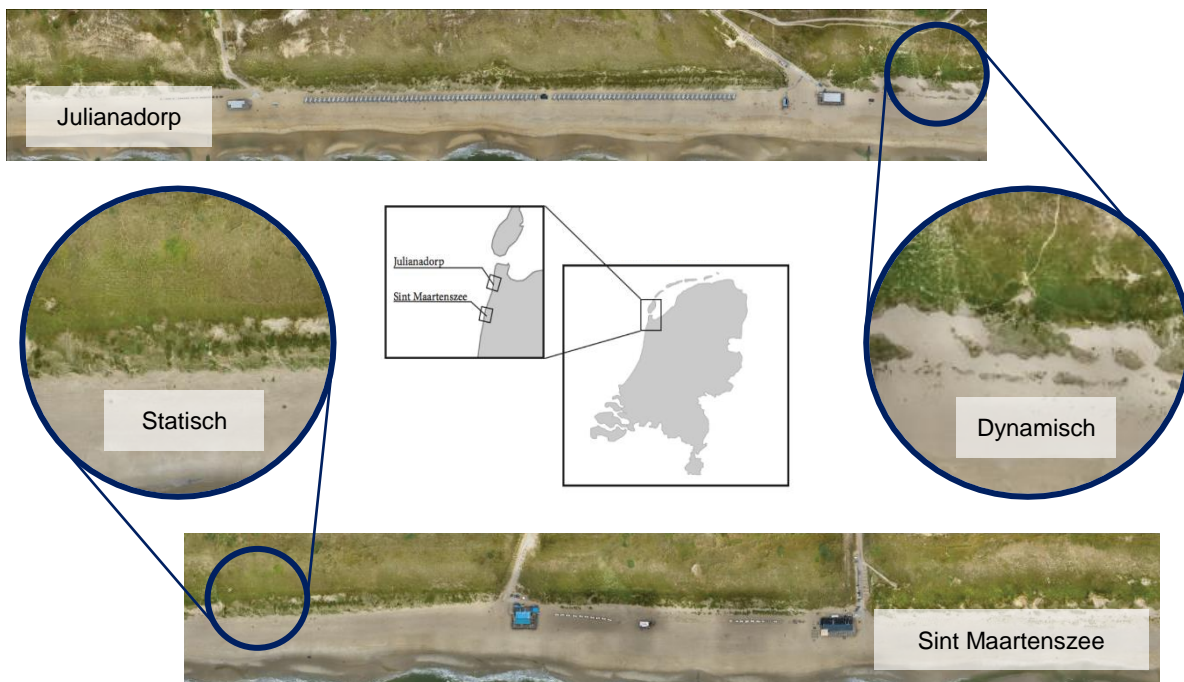
- Ten gevolge van de ruimtelijke variatie in de zeereep en het dynamische karakter van het duingebied is de veiligheid van het achterland tegen overstromingen moeilijker om te kwantificeren en daarmee te garanderen.
- Dynamisch kustbeheer is lastig te combineren met reeds bestaande gebruiksfuncties binnen een duingebied. Zo kan stuifzand overlast veroorzaken voor de infrastructuur en zijn dynamische ontwikkelingen lastig te combineren met activiteiten zoals waterwinning.
- De ogenschijnlijk onveilige situatie, terugkerende stuifproblematiek en kennisgebrek over de voordelen, zouden een negatieve invloed kunnen hebben op de sociale acceptatie.

## 2.5 Kwantificering van statische en dynamische duinkarakteristieken

Om de bovenstaande conceptuele beschrijving van statische en dynamische duinen te kwantificeren zijn twee referentiegebieden gekozen (De Klerk, 2019); één statisch gebied nabij Sint Maartenszee (RSP 1729) en één dynamisch gebied nabij Julianadorp (RSP 648) (zie Figuur 2-8). Voor beide gebieden is een aantal duinkarakteristieken gekwantificeerd (Figuur 2-7), waarmee de gebieden met elkaar vergeleken kunnen worden.

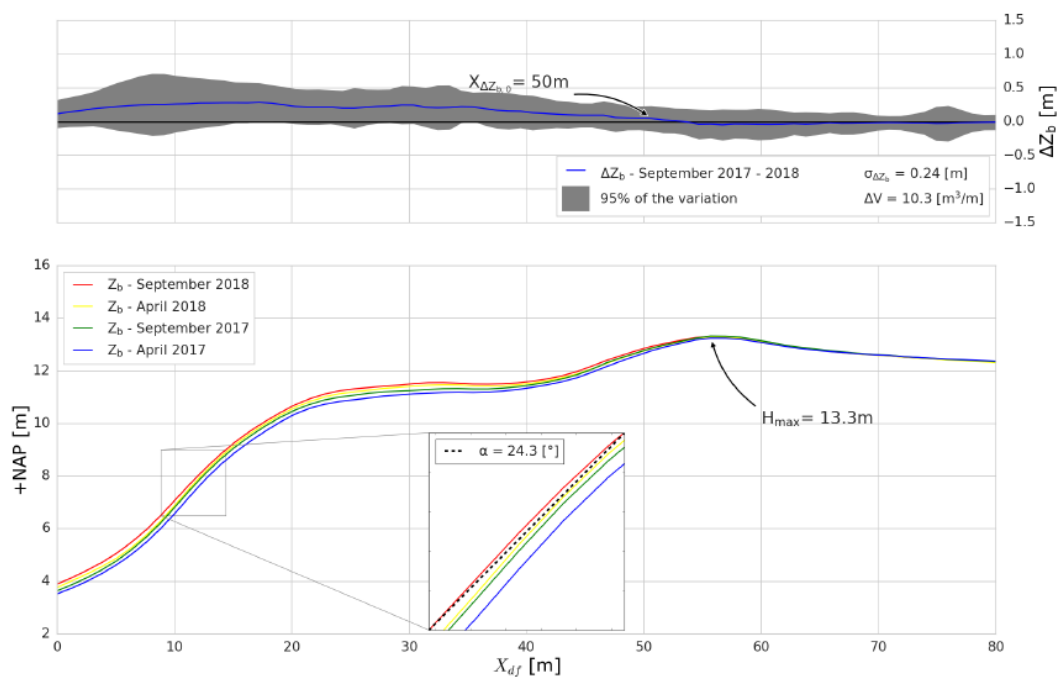


Figuur 2-7 Visuele weergave van duinkarakteristieken (De Klerk, 2019).

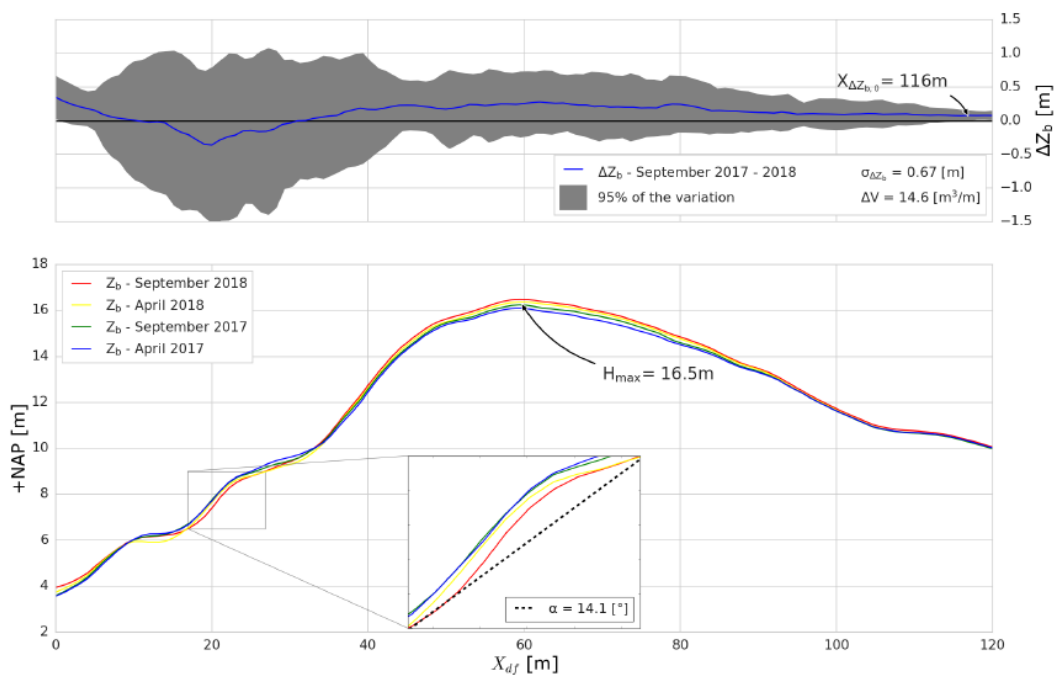


Figuur 2-8 Locaties van de dynamische en statische referentiegebieden (Google Earth, sd)

Bij het dynamische referentie gebied moet de opmerking geplaatst worden dat dit geen volledig dynamisch gebied is, maar relatief dynamisch binnen het beschikbare onderzoeksgebied. Zo bevat het referentie gebied een aantal dynamische kenmerken, zoals (startende) stuifkuilen en embryonale duinvorming.



Figuur 2-9 Morfologische verandering over een periode van één jaar en het dwarsprofiel van het statische referentiegebied, zie Figuur 2-8 voor een omschrijving van de locatie (De Klerk, 2019).



Figuur 2-10 Morfologische verandering over een periode van één jaar en het dwarsprofiel van het dynamische referentiegebied, zie Figuur 2-8 voor een omschrijving van de locatie (De Klerk, 2019).

Figuur 2-9 (statisch referentiegebied) en Figuur 2-10 (dynamisch referentiegebied) tonen een verzameling van duinkarakteristieken, waarmee het mogelijk wordt om de verschillen tussen statische en dynamische duinontwikkeling te kwantificeren. Op de x-as staat de afstand vanaf de duinvoet (4 m + NAP) in landwaartse richting uitgezet. In de bovenste grafiek van beide figuren wordt de morfologische verandering over één jaar gevisualiseerd en de onderste plot toont het duinprofiel voor vier meetmomenten. De zwarte stippellijn in de onderste grafieken toont de helling van een representatief gedeelte van de zeezijde in de zeereep (De Klerk, 2019).

Uit de figuren kunnen de bepaalde observaties gedaan worden. Deze dienen ter onderlinge vergelijking en er zijn geen vergelijkingen gemaakt buiten het onderzoeksgebied.

- In het dynamische referentiegebied reiken morfologische veranderingen verder landwaarts. In het statische referentiegebied vindt vrijwel alle sedimentatie plaats voor de top van de zeereep. Dit suggereert dat de duingroei zich beperkt tot de zeewaartse zijde door een blokkade van het eolische transport, als gevolg van het dichtbegroeide karakter of door de steile zeezijde van de zeereep (*Dynamisch*: 116 m, *Statisch*: 50 m).
- In het statische referentiegebied is de gemiddelde hellingshoek van het duinfront groter. (*Dynamisch*: 14.1°, *Statisch*: 24.3°).
- In het dynamische referentiegebied is de gemiddelde toename van het duinvolume groter (*Dynamisch*: 14.6 m<sup>3</sup>/m, *Statisch*: 10.3 m<sup>3</sup>/m).

### 3 Invloed van strandbebouwing

De bovenstaande conceptuele omschrijving van duinontwikkeling langs de Nederlandse kust en de kwantificering ervan dienen als raamwerk voor de beschrijving van invloed van strandbebouwing.

#### 3.1 Blokkade eolisch sediment transport

De meest voor de hand liggende invloed van strandbebouwing op duinontwikkeling is de blokkade van het eolische sediment transport door de fysieke aanwezigheid van de bebouwing. Hierin wordt onderscheid gemaakt tussen strandbebouwing op palen en op zandbanketten.

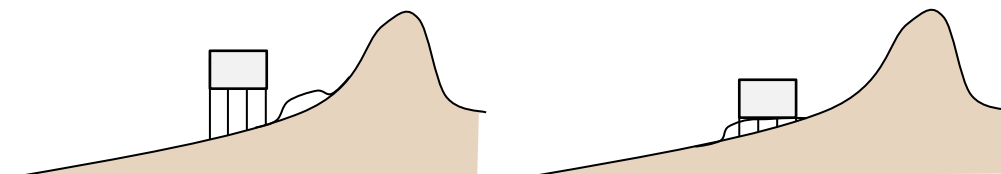
##### 3.1.1 Strandbebouwing op palen met vrije hoogte

In het geval van strandbebouwing op palen is de eolische invloed vooral lokaal. In de luwte van de bebouwing zal sedimentatie optreden, waardoor er een ophoping van zand ontstaat. Door de interactie tussen morfologie en windvelden zal uiteindelijk tot een balans in sedimenttransport leiden. Zolang het sediment niet verplaatst wordt door menselijk ingrijpen is deze ophoping dus hooguit een tijdelijk afremming van de duingroei. Binnen het gekozen onderzoeksgebied dient de Reddingsbrigade Sint Maartenszee als voorbeeld voor een dergelijk situatie (zie Figuur 3-1).



Figuur 3-1 Sedimentatie in luwte van Reddingsbrigade Sint Maartenszee (De Klerk, 2019).

Vaak is de hoogte van de palen gebaseerd op de hoogte van de stormoploop. Dit hoeft niet per definitie te betekenen dat er vrije hoogte beschikbaar is voor eolische processen tussen het zandbed en de onderkant van de bebouwing. De beschrijving hierboven geldt alleen wanneer er vrije hoogte beschikbaar is en blijft voor eolisch sedimenttransport.



Figuur 3-2 Locatie sedimentatie in geval van strandbebouwing met vrije hoogte en zonder vrije hoogte.



### 3.1.2 Strandbebouwing zonder vrije hoogte

Wanneer er geen vrije hoogte voor eolisch transport beschikbaar is tussen de strandbebouwing en het zandbed, zal sedimentatie zeewaarts of onder de strandbebouwing optreden. In de praktijk zal dit leiden tot zand op ongewenste plekken, zoals op looppaden of opslaggebieden, met ingrijpen van ondernemers als gevolg.

Zolang het handmatige verplaatsen van sediment beperkt kan blijven en de onderlinge afstanden groot genoeg zijn, kan het sediment in een later stadium alsnog naar het achterliggende duingebied getransporteerd worden. In dit geval zou de eolische blokkade slechts een tijdelijk effect hebben op duinontwikkeling. Dit is bijvoorbeeld het geval bij kleine lintbebouwing met voldoende tussenruimte, zoals kleedhokjes en vakantiehuisjes.

Er zijn echter situaties waarbij er sprake is een hogere bebouwingsgraad, zodanig dat er wel een volledige blokkade van eolisch transport kan optreden. Binnen het gekozen onderzoeksgebied zijn er geen voorbeelden van een dergelijke situatie, maar bij andere Nederlandse badplaatsen kan deze volledige blokkade van eolisch sediment wel plaats vinden. In Figuur 3-3 is de situatie nabij Castricum weergegeven als voorbeeld van een dergelijke situatie.



*Figuur 3-3 Dichtbebouwde strook strandpaviljoens nabij Castricum (Google Earth, sd).*

Samenvattend, in de meeste gevallen leidt de aanwezigheid van strandbebouwing tot hooguit een tijdelijke blokkade van het eolisch transport. Ook veldmetingen geven geen aanleiding om eventuele reductie van duingroei (enkel) te herleiden naar eolische blokkade.

De eolische blokkade van sediment transport wordt pas problematisch wanneer...

- ... geblokkeerd sediment met regelmaat (zeewaarts) verplaatst wordt voor gebruiks- of onderhoudsdoeleinden (zie paragraaf 3.2). In deze situatie is niet de eolische blokkade de kern van het probleem, maar het menselijke ingrijpen (bijvoorbeeld door ondernemers) als gevolg hiervan. Het is belangrijk om dit onderscheid te maken, omdat de oplossing vooral gezocht moet worden bij de methode van opbouwen en onderhouden van de strandbebouwing.
- ... er sprake is van meerdere gebouwen, met hoge bebouwingsgraad en relatief kleine onderlinge afstanden, dusdanig dat er geen mogelijkheid meer is voor landwaarts sedimenttransport. Binnen het onderzoeksgebied was een dergelijke situatie niet beschikbaar en is daarom in dit rapport niet verder onderzocht.

### 3.2 Opbouw en onderhoud van strandbebouwing

Enkel de fysieke aanwezigheid van strandbouwwerken heeft dus slechts een beperkte invloed op de duinontwikkeling, maar met name het opbouwen en onderhouden van strandbebouwing beïnvloedt duinontwikkeling.

Tijdens het opbouwen en onderhouden van strandbebouwing worden zandverschuivingen uitgevoerd. Redenen voor het verschuiven van zand kunnen verschillen:

- Aanzanding op ongewenste locaties, zoals opslaglocaties of tegen de voorkant van strandbebouwing.
- Het opbouwen van strandbebouwing op een zandbanket, waarbij het zand afkomstig is van de duinvoet (zeewaarts) of het strand (landwaarts).

De invloed van zandverschuivingen op duinontwikkeling is met name afhankelijk van de uiteindelijke afzetlocaties, welke zijn onderverdeeld in drie categorieën (zie Figuur 3-4):

#### A. Beperkte vertraging duingroei

*Zandverschuiving kustdwars: Landwaarts of niet*

*Zandverschuiving kustlangs: Binnen originele raai*

Bij het verschuiven van zand wordt rekening gehouden met een zo snel mogelijk vervolg van het landwaarts eolisch transport en is de invloed op duinontwikkeling slechts tijdelijk.

#### B. Significante vertraging duingroei

*Zandverschuiving kustdwars: Zeewaarts, maar boven de hoogwaterlijn*

*Zandverschuiving kustlangs: Nabij de originele raai*

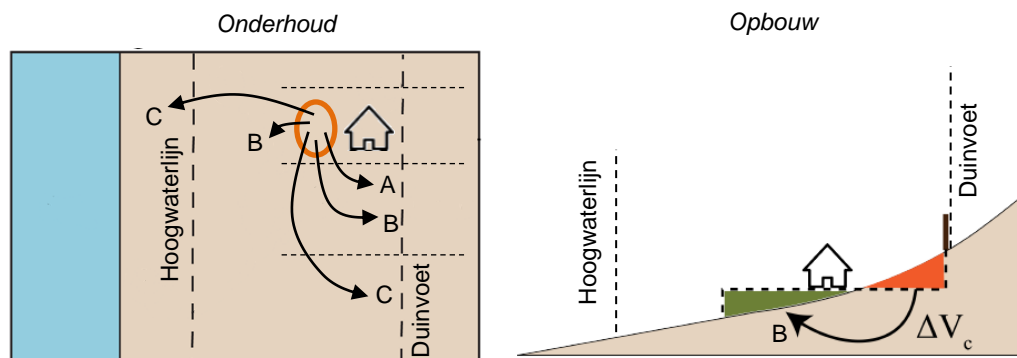
Zeewaartse zandverschuivingen over relatief korte afstand resulteren in een of verplaatsingen kustlangs zullen leiden tot een reductie van de duingroei, omdat het sediment slechts gedeeltelijk of met een vertraging naar de zeereep getransporteerd wordt. Het aanleggen van een zandbanket in zeewaartse richting valt ook onder deze categorie van zandverschuivingen (zie Figuur 3-5).

#### C. Volledige vertraging duingroei

*Zandverschuiving kustdwars: Zeewaarts tot onder de hoogwaterlijn*

*Zandverschuiving kustlangs: Ver buiten de originele raai*

Door zeewaartse zandverschuivingen tot achter de hoogwaterlijn, komt het sediment weer beschikbaar in de swash zone en zal het sediment verloren gaan in kustlangse richting. Hetzelfde gebeurt wanneer de zandverschuivingen dermate ver kustlangs zijn dat het sediment volledig uit de originele raai verdwijnt (zie Figuur 3-6).



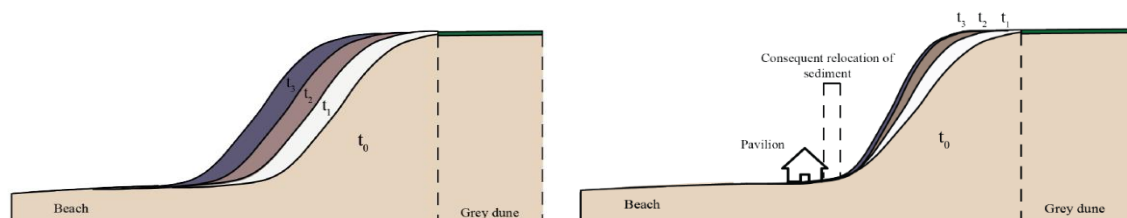
Figuur 3-4 Verschillende afzetlocaties zandverschuivingen (De Klerk, 2019).



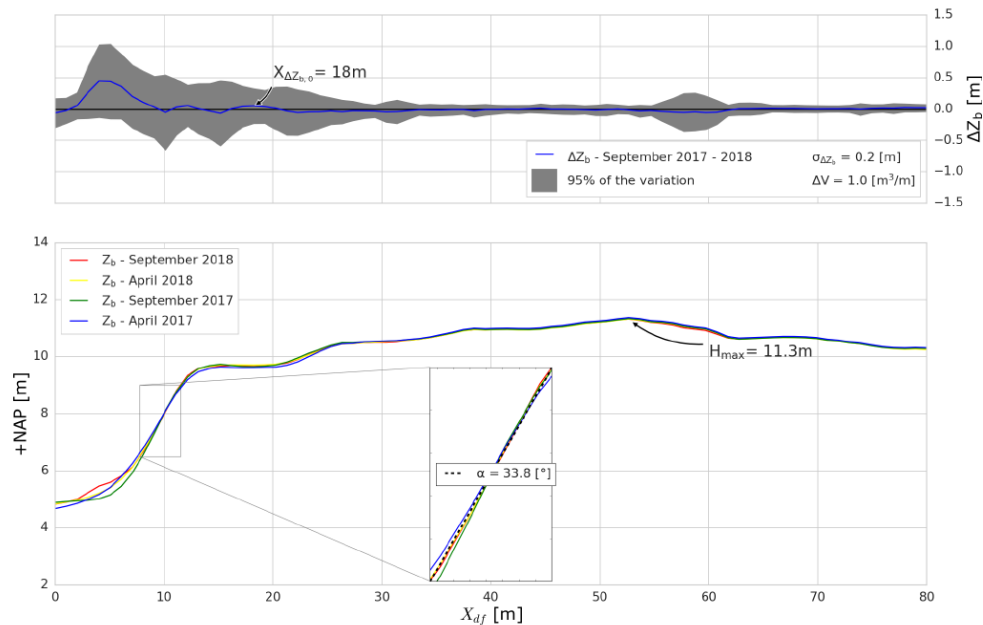
Figuur 3-5 Links: Aanleg van een zandbanket voor lintbebouwing, door afgraven van de duinvoet. (De Klerk, 2019)

Figuur 3-6 Rechts: Zeewaartse sedimentverschuiving tot onder hoogwaterlijn, verplaatsingstype C. (De Klerk, 2019)

Het regelmatig verschuiven van sediment kan ook direct invloed hebben op het dwarsprofiel van de zeereep. Bij veel strandbebouwing wordt met regelmaat nabij de duinvoet zand verschoven, waar zich vaak looppaden of opslag bevinden. Door de aanzanding nabij de duinvoet regelmatig te verschuiven, terwijl de rest van de zeereep blijft aangroeien, zal de helling van de zeereep steiler worden (zie Figuur 3-7). Deze steiler wordende helling beperkt het landwaartse transport verder en kan uiteindelijk leiden tot een volledige blokkade eolisch transport. Deze situatie lijkt bereikt te zijn bij bijvoorbeeld strandpaviljoen NewZuid Sint Maartenszee (zie Figuur 3-8).



Figuur 3-7 Steiler worden van helling zeereep door regelmatig onderhoud / gebruik landwaarts van strandbebouwing (De Klerk, 2019).



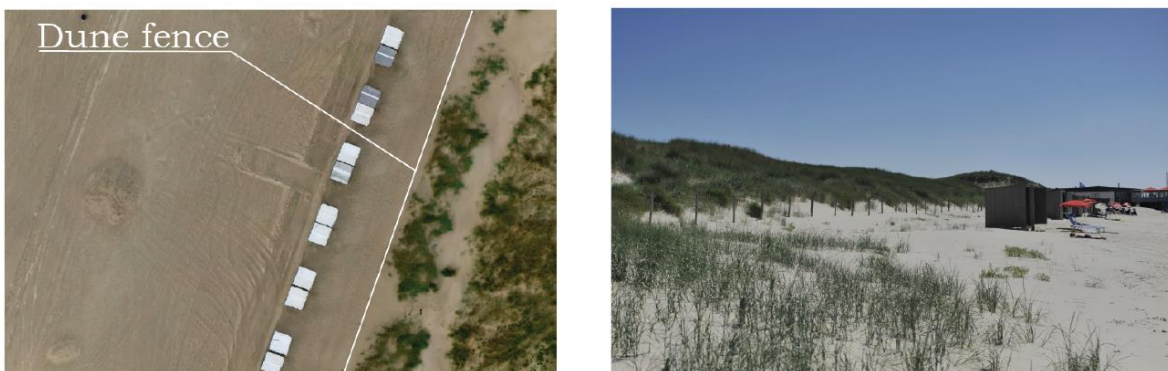
Figuur 3-8 Morfologische verandering over een periode van één jaar en het dwarsprofiel bij strandpaviljoen NewZuid (De Klerk, 2019).

### 3.3 Invloed op vitaliteit helmgras

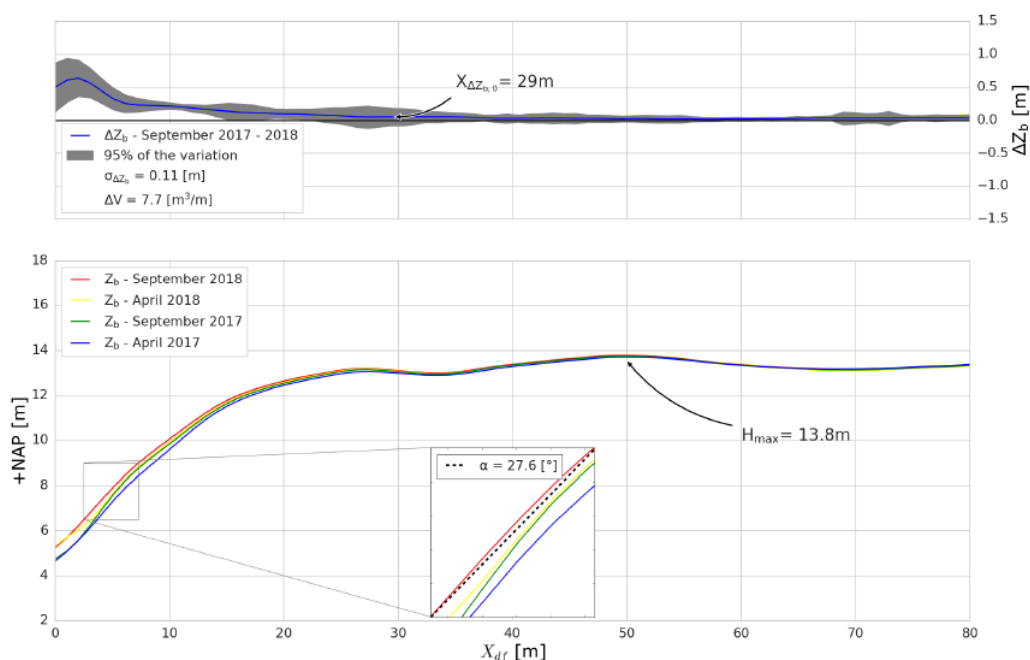
In het onderzochte gebied lijkt het helmgras achter strandbebouwing vitaler in vergelijking met autonome gebieden. Voor deze observatie kunnen verschillende verklaringen zijn:

- Menselijke activiteiten voorkomen het ontkiemen van vegetatie en daarmee embryonale duinformatie rondom de duinvoet. Het ontbreken van helmgras en embryo duinen rondom de strandhuisjes is getoond in Figuur 3-9. Hierdoor wordt relatief veel vers stuifzand richting de zeereep getransporteerd, wat groei van helmgras op de zeereep stimuleert.
- Door de fysieke aanwezigheid van strandbebouwing wordt het helmgras op de zeereep afgeschermd van de abiotische condities aan de kust, zoals wind en zout spray. Dit stimuleert de groei van het helm.

Door de verhoogde vegetatiedichtheid op de zeereep, treedt er meer eolische blokkade op bij de zeereep en wordt het statische karakter van de duin versterkt (zie Figuur 3-10).



Figuur 3-9 Invloed strandbebouwing op vitaliteit helmgras Landal vakantiehuysjes (De Klerk, 2019).



Figuur 3-10 Morfologische verandering over een periode van één jaar en het dwarsprofiel bij lintbebouwing van Landal vakantiehuisjes (De Klerk, 2019).

### 3.4 Samenvatting

Door de combinatie van eolische blokkade en het vervolgens menselijke verplaatsen van sediment wordt de aangroei van duinen vertraagd. De gevolgen van het menselijk ingrijpen zijn hierin dominantier dan de eolische blokkade.

Door strandbebouwing wordt het duingebied statischer. Er ontwikkelt zich een continue zeereep met een blokkerend effect, resulterend in geen tot weinig sedimentatie verder landinwaarts. De blokkerende zeereep is het gevolg van een vitaler helm en steil talud achter strandbebouwing. Deze statische ontwikkeling heeft een vertragend effect op duingroei. De duinkarakteristieken in Tabel 3-1 suggereren dat de duingebieden achter strandbebouwing statischer zijn dan het statische referentiegebied.

Tabel 3-1 Overzicht van duinkarakteristieken voor autonome en bebouwde gebieden (De Klerk, 2019).

			Dynamisch	Statisch	Landal	Paviljoen
$X_{Z_b,0}$	m	Landwaartse afstand van de duinvoet tot aan het punt met verwaarloosbare morfologische veranderingen.	116	50	29	18
$\alpha$	°	Helling van de voorduin.	14.1	24.3	27.6	33.8
$\Delta V$	m <sup>3</sup> /m	Verandering in duinvolume per strekkende meter.	14.6	10.3	7.7	1.0

## 4 Handvatten voor beleid rondom strandbebouwing

### 4.1 Invloed van strandbebouwing op nationale visie kustontwikkeling

In dit hoofdstuk worden de verkregen resultaten vertaald naar een handreiking die gebruikt kan worden bij de verdere vormgeving van beleid rondom strandbebouwing. De invloed van strandbebouwing op duinontwikkeling valt als volgt samen te vatten:

- Door menselijke activiteiten rondom strandbebouwing, zoals onderhoud, opbouw, opslag en transport, wordt duingroei geremd, dan wel volledig gestremd.
- De aanwezigheid van strandbebouwing kan resulteren in een zeereep met statische duinkarakteristieken.

In het Nationaal Kader Kust (Deltaprogramma Kust, 2012) zijn de volgende uitgangspunten opgenomen:

- a. Meegroeiprincipe**  
De kering en de functies moeten met een optimale kosten/baten verhouding kunnen meegroeien met de zeespiegelstijging en klimaatverandering.
- b. Basiszekerheid principe**  
De functies in de kust moeten een basiszekerheid behouden om zich te kunnen handhaven en om te kunnen investeren
- c. Principe van natuurlijke dynamiek**  
Werken voor en met natuurlijke dynamiek.
- d. Ruimtelijke kwaliteit principe**
  1. Kernkwaliteiten benoemen en bewaken.
  2. Veiligheidsmaatregelen zo goed mogelijk inpassen
  3. Nieuwe kwaliteiten toekomstbestendig ontwikkelen
- e. Financieringsprincipe**  
Investeringen in de veiligheid van de kust tot het niveau van de veiligheidsnormen geschieden op kosten van de verantwoordelijke voor waterkering. Investeringen die aanvullend gericht zijn op het realiseren van andere maatschappelijke wensen en behoeften (voor wonen, werken, recreëren, natuur, landschap) worden bekostigd volgens het taakbeginsel.

De onderzoeksresultaten besproken in onderhavig rapport suggereren dat de onderzochte strandbebouwing niet bijdraagt aan het meegroeien van keringen (a) en de natuurlijke dynamiek (c). Daarentegen kan strandbebouwing wel de ruimtelijke kwaliteit bevorderen (d). Bij het opstellen van beleid is het dus van belang dat de invloed van strandbebouwing op zowel het meegroeien, als de natuurlijke dynamiek, beperkt wordt.

## 4.2 Maatregelen ter beperking van invloed strandbebouwing

Bij het opstellen van beleidsregels rondom strandbouwwerken zijn er meerdere belangen die met elkaar zouden kunnen conflicteren. Bij de onderstaande maatregelen moet worden opgemerkt dat deze zijn opgesteld enkel vanuit het perspectief van duinontwikkeling. De benoemde maatregelen dienen dus niet als direct advies, maar streven enkel na de invloed van strandbebouwing op duinontwikkeling te beperken.

Binnen de kustwaterschappen bestaat al beleid jegens vergunningsverlening van strandbouwwerken. Daarom is het onderstaande gebaseerd op bestaand beleid. De scope van dit rapport beperkt zich, gezien de meetlocaties, tot de beleidsregels opgesteld door het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (HHNK, 2014).

### 4.2.1 Maatregelen vanuit duinontwikkeling perspectief

#### *Locatie rooilijn*

Met de rooilijn wordt een lijn aan de duinzijde verstaan, die kan worden gedefinieerd als een denkbeeldige lijn op het strand waarvoor ter bescherming van de kustveiligheid geen bebouwing mag plaatsvinden (HHNK, 2014).

Over de bepaling van de rooilijn staat het volgende vermeld in de beleidsregels:

*“De rooilijn aan de landzijde wordt bepaald op basis van de verwachte kustontwikkeling. Bij een zeewaartse verplaatsing van de duinvoet ligt de rooilijn daar waar de duinvoet zich naar verwachting volgens berekeningen over vijf jaar zal bevinden (+4 NAP-lijn geëxtrapoleerd uit Jarkus-metingen van de voorbije 10 jaar). Bij een verwachte landwaartse verplaatsing, zal de bestaande duinvoet als rooilijn worden gehanteerd.”* (HHNK, 2014)

In deze fictieve situatie waarin enkel geredeneerd wordt vanuit duinontwikkelingsperspectief, zal de rooilijn moeten worden bepaald aan de hand van de potentiële kustontwikkeling. Dus zonder de remmende invloed van menselijke activiteiten of strandbebouwing.

Aangezien strandbouwwerken in potentie een remmende invloed hebben op duinontwikkeling, resulteert dit in een reductie van zeewaartse verplaatsing van de duinvoet. Wanneer de verwachte duinontwikkeling wordt berekend aan de hand van extrapolatie uit Jarkus-metingen, is de remmende invloed van strandbebouwing dus ingesloten in het resultaat. Daarmee verschilt de verwachte kustontwikkeling van potentiële kustontwikkeling.

Om een indicatie te krijgen van de potentiële kustontwikkeling, zijn verschillende methodes denkbaar:

- Een autonoom, maar vergelijkbaar gebied gebruiken ter referentie. Denk aan een locatie waar strandbebouwing heeft gestaan, maar recentelijk is weggehaald of zeewaarts is verplaatst.
- De verwachte ontwikkeling voorspellen aan de hand van modellen of experimenten.

## *Zandverschuivingen*

Voor het stimuleren van eolische duinontwikkeling dienen zeewaartse zandverschuivingen zoveel mogelijk beperkt te worden. De basis zou daarbij moeten zijn dat al het sediment binnen de raai kustlangs gehouden wordt en dat zeewaartse verplaatsingen zoveel mogelijk beperkt worden. Zandverschuiving die niet aan deze basis voldoen, veroorzaken vertraging van de eolische duinontwikkeling.

Uit de veldobservaties is gebleken dat zandverschuivingen plaatsvinden in zeewaartse richting en zelfs tot zeewaarts van de hoogwaterlijn. Alhoewel hier duidelijk beleid over bestaat, is het zaak om deze zeewaartse zandverschuivingen te beperken.

## *Minimale tussenafstand tussen strandbouwwerken*

*“De minimale afstand tussen de kopse kanten van twee opeenvolgende jaarrond-strandbouwwerken bedraagt 150 meter.” (HHNK, 2014)*

Dit toetsingscriterium geldt alleen voor strandpaviljoens die jaarrond op het strand staan. Aangezien veel van de duingroei plaatsvindt gedurende het zomerseizoen, zou een dergelijke richtlijn voor seizoenstrandbouwwerken kunnen worden toegevoegd.



## 5 Discussie

### 5.1 Beperkingen van het onderzochte gebied en bebouwingstypen

Het doel van dit rapport was het bepalen en beschrijven van de invloed van strandbebouwing op duinontwikkeling. Door het beschikbare onderzoeksgebied en de gekozen aanpak hebben de onderzoeksresultaten een aantal beperkingen:

- In het onderzochte gebied zijn de dichtheid en schaal van de strandbebouwing minder groot dan het geval is bij andere Nederlandse badplaatsen. Het onderzoeksgebied bevatte geen bebouwing waarbij gesproken kan worden van een volledige eolische blokkade. Deze mate van invloed is daarom niet behandeld in dit onderzoek, terwijl dit bij een aantal Nederlandse badplaatsen wel van toepassing is.
- De invloed van strandbebouwing met palen op duinontwikkeling is onderbelicht in dit onderzoek. Een kwantitatieve beschrijving van de invloed van palen blijft daardoor achterwege. Voor verder onderzoek zou de vrije hoogte voor eolische sediment transport onder bebouwing ( $H_{vrij}$ ) verder onderzocht kunnen worden.
- Resultaten van het onderzoek zijn enkel van toepassing op de onderzochte regio. De stromingen, aanwezigheid van geulen en kalkgehalten zijn erg locatie specifiek. Daarnaast zijn de invloed van kustlijn oriëntatie, windrichting, stabiele of terugtrekkende kustlijn en andere variaties niet meegenomen in het onderzoek.

Er kan worden afgevraagd wat de meerwaarde is van eventueel vervolgonderzoek op deze punten. Het effect van een totale eolische blokkade evident: Er is geen fysieke mogelijkheid voor sediment om duinontwikkeling te stimuleren. Voor de eolische vrije hoogte zou op basis van logische redentatie een realistische hoogte kunnen worden aangenomen om vervolgens op experimentele wijze de invloed te kunnen bepalen.

Diepgaand vervolgonderzoek zou veel tijd in beslag nemen, omdat ofwel meer veldmetingen moeten worden uitgevoerd of numerieke berekeningen (CFD) nodig zijn de resultaten aan te scherpen. De kans is echter groot dat de gestelde hypothesen enkel bevestigd worden of dat de resultaten iets nauwkeuriger kunnen worden gekwantificeerd.

### 5.2 Beperkingen gerelateerd aan de scope van het onderzoek

Een aantal punten zijn niet of oppervlakkig behandeld in dit rapport, omdat deze zich buiten de scope van dit onderzoek bevonden. Op basis van de beschikbare data en literatuur zou vervolgonderzoek eventueel van toegevoegde waarde kunnen zijn:

- De invloed van strandbebouwing op vegetatie aan de zeereep is enkel globaal bekeken. Het is zeer goed mogelijk dat de gedane observatie, namelijk vitaal helm in de luwte van bebouwing, enkel in het onderzochte gebied van toepassing is.
- Omwille van nauwkeurigheid en het filteren van seizoensinvloeden, zijn slechts twee meetmomenten (van de in totaal zeven) gebruikt. Voor eventueel vervolgonderzoek moet beter onderzocht worden in hoeverre andere meetmomenten ook bruikbaar zijn.

## 5.3 Dynamisch kustbeheer

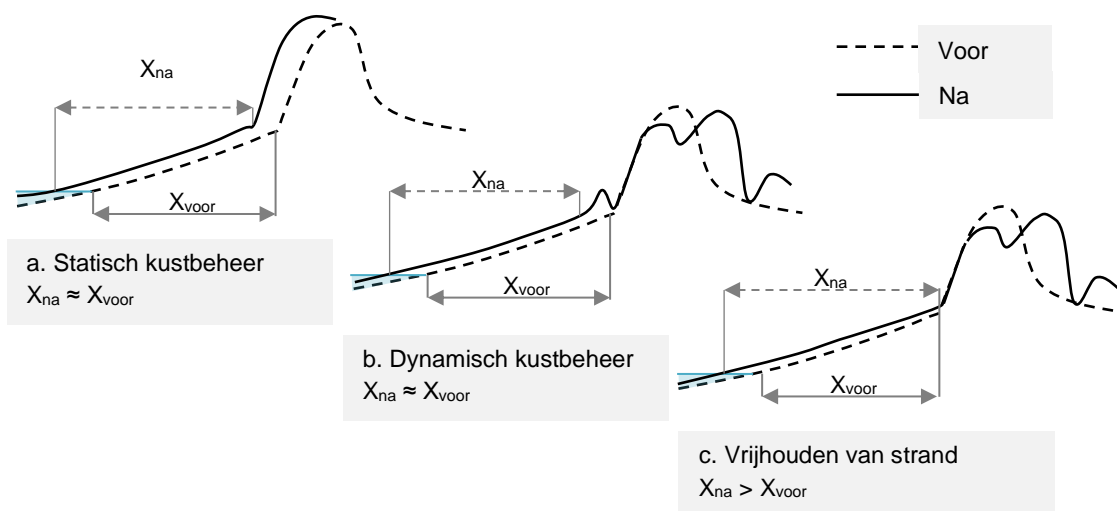
In dit rapport is dynamisch kustbeheer meerdere malen aan bod gekomen. Het toepassen van dynamisch kustbeheer bij strandbouwwerken zou een oplossingsrichting kunnen zijn voor het toenemende ruimtegebrek op het strand.

### *Dynamisch kustbeheer als oplossing voor het ruimtegebrek op het strand*

Door het Nederlandse suppletiebeleid neemt de hoeveelheid sediment in het systeem toe, wat resulteert in een zeewaartse migratie van de kustlijn. Echter blijft de strandbreedte, de afstand tussen duinvoet en kustlijn, door natuurlijke processen vrijwel constant in zowel statische als dynamische gebieden.

In een statische situatie vindt duingroei enkel aan de voorzijde van de zeereep plaats, waardoor de duinvoet zeewaarts zal mee migreren (zie Figuur 5-1-a). In het geval van dynamisch kustbeheer zal de aangroei mogelijk meer landwaarts plaatsvinden, maar zal het vrijgekomen strand bezet worden door vegetatie en daarmee embryonale duinvorming (zie Figuur 5-1-b).

Wanneer met regelmaat het strand vrijgehouden zou worden van vegetatie, in combinatie met dynamisch kustbeheer in de zeereep, zou de zeewaartse migratie van de duinvoet kunnen worden gefixeerd. Zo kan het strand kunstmatig worden verbreed (zie Figuur 5-1-c), waardoor optimaal gebruik gemaakt wordt van de zeewaartse uitbreiding van de kust ten gunste van de recreatieve sector. Hierbij is het dus wel van belang dat met regelmatig onderhoud het strand vrijgehouden wordt van vegetatie en dat bovendien sediment over de zeereep getransporteerd blijft worden.



Figuur 5-1 Verbreding van het strand als gevolg van dynamisch kustbeheer en vrijhouden van strand van vegetatie

Langs veel Nederlandse badplaatsen beperkt het ruimtegebrek zich niet alleen tot het strand, maar ook tot de duin. In dat geval zou een oplossing kunnen zijn om het meest zeewaartse gedeelte van de zeereep dynamisch te beheren en landwaarts alsnog stabiliserende maatregelen uit te voeren.

### *Vervolgonderzoek naar de gevolgen van dynamisch kustbeheer*

Het toepassen van dynamisch kustbeheer kan leiden tot nieuwe onzekerheden en vraagstukken. Eventueel vervolgonderzoek zou kunnen helpen om een aantal vragen te beantwoorden en om dynamisch kustbeheer te kunnen toepassen, ten gunste van veiligheid, ecologie en/of recreatie.

Het doel van een dergelijk onderzoek zou zijn om een overzicht te verkrijgen van de huidige staat van het dynamisch kustbeheer in Nederland en de toepassing hiervan sterker te onderbouwen met literatuur, data, berekeningen en modelsimulaties.

Hiervoor zou kunnen worden begonnen met een inventarisatie van de visies op dynamisch kustbeheer vanuit de kustwaterschappen en een overzicht van alle lopende projecten.

Vervolgens kan de invloed van dynamisch kustbeheer op verschillende aspecten worden onderzocht:

- Korte en lange termijn ontwikkeling van duinvolumes.
- Stufproblematiek ten gevolgen van stuifkuilen en mogelijke oplossingen.
- Biodiversiteit en daarmee de ecologische waarde.
- Strandbreedte.

Het onderzoek naar deze aspecten zou kunnen gebeuren op nieuwe data analyses op nieuwe en bestaande veldmetingen of simulaties met numerieke modellen.

## 6 Conclusie

In dit rapport is onderzoek gedaan naar de invloed van strandbebouwing op duinontwikkeling. Het rapport is gebaseerd op de onderzoeksresultaten uit de afstudeerscriptie van De Klerk (2019).

In onderstaande worden de onderzoeksvragen beantwoord:

### 1. Hoe resulteren de combinatie van natuurlijke processen en menselijke activiteiten tot geobserveerde duinkarakteristieken?

De ontwikkeling van kustduinen is het gevolg van interactie tussen biologische en fysische processen, waar kustbeheer en de invloed van strandbebouwing op aan grijpen. De resulterende duinstaten zijn in dit rapport opgedeeld in statische en dynamische gebieden.

Dynamische gebieden worden gekenmerkt door ruimtelijke en temporele dynamiek, zoals embryonale duinvorming en stuifkuilen. Stuifkuilen resulteren in landwaarts sediment transport, wat als voordeel heeft dat er vers sediment beschikbaar komt achter de zeereep. Dit kan een positieve werking hebben op biodiversiteit en zorgt er bovendien voor dat de duinen kunnen meegroeien met de verwachte zeespiegelstijging.

### 2. Wat is de invloed van strandbebouwing op duinontwikkeling en de resulterende duin karakteristieken?

Wat betreft de invloed van strandbebouwing op de eolische processen lijkt er hooguit sprake van een tijdelijke afremming van het landwaartse transport. Met name het onderhoud en opbouw van de strandbebouwing heeft invloed op duinontwikkeling en is samen te vatten als volgt:

- Door menselijke activiteiten rondom strandbebouwing, zoals onderhoud, opbouw, opslag en transport, wordt duingroei geremd, dan wel volledig gestremd.
- De aanwezigheid van strandbebouwing kan resulteren in een zeereep met statische duinkarakteristieken (zie Tabel 3-1).

### 3. Hoe is de invloed van strandbebouwing op duinontwikkeling te vertalen naar een handreiking voor het vormgeven aan beleid voor strandbebouwing?

De invloed van strandbebouwing draagt niet bij aan alle uitgangspunten voor wenselijke duinontwikkeling, zoals beschreven in het Nationaal Kader Kust. Puur vanuit duinperspectief geredeneerd, moet de invloed van strandbebouwing beperkt worden. Om dit te bewerkstelligen is een verscherping van bepaalde beleidsregels geadviseerd, zoals het in acht nemen van de potentiële duinontwikkeling in plaats van de verwachte duinontwikkeling bij het bepalen van de rooilijn.

## 7 Bibliografie

AHN. (sd). *Actueel Hoogtebestand Nederland*. Opgehaald van <https://www.ahn.nl/ahn-viewer>

De Klerk, R. (2019). *The Influence of Buildings on Aeolian Coastal Dune Development*.

Deltaprogramma Kust. (2012). *Nationaal Kader Kust*.

Google Earth. (sd). Opgehaald van Google: <https://www.google.com/earth/>

HHNK. (2014). *Beleidsregels watervergunningen Strandbebouwing*.

Rijkswaterstaat. (1990). *A new coastal defence policy for the Netherlands*.

Schwarz, C., Brinkkemper, J., & Ruessink, G. (2019). Feedbacks between Biotic and Abiotic Processes Governing the Development of Foredune Blowouts: A Review. *Journal of Marine Science and Engineering*, 7(1), 2.

Shore. (2017). *Effecten strandbebouwing op strand- en duinontwikkeling*.

STOWA. (2010). *Hoe verder met dynamisch kustbeheer?*