

# MULTIFUNCTIONELE EILANDEN IN DE NOORDZEE

Jos Smits e.a.



**KVAB STANDPUNTEN**

71

Koninklijke Vlaamse Academie van België  
voor Wetenschappen en Kunsten - 2021

# MULTIFUNCTIONELE EILANDEN IN DE NOORDZEE



KVAB Press

## **KVAB STANDPUNTEN**

**71**

Concept cover: Francis Strauven  
Ontwerp cover: Charlotte Dua  
Afbeelding: Shutterstock

De tekening van het Paleis der Academiën is een reproductie van het originele perspectief van Charles Vander Straeten in 1823. Jozef Cantré ontwierp het logo van de KVAB in 1947.

De KVAB Standpunten worden gepubliceerd door de Koninklijke Vlaamse Academie van België voor Wetenschappen en Kunsten, Hertogsstraat 1, 1000 Brussel.  
Tel. 00 32 2 550 23 23 – [info@kvab.be](mailto:info@kvab.be) – [www.kvab.be](http://www.kvab.be)

# MULTIFUNCTIONELE EILANDEN IN DE NOORDZEE

Jos Smits (Blauwe Cluster - IMDC)

Voorzitter werkgroep

Kristof Eggermont (Econopolis)

Laurens Hermans (AMT)

Alexander Jordaens (DEME)

Chantal Martens (VLIZ)

Patrick Meire (UA)

Tina Mertens (VLIZ)

Jaak Monbaliu (KU Leuven)

Marc Nuytemans (Blauwe Cluster)

Daphné Thoon (MDK)

Peter Troch (UGent)

Peter Van Besien (MDK)

Luc Van Damme

Bertrand Vosse (ELIA)





# MULTIFUNCTIONELE EILANDEN IN DE NOORDZEE

## INHOUD

Voorwoord .....	7
Reeks Standpunten .....	7
Context en doel van dit Standpun.....	7
Samenvatting .....	8
Executive summary .....	10
1. Situering.....	11
1.1 Algemeen.....	11
1.2 Maatschappelijke context .....	12
1.3 Omgevingscontext .....	13
1.4 Materiaalkeuze voor het eiland .....	13
2. Kustbescherming .....	15
2.1 Historische ontwikkelingen in België.....	15
2.2 Europees kader en buitenlandse ervaringen .....	15
2.3 Uitgangspunten .....	16
2.4 Kunstmatige eilanden voor kustbescherming .....	17
2.4.1 Basisprincipes .....	17
2.4.2 Mogelijke configuraties van eilanden binnen een kustbescher- mingscontext .....	17
2.5 Ontwerpparameters voor een eiland als kustbescherming .....	18
2.5.1 Inleiding .....	18
2.5.2 Afstand tot de kust .....	18
2.5.3 Afstand tussen de eilanden onderling .....	19
2.5.4 Lengte en breedte van het eiland (of de eilandengroep) .....	19
2.5.5 Stabiliteit & bescherming van het eiland .....	19
2.5.6 Hoogte van het eiland .....	19
3. Uitbouw hernieuwbare energie op zee .....	20
3.1 Historische ontwikkelingen in België.....	20
3.2 Europees kader en buitenlandse ervaringen .....	21
3.3 Uitgangspunten .....	22
3.4 KVormen van energieproductie .....	23
3.4.1 Windmolens .....	23
3.4.2 Golfenergie.....	23
3.4.3 Getijdenenergie .....	23
3.4.4 Zonne-energie .....	24
3.4.5 Combinatiemogelijkheden .....	24

3.5	Energieopslag .....	25
3.6	Offshore transmissie-infrastructuur .....	27
4.	Bijkomende functies .....	29
4.1	Inleiding .....	29
4.2	Aquacultuur .....	29
4.3	Ecologische ontwikkeling van de Noordzee .....	30
4.4	Transport en mobiliteit - scheepvaart (incl. ondersteuning) .....	31
4.5	Diepzeehaven.....	32
4.6	Ontziltling .....	32
4.7	Toerisme .....	33
4.8	Data-infrastructuur/ 5G-systeem .....	34
4.9	Dataopslag.....	35
4.10	Kennisopbouw.....	36
5.	Aspecten m.b.t. ecosysteemdiensten .....	38
5.1	Conceptuele elementen.....	38
5.2	Ecosysteemeffecten in relatie tot de ontwerpparameters .....	40
5.2.1	Afstand tot de kust .....	40
5.2.2	Afstand tussen de eilanden van een eilandengroep.....	41
5.2.3	Ligging van de eilanden in relatie tot bestaande waarden .....	41
5.2.4	Lengte en breedte van het eiland (of de eilandengroep) .....	41
5.2.5	Hoogte van het eiland .....	41
5.2.6	Reliëf op het eiland .....	42
5.2.7	Materiaalkeuze voor het eiland .....	42
5.2.8	Stabiliteit & bescherming van het eiland .....	42
6.	Kennishiaten.....	44
7.	Kennishiaten.....	45
8.	Aanbevelingen .....	46
9.	Referenties.....	48
	Samenstelling van de werkgroep .....	52
	Definities .....	53

# Voorwoord

## Reeks Standpunten

De reeks Standpunten van de Koninklijke Vlaamse Academie voor Wetenschappen en Kunsten (KVAB) is een bijdrage tot een wetenschappelijk onderbouwd debat over actuele maatschappelijke en artistieke thema's. De auteurs, leden en werkgroepen van de Academie schrijven in eigen naam, onafhankelijk en met volledige intellectuele vrijheid. De goedkeuring voor publicatie door een of meerdere Klassen van de Academie waarborgt de kwaliteit van de publicatie. Dit Standpunt werd goedgekeurd voor publicatie door de KVAB/KWT-klassenvergadering van 18 mei 2021.

## Context en doel van dit Standpunt

Dit Standpunt is een aanvulling op Standpunt 42, *Vlaanderen wegwijs met water* waarin de klimaatverandering en de daarmee gepaard gaande toenemende veiligheidsrisico's worden besproken.

De aanleg van eilanden in zee kan een bijdrage leveren aan het oplossen van uitdagingen, als kustverdediging, energietransitie, klimaatverandering, zoetwaterproductie, gezonde voeding uit zee, ecotoerisme, vervuiling van zeeën en oceanen (onder meer door plastics en eutrofiëring), circulaire economie, uitbreidingen van luchthavens enz.

Dit document inventariseert de mogelijkheden en kansen van eilanden op zee om bij te dragen tot een verbeterde kustveiligheid en een versnelling van de conversie naar hernieuwbare energie. Een eiland op zee kan ook een aantal extra kansen bieden voor de ontwikkeling van nieuwe activiteiten op en rond de Noordzee.

De locatie, in de eerste plaats de afstand tot de kust, zal in belangrijke mate bepalen welke functies dergelijke eilanden op een zinvolle manier kunnen vervullen.

Vanzelfsprekend heeft dit Standpunt, naast de ruimtelijke en economische impact, ook aandacht voor de ecologische effecten van deze infrastructuur.

In de werkgroep werden voor- en nadelen afgewogen om dit Standpunt vorm te geven en aanbevelingen te formuleren.



## Samenvatting

De klimaatverandering en de hiermee samenhangende stijging van de zeespiegel brengen een groeiend risico op overstromingen met zich mee, en zo ook een stijgende kans op ernstige schade aan infrastructuur, zoals dijken, wegen en gebouwen. Er zullen daarom steeds verder gaande maatregelen nodig zijn om het vereiste veiligheidsniveau te bereiken, omdat de huidige in de toekomst niet zullen volstaan. De aanleg van één of meer eilanden voor de Belgische kust is een mogelijke optie.

Dit rapport bespreekt deze mogelijkheid en weegt voor- en nadelen tegen elkaar af. De belangrijkste redenen om de aanleg van kunstmatige eilanden te overwegen hebben enerzijds te maken met kustveiligheid (het beperken van het overstromingsgevaar en de stormschade) en anderzijds met hernieuwbare energieproductie. Een significante verhoging van de productie van hernieuwbare energie is zeer belangrijk in het kader van de transitie naar een CO<sub>2</sub>-neutrale samenleving. Windmolens op zee zijn een cruciale factor om op korte en middellange termijn deze doelstelling te halen. Kunstmatige eilanden kunnen hun aanleg en exploitatie faciliteren en het gebruik van de geproduceerde energie optimaliseren.

Behalve een analyse van deze primaire toepassingsmogelijkheden voor kunstmatige eilanden maakt dit standpunt ook een inventaris van een aantal secundaire gebruiksmogelijkheden, zoals daar zijn: toerisme, energetische verbindinglijnen en 'stopcontacten', aquacultuur, ontziltingsinstallaties, datacentra, scheepvaart, loodsposten en monitorings- en onderhoudscentra voor de energieparken enz. Een intelligente combinatie van gebruiksmogelijkheden zou de kosten-baten-analyse immers kunnen doen omslaan van 'veel te duur' naar 'haalbaar'. Een multidisciplinair gebruik van de beschikbare ruimte en infrastructuur is daarom noodzakelijk.

Het Belgische deel van de Noordzee wordt nu reeds intensief gebruikt door veel gebruikersgroepen en omvat waardevolle ecosystemen. De aanleg van eilanden biedt mogelijkheden, maar heeft ook een significante impact, zowel op het ruimtegebruik, als financieel en ecologisch. De bouw van een eiland – zowel de noodzaak ervan als de technische uitvoering en de ecologische impact zal dus steeds goed moeten worden afgewogen. Die afweging moet gebeuren in een breed gevoerd maatschappelijk debat, om zo tot een evenwichtige oplossing te komen en een groot draagvlak te realiseren.

Een belangrijke randvoorwaarde voor de ontwikkeling van eilanden voor de kust en in de Noordzee is dan ook hun maatschappelijke inbedding. Indien de bouw van een eiland wenselijk geacht wordt vanuit technisch en economisch oogpunt, moet

een breed maatschappelijk draagvlak gevonden worden, waarbij alle betrokken partijen deelnemen aan en gehoord worden in het beslissingsproces over de locatie, het ruimtebeslag en vooral het gebruik van deze basisinfrastructuur.

Het Marien Ruimtelijk Plan van de Belgische Noordzee biedt alvast een ruimtelijk kader voor deze ontwikkelingen en creëert, door de zesjaarlijkse herzieningsprocedure, ook de mogelijkheid om te anticiperen op toekomstige evoluties.

## Executive Summary

Climate change and a rise in sea levels are leading to an increased risk of inundations and serious damage to our coastal infrastructure such as dykes, coastal roads and buildings. Therefore, continuously increasing measures will be necessary to keep our coast safe at an acceptable level. The development and construction of one (1) or more artificial islands just off the Belgian coast is certainly an option worth exploring if we are to meet our climate goals.

This report describes and evaluates the feasibility of an artificial island in the Belgian North Sea. There are two good reasons for considering the construction of artificial islands. The first and main reason is coastal safety, i.e. limiting the risks and damage associated with floods. The second is the production of renewable energy, which is one of the main challenges involved in reaching the goal of a CO<sub>2</sub> neutral society. In the short and medium term, offshore windfarms are an essential element on this journey, whereas artificial islands will facilitate the construction and exploitation of these large numbers of existing and new windfarms in Belgian territorial waters. In addition, they will help balance the grid.

Besides the analysis of the abovementioned primary applications of an artificial island, this report also lists the secondary applications such as, but not limited to, tourism, aquaculture, desalination infrastructure, data centres, navigation, pilot bases, monitoring and maintenance centres for wind turbines, etc. A smart combination of different applications could probably change the business potential of such an island from 'too expensive' to 'feasible'. A multi-disciplinary use of any new, sea-based infrastructure is therefore a necessity.

The Belgian part of the North Sea is already intensively used by a wide range of different users and consists of a large number of valuable ecosystems. Artificial islands could potentially create new opportunities but will have a significant impact in geographical, economic and ecological terms. Therefore, the construction of artificial islands has to be carefully investigated and a multi-disciplinary approach must be put forward. Moreover, since these artificial islands will be constructed in what is Belgium's biggest public domain, realisation will depend on broad social support and acceptance. A co-creation strategy, involving all stakeholders in an intensive dialogue, is the key to success.

The Marine Spatial Plan of the Belgian North Sea offers a solid legal framework for these developments and creates, in the 6-yearly review period, the possibility to anticipate future developments.

# 1. Situering

## 1.1 Algemeen

De Belgische kustzone wordt zeer intensief en geconcentreerd gebruikt, met weinig flexibiliteit voor ingrijpende wijzigingen. Een zeewaartse ontwikkeling en een combinatie van functies lijken een opportuniteit te zijn om tot een duurzame strategie te komen voor de bescherming van de kust en het beheer van de (Belgische) Noordzee.

Klimaatverandering en de hiermee samenhangende zeespiegelstijging vormen een toenemend risico op overstromingen en schade voor de (Belgische) kustzone. Het ruimtebeslag door extra kustbeschermingsmaatregelen beperkt de verdere ontwikkeling van de kustzone. Anderzijds is dit ook een stimulans om naar nieuwe oplossingen te zoeken. Het huidige *Masterplan Kustveiligheid* heeft een eerder beperkt tijdsperspectief (2050). Als 'tijdelijke' oplossing vereist het vervolgacties en ontwikkelingen op grond van keuzes die verder gaan, met een tijdshorizon tot minstens 2100. Kunstmatige eilanden kunnen daarin mogelijk als alternatief of aanvullende kustbeschermingsmaatregel ingeschakeld worden.

Daarnaast is ook de energietransitie met de ontwikkeling van hernieuwbare energie in volle ontwikkeling. Dit creëert nieuwe mogelijkheden, niet alleen voor de kustzone, maar ook voor de diepere delen van de (Belgische) Noordzee. Daardoor is er een voortdurend toenemende nood aan basisinfrastructuur voor de ontwikkeling van groene energie op zee, als een belangrijk alternatief voor de toekomstige energievoorziening van onze samenleving. Ook hiervoor zijn kunstmatige eilanden een potentiële bouwsteen.

Dit alles heeft geleid tot een versnelde evolutie in het denken over de mogelijkheden voor het inzetten van eilanden in de Belgische Noordzee. Daarbij ligt de nadruk niet alleen op de risico's, maar ook op de kansen voor de economische en ecologische ontwikkeling van de Noordzee in een breder perspectief.

Bovendien creëert de aanleg van eilanden voor kustbescherming en/of energieproductie mogelijkheden om de vereiste investeringen ook voor andere toepassingen in te zetten, zodat de economische en ecologische rendabiliteit van de projecten verbeterd kan worden.

De aanleg van eilanden biedt mogelijkheden, maar heeft ook een significante impact, zowel in termen van ruimtegebruik als qua financiering en ecologische impact. De bouw van een eiland zal dus steeds goed moeten worden afgewogen, zowel de noodzaak ervan als de technische uitvoering

Dit Standpunt gaat daarom dieper in op de mogelijkheden en risico's van de ontwikkeling van kunstmatige eilanden in het Belgische deel van de Noordzee. Basisdoelstellingen zijn kustbescherming en/of hernieuwbare energieproductie, maar ook secundaire gebruiksmogelijkheden worden toegelicht.

## 1.2 Maatschappelijke context

Een belangrijke randvoorwaarde voor de ontwikkeling van eilanden voor de kust en in de Noordzee is de maatschappelijke inbedding. Indien de bouw van een eiland wenselijk geacht wordt, moet rekening gehouden worden met de volgende elementen:

- Het Belgische deel van de Noordzee en de kustzone is beperkt in oppervlakte, en sterk bevroagd. **Efficiënt ruimtegebruik en maximalisatie van de maatschappelijke return** zijn de voornaamste ijkpunten. Afhankelijk van de situatie kan een (groter) multifunctioneel eiland dan wel een kleiner monofunctioneel eiland (met beperktere kostprijs en ruimtebeslag) de meest wenselijke invulling van de beschikbare ruimte zijn.
- Een gebalanceerde afweging van **economische, sociale en ecologische kosten en baten** is noodzakelijk. De hoogste prioriteit gaat naar duurzame initiatieven: ecologisch verantwoord (ze leveren biodiversiteitswinst en ecosysteemdiensten op), sociaal aanvaardbaar (bv. veiligheid voor overstromingen; belevingsaspect) en economisch rendabel.
- **Flexibiliteit voor toekomstige ontwikkelingen**, zodat de mogelijkheden openblijven om de (nieuwe) basisinfrastructuur ook in de toekomst nuttig te gebruiken in een snel veranderende maatschappij ('no regret-maatregelen') en conform met nog ongekende technologische ontwikkelingen.
- Een breed **maatschappelijk draagvlak** voor de voorgestelde ontwikkelingen waarbij alle betrokken partijen deelnemen aan en gehoord worden in het beslissingsproces.

Een eiland voor de kust bevindt zich in de publieke ruimte en kan in conflict komen met het meest gekoesterde nut van deze ruimte: het 'ongerepte zeezicht'. Door de bouw van een eiland bestaat de kans dat dit zeezicht iets exclusiefs wordt, voor mensen die het eiland bezoeken.

Het is dan ook wenselijk om een maatschappelijke/culturele betekenis te geven aan zo'n eiland. Een betekenis die aansluiting vindt bij de huidige tijdsgeschiedenis, zoals de klimaatproblematiek en/of (her)nieuw(de) waarden als nationale trots, pionierschap, voorspoed...

Een andere visie (inclusief cocreatie met de burger) op de inrichting van strand/duinen (duin-voor-dijk) zal een belangrijke stap zijn naar een culturele en maatschappelijke omslag die de basis kan leggen voor de maatschappelijke acceptatie van eilanden voor de kust.

Met het *Marien Ruimtelijk Plan* is België een voortrekker om de ruimtelijke planning van de ontwikkelingsmogelijkheden op de Noordzee gestructureerd aan te pakken. Het plan wordt zesjaarlijks herzien en vormt zo een (dynamisch) kader voor actuele ontwikkelingen en een flexibel antwoord voor de uitdagingen op langere termijn.

### *1.3 Omgevingscontext*

Een kunstmatig eiland wijzigt de lokale topografie ingrijpend. Naast de gewenste effecten kan deze wijziging ook minder of niet gewenste effecten hebben. Zo kan de aanleg van een eiland leiden tot een verhoogde beschermingsgraad van een specifiek kustgedeelte, maar kan datzelfde eiland ook zorgen voor een verlaging van de beschermingsgraad (door erosie) in een nabijgelegen kuststrook.

Daarnaast zijn er ook effecten op andere aspecten, zoals de ecologie (zie hoofdstuk 5) en de scheepvaart (bv. nauwe doorgangen tussen de eilanden, beperkingen op de toegankelijkheid van de havens).

De voor- en nadelen van een eiland zullen steeds zorgvuldig tegen elkaar moeten worden afgewogen; een te grote impact kan leiden tot het besluit dat de bouw van een eiland niet wenselijk is. De aanleg van een eiland kan dus geen 'one size fits all' zijn. Zo blijkt uit het onderzoek van Reyns (2010) dat een globale ophoging van zandbanken voor de hele kust niet effectief noch efficiënt is, maar dat wellicht een plaatselijke ophoging van zandbanken een significante bijdrage kan leveren aan het verhogen van de kustveiligheid.

Een ander aspect is de potentiële functie als zandvoeding: het eiland fungeert dan als bron van zand bij het – door natuurlijke processen – in stand houden van het evenwichtsprofiel van de nabijgelegen stranden. De Zandmotor in Nederland is daar een goed voorbeeld van. Een grote zandmassa wordt als schiereiland langs de kust geplaatst; het zand verspreidt zich – onder invloed van getijden, stromingen en stormen – langzaam over de aanliggende kust en zorgt voor de aanvulling van erosieve zones.

### *1.4 Materiaalkeuze voor het eiland*

Uitgaande van een eindige hoeveelheid zand (in het Belgische deel van de Noordzee, cfr. TILES-project) kan een grote vraag naar zand voor de aanleg van een (of meer) eiland(en) de strategische voorraad voor kustveiligheid compromitteren. Afhankelijk van de functies van het eiland zal tijdens de volledige levensduur van het eiland in voldoende vooroeverbescherming voorzien moeten worden en is er, ook na de aanleg, voldoende (recurrente) zandvoeding nodig voor het eiland. De toepassing van biologische vooroeverbescherming, zoals (mossel/oester)riffen of zeegras, kan de nood aan onderhoudszand mogelijk beperken.

Indien er in een kustbeschermingscontext gekozen wordt om het eiland te laten fungeren als een (zand)voedingsbron voor een ruimere kustzone ('zandmotor'), dient er bij de keuze van het type en de plaatsing van het materiaal rekening gehouden te worden met het vermijden van een snelle stabilisering van het eiland of de afname van de natuurlijke verspreiding van het zand.

## 2. Kustbescherming

### 2.1 Historische ontwikkelingen in België

Parallel met de bouw van de nieuwe buitenhaven van Zeebrugge (1975-1980) gingen ook de eerste projecten voor een alternatieve kustbescherming van start. De focus verlegde zich van de standaardaanpak – een harde zeedijk met lange strandhoofden – naar het uittesten van een zachte kustbescherming. Zo werd het zand dat vrijkwam bij de uitbouw van de haven van Zeebrugge en bij de verdieping van de vaargeul naar deze haven, gebruikt voor een verbreding van het strand voor Knokke-Heist. Dit was destijds een van de eerste en grootste zachte kustbeschermingsprojecten ter wereld, met een suppletie van ruim 9 miljoen m<sup>3</sup> zand. Deze techniek werd in de daaropvolgende jaren verfijnd en is sindsdien de standaard geworden voor de Belgische kust.

Rond 2010 lanceerde de privésector het concept Vlaamse Baaien. Dat beoogde, als anticipatie op de zeespiegelstijging, een vooruitgeschoven en verhoogde kustbescherming door middel van een aantal kustnabije eilanden. Het bood tevens suggesties voor de ontwikkeling van de ondiep-waterzone tussen de eilanden en het vasteland.

In 2011 legde de Vlaamse overheid het *Masterplan Kustveiligheid* vast om ook in de komende decennia (tijdshorizon 2050) voldoende veiligheid te kunnen bieden bij een stijgende zeespiegel ten gevolge van de klimaatverandering.

In 2017 startte de Vlaamse overheid het project Kustvisie op om een lange-termijnstrategie uit te werken voor de bescherming van de kust met een langere tijdshorizon (2100) en meer extreme zeespiegelstijgingen dan het *Masterplan Kustveiligheid*.

### 2.2 Europees kader en buitenlandse ervaringen

Nationale en/of Europese Onderzoeksprogramma's leverden al heel wat kennis-opbouw. Een bekend voorbeeld zijn de Waddeneilanden. Ze bieden een natuurlijke bescherming langs de Nederlandse, Duitse en Deense kust.

Nederland heeft een lange traditie inzake kustonderhoud door zandsuppletie. Een voorbeeld is de opvolging van een pilotsuppletie (tussen maart 2018 en februari 2019) van 5 miljoen m<sup>3</sup> zand in de buitendelta van het Amelander Zeegat (Kustgenese 2.0). Behalve de sedimentbalans wordt ook het effect op planten en (bodem)dieren opgevolgd.

Naast de bescherming van het Waddeneiland op zich is er ook monitoring en onderzoek, in het kader van het Nederlandse beleid rond de Sterkte Belasting



Waterkeringen, naar de invloed van de Waddeneilanden op de golfpenetratie en de impact op de veiligheid van de achterliggende kust. De Waddeneilanden worden dan ook dikwijls gebruikt als een belangrijke casestudie in Europese projecten, zoals EuroSION en Safecoast.

Enkele andere voorbeelden:

**Delta 21 (NL)** (studieproject): een waterkering in de vorm van een atol fungeert als kustbescherming tegen hoge zeewaterstanden maar ook als buffer om te hoge rivierwaterstanden te vermijden. Door zijn vorm zal dit atol ook dienstdoen voor energieproductie (Hydro pump energy) en bij aquafarming.

**Amager Beach** (2004-2005) (DK): dit eiland in het zuidelijke deel van Kopenhagen heeft naast een recreatieve functie voor de lokale bevolking ook een kustbeschermingsfunctie. Het was een van de casestudie in het EU-onderzoeksproject RISC-KIT.

**De Zandmotor** (2011): 21.5 Mm<sup>3</sup> zand werd voor de kust van Ter Heijde en Kijkduin (Nederland) geplaatst in de hoop dat het zich geleidelijk langs de kust zou verspreiden. Bij dit experiment hoorde ook een intens monitoring- en onderzoeksprogramma. Dat wordt uitgebreid beschreven in Luijendijk en van Oudenhoven (2019).

### *2.3 Uitgangspunten*

Langs de kust zijn drie criteria van belang voor de bescherming van het hinterland:

- beperken van het overslagdebiet,
- vermijden van de afkalving van strand of duin tot tegen de gebouwen,
- vermijden van bressen die kunnen leiden tot overstromingen van het achterland.

Twee hoofdfactoren bedreigen de kustveiligheid tijdens stormcondities: hoge waterstanden en een zware golfimpact.

Het astronomische getij, inclusief de stormopzet (het opstuwen van de watermassa richting land), ligt aan de basis van de hoge waterstanden. De waterstand bepaalt de positie waar de golven op de hellende kustlijn hun impact uitoefenen.

De windkracht, haar strijklengte en richting bepalen de golfhoogte; de golfimpact zelf creëert de schade aan de kust in de vorm van strandafslag, schade aan harde infrastructuren of onaanvaardbare overslag-debieten.

Daarbovenop komt nog het langetermijneffect van de zeespiegelstijging. Hierdoor wordt het steeds moeilijker om voldoende bescherming te realiseren binnen de huidige getijdzone.

Eilanden zijn niet in staat om al deze factoren volledig te ondervangen en zijn dus steeds één element *in combinatie met* voldoende andere kustveiligheidsmaatregelen. Eilanden hebben vooral een effect op het lokale golfklimaat en stromingspatroon, maar niet op de waterstand (incl. de zeespiegelstijging). Met het oog op de evolutie van de zeespiegelstijging zou een gradueel ontwerp als denkpiste overwogen kunnen worden. In een eerste fase beschermt een eiland slechts een gedeelte van de kust. Bij een verdere zeespiegelstijging ontwikkelt men extra eilanden, die vervolgens (deels) tot zelfs volledig afsluitbaar worden gemaakt om zo een optimale bescherming te bieden.

Een eilandengordel die voldoende hoog en afsluitbaar over de volledige kustlengte in zee gebouwd wordt (een soort tweede dijk in zee) kan een impact hebben op de waterstand aan de kustlijn (en de zeespiegelstijging), maar zal vanzelfsprekend ook voor drastische wijzigingen zorgen in de toegankelijkheid, morfologie en ecologie van de aldus beschermde kuststroken.

Naast de beschermende functie ten opzichte van de kustlijn zal ook voor het eiland zelf in bescherming voorzien moeten worden. Voor een onbewoond eiland op zee speelt het overslagdebiet minder een rol. Afhankelijk van de multifunctionele invulling van het eiland kan afkalving al dan niet een probleem vormen.

## *2.4 Kunstmatige eilanden voor kustbescherming*

### **2.4.1. Basisprincipes**

De potentiële effecten van (een of meer) eilanden op de kustveiligheid vinden we primair in de invloed op de lokale golf- en stromingscondities, waarbij een deel van de (storm)golven breekt op het eiland. Daardoor vermindert de intensiteit van de golfaanval op de achterliggende kustzone die zich in de golfschaduw bevindt, en kan de (extra) zeewering aan de kust zelf gereduceerd worden. Daarnaast kan de aanleg van een of meer eilanden een aanpassing veroorzaken van de (lokale) stromingspatronen, met invloed op de erosie en sedimentatie in de omgeving.

### **2.4.2 Mogelijke configuraties van eilanden binnen een kustbeschermingscontext**

#### 2.4.2.1 Gescheiden eilanden

Gescheiden eilanden zullen de golfeffecten lokaal verminderen. Ze hebben echter nagenoeg geen effect op de stormopzet, omdat het water tussen de eilanden door stroomt.

Om ook wat stormopzet betreft een beschermende werking te creëren moeten de verschillende eilanden verbonden kunnen worden, bijvoorbeeld door middel

van mobiele keringen. Bij stormvoorspellingen kunnen deze keringen dicht en wordt de kust beschermd tegen alle effecten van een stormvloed (golfwerking, stormopzet). In rustiger omstandigheden blijven de keringen geopend en vormen ze een doorlaat voor watercirculatie en scheepvaart.

#### 2.4.2.2 Een aaneengesloten eilandenboog

Een aaneengesloten eilandenboog die aan beide uitersten de kust raakt kan de hele kuststrook erachter beschermen tegen golven en stormopzet, én tegen de zeespiegelstijging.

Vanzelfsprekend zijn ook hier de neveneffecten van belang. Een dergelijke eilandenboog zal, vooral in de zone tussen de boog en de kust, een grote impact hebben op stromingen en op aanzanding en aanslibbing.

Bij een eilandenboog zal de bescherming van die boog een belangrijk item zijn. Een eventuele golfovertopping zorgt immers voor een stijging van het waterpeil in de achterliggende kustzone. En bresvorming kan leiden tot falen bij een waterkerende aaneengesloten eilandengordel.

### 2.5 *Ontwerpparameters voor een eiland als kustbescherming*

#### **2.5.1 Inleiding**

Oriënterende studies (cfr. Zimmerman et al.) geven aan dat een eiland een directe impact zal hebben op de golfhoogte tijdens (super)stormen, maar dat deze impact beperkt blijft tot een schaduwzone achter het eiland en dat de effecten op de verder gelegen kust zelf eerder beperkt zijn (Zimmermann et al., 2013).

Een eiland heeft twee belangrijke effecten op de stromingen aan de kust. Enerzijds creëert het een constrictie of vernauwing van de getijdenstroom (voornamelijk offshore maar ook in de surfzone). Anderzijds vermindert het de golf-gegenereerde langsstromingen in de surfzone als gevolg van een golfschaduwingseffect (Zimmermann et al., 2013). De afstand van het eiland tot de kust bepaalt (mee) de intensiteit van deze effecten. De veranderingen in getijgedreven of golfgedreven sedimentlangstransport kunnen leiden tot de creatie van tombolo's. Bij een dergelijk fenomeen ontwikkelt zich een zandtong die het eiland met het strand verbindt.

#### **2.5.2 Afstand tot de kust**

De afstand tot de kust is belangrijk als men de gewenste golfdemping wil halen. Zo vereist het creëren van een algemeen rustigere golfaanval een eiland dat dicht bij de kustlijn ligt. Voor het dempen van de (veel minder frequente) zeer hoge stormgolfhoogtes kan het eiland verder uit de kust liggen.

### **2.5.3 Afstand tussen de eilanden onderling**

Om een golfdempende werking te garanderen voor de zo goed als volledige achterliggende kustlijn mogen de zeegaten tussen de eilanden niet te groot zijn. Bij een te grote afstand tussen de eilanden en de kust zullen golfhoogte en -periode in de zone achter het eiland opnieuw toenemen door windgroei.

In de doorgangen tussen de eilanden kunnen hoge stromingen ontstaan, die tot ongewenste erosie kunnen leiden en ook mogelijk effecten zullen hebben op de scheepvaart.

### **2.5.4 Lengte en breedte van het eiland (of de eilandengroep)**

De grootte van de invloedzone van het eiland op de kust(bescherming) staat in verhouding tot de lengte van het eiland evenwijdig aan de kust. De invloed van een enkelvoudig eiland van beperkte omvang op het directe effect van afscherming van superstormgolven is beperkt (Verwaest, 2014).

Gelet op de directionele spreiding van de wind en van de golven dient het effect van lengte en breedte van het eiland onderzocht te worden bij verschillende windrichtingen. Het is duidelijk dat een langgerekt eiland evenwijdig aan de kustlijn de beste werking biedt.

### **2.5.5 Stabiliteit & bescherming van het eiland**

Stabiliteitscriteria zullen bepaald moeten worden op basis van de gebruikseisen van het eiland en zijn functie inzake kustbescherming: een eiland dat (deels) ingezet wordt als zandbron heeft andere stabiliteitseisen dan een eiland dat ook andere functies vervult.

Het effect van een mogelijke overstroming van het eiland houdt verband met de functies die aan dat eiland en aan de daaraan gelinkte overstromingsgevoelige infrastructuur worden toegekend. In geval van een permanente overstroming van een eiland zal het effect op de kustbescherming dat van een ondergelopen ('*submerged*') eiland zijn (zie paragraaf 2.5.6).

### **2.5.6 Hoogte van het eiland**

De hoogte van het eiland is afhankelijk van de beoogde functies en invloed. Afhankelijk van de gewenste veiligheidsniveaus zal de hoogte aangepast moeten worden, rekening houdend met de te verwachten zeespiegelstijging tijdens de levensduur van het eiland.

Permanent overstroombare (zogenaamde '*submerged*') eilanden kunnen functioneren als onderwatergolfbrekers ('*submerged breakwater*'). Ze reduceren de golfenergie, afhankelijk van het getij en hun ligging ten opzichte van de kustlijn.

### 3. Uitbouw hernieuwbare energie op zee

In het kader van de klimaatdoelstellingen (afbouw van de CO<sub>2</sub>-uitstoot) is een sterke groei van hernieuwbare energie een noodzaak. Vanwege de beperkte mogelijkheden en de lange procedures voor installaties op het land werd een tiental jaren geleden gestart met de eerste projecten op zee (C-Power, Parkwinds...). Dit resulteerde in een snelle ontwikkeling van de technologie en een explosieve groei van de offshore windmolenparken op de Belgische Noordzee.

Zo was in 2019 ongeveer 1.6 GW aan windmolens operationeel en in 2020 2.3 GW. Door het ontsluiten van een tweede zone (de Prinses Elisabethzone) bij de grens met Frankrijk zal de totale capaciteit in 2030 naar minimum 4 GW gebracht worden .

Kunstmatige eilanden zullen vooral nuttig zijn voor een aantal ondersteunende functies (energieopslag, interconnectors...), zeker voor de energieparken verder in zee.

#### 3.1 Historische ontwikkelingen in België

In de jaren 1970 ontstonden de eerste concepten voor een multifunctioneel gebruik van de kustzone. Hierbij kwamen voornamelijk energie-gerelateerde projecten aan bod:

- De studie *Symarinfra* inventariseerde in 1975 een aantal opties om de maritieme infrastructuur uit te bouwen met het oog op de energiebevoorrading van België, op basis van LNG en kerncentrales. De LNG-optie werd geïntegreerd in het havenuitbreidingsproject van Zeebrugge.
- In dezelfde periode was er een denkpiste om een offshore eiland te bouwen van 2500 m lang en 400 m breed (100 ha), met ruimte voor vier kerncentrales van 1.300 MW, een aquacultuurstation en een zeewater-ontziltingsinstallatie.
- In de daaropvolgende jaren werden hoogspannings- en gasleidingen gerealiseerd in de Belgische Noordzee, als connectie met onze buurlanden.
- In 2010 startte ter hoogte van de Thorntonbank het project C-Power, een van Europa's eerste grootschalige offshore windmolenparken.
- Sinds 2015 wordt er onderzoek gedaan naar de bouw van een eiland ('stopcontact op zee') om de energie van de windmolenparken te 'verzamelen' en met een beperkt aantal hoogspanningskabels te vervoeren naar het elektriciteitsnetwerk aan land.
- Als bijkomende optie wordt onderzocht of een dergelijk eiland ook kan worden gebruikt voor energieopslag en buffering door middel van een pompcentrale. Hiervoor hebben Belgische bedrijven reeds drie haalbaarheidsstudies uitgevoerd.

### 3.2 Europees kader en buitenlandse ervaringen

Ook Europa denkt na over het economische potentieel van de Noordzee inzake duurzame energieproductie. Recent verhoogde het zijn ambities naar 60 GW offshore wind in 2030, en 300 GW in 2050. Momenteel is er slechts 12 GW geïnstalleerd.

Bijkomend ambieert men 40 GW aan andere vormen van offshore groene energieproductie, zoals drijvende zonnepanelen, getijde- en golfenergie.

Om deze doelstellingen te halen moeten er offshore windmolenparken dieper in zee gebouwd worden en is er nood aan een aanpassing van de elektrische infrastructuur om de energie zonder al te veel verlies aan land te brengen. De Europese Commissie stimuleert *cross-border partnerships* tussen de EU-lidstaten om deze ambitie waar te maken.

Energie-eilanden komen steeds meer onder de aandacht, omdat ze een kostenefficiënt alternatief kunnen bieden voor de integratie op grote schaal van offshore wind van de Noordzee in onze elektriciteitsmix. Deze hubs kunnen verder gerentabiliseerd worden door de uitbouw van extra functies (zie hoofdstuk 4).

Offshore energie-eilanden (*interconnectors*) kunnen de elektrische infrastructuur van de windmolenparken per lidstaat bundelen. Zo vormen ze knooppunten van waaruit elektronen en zelfs moleculen in de vorm van waterstofgas gedeeld kunnen worden tussen lidstaten. Vooral voor lange afstanden kan het transport via moleculen efficiënter zijn dan via elektronen.

Om de klimaatdoelstellingen te halen zal België snel moeten schakelen, maar de ruimte in het Belgische deel van de Noordzee is te klein om ze autonoom te halen. Anderzijds hebben verschillende EU-lidstaten meer dan voldoende ruimte. Een *interconnector*-kabel tussen productiecentra in de verschillende lidstaten kan dit onevenwicht oplossen.

Ook andere landen onderzoeken momenteel gelijkaardige energie-eilanden in de Noordzee:

**North Sea Wind Power Hub** (Nederland): haalbaarheidsstudie voor een energie-eiland in de Doggerbankregio; installatie van 15 GW offshore wind- Streefdatum: 2030.

**Energy Island** (Denemarken): bouw van een energie-eiland 60 km ten westen van Thorsminde; productie en uitwisselen van 3 GW aan offshore wind met naburige lidstaten.

**Doggerbank wind power hub** (Nederland, Duitsland en Denemarken): bouw van een offshore energie-eiland dat in een aansluiting voorziet voor windmolenparken in de omgeving en dienstdoet als *interconnector* tussen de drie lidstaten.

**Big Hit Project** (Schotland): demonstratieproject om bestaande afgelegen eilanden in de Schotse wateren (bv. Orkney Islands) te integreren in de productie van hernieuwbare windenergie. Er wordt ook onderzocht om hiermee groene waterstof te produceren, op te slaan en lokaal te consumeren.

**Helgoland** (Duitsland): een natuurlijk eiland in de Duitse bocht, zo'n 55 km offshore. Het eiland meet 1.7 km<sup>2</sup> en beschikt over een luchthaven, haveninfrastructuur, accommodatie enz. die van nut zijn voor het operationeel houden van bestaande en toekomstige windmolenparken rondom het eiland. Ook biedt het onderdak aan 1200 inwoners en toeristen.

De Europese Commissie heeft fondsen vrijgemaakt die zowel grote als kleine bedrijven, start- en scale-ups moeten aansporen om te investeren en te innoveren in de blauwe economie. Die omvat alle activiteiten gerelateerd aan de oceaan, zeeën en kusten die mogelijkheden bieden voor economische ontwikkeling, zowel in gevestigde als in ontluikende mariene en maritieme sectoren. Zo is er bv het **North Sea Energy Programme**, een publiek-privaat onderzoeksprogramma waarin 30 internationale partijen (waaronder DEME) uit de energiewaardeketen samenwerken om het potentieel van de Noordzee als geïntegreerd energiesysteem te onderzoeken. Het consortium initieert ook proefprojecten rond allerlei energie-topics.

### 3.3 Uitgangspunten

De uitbouw van de windmolenparken op zee is de drijvende kracht achter de versnelde ontwikkeling van het economische potentieel van de Noordzee, waarbij België een pioniersrol speelt in de bouw en exploitatie van grootschalige parken. Er moet echter dringend aandacht gaan naar meer multifunctionele energietoepassingen die geïntegreerd kunnen worden. Hierbij wordt in de eerste plaats gedacht aan andere energiebronnen, zoals zonne-energie, golven, stroming, getijden...). Hierin kunnen eilanden slechts een secundaire rol spelen, omdat deze installaties op een minimale afstand van elkaar geïnstalleerd moeten worden.

Maar er zijn ook belangrijke aan energie gerelateerde functies, zoals het onderling verbinden van de energieparken met hoogspanningskabels of via een stopcontact met de gebruikers aan land en ook met de buurlanden, om zo de pieken in de productie en het verbruik beter op te vangen. Zo tekende België begin 2021 een akkoord met Denemarken voor de studie van een 600 kilometer lange elektriciteitskabel tussen België en Denemarken met een capaciteit van 1.4 GW. Voor deze functies kunnen eilanden een belangrijke basis vormen.

Daarnaast moeten de mogelijkheden voor opslag (pompcentrales, waterstof-productie, enz.) verder onderzocht worden. Ook hier kunnen eilanden voor de nodige basisinfrastructuur zorgen.

### *3.4 Vormen van energieproductie*

#### **3.4.1 Windmolens**

Windmolens op zee zijn significant groter en hebben ook een groter vermogen dan windmolens op het land. Door grotere windmolens te bouwen kunnen we meer wind opvangen en omzetten in hernieuwbare energie. Bovendien verloopt het verkrijgen van een vergunning op zee sneller en gemakkelijker en kunnen de molens beter gegroepeerd worden, waardoor ook de transportkabels geoptimaliseerd kunnen worden.

Het eerste windmolenpark in België (C-Power) werd gebouwd met turbines van 5 tot 6 MW; nu (tien jaar later) installeert men turbines met het dubbele vermogen (12 MW). De technologie evolueert zo snel dat men nu al denkt aan offshore windmolens met een capaciteit van 18 tot 20 MW in 2030. Op het land evolueert de technologie veel trager vanwege de windcapaciteit, de locatieschaarste en het beperktere maatschappelijke draagvlak door het NIMBY-syndroom.

De ruimte tussen windmolens is ongeveer 6-8 maal de rotor-diameter. Dit betekent dat er slechts vier (grote) turbines geïnstalleerd kunnen worden op een footprint van ca. 25 ha (500m x 500m).

Hoe verder in zee, hoe meer wind. Daarom is men geneigd om windmolens zo ver mogelijk in zee te plaatsen. In de Noordzee is de waterdiepte bovendien beperkt, zodat turbines op een vaste fundering ruime toepassingsmogelijkheden hebben.

#### **3.4.2 Golfenergie**

Golfenergie bevindt zich als vorm van offshore energieproductie nog in de onderzoeksfase, maar heeft een groot potentieel. Er zijn twee mogelijkheden: drijvende installaties en installaties die worden ingebouwd in een golfbreker van een haven of een (kunstmatig) eiland. Deze techniek maakt gebruik van de beweging van de golven voor het genereren van elektriciteit. Enkel bij de exploitatie van oplopende golven is een vaste structuur (een eiland) vereist.

#### **3.4.3 Getijdenenergie**

Getijdenenergie wint energie uit stroming (horizontale beweging) en is zeer locatie-afhankelijk. Het wereldwijde potentieel is beperkter aangezien er een minimaal



getijdeverschil nodig is om rendabel te zijn. Voor de bestaande technologie zijn de stromingen in de Belgische Noordzee nog te beperkt. Vermoedelijk zijn hier nog technologische ontwikkelingen mogelijk.

Eilanden zouden kunnen bijdragen aan de concentratie van de stroming, waardoor deze energiewinning efficiënter wordt.

#### **3.4.4 Zonne-energie**

Aangezien het voor grote installaties van zonnepanelen op het land moeilijk is om een bouwvergunning te verkrijgen (NIMBY-syndroom en de beperkte beschikbare oppervlakte), wordt er overwogen om drijvende parken op meren en in zee te installeren.

Vooraf de combinatie met windmolenparken biedt mogelijkheden: de zonnepanelen worden dan geïnstalleerd in de open ruimte tussen de windmolens. Het is duidelijk dat het gebruik van drijvende structuren op de Noordzee een grote uitdaging blijft en er op korte termijn (2021-2025) nog geen commerciële activiteiten verwacht worden. Er wordt geraamd dat een bestaand windmolenpark van 500 MW een extra 200 MW aan vermogen kan produceren door het plaatsen van drijvende zonnepanelen tussen de windmolens en rekening houdend met de corridors die vrij moeten blijven voor het scheepstransport.

Een eiland is geen vereiste voor deze technologie, tenzij bij extreem ongunstige weersomstandigheden die een drijvende installatie onmogelijk of te duur maken. In dit geval kan er geopteerd worden voor een artificieel eiland/rif dat dienst doet als beschermingsmiddel, wat maakt dat drijvende zonnepanelen minder robuust ontworpen moeten worden, gezien de mildere zee- en weerscondities

#### **3.4.5 Combinatiemogelijkheden**

Het is duidelijk dat het offshore energiepark van de toekomst bestaat uit een combinatie van toepassingen die afhankelijk zijn van de locatie. In de Noordzee zal er altijd sprake zijn van windmolenfunderingen, terwijl men in de Middellandse Zee verplicht is over te gaan tot drijvende concepten, gezien de waterdieptes. Drijvende zonnepanelen kunnen de ruimte tussen de windmolens opvullen om extra vermogen te genereren, maar ook hier zullen de weerscondities bepalend zijn. De mildere zeecondities en hogere irradiatiewaarden in het zuiden van Europa zullen ervoor zorgen dat drijvende zonnepanelen sneller hun weg vinden in deze gebieden. Ook toepassingen met golf- en getijdenenergie zullen geleidelijk aan hun weg vinden.

### 3.5 Energieopslag

Door de wisselende weersomstandigheden heeft de (hernieuwbare) energie-productie een sterk wisselend productieniveau, wat niet strookt met de vraag van de consument.

Om over extra energie te kunnen beschikken tijdens piekmomenten (momenten waar veel energie vereist is) wordt energie opgeslagen tijdens dalmomenten. Deze opslag is een zeer belangrijke factor om de rendabiliteit van de energieparken te optimaliseren.

Op dit ogenblik worden de volgende opslagtechnieken in overweging genomen:

- Pumped storage Hydro power of valmeer (PSH)
- Opslag in groene waterstof en of methanol/ammoniak (op zee of op het vaste land)
- Zeewaterbatterijen
- Chemische batterijen
- Compressed air storage (in onderzoekstadium)
- Foto-elektrolyse (op zee of op het vaste land)

In de bovenstaande lijst is PSH de meest mature technologie om op relatief korte termijn veel energie op te slaan, in de vorm van waterreservoirs. Op het land is dit een beproefde methode. Deze energieopslag gebeurt door water op te pompen in een waterbekken, zoals in de pompcentrale van Coö. PSH is een zeer efficiënte opslagmethode (ca. 80%) met een hoge ontlaadsnelheid, maar is wel erg oppervlakte-intensief.

PSH op zee kan een oplossing bieden voor de zeer hoge opslagbehoefte en de bijbehorende landbehoefte die zal ontstaan door de toenemende integratie van hernieuwbare energiebronnen in het elektriciteitssysteem. Op zee is een eiland een vereiste om een dergelijke PSH te realiseren. Vanwege de omvang en de hoge investeringskosten blijft de toepassing van PSH op zee momenteel nog beperkt.

Daarom is men op zoek gegaan naar alternatieven, zoals grijze en groene batterijen. De grijze technologie heeft een hogere maturiteit, maar maakt gebruik van schadelijke en uitputbare grondstoffen voor de batterijproductie. Een voorbeeld van het gebruik van grijze batterijen in combinatie met een windmolenpark is het Batwind Project in Schotland. De groene batterijen zijn gemaakt van natuurlijke recycleerbare materialen en kunnen hier een oplossing bieden. Momenteel bevindt deze technologie zich nog in de onderzoeks- en ontwikkelingsfase. Toepassing op zee vereist vermoedelijk een eiland, wat de kostprijs opdrijft.

Het meest voor de hand liggende alternatief is de productie van waterstofgas. Deze technologie heeft reeds toepassingen in de industrie, waar waterstofgas

geproduceerd wordt op basis van elektrolyse (splitsing van H<sub>2</sub>O) door gebruik te maken van (elektrische) energie. Aangezien in dit geval ook traditionele energieproductie gebruikt wordt, spreekt men van 'grijze waterstof'. Bij de 'groene' vorm wordt uitsluitend groene energie (bv. van windmolen- en zonneparken) gebruikt om water om te zetten in waterstofgas dat voor (middel)lange termijn opgeslagen kan worden. Op piekmomenten kan dit opgeslagen gas weer omgezet worden in elektrische energie met behulp van brandstofcellen.

De toepassing van waterstof als elektriciteitsopslag is nog niet voor morgen. De efficiëntie van dit proces ligt aanzienlijk lager dan bij andere opslagvarianten (ca. 35%), wat deze opslagvorm duur maakt. Deze opslagmethode biedt wel een groot competitief voordeel: het is mogelijk om zeer grote hoeveelheden energie op te slaan voor een lange tijdspanne, door de hoge energiedichtheid en de hoge ontladsnelheid. In een toekomstig energiesysteem, waarin heel wat hernieuwbare energie met variabele productieniveaus geïntegreerd moet worden, is het van belang om een langetermijnopslagbron te hebben, om zo periodes te overbruggen waarin weinig tot geen zonne- of windenergie geoogst kan worden door een gelijktijdig optreden van duisternis en windstilte, terwijl de vraag op een hoog niveau blijft (=Dunkelflaute). Op termijn kan deze methode dus relevant worden.

Er gebeurt vandaag de dag meer en meer onderzoek om waterstofgas ook rechtstreeks te gebruiken als (groene) brandstof voor schepen en/of wegverkeer, of als grondstof voor de industrie. De technologie is aan een snelle opmars bezig en wordt gezien als een valabel alternatief om 'hard-to-decarbonise' industrieën te verduurzamen. Meer onderzoek en opschaling zijn vereist om de kosten te drukken en de efficiëntie van het productieproces te verhogen.

Een dergelijke installatie kan zowel aan land als op een eiland geplaatst worden. De eilandoptie biedt het voordeel dat de transmissielijnen beperkt zijn, zeker indien dit geoptimaliseerd wordt met de globale transmissie-infrastructuur. Omdat de kosten van groene waterstof worden bepaald door de kosten van elektriciteit, kan de productie van groene waterstof op een eiland goedkoper zijn: er zijn beperkte tot geen transmissiekosten. Daarnaast is waterstofopslag op een (afgelegen) eiland ook veiliger dan aan land.

Het voordeel van een opslagfaciliteit in zee is dat het de druk verlaagt op de vereiste netuitbreidingen op het land. Het bouwen van een energiebuffer tussen de offshore windparken en het punt waar deze energie aan land komt, maakt dat de vereiste netcapaciteit op het land minder hoog moet zijn, wat er dan weer voor zorgt dat grootschalige elektriciteitsopslag op zee een economisch waardig alternatief kan zijn. Dit kan op termijn ook gebruikt worden om deze brandstof op een efficiënte wijze aan voorbijvarende schepen te leveren.

### 3.6 Offshore transmissie-infrastructuur

Sinds ruim tien jaar is België een pionier wat offshore windintegratie betreft. Momenteel beschikt ons land over meer dan 2.2 GW offshore windproductie. Belangrijke investeringen zijn noodzakelijk om deze energie vanuit de Noordzee aan land te brengen.



Dit gebeurde in golven:

- De eerste vijf offshore windmolenparken hebben een individuele elektriciteitskabel (in het groen op de bovenstaande figuur) naar het land.
- Vervolgens werd een stopcontact (op een platform) op zee gerealiseerd dat de energie van verschillende windmolenparken verzamelt en, door middel van een beperkt aantal exportkabels, naar het vasteland brengt. De vier meest recente windmolenparken zijn aangesloten op dit stopcontact. Drie kabels (in het oranje op de onderstaande figuur) brengen de geproduceerde groene energie aan land. Elk windmolenpark is voorzien van een apart transformatieplatform dat zorgt voor de omzetting van de geproduceerde energie (van 33kV naar een spanning van 220kV).

- Voor de toekomstige windmolenparken (Prinses Elisabeth-zone) zal een nog meer geïntegreerd transmissiesysteem gerealiseerd worden, waarin de omzettingsfunctie en de stopcontactfunctie gecombineerd worden. Dat zorgt voor een verdere rationalisatie van de infrastructuur (beperkt aantal grotere platformen of een eiland, een beperkt aantal kabels, hogere beschikbaarheid, toekomstbestendigheid...).

Door de groepering van deze technieken over verschillende parken heen wordt een centraal eiland meer en meer een haalbare optie, mede omdat de parken hoe langer hoe verder in zee liggen, maar ook als de verbinding met de netten in het buitenland in rekening wordt gebracht.

Anderzijds hebben verschillende productiesystemen (wind, golf, zon en getijden) een ander tijdsverloop qua piekproducties, zodat ook hier een verbinding kan zorgen voor het beperken van pieken van onbruikbare energie. Gezien zijn centrale ligging is België een cruciale partner in een dergelijk *power grid* dat de netten van de verschillende landen verbindt.

Optimaal wordt gedacht aan flexibele oplossingen die de aansluiting van bijkomende offshore energieparken en van *interconnectors* tussen landen combineren: de zogenaamde offshore hybride systemen. Zulke systemen vergen offshore HVDC-convertoren. Die zetten de opgewekte wisselstroom van de windmolenparken om naar gelijkstroom voor lange transportafstanden.

Een groot bijkomend voordeel van de hybride systemen ten opzichte van de radiale aansluiting van offshore windmolenparken is dat de kabels altijd op hun maximale capaciteit worden gebruikt. De huidige benutting van een radiale aansluiting is ca. 50% (gemiddelde productiefactor van offshore windmolenparken). Dankzij het hybride systeem kan de overbodige capaciteit op de markt gebracht worden voor de internationale handel in elektriciteit.

Zulke offshore HVDC-convertoren vergen veel plaats. Een eiland wordt dan een interessant alternatief voor de platformen. De toegevoegde waarde van zo'n eiland hangt af van verschillende criteria: omvang van de windmolenparken, waterdiepte, afstand tot het vaste land, combinatie met andere gebruikers, toekomstige uitbreiding...

## 4. Bijkomende functies

### 4.1 Inleiding

De onderzoeken en experimenten van de voorbije jaren hebben geleerd dat de meeste projecten die uitsluitend gericht zijn op kustbescherming of (een van de) energietoepassingen economisch moeilijk te rentabiliseren zijn op grote schaal, zeker als er een kunstmatig eiland nodig is als basisinfrastructuur. Daarom wordt er meer en meer gezocht naar gecombineerde oplossingen, waarbij deze basisinfrastructuur gebruikt wordt voor andere toepassingen. Zoals daar zijn:

- aquacultuur (oester- en/of mosselkweek, zeewier...)
- werkhavens als uitvalbasis voor onderhoud en support van offshore parken
- thuishavens voor inspectiedrones
- natuurontwikkeling langs de oevers (bv. nieuwe broedgebieden, zeehondenrustplaatsen)
- testsite voor marien onderzoek
- laadpunten van groene waterstof voor zeeschepen
- ondersteuning van loodsactiviteiten
- onderwaterdatacenters
- ontzillingsinfrastructuur

Dit is slechts een olijsting van mogelijke nevenfuncties. Daaruit moet een keuze gemaakt worden afhankelijk van de hoofdfunctie, de plaats, de beschikbare oppervlakte,... en rekening houdend met de economische en ecologische effecten.

### 4.2 Aquacultuur

Het produceren van biomassa (o.a. mosselen, oesters, kreeften, zeeieren, zilte groenten) voor toepassingen als voedsel of niet-voedsel (o.a. energie, materialen, platformchemicaliën) is veruit de belangrijkste functie van aquacultuur, maar er is ook haar potentieel om ecosysteemdiensten te leveren. Aquacultuur kan op diverse manieren en om verschillende redenen gecombineerd worden met een kunstmatig eiland en dat kan wederzijdse voordelen opleveren. Afhankelijk hiervan dient het kweekstelsel op de juiste locatie ingepland te worden: op het eiland zelf, in een binnenmeer, aan de loefzijde of aan de lijzijde van het eiland. Ook de keuzes voor soorten, infrastructuur, schaalgrootte enz. zullen door de synergie tussen aquacultuur en eiland beïnvloed worden.

De grootste hinderpalen voor aquacultuur op zee zijn de ruwe omstandigheden, de beperkte energievoorziening en de connectiviteit met het land (transport van mensen, goederen én data). Voor aquacultuurproducenten biedt de aanwezigheid van een eiland dicht bij de kust opportuniteiten om de additionele investerings- en operationele kosten ten gevolge van deze hinderpalen te beperken. Zo biedt

de lizijde van een eiland een beschutte zone voor aquacultuur, waardoor de schaderisico's aan de installatie (incl. biomassa, verankering, boeien, lijnen) ten gevolge van stormen gereduceerd kunnen worden. De ondiepe intergetijdezones rondom het eiland bieden bijkomende mogelijkheden voor aquacultuur, zoals de kweek van Bouchot-mosselen.

Daarnaast kan de basisinfrastructuur op het eiland gebruikt worden als uitvalsbasis voor operationele handelingen in zeeboerderijen, zoals inspecties (manueel of met drones), onderhoud, inzaaien en oogsten. Ook de vereiste infrastructuur voor energievoorziening (ten behoeve van de monitoring van de zeeboerderij), voor dataopslag en -transfer, voor *docking* van drones en voor laboanalyses kan op het eiland ingericht worden. Door de afstand van deze infrastructuur tot de zeeboerderij te verkleinen kunnen de operationele kosten (vooral ten gevolge van transport) beter beheerst worden. Tot slot biedt het eiland kansen voor het lokaal verankeren van *land-based* broedplaatsen en *nurseries* die de zeeboerderijen kunnen bevoorraden met kwalitatief broedmateriaal.

Ook vanuit het perspectief van het eiland kan aquacultuur toegevoegde waarde creëren. Het is gekend dat aquacultuur potentieel heeft om ecosysteemdiensten te leveren (Coats et al 2016). Naast voedselvoorziening kunnen regulerende diensten (bv. denitrificatie, CO<sub>2</sub>-captatie, bioremediatie), sociale diensten (bv. tewerkstelling, recreatie) en ondersteunende diensten (bv. biodiversiteit, habitat, bodemvorming) gecreëerd worden om de negatieve impact van een eiland te mitigeren. In een extreem scenario zou ook de kweek van *filter feeders* (zoals mosselen) ingezet kunnen worden om microplastics te verwijderen uit het zeewater op en rondom het eiland.

Aquacultuur kan ook ingezet worden om de erosie van een dergelijk eiland te beperken door het golfdempende effect. Dit werd o.a. onderzocht in het MARCOS-project. Anderzijds bieden zeeboerderijen beschutting aan mariene organismen (vooral vissen) die op hun beurt andere dieren, zoals zeehonden, aantrekken, waardoor de biodiversiteit op en rond het eiland versterkt kan worden. Het integreren van aquacultuur op kustnabije eilanden kan zo indirect een troef zijn om op het eiland toeristische activiteiten op te zetten (bv. duik- en snorkelexcursies) en om zo de eilandinfrastructuur te verzachten.

#### 4.3 Ecologische ontwikkeling van de Noordzee

De Noordzee heeft een grote ecologische waarde, maar veel soorten zijn bedreigd door allerhande ontwikkelingen. Naast het afbakenen van mariene reservaten, waar beperkingen gelden voor verschillende activiteiten, kan het voorzien in specifieke habitats en/of condities bepaalde soorten ten goede komen. Eilanden kunnen fungeren als broedgebied voor sternenvogels, meeuwen en bepaalde strandbroeders, en ze kunnen ook dienstdoen als rustgebied, zowel voor vogels op trek als voor

zeezoogdieren. Ook kunnen er interessante duinvegetaties ontstaan. De oevers, zowel de getijdenzone als het sublitorale deel, kunnen een habitat zijn voor veel ongewervelde dieren. Wiervegetaties kunnen tot ontwikkeling komen en mogelijk een kinderkamerfunctie hebben en/of rustplaats zijn voor vissen. Oester- en/of mosselbanken kunnen zich ontwikkelen.

De ecologische ontwikkeling is volledig afhankelijk van de inrichting, zowel van de vorm (helling, grootte...) als van de gebruikte materialen. Door de aanleg van een eiland zal er evenwel steeds een bestaand ecosysteem verdwijnen. Dit verlies moet uiteraard afgewogen worden tegenover de mogelijke winsten. De potentiële ecologische waarde zal mee afhankelijk zijn van eventueel andere functies van het eiland. Dat zal mogelijk een sterk versturende invloed hebben, vooral voor vogels en zeezoogdieren.

#### *4.4 Transport en mobiliteit - scheepvaart (incl. ondersteuning)*

Naast energie en ecologie is ook transport en mobiliteit een potentiële gebruiker van een offshore eiland. Zo kan een deel van het eiland gebruikt worden als logistieke hub tijdens de constructiefase van de omringende windmolenparken. Alle componenten (funderingen, torens, gondels enz.) kunnen rechtstreeks van de fabrikant naar deze opslagplaats gebracht worden om vervolgens lokaal geïnstalleerd te worden, met korte transporttijden. Tijdens de operationele fase kan dezelfde ruimte gebruikt worden als logistieke onderhoudshub en eventueel ook voor offshore faciliteiten, om technici te laten overnachten. Dit bespaart veel tijd en geld, maar vermindert vooral ook de CO<sub>2</sub>-uitstoot.

Het is ook een trend in de offshore energiesector om voor tijdsintensieve en gevaarlijke activiteiten onbemande tuigen in te zetten. Zo wordt de inspectie van de turbinebladen uitgevoerd door onbemande vliegtuigen (drones), niet langer door klimtechniekers. Onbemande varende drones zullen worden ingezet om bijvoorbeeld reserveonderdelen in een windmolenpark aan te voeren, zonder dat daar tijdrovende en vaak riskante verplaatsing- en aanmeermanoeuvres aan te pas komen. Dit bespaart tijd en geld en het garandeert veiligheid. Een eiland kan gebruikt worden als dronehub om deze tuigen te stationeren.

Ook douane en defensie kan een eiland gebruiken als een basis voor de surveillance van het luchtruim boven de Noordzee met helikopters en/of drones. Daarenboven kunnen op het eiland radars en camera's geïnstalleerd worden om een betere zichtbaarheid te garanderen in en achter de omringende windmolenparken. De steeds groter wordende bladen creëren immers *clutter*, wat de vroege detectie van ongewenste elementen maskeert.

Wanneer op het eiland een installatie wordt gebouwd voor de productie van moleculen uit elektronen (bv. waterstofgas), kan het uitgebouwd worden tot



een bunkeringstation voor schepen in transfer. Op basis van waterstofgas kan ammoniak, methanol of andere brandstof gemaakt worden die inzetbaar is voor schepen of als *feedstock* voor export.

#### 4.5 Diepzeehaven

De uitbouw en ontwikkeling van de Vlaamse zeehavens draagt in grote mate bij aan de economische ontwikkeling in België en Vlaanderen. Binnen de huidige fysische contouren van de havens is er nog slechts een beperkte capaciteit beschikbaar om de toenemende vragen op te vangen. Het gaat om een minimale strategische reserve, die de havens in staat stelt tijdig de vereiste nieuwe investeringen te plannen.

Een alternatief voor de uitbreiding aan land is de creatie van een (nieuwe) haven op zee, waarbij een aantal havenfuncties getransfereerd worden naar een multi-functioneel eiland voor de kust. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat een steeds groter aandeel van het globale maritieme goederentransport vervoerd zal worden door een nieuwe generatie megaschepen. Door hun schaal en bijgevolg beperktere wendbaarheid zijn die minder geschikt voor havens aan land. Hubterminals op zee van waaruit het (lokale) transport naar de traditionele havens kan gebeuren met kleinere vaartuigen is hiervoor een oplossing. De estuaire vaart kan hierin een belangrijke rol opnemen.

In een later stadium kan deze nieuwe (los)haven het beginpunt zijn van een ondergrondse hyperloop waarlangs de vracht op een snelle, efficiënte manier naar het hinterland vervoerd kan worden, zonder het intensieve gebruik van het wateroppervlak verder te belasten.

Het is duidelijk dat dergelijke grootschalige ontwikkelingen het best bekeken worden in een ruimere Europese context. Gezien de centrale ligging van België en zijn havens ten opzichte van andere grote Europese havens kan ons land hier een pioniersrol nastreven.

#### 4.6 Ontzilting

Om aan de groeiende drinkwaterschaarste het hoofd te bieden wordt ontzilting van zeewater her en der in de wereld al toegepast. Tot op heden worden dergelijke installaties meestal onshore gebouwd. Een eiland is mogelijk interessant als de ontzilting gecombineerd kan worden met H<sub>2</sub>-productie, en wel om de volgende redenen:

- Lokaal opgewekte hernieuwbare energie kan gebruikt worden om de ontziltingsinstallatie aan te drijven. Indien het eiland beschikt over een opslagfaciliteit, zou de installatie volledig *off-grid* kunnen werken.

- Er is slechts één pijpleiding nodig voor ontzilting op een eiland: de leiding om het drinkwater naar het vasteland te brengen. In het geval van onshore ontzilting zijn er twee pijpleidingen nodig: één voor de intake van zeewater en één voor het lozen van pekkel.

Eerste berekeningen geven aan dat drinkwater tot 23% goedkoper geproduceerd kan worden op een eiland dicht bij de kust in vergelijking met een onshore installatie. Voor de eilanden verder van de kust is de business case minder goed, omdat in dat geval een langere pijpleiding aangelegd moet worden. (ref: Ceulemans et al 2019).

Ontzilting op een eiland heeft nog bijkomende voordelen:

- er is ruimte om de installatie op te schalen;
- de schaarse ruimte in de kustzone op land wordt niet extra belast;
- potentiële synergieën met andere functies (bv. datacentra of energieopslag).

Bij het uitvoeren van (grootschalige) ontzilting dient ook rekening gehouden te worden met een duurzame oplossing voor de sterk saline restproducten van de zoetwaterproductie: door de hogere dichtheid kunnen die een laag met een hoog zoutgehalte creëren, wat nadelig kan zijn voor fauna en flora. Er moet ook goed afgewogen worden of het minder snel afvoeren van zoetwater naar zee niet veel voordeliger is dan zoet water zout maken en nadien ontzilten.

#### 4.7 Toerisme

'Blauw' toerisme wordt gekenmerkt door het specifieke ruimtelijke karakter van de zee én alle historische en culturele aspecten die hiermee samenhangen. Een aangepaste culturele betekenis van de zee als oplossing voor vele klimaatgerelateerde uitdagingen met de 'blauwe economie als toonbeeld van Vlaams (industriële) pionierschap (cfr. Deltawerken), biedt een sterke basis voor specifieke toeristische doelgroepen, voornamelijk voor mensen (inclusief bedrijven) die op zoek zijn naar:

- (1) een exclusieve ervaring en/of plek,
- (2) kennis/educatie (met kinderen),
- (3) een spectaculaire sportieve ervaring.

Een (kustnabij) eiland biedt deze groepen kansen die nu nog niet bestaan. De nadruk dient hierbij te liggen op het 'once in a lifetime' karakter van de beleving. Op het eiland moet je een beleving ervaren die op het land nergens geëvenaard kan worden.

Concreet kan er gedacht worden aan een exclusief hotel(schip) met feest- en congresmogelijkheden (inclusief spa, helikopterlandingsplaats...), een Zeebezoekerscentrum met ook onderwaterinfrastructuur én een spectaculaire watersportzone, bijvoorbeeld op een binnenmeer.

De toeristische exploitatie van het eiland zal ook een toeleveringsdienstverlening aan land doen ontstaan die rechtstreeks (cruises en veerdiensten) en onrechtstreeks (catering, sportartikelen, eventsector...) kan profiteren van het eiland. Met vier havens aan onze kust (Nieuwpoort, Oostende, Blankenberge en Zeebrugge) kan ingezet worden op de maximale spreiding van vertrek- en aankomstplaatsen van en naar het eiland. Zo kan het lokale draagvlak vergroten en kunnen de synergieën met andere attracties (aquacultuurinstallaties, onderwatererfgoed, windmolenparken...) gemaximaliseerd worden.

#### *4.8 Data-infrastructuur/ 5G-systeem*

De nieuwe infrastructuur kan ook gebruikt worden als basis voor de uitbouw van de volgende elementen:

- datanetwerken: bij een intenser gebruik van de zee zullen er ook hier stijgende noden zijn;
- 5G-netwerk: de nieuwe infrastructuur kan ook gebruikt worden voor de uitbouw van dit netwerk op zee.

Innovatieve IoT-oplossingen verbinden objecten en infrastructuren via het 5G- of TETRA-netwerk om zo cruciale informatie te verzamelen aan de hand van betrouwbare en robuuste sensoren. Breedband Push-to-Talk radiosystemen zijn rijk aan functies maar hebben een beperkt maritiem bereik, Daarom worden smallband-TETRA-systemen gecombineerd met 5G om de dekking te garanderen.

Hoe meer apparaten men moet verbinden en bewaken, hoe meer gegevens in een database bewaard worden, wat resulteert in waardevolle geavanceerde analyses, ook voor de projecten rond kunstmatige eilanden.

Deze geavanceerde 5G- en TETRA-technologie en -software vormen als telemetrie-georiënteerde infrastructuur een noodzakelijke schakel tussen de verschillende eilanden en energiesites die eventueel gepland worden in het Noordzeegebied.

Deze infrastructuur kan in open zee geplaatst worden, maar het is duidelijk een besparing als de masten in het kader van een multifunctioneel gebruik geïnstalleerd kunnen worden op een (kunstmatig) eiland.

## 4.9 Dataopslag

Hoewel de digitale economie heel wat innovaties en voordelen met zich meebrengt, heeft ze ook een belangrijke keerzijde. De steeds grotere nood aan verwerkings-, opslag- en transportcapaciteit is zeer energie-intensief. Er wordt verwacht dat de ICT-industrie 20% van alle elektriciteit en 5,5% van de globale CO<sub>2</sub>-emissies voor haar rekening zal nemen tegen 2025 (The Guardian, 2017).

Daarom hebben operatoren van datacentra de ambitie om klimaatneutraal te worden. Offshore locaties kunnen een belangrijke rol spelen in de verduurzaming van de datacentermarkt. Hiervoor wordt gezocht naar:

- **Groene, betrouwbare en goedkope stroombevoorrading:** de energiekosten bedragen 15% van de jaarlijkse kosten van een datacenter (Khaliq et al., 2019). Verder is het cruciaal dat de stroombevoorrading betrouwbaar is, zodat de uptime van een datacenter maximaal gegarandeerd wordt.
- **Beschikbaarheid van ruimte:** mogelijkheid tot opschaling is belangrijk, aangezien dataopslag een groeimarkt is.
- **Beschikbaarheid van water:** water is nodig voor de koeling van datacentra. Een datacenter met een IT-load van 15 MW heeft een direct waterverbruik van 300 tot 500 miljoen liter per jaar (Azevedo et al., 2018).
- **Milde klimaatomstandigheden** zorgen ervoor dat een datacenter energie-efficiënter kan werken, omdat er minder koelingsenergie vereist is: (DLA Piper, 2019).
- **Connectiemogelijkheden met belangrijke internethubs:** West-Europa is bijgevolg een preferentiële regio.
- **Bepaalde locatie-specifieke risico's:** overstromingsgevaar, tornado's, tsunami's, aardbevingen, breuken in de glasvezelkabel enz.

Deze doelstellingen kunnen in belangrijke mate bereikt worden met offshore installaties: datacentra geïnstalleerd op eilanden in zee bieden immers een aantal technische en economische voordelen, waardoor ze competitief kunnen zijn met de traditionele, onshore datacentra :

- **Nabijheid van veel hernieuwbare energie:** de *interconnectors* met andere windparken, het vasteland en/of een lokale opslagcapaciteit zorgen ervoor dat de stroombevoorrading betrouwbaar is.
- **Beschikbaarheid van water:** dit is vanzelfsprekend.
- **Mogelijkheden tot opschaling:** eilanden in zee kunnen een oplossing bieden voor een flexibele opschaling, wat extra schaalvoordelen creëert.
- **Locatie in zee:** nabijheid voor acties waar snelheid belangrijk is, zoals inspectiedrones die 'lage latentie' vereisen)

De hoge grondkosten vormen een belangrijk obstakel voor de economische haalbaarheid van een kunstmatig eiland. Bij hoogwaardige activiteiten, zoals

datacentra, stelt dit probleem zich minder. De studie van TEC (2017) geeft aan dat de gemiddelde investering van een datacenter gelijk is aan €11.500/m<sup>2</sup>. De grondkosten maken slechts 1% uit van het geamortiseerde kostenplaatje.

### **De installatiemogelijkheden op het eiland zijn tweeërlei:**

- De 'onland'-opstelling, waarbij gebruik gemaakt wordt van het zeewater voor koeling. Bij de 'onland'-opstelling is de infrastructuur goedkoper en is het datacenter vlotter bereikbaar voor controle en onderhoud.
- De onderwateropstelling: (cfr. Project Natick). De installatie- en onderhoudskosten zijn in dit geval hoger, maar de energiekosten lager.

### **Hinderpalen** voor offshore datacentra:

- hogere installatiekosten,
- de noodzaak van een hoogperformante toegang tot een netwerk met de eindgebruiker,
- kosten van hoogopgeleide arbeid op offshore locaties. Dit is eerder beperkt, aangezien het opereren van datacentra weinig arbeidsintensief is,
- locatierisico's, zoals overstromingsgevaar, security-risico's enz.

### *4.10 Kennisopbouw*

De ontwerp-, bouw- en gebruiksfase van een artificieel eiland zijn fases die elk een eigen onderzoeks-, studie- en monitoringsinspanning vergen. De bouw van een eiland impliceert ingrepen in de omgeving die op een zo weloverwogen en bestudeerd mogelijke manier moeten gebeuren. Naast dit voor de hand liggende aspect kan het eiland ook bijkomende diensten verlenen voor kennisopbouw. Enerzijds als **proeftuin**, waarbij de specifieke condities van het eiland (geïsoleerde ligging, zeewaartse ligging...) gebruikt worden voor het ontwikkelen, ontwerpen, testen en toepassen van innovatieve onderzoeks- en meetmethodes. Dit kan zowel op het eiland zelf als geïsoleerd proefstation (bv. raszuivere bijenteelt op Schiermonnikoog) als op het strand, intergetijde of offshore (waarbij het eiland ook als directe link voor *cabled observatory* kan functioneren).

Belangrijk is dat het eiland zowel dienst kan doen als *living lab* voor het op punt stellen van monitoringtechnieken (uittesten van de robuustheid van nieuwe sensoren in semi-offshore condities) als voor het uitvoeren van effectieve systematische monitoringcampagnes (bv. plaatsing van HF-radar, weerstations, radars vogeltrek...). Het relatieve isolement van een eiland biedt ook bij het inzetten van complexere testopstellingen op bijvoorbeeld een intergetijde of strandzone, de garantie dat ze ongestoord zullen kunnen worden ingezet.

Het eiland kan ook ingezet worden als **proefobject**, waarbij het zelf het onderwerp wordt van de studie. Zoals gezegd brengt de bouw van een eiland een significante wijziging van de omgeving met zich mee waarvan de effecten op voorhand nooit volledig ingeschat kunnen worden. Een eiland kan bijvoorbeeld in een startfase als testeiland ontworpen worden en in een latere fase na kennisvergarig worden opgeschaald.

Vanaf de ontwerpfase moet de meerwaarde voor kennisopbouw primair in rekening worden gebracht. Denk aan de inzet van glasvezelkabels die voor communicatiedoeleinden met het vasteland gebruikt worden, maar die ook kennis kunnen opleveren over de erosie van een eiland (mits een voldoende dekkingsgraad van de glasvezelkabels). Deze primaire randvoorwaarde tot kennisopbouw moet interdisciplinair benaderd worden, zodat een testeiland een zo breed mogelijk gamma van onderzoekdomeinen kan bedienen.

Bij de aanleg van het eiland kan een variatie in ontwerpparameters (steile versus zachte hellingen, soorten begroeiing aanplanten, enz.) toelaten om nieuwe inzichten te vergaren. Men kan daarbij zowel denken aan de morfologische evolutie van het eiland zelf als aan de invloed van het eiland op de morfologische evolutie van zijn omgeving, maar ook aan de monitoring van natuurontwikkeling (verschillende aanplantingen, mossel- en oesterbanken...) en van de ecosystemendiensten waarin het eiland kan voorzien, gekoppeld aan CO<sub>2</sub>, sedimentatie enz.

De mogelijkheden gaan verder dan de aan de configuratie en locatie van het eiland gelinkte parameters. Ook sociologisch onderzoek is mogelijk. Zo kan het eiland gebruikt worden als onderwerp voor studies over welbevinden: mensen blijven bijvoorbeeld twee of drie dagen op het eiland, met in situ monitoring van het effect van de omgeving.

## 5. Aspecten m.b.t. ecosysteemdiensten

### 5.1 Conceptuele elementen

Ecosysteemdiensten zijn de goederen en diensten die ecosystemen leveren en die direct of indirect een belangrijke waarde hebben voor de mens. Er zijn typisch vier categorieën (TEEB 2010):

- producerende (bv.: voedsel, drinkwater, zand),
- regulerende (bv.: kustveiligheid, waterkwaliteit),
- culturele (bv.: recreatie, spirituele beleving, erfgoed),
- habitat-diensten (bv.: kraamkamer, behoud van genetische diversiteit).

Aan de basis van menselijk welzijn ligt een gezond functionerend ecosysteem dat bestaat uit biofysische structuren (bv. habitat) en ecologische processen (bv. nutriënten cycli). Biodiversiteit speelt hierin een cruciale rol, omdat ze de drijvende kracht is achter ecologische processen en omdat ze rechtstreeks gelinkt is aan bepaalde ecosysteemdiensten (bv. vissen zijn in verschillende stadia afhankelijk van andere voedselbronnen). Ze kan voor de mens ook een esthetische waarde hebben.

De aanleg van eilanden zal hoe dan ook een belangrijke invloed hebben op ecosysteemstructuren en -processen, en dus ook op de ecosysteemdiensten. Op de plaats waar het eiland wordt aangelegd is een negatieve impact onvermijdelijk vanwege het permanente verlies van zeebodemhabitat en bodemfauna. Het eiland kan bovendien een grote impact hebben op de ruimere omgeving. Dit alles zal leiden tot veranderingen in de huidige ecosysteemdiensten.

De veranderingen kunnen zowel positief als negatief zijn, al naargelang de ecosystemendienst:

- Wanneer er door de aanleg van een eiland een luwe zone ontstaat, kan een zandige vooroever door aanslibbing evolueren naar een slikken- en schorregebied. Als kraamkamer voor bv. tong en garnaal kunnen deze nieuw gecreëerde zones de productiviteit verbeteren, wat de visserij ten goede komt. Een verbeterde opname van voedingsstoffen kan mogelijk gunstig zijn voor de waterkwaliteit.
- Wat kustveiligheid betreft, kunnen slikken en schorren golven afremmen, terwijl het zand van een zandige vooroever strand en duinen kan voeden om zo een fysieke barrière tegen hoogwater te vormen.
- De aanleg van een eiland kan verderop ook zorgen voor toenemende erosie. Zo kunnen strand en duinvoet verloren gaan (cfr. kustveiligheid), wat dan weer andere ecosysteemdiensten beïnvloedt, zoals recreatie.

Als het eiland ook toegankelijk wordt voor mensen (bv. recreatie) of voor economische activiteiten (bv. energieopslag, aquacultuur), zal dit een bijkomende impact hebben op de ecosysteemdiensten. Voorbeelden zijn een intensivering van de scheepvaart, de aanleg van pijpleidingen of andere (neven)infrastructuren.

Behalve effecten in de directe omgeving van een eiland heeft ook de zandwinning die nodig is voor de aanleg een impact op de ecosysteemdiensten. Enerzijds is er een directe verstoring van de benthische productie (het bodemdierleven) op de plaats van de ontginning. Anderzijds kan er ook een indirecte verstoring optreden in de omgeving door het bezinken van fijn materiaal van de sedimentpluim die ontstaat door de ontginning (Van Lancker & Baeye 2015). Beide kunnen een negatieve invloed hebben op bodemvissen die zich voeden met prooien die in of op de zeebodem leven. Of de gevolgen van de zandwinning al dan niet (tijdelijk of permanent) worden vertaald in een verandering van de visserijproductie, is afhankelijk van meerdere factoren. Zo is bekend dat de frequentie waarmee zand ontgonnen wordt (bv. bij het gespreid aanleggen van eilanden of bij herhaaldelijk aanvullen van de zandbalans), de schaal van de ontginning (Hostens et al. 2008) en de natuurlijke dynamiek op de plaats van de zandwinning (Rozemeijer et al. 2013) een rol kunnen spelen.

Dit geeft aan dat er elke keer trade-offs zijn tussen ecosysteemdiensten. Het concept van ecosysteemdiensten is hierdoor zeer waardevol om een meer globale afweging te kunnen maken, waarbij de impact van een project op het volledige ecosysteem ingeschat en doorvertaald kan worden naar de maatschappelijke kosten en/of baten.

De aanleg van eilanden kan ook een opportuniteit betekenen voor het creëren van ecosysteemdiensten. Een eiland dat bestaat uit natuurlijke materialen (zand) kan vermoedelijk meer ecosysteemdiensten leveren dan een eiland met hoofdzakelijk harde structuren, hoewel ook die laatste onder bepaalde omstandigheden bepaalde ecosysteemdiensten kunnen leveren. Het gebruik van 'zachte' materialen kan vermoedelijk mee bijdragen aan natuurlijke processen, wat kan leiden tot de ontwikkeling van (nieuwe) habitats, biodiversiteitswaarden en ecosysteemdiensten. Zo kan het verlies aan ecosysteemdiensten door de aanleg van het eiland (deels) gecompenseerd worden door andere ecosysteemdiensten te leveren.

*Ook wanneer enkel natuurlijke materialen worden gebruikt, is het mogelijk het eiland zo aan te leggen en in te richten dat bepaalde gewenste ecosysteemdiensten geoptimaliseerd worden.* De belangrijkste aspecten met betrekking tot de aanleg en inrichting van eilanden die een impact kunnen hebben op ecosysteemdiensten spelen zich af op drie schaalniveaus:



- De **inplanting** van de eilanden in hun omgeving (**macroschaal**). Dit zijn aspecten die betrekking hebben op de locatie van de eilanden ten opzichte van hun omgeving (afstand tot kust, tussenafstanden...). Die zullen vooral een invloed hebben op ecosystemendiensten in het ruimere kustecosysteem.
- De **lay-out** van de eilanden (**mesoschaal**), met factoren zoals hoogte, reliëf, beplanting, structurele complexiteit... Die zullen bepalen welke habitats en gemeenschappen zich op het eiland ontwikkelen en zullen voornamelijk ecosystemendiensten op de eilanden zelf beïnvloeden.
- Ten slotte kan de **keuze van materialen** die gebruikt worden bij de constructie van een eiland (**microschaal**) bijkomend sturen welke ecosystemendiensten geleverd of geoptimaliseerd kunnen worden. Dit omvat onder andere het type materiaal waarmee het eiland aangelegd wordt of beschermd wordt tegen erosie, het type beton dat gebruikt wordt voor harde onderwaterstructuren enz.

Momenteel is de impact van eilanden op ecosystemendiensten vooral kwalitatief bestudeerd (project Ecosysteemvisie Kust 2017, Blauwe Cluster-project MFILand). Er is een gebrek aan kwantitatieve onderbouwing waarmee de trade-offs die ontstaan door het verlies van ecosystemendiensten vanwege de bouw van een eiland afgewogen kunnen worden ten opzichte van de winsten in ecosystemendiensten door een doordachte aanleg. Het SUMES-project (Blauwe Cluster) zet hierin eerste stappen.

## *5.2 Ecosysteemeffecten in relatie tot de ontwerpparameters*

### **5.2.1 Afstand tot de kust**

Voor producerende en culturele ecosystemendiensten (bv. recreatie, visserij, aquacultuur, energiewinning) speelt de bereikbaarheid van het eiland voor de mens een rol.

Voor regulerende ecosystemendiensten heeft een grotere afstand tot de kust geen (bv. koolstofopslag) of een negatieve impact (bv. kustveiligheid, waterkwaliteit). Dichter bij de kust is het eutrofiëringsprobleem groter en zal de bijdrage van biologische structuren die geassocieerd zijn met het eiland tot waterkwaliteitsregulatie relatief groter zijn.

Voor terrestrische biodiversiteit geldt: hoe dichter het eiland bij de kust, hoe beter de connectiviteit voor planten- en diersoorten en hoe stabielere en productiever populaties worden. Meer stabiele en productieve ecosystemen zijn positief gelinkt aan verschillende ecosystemendiensten (Schneiders en Spanhove 2014).

### **5.2.2 Afstand tussen de eilanden van een eilandengroep**

Net als voor de afstand tot de kust geldt ook hier: hoe dichter het eiland bij andere eilanden ligt (bv. eilandenboog), hoe beter de connectiviteit voor planten- en diersoorten en hoe stabiel en productiever populaties worden, wat voor verschillende ecosysteemdiensten voordelig is.

### **5.2.3 Ligging van de eilanden in relatie tot bestaande waarden**

De aanleg van een eiland kan de visserijproductie negatief beïnvloeden door een verlies aan zeebodem die dienst doet als kraamkamer, paaihabitat of schuilplaats voor commerciële vissoorten.

De aanleg van een eiland in ecologisch waardevol gebied (zoals zandbanken en grindbedden) heeft negatieve gevolgen voor de biodiversiteit.

### **5.2.4 Lengte en breedte van het eiland (of de eilandengroep)**

Hoe groter het eiland, hoe groter het verlies aan bestaande ecosysteemdiensten op de plek waar het wordt gebouwd en hoe belangrijker de verandering van ecosysteemdiensten in de omgeving. Anderzijds biedt een groter eiland meer kansen voor de ontwikkeling van nieuwe ecosysteemdiensten.

Voor sommige ecosysteemdiensten zijn minimale afmetingen noodzakelijk om te maken dat ecosysteemfuncties ook effectief benut worden. Dit is vooral het geval voor ecosysteemdiensten waar een menselijke inbreng nodig is om de dienst te benutten (bv. infrastructuur) en waar economische afwegingen gemaakt moeten worden.

De breedte van het eiland bepaalt mee welke types duinhabitat en daarmee geassocieerde natuurwaarden en ecosysteemdiensten zich kunnen ontwikkelen.

De loef- en lijzijde van het eiland zullen op verschillende manieren blootgesteld worden aan stroming, golven, wind, zon... Dit zal leiden tot verschillen in korrelgrootte, reliëf, voedselrijkdom en habitatontwikkeling (slikken, schorren, duinen). De lengte van het eiland (parallel aan de kust) zal een invloed hebben op de oppervlaktes van de habitats en geassocieerde ecosysteemdiensten.

### **5.2.5 Hoogte van het eiland**

De hoogte van het eiland bepaalt de opslagcapaciteit voor (zoet) water in duinen en de potentie voor drinkwaterproductie.

De hoogte bepaalt ook welke types duinhabitat en daarmee geassocieerde natuurwaarden en ecosysteemdiensten zich kunnen ontwikkelen. Op een laag

eiland zullen eerder embryonale of jonge duintypes voorkomen, terwijl op een hoog eiland grasachtige of struweelduinen kunnen groeien en ecosysteemdiensten zoals koolstofopslag een rol kunnen spelen (Van der Biest et al. 2017).

### **5.2.6 Reliëf op het eiland**

Het aanbrengen van reliëfvariatie kan ervoor zorgen dat verschillende (micro) habitats tot ontwikkeling komen, waardoor een diversiteit aan diensten geleverd kan worden of bepaalde diensten geoptimaliseerd kunnen worden (bv. recreatie). In de getijdzone speelt de helling een belangrijke rol in de totstandkoming van habitats en ecosysteemdiensten.

### **5.2.7 Materiaalkeuze voor het eiland**

Door het gebruik van natuurlijke materialen (zand) kunnen bijkomende ecosysteemdiensten gerealiseerd worden.

De grootte en hoogte van het eiland bepalen de hoeveelheid zand die nodig is voor de aanleg. De mate waarin het eiland beschermd is tegen erosie bepaalt hoeveel zand er nodig is voor het onderhoud. Hoe meer zand er nodig is, hoe groter de impact van de zandwinning op ecosysteemdiensten in het zandwinningsgebied. Er zal ook minder zand beschikbaar blijven voor gebruik in andere sectoren of op andere plekken.

### **5.2.8 Stabiliteit & bescherming van het eiland**

Bij het gebruik van harde materialen om het eiland te verstevigen of te beschermen tegen erosie kunnen het type materiaal en de structurele complexiteit (bv. ruw of glad beton, poreus materiaal) bijkomende baten voor biodiversiteit en ecosysteemdiensten creëren (Bugnot et al. 2018; Coolen et al. 2018). De gemeenschappen die zich op dergelijke structuren ontwikkelen verschillen vaak wel van natuurlijke gemeenschappen (Coates et al. 2014). Ook dit kan een impact hebben op bepaalde ecosysteemdiensten (Mayer-Pinto et al. 2018).

Onderstaande tabel geeft een overzicht hoe ontwerpaspecten een invloed kunnen hebben op ecosysteemdiensten.

Ecosysteemdiensten beïnvloed door aanleg van eilanden											
		Producterende			Regulerende				Cultu- rele	Onder- steu- nende	
Schaal	Parameter	Visserijproductie	Aquacultuurproductie	Zandwinning	Kustbescherming	Erosie- en sedimentatieregulatie	Koolstofopslag	Nutriëntenverwijdering	Drinkwater	Recreatie	Biodiversiteit
Inplanting (macroschaal)	Afstand tot kust		x		x			x	x	x	x
	Afstand tussen eilanden				x	x				x	x
	Ligging i.f.v. bestaande waarden	x			x	x					x
	Lengte en breedte	x		x	x	x	x	x	x	x	x
Layout (mesoschaal)	Hoogte			x	x	x			x		x
	Reliëf				x	x	x	x		x	x
Materiaalkeuze (microschaal)	Structurele complexiteit	x	x		x	x		x			x
	Substraat	x	x		x	x	x	x	x	x	x

Tabel: ontwerpaspecten van eilanden die een impact kunnen hebben op een aantal ecosysteemdiensten

## 6. Kennishiaten

Algemeen zijn er wat het inzetten van eilanden betreft nog kennislacunes.

Ten dele zijn die er omdat de ecologische en morfologische respons op de aanleg van een eiland, of de effecten van zo'n aanleg op bijvoorbeeld stromingen en nautische toegankelijkheid, als algemene principes wel gekend zijn, maar de vertaling naar de locatie-specifieke effecten vereist extra studiewerk. Dat moet in het kader van een concreet project uitgevoerd worden.

Ten dele zijn de kennishiaten ook algemener. Denk in het geval van de aanleg in het kader van kustbescherming aan het bepalen van de afstanden waarbinnen de aanleg van een eiland invloed kan hebben op de kustveiligheid.

Tijdens het schrijven van dit Standpunt werden met name de volgende aandachtspunten naar voren gebracht:

- Verder onderzoek naar de mogelijke grondstoffen voor de duurzame bouw van een eiland (al dan niet met zandmotorfunctie) Naast zand kunnen op termijn ook biologische bouwstoffen overwogen worden.
- Uitbouw van de kennis en een instrumentarium om de effecten van eilanden(groepen) op stromingen (tussen de eilanden, tussen de eilanden en de kust) te bepalen en de configuratie te optimaliseren met het oog op een minimale impact.
- Uitbouw van de kennis en het instrumentarium om de afstand te bepalen waarbinnen eilanden een invloed kunnen hebben op de kustveiligheid.
- Uitbouw van de kennis over de impact van eilanden op de ecosysteemdiensten.
- Uitbouw van de kennis over de economische haalbaarheid van het bouwen van eilanden.
- ...

Doorgedreven onderzoek is noodzakelijk om tijdig de nodige inzichten te verwerven en die in rekening te brengen bij de beslissing over de inzet van een eiland. In dat licht kan een (proef)eiland met een onderzoeksfunctie, naast doorgedreven (modellering)studies, als optie in overweging genomen worden als proefproject. Doel: een aantal bouwtechnische en ecosysteemaspecten bestuderen of combinatiemogelijkheden van activiteiten onderzoeken. De toegevoegde waarde inzake kennisverwerving van een dergelijk (proef)eiland moet in de balans gelegd worden met de inspanningen, de kosten en het maatschappelijk draagvlak.

## 7. Besluiten

De toekomst brengt veel uitdagingen én kansen voor de mariene omgeving. Uitdagingen zijn onder meer: hoe het hoofd bieden aan de zeespiegelstijging, hoe bijdragen aan de toenemende energiebehoefte. Kansen worden aangereikt door de snel evoluerende wetenschap en technologie.

Offshore energie en kustbescherming zijn in de Noordzeecontext de twee meest voor de hand liggende uitdagingen waarvoor de aanleg van een eiland overwogen kan worden.

Het valt te verwachten dat door de klimaatverandering de bescherming van onze kust tegen overstromingen de komende decennia grondig herdacht moet worden. Kust nabije kunstmatige eilanden vormen in dat denkwerk een potentiële bouwsteen.

Offshore (wind)energie is een belangrijke *driver* voor het bereiken van de klimaatdoelstellingen (CO<sub>2</sub>-neutrale samenleving) en voor de economische ontwikkeling van de Noordzee. Voor een duurzame ontwikkeling van deze nieuwe sector is het van belang om de productiemogelijkheden te verbreden. Denk aan nieuwe bronnen, zoals drijvende zonnepanelen, golfenergie, getijde-energie...

Maar er moet ook extra energieopslagcapaciteit gecreëerd worden om de productie en het verbruik in evenwicht te brengen. Ook de verbinding van productiesites en van zo veel mogelijk gebruikers rond de Noordzee zal bijdragen aan een beter evenwicht tussen de productie en het verbruik. Globaal genomen leidt dat tot een hogere kostenefficiëntie. Offshore eilanden kunnen hiervoor een basis vormen.

Een eiland in zee biedt ook heel wat nieuwe mogelijkheden voor de ontwikkeling van de Belgische economie. Denk aan: datacentra, aquacultuur, natuurontwikkeling, waterstofproductie, datacentra, 5G-infrastructuur, toeristische infrastructuur, havenfaciliteiten... In de praktijk zal er, afhankelijk van de locatie en de marktvrage, een keuze uit deze lijst gemaakt moeten worden.

## 8. Aanbevelingen

De basisinvestering van een kunstmatig eiland is hoog. Daarom moet telkens opnieuw onderzocht worden of de doelstellingen ook niet gehaald kunnen worden met land-based investeringen. Die zijn meestal goedkoper, maar vaak zijn ze ook zeer moeilijk realiseerbaar in de praktijk door plaatsgebrek en door het NIMBY-syndroom.

Het beleid inzake de installatie en het gebruik van een artificieel eiland in de Belgische Noordzee moet vertrekken van de volgende principes:

- Een zo efficiënt mogelijk ruimtegebruik met een maximale maatschappelijke return (onder meer door het bedienen van verschillende gebruikers) en een positieve ecologische impact.
- Een flexibel ontwerp dat rekening houdt met ruimtegebruik en kostenefficiëntie, waardoor nieuwe gebruikers in de toekomst vlot kunnen aansluiten en uittreden. Zo kan het gebruik van het eiland steeds afgestemd worden op de meest relevante functies.
- Een breed draagvlak voor het globale concept, waardoor de industrie, het beleid, het onderzoek en het brede publiek gezamenlijk achter de nieuwe ontwikkelingen kunnen staan. Cocreatie is de methodiek om dit waar te maken.
- Een adaptief ontwerp dat kan mee-evolueren met de uitdagingen van de klimaatverandering.

Gezien de belangrijke potentiële impact van een eiland of een reeks eilanden op de omgeving is het aangewezen te starten met een gradueel ontwerp en een adaptieve designstrategie. Zo kunnen de effecten van een grootschalige toepassing beter voorspeld en gestuurd worden. Monitoring, zowel van het eiland zelf als van de omgeving, vooraf en tijdens het volledige proces van aanleg en gebruik, is hierin broodnodig. Dit creëert bijkomende kansen voor wetenschappelijke kennisopbouw.

Het beperken van de ecologische én financiële voetafdruk is een noodzaak. Afhankelijk van de omgevingsvoorwaarden kan het daarom opportuun zijn een aantal van de vermelde ontwikkelingsopties te combineren, in het kader van een multifunctioneel eiland(en) met een gamma van gebruikers, dan wel te kiezen voor een kleiner monofunctioneel eiland.

Bij het overwegen van de creatie van een eiland als bijdrage aan de vermelde oplossingsrichtingen moet men van bij de start rekening houden met het mogelijk tijdelijke karakter van sommige gebruikersfuncties. Daarom is het 'no-regret'-principe het vertrekpunt. Dan worden alle kansen opengehouden om nieuwe toepassingen toe te voegen, additioneel of als vervanging van diensten die niet langer nuttig zijn. Het spreekt voor zich dat hierbij een goede afweging gemaakt

moet worden tussen kostenefficiëntie, efficiënt ruimtegebruik en het creëren van kansen voor de toekomst.



## 9. Referenties

- Azevedo, I., Brown, R., Herrlin, M., Horner, N., Koomey, J., Masanet, E., Sartor, D., Shehabi, A., & Smith, S. (2016). *United States Data Center Energy Usage Report*. OSTI.
- Bugnot, A. B., M. Mayer-Pinto, E. L. Johnston, N. Schaefer, and K. A. Dafforn. (2018). Learning from nature to enhance Blue engineering of marine infrastructure. *Ecological Engineering* 120:611-621.
- Coates D., Deschutter Y., Vincx M. and Vanaverbeke J. (2014). Enrichment and shifts in macrobenthic assemblages in an offshore wind farm area in the Belgian part of the North Sea. *Marine environmental research* Volume: 95 Issue 9916, p 1-12.
- Coolen, J. W. P., B. van der Weide, J. Cuperus, M. Blomberg, G. W. N. M. Van Moorsel, M. A. Faasse, O. G. Bos, S. Degraer, and H. J. Lindeboom. (2018). Benthic biodiversity on old platforms, young wind farms, and rocky reefs. *ICES Journal of Marine Science*
- De Bruyne, W. (2010). Juridisch kader voor kunstmatige eilanden. MSc Thesis. UGent. Faculteit Rechtsgeleerdheid/Universiteit Antwerpen – Faculteit Toegepaste Economische Wetenschappen: Gent. 81 pp.
- De Maerschallck, B.; Renders, D.; Vanlede, J.; Gourgue, O.; Willems, M.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2016). Modelling Vlaamse Baaien: Deelrapport 1: Hydrodynamische Modelling Scenario's Oostkust. Versie 4.0. WL Rapporten, 15\_068. Waterbouwkundig Laboratorium & afdeling Maritieme Toegang: Antwerpen, België.
- De Maerschallck, B.; van der Werf, J.; Kolokythas, G.; Quataert, E.; Van Oyen, T.; Vroom, J.; Dijkstra, J.; Wang, Z.B.; Vanlede, J.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2017). Modelling Belgische Kustzone en Scheldemonding: Deelrapport 2 – Morfologische analyse scenario's Vlaamse Baaien. Versie 4.0. WL Rapporten, 15\_068\_2. Waterbouwkundig Laboratorium & Deltares, Antwerpen.
- Delecluyse, K.; Vanlede, J.; De Maerschallck, B.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2014). Eilanden Oostkust: Deelrapport 1 – Effecten van de eilanden op de stroming. Versie 4.0. WL Rapporten, 14\_006. Waterbouwkundig Laboratorium & IMDC: Antwerpen, België.
- DLA Piper. (2019). *European Data Centre Investment Outlook*. DLA Piper.
- Ecorem (2013). Milieu- en energietechnologie innovatie platform. MIP3 haalbaarheidsstudie. "Het energie-atol, energie-opslag in de Noordzee.
- Greenberg, A., Hamilton, J., Maltz, D.A., & Patel, P. (2009). *The Cost of a Cloud: Research Problems in Data Center Networks*. *Computer Communication Review*, 39(1), 68–73.

Groningen Seaports. (2015). *Eemshaven: best datacenter location*. Groningen Seaports.

IMDC (2015). Analyse impact havenuitbreiding Zeebrugge op onderhoudsbaggerwerken vaargeulen Noordzee en voorhaven Zeebrugge: leveren van ondersteunend numeriek scenario-onderzoek. Versie 2.0. Vlaamse Overheid. Afdeling Maritieme Toegang: Antwerpen. xviii, 369 pp.

ING Economics Department. (2019). *Further efficiency gains vital to limit electricity use of data*. ING.

Khalid, Z., Maqsood, T., Junaid, S., & Rehman, A. (2019). *A systems overview of commercial datacenters: initial energy and cost analysis*. International Journal of Information Technology and Web Engineering.

Luijendijk, A., & van Oudenhoven, A. (Eds.) (2019). *The Sand Motor: A Nature-Based Response to Climate Change: Findings and Reflections of the Interdisciplinary Research Program NatureCoast*. Delft University Publishers.

Mayer-Pinto, M., V. J. Cole, E. L. Johnston, A. Bugnot, H. Hurst, L. Airoidi, T. M. Glasby, and K. A. Dafforn. (2018). Functional and structural responses to marine urbanisation. *Environmental research letters* 13:17.

MFiLand haalbaarheidsstudie VLAIO (work package 2, task 2.2): *feasibility of a desalination plant on a multifunctional island* (VITO, 2019)

Oude Elferink, A.G.; Spijkers, O. (2018). Analyse van het internationaalrechtelijk kader inzake kunstmatige eilanden in de Nederlandse exclusieve economische zone (EEZ). NILOS Paper Series, 1. Netherlands Institute for the Law of the Sea (NILOS)

Reyns, J.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2010). CLIMAR: deelrapport 4. Effect van het ophogen van de zandbanken voor de Belgische kust op de kustveiligheid bij een superstorm. Versie 2.0. WL Rapporten, 814\_01. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. VI, 60 pp

Rondelez, J. & Pirlet, H. (2018). Beleidsinformerende nota: Synthese van het wetenschappelijk onderzoek in de context van Vlaamse Baaien – Met de Belgische Oostkust als focusgebied. VLIZ Beleidsinformerende nota's BIN 2018\_001 versie 2.0. Oostende. 35 pp.

Roode, N.; Baarse, G.; Ash, J.; Salado, R. (Ed.) (2008). *Coastal flood risk and trends for the future in the North Sea region: results and recommendations of Project Safecoast: Synthesis report*. Rijkswaterstaat. Centre for Water Management: The Hague. 136 + annexes pp. <http://www.vliz.be/en/imis?refid=122833>Rozemeijer MJC, J. de Kok, JG de Ronde, S. Kabuta, S. Marx en G. van Berkel (2013). Evaluatierapport MEP Rijkswaterstaat en LaMER. Het Monitoring en Evaluatie Programma Zandwinning RWS LaMER 2007 en 2008-2012: overzicht, resultaten en evaluatie.

Schneiders A. en Spanhove T. (2014). NARA Technisch Rapport. Hoofdstuk 6 – De rol van biodiversiteit in de levering van ecosysteemdiensten. INBO-publicaties, 45p.

TEC. (2017). *Data Centers: jobs and opportunities in communities nationwide*. TEC.

Tractebel & Universiteit Antwerpen. (2019). Ecosystem Services MFiLand project. Study on ecosystems, ecosystem services and proposal for ecological engineering. Final Report. 48p.

Van der Biest K., De Nocker L., Provoost S., Boerema A., Staes J. and Meire P. (2017). Dune dynamics safeguard ecosystem services. *Ocean and Coastal Management* 149, 148-158

Van der Biest, K.; D'Hondt, B.; Schellekens, T.; Vanagt, T.; Kamermans, P.; Bonte, D.; Ysebaert, T.; Meire, P. (2017a). Ecosysteemvisie voor de Vlaamse kust. Deel I – Functionele beschrijving kustecosysteem en ecosysteemdiensten. eCOAST Rapport. Oostende. 81 pp.

Van der Biest, K.; Vanagt, T.; D'Hondt, B.; Schellekens, T.; Bonte, D.; Ysebaert, T.; Meire, P. (2017). Ecosysteemvisie voor de Vlaamse kust: deel II. Visie en beoordelingsmethodiek. eCOAST Rapport = eCOAST Report, 2014016-4. eCOAST: Oostende. 81 p

Van Lancker V. & Baeye M. (2015). Wave Glider monitoring of sediment transport and dredge plumes in a shallow marine sandbank environment. *Plos ONE* 10(6), e0128948

Van Lancker V., Francken F., Kapel M., Kint L, Terseleer N., Van den Eynde D., Hademenos V., Missiaen T., De Mol R., De Tré G, Appleton R., van Heteren S., van Maanen P.P., Stafleu J., Stam J., Degrendele K., Roche M. (2019). Transnational and Integrated Long-term Marine Exploitation Strategies (TILES). Final Report. Brussels: Belgian Science Policy– 75 p. (BRAIN-be - Belgian Research Action through Interdisciplinary Networks)

Verwaest, T.; De Maerschallck, B.; Mostaert, F. (2014). Vlaamse Baaien 2100: Potentie Kustveiligheid Eilanden. Versie 4.0. WL Adviezen, 14\_047. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, BelgiëZimmermann, N.; Wang, L.; Delecluyse, K.; Trouw, K; De Maerschallck, B.; Vanlede, J.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2013). Energy atolls along the Belgian coast: Effects on currents, coastal morphology and coastal protection. Version 5.0. WL Rapporten, 13\_105. Flanders Hydraulics Research & IMDC: Antwerp, Belgium

Project Natick Microsoft. (2020). Retrieved from <https://natick.research.microsoft.com>

The Guardian. (2017). Tsunami of data could consume fifth global electricity by 2025. Retrieved from <https://www.theguardian.com/environment/2017/dec/11/tsunami-of-data-could-consume-fifth-global-electricity-by-2025>

RISC-KIT (Resilience-Increasing Strategies for Coasts – toolKIT) EU-FP7 Grant agreement ID: 603458 (2013-2017) Weblink: Artificial Island - Amager Beach, Copenhagen (DK) | Coastal Management Webguide - RISC KIT (coastal-management.eu) - laatst geconsulteerd op 29/06/2021

Ceulemans, J., & Schiettecatte, W. (2019). MFiLand: Techno-economische haalbaarheid van een ontziltingsinstallatie. 2019. VITO.

## *Samenstelling van de werkgroep*

Pierre Bernard (Friends of sustainable grids)  
Alexander D'Hooge (ORG/MIT)  
Kristof Eggermont (Econopolis)  
Dirk Fransaer (VITO)  
Laurens Hermans (AMT)  
Collin Janssen (U Gent – VLIZ)  
Alexander Jordaens (DEME)  
Jan Kretzmar ( KTW) +  
Chantal Martens (VLIZ)  
Jan Mees (VLIZ)  
Patrick Meire (UA)  
Tina Mertens (VLIZ)  
Jaak Monbaliu (KU Leuven)  
Marc Nuytemans (Blauwe Cluster)  
Nathalie Oosterlinck (DEME - JERA)  
Maxime Peeters (Havenbedrijf Antwerpen)  
Kristof Sleurs (ELIA)  
Jos Smits (Blauwe Cluster - IMDC)  
Daphné Thoon (MDK)  
Peter Troch (UGent)  
Timothy Vanagt (ORG)  
Peter Van Besien (MDK)  
Luc Van Damme  
Joost Van Roost  
Ivo Van Vaerenbergh (KTW)  
Caroline Ven (Blauwe Cluster)  
Frank Verschraegen  
Bertrand Vosse (ELIA)

## Definities

Strijklengte of *fetch* is de afstand waarover de wind in dezelfde richting waait. Hierbij wordt aangenomen dat de windsnelheid ongeveer constant is over de volledige *fetch*. Eenmaal men de *fetch* en de windsnelheid kent, kan men eenvoudig berekenen hoe groot golven kunnen worden.

Overslagdebiet: volume water dat per strekkende meter per seconde door de golfbeweging over de kruinlijn slaat.

Stormopzet: de waterstandsverhoging op zee ten gevolge van de door de storm op de watermassa van de zee uitgeoefende kracht.

De intergetijdzone is het gebied dat boven water blijft bij laagtij en onder water staat bij hoogtij.

## RECENTE STANDPUNTEN (vanaf 2016)

47. Bart Verschaffel, Marc Ruyters e.a., *Elementen van een duurzaam kunstenbeleid*, KVAB/Klasse Kunsten, 2016.
48. Pascal Verdonck, Marc Van Hulle (e.a.) - *Datawetenschappen en gezondheidszorg*, KVAB/Klasse Technische wetenschappen, 2017.
49. Yolande Berbers, Mireille Hildebrandt, Joos Vandewalle (e.a.) - *Privacy in tijden van internet, sociale netwerken en big data*, KVAB/Klasse Technische wetenschappen, 2017.
50. Barbara Baert (e.a.), *Iconologie of 'La science sans nom'*, KVAB/Klasse Kunsten, 2017.
51. Tariq Modood, Frank Bovenkerk - *Multiculturalism. How can Society deal with it?* KVAB/Klasse Menswetenschappen, 2017.
52. Mark Eyskens - *Europa in de problemen*. KVAB/Klasse Menswetenschappen, 2017.
53. Luc Steels - *Artificiële intelligentie. Naar een vierde industriële revolutie?*. KVAB/Klasse Natuurwetenschappen, 2017.
54. Godelieve Gheysen, René Custers, Dominique Van Der Straeten, Dirk Inzé, *Ggo's anno 2018. Tijd voor een grondige herziening*. KVAB/Klasse Natuurwetenschappen, 2017.
55. Christoffel Waelkens (e.a.) - *Deelname van Vlaanderen aan grote internationale onderzoeksinfrastructuren: uitdagingen en aanbevelingen*, KVAB/Klasse Natuurwetenschappen, 2017.
55. Addendum. Jean-Pierre Henriët. - *Mijlpalen in internationale wetenschappelijke samenwerking*, KVAB/Klassen Natuurwetenschappen, 2017.
56. Piet Swerts, Piet Chielens, Lucien Posman - *A Symphony of Trees. Wereldcreatie naar aanleiding van de herdenking van de Derde Slag bij Ieper, 1917*, KVAB/Klasse Kunsten, 2017.
57. Willy Van Overschée e.a. - *De mobiliteit van morgen: zijn we klaar voor een paradigmawissel?*, KVAB/Klasse Technische Wetenschappen, 2018.
58. Tinne De Laet e.a. - *"Learning Analytics" in het Vlaams hoger onderwijs*, KVAB/Klasse Technische Wetenschappen, 2018.
59. Dirk Van Dyck, Elisabeth Monard, Sylvia Wenmackers e.a. - *Onderzoeker-gedreven wetenschap. Analyse van de situatie in Vlaanderen*, KVAB/Klasse Natuurwetenschappen, 2018.
60. Liliane Schoofs - *Doctoraathouders geven het Vlaanderen van morgen vorm*, KVAB/Klasse Natuurwetenschappen, 2018.
61. Luc Bonte, Aimé Heene, Paul Verstraeten e.a. - *Verantwoordelijk omgaan met digitalisering. Een oproep naar overheden en bedrijfsleven, waar ook de burger toe kan/moet bijdragen*, KVAB/Klasse Technische Wetenschappen, 2018.
62. Jaak Billiet, Michaël Opgenhaffen, Bart Pattyn, Peter Van Aelst - *De strijd om de waarheid. Over nepnieuws en desinformatie in de digitale mediawereld*, KVAB/Klasse Menswetenschappen, 2018.
63. Christoffels Waelkens. - *De Vlaamse Wetenschapsagenda en interdisciplinariteit. Leren leven met interdisciplinaire problemen en oplossingen*, KVAB/Klasse Natuurwetenschappen, 2019.
64. Patrick Onghena - *Repliceerbaarheid in de empirische menswetenschappen*, KVAB/Klasse Menswetenschappen, 2020.
65. Mark Eyskens - *Als een virus de mensheid gijzelt. Oorzaken en gevolgen van de Coronacrisis*, KVAB/Klasse Menswetenschappen, 2020.
66. Jan Rabaey, Rinie van Est, Peter-Paul Verbeek, Joos Vandewalle - *Maatschappelijke waarden bij digitale innovatie: wie, wat en hoe?*, KVAB - Denkersprogramma 2019, KVAB/Klasse Technische Wetenschappen, 2020.
67. Oana Dima (auteur), Dirk Inzé, Hubert Bocken, Pere Puigdomènech, René Custers (eds)., *Genoombewerking voor veredeling van landbouwgewassen. Toepassingen van CRISPR-Cas9 en aanverwante technieken*, ALLEA-KVAB/Klasse Natuurwetenschappen, 2020.
68. Marie-Claire Foblets, *De multiculturele samenleving en de democratische rechtsstaat – Hoe vrijwaren we de sociale cohesie?*, KVAB/Klasse Menswetenschappen 2020
69. Joost Van Roost, Luc Van Nuffel, Pieter Vingerhoets e.a., *De rol van gas in de Belgische energietransitie – Aardgas en Waterstof*, KVAB/Klasse Technische Wetenschappen, 2020.

De volledige lijst met standpunten en alle pdf's kunnen worden geraadpleegd op [www.kvab.be/standpunten](http://www.kvab.be/standpunten)



De jongste jaren is er in Vlaanderen een snel stijgende nood aan nieuwe exploitatiemogelijkheden van de Noordzee. Om daaraan te beantwoorden dringt doorgedreven onderzoek zich op. Onze beleidsmensen staan voor de uitdaging om hiervoor de komende jaren een dynamisch kader te ontwikkelen, dat kan tegemoetkomen aan de groeiende behoeften en daarbij rekening te houden met de effecten van de klimaatwijziging.

Dit document inventariseert de mogelijkheden en kansen van eilanden op zee als bijdrage tot een verbeterde kustveiligheid en een versnelde conversie naar hernieuwbare energie. Een eiland biedt ook extra kansen voor de ontwikkeling van nieuwe activiteiten op en rond de Noordzee. Er is de ruimtelijke, ecologische en economische impact, en daarnaast moet er ook gewerkt worden aan een actieve dialoog met de bevolking om zo een breed maatschappelijk draagvlak te creëren.

Dit Standpunt kwam tot stand na ruim overleg met alle betrokkenen uit de industrie, de universiteiten en de diverse beleidsstructuren. Het vormt een uitnodiging tot creatief denken over de toekomst van de Noordzee, rekening houdend met de verwachte stijging van de zeespiegel en de noden inzake nieuwe en groene energiebronnen.

De reeks Standpunten van de Academie is een bijdrage tot het wetenschappelijk onderbouwd debat over actuele maatschappelijke en artistieke thema's. De auteurs, leden en werkgroepen van de Academie schrijven in eigen naam, onafhankelijk en met volledige intellectuele vrijheid. De goedkeuring voor publicatie door een of meerdere Klassen van de Academie waarborgt de kwaliteit van de gepubliceerde studies.