

Kust
visie

Kustvisie

Referentiesituatie ESD

28 november 2023

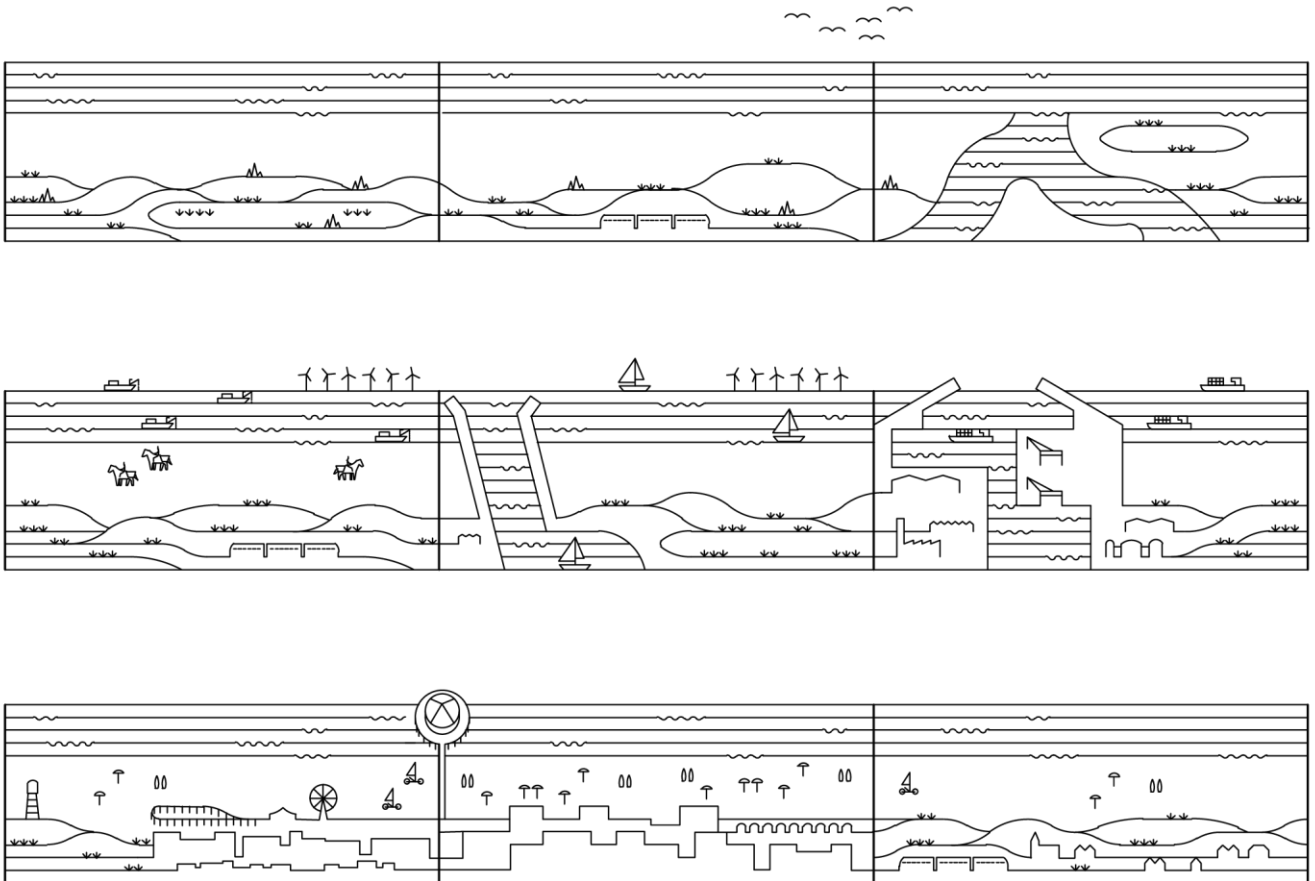
Versie	Datum	Omschrijving	Auteur	Nazicht	Goedgekeurd
1.0	07/07/2023	Concept	JDR, HVO, FHA	AVO, HVG,	ABO
2.0	28/11/2023	Finaal (na revisie ILVO)	JDR	AVO	ABO

De studies en het onderzoek in Kustvisie zijn uitgevoerd ter ondersteuning van het opstellen van het 'strategisch beleidsplan Kustvisie'. Het doel is daarbij een kansrijk kustbeschermingslint af te bakenen, dat is de ruimte waarbinnen de toekomstige zeekering kan worden ontworpen en uitgevoerd om de kust ook op lange termijn te blijven beschermen.

Dit document maakt deel uit van de onderbouwende studies. Het wordt gedeeld om inzicht en achtergrond te geven in het studiewerk voor en de onderbouwing van het strategisch beleidsplan Kustvisie.

Het onderzoek in Kustvisie is uitgevoerd op een niveau dat gepast is voor de keuze van een kansrijk kustbeschermingslint in het strategisch beleidsplan. De focus ligt daarbij op de studie van de onderscheidende effecten van de alternatieven ten opzichte van de referentiesituatie en ten opzichte van elkaar. Het gaat ook steeds over grootteorde dimensies en conceptuele ontwerpen, geschikt voor het opmaken van voorbeelduitwerkingen en voor de evaluatie van alternatieven op strategisch niveau. Het studiewerk in dit document kan daarom niet worden beschouwd als een detailonderzoek of detailontwerp. Dit gebeurt pas op projectniveau. Verder hoort er bij het strategisch beleidsplan Kustvisie een eerste actieplan 2025 – 2034. Dit actieplan bevat de nodige acties om Kustvisie stapsgewijs uit te voeren. In dit plan zijn ook een aantal acties gedefinieerd met betrekking tot het verder onderzoek, het ontwerp, de uitwerking en de uitvoering van de toekomstige kustbeschermingsmaatregelen binnen het gekozen kustbeschermingslint.

Referentiesituatie ecosysteemdiensten



Inhoud

1	Inleiding	12
1.1	Aanleiding en doel van dit document	12
1.2	Leeswijzer	12
2	Referentiesituatie en ontwikkelingsscenario's	14
3	Ruimtelijke situering	17
3.1	Vlaamse kust	17
3.2	Belgische deel van de Noordzee	18
3.3	Kustzone	18
3.4	Achterland	19
4	Studiegebied	21
5	Referentiesituatie 2030	23
5.1	Ecosysteemdiensten	23
5.1.1	Natuurlijkheid – Ecologische processen	25
5.1.2	Natuurlijkheid – Habitat en biodiversiteit	25
5.1.3	Maatschappij – Productie	30
5.1.4	Maatschappij – Regulatie	35
5.1.5	Maatschappij – Cultuur	38
5.1.6	Maatschappij – Welzijn en gezondheid	41
5.1.7	Maatschappij – Economie	41
5.2	Bijkomende socio-economische opportuniteiten	41

6	Algemeen verwachte impact zeespiegelstijging - Scenario +1 m, +2 m en +3 m ZSS	44
6.1	Ambitie 1: Een beschermend lint	46
6.1.1	Aaneengesloten	46
6.1.2	Adaptief	48
6.1.3	Veilig en robuust	49
6.1.4	Veerkrachtig	51
6.1.5	Technisch uitvoerbaar	51
6.2	Ambitie 2: Een toekomstgericht lint	53
6.2.1	Ruimte voor socio-economische processen	55
6.2.2	Ruimte voor fysieke processen	56
6.2.3	Ruimte voor ecologische processen	58
6.3	Ambitie 3: Een aantrekkelijk lint	59
6.3.1	Beleving versterkend	60
6.3.2	Eigenheid versterkend	60
6.3.3	Verbindend	60
6.4	Samenvattende tabel	61
7	Bibliografie	87

Lijst van tabellen

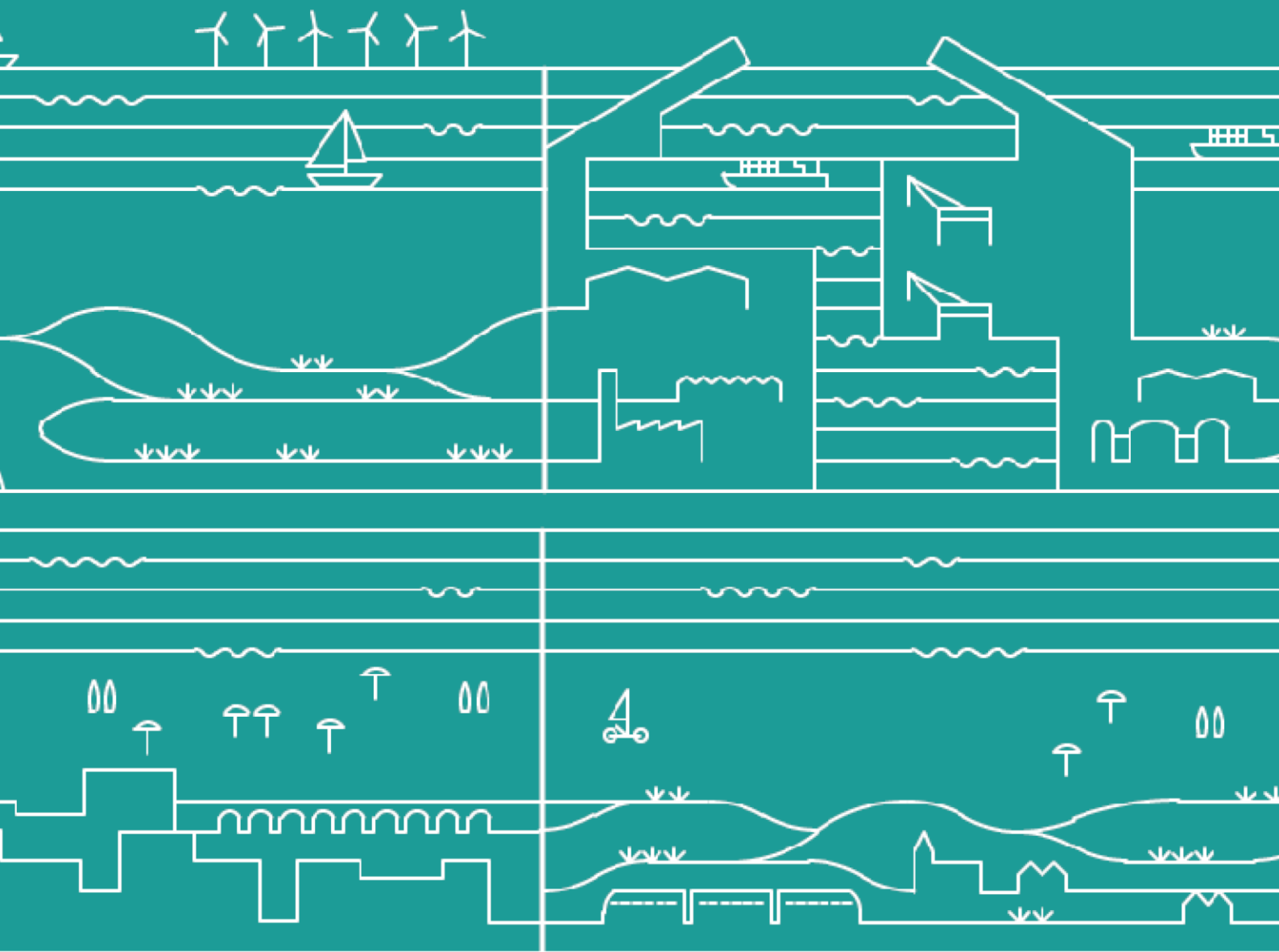
Figuur 3-1: De alternatieven situeren zich op verschillende ruimtelijke niveaus: per zone (4 strandzones: Westkust – Middenkust-West – Middenkust-Oost - Oostkust), havens (Nieuwpoort – Oostende – Blankenberge – Zeebrugge) en voor de volledige kustzone	17
Figuur 3-2: Illustratie 3 soorten kust	18
Tabel 4-1: Samenvatting kustgemiddelde zeeniveaus bij de scenario's +1m, +2m, +3m zeespiegelstijging met getijdensters (GLW en GHW, in m TAW) en bij de 1000-jarige storm	21
Tabel 5-1: Overzicht van de relevante ecosysteemdiensten binnen het strategisch beleidsplan Kustvisie	24
Tabel 5-2: Literatuurwaarden koolstofvoorraad- en vastlegging duinen.	37
Tabel 5-3: Literatuurwaarden koolstofvoorraad- en vastlegging slikken en schorren	38
Tabel 5-4: Oppervlaktes strand en duin in functie van recreatief gebruik	40
Tabel 6-1: Overzicht van de relevante ecosysteemdiensten binnen het strategisch beleidsplan Kustvisie, met link naar het Kader van Ambities (evaluatiecriteria)	45
Tabel 6-2: Overzicht opportuniteiten (incl. ecosysteemdiensten) binnen Ambitie 1: Een beschermend lint.	46
Tabel 6-3: Maatregelen per kuststad of -gemeente, zoals uitgevoerd in het Masterplan Kustveiligheid (situatie 2030) (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2022c)	48
Tabel 6-4: Cumulatieve onderhoudsbehoefte (miljoen m ³ /jaar) voor de referentiesituatie 2030 en per niveau van zeespiegelstijging (ZSS) (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2023e)	52

Tabel 6-5: Overzicht opportuniteiten (incl. ecosysteemdiensten) binnen Ambitie 2: Een toekomstgericht lint.	53
Tabel 6-6: Landwaartse verschuiving van de LWL en HWL en reductie nat- en droogstrand per zone bij +1 m zeespiegelstijging.	57
Tabel 6-7: Landwaartse verschuiving van de LWL en HWL en reductie nat- en droogstrand per zone bij +2 m zeespiegelstijging.	57
Tabel 6-8: Landwaartse verschuiving van de LWL en HWL en reductie nat- en droogstrand per zone bij +3 m zeespiegelstijging.	57
Tabel 6-9: Overzicht opportuniteiten (incl. ecosysteemdiensten) binnen Ambitie 3: Een aantrekkelijk lint.	59
Tabel 6-10: Overzicht ecosysteemdiensten, hun relevantie en de verwachte impact van zeespiegelstijging op deze diensten.	61
Tabel 6-11: Kenmerken grondwatersysteem duinen (Provoost et al., 2020)	73

Lijst van figuren

Figuur 3-1: De alternatieven situeren zich op verschillende ruimtelijke niveaus: per zone (4 strandzones: Westkust – Middenkust-West – Middenkust-Oost - Oostkust), havens (Nieuwpoort – Oostende – Blankenberge – Zeebrugge) en voor de volledige kustzone	17
Figuur 3-2: Illustratie 3 soorten kust	18
Figuur 5-1: Voedselweb (bentho-pelagische koppeling) in het BNZ en daaraan gelinkte leefgebieden en ecosysteemdiensten.	26
Figuur 5-2: A) Potentiële grindbedaanwezigheid in het BNZ, op basis van zeer hoge (klasse 5) biologische waarde volgens (Pecceu et al., 2021). B) habitatgeschiktheidskaart voor verspreiding van Lanice riffen in het BNZ (gedefinieerd als meer dan 20 % kans op Lanice conchilega aggregaties van meer dan 500 ind./m ²), onderverdeeld in biologische waardes volgens % van voorkomen (Pecceu et al., 2021).	27
Figuur 5-3: Rifvorming in het BNZ en daaraan gelinkte leefgebieden en ecosysteemdiensten.	28
Figuur 5-4: Duinomvorming aan het BNZ en daaraan gelinkte leefgebieden en ecosysteemdiensten.	29
Figuur 5-5: Duinvorming aan het BNZ en daaraan gelinkte leefgebieden en ecosysteemdiensten.	29
Figuur 5-6: Natuurlijke successie in slikken en schorren aan het BNZ en daaraan gelinkte leefgebieden en ecosysteemdiensten.	30
Figuur 5-7: Situering van de visserijgebieden (commercieel en recreatief) in het BNZ	31
Figuur 5-8: Overzicht van heatmaps welke de densiteit aan verschillende recreatieve visserijactiviteiten weergeven langsheen de kuststrook. Blauwe lijn = 12 nautische mijl grens; zwarte lijn = 3 nautische mijl grens (Bron: (Kustportaal, 2023))	31
Figuur 5-9: Aanduiding CIA-zones binnen het BNZ en overlap met studiegebied van het strategisch beleidsplan Kustvisie	32
Figuur 5-10: Overzicht van de zones voor hernieuwbare energie zoals opgenomen in het MRP 2020-2026, de elektriciteits- en telecomkabels, en de pijpleidingen in het BNZ, met aanduiding van de overlap met het studiegebied van het strategisch beleidsplan Kustvisie.	33
Figuur 5-11: Overzicht van de zandwinningsgebieden die zich in de omgeving van het studiegebied van het strategisch beleidsplan Kustvisie bevinden (MRP 2020-2026).	34
Figuur 5-12: Geografische weergave van de vijf macrobenthos habitats en hun staalnamelocaties in het BNZ volgens (Breine et al., 2018).	36
Figuur 5-13: Overzicht van obstakels en wrakken in het BNZ.	39
Figuur 5-14: Garnaalvisserij te paard, luchtobservatie november 2016 - november 2017 (Bron: (Kustportaal, 2023))	39
Figuur 5-15: Watersportclubs, recreatiezones en strand- en duinzones langs de Vlaamse kust.	40
Figuur 6-1: Veiligheidsscan voor +1 m zeespiegelstijging.	47
Figuur 6-2: Veiligheidsscan voor +2 m zeespiegelstijging.	47
Figuur 6-3: Veiligheidsscan voor +3 m zeespiegelstijging.	48

Figuur 6-4: Resultaten van de overstromingsberekening bij +1 m zeespiegelstijging en de 1000-jarige storm (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2023c)	49
Figuur 6-5: Resultaten van de overstromingsberekening bij +2 m zeespiegelstijging en de 1000-jarige storm (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2023c)	50
Figuur 6-6: Resultaten van de overstromingsberekening bij +3m zeespiegelstijging en de 1000-jarige storm (scenario ZSS3): overstromingsdiepte (m) (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2023c).	50
Figuur 6-7: Grasdijk Middelkerke-Westende.	51
Figuur 6-8: Overzicht van de (totale) gemiddelde suppletiehoeveelheden (m ³ /jaar) per kustsectie langsheen de kust (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2023d)	52
Figuur 6-9: Visualisatie ecosysteemproces 'Instandhouding voedselweb (bentho-pelagische koppeling)	68
Figuur 6-10: Visualisatie ecosysteemproces 'Natuurlijke rifvorming' (ecosysteem ingenieurs)	69
Figuur 6-11: Voorbeeld van een <i>Lanice conchilega</i> aggregatie en detail van afzonderlijke kokers in het BNZ (Bron: (Degraer et al., 2010); Foto's: Marijn Rabaut)	70
Figuur 6-12: Schematische voorstelling van de herverdeling van sediment van de zeereep en strand naar dieper water om de vooroever op te hogen tijdens storm (Bron: (Baeteman, C., 2008))	71
Figuur 6-13: Tijdens de storm wordt door erosie een verticale klif gevormd in de zeereep. Na de storm wordt het zand geleidelijk aan terug van de vooroever naar het droog strand en duin gebracht door golven en wind (Nieuwpoort) (Bron: (Baeteman, C., 2008))	72
Figuur 6-14: Klif in zeereep t.h.v. Zwin (Knokke-Heist) na Nieuwjaarsstorm van 2 jan 2018 (foto: D. Libbrecht).	72
Figuur 6-15: Visualisatie ecosysteemproces 'Duinvorming in mobiele duinen'	74
Figuur 6-16: Embryonale duinen met biestaruwgras	75
Figuur 6-17: Visualisatie ecosysteemproces 'Duininvorming in gefixeerde duinlandschappen'	76
Figuur 6-18: Oppervlakteverdeling van de vegetatietypes uit (Provoost et al., 2014) in de zeereepgebieden langsheen de Vlaamse kust. De gebieden worden weergegeven volgens toenemende fixatie van de stuifduinen. Bedijkte zones zijn grijs omkaderd.	77
Figuur 6-19: Grafische voorstelling van de veranderingen in de vegetatie van de Westhoek (overgenomen uit (Provoost et al., 2011)) ter illustratie van de processen vergrassing, verruiging en verstruweling	77
Figuur 6-20: Visualisatie ecosysteemproces 'Natuurlijke successie langsheen een zoet-zoutgradiënt'	79
Figuur 6-21: Drempelwaarde hittestress (min en max) – huidig klimaat (Bron: (Klimaatportaal VMM, 2023)) - Westkust	82
Figuur 6-22: Drempelwaarde hittestress (min en max) – huidig klimaat (Bron: (Klimaatportaal VMM, 2023)) – Middenkust-West	82
Figuur 6-23: Drempelwaarde hittestress (min en max) – huidig klimaat (Bron: (Klimaatportaal VMM, 2023)) - Middenkust-Oost	82
Figuur 6-24: Drempelwaarde hittestress (min en max) – huidig klimaat (Bron: (Klimaatportaal VMM, 2023)) - Oostkust	82



Inleiding

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en doel van dit document

Op 16 december 2022 nam de Vlaamse Regering de beslissing om een Vlaams strategisch beleidsplan Kustvisie op te maken. In dat beleidsplan staan zowel de langetermijnvisie om onze kust te blijven beschermen tegen de stijgende zeespiegel als een korte termijn actieplan 2025-2034 met stappen die we dan al moeten zetten.

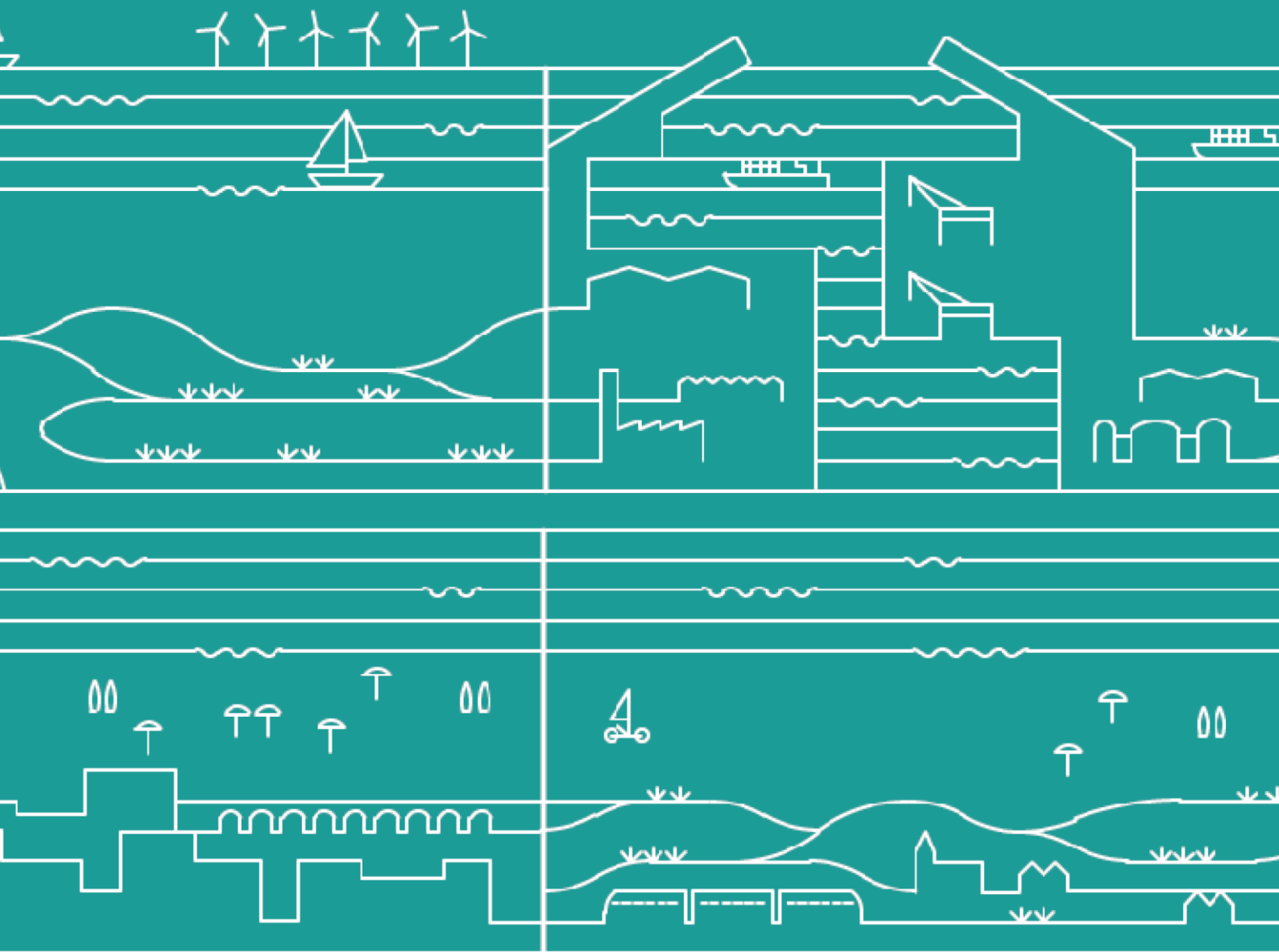
Voorliggend document beschrijft de referentiesituatie voor de mogelijke opportuniteiten, met de focus op ecosysteemdiensten (§5.1) die voortvloeien uit de ecologische systemen en processen langsheen onze kust. Anderzijds worden ook bijkomende socio-economische opportuniteiten (§5.2) besproken die niet rechtstreeks voortvloeien uit het (kust)ecosysteem, maar wel een link hebben met de socio-economische baten binnen het strategisch beleidsplan Kustvisie.

De referentiesituatie geeft een beschrijving van de toestand van deze opportuniteiten (op basis van autonome en gestuurde ontwikkelingen) in afwezigheid van het strategisch beleidsplan Kustvisie. Het dient als uitgangssituatie voor het geïntegreerd onderzoek en als vergelijkingsbasis voor het beschrijven en beoordelen van de redelijke alternatieven van het strategisch beleidsplan Kustvisie binnen het milieueffectenonderzoek (MER) en de ondersteunende studies waaronder voorliggend ecosysteemonderzoek. Hierbij wordt enerzijds de referentiesituatie 2030 beschreven, alsook hoe die zou evolueren bij toenemende zeespiegelstijging (+1m, +2m en +3m zeespiegelstijging), het zogenaamde nulalternatief. De beschrijving van het nulalternatief wordt voornamelijk gedaan om aan te tonen hoe de opportuniteiten zouden wijzigen bij toenemende zeespiegel en zonder de realisatie van het strategisch beleidsplan Kustvisie, niets doen dus. De referentiesituatie (2030 en de 3 zeespiegelstijgingsscenario's) van de opportuniteiten moet gelezen worden als een aanvulling op de referentiesituatie beschreven in het plan-MER (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2023a) en de Maatschappelijke kosten-batenanalyse (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2023b). De effecten op het ecosysteem zoals beschreven in het plan-MER worden op die manier vertaald naar het belang voor de maatschappij, die op hun beurt verder (monetair) gewaardeerd worden in de Maatschappelijke Kosten-Batenanalyse.

1.2 Leeswijzer

Voorliggend rapport is opgebouwd als volgt:

- Hoofdstuk 1 is het inleidend hoofdstuk waarin het doel van deze nota en de plaats ervan binnen het verdere proces verduidelijkt wordt;
- In Hoofdstuk 2 wordt een beschrijving gegeven van de beschouwde referentiesituatie en ontwikkelingsscenario's.
- In Hoofdstuk 3 wordt het strategisch beleidsplan Kustvisie ruimtelijk gesitueerd. Verder vertaald in het studiegebied, het plangebied en het impactgebied in Hoofdstuk 4.
- Hoofdstuk 5 geeft een beschrijving van de referentiesituatie 2030 voor de relevante diensten die het ecosysteem levert aan de maatschappij, alsook bijkomende socio-economische opportuniteiten.
- In Hoofdstuk 6 wordt de verwachte impact op de prioritaire opportuniteiten beschreven voor het nulalternatief bij +1m en +2m zeespiegelstijging. Van het nulalternatief bij +3m zeespiegelstijging wordt ook een beschrijving en beoordeling van de prioritaire opportuniteiten opgenomen. Tabel 6.10 vat alle ecosysteemdiensten en de mogelijke impact van de zeespiegelstijgingen bij het nulalternatief (i.e. niets doen behalve de autonome en reeds bestaande (uitgevoerde) beleidsplannen als referentiesituatie 2030) in de kustzone, mooi samen.



Referentiesituatie en ontwikkelingsscenario's

2 Referentiesituatie en ontwikkelingsscenario's

Referentiesituatie – 2030 en de 3 zeespiegelstijgingsscenario's

De referentiesituatie geeft een beschrijving van de toestand van de omgeving (op basis van autonome en gestuurde ontwikkelingen) in afwezigheid van het strategisch beleidsplan kustvisie. Het dient als uitgangssituatie voor het geïntegreerd onderzoek en als vergelijkingsbasis voor het beschrijven en beoordelen van de redelijke alternatieven van het strategisch beleidsplan Kustvisie binnen het milieueffectenonderzoek (MER) en de ondersteunende studies waaronder voorliggend ecosysteemonderzoek.

Normaliter gebeurt een dergelijke beschrijving van de referentiesituatie op basis van het definiëren van bijkomende ontwikkelingsscenario's gebaseerd op prognoses van 2 zaken, namelijk:

- De autonome ontwikkelingen (die spontaan plaats vinden o.a. demografie, klimaat, successie) en
- De gestuurde ontwikkelingen (die plaatsvinden als gevolg van beleidsbeslissingen o.a. natuurbeleid, Marien Ruimtelijk Plan (MRP) of van de uitvoering van plannen en projecten door zowel private als publieke initiatiefnemers). Deze kunnen op hun beurt dan nog eens opgedeeld worden in:
 - Ontwikkelingen die een directe invloed hebben op kustveiligheid
 - Ontwikkelingen die een directe invloed hebben op het ruimtegebruik enerzijds en functies van kust en zee anderzijds.

Wat betreft de **autonome ontwikkelingen** worden binnen Kustvisie enkel de spontane ontwikkelingen inzake zeespiegelstijging (+1m, +2m, +3m zeespiegelstijging) meegenomen, evenals de direct hieraan gerelateerde effecten (o.a. over het overstromingsrisico voor de kust en de havens, het risico op verzilting of de hydromorfologische effecten of de aantasting van natuurwaarden door overstroming). Andere spontane ontwikkelingen op lange termijn inzake klimaatverandering, zoals temperatuurverandering, hittepatronen of neerslagpatronen alsook demografische evoluties worden niet meegenomen. Daarvoor gaan we uit van de situatie zoals gekend (anno 2030); (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2023a).

Wat betreft de **gestuurde ontwikkelingen** kent dit project een hoge complexiteit naar schaalgrootte (volledige kust) en een zeer lange tijdschhorizon (gelinkt aan de verschillende zeespiegelstijgingsscenario's). Bovendien is momenteel niet alle nodige input beschikbaar voor dergelijke prognoses die invloed hebben op kustveiligheid en op het ruimtegebruik. Daarom wordt een bewuste keuze gemaakt om een vereenvoudigde aanname te doen en het gekende beslist beleid en sectorplannen anno 2030 als basis te nemen voor de gestuurde ontwikkelingen:

- Inzake veiligheid wordt het Masterplan Kustveiligheid als basis, als uitgevoerd, genomen.
- Inzake het bestaand ruimtegebruik en de functies worden alle relevante plannen en projecten die reeds gekend zijn tot 2030, die een relevante invloed hebben op het kuststelsel, als beslist beleid beschouwd en als basis genomen. Dit betekent dat het bestaande socio-economische gebruik en de gekende natuurbeschermingsgebieden als vaststaande elementen worden gezien voor de verschillende zeespiegelstijgingsscenario's (en dus op lange termijn) (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2023a)

De referentiesituatie 2030 wordt als vergelijkingsbasis genomen voor zo goed als alle evaluatiecriteria, en de hieraan gekoppelde opportuniteiten. De criteria gelinkt aan hydromorfologie, overstromingen en verzilting vormen hierop een uitzondering, hier wordt getoetst aan de referentiesituaties gelinkt aan de zeespiegelstijgingsscenario's (+1m, +2m en +3m zeespiegelstijging). Voor deze criteria kunnen deze toekomstige situaties modelmatig wel in beeld gebracht worden waardoor effecten van zeespiegelstijging op een meer realistische wijze voorspeld kunnen worden.

Ook bij deze referentiesituaties beschouwen we het Masterplan Kustveiligheid als identiek uitgevoerd als voor de referentiesituatie 2030.

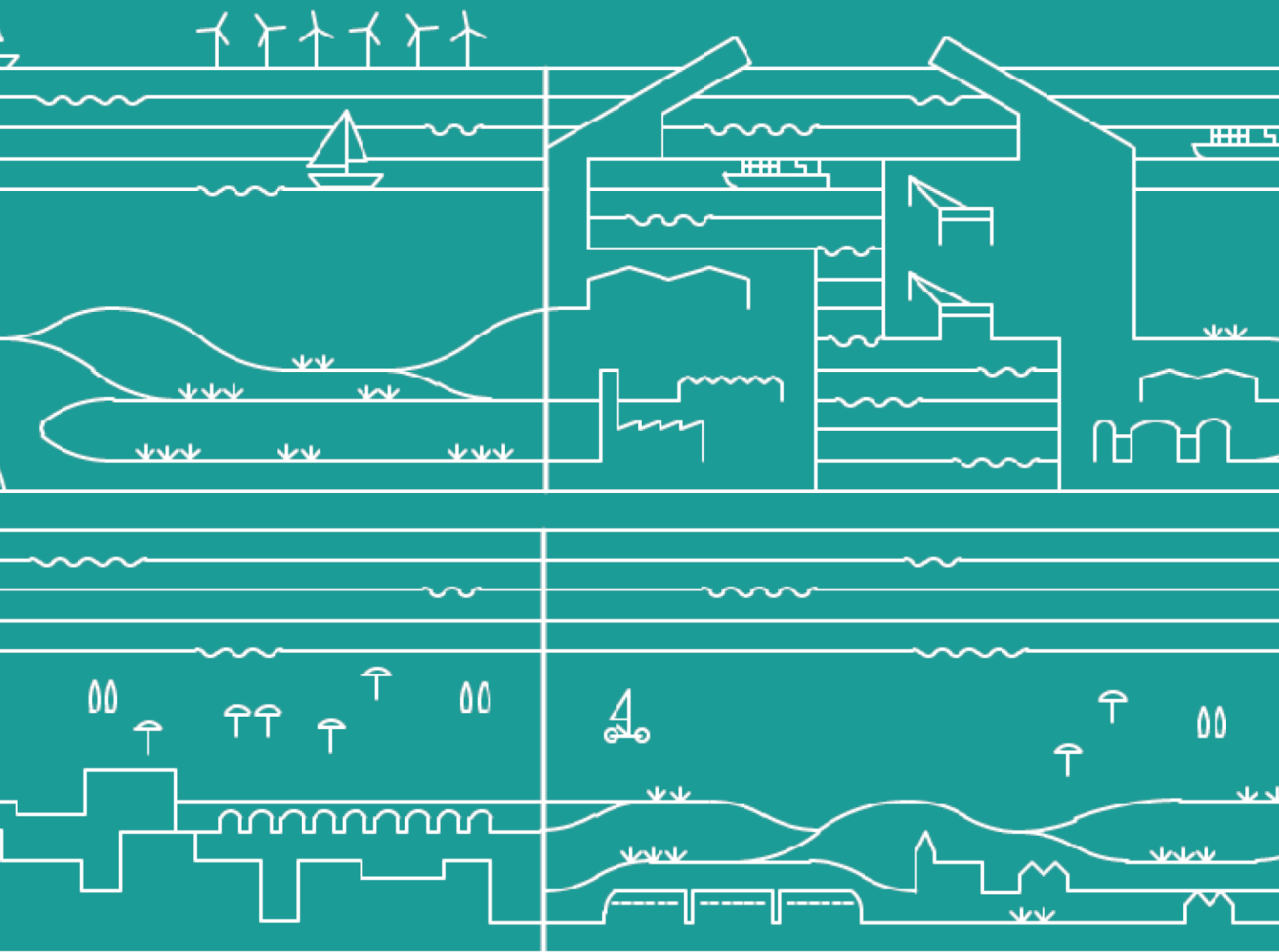
Het feit dat er voor bepaalde criteria toch een beoordeling wordt gedaan t.o.v. de referentiesituaties gelinkt aan de zeespiegelstijgingsscenario's (+1m, +2m en +3m zeespiegelstijging) staat de onderlinge vergelijking van de redelijke alternatieven naar toekomstige kustlijnen niet in de weg. Zo wordt de focus van de beoordeling in deze strategische fase gehouden op het onderscheidend belang van de redelijke alternatieven in functie van kustbescherming.

Nulalternatief +1m, +2m, +3m zeespiegelstijging

Het nulalternatief geeft een beschrijving van de toestand (op basis van autonome en gestuurde ontwikkelingen) van de omgeving in afwezigheid van het strategisch beleidsplan Kustvisie, voor de drie zeespiegelstijgingsscenario's +1m, +2m en +3m zeespiegelstijging. De beschrijving van het nulalternatief wordt voornamelijk gedaan om aan te tonen wat de effecten zijn zonder de realisatie van het plan, niets doen dus. De referentiesituatie gelinkt aan de zeespiegelstijgingsscenario's (+1m, +2m en +3m zeespiegelstijging) komt overeen met het nulalternatief.

Het nulalternatief voor de scenario's +1m, +2m en +3m zeespiegelstijging neemt de overstromingscontouren bij een 1000-jarige storm als uitgangsbasis. Het nulalternatief voldoet in vele opzichten niet aan de doelstelling(en) en het Kader van Ambities van het strategisch beleidsplan Kustvisie (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2022a) en wordt om die reden niet als een redelijk alternatief beschouwd. Het nulalternatief geeft echter inzicht in de uitgestrektheid van het impactgebied en de schade en slachtoffers bij zeespiegelstijging. Het nulalternatief onderbouwt daarmee ook het nut en de noodzaak van de blijvende inzet voor kustverdediging en het strategisch beleidsplan Kustvisie.

Zoals hierboven aangehaald worden de scenario's +1m, +2m en +3m zeespiegelstijging gehanteerd als referentiesituatie voor de criteria (en hiermee gekoppelde opportuniteiten) gelinkt aan hydromorfologie, overstromingen en verzilting omdat dit de meest realistische toetsing inhoudt. Voor de criteria hydromorfologie, overstromingen en verzilting bestaan er modellen die deze situaties in beeld kunnen brengen waardoor effecten van zeespiegelstijging op een realistische wijze voorspeld kunnen worden. Op die manier wordt een vertekening in de beoordeling door een verschil in zeespiegelniveaus voorkomen (vb. de afwijking door een verschil in strandbreedte bij de berekening van het langstransport). Voor alle andere criteria gerelateerd aan natuurwaarden, gebruikers op land en op zee, etc. kunnen de scenario's +1m, +2m en +3m zeespiegelstijging niet op een realistische wijze voorspeld worden.



Ruimtelijke situering

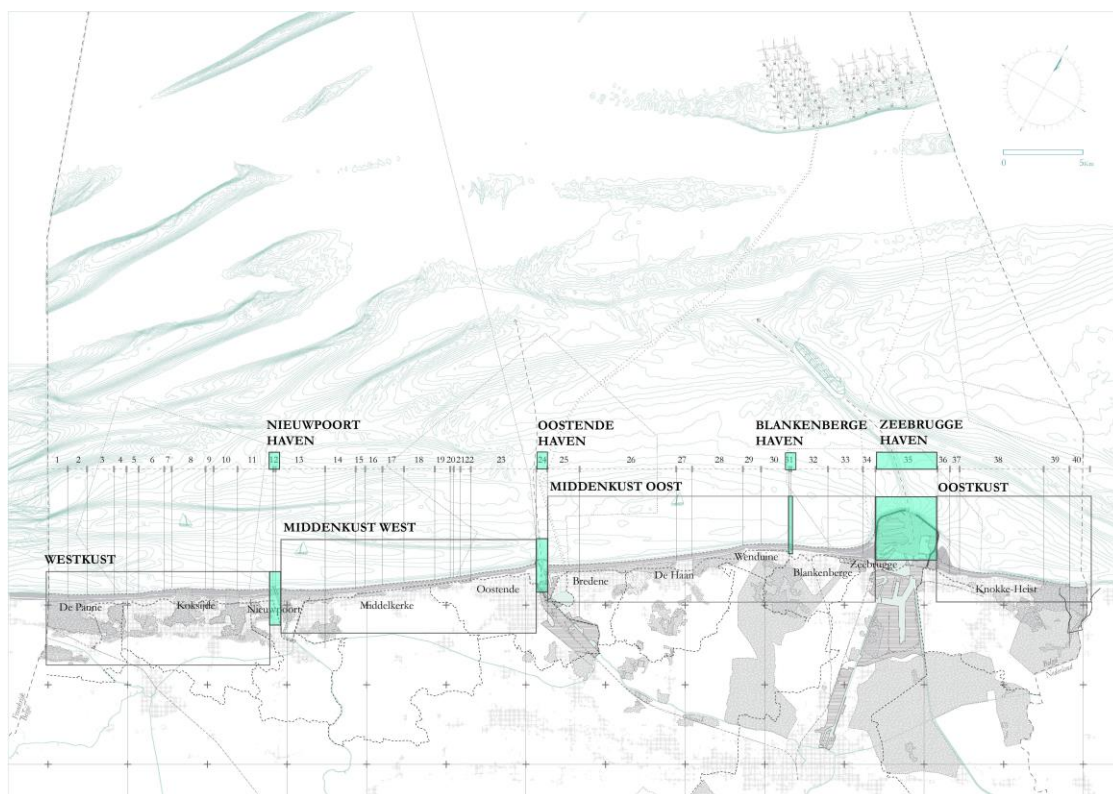
3 Ruimtelijke situering

3.1 Vlaamse kust

De Vlaamse kust wordt gedefinieerd als de combinatie van de kustzone en het achterland landinwaarts en de ondiepe kustwateren van het Belgische deel van de Noordzee zeewaarts, met de kustlijn als grens tussen beide.

De Vlaamse kust meet ongeveer 67 kilometer tussen Frankrijk en Nederland en wordt gekenmerkt door zandbanken en geulen, brede zandstranden, duingordels, badplaatsen en polders. De zandkust wordt op vier plaatsen onderbroken door havens. Naast de vier kusthavens worden in het strategisch beleidsplan Kustvisie vier strandzones beschouwd:

- Westkust: Zone vanaf de grens met Frankrijk tot voor de haven van Nieuwpoort;
- Middenkust-West: Zone vanaf de haven van Nieuwpoort tot voor de haven van Oostende;
- Middenkust-Oost: Zone vanaf de haven van Oostende tot voor de haven van Zeebrugge;
- Oostkust: Zone vanaf de haven van Zeebrugge tot aan de grens met Nederland.



Figuur 3-1: De alternatieven situeren zich op verschillende ruimtelijke niveaus: per zone (4 strandzones: Westkust – Middenkust-West – Middenkust-Oost – Oostkust), havens (Nieuwpoort – Oostende – Blankenberge – Zeebrugge) en voor de volledige kustzone

3.2 Belgische deel van de Noordzee

Het Belgische deel van de Noordzee (BNZ) heeft een oppervlakte van 3.454 km² en reikt op zijn verste punt ongeveer 87 km in zee. Het BNZ wordt juridisch opgedeeld in de Territoriale Zee (tot 12 nautische mijl (NM) zeewaarts t.o.v. de gemiddelde laagwaterlijn) en de Exclusief Economische Zone (EEZ, vanaf 12 NM en verder zeewaarts) cf. het VN-Zeerechtenverdrag 1982. Binnen deze respectievelijke zones gelden verschillende bevoegdheden, rechten en plichten. De grenzen van het BNZ, die raken aan het Franse, Nederlandse en Britse deel van de Noordzee, werden getekend op basis van 11 coördinatenparen.

De bodem van het Belgische deel van de Noordzee is relatief ondiep en het reliëf van de zeebodem gaat geleidelijk aan over in het reliëf op landzijde. De Noordzee wordt gekenmerkt door getijden, stromingen en golven met sedimenttransport als gevolg. Er liggen ook verschillende zandbanken die van elkaar gescheiden zijn door diepe geulen.

Het hoogteverschil tussen de top van de zandbank en de bodem van de geul bedraagt soms wel 30 meter. Sommige zandbanken liggen op slechts enkele meters onder water of komen bij extreem lage waterstanden zelfs even boven water. De Kustbanken, die dicht bij de Vlaamse kust liggen en min of meer parallel aan de kustlijn liggen, breken de golven en beschermen het land tegen al te sterke inkomende golven.

3.3 Kustzone

De kustzone (het deel van de kust tussen de laagwaterlijn en (inclusief) de 'zeewering' zoals duin, dijk of kaaimuur) is in drie soorten kust onder te verdelen (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2023a)

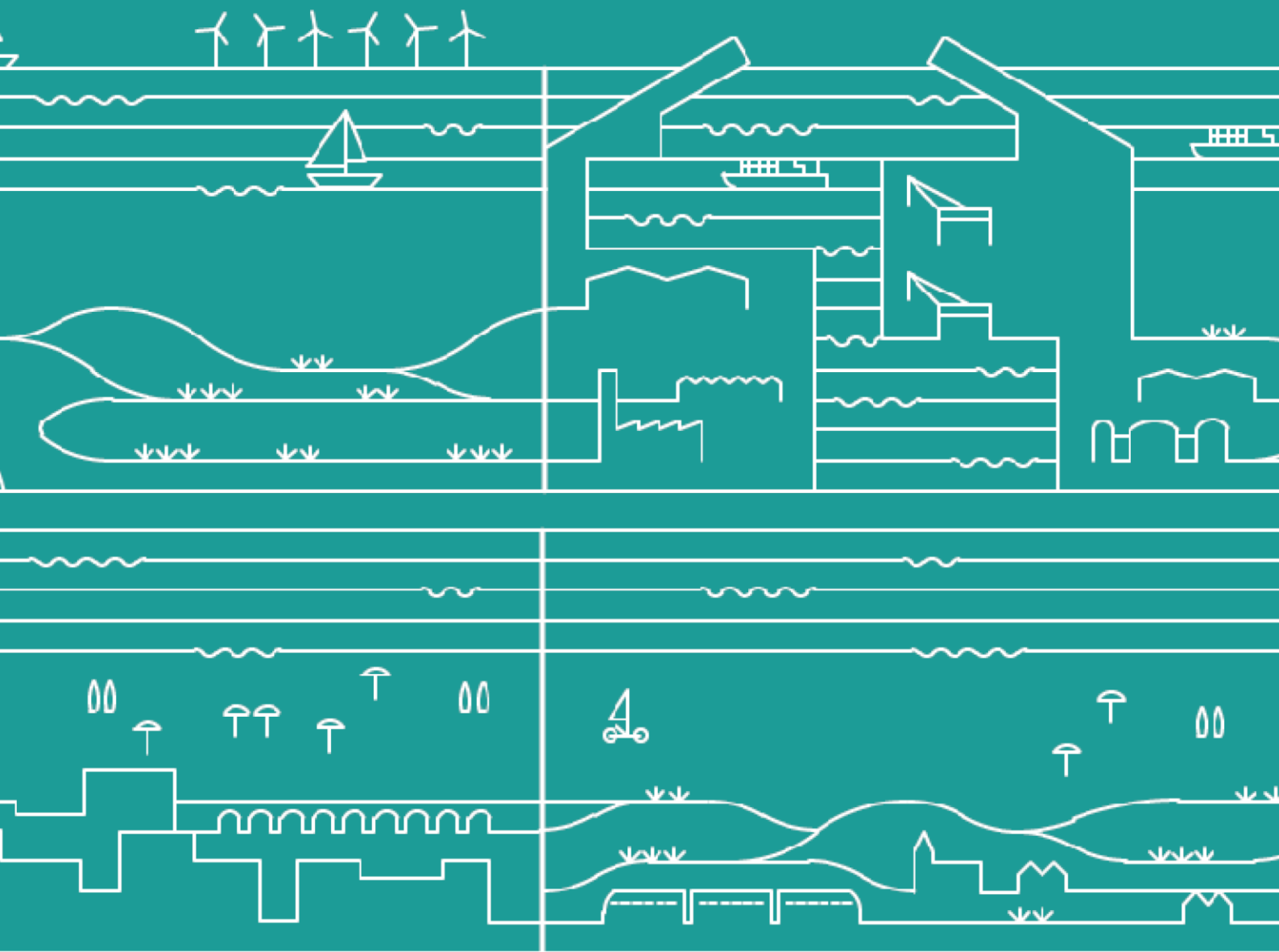
- 1. De duinen:** in dit landschap gaat het strand langzaam over in de duinen. De overgang varieert langsheen de kust. Op sommige locaties is er een volledig zandige kust, terwijl op een aantal locaties een dijk is gelegen tussen het strand en de duinen.
- 2. Zeegaten en havens:** hier reikt een verdiepte vaargeul vanuit de Noordzee tot in het achterland. Zeebrugge is de grootste haven, gevolgd door Oostende. De havens van Blankenberge en Nieuwpoort zijn kleinere havens. Ter hoogte van het Zwin komt een zeegat voor. Dit zeegat bestaat uit een opening in de duinen en het strand met een geul waardoor er wateruitwisseling is met het achterliggende slikken en schorregebied.
- 3. De badplaatsen:** op deze locaties hebben de duinen plaats gemaakt voor bebouwing op en achter de zeewering. Voor de bebouwing is ofwel een zeedijk aanwezig met promenade of duin of enkel een bestrating (zonder dijk).



Figuur 3-2: Illustratie 3 soorten kust

3.4 Achterland

Het achterland is het gebied landwaarts gelegen van de zeekering na de eerste duinen/dijk/bewoningsgordel, vanuit zee gezien. Het achterland wordt getypeerd door de polders, met een zeer fijnmazig waterloppennetwerk dat de afwatering van het achterland naar de Noordzee garandeert en gestuurd wordt door pompen, sluisen en stuwen.



Studiegebiet

4 Studiegebied

Het **studiegebied** wordt gedefinieerd als het gebied waarbinnen effecten van het plan te verwachten zijn. Het studiegebied omvat zowel het plangebied (ruimte gelinkt aan de ligging van de toekomstige kustlijn en de bijhorende ruimte voor kustbeschermingsmaatregelen) als het impactgebied (gebied waarbinnen gunstige of ongunstige effecten van het plan te verwachten zijn op zee, in de kustzone of in het achterland).

Het **plangebied** strekt zich van west naar oost uit (horizontale dimensie), tussen de grens met Frankrijk en Nederland. In het kader van het strategisch beleidsplan Kustvisie gebeurt er op regelmatige tijdstippen, afstemming met de buurlanden om ter hoogte van de landsgrenzen een aansluiting op hun kustlijn te realiseren. Er zal, zoals de MER-procedure voorziet, om een grensoverschrijdend advies gevraagd worden in het kader van ESPOO-verdrag. In noord-zuid richting (loodrecht op de kust) strekt het plangebied afhankelijk van het redelijk alternatief dat beschouwd wordt, zich uit over een deel van de Noordzee en de volledige kustzone.

Het **impactgebied** hangt af van het beschouwde zeespiegelstijgingsscenario (+1m, +2m, +3m zeespiegelstijging) en strekt zich uit over een deel van de Noordzee, de kustzone en het achterland. Het impactgebied landwaarts strekt zich uit tot de zone tot waar de effecten als gevolg van de kustbeschermingsmaatregelen zullen reiken. De impactzone landwaarts bevat dus in eerste instantie de stranden, de huidig aanwezige duinen en de boulevard. Verder landwaarts wordt het impactgebied begrensd door de grens tot waar het plan overstromingen vanuit zee zal vermijden en een bufferende werking zal hebben naar verzilting. Voor de alternatieven van de havens bestaat het impactgebied uit de havens zelf en de ruime omgeving errond.

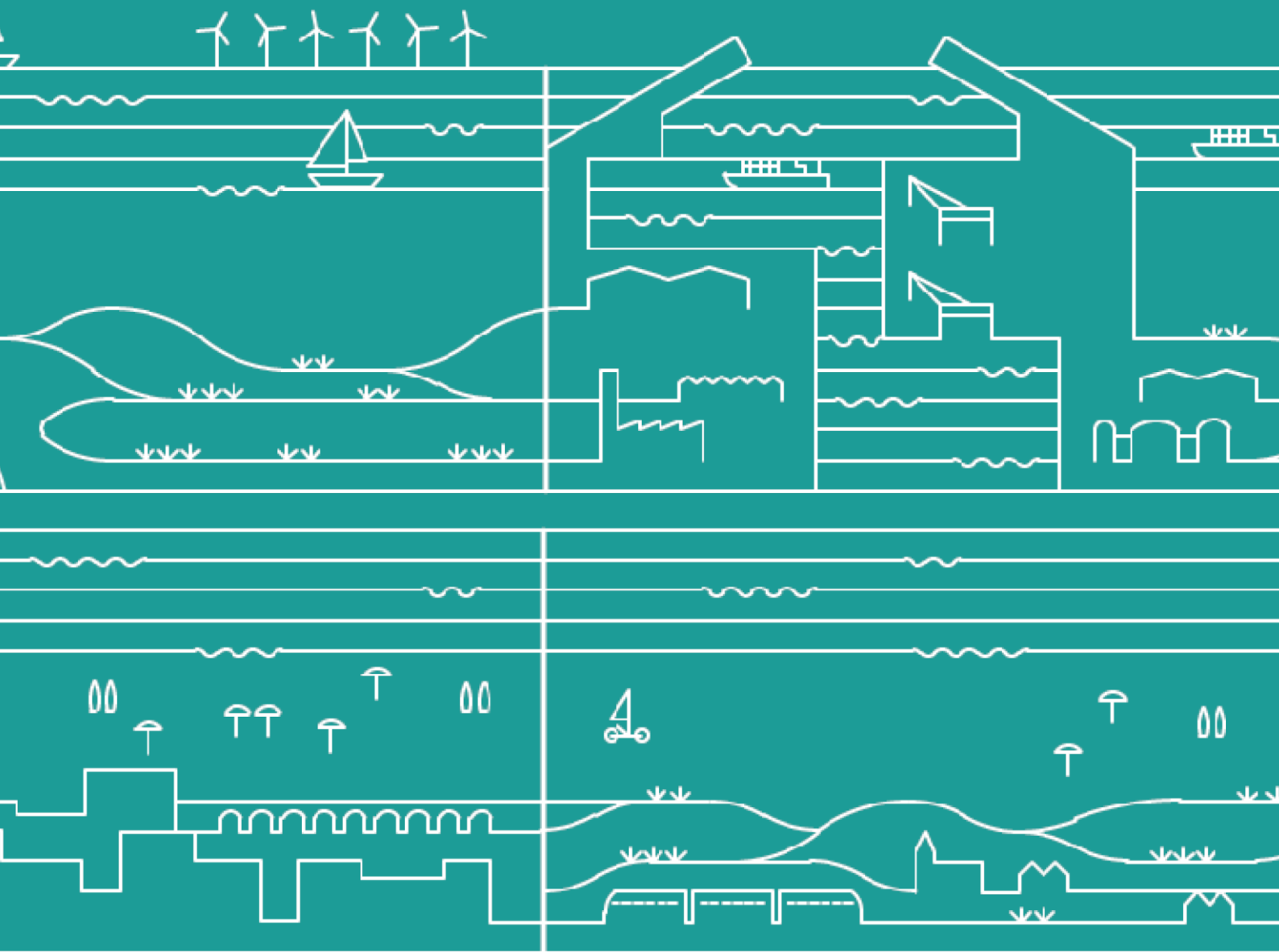
De afbakening van het impactgebied zeewaarts wordt bepaald door de uiterste grens van de hydromorfologische veranderingen ten gevolge van de kustbeschermingsmaatregelen binnen de redelijke alternatieven. De zeewaartse grens van het impactgebied is verschillend tussen de redelijke alternatieven en dit zowel voor de strandzones als de havens.

De overstromingscontouren per zeespiegelstijgingsscenario, rekening houdend met een 1000-jarige storm, werden gemodelleerd door het Consortium Hoogtij(d) in samenwerking met het Waterbouwkundig Labo (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2023c). Bij het bepalen van de randvoorwaarden is vertrokken van de hierboven beschreven referentiesituatie 2030: de situatie na uitvoering van het Masterplan Kustveiligheid maar zonder de maatregelen van het strategisch beleidsplan Kustvisie.

In onderstaande tabel wordt weergegeven wat de scenario's +1m, +2m en +3m zeespiegelstijging betekenen qua zeeniveau (kustgemiddelde) ten opzichte van de Tweede Algemene Waterpassing (TAW), de gemiddelde laagwaterlijn (GLW) en gemiddelde hoogwaterlijn (GHW) en bij stormopzet van een 1000-jarige storm. De overstromingskaarten die in het plan-MER beschreven en beoordeeld worden, houden steeds rekening met de scenario's +1m, +2m en +3m zeespiegelstijging, met erbovenop telkens het niveau van de stormopzet van een 1000-jarige storm.

Tabel 4-1: Samenvatting kustgemiddelde zeeniveaus bij de scenario's +1m, +2m, +3m zeespiegelstijging met getijdenvensters (GLW en GHW, in m TAW) en bij de 1000-jarige storm

Zeespiegelstijging (m)	Overeenstemmend zeeniveau (m TAW)	GLW (approx.) (m TAW)	GHW (approx.) (m TAW)	Stormopzet 1000-jarige storm (m TAW)
0m	2,36	0,555	4,155	7
+1m	3,36	1,555	5,155	8
+2m	4,36	2,555	6,155	9
+3m	5,36	3,555	7,155	10



Referentiesituatie 2030

5 Referentiesituatie 2030

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de referentiesituatie 2030 met betrekking tot opportuniteiten gekoppeld aan de Vlaamse kust. Deze opportuniteiten bestaan enerzijds uit een reeks ecosysteemdiensten (§5.1) die voortvloeien uit de ecologische systemen en processen langsheen onze kust. Anderzijds worden ook bijkomende socio-economische opportuniteiten (§5.2) besproken die niet rechtstreeks voortvloeien uit het (kust)ecosysteem, maar wel een link hebben met de socio-economische baten binnen het strategisch beleidsplan Kustvisie. Een overzicht van de ecosysteemdiensten en bijkomende socio-economische opportuniteiten per kustsysteem/element wordt weergegeven in Bijlage 2 – Identificatie opportuniteiten Vlaamse kust

De beschrijving van de opportuniteiten voor de referentiesituatie 2030 bouwt verder op de algemene referentiesituatie 2030 beschreven in het plan-MER. De veranderingen aan biofysische structuren en processen van het kustecosysteem door zeespiegelstijging, al dan niet in combinatie met de maatregelen binnen het strategische beleidsplan Kustvisie, hebben een rechtstreekse impact op deze opportuniteiten.

In volgende hoofdstukken wordt enkel de meest relevante informatie van het plan-MER overgenomen en verder vertaald in functie van de opportuniteiten (inclusief ecosysteemdiensten) relevant voor het strategisch beleidsplan Kustvisie. Beide documenten moeten dus complementair beschouwd worden, waarbij het rapport rond ecosysteemdiensten (verandering ecosysteemdienst/functie) de koppeling vormt tussen het plan-MER (verandering ecosysteem element) en de MKBA (waardering van deze verandering in ecosysteemdienst/functie, waar mogelijk monetair).

De identificatie van de relevante (prioritaire) opportuniteiten is mede het resultaat van het co-creatietraject waarbij de keuze uitgaat naar die opportuniteiten die als noodzakelijk worden beschouwd voor de gezondheid en veiligheid van mens en natuur, alsook deze met een groot socio-economisch belang. Met voortschrijdend inzicht zijn ook die opportuniteiten geselecteerd die de grootste risico's dragen bij klimaatverandering en meer bepaald bij zeespiegelstijging. Indien nog niet geselecteerd omwille van één van bovenstaande redenen, zijn tenslotte ook die opportuniteiten (incl. ecosysteemdiensten) meegenomen die beïnvloed worden door de geplande maatregelen binnen het strategisch beleidsplan Kustvisie of die zelf de geplande maatregelen mogelijk maken.

5.1 Ecosysteemdiensten

Ecosysteemdiensten (ESD) zijn diensten die een ecosysteem kan leveren aan de maatschappij. Deze ESD kunnen op verschillende manieren worden opgedeeld in verschillende categorieën, waarbij een geheel van natuurlijke systemen en processen (zie §5.1.1 en Bijlage 1 – Ecosysteemprocessen) een belangrijke reeks van maatschappelijke diensten ondersteunt (zie §5.1.3 t.e.m. 5.1.7). Een bondig overzicht van de meest relevante ondersteunende, regulerende, producerende en culturele ecosysteemdiensten verbonden aan ons kustecosysteem wordt voorgesteld in Tabel 5-1, en verder beschreven in dit hoofdstuk.

Tabel 5-1: Overzicht van de relevante ecosysteemdiensten binnen het strategisch beleidsplan Kustvisie

ECOSYSTEEDIENSTEN			KUSTELEMEN				
			ZEE EN VOOROEVER	STRAND EN DUIN	SLIK/SCHOR	DIJK/PROMENADE	HAVENS
Natuurlijkheid	Ondersteuning (Ecologische processen)	<ul style="list-style-type: none"> Instandhouding biogeochemische processen (incl. hydrodynamica en morfologie) Primaire productie en ondersteuning voedselwebben Sedimenthuishouding en nutriëntencycli Bentho-pelagische koppeling 	✓	✓	✓		
	Ondersteuning (Habitat en biodiversiteit)	<ul style="list-style-type: none"> Instandhouding van habitats en (kweek)populaties (incl. bescherming van de genenpoel) 	✓	✓	✓	✓ (mits ecologische inrichting)	✓
Maatschappij	Productie	<ul style="list-style-type: none"> Voedselproductie Drinkwatervoorziening Abiotische energiewinning Andere materialen (o.a. zand en grind) Watervoorziening grondwater (incl. infiltratie) 	✓	✓	✓	✓	
	Regulatie	<ul style="list-style-type: none"> Onderhoud van stromingen Massastabilisatie en beheersing erosiesnelheden Hydrologische cyclus (incl. zoutintrusie en verziltingsdynamiek) Bescherming tegen overstromingen vanuit de zee Klimaatregulatie Regulatie zee- en oppervlaktewaterkwaliteit 	✓	✓	✓	✓	✓
	Cultuur	<ul style="list-style-type: none"> Beleving recreanten en toeristen Beleving omwonenden (bv. zeezicht) Instandhouding culturele, spirituele en symbolische waarden 	✓	✓	✓	✓	✓
		<ul style="list-style-type: none"> Bevordering van fysieke gezondheid en herstel Bevordering van mentaal welzijn 	✓	✓	✓	✓	

5.1.1 Natuurlijkheid – Ecologische processen

In Bijlage 1 – Ecosysteemprocessen worden de verschillende hydrodynamische en transportprocessen ter hoogte van de zeebodem en het land beschreven. Ook de morfologische processen ter hoogte van strand en duin, de afwateringsprocessen ter hoogte van het achterland, de verziltingsdynamiek en de kwaliteit van zee- en oppervlaktewater komen hier uitgebreid aan bod. Deze volledige biogeochemische systeemwerking (inclusief hydrodynamica en morfologie) ligt aan de basis van heel wat ecologische processen: instandhouding van biogeochemische processen (incl. hydrodynamica en morfologie), primaire productie en ondersteuning van voedselwebben, sedimenthuishouding en nutriëntencycli, en benthopelagische koppeling. In deze context behandelt Bijlage 1 – Ecosysteemprocessen de volgende onderwerpen:

- Bijlage 1.1 - Water- en sedimenttransportprocessen in zee
- Bijlage 1.2 - Instandhouding voedselweb (benthopelagische koppeling)
- Bijlage 1.3 – Natuurlijke rifvorming (ecosysteem ingenieurs)
- Bijlage 1.4 – Morfologische evoluties van strand en duin
- Bijlage 1.5 – Eigenschappen van het zoet grondwatersysteem in de duinen
- Bijlage 1.6 – Duinvorming in mobiele duinen
- Bijlage 1.7 - Duinomvorming in gefixeerde duinlandschappen
- Bijlage 1.8 – Natuurlijke successie langsheen een zoet-zoutgradiënt
- Bijlage 1.9 - Afwatering van het achterland
- Bijlage 1.10 - Hittestresskaarten

Ecologische processen bepalen mede de geschiktheid van habitats voor hun specifieke functionele rol, zoals beschreven in §5.1.2. Samen oefenen deze processen een ondersteunende functie uit op de andere natuurlijke en maatschappelijke ecosystemendiensten. Bijlage 2 – Identificatie opportuniteiten Vlaamse kust geeft een overzicht van deze ecosystemendiensten, evenals van bijkomende socio-economische opportuniteiten voor elk kustsysteem.

5.1.2 Natuurlijkheid – Habitat en biodiversiteit

Voor een bespreking van het voorkomen en belang van verschillende habitattypes, alsook de gekoppelde biodiversiteit (typerende soorten), wordt verwezen naar RA21041 Referentiesituatie Milieueffecten (Bijlage 1 – Aangemelde Soorten en Habitats Natura 2000). Onderstaande paragrafen vatten de belangrijkste ecologische functies samen van de verschillende ecosystemen die de Vlaamse kust rijk is, en maken hierbij de brug naar de gekoppelde ecosystemendiensten.

5.1.2.1 Zee en vooroever

Het BNZ is een belangrijk **overwinterings- en foerageergebied** voor zeevogels (Seys, 2001; Stienen and Kuijken, 2003; Haelters et al., 2004; Stienen et al., 2007; Degraer et al., 2010), waar er tijdens de wintermaanden geregeld internationaal belangrijke aantallen (i.e. meer dan 1% van de biogeografische populatie) meeuwen, steltlopers en andere zeevogels verblijven (waaronder soorten opgenomen in Bijlage I van de Vogelrichtlijn). Voor zeevogels geldt dat de seizoenstrek evenwijdig verloopt aan en in de nabijheid van de kuststrook, zowel over water als over land, wat het belang aantoonst van het studiegebied als onderdeel van de Oost-Atlantische trekvogelroute. Het grootste aantal bewegingen wordt waargenomen ter hoogte van de haven van Zeebrugge, van waaruit de vogels zich verplaatsen naar de **pleisterplaatsen** in de omgeving. Ook het Zwin en de Spuikom te Oostende zijn belangrijk als broedplaatsen. Het BNZ functioneert daarnaast ook als een belangrijke **trekcorridor** waar meer dan een miljoen zeevogels jaarlijks gebruik van maken.

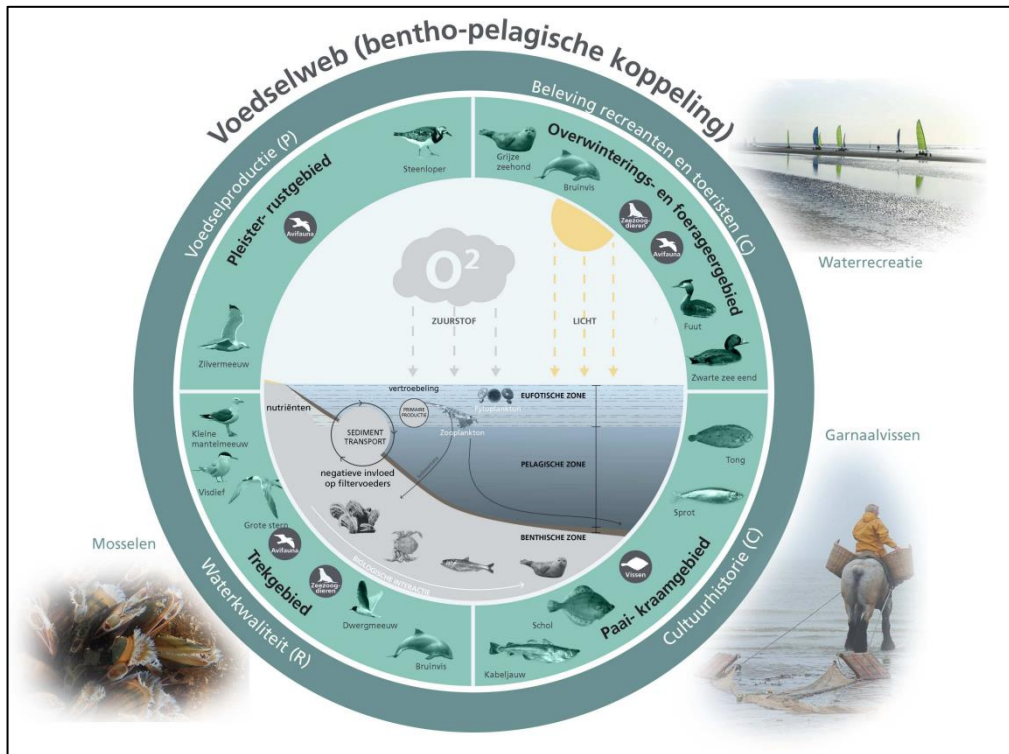
Voorts worden de Belgische mariene wateren als belangrijk **leefgebied** beschouwd voor twee soorten zeezoogdieren die zijn opgenomen in Bijlage II van de Habitatrichtlijn, namelijk de bruinvis en de gewone zeehond (Degraer et al., 2010; Haelters et al., 2016, 2017).

Het BNZ vormt een **belangrijke kraamkamer** voor benthische, demersale en benthopelagische vissen (Vieren, 2014; Vandendriessche et al., 2015; De Backer et al., 2016), waaronder enkele belangrijke commerciële soorten zoals makreel, kabeljauw, sprot, tong en schol. Ook als **paaiplaats** is het BNZ zeer belangrijk. Algemeen komen in de kustzone hogere dichtheden aan jonge vis voor en deze nemen snel af naarmate de afstand tot de kust groter wordt.

Het BNZ is, door diens belangrijke functie als paai- en kraamkamer, foerageer- en schuilgebied, van belang voor de **instandhouding van populaties** van zowel commerciële als niet-commerciële vissoorten. Een beschrijving van de aanwezige vispopulaties gekoppeld aan visserijactiviteiten in BNZ wordt gegeven in (Pecceu et al., 2021).

Het voedselweb in het BNZ en de daarmee verbonden soorten in pleister- en rustgebieden, overwinterings- en foerageergebieden, paai- en kraamgebieden, en trekgebieden (zoals hierboven beschreven) zijn ook van belang voor het leveren van ecosystemendiensten (Figuur 5-1). Deze gebieden dragen in het bijzonder bij aan ecosystemendiensten zoals voedselproductie (bijvoorbeeld mosselen; §5.1.3.1), recreatieve activiteiten en toerisme (bijvoorbeeld waterrecreatie; §5.1.5.1), cultuurhistorische waarden (bijvoorbeeld garnaalvisserij; §5.1.5.1) en het onderhouden van de waterkwaliteit (§5.1.4.1).

Voor een uitgebreide beschrijving van de benthopelagische koppeling en de invloed van nutriëntconcentraties op het voedselweb en algenbloei, zie Bijlage 1.2 - Instandhouding voedselweb (benthopelagische koppeling).



Figuur 5-1: Voedselweb (benthopelagische koppeling) in het BNZ en daaraan gelinkte leefgebieden en ecosystemendiensten.

5.1.2.2 Riffen

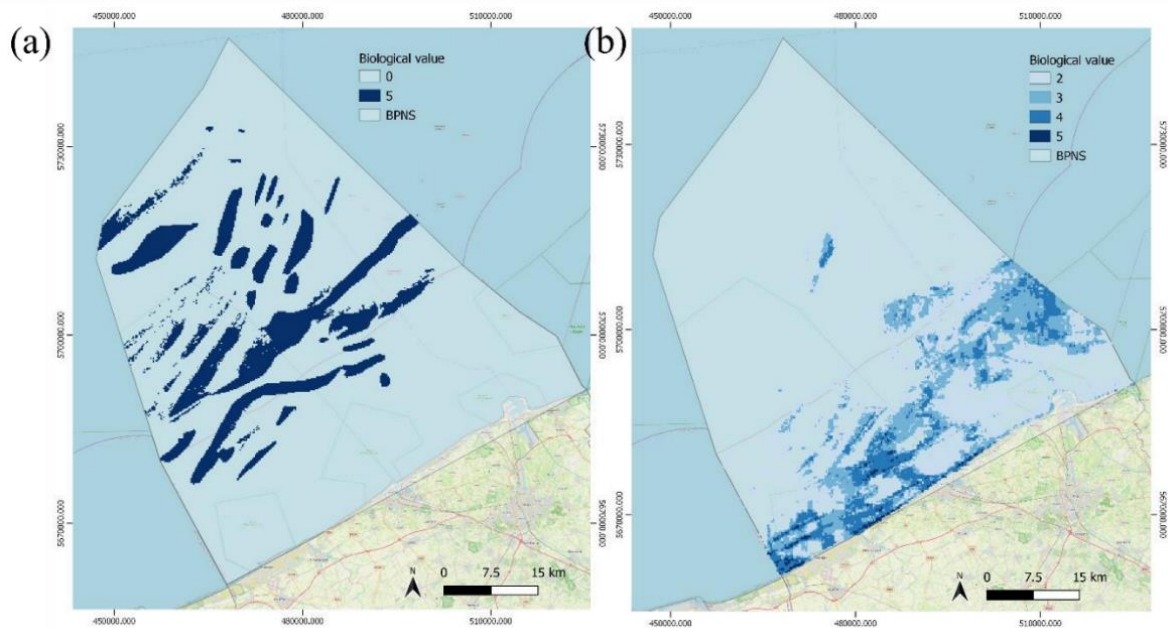
Een bijzonder kustelement dat zich situeert in het BNZ, maar ook op de grens tussen zee en strand zijn de riffen. Onder riffen vallen zowel **biogene, geogene, als artificiële riffen** (zie Bijlage 1.3 – Natuurlijke rifvorming (ecosysteem ingenieurs)).

Biogene riffen bestaan voornamelijk uit *Lanice conchilega* (zandkokerworm) riffen. Deze komen voor op zachte substraten langs, en soms dichtbij, de kust en zijn dus aanwezig in het studiegebied. Dit wordt weergegeven in Figuur 5-2.

Biogene riffen kunnen ook mossel- en oesterbanken omvatten. De gewone oester (*Ostrea edulis*) kwam veel voor in de Belgische wateren tot de 19^e eeuw, maar is sindsdien zeldzaam geworden door bodemverstoring gerelateerd aan visserij en ziektes. Het UNITED project tracht om deze soort oesterbanken terug te brengen in het BNZ. Dit soort mossel- en oesterbanken speelt een belangrijke rol bij het verhogen van de lokale biodiversiteit, doordat wordt voorzien in habitatcomplexiteit en schuilmogelijkheden, alsook bij het reguleren van de nutriëntencyclus (vooral de stikstofcyclus) en waterkwaliteit. Dit laatste wordt gereguleerd door het biofilter-effect (filter voedende levenswijze). Bovendien kunnen mossel- en oesterbanken worden gecombineerd met aquacultuur voor voedselproductie.

Binnen het Coastbusters-project wordt de capaciteit en de toegevoegde waarde van bepaalde bio-ingenieurs, waaronder de zandkokerworm, planten en tweekleppigen, voor kustverdediging getest. Hierbij gaat de noodzakelijke kustbescherming, tevens een natuurlijke versterking betekenen en de biodiversiteit verbeteren. Binnenkort wordt het Coastbusters 2.0-project afgewerkt, dat verder werkte op het veelbelovend mosselrif.

Geogene riffen zijn natuurlijke grindbedden of rotsformaties (in tegenstelling tot artificiële harde substraten), beschermd onder het Natura 2000 netwerk (Figuur 5-2a). Deze riffen komen voornamelijk offshore voor, wat betekent dat er beperkte of zelfs geen overlap is met het studiegebied. De grindbedden bieden een hoge mate van habitatcomplexiteit in vergelijking met de omringende zachte substraten, wat resulteert in specifieke soortengemeenschappen: benthos, epibenthos en hogere trofische niveaus zoals vissen geassocieerd met harde substraten. Ze zijn daarom zeer soortenrijk, maar ook zeer gevoelig aan bodemverstoring vanwege de trage opbouw van de gemeenschappen en de mogelijkheid tot verzanding. Daarom is er potentieel om het herstel en behoud van grindbedden te koppelen aan de sluiting van offshore windzones (uitsluiting van bodemberoerende activiteiten). Bovendien kunnen geogene riffen een rol spelen in kustbescherming door het dempen van golfenergie.

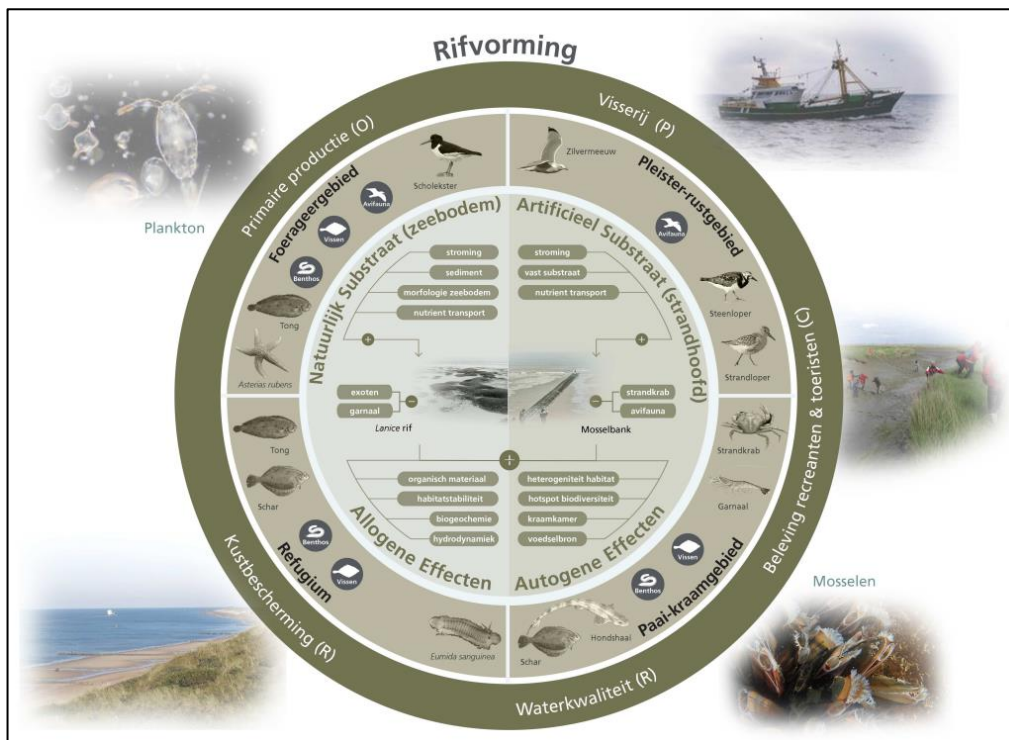


Figuur 5-2: A) Potentiële grindbedaanwezigheid in het BNZ, op basis van zeer hoge (klasse 5) biologische waarde volgens (Pecceu et al., 2021). B) habitatgeschiktheidskaart voor verspreiding van Lanice riffen in het BNZ (gedefinieerd als meer dan 20 % kans op Lanice conchilega aggregaties van meer dan 500 ind./m²), onderverdeeld in biologische waarden volgens % van voorkomen (Pecceu et al., 2021).

Artificiële riffen ontstaan door de introductie van artificieel hard substraat, zowel offshore (bv. windturbines met erosiebescherming) als nabij de kust (bv. strekdammen, golfbrekers, strandhoofden). Deze worden gekoloniseerd door typische fauna die op harde substraten leeft en hebben net zoals geogene riffen een hoge biodiversiteit en grote biomassa aan gemeenschappen. Er is echter een verschil in soortensamenstelling tussen natuurlijke en artificiële riffen, waardoor artificiële riffen het beschermde habitattype niet kunnen vervangen. Ze kunnen wel dezelfde rol en ecosystemendiensten vervullen. Denk hierbij aan het bieden van habitat, kraam- en paaigebieden, het reguleren van de waterkwaliteit door filtervoeders, etc. Bovendien kunnen poelen of plasjes op strekdammen of in (open) havens water vasthouden tijdens laagtij, wat zorgt voor getijdenrefugia. Deze riffen kunnen worden gecombineerd met aquacultuur van bv. mosselen of oesters en kunnen dienen als kustbescherming, vooral bij strekdammen en golfbrekers. Artificiële substraten kunnen anderzijds ook dienen als stepping-stone voor niet-inheemse soorten, welke een bedreiging kunnen vormen voor de inheemse soortengemeenschap.

Bij artificiële riffen kan ook de link worden gelegd met nature-inclusive design (NID). Hierbij worden deze riffen zo ontworpen (het gebruik van natuurlijke materialen staat hierbij voorop) dat ze in de mate van het mogelijke de structuur en functies van natuurlijke riffen nabootsen.

Door de specifieke eigenschappen van de aggregaties rifbouwers die aanwezig zijn in het BNZ en de Vlaamse kust, vervullen zij naast hun belang als **leefgebied, paai- en kraamkamer** voor benthische soorten eveneens belangrijke functies voor andere organismen. Zo vormen ze een **vasthechtingssubstraat** voor epifauna (o.a. ook mosselen) in een systeem waar voornamelijk zachte ondergronden te vinden zijn. Deze filterende organismen hebben ook een meerwaarde voor de **waterkwaliteit en primaire productie**. Verder vinden veel kleinere soorten en juveniele vissen een **schuilplaats** in de dense aggregaties rifbouwers, waar ze zich terugtrekken tegen biotische (bv. predatie) en abiotische (bv. golfwerking) factoren. Het zijn ook belangrijke foerageergebieden voor allerlei hogere niveaus uit het **voedselweb** zoals vogels en (plat-) vissen door de lokaal verhoogde diversiteit, abundantie en biomassa van de geassocieerde benthische gemeenschappen. Riffen voorzien dus in de levering van verschillende regulerende en ondersteunende ecosystemendiensten (Figuur 5-3) die ook een toegevoegde waarde betekenen voor o.a. **visserij** (§5.1.3.2), **recreatie en toerisme** (§5.1.5.2). Voor een gedetailleerde beschrijving over natuurlijke rifvorming, zie Bijlage 1.3 – Natuurlijke rifvorming (ecosysteem ingenieurs).



Figuur 5-3: Rifvorming in het BNZ en daaraan gelinkte leefgebieden en ecosystemendiensten.

Havengebieden en strekdammen bieden ook mogelijkheden voor het creëren van vogeleilanden en rustplaatsen voor zeehonden (bv. het Sterneiland in Zeebrugge en het zeehondenstrand Kleinstrand in Oostende). Door middel van passende regulatie, waarbij rust wordt gewaarborgd, verstoring wordt geminimaliseerd en predatoren onder controle worden gehouden, kunnen deze gebieden ook een rol spelen als rustgebieden en zelfs als broedgebieden.

5.1.2.3 Strand en duin

Op het strand, de strandhoofden en staketsels langs de kust **rusten** geregeld internationaal belangrijke aantallen zeevogels (Adriaens and Ameeuw, 2008). In het voorjaar en de zomermaanden vormt de strand- en kustzone een belangrijk **foerageergebied** voor sternenvogels die voornamelijk in de haven van Zeebrugge, de Spuikom van Oostende en in het Zwin tot **broeden** komen.

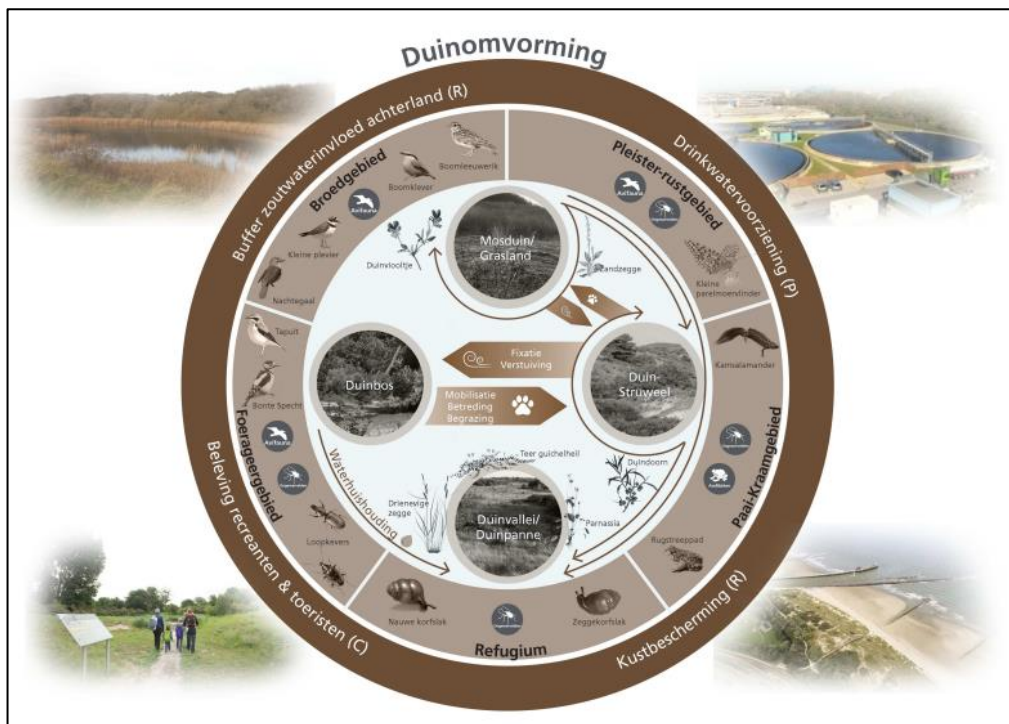
Daarnaast kan ook verwezen worden naar een aantal bijkomende functies die reeds beschreven zijn onder het zee- en vooroeversysteem, daar het natstrand op de overgang ligt. Het betreft de functie als **paai-kraamkamergebied** voor vissen en hyperbenthische organismen zoals aasgarnalen (Van der Biest *et al.*, 2017a) en crustaceën zoals de strandkrab en de garnaal.

Vloedmerken en embryonale duinen (i.e. de levensgemeenschappen en organisch materiaal die het prille begin vormen van de begroeiing) herbergen een kenmerkende flora en fauna die enkel in dit milieu worden aangetroffen (**refugium**). Vaak zijn dit zeldzame of zelfs bedreigde soorten, alleen al omwille van de regionale zeldzaamheid van het biotooptype. Duinen zijn omwille van hun variatie aan habitats en voedselbronnen belangrijke **foerageergebieden** voor vogels.

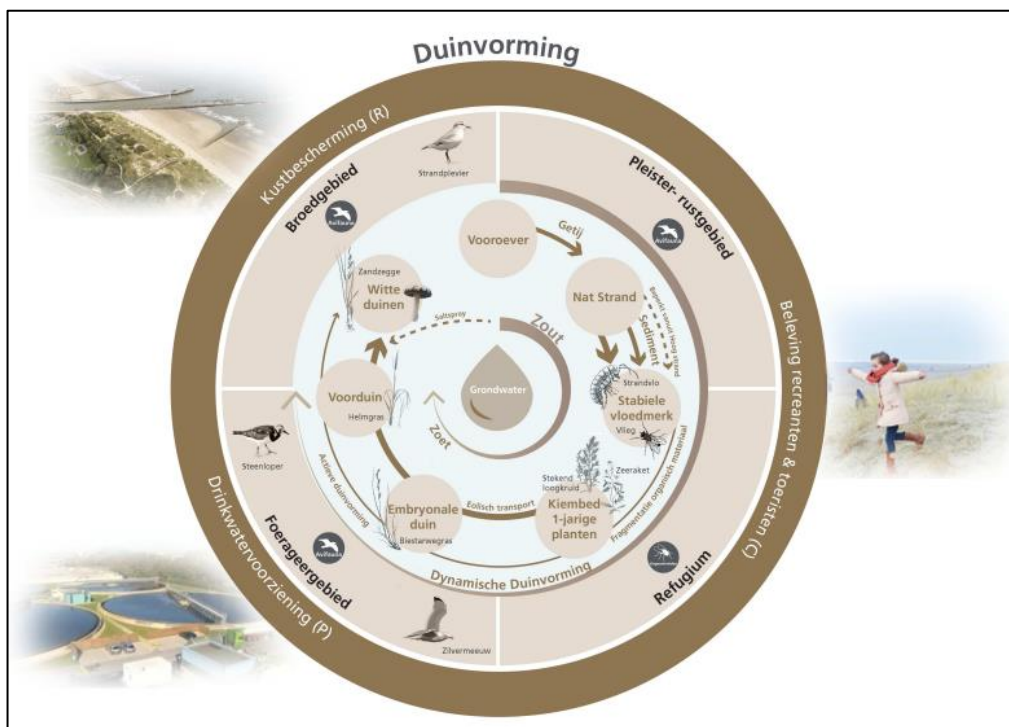
In de duinengordel zijn ook veel belangrijke **pleister-, broed- en rustgebieden** aanwezig voor allerlei soorten eenden, zwanen, ganzen, steltlopers, zangvogels etc.

Niet enkel vogels vinden in de duinvegetaties een geschikt habitat, eveneens ongewervelden en amfibieën gebruiken de duinhabitats als **refugium**, **foerageergebied** en als **paai- en kraamkamer**. Algemeen herbergen de verschillende habitattypes kenmerkende flora en fauna die enkel in dit milieu worden aangetroffen. Vaak zijn het zeldzame of zelfs bedreigde soorten (Bijlage II-soorten van de Habitatrictlijn of IUCN Rode Lijst-soorten), alleen al omwille van de regionale zeldzaamheid van het biotooptype.

Duinen voorzien bovendien in de levering van ecosystemendiensten (Figuur 5-4; Figuur 5-5) zoals **buffering van zoutwaterinvloed in het achterland** en **kustbescherming** (§5.1.4.2), **drinkwatervoorziening** (§5.1.3.2). Ze vormen ook een geliefd terrein voor **recreatie en toerisme** (§5.1.5.2). Voor een gedetailleerde beschrijving van duinontwikkeling in gefixeerde duinlandschappen en duinontwikkeling in mobiele duinen, zie Bijlage 1.7 - Duinontwikkeling in gefixeerde duinlandschappen en Bijlage 1.6 – Duinontwikkeling in mobiele duinen.



Figuur 5-4: Duinomvorming aan het BNZ en daaraan gelinkte leefgebieden en ecosysteemdiensten.



Figuur 5-5: Duinvorming aan het BNZ en daaraan gelinkte leefgebieden en ecosysteemdiensten.

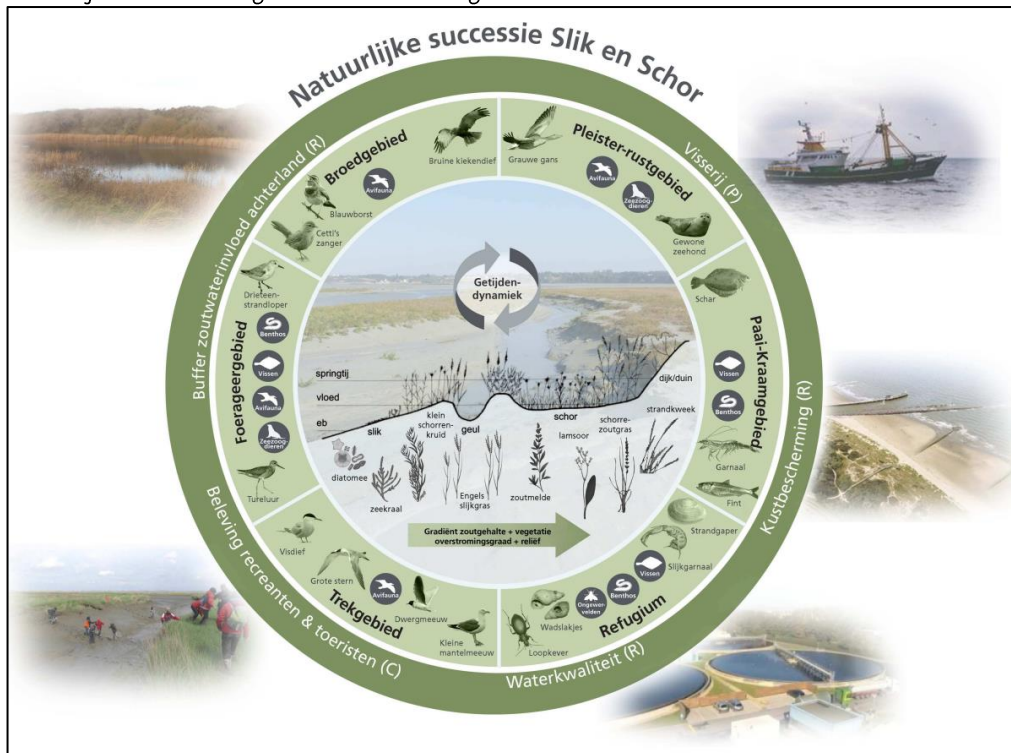
5.1.2.4 Slikken, schorren en estuaria

Het grote voedselaanbod in estuaria, slikken en schorren in de vorm van microfytobenthos, geeft aanleiding tot een hoge concentratie aan ongewervelde bodemorganismen, het benthos. Veel soorten gebruiken de luwe slikken en schorrenvegetaties als **refugium** tegen de getijdenwerking. In de zoute zone vinden we belangrijke populaties van garnalen, schelpdieren en diverse soorten wormen.

Het getijdengebied fungeert ook als een belangrijk **broed-, rui-, rust-, foerageer- en doortrekgebied** voor tal van vogels waarbij verschillende soorten door de Europese Vogelrichtlijn beschermd worden (Bot, 2007). Zoetwater- en brakwaterschorren zijn tevens belangrijk voor broedende riet- en moerasvogels. In de Westerschelde komt een kleine populatie van de gewone zeehond voor (een Bijlage II-soort van de Habitatrichtlijn), maar ook in andere slikken en schorren worden deze zeezoogdieren steeds vaker aangetroffen als ze aan het rusten zijn op de slikplaten.

Estuaria zijn tenslotte belangrijke **kraam- en kinderkamers** voor mariene vissoorten. In het brakwatergedeelte vormen platvissen een belangrijke groep en veel vissoorten passeren tijdens hun **paaimigraties** tussen rivier en zee doorheen het estuarium. Door de verbetering van de waterkwaliteit is er de laatste jaren een enorme stijging in het aantal soorten en exemplaren vis vastgesteld. Visetende vogels profiteren ook van de toename van het visbestand. Het onderhouden van deze verschillende habitats is dan ook van essentieel belang om het overleven van al dan niet commerciële soorten mogelijk te maken. Het economisch belang hiervan zit intrinsiek vervat in de ecosystemedienst **visserij productie** (§5.1.3.4).

Naast het leveren van visserijproductie, kunnen slikken en schorren en hun voorkomende levensgemeenschappen ook worden gekoppeld aan ecosystemediensten (Figuur 5-6) zoals **buffering van zoutwaterinvloed in het achterland** en **waterkwaliteit** (§5.1.4.4). De slikken- en schorren vormen een uniek habitat langs de Vlaamse kust die ook erg geliefd is bij **recreanten** (§5.1.5.4). Voor een gedetailleerde beschrijving van slikken en schorren, zie Bijlage 1.8 – Natuurlijke successie langs een zoet-zoutgradiënt.



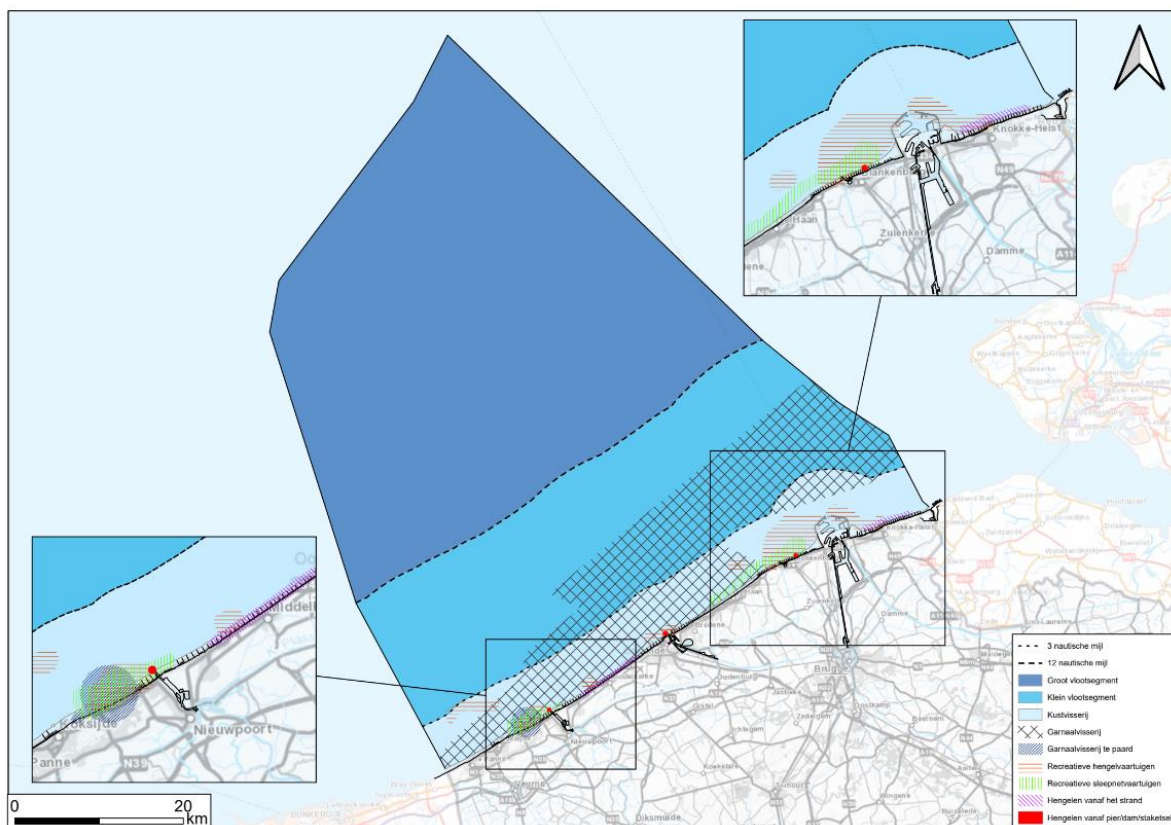
Figuur 5-6: Natuurlijke successie in slikken en schorren aan het BNZ en daaraan gelinkte leefgebieden en ecosystemediensten.

5.1.3 Maatschappij – Productie

5.1.3.1 Zee en vooroever

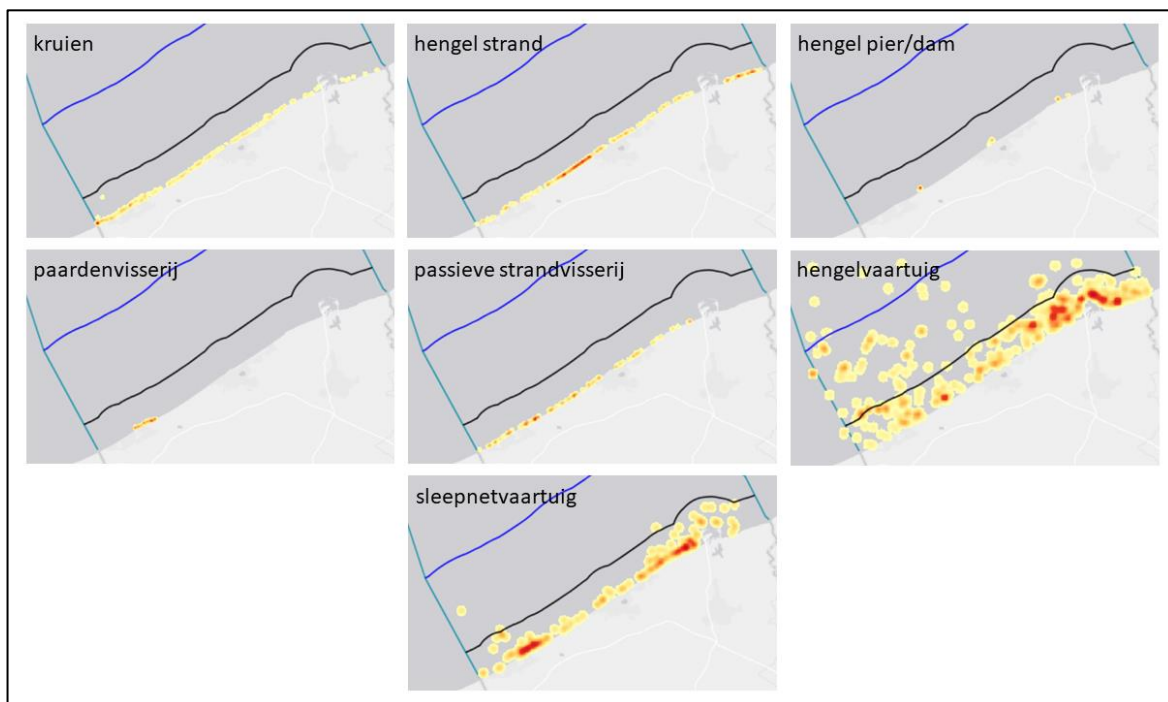
Doordat het Belgische deel van de Noordzee (BNZ) een belangrijke voedselbron, paai- en kraamkamer vormt voor talrijke afhankelijke fauna (zie §5.1.2.1), is het gebied belangrijk voor een aantal ecosystemediensten met als voornaamste voedselproductie. Zowel voor de **commerciële** als **recreationele visserij** herbergt het BNZ een ruime keuze aan vis (rondvis en platvis) en schelp- en schaaldieren (garnalen, tweekleppigen). Zie ook de relatie tussen het voedselweb (bentho-pelagische koppeling) en voedselproductie in §5.1.2.1 – Figuur 5-1.

De 'Belgische visserijzone' komt overeen met de grenzen van de **exclusief economische zone** (de zone vanaf 12 nautische mijl (NM), waarbinnen het Gemeenschappelijk Visserijbeleid van kracht is (GVB - Verordening (EU) nr. 1380/2013). Deze zone geeft in principe ongelimiteerde toegang aan vissers van alle EU-lidstaten, mits enkele uitzonderingen. In de **territoriale zee** (de zone vanaf de gemiddelde laagwaterlijn tot 12 NM) wordt de visserij nagenoeg exclusief voorbehouden aan Belgische vissers, en gelden er beperkingen qua motorvermogen. Zo worden in de zone tussen 0 en 3 NM enkel schepen met een bruto tonnage van minder dan 70 BT toegelaten die ingeschreven zijn in het Kustvisserssegment. Het is deze laatste zone tussen 0 en 3 NM die binnen het studiegebied van het strategisch beleidsplan Kustvisie ligt.



Figuur 5-7: Situering van de visserijgebieden (commercieel en recreatief) in het BNZ

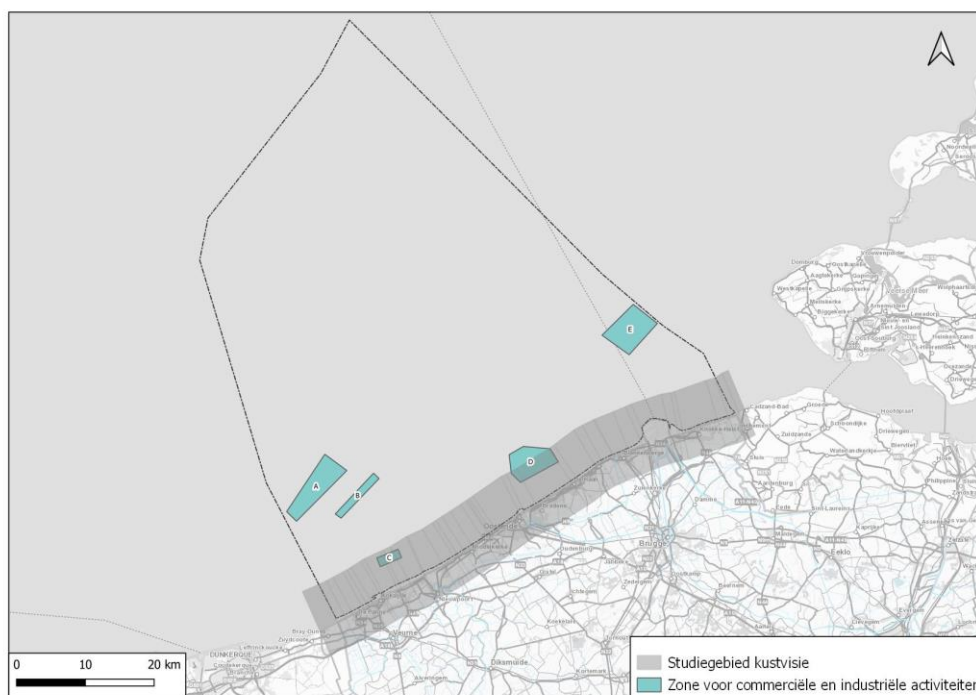
Deze zone wordt voornamelijk gebruikt door de recreatieve zeehengel- en sleepnetvisserij (boomkor, bordennet; toegespitst op garnaalvangst), waardoor de rest van dit hoofdstuk zich voornamelijk op deze kust- en recreatieve visserij zal toespitsen. Ook recreatieve zeevisserij vanaf het land (strandhengelen of hengelen vanop pieren of strandhoofden, strandvisserij met passieve netten, kruien, paardenvisserij) komt nagenoeg overal binnen het studiegebied van het strategisch beleidsplan Kustvisie voor, al kent deze een sterke variabiliteit over de Vlaamse kuststrook op vlak van voorkeurslocaties ((Polet et al., 2022); Figuur 5-8).



Figuur 5-8: Overzicht van heatmaps welke de densiteit aan verschillende recreatieve visserijactiviteiten weergeven langsheen de kuststrook. Blauwe lijn = 12 nautische mijl grens; zwarte lijn = 3 nautische mijl grens (Bron: (Kustportaal, 2023))

De totale recreatieve aanvoer van visserijproducten (inclusief garnaal) schommelde in de periode 2017-2021 tussen 185,7 ton (2020) en 265,8 ton (2018), goed voor gemiddeld 4,5% van de totale aanvoer aan visserijproducten (commercieel en recreatief) uit het BNZ. De voornaamste soorten op het vlak van de jaarlijkse recreatieve aanvoervolumes waren garnaal (20-41%), wijting (18-22%), schar (11-20%), tong (5-12%), makreel (3-25%), kabeljauw (3-11%) en zeebaars (1-10%). Het grootste aandeel van deze aanvoer komt van de hengeltaartuigen (ca. 60%), gevolgd door de sleepnetvaartuigen, de hengelaars vanaf het strand/dam, de kruiers en de passieve strandvisserij (Verleye et al., 2022). Voor een uitvoerige beschrijving van de commerciële en recreatieve visserij in de 'Belgische visserijzone', zie ook RA21041 Referentiesituatie Milieueffecten (6.1.1.3 Visserij).

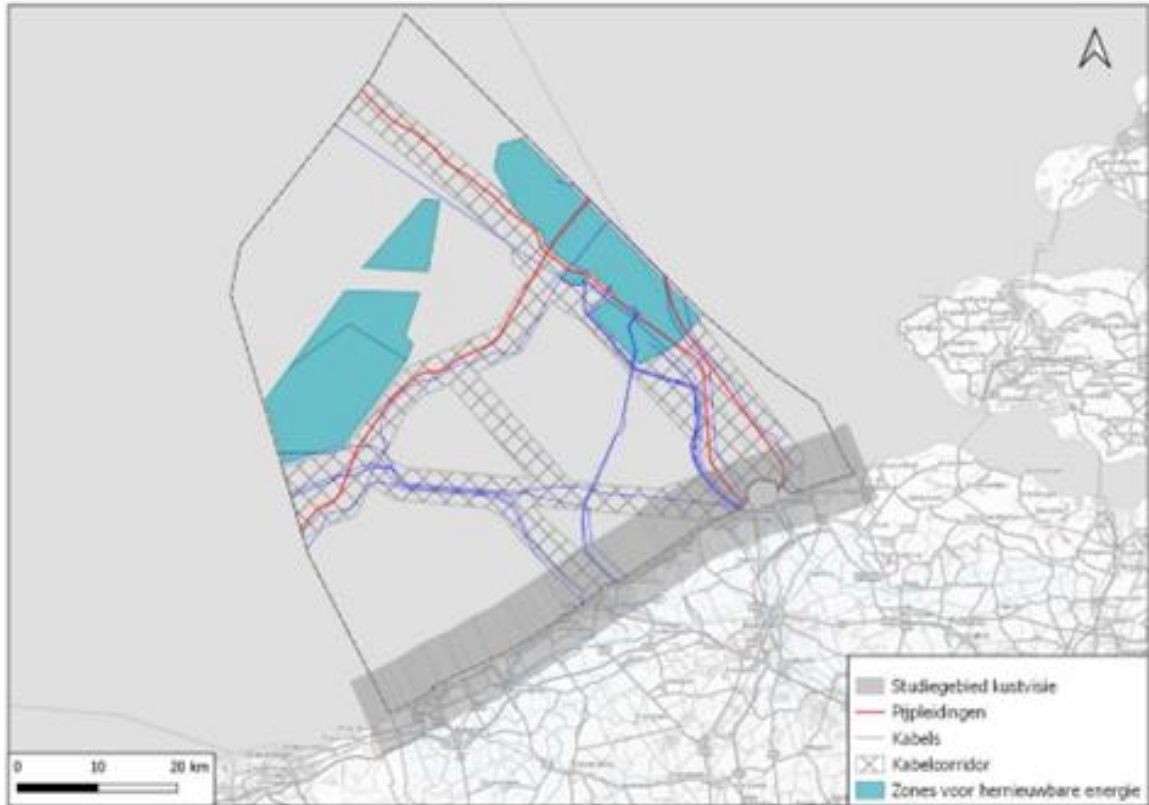
Hoewel België momenteel een kleine speler is op het vlak van aquacultuur (de zoetwateraquacultuur bleef in 2019 beperkt tot een productievolume van slechts 86 ton en er waren geen commerciële maricultuuractiviteiten in datzelfde jaar (Dauwe et al., 2019) is (onderzoek naar de haalbaarheid van) **aquacultuur** op zee van toenemend belang in het BNZ. In het Marien Ruimtelijk Plan voor de Noordzee (2020-2026) zijn meerdere zones voorzien voor maricultuur (aquacultuur op zee) binnen de offshore gelegen windparken (buiten het studiegebied), alsook binnen vijf afgebakende zones voor Commerciële en Industriële activiteiten (CIA, zones A-E; Figuur 5-9). Binnen zone C is sinds 2022 de "Zeeboerderij Westdiep" actief, de eerste Belgische commerciële offshore aquacultuur site, onder leiding van Colruyt Group. België is ook trekker van en betrokken in meerdere (pilot)studies over maricultuur in de Belgische en andere Europese delen van de Noordzee. Projecten als 'Edulis', 'Wier en Wind', 'Value@Sea', 'SYMAPA', 'UNITED' en 'ULTFARMS' onderzoeken de opportuniteiten binnen kost-effectieve en ecologische multi-use applicaties voor verschillende mariene sectoren, met een focus op maricultuur en hernieuwbare energie. Nog binnen het studiegebied vond ook het Coastbusters I proefproject (2016-2019) plaats voor de kust van De Panne, en de opvolger Coastbusters II (2020-2022), met een link naar kustverdediging. Ook op land, in de haven van Oostende, werden recent stappen gezet richting de uitbouw van de aquacultuursector aan onze kust.



Figuur 5-9: Aanduiding CIA-zones binnen het BNZ en overlap met studiegebied van het strategisch beleidsplan Kustvisie

Momenteel zijn 12 concessies aangeduid voor windparken in het Belgisch deel van de Noordzee. Deze **hernieuwbare energie** (dd. 2023) is voldoende voor het energieverbruik van bijna 50% van de Belgische gezinnen. Andere vormen van abiotische energiewinning in het BZN, zoals stroming, getijden, golfenergie en zonne-energie, zijn voorlopig nog niet in commerciële vorm aanwezig. Voor een volledige bespreking van energiewinning op zee, zie RA21041 Referentiesituatie Milieueffecten (6.1.1.2 Blauwe Energie). Figuur 5-10 geeft een overzicht van zones voor hernieuwbare energie in het BNZ, inclusief de locaties van gerelateerde infrastructuur en de overlap met het studiegebied voor het strategisch beleidsplan Kustvisie. In het BNZ bevindt zich allerlei onderzeese transportinfrastructuur, zowel voor transport van elektriciteit (meer dan 200 km kabel in totaal), aardgas (totale lengte van 163 km) en data (meer dan 900 km kabel in totaal). Binnen het studiegebied van het strategisch beleidsplan Kustvisie is er overlap met kabels en pijpleidingen ter hoogte van de haven van Oostende en Zeebrugge (zowel oost als west ervan). Ter hoogte van Oostende gaat het om enkele telecom-kabels en de C-power export kabels. Ter hoogte van Zeebrugge gaat het om telecom- en export-kabels van de windparken in de oostelijke zone, alsook MOG I export kabels, de Nemo Link interconnector (tussen Zeebrugge en Richborough, VK) en twee aardgaspijpleidingen (de Zeepipe- en de Interconnector-pijpleiding). Binnen het studiegebied van het strategisch beleidsplan Kustvisie bevinden zich ook aan land enkele belangrijke faciliteiten met betrekking tot (hernieuwbare) energie.

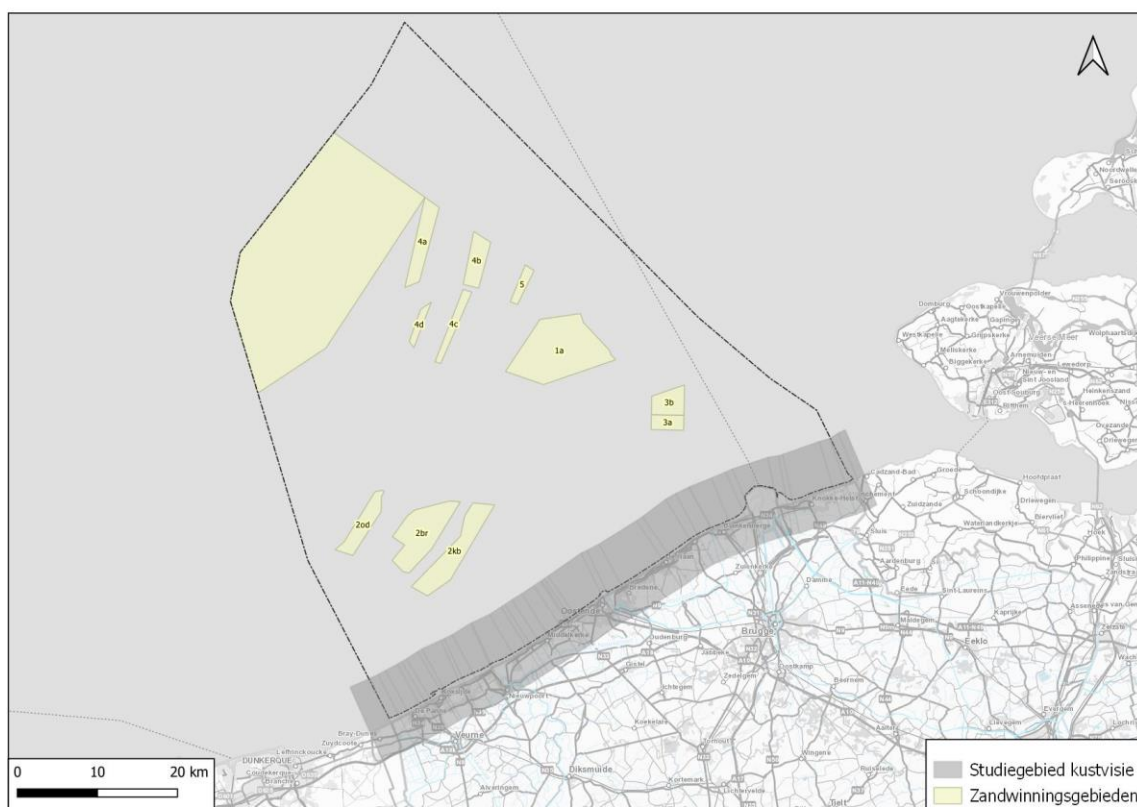
Zo bevindt zich in de haven van Zeebrugge de aardgasterminal van Fluxys, die een belangrijk energieknooppunt vormt in Europa. Verder huisvest de haven van Zeebrugge het grootste onshore windpark in Vlaanderen: het ICO Windpark met 11 windturbines, goed voor 44 MW aan groene energie. Ook op de westelijke strekdam van de haven staan negen windturbines en daarnaast nog een tiental turbines van verschillende projecten verspreid over het havengebied. Binnen de haven van Zeebrugge zijn er concrete plannen voor de bouw van een energiehub, dewelke op industriële schaal hernieuwbare energie van de windparken zal kunnen omzetten in groene waterstof (WaterstofNet, 2023). Tenslotte bevindt zich binnen het studiegebied van het strategisch beleidsplan Kustvisie, nabij de Ganzenpoot in Nieuwpoort, een commercieel zonne- en windenergiepark.



Figuur 5-10: Overzicht van de zones voor hernieuwbare energie zoals opgenomen in het MRP 2020-2026, de elektriciteits- en telecomkabels, en de pijpleidingen in het BNZ, met aanduiding van de overlap met het studiegebied van het strategisch beleidsplan Kustvisie.

Naast voedselproductie en abiotische energiewinning is ook de **ontginning van zand** uit het BNZ een belangrijke ESD. Deze minerale grondstoffen zijn niet-hernieuwbaar en dus een eindige bron. Ze worden gebruikt voor drie doeleinden: bouw materiaal, zandsuppletie van stranden en opspuiten van land. De extractie van zand voor onze kust is sterk toegenomen gedurende de laatste jaren. In 1976 werd een sedimentvolume ontgonnen van ongeveer 29.000 m³ dat opliep tot een volume van 5,8 miljoen m³ in 2014, en in 2019 ongeveer 3,5 miljoen m³ bedroeg (FOD Economie, 2020). Tussen 1976 en 2020 werd 76,6 miljoen m³ zeezand ontgonnen. Geen van de zandwinningsgebieden is gelegen binnen het studiegebied van het strategisch beleidsplan Kustvisie (Figuur 5-11). Voor een volledige bespreking van zandwinning voor commerciële en kustverdedigingsdoeleinden, zie RA2213 Zandbeschikbaarheid (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2022b).

Tot slot wordt de Noordzee ook als mogelijke (toekomstige) bron voor drinkwater gezien. In Nieuwpoort hebben de watermaatschappijen Aquaduin, Farys en De Watergroep samen in 2022 een pilootproject opgezet om zeewater uit de vaargeul te ontzilten tot drinkwater. Vlaanderen is daarmee de eerste regio aan de Noordzee die de zee als bron voor drinkwater gebruikt. Het proefproject moet in 2025 uitmonden in een volwaardige productie-installatie die zowel van zoet water, brak water als zeewater uiteindelijk drinkbaar water kan maken. De fabriek zal een jaarlijkse volume hebben van 4 miljoen kubieke meter drinkwater (Farys, 2022).



Figuur 5-11: Overzicht van de zandwinningsgebieden die zich in de omgeving van het studiegebied van het strategisch beleidsplan Kustvisie bevinden (MRP 2020-2026).

5.1.3.2 Riffen

(Natuurlijke) riffen (zoals de Lanice-riffen) fungeren als belangrijke kraam- en kinderkamers, die op hun beurt de **voedselproductie** ten goede komen. Zie ook de relatie tussen riffen en visserij in §5.1.2.2 – Figuur 5-3. Ook artificiële riffen kunnen linken met voedselproductie door aquacultuur (bv. mosselen en oesters), zowel rechtstreeks (oogsten vanop deze riffen) als onrechtstreeks (riffen kunnen dienen om bv. de aanvoer van larven te verzekeren naar nabije aquacultuur sites).

5.1.3.3 Strand en duin

Wijzigingen in grondwaterregime, met mogelijke druk op de zoetwaterlens in sterk ontwikkelde duingebieden, kan mogelijke gevolgen hebben voor de drinkwatervoorziening van duingebieden. Door de aanwezigheid van deze zoetwaterlenzen onder de duingebieden zijn deze – voornamelijk historisch gezien – belangrijk in de **drinkwaterwinning- en voorziening**. Momenteel zijn er 4 drinkwaterwinningen in de kustzone, waarvan 3 een grondwaterwinning betreffen: IWVA/Aquaduin in De Panne en Koksijde, Farys in Oostende en AGSO in Knokke-Heist. Zie ook de relatie tussen het duin(om)vorming en drinkwatervoorziening in §5.1.2.3 – Figuur 5-4 en Figuur 5-5.

De potenties die duinen bieden naar buffering tegen zoutintrusie naar het achterland (hoewel strikt genomen buiten het plangebied gelegen) zijn ook relevant in kader van mogelijke wijzigingen in landbouwproductie, zowel de traditionele vormen alsook opportuniteiten naar zilte landbouw.

5.1.3.4 Slikken, schorren en estuaria

De belangrijkste estuariene natuur langsheen de Vlaamse kust komt voor in de IJzermonding (Nieuwpoort), Baai van Heist (Heist) en het Zwin (Knokke). Gelijkaardig als voor riffen, zijn de slikken, schorren en estuaria (zie §5.1.2.4) belangrijk voor de **voedselproductie** (visserij) doordat ze dienst doen als kraam- en kinderkamer voor verscheidene commerciële vissoorten. Zie ook de relatie tussen slikken/schorren en visserij in §5.1.2.4 – Figuur 5-6.

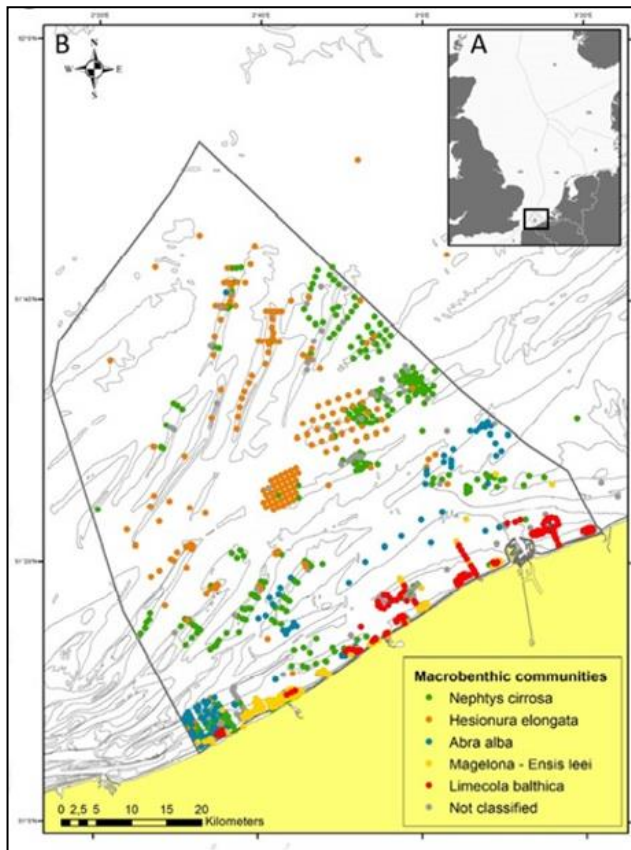
5.1.4 Maatschappij – Regulatie

5.1.4.1 Zee en vooroever

De rijkdom aan benthische organismen in het BNZ kunnen een bijdrage leveren aan het behoud van de nutriënten- en sedimenthuishouding (waterkwaliteit) (Zie ook §5.1.2.1 – Figuur 5-1). Ook stimuleren ze de nutriëntenkringloop (mineralisatie en aanvoer) en op die manier de lokale primaire productie in de waterkolom als gevolg van het feit dat ze in staat zijn om de biogeochemische en fysische eigenschappen van hun omgeving te modificeren. Voor een uitgebreide beschrijving van de benthopelagische koppeling en de invloed van waterkwaliteit en nutriëntenconcentraties op het voedselweb en algenbloei, zie Bijlage 1.2 - Instandhouding voedselweb (benthopelagische koppeling).

Gezien de hoge turbiditeit van het zeewater is **fyto**benthos (algen) nagenoeg afwezig in het (subtidale) BNZ. Het bodemleven wordt hier gedomineerd door het **zoö**benthos (dierlijk). **Macrobenthische organismen** worden beschouwd als die soorten die in of nabij de zeebodem leven en groter zijn dan 1 mm. De belangrijkste vertegenwoordigers zijn de wormen (voornamelijk borstelwormen), de schaaldieren (voornamelijk vlokreeften), de schelpdieren (voornamelijk tweeleppigen, en zeehuisjesslakken) en de stekelhuidigen (voornamelijk zee-egels en slangsterren). In de kustzone, is er een afname in biodiversiteit van het **westen naar het oosten**, ten gevolge van de negatieve invloed van de instroom van verontreinigd water (nutriënten, organische polluenten en zware metalen) afkomstig uit de Westerschelde en de sedimentsamenstelling (grotere aanwezigheid slib in het oosten). De verspreiding van macrobenthische organismen is bovendien sterk gekoppeld aan het aanwezige zeebodemhabitat en substraat, omwille van hun afhankelijkheid van fysische karakteristieken zoals korrelgrootte en zuurstofgehalte van de zeebodem. De macrobenthische gemeenschappen van de zachte substraten van het zandbanken- en geulensysteem (habitattype 1110 onder Natura 2000) worden elk gekenmerkt door karakteristieke soorten, diversiteit en dichtheid en komen in een mozaïek voor in het BNZ (Van Hoey G. et al., 2004; Degraer et al., 2009; Breine et al., 2018). **Vijf algemeen voorkomende macrobenthische gemeenschappen (genaamd naar hun meest kenmerkende soort) kunnen worden onderscheiden** (Figuur 5-12), met daartussenin nog overgangsgemeenschappen. Ondanks een temporele (seizoenale) variatie in de structuur van bovenstaande macrobenthosgemeenschappen, blijven zij relatief stabiel zolang hun typerende habitat niet drastisch wijzigt (Van Hoey G. et al., 2004). Hierdoor zijn ruimtelijke patronen in het BNZ zichtbaar (zie Figuur 5-12) met *Limecola*, *Magelona* en *Abra* gemeenschappen dicht bij de kustzone (en dus ter hoogte van het studiegebied), en *Nephtys* en *Hesionura* gemeenschappen eerder offshore. De *Abra alba* gemeenschap, uitgestrekt van west naar oost, maar bij de oostkust iets verder weg van de kust zelf, kent de hoogste dichtheid (gemiddeld 5.763 ind./m²) en soortenrijkdom (gemiddeld 26 soorten/0,1 m²) en wordt in eerder slibrijk (gemiddeld 12% slib) fijn zand (mediane korrelgrootte: 211 µm) aangetroffen. De dichtere oostkust, gekenmerkt door *Limecola* gemeenschappen zijn soortenarmer (gemiddeld 7 soorten/0,1 m²) en minder rijk (gemiddeld 580 individuen (ind.)/m²). Voor een gedetailleerde beschrijving, zie RA21041 Referentiesituatie Milieueffecten – 6.1.3.2.1.2 Levensgemeenschappen in en rond de zeebodem.

¹ In (Degraer et al., 2018) en (Breine et al., 2018) wordt er een vijfde macrobenthosgemeenschap vermeld, de *Magelona-Ensis* gemeenschap, als uitbreiding ten opzichte van de 4 eerder gekarakteriseerde macrobenthosgemeenschappen uit (Degraer et al., 2009).



Figuur 5-12: Geografische weergave van de vijf macrobenthos habitats en hun staalnelocaties in het BNZ volgens (Breine *et al.* 2018).

Daarnaast heeft de aanwezigheid van het water op zich een verkoelend effect en speelt het een rol in de **bestrijding van hittestress** (zie Bijlage 1.10 - Hittestresskaarten). De banken (en riffen) langs de Vlaamse kust, alsook de rijkdom aan benthische organismen, spelen ook een belangrijke rol in **koolstofvastlegging (voornamelijk via biogene riffen – zie verder)**.

De bathymetrie en het reliëf van de zeebodem zorgen dan weer voor een natuurlijke demping van de getij- en golfwerking op de kustlijn, zodat deze bijdragen aan de **kustbescherming**. Ondiepe zandbanken nabij de kust, vooroevers en stranden zijn in staat om de energie van inslaande golven (gedeeltelijk) te dissiperen. Hierdoor neemt de erosieve kracht van golven die de duinvoet of de dijk bereiken af en daalt de hoeveelheid duinafslag of de kans op dijkinstabiliteit tijdens stormen en dus ook het risico op bresvorming (Verwaest *et al.*, 2008).

5.1.4.2 Riffen

Ook benthische ecosysteemingenieurs van de natuurlijke riffen zoals mosselen en kokerwormen dragen bij aan natuurlijke **kustbescherming** en aan de toename in **sedimentstabiliteit** door de vorming van aggregaties in de ondiepe kustwateren (cfr. Coastbusters-project – zie § 5.1.2.2). Ook artificiële riffen, zoals golfbrekers en strekdammen langs de kust, dragen hiertoe bij door hun vermogen om golfenergie te dempen.

Ecosysteemingenieurs bevorderen ook de **bentho-pelagische koppeling** in het intergetijdengebied en hebben een sterke invloed op de gemeenschapssamenstelling, diversiteit, abundantie en biomassa van de geassocieerde fauna. Doordat ze in staat zijn om de biogeochemische (o.a. nutriënten- en zuurstoftransport) en fysische (o.a. lokale waterstroming) processen in hun nabije omgeving te modificeren, beïnvloeden ze in sterke mate de geassocieerde biota (o.a. borstelwormen, kreeftachtigen en tweekleppigen).

Riffen spelen ook een belangrijke rol in koolstofvastlegging. Schelpdieren (mosselbanken) leggen ca. 0,63 ton C/ha/jaar vast (Jansen and Bogaart, 2020). Voor rifvormende borstelwormen zoals schelpkokerwormen (*Lanice conchilega*) wordt een koolstofvastlegging van 1,2 kg C/ha/jaar ingeschat (Boerema *et al.*, 2021).

Riffen spelen hierdoor ook een belangrijke rol bij het reguleren van de **waterkwaliteit** (zie ook §5.1.2.2 – Figuur 5-3). Dit gebeurt via het biofiltereffect dat wordt gecreëerd door filter- en suspensievoedende organismen (o.a. mossels, zandkokerworm). Deze organismen zijn in staat om grote hoeveelheden water te filteren, inclusief verontreinigingen en microplastics. Het biofiltereffect zorgt er ook voor dat een grote hoeveelheid organisch materiaal uit de waterkolom wordt gefilterd, waardoor de turbiditeit afneemt en het water helderder wordt. Dit heeft gunstige effecten op de groei van fytoplankton. Tegelijkertijd spelen riffen een regulerende rol in de hoeveelheid fytoplankton, aangezien ze grote hoeveelheden van deze primaire producenten filteren, waardoor het evenwicht in stand wordt gehouden.

Bovendien hebben riffen een regulerende functie door de fysieke veranderingen die ze aanbrengen in habitats. Ze vergoten de complexiteit van het leefgebied, wat de biomassa bevordert **en kraam-, paai-, rust- en leefgebieden** biedt. Hierdoor reguleren riffen de lokale gemeenschappen, biomassa en soortensamenstelling van diverse soorten en soortengroepen.

Een gedetailleerde beschrijving van natuurlijke rifvorming is beschikbaar in Bijlage 1.3 – Natuurlijke rifvorming (ecosysteem ingenieurs).

5.1.4.3 Strand en duin

De duingebieden vormen een **natuurlijke buffer tegen de zoutwaterinvloed** in het achterland door de aanwezigheid van substantiële zoetwaterlenzen onder de bredere duingordels (zie RA21041 Referentiesituatie Milieueffecten – 6.1.1.5 Landbouw). Een toenemende druk op deze zoetwaterlenzen onder invloed van zeespiegelstijging of andere natuurlijke (bv. wijziging in neerslaghoeveelheden – momenteel niet aan de orde) en/of antropogene factoren (bv. kunstmatige verlaging van het polderpeil voor landbouwdoeleinden) zal deze bufferfunctie langzaamaan ondermijnen waardoor **verzilting** van het achterland reëel wordt. De plaatsen waar deze verzilting kan optreden, zijn gekend: in essentie zijn het de laagstgelegen delen van de polders (De Moeren, Meetkerkse Moeren, Uitkerkse Polder, Dudzeelse Polder, delen van de IJzervallei, Zwinomgeving, krekengebied Oost-Vlaanderen). Bijlage 1.5 – Eigenschappen van het zoet grondwatersysteem in de duinen beschrijft het duinengrondwatersysteem en gerelateerde verziltingsprocessen.

Daarnaast zijn zowel de mobiele duinen als de meer gefixeerde duinlandschappen belangrijk in de natuurlijke **kustbescherming**. Duinen beschermen tegen overstromingsgevaar door enerzijds golfenergie te dissiperen (verspreiden) en anderzijds vormen ze een fysieke barrière die zeewater kan tegenhouden. Een gedetailleerde beschrijving over het ontstaan en de dynamiek van duinen is terug te vinden in Bijlage 1.6 – Duinvorming in mobiele duinen en Bijlage 1.7 - Duinvorming in gefixeerde duinlandschappen. Daarnaast dragen dissipatieve stranden (breed, flauwe helling) bij tot de verspreiding van de golfenergie, en dus eveneens tot kustbescherming (zie ook §5.1.2.3 – Figuur 5-4 en Figuur 5-5).

Het voorkomen van diverse, natuurlijke kustduinen speelt tenslotte ook een belangrijke rol in **koolstofopslag en – vastlegging** (Tabel 5-2) en de **bestrijding van hittestress**, wat in detail wordt besproken in RA21041 Referentiesituatie Milieueffecten (6.1.3.3 CO₂-opslag; 6.1.3.4 Hittestress; Bijlage 1.10 - Hittestresskaarten). Zandige stranden rijk aan schelp fragmenten hebben een eigen biogeochemie. De sterke oxygenatie van het poreuze sediment (veel openingen in het zand waar veel zuurstof kan komen) in een zeer dynamische omgeving zorgt voor een snelle mineralisatie van C en dus voor het vrijkomen van C naar de zee. Er is dus geen sprake van netto koolstofopslag in stranden (Boerema et al., 2021).

Tabel 5-2: Literatuurwaarden koolstofvoorraad- en vastlegging duinen.

Bron		C	CO ₂ -eq
(Arets, 2018) en (Lesschen et al., 2012)	Open duin voorraad (ton/ha)	Totaal: 26,5 Waarvan: Bodem + strooisel: 24 ± 2 Biomassa: 1,5	Totaal: 97,2
(Lesschen et al., 2012)	Open duin vastlegging (ton/ha/j)	~0	~0
(Muys et al., 2002)	Duinbos voorraad (ton/ha)	Totaal: 80 Waarvan: 24 ton C/ha in de bodem; 7,56 ton C/ha in de strooisellaag; 1,9 ton C/ha in dood hout; 46,6 ton C/ha in ondergrondse en bovengrondse biomassa.	Totaal: 294
(Muys et al., 2002)	Duinbos vastlegging (ton/ha/j)	Totaal: 6,5 Waarvan: Bodem + strooisel: 2,3 Biomassa: 4,2	Totaal: 23,9

5.1.4.4 Slikken, schorren en estuaria

De talrijke bodemdieren (benthos) aanwezig in de slikken, schorren en estuaria aan de Vlaamse kust spelen door hun activiteit (bioturbatie) een belangrijke rol in de **sedimenthuishouding en nutriëntencycli** in de bodem. Daarnaast zijn ook de vegetatie van slikken en schorren cruciaal in de nutriëntencyclus en de **waterkwaliteit**. Zo zijn sommige planten in staat om het water dat binnenstroomt vanuit de zee en/of rivier te zuiveren en op die manier het evenwicht in de voedselketen te herstellen.

Natte kustecosystemen zoals slikken, schorren en estuaria vervullen een zeer belangrijke rol in **koolstofopslag en – vastlegging** (Tabel 5-3). Deze rol in klimaatmitigatie wordt uitvoerig besproken in RA21041 Referentiesituatie Milieueffecten (6.1.3.3 CO2-opslag).

Tabel 5-3: Literatuurwaarden koolstofvoorraad- en vastlegging slikken en schorren

		C	CO2-eq
Gemiddelde Verdrongen Land van Zuid-Beveland (Teunis and Didderen, 2018)	voorraad (ton/ha)	378	1387
Gemiddelde IPCC (2013)	voorraad (ton/ha)	255	936
Gemiddelde Nederland (Hoefsloot et al., 2020)	voorraad (ton/ha)	276	1012
	vastlegging (ton/ha/j)	2,4	8,9
Suggestie voor rekenwaarde van 50% van het gemiddelde	voorraad (ton/ha)	138	506
	vastlegging (ton/ha/j)	1,2	4,4

Slikken, schorren en intertidale zandplaten vormen net als stranden golfdempende structuren. Behalve de fysische structuur zorgt ook het ecosysteem zelf voor golfdissipering door de frictie van stromend water langs bladeren, stengels en soms wortels (Silinski et al., 2015, 2016); (Smolders et al., 2015). Door de natuurlijke demping van de golf- en getijwerking dragen deze gebieden bij aan de natuurlijke **kustbescherming**. Tevens zorgen ze voor een **natuurlijke buffer van de zoutwaterinvloed** naar het achterland toe (zie ook §5.1.2.4 – Figuur 5-6).

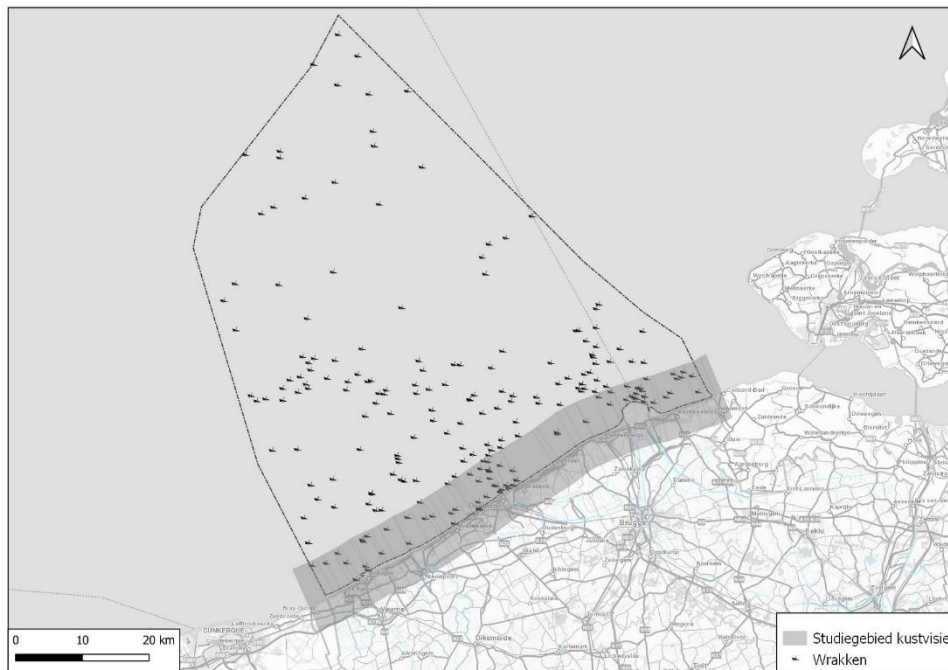
5.1.5 Maatschappij – Cultuur

Recreatie en toerisme is een belangrijke culturele dienst die onze Vlaamse kust levert, naast het instandhouden van het cultureel erfgoed of educatie (bv. voorzieningen voor wetenschap en kennisdeling). Recreatie aan de kust omvat een complex netwerk van activiteiten en elementen en trekt verschillende types recreanten aan: zonnebaders, actieve strandrecreanten, gebruikers van strandbars en horecazaken, etc. Elke vorm van recreatie stelt bepaalde randvoorwaarden naar gebruik en locatie. Binnen het ecosysteemdienstenverhaal wordt de focus gelegd op recreatie ter hoogte van zee en vooroever, strand en duin. Daarnaast bieden ook badplaatsen socio-economische opportuniteiten, die verder worden toegelicht onder § 5.2.

5.1.5.1 Zee en vooroever

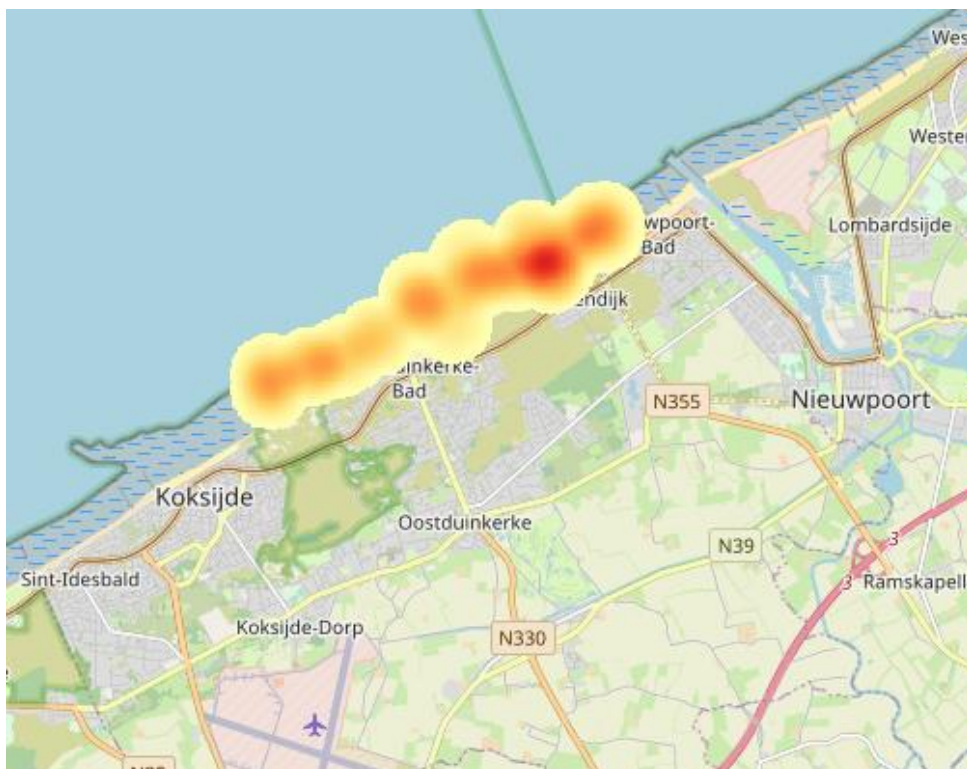
Het BNZ, en met name de kustzone, is belangrijk voor allerlei **recreatie en sport** (bv. zwemmen, surfen, kleinzeilerij, zie ook § 5.1.5.3). Daarnaast hebben zee en vooroever een belangrijke waarde voor **natuurbeleving**. Ook vormen enkele wrakken en verdrongen paleolandschappen een meerwaarde als **onderwatererfgoed** (zie RA21041 Referentiesituatie Milieueffecten – 7.1.2.2.5 Cultureel Erfgoed). Binnen het studiegebied van het strategisch beleidsplan Kustvisie zijn er in totaal 73 wrakken en obstakels gesitueerd (Figuur 5-13). Als we dit bekijken per zone (i.e. binnen de 3 NM zone) gaat het om onderstaande verdeling:

- Westkust: 12 wrakken
- Middenkust-West: 32 wrakken, waarvan 3 beschermde rondom Oostende (gesitueerd in kustvak 23, 25): HM Motor Launch 561, ZH114/255d (Houten wrak haven Oostende), en HMS Briljant
- Middenkust-Oost: 19 wrakken
- Oostkust: 10 wrakken



Figuur 5-13: Overzicht van obstakels en wrakken in het BZN.

De productieve vooroeverbieden van het BZN (vooral aan de west- en middenkust), alsook de biogene mossel en schelpkokerworm riffen, zijn belangrijk voor onder andere de grijze garnaal. Deze komt lokaal in hoge aantallen voor, wat dus ook de recreationale (en deels **cultuurhistorische**) **garnaalvisserij** voor een stuk beïnvloed. Op basis van 34 luchtobservaties in de periode november 2016 - november 2017 in het kader van de Belgische recreatieve zeevisserijmonitoring (www.recreatievezeevisserij.be) werd onderstaande kaart opgemaakt (Figuur 5-14), welke een overzicht geeft van de intensiteit van de garnaalvisserij te paard, waarbij duidelijk het zwaartepunt ligt ter hoogte van de zone tussen Oostduinkerke en Nieuwpoort. Ook de **recreatieve visserij** in het studiegebied maakt rechtstreeks gebruik van het mariene ecosysteem. Recreatieve vissers hebben geen verplichting om vangsttotalen aan te geven waardoor een inschatting van de totale vangst moeilijk is. De vermoedelijk grote druk van recreatieve visserij op bestanden van commercieel belangrijke soorten heeft echter ook een impact op de visserijsector, waardoor een trade-off ontstaat tussen deze culturele ESD (beleving van recreanten en toeristen) en de mariene ESD (visserij)productie (zie 5.1.3).



Figuur 5-14: Garnaalvisserij te paard. luchtobservatie november 2016 - november 2017 (Bron: (Kustportaal, 2023))

5.1.5.2 Riffen

Artificiële riffen leveren directe voordelen voor recreanten door de verhoogde biodiversiteit die ze mogelijk maken op golfbrekers en strekdammen (zie ook §5.1.2.2 – Figuur 5-3). Dit creëert de mogelijkheid voor recreanten om bijvoorbeeld te genieten van activiteiten zoals het vangen van krabben. Daarnaast bieden riffen educatieve en wetenschappelijke mogelijkheden door toegang te bieden tot mariene fauna typisch voor harde substraten in de nabijheid van de kust en havens, zonder dat men naar offshore-gebieden hoeft te gaan.

Ook indirect dragen riffen bij aan culturele diensten. Ze verhogen de biodiversiteit, biomassa en soortenrijkdom, wat bijvoorbeeld resulteert in de aanwezigheid van vogels die aantrekkelijk zijn voor vogelspotters of vissen die interessant zijn voor recreatieve vissers.

5.1.5.3 Strand en duin

Stranden vormen een essentiële factor voor recreatie aan de Vlaamse kust, met name in de badplaatsen, waar ze ruimte bieden voor zonnebaden, spelen, strandwandelingen en andere sportieve activiteiten, strandcabines, strandbars, evenementen en meer. Ook vormt het observeren van fauna en flora een waardevolle culturele troef. Denk bijvoorbeeld aan zehonden die regelmatig worden aangetroffen dicht bij de kuststrook, met name ter hoogte van Nieuwpoort, Koksijde en Oostende.

Er bevinden zich verspreid over de Vlaamse kust 26 watersportclubs, goed voor om en bij de 9.720 leden in 2019 (Dauwe et al., 2019), Kustportaal). Verder zijn er 12 jachtclubs verdeeld over de vier kustjachthavens (Zeebrugge, Blankenberge, Oostende en Nieuwpoort) met een totaalcapaciteit van 3.553 ligplaatsen (Westtoer , Trendrapport Kust 2018-2019) (Figuur 5-15).



Figuur 5-15: Watersportclubs, recreatiezones en strand- en duinzones langs de Vlaamse kust.

Ook duingebieden vervullen een belangrijke **recreatieve functie** aan de kust, waardoor wijzigingen in strand- en duinareaal een directe invloed hebben op deze belangrijke ecosystemedienst. Hier kunnen mensen op vergelijkbare wijze als op het strand recreëren, met nadruk op zonnebaden, spelen, wandelen, etc. De beschikbare oppervlakte duin, droog- en natstrand verschilt echter langsheen de kust zoals geïllustreerd in onderstaande tabel, waardoor de recreatieve druk op deze gebieden niet overal even hoog is.

Tabel 5-4: Oppervlaktes strand en duin in functie van recreatief gebruik

	Duin (ha)	Droogstrand (ha)	Natstrand (ha)
Westkust	1335	150	460
Middenkust-West	245	155	380
Middenkust-Oost	306	149	387
Oostkust	379	135	154

Antropogene invloeden zoals betreding en begrazing houden een zeker risico in naar instandhouding van bepaalde planten- en diersoorten, maar stimuleren anderzijds ook de overgang tussen bepaalde habitattypes in de meer gefixeerde duinlandschappen (zie Bijlage 1.7 - Duinomvorming in gefixeerde duinlandschappen).

Hierdoor ontstaat er ook een trade-off met de ecosysteemdienst 'kustbescherming' (zie §5.1.4.2), gezien overbetreding van strand en duinen door recreanten en mechanische schoonmaak van stranden de vorming van embryonale duinen verhinderen en de stabilisatie van duinen door helmgras belemmeren. Hierdoor daalt de capaciteit van de duinen om bescherming te bieden tegen overstroming en mee te groeien met de stijgende zeespiegel. Mechanische schoonmaak van stranden ten behoeve van toerisme belemmert de ontwikkeling van vloedmerkvegetaties die aan de basis liggen van embryonale duinen evenzeer ((Provoost and Bonte, 2004)).

5.1.5.4 Slikken, schorren en estuaria

Slikken- en schorregebieden langsheen de Vlaamse kust zijn schaars (totale oppervlakte (228 ha); voornamelijk in IJzermonding, Baai van Heist, Zwinvlakte), maar belangrijk in de **natuurbeleving** van toeristen en recreanten (zie ook §5.1.2.4 – Figuur 5-6). Met name vogelkijkers kunnen zich vergapen aan de grote soortenrijkdom aan steltlopers, eenden, ganzen, moeras- en rietvogels.

Ook de (cultuurhistorisch belangrijke) **garnaalvisserij** is deels afhankelijk van de estuaria, slikken en schorren aangezien de garnaal deze gebieden gebruikt als refugium.

5.1.6 Maatschappij – Welzijn en gezondheid

Verder zal de bescherming van kust en achterland het **welzijn en gezondheid** van omwonenden bevorderen. Zeelucht inademen is goed voor de gezondheid, en zou zelfs kanker en cholesterol kunnen voorkomen. Daarnaast wordt vaak aangegeven dat de kust en zee een positieve invloed hebben op mensen hun **mentaal welzijn**, door een gevoel van tot rust te komen, te bewegen, sociale interactie, etc. (Hooyberg et al., 2023).

Om deze voordelen van kust en zee te waarborgen en bevorderen en het (natuurlijk) karakter maximaal te behouden, is de uitvoering van het strategisch beleidsplan Kustvisie cruciaal. Bij de uitvoering zal het belangrijk blijven de verschillende noden en eisen van de burger in acht te nemen en de toegankelijkheid van kust en badplaatsen te garanderen voor iedereen.

5.1.7 Maatschappij – Economie

De verschillende economische sectoren aanwezig in de Belgische mariene wateren (visserij, aquacultuur, zandwinning, energie) ondersteunen samen een belangrijke bron van **werkgelegenheid en inkomsten**. Er bevinden zich aan de kust ook **vier havens**, waarvan twee eerder recreatieve havens (Nieuwpoort en Blankenberge) en twee eerder industriële havens (Oostende en Zeebrugge). Tenslotte ondersteunen ook de **landbouw** in het achterland en de uitgebreide sector van **toerisme en recreatie** aan de Vlaamse kust een groot aantal jobs en de bijhorende bron van inkomsten. De socio-economische waardering van deze diensten maakt deel uit van de maatschappelijke-kosten baten analyse (MKBA).

5.2 Bijkomende socio-economische opportuniteiten

Naast de ecosysteemdiensten besproken in §5.1, biedt het strategisch beleidsplan Kustvisie ook heel wat bijkomende opportuniteiten die geen duidelijke link hebben met het kustecosysteem op zich (vooroever, strand, duin, slik en schor), maar zich grotendeels ter hoogte van badplaatsen (op de dijk; boulevard) situeren. Deze opportuniteiten zijn vaak gelinkt aan het ontwerp of de uitvoering van ingrepen binnen het strategisch beleidsplan Kustvisie. Deze bijkomende socio-economische opportuniteiten omvatten aspecten in verschillende sectoren, zoals horeca (bv. creatie van ruimte voor strandbars en eetgelegenheden op de zeedijk), cultuur (bv. creatie van ruimte voor events of winkelgelegenheden), infrastructuur (bv. grondverzet andere projecten), etc. Daarnaast biedt het strategisch beleidsplan Kustvisie ook verschillende opportuniteiten naar inrichting en invulling van het havengebied, het achterland en woongebieden.

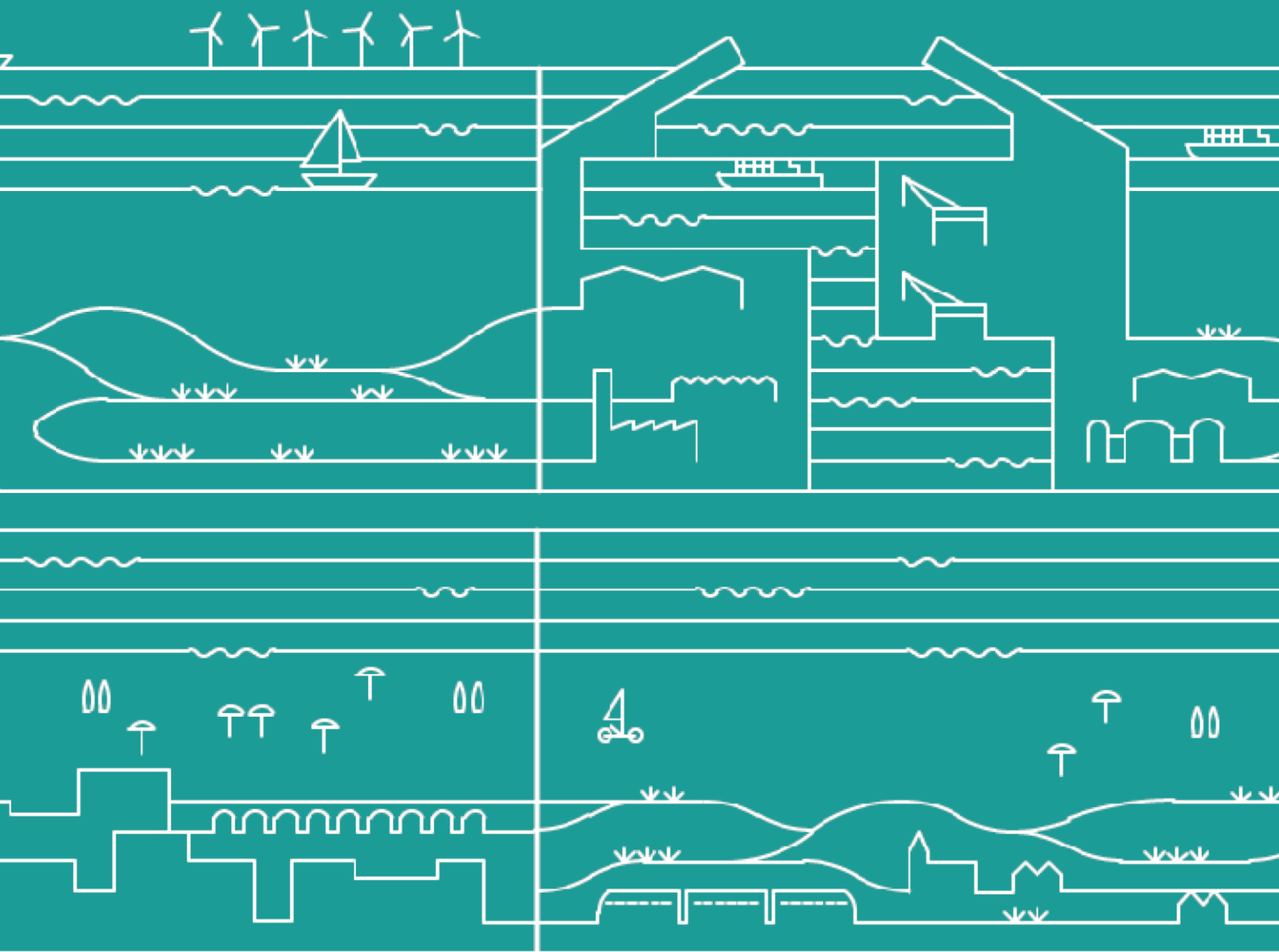
Naast de aanwezigheid van strand en duin, vervullen de dijk en badplaatsen, en in mindere mate havens (strekdammen) aan de Vlaamse kust op zich een belangrijke functie als **recreatieve en toeristische trekpleister, met een belangrijke socio-economische waarde**. Een brede waaier aan winkelgelegenheden, horecavoorzieningen, overnachtingsmogelijkheden, attracties, musea en wandelpromenades met zeezicht ondersteunen deze ecosysteemdienst en linken ook rechtstreeks met een belangrijke toename in werkgelegenheid (zie ook §5.1.7 en MKBA (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2023b):

- Horeca: hotels, maar voornamelijk cafés en restaurants op de dijk met hun terrassen (m.u.v. strandbars);
- Markten: bijna elke kustgemeente organiseert, al dan niet enkel tijdens de zomermaanden, wekelijks een markt op de zeedijk;

- Winkels/kleinhandel: de typerende uitstalinfrastructuur van winkels op de dijk, maar ook ruimte voor het uitstallen in het kader van gocart- en fietsverhuur;
- Evenementen: seizoensgebonden tijdelijke grootschalige evenementen. Voor de bouw van (tijdelijke) constructies moet er rekening gehouden worden met bepaalde zoneringsregels;
- Parkeermogelijkheden: langsheen de boulevard en/of straten die grenzen aan de strandzones, zijn meestal parkeerplaatsen aanwezig.
- Havens en strekdammen bieden vaak een podium voor street art of grote kunstwerken en exposities. Een voorbeeld hiervan is Oostende, waar nieuwe delen van de haven verfreesd zijn met graffiti en zich kunstwerken langs de jachthaven en aan het uiteinde van de strekdammen bevinden. Er worden geleide wandelingen en fietstochten georganiseerd om deze kunstwerken te bezichtigen.

De kust is de populairste vakantiebestemming in België. Het aantal dagtoeristen schommelt tussen 16 en 19 miljoen per jaar, dit gold voor 2017 en 2019². Het verblijfstoerisme is voor meer dan de helft toe te schrijven aan tweedeverblijvers in vakantiewoningen en langetermijn kampeerplaatsen. Naast het kusttoerisme zorgt ook het toerisme in het achterland voor een belangrijk aantal aankomsten en overnachtingen aan de kust. De grootste motivatie voor dagtoeristen om een kustbezoek te doen is om tot rust te komen (48%) en te genieten van de gezonde zeelucht (45%). Op het vlak van activiteiten zijn kuieren op de dijk (70%), en een bezoek aan horeca (cafés, tearooms, terrassen 57 % en restaurantbezoek 44%) erg populair (Vakantieganger in commerciële logies kust, 2017).

² Hier worden cijfers gebruikt van 2017/2019, omdat de periode 2020-2022 niet als representatief kan beschouwd worden in relatie tot de COVID-crisis, waarbij het toerisme tijdelijk beperkt tot verboden was.



**Algemeen verwachte
impact zeespiegelstijging**

6 Algemeen verwachte impact zeespiegelstijging - Scenario +1 m, +2 m en +3 m ZSS

In hoofdstuk 6 worden de verwachte effecten beschreven voor de situaties +1 m, +2 m en +3 m zeespiegelstijging, wanneer het strategisch beleidsplan Kustvisie niet wordt uitgevoerd, het zogenaamde nulalternatief. Deze beoordeling bouwt verder op de evaluatiecriteria gelinkt aan het Kader van Ambities van het strategisch beleidsplan Kustvisie, waarbij vooral Ambitie 1 (Een beschermend lint), Ambitie 2 (Een toekomstig lint, met ruimte voor socio-economische, fysische en ecologisch processen) en Ambitie 3 (Een aantrekkelijk lint) het meest relevant zijn in het kader van mogelijke opportuniteiten.

Een koppeling wordt gemaakt tussen de relevante evaluatiecriteria en de geïdentificeerde opportuniteiten (inclusief ecosysteemdiensten) voor de Vlaamse kust (zie Hoofdstuk 5), zoals weergegeven in onderstaande tabel (Tabel 6-1). Voor de beoordeling van de impact op het nulalternatief voor de situaties +1m, +2m en +3m zeespiegelstijging wordt het Kader van Ambities als vertrekpunt genomen, en vervolgens wordt het hoofdstuk afgesloten met een samenvattende tabel per ecosysteemdienst.

Tabel 6-1: Overzicht van de relevante ecosysteemdiensten binnen het strategisch beleidsplan Kustvisie, met link naar het Kader van Ambities (evaluatiecriteria)

ECOSYSTEEDIENSTEN			Evaluatiecriteria (Kader van Ambities)
Natuurlijkheid	Ecologische processen	<ul style="list-style-type: none"> Instandhouding biogeochemische processen (incl. hydrodynamica en morfologie) Primaire productie en ondersteuning voedselwebben Sedimenthuishouding en nutriëntencycli Bentho-pelagische koppeling 	<ul style="list-style-type: none"> (zie ook criteria 'Regulatie')
	Habitat en biodiversiteit	<ul style="list-style-type: none"> Instandhouding van habitats en populaties (incl. bescherming van de genenpoel) 	<ul style="list-style-type: none"> Bestaande en nieuwe natuurwaarden (land, zee) (A2 – Toekomstgericht) Connectiviteit (A2 – Toekomstgericht/ A3 – Aantrekkelijk)
Maatschappij	Productie	<ul style="list-style-type: none"> Voedselproductie Drinkwatervoorziening Abiotische energiewinning Andere materialen (o.a. zand en grind) Watervoorziening grondwater (incl. Infiltratie) 	<ul style="list-style-type: none"> Visserij, Aquacultuur, Landbouw (A2 – Toekomstgericht) Drinkwatervoorziening (A2 – Toekomstgericht) Blauwe energie (A2 – Toekomstgericht) (Duurzame) zandexploitatie (A2 – Toekomstgericht) Landbouw (A2 – Toekomstgericht)
	Regulatie	<ul style="list-style-type: none"> Onderhoud van stromingen Massastabilisatie en beheersing erosiesnelheden Hydrologische cyclus (incl. zoutintrusie en verziltingsdynamiek) Bescherming tegen overstromingen vanuit de zee (abiotische en biotische structuren) Klimaatregulatie (CO2 opslag, hittestress) Regulatie zee- en oppervlaktewaterkwaliteit 	<ul style="list-style-type: none"> Onderhoudsbehoefte (A1 – Beschermend), Scheepvaart (A2 – Toekomstgericht) Sedimenttransport, Morfologie, Eolisch transport, NBS (A1 – Beschermend / A2 – Toekomstgericht) Hydrodynamica (A2 – Toekomstgericht) Overstromingsrisico, Congruentie, Adaptiviteit (A1 – Beschermend) CO2-opslag, Hittestres (A2 – Toekomstgericht) Kwaliteit (zee)water, Wijzigingen zoutgehalte (A2 – Toekomstgericht)
	Cultuur	<ul style="list-style-type: none"> Beleving recreanten en toeristen Beleving omwonenden (bv. zeezicht) Instandhouding culturele, spirituele en symbolische waarden 	<ul style="list-style-type: none"> Toerisme & recreatie, Andere commerciële activiteiten (A2 – Toekomstgericht) Wonen, Ruimtelijke diversiteit, Inpasbaarheid, Toegankelijkheid (A3 – Aantrekkelijk) Erfgoed (context, intrinsieke waarde, toegankelijkheid) (A3 – Aantrekkelijk)
	Welzijn en gezondheid	<ul style="list-style-type: none"> Bevordering van fysieke gezondheid en herstel Bevordering van mentaal welzijn 	<ul style="list-style-type: none"> Gezondheid (A3 – Aantrekkelijk)

6.1 Ambitie 1: Een beschermend lint

Aan ambitie 1, 'een beschermend lint', zijn hoofdzakelijk maatschappelijk regulerende ecosysteemdiensten gekoppeld. Deze hebben betrekking tot de functies van het kustecosysteem die voorzien in bescherming tegen overstromingen vanuit de zee door (a)biotische structuren, massastabilisatie en beheersing van erosiesnelheden, alsook het onderhoud van stromingen. Deze laatste speelt bv. een cruciale rol bij het verbinden van zee en land d.m.v. vaargeulen (haventoegangen). Een overzicht van gekoppelde opportuniteiten (incl. ecosysteemdiensten) binnen ambitie 1 wordt weergegeven in Tabel 6-2.

Tabel 6-2: Overzicht opportuniteiten (incl. ecosysteemdiensten) binnen Ambitie 1: Een beschermend lint.

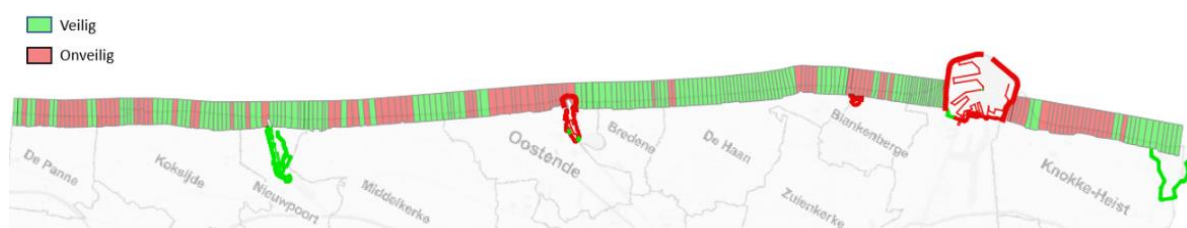
AMBITIE 1: Een beschermend lint		
Thema	Evaluatiecriterium	Opportunities (incl. ecosysteemdiensten)
Aaneengesloten	Congruentie	Maatschappij – regulatie <ul style="list-style-type: none"> Bescherming tegen overstromingen vanuit de zee (abiotische en biotische structuren)
Adaptief	Fasering	Maatschappij – regulatie <ul style="list-style-type: none"> Bescherming tegen overstromingen vanuit de zee (abiotische en biotische structuren) Massastabilisatie en beheersing van erosiesnelheden
	Aanpasbaar	Maatschappij – regulatie <ul style="list-style-type: none"> Bescherming tegen overstromingen vanuit de zee (abiotische en biotische structuren) Massastabilisatie en beheersing van erosiesnelheden
Veilig en robuust	Overstromingsrisico	Maatschappij – regulatie <ul style="list-style-type: none"> Bescherming tegen overstromingen vanuit de zee (abiotische en biotische structuren)
Veerkrachtig	Nature based solutions	Maatschappij – regulatie <ul style="list-style-type: none"> Bescherming tegen overstromingen vanuit de zee (abiotische en biotische structuren) Massastabilisatie en beheersing van erosiesnelheden
Technisch uitvoerbaar	Aanleg – tijdsduur realisatie	Nvt
	Aanleg - levensduur	Nvt
	Onderhoudsbehoefte en -frequentie	Maatschappij – regulatie <ul style="list-style-type: none"> Bescherming tegen overstromingen vanuit de zee (abiotische en biotische structuren) Massastabilisatie en beheersing van erosiesnelheden Onderhoud van stromingen (bv. voor havengeul)

In onderstaande paragrafen wordt per thema een algemeen verwachte impact van zeespiegelstijging omschreven en worden de belangrijkste te verwachten effecten op ecosysteemdiensten op verschillende locaties langsheen de kust belicht.

6.1.1 Aaneengesloten

Bij een 'aaneengesloten' kustlijn wordt een gestroomlijnde aansluiting voorzien tussen de verschillende kustregio's onderling, de havens, het Zwin en de buurlanden. De Vlaamse kust (referentiesituatie 2030) is dusdanig voorzien van harde en zachte structuren dat deze het achterland voldoende **bescherming bieden tegen overstromingen vanuit de zee**. Deze ecosysteemdienst kan worden toegeschreven aan een aaneengesloten kustlijn met aansluitingen aan de typisch harde onderbrekingen van de vier kusthavens en aan de buurlanden. Bij zeespiegelstijging zullen verschillende delen langsheen deze kustlijn falen in hun capaciteit om een beschermend, aaneengesloten lint te vormen (zie ook RA21202 Veiligheidsscan).

Figuur 6-1 biedt een overzicht van veilige en onveilige zones langs de kust in het nulalternatief bij +1 m zeespiegelstijging. Aan de **Westkust** worden verschillende badplaatsen en duinsecties nabij De Panne en Koksijde onveilig, gezien hier verschillende badplaatsen zonder dijk gelegen zijn, alsook lage en brede duingebieden die onvoldoende buffer in zandvolume bezitten om een aaneengesloten beschermingslijn te behouden. De duinsecties en dijken in Oostduinkerke en Lombardsijde, daarentegen, kunnen grotendeels hun ecosysteemdienst als bescherming tegen overstromingen blijven bieden in dit scenario. Ter hoogte van de haven van Nieuwpoort kan de nieuwe stormvloedkering de volledige haven beschermen bij +1 m zeespiegelstijging en wordt een aaneengesloten lint dus gegarandeerd. De werking van de stormvloedkering zelf, echter, zal bij een standaard hoger waterniveau minder effectief zijn in het tegenhouden van golfoverslag. Ook zal de stormvloedkering veel vaker moeten gesloten worden dan het geval is in de referentiesituatie, met een stijging in gemiddelde sluitingsfrequentie tot ca. 30 maal per jaar. De mate waarin een structuur als deze bescherming kan bieden wordt uiteraard niet geklasseerd als ecosysteemdienst, maar is wel van cruciaal belang voor het slagen van de aansluitende kustecosystemen in hun capaciteit om bescherming te bieden tegen overstromingen van op zee.



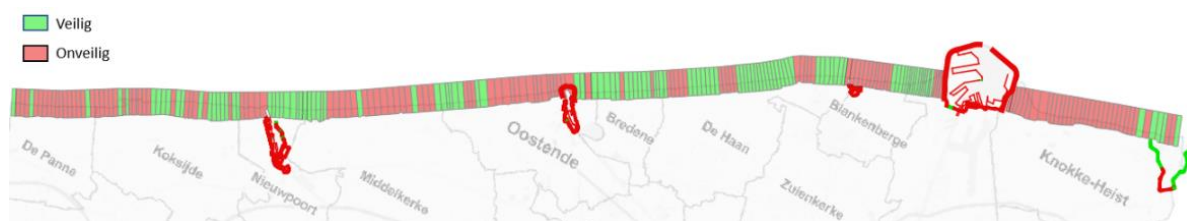
Figuur 6-1: Veiligheidsscan voor +1 m zeespiegelstijging.

Zone **Middenkust** bevat in het nulalternatief bij +1 m zeespiegelstijging meerdere onveilige secties t.h.v. Oostende, Mariakerke, Middelkerke, Wenduine en Blankenberge (Figuur 6-1). Dijken op deze locaties zijn in de referentiesituatie (2030) te laag om een beschermend, aaneengesloten lint te blijven garanderen, terwijl nagenoeg alle tussengelegen duingebieden wel hun aaneengesloten karakter kunnen behouden en de beschermende ecosysteemdienst kunnen blijven leveren. Zowel de haven van Oostende als Blankenberge zijn in dit scenario niet langer veilig, waardoor een aaneengesloten karakter niet kan worden behouden t.h.v. de aansluitingen tussen de kustlijn en deze havens. Er wordt verwacht dat zowel de havendammen, nagenoeg de volledige perimeter, alsook de eventuele bestaande hydraulische structuren (m.u.v. de veilige Demeysluis in Oostende) in beide havens niet kunnen weerstaan aan een nulalternatief bij +1 m zeespiegelstijging. De veilig geachte duingebieden zullen in dit scenario dus niet voldoende om een volledige bescherming tegen overstroming van op zee te garanderen.

Aan de Oostkust zijn de lage dijken t.h.v. Knokke-Heist niet in staat hun aaneengesloten karakter te behouden bij +1 m zeespiegelstijging, terwijl de meer oostelijk gelegen hoge, brede duingebieden wel als veilig worden beschouwd. Ook de Zwindijk en zelfs de duinen zeewaarts van het Zwin zijn in dit nulalternatief nog steeds in staat een aaneengesloten kustlijn te waarborgen. In de haven van Zeebrugge wordt verwacht dat zowel de buitenste havendammen als nagenoeg de volledige zeeweringscontour aan kades en kaaimuren zullen falen bij +1 m zeespiegelstijging. De aansluiting tussen kustlijn en de haven van Zeebrugge kan dus niet langer bescherming bieden. De bestaande hydraulische structuren in de haven, echter, worden wel als veilig beschouwd in dit scenario. Opnieuw zal de ecosysteemdienst geleverd door de veilig geachte duinecosystemen niet voldoende zijn om overstromingen van op zee te weren.

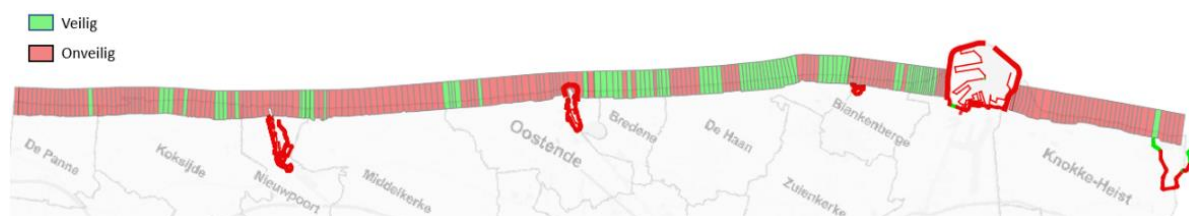
Bij een nulalternatief voor +2 m zeespiegelstijging neemt het aantal onveilige secties toe in alle kustzones (

Figuur 6-2). In vergelijking met +1 m zeespiegelstijging, zullen in dit scenario ook de duinen ter hoogte van De Panne, de badplaats zonder dijk in Groenendijk-Nieuwpoort, de duinen in Domein Prins-Karel, de duinen in De Haan-Bredene, en de Lekkerbek-Zwinbosjes niet langer hun beschermende ecosysteemdienst kunnen waarborgen. Ook kleuren nu nagenoeg alle badplaatsen rood (onveilig), m.u.v. St-Idesbald-Koksijde. Naast de havens van Oostende, Blankenberge en Zeebrugge, zal ook de haven van Nieuwpoort bij het nulalternatief voor +2 m zeespiegelstijging falen om een beschermende, aaneengesloten kustlijn te behouden. Ter hoogte van de Zwindijk kan een voldoende bescherming tegen overstromingen uit zee in dit scenario niet langer gewaarborgd worden.



Figuur 6-2: Veiligheidsscan voor +2 m zeespiegelstijging.

Uit de veiligheidsscan bij een nulalternatief met +3 m zeespiegelstijging en een 1000-jarige storm (Figuur 6-3) blijkt dat de huidige kustlijn bijna volledig rood kleurt (onveilig), inclusief alle badsteden.



Figuur 6-3: Veiligheidsscan voor +3 m zeespiegelstijging.

6.1.2 Adaptief

Het Masterplan kustveiligheid zet de eerste stappen richting een **adaptieve kustlijn** die in de referentiesituatie 2030 een antwoord moet kunnen bieden op de mogelijke gevaren bij stormweer, rekening houdend met de verwachte klimaatveranderingen tot en met het jaar 2050. De mate waarin het type en de dimensies van de huidige kustbescherming (cf. Masterplan Kustveiligheid) voldoen aan een zekere adaptiviteit (i.e. mogelijkheid tot een gefaseerde opbouw dewelke aanpasbaar is aan meer of minder extreme randvoorwaarden) en aan de algemene eisen voor kustveiligheid, bepaalt mee in welke mate het kustecosysteem kan blijven voorzien in de gekoppelde ecosysteemdiensten van bescherming tegen overstromingen vanuit de zee, alsook massastabilisatie en beheersing van erosiesnelheden. Gezien in het nulalternatief (bij eender welk niveau zeespiegelstijging) geen bijkomende kustbeschermingsmaatregel wordt beschouwd, zijn enkel de ecosysteemdiensten gekoppeld aan de referentiesituatie 2030 van toepassing.

Tabel 6-3 geeft een beknopt overzicht van de maatregelen binnen het MPKV (situatie 2030) die relevant zijn in de context van adaptiviteit, fasering en aanpasbaarheid in opbouw.

Tabel 6-3: Maatregelen per kuststad of -gemeente, zoals uitgevoerd in het Masterplan Kustveiligheid (situatie 2030) (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2022c)

Plaats	Maatregel
De Panne	Duinsuppletie
De Panne centrum	Hoge strandsuppletie
St Idesbald – Koksijde centrum	Hoge strandsuppletie
Koksijde	Ophoging duindoorgang
Nieuwpoort	(Vooroever)suppletie
Middelkerke – Westende	Grasdijk en strandsuppletie
Raversijde – Oostende Wellington	Strandsuppletie
Oostende centrum en oost	Strandsuppletie
Bredene	Strandsuppletie
Bredene/De Haan	Strandsuppletie
De Haan	Strandsuppletie
Wenduine	Strandsuppletie
Blankenberge	Strandsuppletie
Knokke-Heist	Strandsuppletie

Zoals aangegeven in Tabel 6-3 worden langs verschillende zones van de kust (**Westkust, Middenkust en Oostkust**) strand- en duinsuppleties aangewend om het achterland te beschermen tegen het vooropgestelde beschermingsniveau voor een 1000-jarige storm. Deze suppleties zijn allen van een zachte (zanderige) of hybride aard, wat een zekere adaptiviteit, fasering en aanpasbaarheid in opbouw toelaat. Zie ook § 6.1.5 voor de jaarlijkse cumulatieve onderhoudsvolumes voor de referentiesituatie 2030 en per niveau van zeespiegelstijging.

Gezien het MPKV antwoord moet bieden op de mogelijke gevaren bij extreme stormen, rekening houdend met de verwachte klimaatwijzigingen tot in het jaar 2050, zullen deze suppleties echter onvoldoende zijn om ook in een scenario van **+1, +2 m en +3 m zeespiegelstijging** voldoende bescherming te bieden tegen overstromingen op zee of de huidige kustlijn kunnen vrijwaren van een versnelde erosie t.g.v. zeespiegelstijging of gekoppelde wijzigingen in hydrodynamica. Enkele hoger gelegen gebieden langsheen de kuststrook overstroomden niet, zoals bijvoorbeeld het duinenlandschap in de Westhoek, de duinenreep tussen De Haan en Wenduine en het gebied rond Duinbergen-Knokke aan de oostkust (§ 6.1.3).

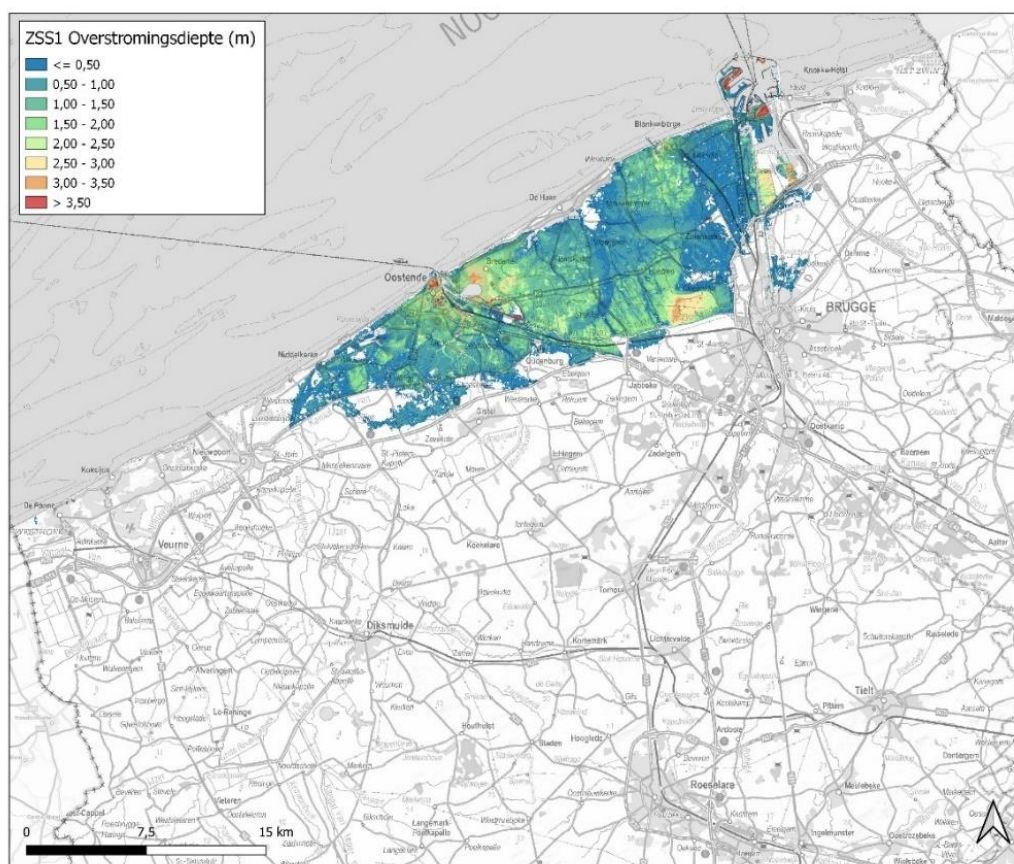
6.1.3 Veilig en robuust

De referentiesituatie 2030 houdt een vooropgesteld veiligheidsniveau in met een bescherming tegen een 1000-jarige storm (cf. MPKV) bij het huidige zeespiegelniveau. Het thema 'veilig en robuust' beschrijft het overstromingsrisico (restrisico) dat gekoppeld wordt aan de gekozen alternatieven binnen het strategisch beleidsplan Kustvisie, dewelke afhankelijk van de uiteindelijke keuze aan maatregelen en de timing van uitvoering, nog een licht verschillend restrisico kunnen dragen. Dit restrisico stemt overeen met de schade veroorzaakt door stormen die nog extremer zijn dan de vooropgestelde norm van een 1000-jarige storm. Belangrijk hierbij is ook dat overstroming door overmatige neerslag hier niet worden beschouwd. Aangezien geen bijkomende kustbeschermingsmaatregelen worden beschouwd bij het nulalternatief voor de situaties +1 m, +2 m en +3 m zeespiegelstijging, zal de gekoppelde ecosystemedienst van **bescherming tegen overstromingen uit zee** met zekerheid in het gedrang komen bij zeespiegelstijging.

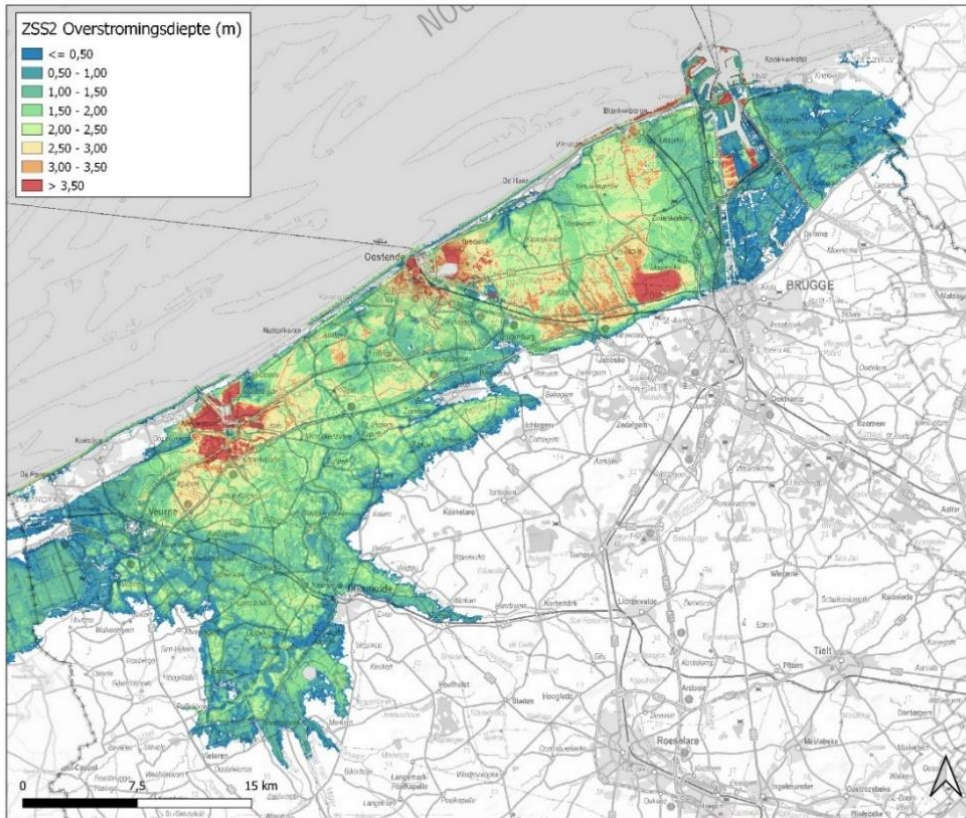
De resultaten van de overstromingsberekening bij **+1 m zeespiegelstijging** worden weergegeven in Figuur 6-4 en zijn slechts in beperkte mate het gevolg van overstroming of falen bij duinen en dijken langsheen de strandzones, maar vooral van het falen van structuren of overstroming vanuit havens. De berekende overstromingscontouren omvatten het grootste deel van de zone **Middenkust**, terwijl de zones **Westkust** en **Oostkust** relatief gespaard blijven. In de Westhoek en aan de Oostkust blijven de duinenlandschappen dus in grote mate hun ecosystemedienst m.b.t. bescherming tegen overstromingen uit zee uitoefenen.

Figuur 6-5 geeft de resultaten weer van de overstromingsberekening bij **+2 m zeespiegelstijging**. Net zoals het nulalternatief bij +1 m zeespiegelstijging dragen overstromingen vanuit de havens in grote mate bij aan de verregaande overstromingscontouren. In dit nulalternatief komen echter, bovenop talrijke overstromingen in zone **Middenkust**, ook in zone **Westkust** delen van de Westhoek en grotere delen van de **Oostkust** deels onder water te liggen. Enkele hoger gelegen gebieden zoals het duinenlandschap in de Westhoek (Westkust), tussen De Haan en Wenduine (Middenkust) en rond Duinbergen-Knokke (Oostkust), blijven echter hun beschermende ecosystemefunctie behouden.

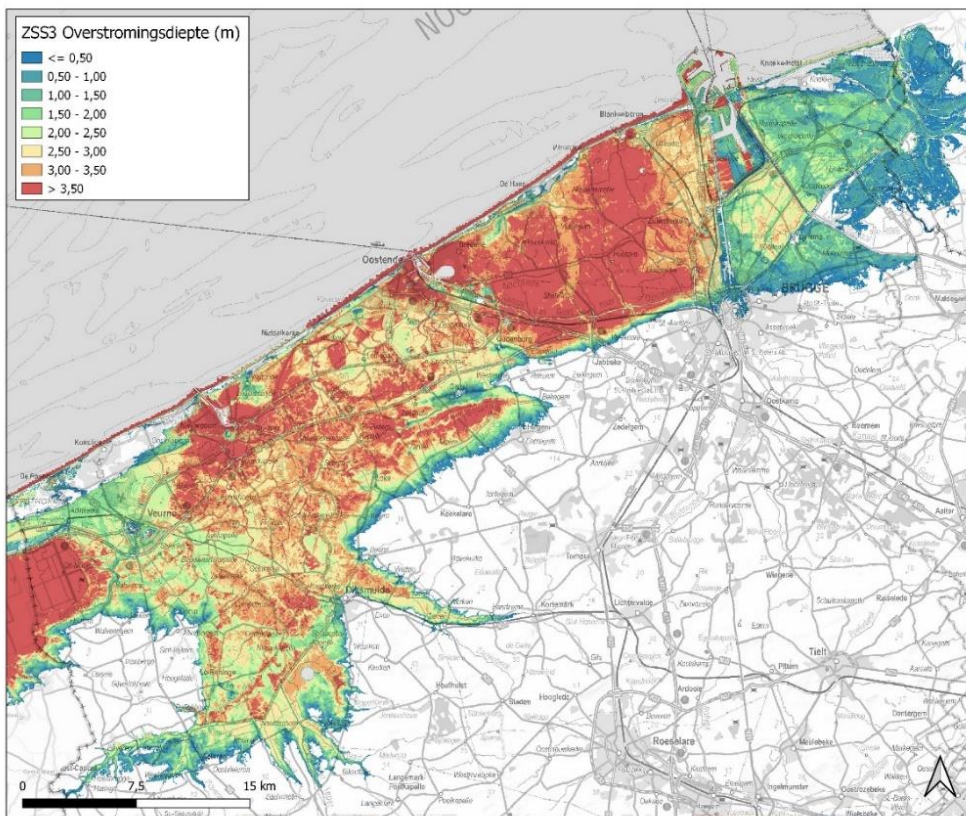
De resultaten van de overstromingsberekening voor een 1000-jarige storm bij +3m zeespiegelstijging worden gevisualiseerd in Figuur 6-6. Bij +3m zeespiegelstijging strekt de overstroming zich uit over de kustvlakte, gelijkaardig aan de omvang bij +2m zeespiegelstijging. Er is een uitbreiding van het overstromingsgebied richting zuiden merkbaar in het IJzerbekken en in en rond Brugge. Het overstromingsgebied is verder uitgebreid richting Frankrijk en reikt nu ook over de grens met Nederland. Ten opzichte van +2m zeespiegelstijging is er wel een duidelijke toename in overstromingsdiepte met grote delen van de kustvlakte waar de diepte groter is dan 3.5 m. De gebieden langsheen de kust die niet overstromen (duinenlandschap in Westhoek, duinengordel De Haan – Wenduine en oostkust) zijn verder afgenomen.



Figuur 6-4: Resultaten van de overstromingsberekening bij +1 m zeespiegelstijging en de 1000-jarige storm (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2023c)



Figuur 6-5: Resultaten van de overstromingsberekening bij +2 m zeespiegelstijging en de 1000-jarige storm (Consortium Hoogtij(d) (IMDC. ORG. Arcadis). 2023c)



Figuur 6-6: Resultaten van de overstromingsberekening bij +3m zeespiegelstijging en de 1000-jarige storm (scenario ZSS3): overstromingsdiepte (m) (Consortium Hoogtij(d) (IMDC. ORG. Arcadis). 2023c).

6.1.4 Veerkrachtig

Een 'veerkrachtige' kustlijn levert hoofdzakelijk regulerende ecosysteemdiensten gelinkt aan een voldoende **bescherming tegen overstromingen vanuit de zee** door abiotische en biotische structuren, alsook **massastabilisatie en beheersing van erosiesnelheden**.

Dit thema beoogt de mate waarin onze huidige kustlijn (referentiesituatie 2030) het principe van 'werken met de natuur' hanteert, de zogenaamde **nature based solutions (NBS)**. Opnieuw betreft het hier de verwachte impact van zeespiegelstijging bij een nulalternatief, waarbij geen bijkomende ingrepen (uitgezonderd MPKV) uitgevoerd worden.

De maatregelen die in het kader van MPKV werden en worden uitgevoerd met een zacht (**zanderig**) of **hybride karakter** (zie ook Tabel 6-3), hebben elk hun potenties wat betreft NBS. Deze maatregelen kunnen namelijk bijstaan in het werken mét fysische en ecologische systemen bij het uitvoeren van de gekoppelde regulerende ecosysteemdiensten. Een **grasdijk** is een voorbeeld van een NBS. Hierbij wordt een combinatie voorzien van een zachte en harde component, welke naast kustbescherming een belangrijke waarde vervullen als habitat en leefgebied voor allerlei duinsoorten (planten en dieren). Op dit moment is er langsheen de Vlaamse kust maar één locatie waar een hybride kustbescherming recentelijk is aangelegd en dat is de grasdijk te Middelkerke-Westende (Figuur 6-7).



Figuur 6-7: Grasdijk Middelkerke-Westende.

Deze beschermende en stabiliserende ecosysteemdiensten zullen echter reeds vanaf **+1 m zeespiegelstijging** in het gedrang komen, gezien de veiligheidsscan (Figuur 6-1) en overstromingscontouren (Figuur 6-4) duidelijk aangeven dat heel wat delen langsheen de kust niet langer een veilig en veerkrachtig lint kunnen vormen, zowel in de zones **Westkust, Middenkust en Oostkust**. Bij een nulalternatief met **+2 m zeespiegelstijging** worden de ecosysteemdiensten m.b.t. bescherming tegen overstromingen en beheersing van erosiesnelheden nog meer onder druk gezet, gezien de bijhorende veiligheidsscan (

Figuur 6-2) nog roder kleurt en de berekende overstromingscontouren (Figuur 6-5) nog verder uitbreiden. Uit de veiligheidsscan (Figuur 6-3) en overstromingsberekening (Figuur 6-6) voor **+3 m zeespiegelstijging** kan worden afgeleid dat de druk op de genoemde regulerende ecosysteemdiensten verder toeneemt. Hierdoor zal de veerkracht van de huidige kustlijn (referentiesituatie 2030) verder afnemen in vergelijking met 1 m en 2 m zeespiegelstijging.

6.1.5 Technisch uitvoerbaar

Binnen het thema 'technisch uitvoerbaar' wordt o.a. de onderhoudsbehoefte van de Vlaamse kustlijn behandeld. Hiermee linken de ecosysteemdiensten rond **bescherming tegen overstromingen uit zee, massastabilisatie en beheersing van erosiesnelheden**, alsook het **onderhoud van stromingen** (bv. in het kader van vaargeulen).

Bij een nulalternatief worden (buiten MPKV) geen bijkomende maatregelen uitgevoerd en moet de huidige kustlijn (cf. referentiesituatie 2030) instaan voor het leveren van deze ESD. Met het ShoreLineS model (Consortium Hoogtijd) (IMDC, ORG, Arcadis), 2022d) werd inzichtelijk gemaakt wat de mogelijke morfologische kustlijnevolutie is in geval van een **zeespiegelstijging met +1, +2 m of +3 m**, evenals het bijbehorende kustlangs transport. Ten gevolge van zeespiegelstijging zal namelijk niet enkel de huidige kustlijn landwaarts opschuiven, maar ook het golfklimaat zal veranderingen ondervinden. Deze veranderingen kunnen bijdragen aan de heersende stabilisatie- en erosieprocessen, dewelke mee instaan voor het leveren van bovengenoemde ecosysteemdiensten. Resultaten uit het ShoreLineS model lieten zien dat deze processen grotendeels behouden konden blijven, maar dat vooral een groter kustlangs transport wordt gerealiseerd door de grotere golfslag.

Figuur 6-8 toont de verdeling van de **suppletievolumes** (het gemiddelde totale suppletievolume in m³/jaar) langsheen de kust. Sinds 2011 zijn suppleties uitgevoerd langs grote delen van de kust. Aan de Westkust zijn er in relatief weinig kustsecties suppleties geweest, enkel in De Panne en Koksijde en zeer lokaal in Oostduinkerke en Nieuwpoort. Langs de rest van de kust is er over het merendeel van de kustsecties in de afgelopen jaren minstens één suppletie uitgevoerd. De grootste suppletievolumes komen voor in Wenduine, Knokke en Bredene. In Oostende is ook een groot suppletievolume zichtbaar, wellicht gelinkt aan de grote aanlegsuppletie in 2014 (Consortium Hoogtijd) (IMDC, ORG, Arcadis), 2023d).



Figuur 6-8: Overzicht van de (totale) gemiddelde suppletiehoeveelheden (m³/jaar) per kustsectie langsheen de kust (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2023d)

De **cumulatieve onderhoudsvolumes** nodig om te voorzien in een **technisch uitvoerbare** kustwering die bescherming biedt tegen overstromingen uit zee, alsook massastabilisatie, beheersing van erosiesnelheden en onderhoud van stromingen werden gemodelleerd voor de referentiesituatie 2030 per niveau van zeespiegelstijging (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2023e). Deze volumes houden echter geen rekening met eventuele duinen strandsuppleties na 2030, gezien deze suppletie-strategie geen deel uitmaakt van het nulalternatief. De algemeen verwachte impact van zeespiegelstijging en bijhorende aangepaste golfcondities op de jaarlijkse onderhoudsvolumes blijkt relatief klein te zijn, gezien geen noemenswaardige verschillen optreden tussen **+1, +2 en +3 m zeespiegelstijging** en het nulalternatief (Tabel 6-4).

Gezien het veelvuldig falen van de zeewering langsheen de volledige kustlijn en het enorme impactgebied van de overstromingscontouren, wordt het te verwachten effect van een nulalternatief met **+3 m zeespiegelstijging** als **aanzienlijk negatief** geacht ten opzichte van de gekoppelde ecosysteemdiensten.

Tabel 6-4: Cumulatieve onderhoudsbehoefte (miljoen m³/jaar) voor de referentiesituatie 2030 en per niveau van zeespiegelstijging (ZSS) (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2023e)

ZSS [m]	Onderhoudsvolumes per jaar [Mm ³ /jaar]
Referentiesituatie 2030	0.542
+ 1 m zeespiegelstijging	0.559
+ 2 m zeespiegelstijging	0.568
+ 3 m zeespiegelstijging	0.574

Zand- en materiaalvoorraden die vrijkomen bij grondverzet in verband met andere projecten, kunnen mogelijk worden benut voor de constructie, ophoging of vernieuwing van beschermende structuren. Dit creëert een **win-winsituatie**, waarbij het ene project een kosteneffectieve en eenvoudige oplossing vindt om **overtollige grond, zand en eventueel ander materiaal** kwijt te raken, terwijl de technische uitvoerbaarheid van kustbescherming verbetert doordat er minder materiaal hoeft te worden aangekocht of extern aangevoerd. Uiteraard zijn er randvoorwaarden met betrekking tot de milieutechnische eigenschappen van het te gebruiken materiaal, zoals mogelijke verontreinigingen of korrelgroottes.

6.2 Ambitie 2: Een toekomstgericht lint

Ambitie 2 beoogt 'een toekomstgericht lint', waar heel wat verschillende ecosysteemdiensten aan gekoppeld kunnen worden. Deze betreffen zowel maatschappelijke (regulatie, productie en cultureel), als natuurlijke (habitat en biodiversiteit, en ecologische processen) ESD, en hebben betrekking tot bescherming tegen overstromingen vanuit zee, het onderhoud van stromingen, massastabilisatie en beheersing van erosiesnelheden, de hydrologische cyclus, de nutriëntenkringloop, afwatering van het achterland, abiotische energiewinning, voedsel-, grondwater- en drinkwatervoorziening, beleving van recreanten en omwonenden, klimaatregulatie, primaire productie, bentho-pelagische koppeling en instandhouding van habitats en kweekpopulaties. Een overzicht van gekoppelde opportuniteiten (incl. ecosysteemdiensten) binnen ambitie 2 wordt weergegeven in Tabel 6-5.

Tabel 6-5: Overzicht opportuniteiten (incl. ecosysteemdiensten) binnen Ambitie 2: Een toekomstgericht lint.

AMBITIE 2: Een toekomstgericht lint		
Thema	Evaluatiecriterium	Opportunities (incl. ecosysteemdiensten)
Ruimte voor socio-economische processen	Blauwe energie	Maatschappij – productie <ul style="list-style-type: none"> • Abiotische energiewinning (wind, golven, getij)
	Visserij	Maatschappij – productie <ul style="list-style-type: none"> • Voedselvoorziening Maatschappij – cultuur <ul style="list-style-type: none"> • Beleving van recreanten en toeristen (garnaalvisserij)
	Aquacultuur	Maatschappij – productie <ul style="list-style-type: none"> • Voedselvoorziening
	Landbouw	Maatschappij – productie <ul style="list-style-type: none"> • Voedselvoorziening • Grondwatervoorziening (bv. infiltratie) • Zilte landbouw?
	Drinkwatervoorziening	Maatschappij – productie <ul style="list-style-type: none"> • Drinkwatervoorziening (ook omvorming zee-zoetwater?)
	Andere commerciële functies	Maatschappij – productie <ul style="list-style-type: none"> • zandwinning Maatschappij – cultuur <ul style="list-style-type: none"> • Beleving van recreanten en toeristen
	Toerisme en recreatie	Maatschappij – cultuur <ul style="list-style-type: none"> • Beleving van recreanten en toeristen
	Wonen	Maatschappij – cultuur <ul style="list-style-type: none"> • Beleving van omwonenden (bv. zeezicht)
	Scheepvaart	Maatschappij – regulatie <ul style="list-style-type: none"> • Onderhoud van stromingen (bv. voor havengeul)
	Haveninfrastructuur en -activiteiten (hinder, werkbaarheid en ontwikkelingen)	Maatschappij – regulatie <ul style="list-style-type: none"> • Bescherming tegen overstromingen vanuit de zee (abiotische en biotische structuren) • Onderhoud van stromingen (bv. voor havengeul)
Ruimte voor fysische processen	Hydrodynamiek en getijdenwerking	Maatschappij – regulatie <ul style="list-style-type: none"> • Hydrologische cyclus (incl. zoutinvasie en verziltingsdynamiek)
	Sedimenttransport	Maatschappij – regulatie <ul style="list-style-type: none"> • Massastabilisatie en beheersing van erosiesnelheden
	Morfologie strand en duinen	Maatschappij – regulatie <ul style="list-style-type: none"> • Massastabilisatie en beheersing van erosiesnelheden • Bescherming tegen overstromingen vanuit de zee (abiotische en biotische structuren)
	Morfologie geulen en bankensysteem	Maatschappij – regulatie <ul style="list-style-type: none"> • Massastabilisatie en beheersing van erosiesnelheden

AMBITIE 2: Een toekomstgericht lint		
Thema	Evaluatiecriterium	Opportunities (incl. ecosystemendiensten)
		<ul style="list-style-type: none"> Bescherming tegen overstromingen vanuit de zee (abiotische en biotische structuren)
	Eolische zandverstuiving	Maatschappij – regulatie <ul style="list-style-type: none"> Massastabilisatie en beheersing van erosiesnelheden
	Afwatering	Maatschappij – regulatie <ul style="list-style-type: none"> Afwatering achterland
	Wijzigingen zoutgehalte	Natuurlijkheid – ecologische processen <ul style="list-style-type: none"> Nutriëntencycli (waterkwaliteit, denitrificatie, N/P opslag, zoutgehalte)
	Kwaliteit (zee)water	Natuurlijkheid – ecologische processen <ul style="list-style-type: none"> Nutriëntencycli (waterkwaliteit, denitrificatie, N/P opslag, zoutgehalte)
Ruimte voor ecologische processen	Bestaande en nieuwe natuurwaarden strand en duin	Natuurlijkheid – habitat en biodiversiteit <ul style="list-style-type: none"> Instandhouding van habitats (zachte en/of harde substraten; bv. als broed-, rui-, rust-, trek- en foerageergebied) Instandhouding van populaties (incl. bescherming van de genenpoel): refugium Natuurlijkheid – ecologische processen Maatschappij – regulatie <ul style="list-style-type: none"> Nutriëntencycli (waterkwaliteit, denitrificatie, N/P opslag, zoutgehalte) Primaire productie en ondersteuning voedselwebben
	Bestaande en nieuwe natuurwaarden zee en kustwateren	Natuurlijkheid – habitat en biodiversiteit <ul style="list-style-type: none"> Instandhouding van habitats (zachte en/of harde substraten; bv. als broed-, rui-, rust-, trek- en foerageergebied) Instandhouding van populaties (incl. bescherming van de genenpoel): refugium Natuurlijkheid – ecologische processen <ul style="list-style-type: none"> Nutriëntencycli (waterkwaliteit, denitrificatie, N/P opslag, zoutgehalte) Primaire productie en ondersteuning voedselwebben Maatschappij – productie <ul style="list-style-type: none"> Voedselvoorziening (kraamkamer en paaigebied voor commerciële visserijsoorten (inclusief schaal- en weekdieren)) Maatschappij – regulatie <ul style="list-style-type: none"> Bescherming tegen overstromingen vanuit de zee (abiotische en biotische structuren)
	CO ₂ -opslag	Maatschappij – regulatie <ul style="list-style-type: none"> Klimaatregulatie (secundaire koolstofopslag)
	Hittestress	Maatschappij – regulatie <ul style="list-style-type: none"> Klimaatregulatie (verkoeling)
	Connectiviteit	Natuurlijkheid – habitat en biodiversiteit <ul style="list-style-type: none"> Instandhouding van habitats (zachte en/of harde substraten; bv. als broed-, rui-, rust- en foerageergebied) Instandhouding van populaties (incl. bescherming van de genenpoel) Natuurlijkheid – ecologische processen <ul style="list-style-type: none"> Bentho-pelagische koppeling, primaire productie

In onderstaande paragrafen wordt per thema een algemeen verwachte impact van zeespiegelstijging omschreven op de gekoppelde ecosystemendiensten langs de kust.

6.2.1 Ruimte voor socio-economische processen

Het BNZ levert een belangrijke producerende ecosysteemdienst inzake **abiotische energiewinning** door hernieuwbare windenergie op zee. Andere vormen van abiotische energiewinning in het BZN, zoals stroming, getijden, golfenergie en zonne-energie, zijn voorlopig nog niet in commerciële vorm aanwezig. Bij een nulalternatief met +1 m, +2 m en +3 m zeespiegelstijging komen de in het strand ingegraven aanlandingen van onderzeese transportkabels aan weerszijden van Oostende (**Middenkust**) en Zeebrugge (**Oostkust**), dewelke de geproduceerde energie aan land brengen, onder water te staan. Hierdoor kan onderhoud en eventuele controle of reparatie niet langer op dezelfde vlote en/of veilige manier uitgevoerd worden.

De windturbines in en rond het havengebied van Zeebrugge komen al in het +1 m zeespiegelstijging scenario onder water te staan. Bij +2 m zeespiegelstijging komen de windturbines en zonnepanelen nabij het havengebied van Nieuwpoort eveneens onder water te staan. Bij +3 m zeespiegelstijging komen alle relevante faciliteiten met betrekking tot blauwe energie binnen het studiegebied van het strategisch beleidsplan Kustvisie aan land onder water te staan, waaronder de aanlandingstrajecten van kabels en pijpleidingen, alsook alle windturbines in en rond de havengebieden van Nieuwpoort en Zeebrugge. Eventuele wijzigingen in hydromorfologie, golfslag of stormopzet bij +1 m, +2 m en +3 m zeespiegelstijging kan eventueel bijkomend een negatieve impact creëren wat betreft veiligheid of toegankelijkheid bij het opbouwen, onderhouden of ontmantelen van offshore infrastructuur.

De Belgische visserij- en aquacultuursector is betrokken bij **voedselvoorziening** en **recreatieve (en cultuurhistorische) (garnaal)visserij**, waarbij beide ESD afhankelijk zijn van het ecosysteem t.h.v. zee- en vooroever. De directe impact van het nulalternatief met +1 m, +2 m en +3 m zeespiegelstijging op deze diensten is eerder beperkt, al kunnen ook hier hydromorfologische wijzigingen de algemene veiligheid of toegankelijkheid in en rond de havens of t.h.v. de operationele visgebieden op zee beïnvloeden. Wanneer de diepgang in Zeeboerderij Westdiep (thv Nieuwpoort) toeneemt, kunnen de huidige commerciële maricultuuractiviteiten nog steeds plaatsvinden. Eventueel kan ook hier een kleine wijziging in stromingen plaatsvinden, met een weerslag op de veiligheid bij constructie en onderhoud van infrastructuur of tijdens het oogsten van de gekweekte mosselen. De Spuikom en bedrijventerreinen in het havengebied van Oostende, waaronder Plassendale 1, de locatie van Columbi Salmon, krijgen reeds bij +1m zeespiegelstijging te kampen met overstromingen. Hierdoor ondervinden de plaatselijke aquacultuuractiviteiten mogelijks hinder door o.a. een influx van zoutwater en mogelijke waterschade aan infrastructuur. Bij +3 m zeespiegelstijging komen de huidige infrastructuur en installaties met betrekking tot **onshore aquacultuur** (Oesterkweek in de Spuikom en zalmkwekerij Columbi salmon in Plassendale) volledig onder water te staan indien geen bijkomende beschermingsmaatregelen worden getroffen.

Ook bepaalde delen van het strand of verschillende staketsels en havendammen, vanwaar recreatieve vissers operationeel zijn, zullen niet langer toegankelijk zijn door het stijgen van de zeespiegel en verschuiving van de laag- en hoogwaterlijn. Indirect kan zeespiegelstijging ook een (kwaliteits)verlies betekenen aan geschikte paaigronden of kraamkamers voor juveniele vissen, veranderingen in soortendistributies en wijzigingen in de mariene voedselwebben. Op deze manier kunnen de (commerciële) visbestanden (voorkomen en productiviteit) en dus de gekoppelde ESD beïnvloed worden.

Ook de landbouwsector is via de kust- en poldersystemen gelinkt aan de producerende ESD voedselvoorziening, alsook grondwatervoorziening. Zeespiegelstijging leidt tot een verzilting van de polderlandschappen en beïnvloedt op deze manier de (klassieke) landbouwopbrengst. Dit veroorzaakt problemen voor traditionele niet-zoutminnende gewassen en landbouwopbrengsten. Mits lokale omschakeling naar meer zoutminnende gewassen, hoeft de netto voedselvoorziening echter niet significant te dalen. De toename van zoutconcentraties t.g.v. een nulalternatief met +1, +2 en +3 m zeespiegelstijging werden gemodelleerd voor het projectgebied (zie rapport (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2023f)) en tonen een progressief stijgende impact van toenemende zoutconcentraties van de Westkust naar de Oostkust. De door zeespiegelstijging versterkte kwel zal bovendien ook de grondwatervoorziening beïnvloeden, gezien door een stijging van het grondwaterpeil de bergingscapaciteit afneemt en meer drainage nodig zal zijn.

In een nulalternatief met zeespiegelstijging zal **drinkwaterwinning** op de huidige locaties langs de Vlaamse kust naar alle waarschijnlijkheid gradueel beïnvloed worden (zie ook (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2023f)) door een afname in volume van de zoetwaterlenzen in de duinsystemen. Voor de bestaande grondwaterwinningen in De Panne en Koksijde wordt er weinig impact verwacht van zeespiegelstijging op een toename van het zoutgehalte van de winbare laag. Een impact op grondwaterwinning aan de **Westkust** (De Panne en Koksijde) blijft zeer gering t.e.m. +2 m zeespiegelstijging. Verwachte effecten op deze ESD zijn echter groter aan de **Oostkust** (Knokke-Heist), waar drinkwaterwinning reeds vanaf +1 m zeespiegelstijging negatieve effecten zal ondervinden door wijzigingen in de zoutconcentraties t.h.v. de winbare laag. De effecten worden uitgesproken vanaf +2m zeespiegelstijging; bij +3 m zeespiegelstijging zal de drinkwaterwinning t.h.v. Knokke-Heist moeten worden stopgezet. Door zeespiegelstijging zal ook de verziltingsdruk via de oppervlaktewaterlichamen in het IJzerbekken en het Bekken van de Brugse Polders toenemen. Zeespiegelstijging gecombineerd met zware stormen geeft aanleiding tot risico's op overstromingen van de kustvlakte, die op hun beurt aanleiding geven tot een toename van de verzilting. Dit betekent dat ook ter hoogte van de drinkwaterwinning op het kanaal Brugge-Oostende een belangrijke impact wordt verwacht door toename van het zoutgehalte.

Toerisme en recreatie, alsook de woonsector en andere commerciële functies bieden een waaier aan maatschappelijk-culturele ecosysteemdiensten onder de noemer van **beleving van recreanten, toeristen en omwonenden**, gaande van natuurbeleving tot recreatie en sport tot ruimte voor horeca en winkelgelegenheden. In een nulalternatief met zeespiegelstijging zal een directe impact optreden t.h.v. het strand, waarbij de beschikbare nat- en droogstranden zullen versmallen of verdwijnen, alsook t.h.v. duingebieden (zie §6.2.3) en boulevards. Bij +1 m zeespiegelstijging zal de volledige breedte van het droogstrand t.h.v. de Westhoek overspoeld worden (**Westkust**). Verder komen in dit scenario langsheen de **volledige kustlijn** dijk- of duindoelbraken voor, dewelke verder de beschikbare ruimte voor urbane beleving doen afnemen of deze niet langer kunnen vrijwaren van overstroming of overslaande golfslag. Dit is het geval voor zowel badsteden (bv. De Panne, Westende, Wenduine, Mariakerke, Blankenberge en Knokke) als meer natuurlijke zones (Hoge Blekker, Raversijde, Bredene-De Haan en de Baai van Heist). Bij +2 m zeespiegelstijging neemt het aantal locaties waar geen droogstrand meer overblijft, toe. Zo wordt in dit scenario o.a. het droogstrand ter hoogte van de Hoge Blekker, Groendendijk, Lombardsijde, de Fonteintjes en de Lekkerbek-Zwinbosjes volledig overspoeld. Bijkomend zullen nu ook duin- en dijkdoorbraken verwacht worden in Koksijde, Middelkerke-bad, Oostende, De Haan centrum, Zeebrugge en Heist. Bij +2 m zeespiegelstijging wordt dus een groot aandeel van de gebruikelijke toeristische en recreatieve functies langsheen de **volledige kustlijn** belemmerd. Ook indirecte veranderingen zullen de verschillende sectoren en hun gekoppelde culturele ecosysteemdiensten beïnvloeden, zoals waterdiepte, golfslag en afstand tot de zee. Kwalitatieve effecten zoals zeezicht, veiligheid en toegankelijkheid komen bij meerdere aspecten van het kustecosysteem in gedrang, met een negatieve weerslag op de gekoppelde ecosysteemdiensten. Bij +3 m zeespiegelstijging zullen de gekoppelde ecosysteemdiensten zowel kwantitatief (i.e. in areaal) als kwalitatief (i.e. in beleving, veiligheid en toegankelijkheid) **aanzienlijk negatief** gewijzigd worden in een nulalternatief. De laagwaterlijn verschuift bij +3 m zeespiegelstijging zo'n 200 tot 350 m landinwaarts over de hele kustlengte. De hoogwaterlijnen verschuiven zo'n 25 tot 110 m. Dit betekent dat de vooroever landinwaarts verschuift, het natstrand en dus het intergetijdengebied verkleinen en meer landinwaarts komen te liggen, en het droogstrand ook kleiner wordt of lokaal verdwijnt. Voor recreanten op het droogstrand en natstrand neemt de ruimtelijke concurrentie toe omdat de ruimte voor een aanzienlijk deel wordt ingenomen door het stijgende zeewater. Voor brandingssporten en kleinzeilerij zal het niet meer aangenaam zijn om de sporten uit te oefenen wegens ruimtelijke concurrentie op het weinige resterende strand, ook de bestaande infrastructuur zal bij +3m zeespiegelstijging niet meer operationeel zijn. De stalplaatsen voor boten, strandcabines, ... op het strand zullen grotendeels verdwijnen. Zie ook Tabel 6-6 (+1 m), Tabel 6-7 (+2 m) en Tabel 6-8 (+3 m) in § 6.2.2 voor details over de landwaartse verschuiving van de laagwaterlijn (LWL) en hoogwaterlijn (HWL) en reductie nat- en droogstrand per zone.

De functie van het kustecosysteem om **stromingen te onderhouden en vaarruimte te bieden** speelt een cruciale rol voor (commerciële en recreatieve) scheepvaart. Wat betreft scheepvaart op zee zal de impact van zeespiegelstijging weinig voorstellen en zal een toegenomen diepgang eventueel zelfs onderhoudsfrequenties van aanvaarroutes en havengeulen ten goede komen. Ter hoogte van de vier **kusthavens** kunnen echter wel aanzienlijke effecten optreden bij een nulalternatief met +1 m, +2 m en +3 m zeespiegelstijging, gezien gewijzigde stromingen de lokale sedimentatie, navigeerbaarheid en veiligheid kunnen beïnvloeden.

De mate waarin havendammen en de algemene haven-perimeter bestand blijven tegen zeespiegelstijging en kunnen blijven voorzien in hun regulerende diensten (o.a. **bescherming tegen overstromingen door abiotische en biotische structuren**) werd reeds in meer detail besproken in §6.1.1. Havens en strekdammen dragen bij aan de voedselvoorziening (§ 5.1.3.2) en beleving voor recreanten en toeristen (§ 5.1.5.2) en bieden mogelijkheden voor de verankering van aquacultuurstructuren en het inherent inbouwen van poelen en artificiële riffen om aan aquacultuur te doen (§ 5.1.2.2). Daarnaast voorzien strekdammen en havenstructuren in de levering van hernieuwbare energie. Ze bieden een basis voor windmolens, zoals in Zeebrugge, en kunnen dienen als verankering voor zonnepanelen en golfenergiecollectoren. Met innovatieve milieutechnische ontwikkelingen en ontwerpen kunnen ze ook gebruikt worden voor energieopslag, bijvoorbeeld voor waterstof- of groene molecuulopslag, of voor het opslaan van batterijen die gekoppeld zijn aan opgewekte groene energie. Ook spelen havenmuren en kaaimuren een belangrijke rol bij het aan land brengen van vis en aquacultuurproducten, en ze vormen een essentiële schakel tussen de zee en het land.

Algemeen wordt de impact van +3 m zeespiegelstijging op bovengenoemde ecosysteemdiensten als matig negatief beschouwd, gezien deze een grondige wijziging ondergaan, doch niet volledig geëlimineerd zullen worden.

6.2.2 Ruimte voor fysische processen

Het zee- en kustecosysteem speelt een cruciale rol in een aantal natuurlijke en maatschappelijk regulerende ecosysteemdiensten, waaronder het geheel aan **ondersteunende fysische processen en hydrologische cycli**. De impact van een nulalternatief met zeespiegelstijging op deze ecosysteemdiensten werd aan de hand van een aantal hydrodynamische en morfodynamische modelberekeningen reeds uitvoerig beschreven in het rapport van (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2023g). Samenvattend kan gesteld worden dat deze fysische processen en cycli stuk voor stuk en in verschillende mate zullen geïmpacteerd worden door +1, +2 of +3 m zeespiegelstijging, wat op zijn buurt via verschillende feedbackmechanismen binnen de gekoppelde ecosystemen zal weerspiegeld worden in de mate waarin kan voorzien worden in de gelinkte ecosysteemdiensten. Een toename in getijslag bij stijgende zeespiegel gaat gepaard met een gewijzigde getijdenfase, waardoor zowel hoog- als laagwater (HWL en LWL, respectievelijk) zich sneller voortplanten langsheen de **hele kust**.

Maximale stroomsnelheden dalen licht langsheen een groot deel van de kustzone t.g.v. de grotere waterdiepte; enkel t.h.v. de monding van de Westerschelde (Oostkust) is een lichte stijging te verwachten wegens een lagere bodemwrijving. Verder wordt verwacht dat de maximale golfhoogte en piekperiodes toenemen bij een nulalternatief met zeespiegelstijging, zowel tijdens storm- als normale condities. Morfologische veranderingen, i.e. wijzigingen in erosie- en sedimentatiepatronen, worden verwacht voor de gehele kustnabije zone, al zijn deze verandering volgens de modelleringen het meest uitgesproken t.h.v. de haven van Oostende en Wenduine (Middenkust).

Ook de langsstroming dicht tegen de kustlijn zal toenemen bij zeespiegelstijging, wat een rol speelt in **sedimenttransport, massastabilisatie en beheersing van erosiesnelheden**. De meest uitgesproken wijzigingen worden gemodelleerd tussen de Belgisch-Franse grens en Wenduine (**West- en Middenkust**). Al deze veranderingen in fysische processen zullen bijdragen aan de algemene verwachting van een toenemende hydrodynamiek ten gevolge van zeespiegelstijging.

Naast hydrodynamiek, getijdenwerken en sedimenttransport, is ook de natuurlijke morfologie van strand en duinen inherent gelinkt met ecosysteemdiensten ter **ondersteuning van de fysisch-ecologische processen, bescherming tegen overstromingen vanuit zee** en de **algemene massastabilisatie en beheersing van erosiesnelheden** aan de kust. In een nulalternatief met +1, +2 m en +3 m zeespiegelstijging wordt verwacht dat de bestaande stranden steiler zullen worden t.g.v. een herverdeling van het zand uit de vooroever naar het hogere systeem. Waar de bestaande kustlijn op heden wordt versterkt d.m.v. harde structuren, wordt deze herverdeling gehinderd en zal een versmalling van het strandprofiel optreden (reductie van 85% in bestaande droogstrandbreedte bij +3 m zeespiegelstijging). Deze versmalling is o.a. meetbaar door een verschuiving van de hoog- en laagwaterlijn en bedraagt bij +1 m zeespiegelstijging in het nulalternatief gemiddeld 94 m (HWL) en 29 m (LWL) aan de **Westkust**, 55 m (HWL) en 23 m (LWL) in **Middenkust-West**, 56 m (HWL) en 21 m (LWL) in **Middenkust-Oost** en 35 m (HWL) tot 17 m (LWL) aan de **Oostkust**. Bij een nulalternatief met +2 m zeespiegelstijging nemen deze verschuivingen toe tot 155 m (LWL) en 57 m (HWL) gemiddeld over de hele kustlijn. Bij +3 m zeespiegelstijging wordt een gemiddelde landwaartse verschuiving van de hoogwaterlijn van 70 m verwacht, mede door de aanwezigheid van grotere golven en een toegenomen stormfrequentie. Zie ook Tabel 6-6 (+1 m), Tabel 6-7 (+2 m) en Tabel 6-8 (+3 m) voor details over de landwaartse verschuiving van de laagwaterlijn (LWL) en hoogwaterlijn (HWL) en reductie nat- en droogstrand per zone

Tabel 6-6: Landwaartse verschuiving van de LWL en HWL en reductie nat- en droogstrand per zone bij +1 m zeespiegelstijging

	Landwaartse verschuiving LWL (m) – mediaan	Landwaartse verschuiving HWL (m) – mediaan	Reductie natstrand breedte (%)	Reductie droogstrand breedte (%)
Westkust	94	29	26	33
Middenkust-West	55	23	15	43
Middenkust-Oost	56	21	12	68
Oostkust	35	17	55	60
Totaal	64	41	19	51

Tabel 6-7: Landwaartse verschuiving van de LWL en HWL en reductie nat- en droogstrand per zone bij +2 m zeespiegelstijging

	Landwaartse verschuiving LWL (m) – mediaan	Landwaartse verschuiving HWL (m) – mediaan	Reductie natstrand breedte (%)	Reductie droogstrand breedte (%)
Westkust	190	46	52	42
Middenkust-West	108	38	37	70
Middenkust-Oost	132	35	39	88
Oostkust	111	27	69	63
Totaal	155	57	42	70

Tabel 6-8: Landwaartse verschuiving van de LWL en HWL en reductie nat- en droogstrand per zone bij +3 m zeespiegelstijging

	Landwaartse verschuiving LWL (m) – mediaan bij +3m ZZS	Landwaartse verschuiving HWL (m) – mediaan bij +3m ZZS	Reductie natstrand breedte (%) bij +3m ZZS	Reductie droogstrand breedte (%) bij +3m ZZS
Westkust	275	50	77	67
Middenkust-West	158	47	59	82
Middenkust-Oost	189	42	56	96
Oostkust	153	30	83	67
Totaal	214	70	61	85

Verder wordt ook verwacht dat in het nulalternatief een erosie van embryonale duinen (en gefixeerde duinen in het geval van +3 m zeespiegelstijging) en gekoppelde vegetatie zal optreden, waarbij (kustlangs) (eolisch) zandtransport tot voorbij deze duinen toeneemt en de duinengordel dus landwaarts wordt gedreven. Stormen en toegenomen golven kunnen zo verder landinwaarts reiken en de bodem nabij de duinen zal verzilten. Deze wijzigingen zullen een grote impact hebben op de gevarieerde duingebieden en habitats die hier voorkomen, wat zal weerspiegeld worden in de mate waarin deze ecosystemen kunnen blijven voorzien in hun gekoppelde natuurlijke en regulerende ESD met betrekking tot o.a. de **fysisch-ecologische processen, nutriëntenkringloop en waterkwaliteit** (zie ook § 5.1.1 en § 5.1.4). Meer specifiek zullen veranderingen in **afwateringsmogelijkheden, zoutgehaltes** van de bodem en algemene **kwaliteit van het oppervlaktewater** optreden. Kwaliteit van het zeewater wordt naar alle waarschijnlijkheid niet rechtstreeks beïnvloed door zeespiegelstijging op zich, los van mogelijke effecten door andere aspecten van klimaatverandering (o.a. opwarming en verzuring van het zeewater).

Niet enkel morfologie van strand en duinen, maar ook geulen en zandbanken zullen een impact ondervinden door zeespiegelstijging. Mogelijke veranderingen in fysische processen t.h.v. deze geulen en banken zullen opnieuw de gekoppelde **habitats, ecologische processen** en ecosysteemdiensten beïnvloeden. Bij een nulalternatief met +1 of +2 m zeespiegelstijging zal de toenemende waterdiepte zorgen voor een potentiële aangroei van de zandbanken, gelimiteerd door de lokale sedimentbeschikbaarheid en transportcapaciteit van de getijdenstroming. Concreet wordt voorspeld dat kustnabije zandbanken bij een beperkte zeespiegelstijging van nature kunnen meegroeien en de transgressie van de zeespiegel kunnen volgen, terwijl deze natuurlijke processen bij een te sterke zeespiegelstijging niet zullen kunnen volgen. Een exacte kritische grenswaarde is hier echter niet gekend. Bij +3 m zeespiegelstijging wordt in het algemeen een toenemende erosie vanuit de geulen en een afgenomen voeding vanuit de zandbanken verwacht. Indien de zandbanken niet tijdig kunnen meegroeien met een stijgende zeespiegel, dreigt een verminderde demping van golfenergie de ecosysteemdiensten rond **bescherming tegen overstromingen vanuit zee** in het gedrang te brengen.

Het kustecosysteem verzorgt mee de regulerende ecosysteemdienst van **afwatering van het achterland**. In een nulalternatief met +1, +2 of +3 m zeespiegelstijging is een rechtstreeks effect te verwachten op de efficiëntie waarmee lokale waterlopen kunnen uitwateren naar zee. Algemeen zullen de uitlaadrempels onder het laagwaterpeil terechtkomen, waardoor de tijdspanne waarin water kan geloosd worden (en dus het totale geloosde volume) zal verkleinen. Bovendien zal een versterkte kwel ten gevolge van deze zeespiegelstijging het grondwaterpeil in de polderlandschappen doen stijgen, waardoor de totale bergingscapaciteit afneemt en er meer gedraineerd zal moeten worden. Gepaard met de reeds besproken toename in stormen, golfslag en duindoorkraken, zal dit bijdragen aan een verhoogde verzilting en verlaagde **buffer tegen zoutwaterintrusie** in geval van een nulalternatief met zeespiegelstijging. Hierdoor zullen de gekoppelde regulerende ecosysteemdiensten m.b.t. **ecologische processen, waterkwaliteit en nutriëntenkringloop** (o.a. stikstofgehaltes en denitrificatie) onderhevig zijn aan wijzigingen.

Havens en zeetransport hebben een directe link met de carbon footprint. In vergelijking met transport over land heeft scheepvaart doorgaans lagere emissies, waardoor het kan bijdragen aan het verminderen van de carbon footprint in de transportsector. Dit betekent dat zeetransport indirect een positief effect kan hebben op klimaatregulatie.

6.2.3 Ruimte voor ecologische processen

De natuurwaarden aan land, verbonden aan de strand-, duin- en slikken en schorren ecosystemen langs de Vlaamse kust, zijn onlosmakelijk verbonden met een reeks aan natuurlijke en maatschappelijk regulerende ecosysteemdiensten. Deze worden uitvoerig besproken in § 5 Referentiesituatie 2030. Samenvattend hebben deze ESD betrekking op de **instandhouding van habitats** als o.a. foerageer-, broed- en rustgebied, de **instandhouding van soorten** (incl. kweekpopulaties ter bescherming van de genenpoel) en ondersteunende en regulerende ecologische processen zoals **primaire productie, nutriëntenkringloop en klimaatregulatie**. In een nulalternatief met zeespiegelstijging zullen een reeks aan gekoppelde ecologische processen veranderingen ondervinden. Zo zal duinvorming en duinomvorming langs de **volledige kustlijn** verminderen t.g.v. de afname in strandbreedte en de gekoppelde zandtoevoer, alsook door fragmentatie (verminderde connectiviteit) en verhoogde kusterosie. Ook niet-ruimtelijke aspecten, zoals zoutwaterindringing en bodemvochtigheid, zullen geïmpacteerd worden bij +1, +2 of +3 m zeespiegelstijging. Zowel ter hoogte van strand- en duinlandschappen, als ter hoogte van slikken en schorren, is de zout-zoet gradiënt en sedimentbalans van belang. Deze verschillende ruimtelijke en niet-ruimtelijke effecten beïnvloeden de lokale bodem- en habitatkarakteristieken, waardoor hun areaal en de waaier aan functies voor gevestigde of potentiële soorten (zie ook § 5.1.1) niet langer kan gewaarborgd worden.

Ook de natuurwaarden in zee en kustwateren voorzien in allerlei natuurlijke en maatschappelijk regulerende of producerende ecosysteemdiensten. Zo bieden de verschillende zachte en harde substraten de foerageer-, paai-, rust- en kraamfuncties die mee de **instandhouding van habitats en kweekpopulaties** waarborgen. Ook dienen deze habitats als overwinteringsgebied, vasthechtingssubstraat en/of schuilplaats voor heel wat soorten (zie § 5.1.2.1 voor meer details). Daarnaast spelen de zee en vooroever een cruciale rol in **voedselvoorziening**, gezien deze gelinkt zijn met paai- en kraamfuncties voor (commerciële) visserijsoorten, inclusief schaal- en weekdieren. Andere gekoppelde ecosysteemdiensten, zoals **primaire productie, de benthopelagische koppeling, waterkwaliteit** en de **nutriëntenkringloop**, voorzien dan weer in algemene, doch noodzakelijke, regulerende diensten en ecologische processen.

In een nulalternatief met zeespiegelstijging zal een toename in stormopzet en golfsterkte, alsook veranderingen in stromingen en sedimentkarakteristieken, een verschuiving in soortengemeenschappen teweegbrengen, met gewijzigde bentho-pelagische koppeling en voedselweb-relaties, soortensamenstellingen en dominantie van soorten tot gevolg. Een dergelijke verstoring in het evenwicht binnen het lokale ecosysteem heeft zijn weerslag op de voornoemde ecosystemendiensten. Ook natuurlijke rifvorming, gelinkt aan de ESD m.b.t. **bescherming tegen overstromingen** uit zee, **waterkwaliteit** en **instandhouding van habitats en kweekpopulaties**, zal door verschuivende soortengemeenschappen en gewijzigde sedimentkarakteristieken en stromingen potentieel impact ondervinden door zeespiegelstijging. Met name aan de **Westkust** en **Middenkust-West** kunnen Lanice riffen (zie Bijlage 1.3 – Natuurlijke rifvorming (ecosysteem ingenieurs)) nabij de kustlijn beïnvloed worden. Naast natuurlijke rifvorming is er ook de creatie van nieuwe harde substraten in havens (strekdammen), wat resulteert in extra habitat in de vorm van artificiële harde substraten. Deze habitats vertonen doorgaans een specifieke soortendiversiteit en leveren ecosystemendiensten in verband met habitatcreatie, rust- en foerageergebieden, refugia, paai- en kraamkamers, etc. (zie 5.1.2.2). Ze bieden ook opportuniteiten voor het creëren van vogeleilanden en rustplaatsen voor zeehonden (bv. het Sterneiland in Zeebrugge en het zeehondenstrand Kleinstrand in Oostende). Waar bij een stijgende zeespiegel geen aanzienlijke effecten te verwachten vallen voor de natuurwaarden en de hieraan gekoppelde ecosystemendiensten in zee, zullen de ecosystemendiensten zoals rustplaatsen voor zeehonden en potentiële broedgebieden voor vogels in de haven wel onder druk komen te staan (wegens overstroming van lager gelegen gebieden in de haven).

Verder voorziet het kustecosysteem ook in maatschappelijk regulerende ecosystemendiensten met betrekking tot **CO₂-opslag** en **bestrijding van hittestress** (zie Bijlage 1.10 - Hittestresskaarten). Er wordt geen rechtstreekse impact van zeespiegelstijging bij een nulalternatief verwacht op hittestress, terwijl CO₂ captatie door de verschillende habitats wel zal worden beïnvloed. Ter hoogte van slikken en schorren, dewelke naast hun rol in CO₂-vastlegging een belangrijke functie vervullen in **sedimenthuishouding**, **nutriëntencycli** en **waterkwaliteit**, kunnen fragmentatie en gewijzigde zoet-zout gradiënten t.g.v. zeespiegelstijging deze ecosystemendiensten verstoren. Een zeker aandeel van de ecologische processen is gebonden aan feedbackmechanismen en natuurlijke autonome ontwikkelingen onder invloed van de algemeen optredende klimaatverandering. Hierdoor is een concrete impact van zeespiegelstijging niet altijd eenduidig los te koppelen van eventuele andere klimaat gerelateerde invloeden. Bijkomend is er dus ook niet steeds een rechtstreekse link tussen zeespiegelstijging en bv. potentiële effecten op de **bestrijding van hittestress**, terwijl de ecosystemendienst klimaatregulatie door **koolstofvastlegging en -opslag** wel invloed zal ondervinden door fragmentatie en gewijzigde zoet-zout gradiënten t.g.v. zeespiegelstijging.

Een nulalternatief met +3 m zeespiegelstijging wordt daarom als aanzienlijk negatief gescoord. De geformuleerde instandhoudingsdoelstellingen voor de Europees beschermde Habitat- en Vogelrichtlijngebieden en het beschermde statuut van duin- en VEN-gebieden ondersteunt mee deze globale beoordeling.

6.3 Ambitie 3: Een aantrekkelijk lint

Ambitie 3, 'een aantrekkelijk lint', is gelinkt aan maatschappelijk culturele ecosystemendiensten, alsook aan welzijn en gezondheid, meer bepaald met betrekking tot het bevorderen van gezondheid en herstel door contact met de natuur. Op maatschappelijk-cultureel vlak staat de beleving van recreanten en toeristen, de beleving van omwonenden en de instandhouding van culturele spirituele en symbolische waarden zoals (onderwater)erfgoed centraal. Een overzicht van gekoppelde opportuniteiten (incl. ecosystemendiensten) binnen ambitie 3 wordt weergegeven in Tabel 6-9.

Tabel 6-9: Overzicht opportuniteiten (incl. ecosystemendiensten) binnen Ambitie 3: Een aantrekkelijk lint.

AMBITIE 3: Een aantrekkelijk lint		
Thema	Evaluatiecriterium	Opportunities (incl. ecosystemendiensten)
Beleving versterkend	Ruimtelijke beleving	Maatschappij – cultuur <ul style="list-style-type: none"> • Beleving van recreanten en toeristen
	Gezondheid	Maatschappij – cultuur <ul style="list-style-type: none"> • Beleving van recreanten en toeristen • Maatschappij – Welzijn en gezondheid • Bevorderen van gezondheid en herstel door contact met natuur
Eigenheid versterkend	Ruimtelijke diversiteit en eigenheid	Maatschappij – cultuur <ul style="list-style-type: none"> • Beleving van recreanten en toeristen • Beleving van omwonenden (bv. zeezicht)
	Erfgoedelementen (context, intrinsieke waarde en toegankelijkheid)	Maatschappij – cultuur <ul style="list-style-type: none"> • Beleving van recreanten en toeristen • Instandhouding culturele, spirituele en symbolische waarde (bv. cultuurhistorische garnaalvisserij) • Onderwatererfgoed
Verbindend	Toegankelijkheid parallel aan de kust	Maatschappij – cultuur <ul style="list-style-type: none"> • Beleving van recreanten en toeristen • Beleving van omwonenden (bv. zeezicht)

In onderstaande paragrafen wordt per thema een algemeen verwachte impact van zeespiegelstijging omschreven en worden de belangrijkste te verwachten effecten op ecosysteemdiensten op verschillende locaties langsheen de kust belicht.

6.3.1 Beleving versterkend

Bij een nulalternatief met zeespiegelstijging zal de ruimtelijke beleving aan onze kust grondig aanzienlijk veranderen, gezien meer en meer ruimte wordt ingenomen door een stijgende zeespiegel en stranden, duinen en andere kustgebonden habitats (o.a. slikken en schorren) zullen beïnvloed worden en/of moeten wijken voor het water. Bij +3 m zeespiegelstijging zullen ook de vele dijk- en duindoорbraken de algemene toegankelijkheid en veiligheid (en dus gezondheid) negatief beïnvloeden. De **beleving van recreanten, toeristen en omwonenden** zal hierdoor wijzigen langsheen de **hele kustlijn**, alsook het bevorderende effect van de kust op **mentale en fysieke gezondheid** (zie ook § 5.1.6) en eventueel het algemene **veiligheidsgevoel**. Daarnaast speelt ook waterkwaliteit en meer bepaald **zwemwaterkwaliteit** aan de kust een grote rol in de beleving van toeristen en recreanten, al wordt hier geen rechtstreekse negatieve impact verwacht van zeespiegelstijging.

6.3.2 Eigenheid versterkend

De ruimtelijke diversiteit en eigenheid van het kustecosysteem draagt bij aan de maatschappelijk-culturele ecosysteemdiensten met betrekking tot **beleving van recreanten en omwonenden** (inclusief het zeer gewaardeerde zeezicht bij beiden). Deze diversiteit zal afnemen t.g.v. een nulalternatief met zeespiegelstijging, gezien landschappen en faciliteiten kunnen overstromen. Bij +1 m zeespiegelstijging komen vooral plekken aan de **Middenkust** onder water te staan, terwijl bij +2 m en +3 m zeespiegelstijging nagenoeg de **volledige kustlijn** effecten zal ondervinden (zie ook § 6.1.3).

Ook de context intrinsieke waarde en toegankelijkheid van erfgoedelementen zal worden beïnvloed bij +1 m, +2 m en +3 m zeespiegelstijging van het nulalternatief. Landschappen, archeologische sites en bouwkundig erfgoed kunnen bij zeespiegelstijging onder water komen te staan, maar ook verzilting kan een grote impact hebben op o.a. archeologische artefacten. Beide kunnen de **beleving van toeristen** en de **instandhouding van culturele, spirituele en symbolische waarde** beïnvloeden. Een overzicht van welke erfgoedelementen bij respectievelijk +1 m, +2 m en +3 m zeespiegelstijging onder water komen te staan in het nulalternatief is te raadplegen in RA21041 Referentiesituatie Milieueffecten Bijlage 3 – Erfgoedelementen en wordt uitvoerig besproken in RA21041 Referentiesituatie Milieueffecten (7.1.2.2.5 Cultureel Erfgoed). Ook in zee is onderwatererfgoed te vinden, veelal wrakken en andere archeologische vondsten. Binnen het studiegebied van het strategisch beleidsplan Kustvisie zijn er in totaal 73 wrakken en obstakels gesitueerd (§ 5.1.5.1; Figuur 5-13). Bij zeespiegelstijging komen deze elementen dieper onder water te liggen, wat op zich geen negatieve impact inhoudt. Een wijziging in stromingen en erosie/sedimentatiepatronen t.g.v. zeespiegelstijging, echter, kan deze al dan niet beschermde erfgoedelementen wel aantasten in hun waarde. Belangrijk is hier ook dat door de natuurlijke processen, dit soort onderwatererfgoed van nature vergankelijk is en dus ook in een nulalternatief zonder zeespiegelstijging niet standaard zou behouden blijven in zijn huidige staat. De gekoppelde ecosysteemdienst inzake de instandhouding van culturele spirituele en symbolische waarden wordt bij een +3 m zeespiegelstijging aanzienlijk negatief beïnvloed, terwijl de impact op onderwatererfgoed t.h.v. zee en voorover eerder gering negatief blijft.

6.3.3 Verbindend

De toegankelijkheid parallel aan de kust, gecreëerd door o.a. de kusttram, wegenissen en wandel- en fietspaden, bepalen mee het totaalplaatje wat **betreft beleving van toeristen, recreanten en omwonenden** langsheen de **hele kustlijn**. Bij een nulalternatief met zeespiegelstijging zullen verschillende van deze faciliteiten niet langer bruikbaar of voldoende veilig zijn.

Bij +1 m zeespiegelstijging worden verschillende zones langsheen de kust (zowel **West-, Midden- als Oostkust**) getroffen door een falen van (a)biotische structuren die moeten bescherming bieden tegen overstromingen van op zee (zie ook § 6.1.1), waaronder De Panne, Sint-Idesbald, Middelkerke, Oostende, Wenduine, Blankenberge en Knokke-Heist. Bij +2 m zeespiegelstijging neemt het aantal zones waar de toegankelijkheid parallel aan de kust in het gedrang komt toe, met name t.h.v. Nieuwpoort, De Haan en Zeebrugge. De aanwezige fiets- en wandelverbindingen, maar ook de kusttram, zullen lokaal sterke effecten ondervinden t.g.v. zeespiegelstijging. Tenslotte zullen bij een nulalternatief met +3m zeespiegelstijging nagenoeg alle kustzones overstromingen door duin- en dijkdoorbraken ondervinden. De kusttram is in dit nulalternatief niet langer operationeel, en wandel- en fietspaden niet langer veilig of toegankelijk, waardoor de horizontale verbindingen die de **connectiviteit** en toegankelijkheid parallel aan de kust waarborgen, **aanzienlijk negatief** beïnvloed worden. Eenzelfde redenering is geldig voor de havengebieden die vaak ook als verbindingssassen (o.a. wandel- en fietspaden) dienstdoen.

6.4 Samenvattende tabel

Tabel 6-10: Overzicht ecosysteemdiensten, hun relevantie en de verwachte impact van zeespiegelstijging op deze diensten.

	ECOSYSTEEMDIENSTEN		RELEVANTIE en VERWACHTE IMPACT ZEEPIEGELSTIJGING
Natuurlijkheid	Ecologische processen	Instandhouding biogeochemische processen (incl. hydrodynamica en morfologie)	<p>Hydrodynamiek en morfologie zijn gelinkt aan ecosysteemdiensten zoals ondersteuning van de fysisch-ecologische processen, bescherming tegen overstromingen vanuit zee, nutriëntenkringloop, waterkwaliteit, massastabilisatie, sedimenttransport en beheersing van erosiesnelheden.</p> <p>Zeespiegelstijging zal zorgen voor veranderingen in de morfologie van stranden, duinen, geulen en zandbanken. Dit komt door veranderingen in stromingen, herverdeling van zand, versnelde erosie en gerelateerde wijzigingen in hydrodynamica. Deze veranderingen zullen invloed hebben op habitats, ecologische processen en de genoemde ecosysteemdiensten aantasten.</p>
		Primaire productie en ondersteuning voedselwebben	<p>De basis van de productiviteit van het kuststelsel wordt gevormd door de productie van algen in de eufotische zone van de waterkolom (het fytoplankton). Deze primaire productie is afhankelijk van limiterende factoren zoals nutriënten, beschikbaarheid van CO₂ en (zon)licht.</p> <p>Een potentieel verstoord nutriëntencyclus ten gevolge van klimaatverandering en zeespiegelstijging kan de primaire productie beïnvloeden, zoals onder beschreven in "Sedimenthuishouding en nutriëntencyclus".</p> <p>Riffen dragen bij aan de regulatie van de waterkwaliteit door het biofiltereffect. Deze regulerende eigenschap zorgt er ook voor dat de turbiditeit afneemt, het water helderder wordt en het zonlicht dieper in de waterkolom kan doordringen. Dit heeft gunstige effecten op de primaire productie en het voedselweb. Tegelijkertijd spelen riffen een regulerende rol in de hoeveelheid fytoplankton, aangezien ze grote hoeveelheden van deze primaire producenten filteren, waardoor het evenwicht in stand wordt gehouden. Natuurlijke (biogene) rifvorming zal door verschuivende soortengemeenschappen en gewijzigde sedimentkarakteristieken en stromingen mogelijk impact ondervinden door zeespiegelstijging.</p> <p>Zie ook "Bentho-pelagische koppeling".</p>
		Sedimenthuishouding en nutriëntencyclus	<p>De nutriëntencyclus, waterkwaliteit en sedimenthuishouding binnen de verschillende zee- en kusthabitats vormen de biogeochemische basis van dit ecosysteem en maken alle gekoppelde ecologische processen mee mogelijk. In het kader van een gezond en functionerend ecosysteem dient de nutriëntencyclus en mogelijke effecten hierop dus steeds indachtig gehouden te worden.</p> <p>De globale (en dus ook mariene) biogeochemische processen werken op een tijdschaal van jaren, decennia of zelfs eeuwen. De mogelijke effecten van klimaatverandering zijn daarom niet zomaar eenvoudig te begrijpen en langdurig onderzoek en modellering is hiervoor noodzakelijk. De exacte gevolgen van zeespiegelstijging zijn dan ook onbekend.</p>

ECOSYSTEEDIENSTEN		RELEVANTIE en VERWACHTE IMPACT ZEEPIEGELSTUJING
		Andere aspecten van klimaatverandering, zoals de impact van een langdurige uitstoot van broeikasgassen en klimatologische wijzigingen, werden wel reeds in verband gebracht met een verstoorde nutriëntencyclus.
	Bentho-pelagische koppeling	<p>Het voedselweb in ondiepe kustgebieden (en estuaria) is een complex samenspel tussen alle organismen in de zee, waarbij vele organismen bijdragen tot de consumptie van organisch materiaal. De bentho-pelagische koppeling, d.i. de intensiteit van de interactie tussen benthische (bodem) en pelagische (waterkolom) processen, speelt hierbij een belangrijke rol en is sterk afhankelijk van de diepte en de structuur van de waterkolom. De bentho-pelagische koppeling draagt (in)direct bij aan voedselproductie, de beleving door recreanten en toeristen, cultuurhistorie en waterkwaliteit (§ 5.1.2.1).</p> <p>In een nulalternatief met zeespiegelstijging zal een toename in stormopzet en golfsterkte, alsook veranderingen in stromingen en sedimentkarakteristieken, een verschuiving in soortengemeenschappen teweegbrengen, met gewijzigde bentho-pelagische koppeling en voedselweb-relaties, soortensamenstellingen en dominantie van soorten tot gevolg. Een dergelijke verstoring in het evenwicht binnen het lokale ecosysteem heeft zijn weerslag op de levering van de ecosystemendiensten gelinkt aan de bentho-pelagische koppeling (§ 6.2.3).</p>
	Habitat en biodiversiteit	
	Instandhouding van habitats en kweekpopulaties (incl. bescherming van de genenpoel)	<p>De verschillende typerende kusthabitats (zee en vooroever, strand en duin, slikken, schorren en estuaria) vormen samen met de ecologische processen de spil van het kustecosysteem. Zij bieden een thuis aan vele (typerende) soorten. De gekoppelde biodiversiteit vormt omgekeerd ook de basis voor de voedselwebben eigen aan het kustecosysteem. De instandhouding van deze voedselwebben (en hun habitats) is noodzakelijk voor onder meer de gekoppelde ecologische (regulerende) processen en maatschappelijk relevante ecosystemendiensten zoals voedselvoorziening (zie ook hoofdstukken 5.1.1 en 5.1.3).</p> <p>Zeespiegelstijging kan voor vele van deze habitattypes een grote verandering teweegbrengen wat betreft areaal of (a)biotische eigenschappen. Hun ecologische functie als leef-, voortplantings-, foerageer- of overwinteringsgebied kan hierdoor aangetast worden, met een weerslag op de gekoppelde biodiversiteit. Hierdoor kan een verhoogde druk en verschillende stressreacties ontstaan, zoals veranderingen in gedrag en fysiologie. Een meer gedetailleerd overzicht van mogelijke effecten van zeespiegelstijging op biodiversiteit wordt beschreven in hoofdstuk 6.2.3.</p> <p>Wat betreft zee- en onderwaterleven, wordt verwacht dat het stijgende water het areaal aan zeehabitat, en op termijn de gekoppelde soorten, zal doen toenemen indien geen beschermingsmaatregelen genomen worden tegen zeespiegelstijging.</p> <p>Daarnaast biedt het strategisch beleidsplan Kustvisie de opportuniteit om te gaan nadenken over natuur-inclusieve elementen, dewelke verschillende types habitat kunnen helpen creëren, herstellen of uitbreiden.</p>

ECOSYSTEEDIENSTEN		RELEVANTIE en VERWACHTE IMPACT ZEEPIEGELSTUJING
Maatschappij	Productie	
	Voedselproductie	<p>De mogelijkheden die de zee biedt voor zowel commerciële als recreatieve visserij, alsook opkomende aquacultuur, vormen een belangrijke bron van voedselproductie. Deze ecosysteemdienst wordt dan ook door de stakeholders als essentieel beschouwd gezien het belang van het studiegebied (ondiepe kustwateren). Zie § 5.1.3.1 voor een overzicht van de belangen van visserij en aquacultuur in ons land.</p> <p>De verwachte gevolgen van algemene klimaatverandering op voedselvoorziening uit zee zijn veelvuldig, zoals mogelijke wijzigingen in verspreidingsgebied, soortensamenstelling en productiviteit (zie ook 5.1.3). De meeste wetenschappelijke kennis is reeds vergaard rond gevolgen van o.a. verzuring en wijzigingen in temperatuur. De verwachte gevolgen van zeespiegelstijging op zich zijn moeilijker in te schatten.</p>
	Drinkwatervoorziening	<p>Duingebieden voorzien in drinkwatervoorziening, door de aanwezigheid van zoetwaterlenzen onder deze gebieden. Wijzigingen in grondwaterregime, met mogelijke druk op deze zoetwaterlenzen heeft gevolgen voor de drinkwatervoorziening.</p> <p>Zeespiegelstijging leidt tot een afname van de volumes van de zoetwaterlenzen in de duinsystemen, waardoor de drinkwaterwinningen in de kustvlakte aangepast of afgebouwd en mogelijk geherlokaliseerd moeten worden. De door zeespiegelstijging versterkte kwel zal de grondwatervoorziening beïnvloeden, gezien door een stijging van het grondwaterpeil de bergingscapaciteit afneemt en meer drainage nodig zal zijn.</p>
	Abiotische energiewinning	<p>In de transitie naar een koolstof neutrale samenleving, waar hernieuwbare energie een centrale rol speelt, is de uitbouw van offshore windparken essentieel (§ 5.1.3.1). Hernieuwbare energievoorziening wordt dan ook beschouwd als een essentiële ecosysteemdienst om het toekomstig welzijn van zowel mens als natuur te waarborgen. Echter het strategisch beleidsplan Kustvisie reikt maar beperkt zeewaarts, waardoor de opportuniteiten voor hernieuwbare energie eerder klein zijn. Een toenemende zeespiegel wordt verwacht gepaard te gaan met veranderingen in hydrodynamiek en, samen met andere klimatologische effecten zoals toenemende stormfrequentie, kan dit de veiligheid, het onderhoud en de rendabiliteit van de offshore windparken en eventuele toekomstige andere vormen van hernieuwbare energie op zee (bv. golf of getij) beïnvloeden.</p>
Andere materialen (o.a. zand en grind)	<p>Het BNZ vormt een zeer belangrijke bron van zand voor allerlei commerciële en kustbeschermingsdoeleinden. Om duurzaam te kunnen omgaan met deze eindige bron aan materialen, wordt gebruik gemaakt van afgebakende extractiezones en worden de gebruikte volumes nauwlettend opgevolgd.</p> <p>Naarmate de zeespiegel stijgt en zware stormen frequenter kunnen toeslaan, wordt verwacht dat de vraag naar zand zal stijgen in de toekomst. Om de overstromingsrisico's de baas te blijven en het huidige veiligheidsniveau te kunnen blijven garanderen zullen meer beschermingsmaatregelen moeten aangewend worden. Hiervoor zullen grote volumes aan zand nodig zijn, en zal voldoende aandacht moeten besteed worden aan duurzame zandexploitatie.</p>	

ECOSYSTEEDIENSTEN		RELEVANTIE en VERWACHTE IMPACT ZEEPIEGELSTUJING
	Watervoorziening grondwater (incl. infiltratie)	Zie "Drinkwatervoorziening" en "Hydrologische cyclus (incl. zoutintrusie en verziltingsdynamiek)".
Regulatie	Onderhoud van stromingen	Zie "Instandhouding biogeochemische processen (incl. hydrodynamica en morfologie)".
	Massastabilisatie en beheersing erosiesnelheden	Zie "Instandhouding biogeochemische processen (incl. hydrodynamica en morfologie)".
	Hydrologische cyclus (incl. zoutintrusie en verziltingsdynamiek)	<p>Duingebieden bevatten een zoetwatervoorraad die de watervoerende laag volledig afsluit en het achterland beschermt tegen verzilting (zie ook Bijlage 1.5 – Eigenschappen van het zoet grondwatersysteem in de duinen).</p> <p>Een toenemende druk op deze zoetwaterlenzen onder invloed van zeespiegelstijging zal deze bufferfunctie ondermijnen, waardoor verzilting van het achterland kan optreden. Een versterkte kwel ten gevolge van de zeespiegelstijging zal het grondwaterpeil in de polderlandschappen doen stijgen, waardoor de totale bergingscapaciteit afneemt en er meer gedraineerd zal moeten worden. Gepaard met een toename in stormen, golfslag en duindoerbraken, zal dit bijdragen aan een verhoogde verzilting en verlaagde buffer tegen zoutwaterintrusie. Hierdoor zullen de gekoppelde regulerende ecosysteemdiensten m.b.t. ecologische processen, waterkwaliteit en nutriëntenkringloop onderhevig zijn aan wijzigingen. Ook kan verzilting een impact hebben op archeologische artefacten. Verzilting van de polderlandschappen veroorzaakt problemen voor traditionele niet-zoutminnende gewassen en landbouwopbrengsten. Zie ook "Drinkwatervoorziening".</p>
	Bescherming tegen overstromingen vanuit de zee	<p>Verschillende elementen op zee en land bieden de gebruikers van de kustzones en het achterland van nature een zekere mate aan bescherming tegen de krachten van de natuur. Zo werken de natuurlijke bathymetrie, het reliëf en biogene riffen mee aan een demping van golfenergie richting land. Dissipatieve stranden en begroeide slik- en schorplaten bieden een natuurlijke demping van golf- en getijwerking, terwijl gefixeerde duinen een natuurlijke barrière vormen ter bescherming van het achterland (zie ook 5.1.4). Deze ecosysteemdiensten worden als prioritair beschouwd inzake veiligheid voor de mens.</p> <p>Meer nog, bij een voorziene stijging van de zeespiegel en een toenemende frequentie en intensiteit van stormen ten gevolge van klimaatverandering, zal natuurlijke kustbescherming een nog grotere rol gaan spelen. Naar de toekomst toe wordt denken en werken mét de natuur door vele stakeholders daarom nog belangrijker bevonden dan het vandaag de dag al is.</p>

ECOSYSTEEDIENSTEN		RELEVANTIE en VERWACHTE IMPACT ZEEPIEGELSTUJING
	Klimaatregulatie	<p>Het kustecosysteem speelt een grote rol in verschillende aspecten van klimaatregulatie, van de bestrijding van hittestress tot koolstofopslag en -vastlegging tot het voorzien van overstromings- en buffergebieden. Daarnaast zijn er ook onrechtstreekse effecten zoals een verbeterde waterkwaliteit als gevolg van natuurlijke biofilters of een verlaagde voetafdruk door transport over zee. Al deze opportuniteiten en ecosysteemdiensten komen ten goede van de veiligheid en het welzijn van mens en natuur.</p> <p>Het kustecosysteem is gevoelig aan de te verwachten effecten van klimaatverandering en zeespiegelstijging, waardoor deze ecosysteemdiensten in het gedrang kunnen komen (zie 5.1.4). Omgekeerd is de mens echter ook rechtstreeks afhankelijk van deze diensten om het hoofd te bieden aan de voorspelde effecten van klimaatverandering. Deze wederzijdse afhankelijkheid maakt dat klimaatregulatie als prioritair beschouwd wordt binnen het strategisch beleidsplan Kustvisie.</p>
	Regulatie zee- en oppervlaktewaterkwaliteit	Zie “Instandhouding biogeochemische processen (incl. hydrodynamica en morfologie)”, “Primaire productie en ondersteuning voedselwebben”, Sedimenthuishouding en nutriëntencyclus”, “Hydrologische cyclus (incl. zoutintrusie en verziltingsdynamiek)”.
Cultuur	Beleving recreanten en toeristen	<p>Toerisme en recreatie is een van de belangrijkste opportuniteiten die de kust te bieden heeft voor de betrokken stakeholders, van wandelen en natuurbeleving (zowel op land als op zee), tot (water)sport, horeca en overnachtingsmogelijkheden. Doorheen het strategisch beleidsplan Kustvisie worden deze opportuniteiten steeds mee in rekening gebracht, zowel bij het evalueren van de mogelijke effecten van de geplande kustbeschermingsmaatregelen als bij het uitdenken van ontwerpen en potenties naar de toekomst toe. De ruimtelijke diversiteit en eigenheid van het kustecosysteem is belangrijk voor omwonenden (inclusief het zeer gewaardeerde zeezicht bij beiden). Daarnaast wordt vaak aangegeven dat de kust en zee een positieve invloed hebben op mensen hun mentaal welzijn, door een gevoel van tot rust te komen, te bewegen, sociale interactie, etc. (Hooyberg et al., 2023).</p>
	Beleving omwonenden (bv. zeezicht)	
	Instandhouding culturele, spirituele en symbolische waarden	
Welzijn en gezondheid	Bevordering van fysieke gezondheid en herstel; bevordering van mentaal welzijn	<p>Al zijn effecten op lange termijn moeilijk te voorspellen, algemeen wordt verwacht dat klimaatverandering en de gekoppelde wijzigingen in temperatuur en neerslagpatronen een positieve impact kunnen hebben op toerisme en recreatie aan de kust. Onrechtstreekse effecten, zoals een mogelijke toename van schadelijke algenbloei ten gevolge van diezelfde temperatuurwijzigingen, zijn dan weer nadelig.</p> <p>Landschappen, archeologische sites en bouwkundig erfgoed kunnen bij zeespiegelstijging onder water komen te staan, maar ook verzilting kan een grote impact hebben op o.a. archeologische artefacten. De toegankelijkheid parallel aan de kust, gecreëerd door o.a. de kusttram, wegenissen en wandel- en fietspaden, bepalen mee het totaalplaatje wat betreft beleving van toeristen, recreanten en omwonenden langsheen de hele kustlijn. Door zeespiegelstijging zullen verschillende van deze faciliteiten niet langer bruikbaar of voldoende veilig zijn.</p>

Bijlage A Bijlage 1 – Ecosysteempromessen

A.1 Bijlage 1.1 - Water- en sedimenttransportprocessen in zee

In het BNZ zijn de getijden, in combinatie met wind- en golfstromingen, de belangrijkste drijfveer voor het water- en sedimenttransport ter hoogte van het banken- en geulensysteem.

Het getij in het BNZ is semi-diermaal waardoor er tweemaal daags een hoogwater en laagwater optreedt. De getijgolf is afkomstig uit de Atlantische Oceaan en passeert de Vlaamse kust in tegenwijzerzin vanuit de Britse kust, met een kleine bijdrage vanuit het Kanaal. Dit verloop zorgt er onder meer voor dat het hoogwater in Nieuwpoort een half uur eerder optreedt dan dat in Zeebrugge (Vlaamse Hydrografie, 2018). Onder invloed van de getijgolf treedt er een verandering op in de waterstand of getijdenamplitude (verticaal getij) die varieert tussen 3 (doodtij) en meer dan 5 m (springtij), en langsheen de kust met een afname richting noordoosten (). Naast het verticaal getij treedt er ook een horizontaal getij op langsheen de kust dat leidt tot sterke getijdenstromingen gaande van 0.5 tot 1.5 m/s (Mathys, 2010). De getijdenreststromingen - en in mindere mate de door de wind veroorzaakte stromingen en golven - zijn de stuwende parameter voor veel fysische processen. Zo zorgen ze voor het transport van watermassa's en andere bestanddelen in suspensie in de waterkolom (zout, nutriënten, pollutanten, sedimenten, zuurstof, etc.; (Devriese L. et al., 2018). Daarnaast zijn ze samen met de golf- en windwerking verantwoordelijk voor de vorming van de kust- en zeebodemmorfolgie.

Ter hoogte van het BNZ is de vloedstroming over het algemeen sterker dan de ebstroming, waardoor de netto stroming richting noorden plaatsvindt. Dichter bij de kust speelt ook de invloed van de golven een rol in het transport, en deze komen het vaakst uit zuidwestelijke richting. Door de combinatie van enerzijds de getijdenreststromingen en anderzijds de golfwerking, is er bijgevolg een netto sedimenttransport van zand en slib vanuit het zuidwesten naar het noordoosten.

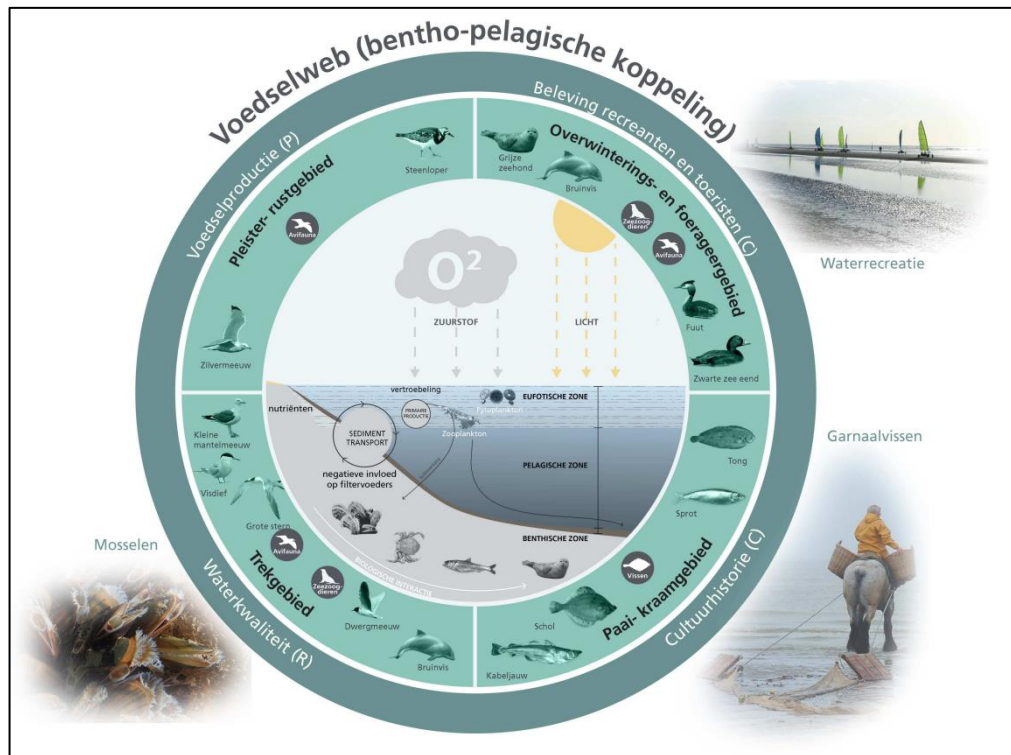
Het feit dat het BNZ gekenmerkt wordt door sterke getijdenstromingen en een niet te negeren getijdenamplitude, in combinatie met de voorraad zand op de bodem van het BNZ, maakt dat dit gebied de ideale omstandigheden herbergt voor de vorming en instandhouding van zanderige getijdenbanken. Doordat de banken een hoek vormen met de getijdenstroming wordt één kant meer blootgesteld aan de vloedstroming en de andere kant meer aan de ebstroming. Dit zorgt voor een ronddraaiende of circulaire stroming rond de banken waardoor zand er ophoopt en de bank stabiliseert of verder aangroeit.

Naast het typerende reliëf van banken en geulen in het BNZ, kunnen er ook meer lokale reliëfvariaties optreden onder de vorm van zandduinen en megaribbels bovenop de banken. Deze worden gevoed door zandgolven die voorkomen in de dieper gelegen delen van het BNZ. Ze ontstaan door het hoogteverschil tussen de geulen en de top van de zandbanken (5-20 m), en lopen vanuit de geulen via de flanken tot over de toppen van de zandbanken. Dit resulteert in een reliëf van zandduinen bovenop de banken; zandheuvels van 2-8 meter hoog en tientallen meters lang. In tegenstelling tot de zandbanken, die de voorbije tweehonderd jaar redelijk stabiel zijn gebleken, verplaatsen zandduinen zich constant en worden ze vervormd onder de heersende getijdenstroming en bij stormen. De verschillende stromingspatronen aan weerskanten van zandbanken (zie vorige paragraaf) hebben ook hun invloed op de zandduinen, die steeds naar de kam van de bank toe zijn gericht ((Mathys, 2010)).

Al deze fysische processen geven het subtidaal van het BNZ een uitgesproken dynamisch karakter en liggen aan de grondslag van de ecosysteemkarakteristieken (bv. type sediment, korrelgrootte, voedselinvoer) die bepalend zijn voor de benthosgemeenschappen en de daarmee samenhangende fauna. Op de bodem van het BNZ komt zand, slib en grind voor. Slibrijk sediment komt vooral in het oostelijk deel van de kust en nabij de kust voor (Devriese L. et al., 2018). Verder in zee wordt het sediment grover van fijn tot grof zand. In de geulen tussen de zandbanken bevindt zich ook grind ((Mathys, 2010)). Dicht bij de kust komt slib eveneens in suspensie voor en is er een belangrijk slibtransport. Dit heeft een invloed op de troebelheid van het water en bijgevolg de lichtpenetratie en primaire productie in de eufotische zone.

De concentraties zijn over het algemeen het hoogst tussen Oostende en de Scheldemonding, maar variëren sterk op tijdschalen van een getij, doodtij-springtij cyclus en seizoenen (Fettweis M. and Van den Eynde D, 2001; Fettweis et al., 2007).

A.2 Bijlage 1.2 - Instandhouding voedselweb (bentho-pelagische koppeling)



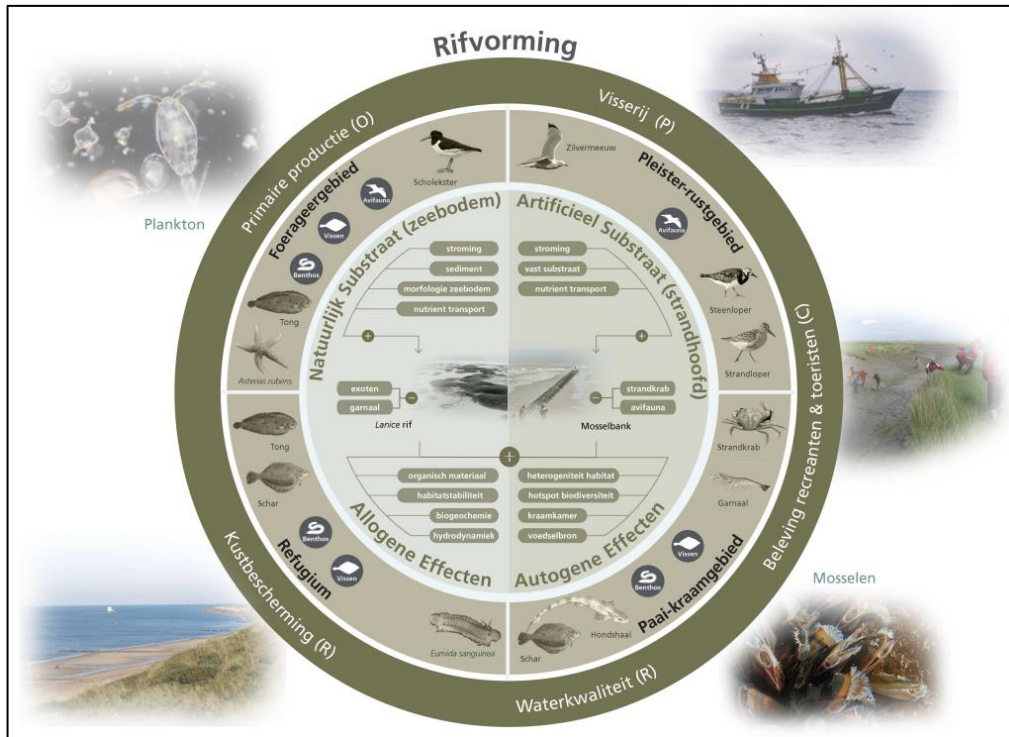
Figuur 6-9: Visualisatie ecosysteemproces 'Instandhouding voedselweb (bentho-pelagische koppeling)

Het voedselweb in ondiepe kustgebieden (en estuaria) is een complex samenspel tussen alle organismen in de zee, waarbij vele organismen bijdragen tot de consumptie van organisch materiaal. De bentho-pelagische koppeling, d.i. de intensiteit van de interactie tussen benthische (bodem) en pelagische (waterkolom) processen, speelt hierbij een belangrijke rol en is sterk afhankelijk van de diepte en de structuur van de waterkolom. De basis van de productiviteit van het kuststelsel wordt gevormd door de productie van algen in de euphotische zone van de waterkolom (het fytoplankton). Deze primaire productie wordt bepaald door de aanwezigheid van algen, nutriënten, beschikbaarheid van CO_2 en (zon)licht. Verschillen in primaire productiviteit zijn dan ook toe te schrijven aan verschillen in beschikbaarheid van nutriënten, aan de verhouding waarin de nutriënten beschikbaar zijn en aan de troebelheid van het water. Fysische processen, i.e. water- en sedimenttransport, zijn cruciaal in de aanvoer van deze elementen. In de winter is bijvoorbeeld licht de beperkende factor. Als in het voorjaar de daglengte toeneemt en er voldoende nutriënten aanwezig zijn neemt de primaire productie snel toe en ontstaat een planktonbloei. Aan deze planktonbloei komt een einde wanneer één of meerdere nutriënten uitgeput raken. In de zomerperiode wordt de planktonproductie meestal beperkt door een tekort aan nutriënten. In sommige gebieden kan door troebelheid van het water, door opgewerveld slib of zeer hoge algenconcentraties, ook in de zomer licht de beperkende factor zijn (Van der Biest et al., 2017a).

In ondiepe, goedgemengde systemen zoals het Vlaamse kustgebied (en de IJzer en Westerschelde), is rechtstreeks transport van organisch materiaal mogelijk tussen de euphotische zone (waar primaire productie van fytoplankton gebeurt) en het benthos. Andere processen die bijdragen tot de flux van organisch materiaal zijn sedimentatie (dominante proces in diepe systemen), 'bedload transport' (transport van deeltjes in een laag vlak boven de bodem; in ondiepe kustgebieden en estuaria), transport van materiaal in erosie-redepositie cycli (bv. onder invloed van getijdebeweging). Verder kan op de droogvallende delen van kusten en estuaria (stranden, slikken, zandplaten) het microfytobenthos (met name kiezelwieren), maar ook macroalgen, een belangrijke bron van organisch materiaal zijn. Het organisch materiaal dat het benthos bereikt kan worden gerespireerd, geresuspendeerd, of begraven in het sediment. Voor al deze processen is de menging van de bodem door organismen (bioturbatie) van groot belang.

Elk organisme heeft dus een specifieke rol in het voedselweb. Dit begint met fyto-benthos (één-cellige algen die op de bodem leven) en fytoplankton (één-cellige algen die in het water leven) zoals verschillende soorten kiezelwieren. Deze algen vormen het voedsel voor bodemdieren zoals wormen, kleine kreeftachtigen en schelpdieren. Op hun beurt vormen die het voedsel voor krabben, vissen en vogels. Daarnaast zijn krabben en vissen ook voedsel voor vogels en voor zeezoogdieren.

A.3 Bijlage 1.3 – Natuurlijke rifvorming (ecosysteem ingenieurs)



Figuur 6-10: Visualisatie ecosysteemproces 'Natuurlijke rifvorming' (ecosysteem ingenieurs)

Naast de zachte substraten komen in het BNZ ook biogene riffen voor, dit zijn riffen die gevormd worden door organismen die geklassificeerd worden als **ecosysteem- of habitatingenieurs**. Deze organismen kunnen op een directe of indirecte manier de beschikbaarheid van bronnen voor andere soorten beïnvloeden door hun fysische omgeving te veranderen. Op die manier vormen ze een gemeenschap of habitat die sterk verschilt van de omgeving.

Zowel op zachte substraten van de zeebodem als op harde artificiële substraten zoals strandhoofden kunnen rifbouwers zich vasthechten en op die manier aanleiding geven tot een unieke gemeenschap en lokaal erg verhoogde soortenrijkdom (**biodiversiteit hotspot**). De riffen op zachte substraten worden gevormd door schelpkokerwormen (*Lanice conchilega*) en bevinden zich in ondiep water, dichtbij de kust. Deze aggregaties maken deel uit van de macrobenthische gemeenschap *Abra alba*. Door samen te klitten vormen deze diertjes hun eigen micro-habitat (Figuur) waarbij ze in staat zijn de biogeochemische en fysische eigenschappen van het sediment te veranderen dat op die manier interessant wordt voor andere soorten. De riffen opgebouwd door *L. conchilega* zijn belangrijk vanuit natuurbehoudstandpunt aangezien ze zorgen voor een opmerkelijke toename in de biodiversiteit in een anders relatief soortenarm milieu.

Lanice wordt aangetroffen in verschillende types sediment, maar heeft een voorkeur voor eerder fijne tot medium korrelgrootte (100-500 µm) met een relatief hoog slibgehalte (10-40%). Schelpkokerwormen bouwen hun koker (max. 65 cm, maar typisch eerder 20 cm lang) uit schelpengruis en zandpartikels, en steken die ongeveer een 4-tal cm boven de zeebodem uit (Figuur). Het zijn in de regel detritusvoeders die zich voornamelijk voeden met organisch materiaal op de zeebodem (bv. microfytobenthos, gefragmenteerde macroalgen, in mindere mate bacteriën), maar ook de mogelijkheid hebben om met behulp van een tentakelkrans op een passieve manier kleine voedseldeeltjes en plankton uit het water te filteren ().

Lanice conchilega is een voorbeeld van een ecosysteem ingenieur die zowel op autogene als op allogene manier zijn omgeving zal beïnvloeden (De Smet, 2015). **Allogene effecten** zijn structurele en abiotische modificaties uitgevoerd door de ecosysteem ingenieur op zijn omgeving, die onrechtstreeks andere biota zullen beïnvloeden. Zo zal *Lanice* de biogeochemische eigenschappen van zijn nabije omgeving en sedimenten wijzigen, voornamelijk door bio-irrigatie (uitwisseling van water tussen de koker en het water net boven de zeebodem). Tijdens dit proces zal *L. conchilega* zuurstofrijk water vanuit de waterkolom in het sediment pompen en op die manier zorgen voor een diepere zuurstofpenetratie waar verschillende benthosgemeenschappen van profiteren. Onrechtstreeks worden er op die manier ook processen als benthische respiratie, mineralisatie en gerelateerde vernieuwing van de nutriëntenpool in de waterkolom, en denitrificatie door bacteriën beïnvloed (Degraer et al., 2010; De Smet, 2015).



Figuur 6-11: Voorbeeld van een *Lanice conchilega* aggregatie en detail van afzonderlijke kokers in het BNZ (Bron: (Degraer et al., 2010); Foto's: Marijn Rabaut)

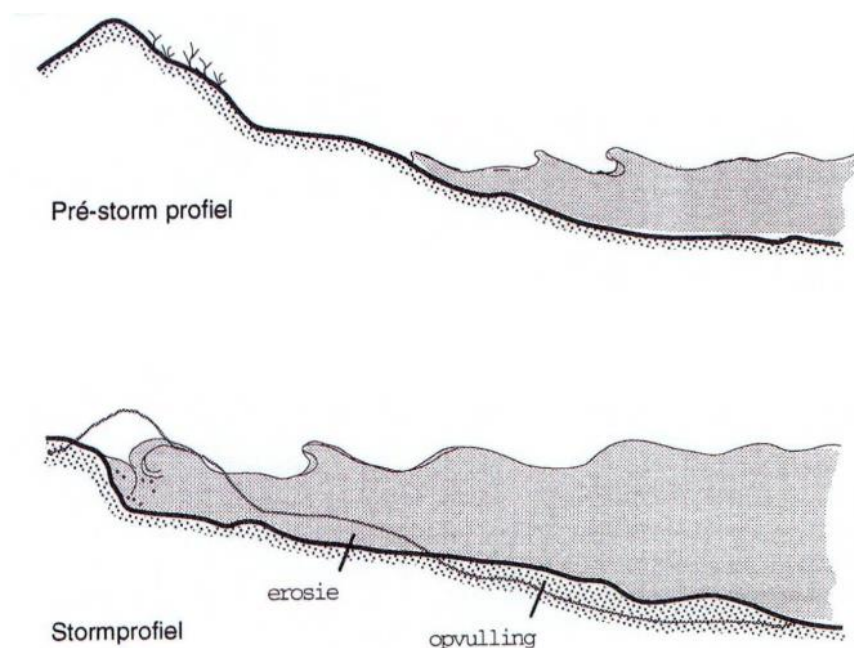
Autogene effecten zijn veranderingen die rechtstreeks te maken hebben met de aanwezigheid van de ecosysteem ingenieur zelf, en op die manier geassocieerde biota gaan beïnvloeden. Schelpkokerwormen kunnen door hun aanwezigheid lokaal enorm dense aggregaties vormen van wel enkele duizenden individuen per m² en op die manier aanleiding geven aan een reliëf van kleine heuvels (tot ongeveer 80 cm hoog) met daartussen ondiepe depressies. Dit doen ze door zand- en slibpartikels als het ware te 'vangen' en lokaal vast te houden tussen hun kokers wat de habitatstabiliteit ten goede komt. Samen met het sediment wordt ook het organisch materiaal dat aanwezig is tussen de zandkorrels mee vastgehouden wat aanleiding geeft tot een verhoogde hoeveelheid voedsel die beschikbaar is voor allerlei bodembewonende organismen. Door de veranderde micro-topografie van het sediment ter hoogte van de riffen zal ook de stroming in en rond het rif (hydrodynamiek) gedeeltelijk worden beïnvloed.

Al deze zaken maken van de biogene *Lanice* riffen een aantrekkelijk habitat dat helpt in de rekrutering en instandhouding van verschillende groepen organismen en aanleiding geeft aan een rijke gemeenschap. Onder de groepen geassocieerde biota vallen onder meer het benthos met o.a. micro-organismen, algen, meiofauna, macrofauna en epifauna, alsook daarvan afhankelijke fauna zoals (juvenile plat-)vissen en vogels (De Smet, 2015; Passarelli et al., 2018). Enkele soorten die vaak in associatie met de *Lanice*-aggregaties voorkomen zijn de borstelwormen *Phyllodoce* spp. En *Eumida sanguinea*, en het hongerlijdertje (vlokkreeftje *Pariambus typicus*). Op Noordzee-schaal bleek dat 52% van de benthische soorten die algemeen aanwezig zijn in ondiepe fijn zanderige sedimenten, gecorreleerd zijn met *L. conchilega* (Van Hoey, G. et al., 2008). Dit benadrukt het belang van deze riffen voor de bodembewonende gemeenschappen van de Noordzee.

De riffen op artificiële harde substraten (AHS) worden doorgaans gevormd door **aggregaties mosselen** (*Mytilus edulis*) die zich vasthechten door middel van byssusdraden (baarddraden) op de harde oppervlakken van bijvoorbeeld strandhoofden. Net als alle harde substraten in zeewater, worden de artificiële constructies in het BNZ geleidelijk aan bezet met allerlei flora en fauna. Naast mosselen worden er ook veel wieren en kleine ongewervelden aangetroffen. Vissen en vogels maken dan weer gebruik van deze constructies als rust-, schuil- en/of voedingsplaats. De gemeenschappen die geassocieerd met de harde substraten voorkomen, zijn vaak beperkter in hun voorkomen in de omliggende omgeving (strand en/of zachte zeebodemsedimenten) waardoor ook deze riffen op artificiële substraten de biodiversiteit lokaal verhogen. De strandhoofden kunnen min of meer vergeleken worden met kunstmatige mini-rotskustjes. Soorten die er voorkomen moeten bestand zijn tegen tijdelijke uitdroging door de wisselwerking van eb en vloed. Daardoor treedt eveneens een verticale zonatie op van soorten die grotendeels ondergedompeld leven (onderaan strandhoofden) tot soorten die tijdelijk droog komen te staan (bovenaan strandhoofden) tussen twee getijden in. Langsheen deze zonatie wordt de bovenste zone gekenmerkt door een gemeenschap die voornamelijk bestaat uit een weinig complex wiertapijt met onder andere darmwier, zeesla (*Ulva*) en purperwier (*Porphyr umbilicalis*) dat water vasthoudt en zeer glibberig kan zijn. In de spleten tussen de betonblokken vindt men onder meer de ruwe alikruik (*Littorina saxatilis*). Meer naar laagwater toe komt een zone voor van dicht op elkaar zittende zeepokken. Pas meer zeewaarts in de nattere zone komen de mosselbedden (*Mytilus edulis*) voor. Recent worden ook steeds meer oesters (*Ostrea edulis*) aangetroffen op onze strandhoofden, voornamelijk op de meer beschutte plaatsen. Deze was historisch gezien belangrijk als rifbouwer in het BNZ, maar is quasi volledig verdwenen door de virusinfectie *Bonamia*. De mosselen zijn dikwijls begroeid met wieren (darmwier, zeesla, purperwier), mosdiertjes (Bryozoa) en zeepokken. Tussen de baarddraden van de mosselen kunnen er heel wat andere organismen voorkomen zoals borstelwormen, vlokkreeftjes, (zee)pissebedden en kleine krabbetjes. De zeester (*Asterias rubens*) voedt zich met de mosselen en zeepokken en wordt dus vaak aangetroffen in associatie met de mosselbanken. Verder kunnen er nog sponzen, zakpijpen, anemonen, alikruiken, etc. gevonden worden in deze artificiële riffen.

A.4 Bijlage 1.4 – Morfologische evoluties van strand en duin

Onder normale, kalme weersomstandigheden zal de vorm van het strandprofiel niet veel veranderen. Tijdens stormweer echter zijn de veranderingen meestal plots en soms heel ingrijpend omdat de factoren van het dynamisch evenwicht aanzienlijk veranderen. Tijdens een storm vergroot de golfhoogte en stijgt het waterniveau (lage luchtdruk en een grotere hoeveelheid water die naar de kust toe opgestuwd wordt). Tijdens de storm wordt het pre-storm strandprofiel gewijzigd: het strandprofiel wordt vlakker gemaakt doordat de golven de hogere delen van het strand (de zeereep of voorduin) eroderen en het sediment afzetten op de zeebodem van de vooroever, waardoor deze wordt opgehoogd (Figuur 6-12). Zo wordt een nieuw strandprofiel gecreëerd dat de destructieve stormgolven in kracht doet verminderen door progressief de golven te laten breken en ze te hervormen, nog voor ze het droge strand bereiken. De onderwater gelegen brandingsbanken van de vooroever worden op die manier stormbanken die de grootste stormgolven al een flink stuk zeewaarts laten breken.



Figuur 6-12: Schematische voorstelling van de herverdeling van sediment van de zeereep en strand naar dieper water om de vooroever op te hogen tijdens storm (Bron: (Baeteman, C., 2008))

Dit mechanisme vereist een aanzienlijk sedimenttransport (de gehele zeebodem is in beweging). De enige plaats vanwaar het zand vandaan kan komen, is het droge strand en de zeereep of voorduin die bijgevolg geërodeerd worden. Tijdens deze erosie wordt een verticale klif gevormd in de voorduin (Figuur 6-13) en grijpt een herverdeling van sediment plaats van de duin naar dieper water. Een mooi voorbeeld van klifvorming is zichtbaar ter hoogte van de duinreep aan het Zwin te Knokke-Heist (Figuur 6-14). Deze kliffen ontstonden door de zg. Nieuwjaarsstorm van 2 jan 2018. Het is duidelijk dat de zeereep zeer functioneel is in dit proces en moet beschouwd worden als een reservoir van zand om het strandprofiel te kunnen in stand houden. Na de storm zal het zand geleidelijk aan terug van de stormbanken naar het droog strand en voorduin gebracht worden door respectievelijk de golven en de wind. De hoeveelheid zand die verplaatst wordt, of de graad van erosie, hangt af van de kracht en duur van de storm, maar wordt vooral gedetermineerd door de toestand van de vooroever. Wanneer de vooroever "in slechte staat" is, d.w.z. onvoldoende zand heeft en dus te diep ligt (niet in dynamisch evenwicht is), zal niet alle geërodeerde zand teruggebracht worden naar het droog strand en voorduin en is het fenomeen van structurele erosie, een niet-omkeerbaar proces, in gang geschoten wat leidt tot blijvende achteruitgang of afslag van de eerste duinenrij. Tenzij de mens ingrijpt en een zeezuigerdijk bouwt.



Figuur 6-13: Tijdens de storm wordt door erosie een verticale klif gevormd in de zeereep. Na de storm wordt het zand geleidelijk aan terug van de vooroever naar het droog strand en duin gebracht door golven en wind (Nieuwpoort) (Bron: (Baeteman, C., 2008))



Figuur 6-14: Klif in zeereep t.h.v. Zwin (Knokke-Heist) na Nieuwjaarsstorm van 2 jan 2018 (foto: D. Libbrecht).

Het strand te De Panne is een schoolvoorbeeld van de nefaste invloed van een zeeweringsdijk. Door het bouwen van een zeeweringsdijk wordt het zand van de voorduin vastgelegd. Het is dus niet meer beschikbaar om de vooroever op te hogen bij stormcondities. Daardoor zal geleidelijk aan het strandprofiel in het zeewaartse gebied steiler en steiler worden, zodanig dat er meer en meer zand nodig zal zijn om bij de volgende stormen de vooroever op te hogen. Iedere storm zal ook hogere golven veroorzaken omdat de waterdiepte steeds groter wordt. Gezien de voorduin niet meer beschikbaar is, wordt het noodzakelijke zand genomen van het droge strand. Dit verplaatste zand wordt bij normale weersomstandigheden echter niet meer teruggebracht naar het droge strand met als gevolg dat dit steeds smaller wordt en uiteindelijk volledig verdwijnt. Het eindresultaat is dat alle golven, groot en klein, met volle energie tegen de zeedijk gaan beuken. De golfenergie is thans geconcentreerd en wordt niet meer verspreid op het strand, maar wordt teruggekaatst, wat de kritische situatie nog eens verergert. Zeeweringsdijken zijn dus paradoxaal. Wat beschouwd wordt als bescherming of als verdediging om erosie te stoppen, leidt op lange termijn tot volledige vernietiging van droog strand en voorduin.

Aan de voet van het duinreservaat De Westhoek werd in 1976 tussen De Panne en de Franse grens een betonnen zeewering gegoten over 3 km. Deze werd tijdens de winterstorm van hetzelfde jaar stukgeslagen en twee jaar later hersteld. Het droog strand is thans volledig verdwenen.

A.5 Bijlage 1.5 – Eigenschappen van het zoet grondwatersysteem in de duinen

De **watertafelhoogte** in de duinen kan lokaal veel invloed ondervinden van ondiepe slecht doorlatende klei- en veenlagen, waardoor de grondwatertafel tot enkele meters hoger kan staan. Dit is onder andere het geval in de Houtsaegerduinen en Noordduinen in Sint-Idesbald en het oosten van de Oostvoorduin (Provoost et al., 2020).

In het eindrapport van de periode 2015-2019 van Beheerevaluatie kust verzamelen (Provoost et al., 2020) **kenmerkende cijfers voor het duinengrondwatersysteem** (Tabel 8-2). Daaruit blijkt dat de grondwatertafel binnen 60% van de door ANB beheerde gebieden gemiddeld tussen 80 en 110 cm fluctueert. Daarnaast kunnen grotere schommelingen optreden in grote natte duinvalleien waar veel verdamping optreedt of in bodems met een geringer waterbergend vermogen (bv. klei of slibhoudend zand). Er kunnen ook kleinere schommelingen zijn door de temperende invloed van de zee, oppervlaktewater of kwel (Provoost et al., 2020).

Tabel 6-11: Kenmerken grondwatersysteem duinen (Provoost et al., 2020)

Gemiddelde seizoenale fluctuatie grondwatertafel (binnen 60% van de door ANB beheerde gebieden)	80 – 110 cm
Porositeit (Saxton et al., 1986)	0.33
Hydraulische doorlatendheid fijn zand (Lebbe, 1978)	8 – 12 m/dag
Hydraulische doorlatendheid grof zand (Lebbe, 1978)	14 – 18 m/dag
Verhang grondwatertafel: noordelijke pannengordel Westhoek	1 – 2 mm/m
Verhang grondwatertafel: binnenduintrand Westhoek	5 mm/m
Stroomsnelheden Westhoek	1 – 10 cm/dag

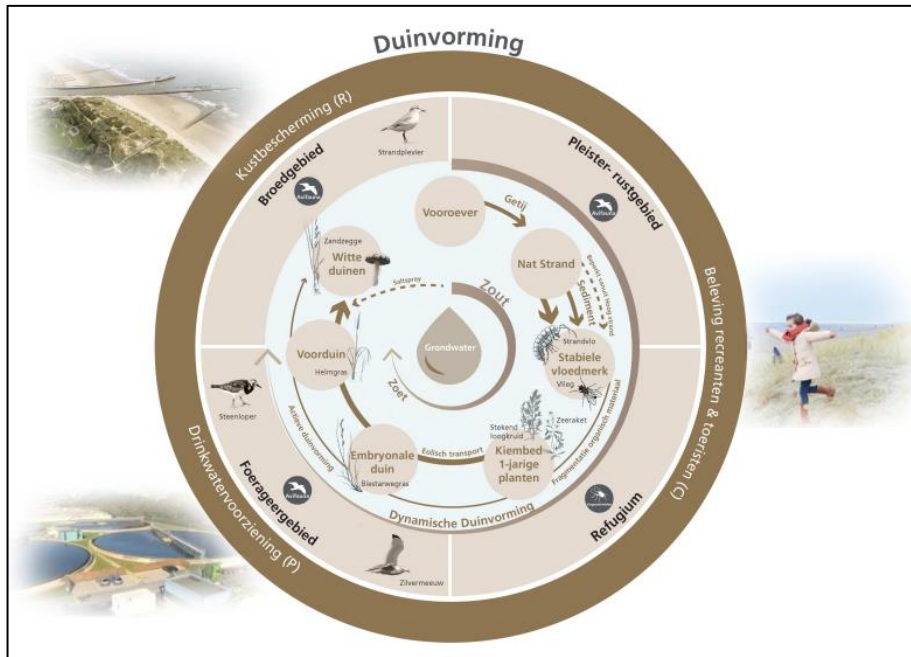
Menselijk te beïnvloeden factoren die de netto-neerslagvoeding in het duingebied bepalen zijn de breedte van het duingebied en de hoeveelheid grondwater die uit het duingebied onttrokken wordt, zij het door een waterwinning of door een randdrainage nabij de landwaartse duinzijde (meestal in functie van landbouw). Het Westhoekreservaat zit bijvoorbeeld vervat in een brede duingordel (> 1,5 km). Er is in dit duingebied een zoetwatervoorraad aanwezig die de watervoerende laag volledig afsluit en het achterland beschermt tegen verzilting. Meer dan 10 jaar geleden werden een tweetal sluffers aangelegd in dit duingebied, waardoor zeewater vrij het gebied kon inlopen bij springvloed. Normaliter is het watersysteem robuust genoeg om verzilting van het grondwater tegen te gaan. De IWVA³-winning in dit gebied (nu Aquaduin) kon de robuustheid van dit systeem doen kantelen afhankelijk van hun windebiet. Momenteel is nog één kleine grondwaterwinning vergund in het duingebied van het Westhoekreservaat (tot 2024).

We onderscheiden drie verziltingsprocessen :

- Verzilting van het oppervlaktewater: het zoute grondwater komt naar de oppervlakte via de bodem van de poldergrachten, via de drainagebuizen en via de zandige lagen in de oppervlakkige bodem. Deze “zoute kwel” wordt dus in eerste instantie opgevangen in de grachten. Traditioneel verdunt de aanvoer van zoet water het zout water in de polders en wordt het zoute water uiteindelijk geloosd in de zee. Een proces dus van verdunnen en doorspoelen. Dit doorspoelen vraagt grote hoeveelheden zoet water, wat in de toekomst steeds minder voor voorradig zal zijn. Verzilting van het oppervlaktewater is in essentie een probleem voor de drinkwatervoorziening van vee en voor het gebruik van oppervlaktewater voor beregening van gewassen.
- Verzilting van de bodem kan optreden als de grens zoet water – zout water zo kort bij het maaiveld komt te liggen dat het zoute water in de wortelzone van de planten terechtkomt. Afhankelijk van het gewas ligt die wortelzone natuurlijk dieper. Het kan m.a.w. zijn dat dit problematisch is voor bv. bomen maar niet voor aardappelen. Ook via de grachten kunnen bodems verzilten: als het zoute water, opgevangen in de grachten via drains of via zandige delen van de bodem zich vanuit de grachten verspreid naar de omliggende bodems. Dit is een relatief beperkt fenomeen. Verzilting van de bodem kan ook veroorzaakt worden doordat zout water op de bodem terechtkomt. Beregening van landbouwgewassen met zilt water kan leiden tot verzilting van de bodem. Verzilting van de bodem is meestal een structureler probleem dan verzilting van het oppervlaktewater: de fenomenen die verzilting van de bodem veroorzaken kunnen tijdelijk zijn, de effecten blijven langer duren (zout “verdwijnt” niet zomaar uit een bodem).
- Verzilting door dijkdoorbraken: door een dijkbreuk kan zeewater tijdelijk delen van de polders overstromen. Hierbij krijg je natuurlijk een zeer drastische verzilting van zowel oppervlaktewater, grondwater als bodem. Zo kennen De Moeren in Veurne nog steeds een verziltingsproblematiek die minstens deels veroorzaakt is door de onderwaterzetting van De Moeren tijdens de tweede wereldoorlog. In sommige landen wordt bewust de keuze gemaakt om niet alle kustregio's te beschermen tegen 1000-jarige stormen en wordt het risico op dijkbreuken ingecalculeerd.

³ Intercommunale Waterleidingmaatschappij van Veurne-Ambacht

A.6 Bijlage 1.6 – Duinvorming in mobiele duinen



Figuur 6-15: Visualisatie ecosysteemproces 'Duinvorming in mobiele duinen'

De vooroever en het intergetijdengebied (zone van het strand tussen hoogwater en laagwater) zijn belangrijke leveranciers voor zandtransport. Tijdens hoogwater woelen de golven het zand om en wordt de sedimentlaag telkens aangevuld. Deze omwoeling brengt een nieuwe fractie erodeerbaar materiaal in de toplaag. Bij laagwater droogt de toplaag op en kan de zandfractie (onder invloed van wind) worden getransporteerd. Het is dus hoofdzakelijk het **natstrand** die **zandleverancier** is, waarbij de fijne korrels worden opgepikt en kunnen verstuiwen. Ter hoogte van het droogstrand wordt de toplaag zelden omgewoeld. De fractie door wind erodeerbaar materiaal in de toplaag is na enige tijd reeds verstoven, waardoor de toplaag alleen nog bestaat uit moeilijk erodeerbaar materiaal: de afpleisterlaag. Alleen bij stormopzet wordt deze laag opnieuw omgewoeld en komt weer sediment beschikbaar voor verstuiwing.

De initiële duinvorming speelt zich af op het droogstrand, net landwaarts van **het vloedmerk**. Het vloedmerk en de duinvoet zijn nauw gelinkt met elkaar, en dat in beide richtingen: het vloedmerk vormt het aanknopingspunt voor zandophoping, en de ongewervelden die het vloedmerk afbreken tijdens springvloeden zoeken hun toevlucht in de duinvoet (Speybroeck *et al.*, 2005).

De ontwikkeling van terrestrische biota op het droogstrand start ter hoogte van de vloedmerken, die ontstaan door de aanvoer van **aangespoeld organisch materiaal** (o.a. wieren). De strandvlo speelt een belangrijke rol bij de fragmentatie van dit materiaal, al zijn het vooral vliegen die voor een verdere afbraak zorgen. Dit is de meest abundante en ecologisch belangrijkste insectengroep van het droogstrand (Grootaert and Pollet, 2004).

Op de ontbonden en licht overstoven vloedmerken kan vervolgens **kieming** plaatsvinden van **typische éénjarige plantensoorten** als zeeraket en stekend looikruid. Kenmerkend is hun tolerantie voor zout en de grote drijfkracht van de zaden waarmee ook zij door de zee worden aangevoerd. De vestiging van planten in het vloedmerk gebeurt ter hoogte van stabiele of sedimentaire kuststroken; bij kusterosie worden de vloedmerken weggeslagen alvorens vestiging plaatsvindt. Ook onder natuurlijke evenwichtsomstandigheden vertonen stranden fasen van aanwas en erosie. Deze fasen voltrekken zich over perioden van enkele decennia en doen zich voor als grote, in oostelijke richting migrerende golven (De Moor, 2006). Dit betekent dat de kustlijn onder natuurlijke omstandigheden een ruimtelijke zonering van erosie en aanwas, en dus ook van vloedmerkvegetaties, vertoont.

De fixatie van stuifzand gebeurt initieel door de kolonisatie met **biestarwegras** welke zich vestigt in de vloedmerken en geassocieerde vegetaties. Door het uitgebreide ondiep wortelnetwerk kan deze soort zowel horizontaal als verticaal meegroeien bij matige overstuiving en zo overblijvende **embryonale duintjes** genereren (Figuur 6-16). Onder invloed van eolische en getijdenwerking kunnen deze echter vernietigd worden en elders opnieuw gevormd. Een aandachtspunt bij initiële verstuiwing is ook de mogelijke uitvloeit van zoet grondwater uit een bestaand duinmassief. De uitvloeit van zoet grondwater over het droogstrand vanuit een duinmassief met sterk ontwikkelde zoetwaterlens legt de eolische werking volledig lam (bijvoorbeeld geobserveerd te Lombardsijde). Dit gebeurt voornamelijk in het vroege voorjaar onder invloed van de verhoogde regenval en daarmee gepaard gaande hogere watertafel. Op plaatsen waar deze zoetwateruitvloeit significant is, zal er tijdelijk geen verstuiwing kunnen aangrijpen en dus ook geen embryonale duinvorming. Indien er veranderingen optreden in de dikte van de zoetwaterlensen in de duinengordel onder invloed van een toenemende zeespiegel, zal de uitvloeit van zoet water richting het strand afnemen. Echter, een stijging in het zeewaterpeil zal algemeen inhouden dat er mogelijks onvoldoende nat- en droogstrand aanwezig is om initiële verstuiwingsprocessen en duinvorming optimaal te laten doorgaan.



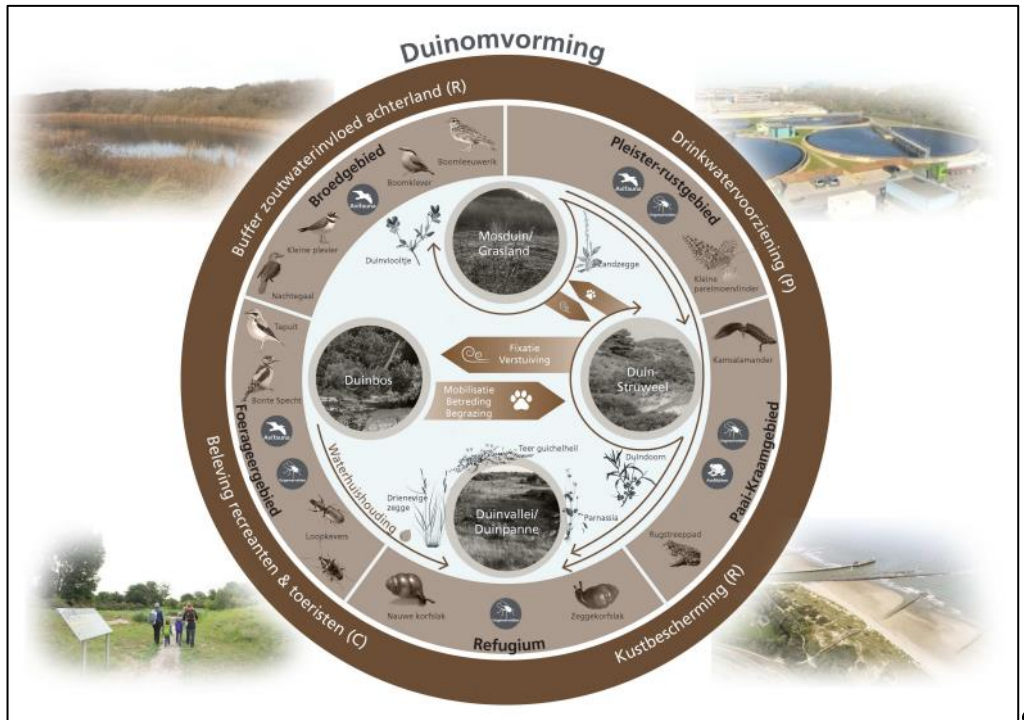
Figuur 6-16: Embryonale duinen met biestarwegras

In een tweede fase van de duinvorming kunnen de embryonale duintjes hoger worden (**voorduin**) en start de fixatie met helm. Andere kensoorten zijn o.a. zeepostelein (bedreigd, voornamelijk te vinden in Baai van Heist) en zandhaver. Het habitattype kan enkel als goed ontwikkeld worden beschouwd wanneer natuurlijke processen aan de basis liggen. Echter, op sommige plaatsen langsheen de Vlaamse kust komen deze embryonale duinen voor in een minder sterk ontwikkelde vorm tussen rijshout, waarbij de vegetatie veel soortenrijker is dan in de meeste natuurlijke embryonale duinen op het droogstrand (momenteel beperkt tot de Zeebermduinen in Oostduinkerke en de Baai van Heist).

Daar bij verdere ophoging van de duintjes de zilte invloed vermindert, neemt **helm** de dominantie van biestarwegras dan ook over. Helm is daarmee de voornaamste vegetatievormende en zandfixerende soort van de duinen in de zeereep. Het is in staat om zowel horizontaal als verticaal snel mee te groeien bij overstuiving, en dus om grote hoeveelheden sediment in de duinen vast te leggen. De aanvoer van mineraal, kalkrijk zand is zelfs bepalend voor diens vitaliteit. Dit blijkt vooral een gevolg te zijn van bodemorganismen die de gezondheid van helm aantasten: in de losse minerale bodems van stuifduinen kunnen deze organismen amper gedijen maar bij fixatie van helmduinen komt de bodemontwikkeling op gang en neemt het bodemleven toe. Gezonde helmvegetaties vereisen dus een constante verstuivingsdynamiek. Zeker in onze kalkrijke duinen zien we de vitaliteit van helm na fixatie snel afnemen (Van der Biest et al., 2017b).

Dynamische helmduinen (witte duinen) hebben een zeker 'zelfhelend vermogen' in geval van erosie, omdat kale zandplekken door de snelle groei van wortelstokken weer worden vastgelegd. Zij dragen dan ook in belangrijke mate bij tot de zeewerende functie van het duin. Ook andere soorten kunnen als zandfixeerder in de zeereepduinen fungeren (duinzwenkgras, zandzegge en kruipwilg), doch niet in dezelfde mate als helm. Ook overige bewoners van het helmduin zijn aan deze natuurlijke dynamiek gebonden (bv. blauwe zeedistel, heivlinder, strandzandloopkever, zeeduinchampignon). Het zijn hooggespecialiseerde soorten die door morfologische, fysiologische of andere aanpassingen in het extreme milieu van de stuifduinen kunnen gedijen, maar niet opgewassen zijn tegen concurrenten uit stabielere milieus. Dergelijke soorten maken deel uit van de meest kenmerkende levensgemeenschappen van het kustgebied en vormen daarom een prioriteit voor het natuurbeleid (Provoost and Bonte, 2004). Deze dynamiek moet op een landschappelijke schaal worden gedragen, willen alle functionele types zijn vertegenwoordigd.

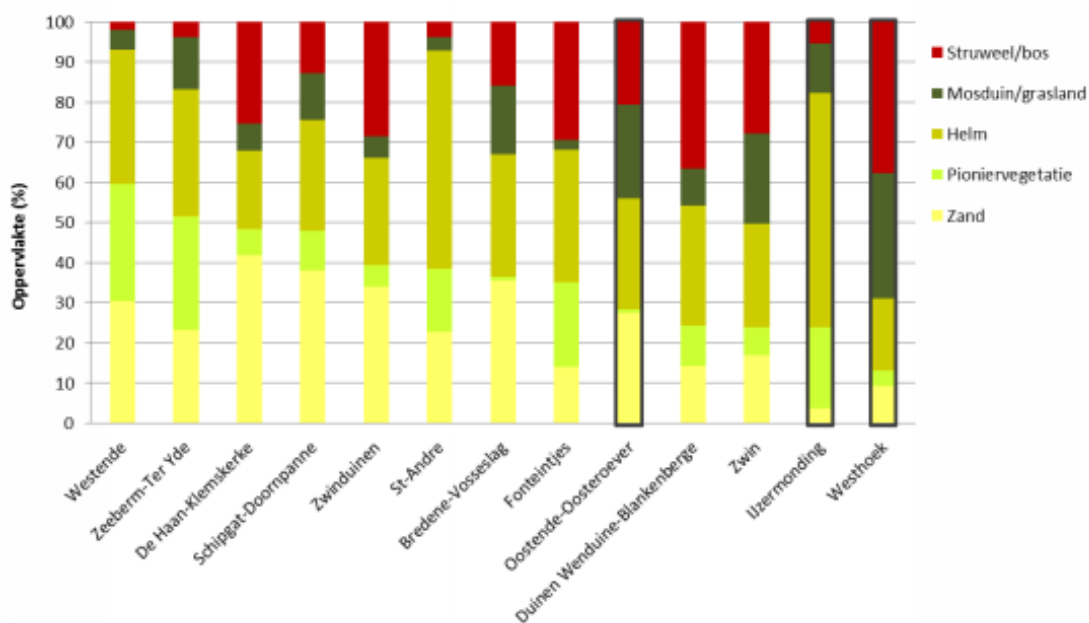
A.7 Bijlage 1.7 - Duinomvorming in gefixeerde duinlandschappen



Figuur 6-17: Visualisatie ecosysteemproces 'Duinomvorming in gefixeerde duinlandschappen'

Met verloop van tijd treedt er **natuurlijke fixatie** op in de duingebieden. Hierdoor wordt stuivend zand in toenemende mate vastgezet door de vegetatie die van belang is in de eerste duinvormingsprocessen (zie Bijlage 2.6), en krijgen andere planten de kans om zich te vestigen. De stuifduinen met typische helmvegetaties zullen op die manier evolueren naar de karakteristieke duingraslanden en mosduinen (habitattype 2130), duinstruweelvegetaties (habitattypes 2160 en 2170), en met verloop van tijd naar duinbossen (habitattype 2180). De aanwezigheid van harde constructies op het strand of aan de duinvoet kunnen dit proces echter versnellen door een verhoogde versnippering (fragmentatie) en fixatie van het duinlandschap in de hand te werken. Zij zorgen er immers voor dat de natuurlijke zandtoevoer en verstuiving belemmerd worden. Verdere verstoring van zandverstuivingsprocessen kan optreden als gevolg van zandsuppletie of andere maatregelen die een aanvoer van gebiedsvreemd zand inhouden. Uit onderzoek blijkt dat de fixatie ter hoogte van sommige duingebieden aan de Vlaamse kust in grote mate toeneemt (Figuur 6-18; (Provoost et al., 2014)).

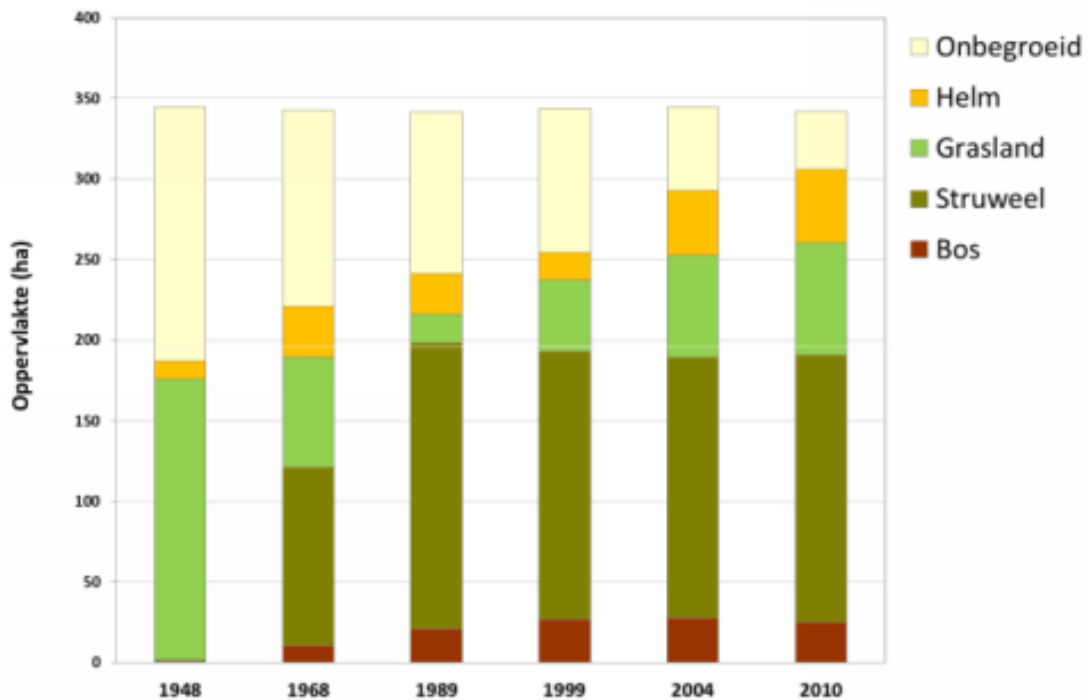
In het mozaïek van duinhabitats treedt er dus een zekere mate van natuurlijke successie op, waarbij de verschillende habitattypes kunnen overgaan in elkaar ten gevolge van natuurlijke processen. Zo zullen duindoornstruwelen (habitattype 2160) bijvoorbeeld overgaan in grauwe wilg- en kruipwilgstruwelen (habitattype 2170) indien de standplaats te nat wordt. Ook kan dit type door spontane successie evolueren naar een duinbos (habitattype 2180) met o.a. zomereik, gewone esdoorn en berk. Kruipwilgstruwelen (2170) gaan bij natuurlijke [successie](#) meestal over in duindoornstruweel (habitattype 2160) of duinbos (habitattype 2180). Door overstuiving kunnen ze vervangen worden door wandelende helmduinen (habitattype 2120). In natte pannen met sterk fluctuerende watertafel ontwikkelen hoog uitgroeïende, soortenarme grauwe wilg- of kruipwilgstruwelen, die eveneens tot duinbos (habitattype 2180) worden gerekend.



Figuur 6-18: Oppervlakteverdeling van de vegetatietypes uit (Provoost *et al.*, 2014) in de zeeoepgebieden langsheen de Vlaamse kust. De gebieden worden weergegeven volgens toenemende fixatie van de stuifduinen. Bedijkte zones zijn grijs omkaderd.

Vergrassing, veruiging en verstruweling door gebrek aan beheer en natuurlijke dynamiek binnen het duingebied is een ander proces dat historisch belangrijk is in de Vlaamse duingebieden. Doorheen de jaren is het aandeel struweel en bos fors toegenomen ter hoogte van een aantal duingordels (Figuur 6-19).

Wanneer duingraslanden (habitattypen 2130) niet beheerd worden, ontstaan rompgemeenschappen met kruipwilg (habitattypen 2170), duinroosje, glanshaver, zandzegge en/of gewoon struisriet. Andere soorten die wijzen op **verruiging** en verstruweling zijn veldhondstong, jakobskruiskruid, grote brandnetel, koninginnenkruid, kleeftuig en hondsdraf. Duingraslanden (habitattypen 2130) kunnen ook verdwijnen door struweeluitbreiding met onder meer duindoorn (habitattypen 2160), wilde liguster of sleedoorn, en in meer zure omstandigheden in principe ook door struikhei (habitattypen 2150; achteruitgaande soort; (Provoost *et al.*, 2010)), brem of gaspeldoorn.



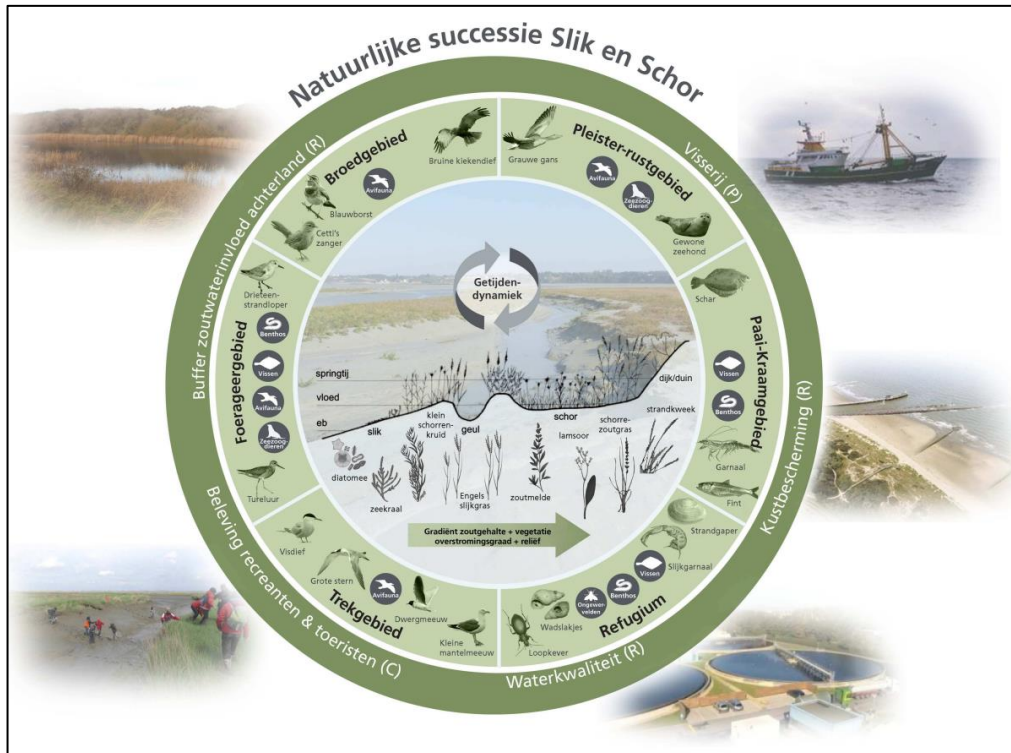
Figuur 6-19: Grafische voorstelling van de veranderingen in de vegetatie van de Westhoek (overgenomen uit (Provoost *et al.*, 2011)) ter illustratie van de processen vergrassing, veruiging en verstruweling

Verschillende habitattypes in de duinomgeving (o.m. vochtige duingraslanden – habitatype 2130 en duinpannen – habitatype 2190) zijn gevoelig voor [verdroging](#)/verandering in de waterhuishouding. De natuurlijke waterhuishouding van de duinen omvat verscheidene processen.

De hoeveelheid atmosferisch water dat het systeem binnendringt (infiltratie) wordt in belangrijke mate gestuurd door evapotranspiratie, waarbij de aanwezigheid en aard van de vegetatie, alsook de diepte van de grondwatertafel, bepalend zijn. Planten dragen op verschillende manieren bij aan de waterbalans, bovenop de in- en uitstoot van water via fotosynthese en respiratie. Zo pompen zij dieper gelegen water op via hun wortels, wat dan weer kan verdampen aan het bladerdek. Anderzijds functioneert de strooisel- en wortellaag als een waterretentie-oppervlak doordat zij verhinderen dat water snel doorheen het water infiltreert in diepere bodemlagen.

Habitats zoals duinvalleien (habitatype 2190) en habitats aan de binnenduinrand die rechtstreeks afhangen van hoge grondwaterstanden kunnen sterk beïnvloed worden door een kunstmatig verlaagde grondwatertafel of wijzigingen in neerslag- en temperatuurregimes. Ook een aanzienlijk deel van de biodiversiteit in duinen is grondwaterafhankelijk. Dit omvat verschillende soorten van gewestelijk en internationaal belang zoals kruipend moerasscherm (Bijlage II van de Habitatrictlijn) of rode barnsteenslak (IUCN Rode lijst). Historisch gezien kenden grote delen van het kustduingebied een verdroging als gevolg van drinkwaterwinning, polderdrainage of verminderde percolatie van neerslag door urbanisatie. Voor organismen die aan open water gebonden zijn, zoals waterplanten (hogere planten), amfibieën, libellen of kranswieren is de achteruitgang in hun populaties vooral te wijten aan het verdwijnen van biotopen in combinatie met een veranderde waterkwaliteit.

A.8 Bijlage 1.8 – Natuurlijke successie langsheen een zoet-zoutgradiënt



Figuur 6-20: Visualisatie ecosysteemproces 'Natuurlijke successie langsheen een zoet-zoutgradiënt'

Slikken ontstaan wanneer fijnkorrelige sedimenten bezinken boven de laagwaterlijn. Deze sedimenten worden verder vastgehouden en gestabiliseerd ('opslibbing') door het aanwezige microfytobenthos en de eerste pioniersoorten zoals zeekraal op slikken (habitattypen 1310) en Engels slijkgras op de overgang van slikken naar schorren (habitattypen 1320). Op die manier accumuleert het fijnere sediment en vormt er zich geleidelijk aan een stabielere en hoger gelegen gebied. Het slijkgras vormt hier een sleutelsoort doordat het bulten vormt in een soort microreliëf waardoor de ophoging van het terrein versneld wordt en de successie van slik naar schor bevordert. De slikken worden tot tweemaal daags overstroomd bij vloed, waarbij nieuwe aanvoer van fijne sedimentpartikels en de dynamiek tussen sedimentatie en erosie gegarandeerd blijven. De lagere slikken zijn doorgaans onbegroeid, maar bezitten rijke benthosgemeenschappen die een belangrijke voedselbron vormen voor vogels, vissen en zeezoogdieren. Hoger gelegen slikken zijn begroeid met kenmerkende soorten zoals Engels slijkgras. Op de plaatsen waar de invloed van het getij minder merkbaar is (i.e. hoger gelegen zones die enkel bij springtij overstroomd) kunnen zich schorren ontwikkelen uit de pioniervegetaties. Deze bezitten dan een bredere waaier aan hogere plantensoorten en geassocieerde gemeenschappen van ongewervelden en vogels.

A.9 Bijlage 1.9 - Afwatering van het achterland

De IJzer ontspringt uit verschillende stroompjes in Frankrijk en mondt na ongeveer 78 km uit in zee, in Nieuwpoort. Eén derde van het stroomgebied ligt in Frankrijk (375 km²). Zo'n 47 km van de IJzer loopt over Vlaams grondgebied (834 km²). Bekeken langs de kustlijn loopt het IJzerbekken van de Franse grens tot Oostende (W oever) (Vlaamse Milieumaatschappij, 2016b).

Binnen het **IJzerbekken** kunnen 4 grote afwateringsgebieden onderscheiden worden volgens de richting van waterlozing. Ze worden doorkruist door enkele kanalen. Een tweetal kanalen maken het afwateringsgebied uit richting Frankrijk (Ringslot en Bergenvaart). Het afwateringsgebied richting Ganzenpoot te Nieuwpoort is grotendeels gekanaliseerd. Stroomopwaarts van Fintele strekt het afwateringsgebied zich uit langs rechter- en linkeroever. Tussen Fintele en Diksmuide ligt het afwateringsgebied enkel langs rechteroever. Vanaf Diksmuide monden geen waterlopen meer uit in de IJzer, doordat hij volledig is ingesloten tussen dijken. De IJzer is door middel van een stuw en een sluis (Iepersluis, Ganzenpoot) aan de getijdenwerking van de zee onttrokken. Vlak voor deze sluis bevindt zich een spaarbekken met een oppervlakte van ongeveer 30 ha, dat fungeert als waterberging in perioden waarin niet naar zee kan afgevoerd worden.

De bovenlopen van de IJzer zijn typische neerslag waterlopen die in oorsprong natuurlijk zijn, maar op vele plaatsen, voornamelijk op hun midden- en benedenlopen, zijn rechtgetrokken en gekalibreerd, waardoor hun aandeel in versnelde afvoer richting kust aanzienlijk is.

In Fintele staat de IJzer via een sluis en een stuw in verbinding met het Lokanaal, dat bij hoge debieten kan ingeschakeld worden om een gedeelte van de IJzerafvoer via Veurne en het kanaal Nieuwpoort-Duinkerke naar Nieuwpoort af te voeren.

Het stroomgebied van de Blankaart waterlopen – Stenensluisvaart, Houtensluisvaart en Noordkantvaart – kent zijn oorsprong in Houthulst. Het waterpeil wordt geregeld door middel van een stuw en een vast pompemaal op de Stenensluisvaart.

Het grootste deel van de polderwaterlopen ten westen van de IJzer wordt ontwaterd via de Grote Beverdijkvaart en Koolhofvaart. Beide waterlopen vloeien samen op ongeveer 800 m van de IJzermonding in het afvoerkanaal van Veurne-Ambacht (het perskanaal in Nieuwpoort).

Het noordelijke deel van de polderwaterlopen ten westen van de IJzer watert enerzijds gravitair af via het Langgeleed in de haven van Nieuwpoort ter hoogte van het Kattesas en anderzijds via het kanaal Nieuwpoort-Duinkerke. Het Lokanaal vormt op zich geen onderdeel van het afwateringsgebied van het Veurne-Ambachtgemaal. Een deel van de polderwaterlopen wordt wel ontwaterd via dit kanaal door middel van 3 noodpompemalen.

Het kanaal Nieuwpoort-Duinkerke ontsluit de westkust en vormt een verbinding met de Noord-Franse havensteden. Het kanaal staat in verbinding met het sluisencomplex de Ganzenpoot in Nieuwpoort. In Veurne verzekeren noodpompen bij hoog water verbinding met het Lokanaal. Via het Sas van Dierendonck is er een doorgang van het kanaal naar het afwateringsgebied Grote Beverdijkvaart– Koolhofvaart.

Het kanaal Plassendale-Nieuwpoort ontsluit het binnenland. In Plassendale sluit het aan op het kanaal Oostende-Brugge. Het kanaal staat in verbinding met het sluisencomplex de Ganzenpoot in Nieuwpoort en sluit aan op de IJzer via de Sint-Jorissluis (verbindingskanaal met IJzer-spaarbekken). Het water dat in het kanaal Plassendale-Nieuwpoort terecht komt kan zowel naar Oostende als naar Nieuwpoort afvloeien. Een gedeelte van de polderwaterlopen ten oosten van de IJzer wordt afgevoerd via dit kanaal. De belangrijkste is de Moerdijkvaart. De voornaamste stroomrichting van het kanaal Nieuwpoort-Plassendale is richting Nieuwpoort.

De hoofdpolderwaterlopen ten oosten van de IJzer, uitwaterend via de Ganzenpoot te Nieuwpoort, zijn het Graningatevliet - Nieuw Bedelf en de Vladslovaart-Kreek van Nieuwendamme.

De hoofdpolderwaterlopen ten oosten van de IJzer die rechtstreeks afwateren via de haven van Oostende zijn Zandvoordegeleed-Provinciegeleed-Dode Kreek, Kameringsgeleed-Gauweloze kreek en Hagebruggeleed-Sluis kreek. Het Caemerlinckscomplex is het uitwateringskunstwerk in de haven van Oostende. De waterlopen zijn hoofdzakelijk ten noorden van het kanaal Plassendale-Nieuwpoort gelegen. Via grondduikers onder dit kanaal wordt ook een deel water van het gebied ten zuiden van dit kanaal afgevoerd via het Hagebruggeleed en het Pierskillegeleed.

Sommige polderwaterlopen ten oosten van de IJzer wateren af in het kanaal Plassendale-Nieuwpoort. De belangrijkste is de Moerdijkvaart. Deze watert gravitair af in het kanaal. De afwatering van de overige waterlopen naar het kanaal gebeurt via een 3-tal vaste pompemalen. Een grondduiker onder het kanaal Plassendale-Nieuwpoort zorgt voor verbinding met het Ieperleed.

Het **Bekken van de Brugse Polders** (Vlaamse Milieumaatschappij, 2016c) wordt doorsneden door 6 kanalen en kent 7 uitwateringspunten in zee (4 kanalen en 3 polderwaterlopen). Het kan onderverdeeld worden in 7 afwateringsgebieden waarvan sommige nog verder opgesplitst kunnen worden. Geografisch onderscheidt men in het noorden de kustpolders en in het zuiden de zandstreek. De afwatering gebeurt door het nog relatief natuurlijk bekenstelsel in de zandstreek ten zuiden van Brugge, en het kunstmatig slotenstelsel in de polders. Waterafvoer gaat rechtstreeks of onrechtstreeks via kanalen naar de Noordzee. Op kustlijnniveau loopt het bekken vanaf Oostende (Kanaal Gent-Oostende) tot de Nederlandse grens (Zwinnegeul).

De noordelijke kustpolders worden gekenmerkt door voornamelijk kunstmatig gegraven polderwaterlopen, met quasi geen verval. Het gebied is lagergelegen dan het vloedpeil van de zee. Het peil in de waterlopen wordt kunstmatig op een vast peil in stand gehouden. Voor de waterhuishouding is men afhankelijk van een getijgebonden gravitaire lozing naar zee door middel van schuifconstructies. Er zijn weliswaar 3 gebieden die continu bemalen worden. In de zomer wordt gebiedsvreemd water ingelaten in functie van bevoeiing en het tegengaan van verzilting. In de kustpolders kan men volgende 5 afwateringsgebieden onderscheiden:

- Blankenbergse Vaart die in verbinding staat met de Noordede en die uitmonden in respectievelijk Blankenberge en Oostende;
- Bemalingsgebieden naar kanaal Brugge-Oostende: Kwetshage Paddegat, De Katte, De Stegere;
- Lisseweegse Vaart welke uitmondt in de voorhaven van Zeebrugge;
- Boudewijnkanaal en achterhaven van Zeebrugge (vrij beperkt);
- Leopoldkanaal

De zuidelijke zandstreek wordt gekenmerkt door zogenaamde laaglandbeken die in oorsprong natuurlijk zijn doch op vele plaatsen, voornamelijk op hun midden- en benedenlopen, zijn rechtgetrokken en gekalibreerd. De beken ontspringen op hoogtes tot 50 m en bereiken nabij hun monding hoogtes van 6 à 10 m. Het verval van de beken in hun bovenlopen kan tot 2 m per km bedragen terwijl de benedenlopen vlak zijn met een verval van ca. 10 cm per km. In de zandstreek onderscheidt men volgende kleinere afwateringsgebieden, die elk naar één of ander specifiek kanaal ontwateren:

- Jabbeekse Beek (kanaal Brugge-Oostende);
- Kerkebeek (Leopoldkanaal of kanaal Brugge-Oostende);
- Rivierbeek (kanaal Gent-Brugge);
- 30 beken van beperkte lengte die uitmonden in het kanaal Gent-Brugge tussen Nevele en Oostkamp/Beernem;
- Sint-Trudoledeken – Zuidervaartje (Leopoldkanaal);
- Bemalingsgebied van de Hoofdsloot (o.a. Assebroekse Meersen) (Kanaal Gent-Brugge of Leopoldkanaal via Zuidervaartje);
- Ede (Schipdonkkanaal).

Vermeldenswaardig is de stuifzandrug Oudenburg Stekene die de scheiding vormt tussen de kustpolders en de zuidelijke zandstreek. Het betreft een historische duinengordel van een paar km breed en hoogtes tot 10 m TAW. De zuidelijke beken botsen tegen deze duinengordel aan en vormen depressies met doorbraken ter hoogte van Jabbeke, Brugge en Maldegem.

Het kanaal Gent-Brugge-Oostende speelt een rol in de ontsluiting van de havens van Zeebrugge en Oostende en heeft ook de functie van waterafvoer doordat meerdere laaglandbeken erin uitmonden alsook poldergebieden in worden bemaald. Het Leopoldkanaal en Aflleidingskanaal van de Leie zijn voornamelijk waterafvoerkanalen. Er werden 2 vijzels geplaatst nabij de uitwatering van het Leopoldkanaal, die in tijden van nood water zal overpompen naar het naburige Schipdonkkanaal welke, omwille van zijn hoger waterpeil, meer mogelijkheden bezit tot gravitair lozen. Het kanaal Brugge-Sluis (Damse Vaart) heeft voornamelijk een recreatieve functie doch staat ook in voor de waterbevoorrading van de langs liggende polders. Het Boudewijnkanaal ten slotte heeft in de eerste plaats een scheepvaartfunctie doch kan uitzonderlijk ingezet worden voor de opvang van wassen op het kanaal Gent-Brugge-Oostende.

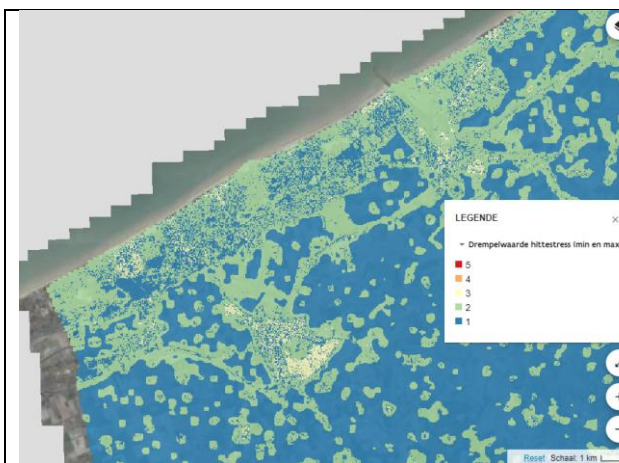
Het kanaal Gent-Oostende, het Aflleidingskanaal van de Leie en het Leopoldkanaal vormen de hydrografische slagaders van het bekken van de Brugse polders. Ze voeren enerzijds gebiedsvreemd water afkomstig van het Bekken van de Leie door. Anderzijds monden in deze kanalen een aantal laaglandbeken en polderwaterlopen uit.

De Spuikom, welke grenst aan de haven van Oostende, vormt een belangrijke plaats voor watersportrecreatie. Daarnaast vindt ook visserij plaats en is De spuikom vanuit natuuroogpunt een belangrijke plas voor watervogels in connectie met de nabijgelegen zee. In 2004 werd een beheerplan opgesteld voor De Spuikom.

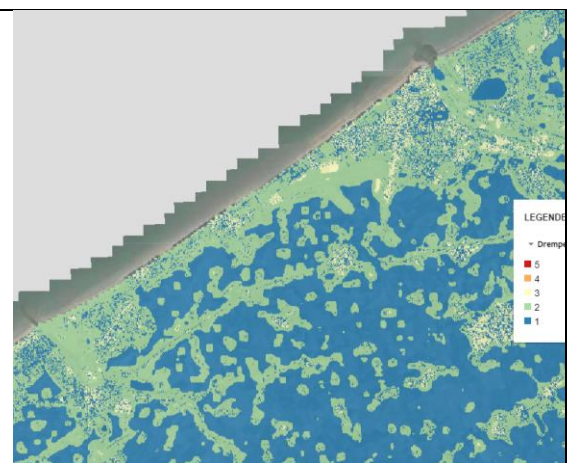
A.10 Bijlage 1.10 - Hittestresskaarten

Hogere temperaturen kunnen een belangrijke gezondheidsimpact hebben, zeker in stedelijke agglomeraties die relatief veel warmte vasthouden. Die gezondheidsimpact wordt niet enkel bepaald door de hoogte van de luchttemperatuur, maar ook door de aan-/afwezigheid van schaduw, de luchtvochtigheid en de windsnelheid. De gevoelstemperatuur houdt rekening met al deze parameters. De mate van overschrijding van de drempelwaarden voor dagmaximum en dagminimum gevoelstemperatuur tijdens een extreme hittedag met een terugkeerperiode van 20 jaar, worden weergegeven in 5 klassen. Vanaf score 4 is ernstige gezondheidsschade te verwachten.

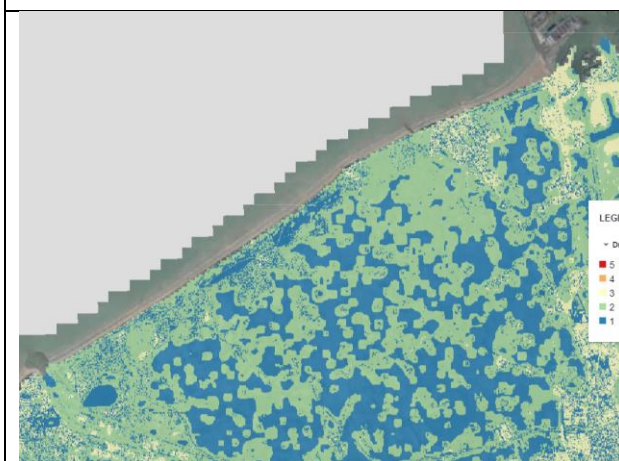
- Wanneer wordt ingezoomd op het gebied rond de haven van Zeebrugge dan kan het volgende afgeleid worden: De voorhaven, de achterhaven en het Boudewijnkanaal vormen belangrijke verkoelende waterlichamen in het studiegebied. Het verkoelend effect van de Noordzee – de zeebries – staat niet op deze kaarten weergegeven, maar is uiteraard ook zeer belangrijk. Op de kaarten is ook een verkoelend effect zichtbaar van de duingebieden langs het strand van Zeebrugge. De woonkern van Zeebrugge en de haven ondervinden door de dichte bebouwing en verharding een grotere mate van hittestress dan het achterland, in casu de aanliggende poldergebieden ten oosten en ten westen van het projectgebied.
- Dezelfde algemene bevindingen omtrent de mate van hittestress en de verschillen tussen enerzijds duingebied en anderzijds havens en badplaatsen kunnen gemaakt worden voor de rest van het plangebied.



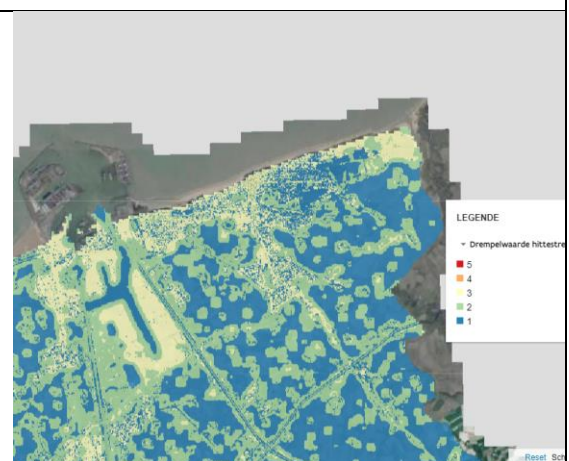
Figuur 6-21: Drempelwaarde hittestress (min en max) – huidige klimaat (Bron: (Klimaatportaal VMM, 2023)) - Westkust



Figuur 6-22: Drempelwaarde hittestress (min en max) – huidige klimaat (Bron: (Klimaatportaal VMM, 2023)) – Middenkust-West



Figuur 6-23: Drempelwaarde hittestress (min en max) – huidige klimaat (Bron: (Klimaatportaal VMM, 2023)) - Middenkust-Oost



Figuur 6-24: Drempelwaarde hittestress (min en max) – huidige klimaat (Bron: (Klimaatportaal VMM, 2023)) - Oostkust

Bijlage B Bijlage 2 – Identificatie opportuniteiten Vlaamse kust

Gedetailleerd overzicht ESD en bijkomende socio-economische opportuniteiten per kuststelsel.

KUSTSYSTEEM	KUSTELEMENT	OPPORTUNITEITEN (INCL. ECOSYSTEEDIENSTEN)
Zee	Zee en vooroever	<ul style="list-style-type: none"> Habitat: zachte en/of harde substraten (bv. als broed-, rui-, rust- en foerageergebied) Biodiversiteit: migratie corridor Biodiversiteit: kraamkamer en paaigebied (instandhouding) Voedselvoorziening: visserij en aquacultuur Voedselvoorziening: kraamkamer en paaigebied voor commerciële visserijsoorten (inclusief schaal- en weekdieren) Voedselvoorziening: drinkwatervoorziening (als zeewater omgezet wordt in zoetwater) Energievoorziening: hernieuwbare energie (wind, getij, golf, zon) zandvoorziening Kustbescherming: demping golfenergie Kustbescherming: functie als zandmotor Klimaatregulatie: bestrijding hittestress Klimaatregulatie: secundaire koolstofvastlegging Regulatie: nutriëntencyclus en sedimenthuishouding Toerisme: natuurbeleving (o.a. benthos; vissen, wieren, vogels, zeezoogdieren) Recreatie: watersport en kleinzeilerij/pleziervaart Wetenschap: kennisontwikkeling en onderzoeksmogelijkheden Educatie: kennisdeling en educatieve (jongeren)programma's Werkgelegenheid en inkomsten: visserij (commercieel en recreatief), aquacultuur, energie, zandwinning, toerisme en sport(clubs) Welzijn: mentale en fysieke gezondheid
Uitbouw kust	Slikken en schorren	<ul style="list-style-type: none"> Habitatcreatie: nieuw intertidaal habitat (bv. als refugium, broed-, rui-, rust-, foerageer- en doortrekgebied) Biodiversiteit: kraamkamer en paaigebied (instandhouding) Voedselvoorziening: kraamkamer en paaigebied voor commerciële visserijsoorten (inclusief schaal- en weekdieren) Kustbescherming: demping golf- en getijwerking Klimaatregulatie: verbetering waterkwaliteit Klimaatregulatie: koolstofopslag en -vastlegging (blue carbon) Regulatie: nutriëntencyclus en sedimenthuishouding Regulatie: buffer zoutwaterinvloed naar achterland (verzilting) Toerisme: wandelen en natuurbeleving (vogels, zeezoogdieren) Wetenschap: kennisontwikkeling en onderzoeksmogelijkheden Educatie: kennisdeling en educatieve (jongeren)programma's Werkgelegenheid en inkomsten: visserij (secundair), aquacultuur (secundair) en toerisme Welzijn: mentale en fysieke gezondheid
Strand en duin	Strand	<ul style="list-style-type: none"> Habitatcreatie: nieuw droog- en/of natstrandhabitat (bv. als broed-, rui-, rust- en foerageergebied) Biodiversiteit: migratie corridor Biodiversiteit: vloedmerk (refugium) Voedselvoorziening: strandvisserij Energievoorziening: hernieuwbare energie (getij, zon) Kustbescherming: demping golfenergie Klimaatregulatie: koolstofopslag en -vastlegging Regulatie: aanvoer sediment (duinvorming) Toerisme: wandelen, strandjatten en natuurbeleving Toerisme: horeca (bv. strandbars) en badgasten Recreatie: strandporten droog- en natstrand Wetenschap: kennisontwikkeling en onderzoeksmogelijkheden Educatie: kennisdeling en educatieve (jongeren)programma's Cultuur: kunst en eventmogelijkheden Werkgelegenheid en inkomsten: visserij, energie, horeca, toerisme, cultuur en sport(clubs)

KUSTSYSTEEM	KUSTELEMENT	OPPORTUNITEITEN (INCL. ECOSYSTEEDIENSTEN)
	Strandhoofden	<ul style="list-style-type: none"> • Welzijn: mentale en fysieke gezondheid • Grondverzet: overschotten externe projecten • Habitatcreatie: nieuw hard substraat (bv. als rust- en foerageergebied) • Habitatcreatie: natuurlijke en/of artificiële (biogene) riffen • Biodiversiteit: getijdenrefugium • Voedselvoorziening: kusthengelen • Kustbescherming: demping golfenergie • Klimaatregulatie: secundaire verbetering waterkwaliteit (biofilter) • Wetenschap: kennisontwikkeling en onderzoeksmogelijkheden
	Duinen	<ul style="list-style-type: none"> • Habitatcreatie: nieuw duinhabitat (bv. als refugium, broed-, rui- en rustgebied) • Biodiversiteit: migratie corridor • Biodiversiteit: kraamkamer en paaigebied (instandhouding) • Drinkwaterwinning • Voedselvoorziening: landbouw (achterland) (bufferende werking) • Energievoorziening: hernieuwbare energie (zon) • Kustbescherming: fysieke barrière en demping golfenergie • Klimaatregulatie: koolstofopslag en -vastlegging • Klimaatregulatie: bestrijding hittestress • Regulatie: buffer zoutwaterinvloed naar achterland (verziltig) • Regulatie: zandvang naar achterland • Toerisme: wandelen en natuurbeleving • Toerisme: overnachtingsmogelijkheden (camping) • Wetenschap: kennisontwikkeling en onderzoeksmogelijkheden • Educatie: kennisdeling en educatieve (jongeren)programma's • Cultuur: kunst en eventmogelijkheden • Werkgelegenheid en inkomsten: visserij, energie, horeca, toerisme, cultuur en sport(clubs) • Welzijn: mentale en fysieke gezondheid
Harde zeevering	Dijk en promenade	<ul style="list-style-type: none"> • Grondverzet: overschotten externe projecten • Biodiversiteit: migratie corridor (mits ecologische inrichting) • Voedselvoorziening: kusthengelen • Kustbescherming: fysieke barrière en demping golfenergie • Energievoorziening: hernieuwbare energie (zon) • Klimaatregulatie: bestrijding hittestress (mits ecologische inrichting) • Toerisme: horeca en/of overnachtingsmogelijkheden • Toerisme: wandelen en natuurbeleving (zeezicht) • Toerisme: winkel- en parkeergelegenheden • Educatie: kennisdeling en educatieve (jongeren)programma's • Recreatie: ruimte voor sport(events) • Cultuur: kunst en eventmogelijkheden • Werkgelegenheid en inkomsten: horeca, toerisme, cultuur en sport • Welzijn: mentale en fysieke gezondheid
	Dijk in duin	Zie 'duinen'.
	Stormmuur	<ul style="list-style-type: none"> • Grondverzet: overschotten externe projecten • Voedselvoorziening: kusthengelen • Kustbescherming: fysieke barrière en demping golfenergie • Toerisme: wandelen en natuurbeleving (zeezicht) • Educatie: kennisdeling en educatieve (jongeren)programma's • Cultuur: kunst
Havens	Strekdammen	<ul style="list-style-type: none"> • Grondverzet: overschotten externe projecten • Habitatcreatie: nieuw hard substraat (bv. als rust- en foerageergebied) • Habitatcreatie: natuurlijke en/of artificiële (biogene) riffen • Biodiversiteit: getijdenrefugium • Voedselvoorziening: kusthengelen

KUSTSYSTEEM	KUSTELEMENT	OPPORTUNITEITEN (INCL. ECOSYSTEEDIENSTEN)
		<ul style="list-style-type: none"> • Voedselvoorziening: verankering aquacultuur • Energievoorziening: hernieuwbare energie (zon, wind, getij, golf) • Energievoorziening: energieopslag (incl. waterstof) • Kustbescherming: demping golfenergie • Kustbescherming: veiligheid havengebied • Klimaatregulatie: secundaire verbetering waterkwaliteit (biofilter) • Toerisme: wandelen en natuurbeleving (zeezicht, vogels) • Wetenschap: kennisontwikkeling en onderzoeksmogelijkheden • Educatie: kennisdeling en educatieve (jongeren)programma's • Cultuur: kunst
	Havengebied	<ul style="list-style-type: none"> • Grondverzet: overschotten externe projecten • Habitatcreatie: nieuw hard substraat (bv. als rust- en foerageergebied) • Habitatcreatie: artificieel zacht intertidaal habitat • Habitatcreatie: natuurlijke en/of artificiële (biogene) riffen • Habitatcreatie: afgesloten vogeleiland en/of zeehonden-rustplaats • Voedselvoorziening: visserij (aanlanding en verhandeling) • Energievoorziening: hernieuwbare energie (zon, wind, getij, golf) • Energievoorziening: energieopslag (incl. waterstof) • Kustbescherming: fysieke barrière • Klimaatregulatie: vermindering carbon footprint transport (watertransport < landtransport) • Toerisme: natuurbeleving (vogels, zeezoogdieren) • Wetenschap: kennisontwikkeling en onderzoeksmogelijkheden • Educatie: kennisdeling en educatieve (jongeren)programma's • Werkgelegenheid en inkomsten: industrie, energie, en visserij

7 Bibliografie

Adriaens P. & Ameeuw G. (2008). Ontwikkeling van criteria voor de beoordeling van de lokale staat van instandhouding van de Vogelrichtlijnsoorten. *Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek*, 2008(36), 246.

Arets E.J.M.M. (2018). Klimaatcijfers voor natuur: Cijfers voor koolstofopslag en-vastlegging in Nederlandse natuur. *Wageningen Environmental Research*.

Baeteman, C. (2008). De Holocene evolutie van de Belgische kustvlakte Geological Survey of Belgium. Issue: 02 Pages: – 304 Volume: 2008.

Boerema A., Pieterse A., Biest K., Pandelaers C., Roder J., Verheyen B. & Bolle A. (2021). Ecosysteemdiensten en bouwen met de natuur aan onze zandige kust. RA21118. IMDC nv en UAntwerpen, Antwerpen.

Bot J. (2007). Vogelrichtlijngebied “BE2501033 - Het Zwin”. Instandhoudingdoelstellingen voor het Europees Vogelrichtlijngebied ‘Het Zwin’ (en het natuurdomein het Zwin in het bijzonder). Agentschap voor natuur en Bos, Brussel.

Breine N.T., Backer A., Colen C., Moens T., Hostens K. & Hoey G. (2018). Structural and functional diversity of soft-bottom macrobenthic communities in the Southern North Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, doi: 10.1016/j.ecss.2018.09.012.

Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis) (2022a). Kustvisie - Havenatlas. I/RA/11630/22.043/ABO/.

Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis) (2022b). Kustvisie - Zandbeschikbaarheid. E/RA/11630/22.013/ABO/.

Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis) (2022c). Kustvisie - Referentiesituatie kustveiligheid. I/RA/11630/21.184/ABO/.

Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis) (2022d). Kustvisie - Lange termijn kustlijnevolutie van de Belgische kust - Opzet Kustlijnmodel. I/RA/11630/22.058/ABO/.

Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis) (2023a). Kustvisie - Referentiesituatie Milieueffecten. E/RA/11630/21.041/ABO/.

Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis) (2023b). Kustvisie - MKBA. E/RA/11630/23.050/ABO/.

Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis) (2023c). Kustvisie - Trechteringsnota. I/RA/11630/22.078/ABO/.

- Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis) (2023d). Kustvisie - Synthese hydromorfologische analyses geoptimaliseerde alternatieven. I/RA/11630/23.051/ABO/.
- Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis) (2023e). Kustvisie - Kustlijnevolutie alternatieven. I/RA/11630/23.048/ABO/.
- Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis) (2023f). Kustvisie - Referentiesituatie verzilting. I/RA/11630/21.196/ABO/.
- Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis) (2023g). Kustvisie - Referentiesituatie hydromorfologie. I/RA/11630/21.203/ABO/.
- Dauwe S., Verleye T., Devriese L., Belpaeme K., Maelfait H., Pirlet H. & Mees J. (2019). Het KustINzicht 2019 - Compendium voor Kust en Zee. Vlaams Instituut voor de Zee (VLIZ): Oostende.
- De Backer A., Hoey G. & Hostens K. (2016). Long-term trends in the soft bottom benthic fauna of the Belgian part of the North Sea: results of 30 years environmental monitoring. In: Mees J. (ed.) Book of abstracts – VLIZ Marine Scientist Day, 75. VLIZ Special Publication, Brugge, Belgium.
- De Moor G. (2006). Strandgids het Vlaamse strand: geomorfologie en dynamiek. Vlaams Instituut voor de Zee: Oostende. 154.
- De Smet B. (2015). The importance of *Lanice conchilega* reefs in trophic linkages in intertidal areas. PhD thesis., Ghent University.
- Degraer S., Braeckman U., Haelters J., Hostens K., Jacques T., Kerckhof F., Merckx B., Rabaut M., Stienen E., Hoey G., Lancker V. & Vincx M. (2009). Studie betreffende het opstellen van een lijst met potentiële Habitatrichtlijn gebieden in het Belgische deel van de Noordzee. Eindrapport in opdracht van de Federale Overheidsdienst Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu. Directoraat-generaal Leefmilieu, Brussel, België.
- Degraer S., Courtens W., Haelters J., Hostens K., Jacques T., Kerckhof F., Stienen E. & Hoey G. (2010). Bepalen van instandhoudingsdoelstellingen voor de beschermde soorten en habitats in het Belgische deel van de Noordzee, in het bijzonder in beschermde mariene gebieden. Eindrapport in opdracht van de Federale Overheidsdienst Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu. Directoraat-generaal Leefmilieu, Brussel, België.
- Degraer S., Provoost S., Stienen E., Troch M., Hostens K., Pirlet H. & Devriese L. (2018). Natuur en milieu. In: Devriese L., Dauwe S., Verleye T., Pirlet H., Mees J. (eds.) Kennisgids Gebruik Kust en Zee 2018 - Compendium voor Kust en Zee.
- Devriese L., S. D., T. V., H. P. & J M. (2018). Kennisgids Gebruik Kust en Zee 2018 - Compendium voor Kust en Zee. *Oostende, België*, 230.
- Farys (2022). Persbericht.
- Fettweis M., Four I., Zeelmaekers E., Baeteman C., Francken F., Houziaux J.S., Mathys M., Nechad B., Pison V., Vandenberghe N., Eynde D., Lancker V. & Wartel S. (2007). Mud Origin, Characterisation and Human Activities (MOCHA. Belgian Science Policy Office.
- Fettweis M. & Van den Eynde D (2001). Eindrapport. Bepaling van de Sedimentbalans voor de Vlaamse kustwateren (SEBAB).
- FOD Economie D.C.P. (2020). Zand- en grindwinning in het Belgische deel van de Noordzee.
- Grootaert P. & Pollet M. (2004). Vliegen als onontbeerlijke elementen in de ecologie van strand en duinen. *Mededelingen van het Instituut voor Natuurbehoud*, 22, 208–219.

Haelters J., Jauniaux T., Kerckhof F., Potin M. & Vandenberghe T. (2016). Zeezoogdieren in België in 2015. MARECO 16/03. Rapport BMM, 16/01. *Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen*, 26.

Haelters J., Kerckhof F., Rumes B., Potin M. & Jauniaux T. (2017). Strandingen en waarnemingen van zeezoogdieren en opmerkelijke vissen in België in 2016. Strandingen en waarnemingen van zeezoogdieren en opmerkelijke vissen in België. Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen (KBIN): Brussel.

Haelters J., Vigin L., Stienen E.W.M., Scory S., Kuijken E. & Jacques T.G. (2004). Ornithologisch belang van de Belgische zeegebieden: identificatie van mariene gebieden die in aanmerking komen als Speciale Beschermingszones in uitvoering van de Europese Vogelrichtlijn. *Bulletin van het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen. Biologie*, 74(Suppl.), 90.

Hoefsloot G., Jagt H.A. & Duin W.E. (2020). Blue Carbon in Nederlandse kwelders. Kansen voor extra CO2 vastlegging in kwelders. *Bureau Waardenburg Rapportnr*, 20-028.

Hooyberg et al. (2023). *Journal of Environmental Psychology*. The psychophysiological reactivity to beaches vs. to green and urban environments: insights from a virtual reality experiment. Volume 91.

Klimaatportaal VMM (2023). IMPACT-tool: verken de gevolgen van klimaatverandering. <https://klimaat.vmm.be/kaarten-en-cijfers>.

Kustportaal (2023). Visserij en aquacultuur. www.kustportaal.be.

Lesschen J.P., Heesmans H.I.M., Mol-Dijkstra J.P., Doorn A.M. van, Verkaik E., Wyngaert I.J.J. van den & Kuikman P.J. (2012). Mogelijkheden voor koolstofvastlegging in de Nederlandse landbouw en natuur.

Mathys M. (2010). Het onderwaterreliëf van het Belgisch deel van de Noordzee. 26:16–26.

Muys et al. (2002). Scenario's voor broeikasgasreductie door vastlegging van koolstof en energiesubstitutie: ruimtebeslag, milieu-impact en kostenefficiëntie. Eindrapport PBO98/41/16. Laboratorium voor Bos, Natuur en Landschap, K.U.Leuven; Onderzoeksgroep Planten- en Vegetatie-Ecologie Universiteit Antwerpen, Centrum voor Economische Studiën, K.U.Leuven.

Passarelli C., Hubas C. & Paterson D.M. (2018). Chapter 10: Mudflat Ecosystem Engineers and Services. In: Beninger P.G. (ed.) *Mudflat Ecology*, Aquatic Ecology Series 7.

Pecceu E., Paoletti S., Hoey G., Vanelslender B., Verlé K., Degraer S., Lancker V., Hostens K., & Polet, H. (2021). Scientific background report in preparation of fisheries measures to protect the bottom integrity and the different habitats within the Belgian part of the North Sea. (ILVO-mededeling 277).

Polet H., Torreele E., Sandra M. & Verleye T. (2022). Visserij. In: Dauwe S. (ed.) *Kennisgids Gebruik Kust en Zee 2022 -Compendium voor Kust en Zee*.

Provoost S. & Bonte D. (2004). Levende duinen: een overzicht van de biodiversiteit aan de Vlaamse kust. Instituut voor Natuurbehoud.

Provoost S., Dan S. & Jacobs S. (2014). Hoofdstuk 23 – Ecosysteemdienst kustbescherming (INBO.R.2014.1988082. *Technisch rapport. Mededelingen van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek*, 1988582.

Provoost S., Feys S., Van Gompel W. & Vercruyssen W. (2011). Evaluatie van het gevoerde beheer en opmaak van een beheerplan voor het VNR De Duinen en Bossen van De Panne. Evaluatie van het

- gevoerde beheer en opmaak van een beheerplan voor het VNR De Duinen en Bossen van De Panne. Deel I: Evaluatie van het gevoerde beheer in de deelgebieden Houtsaegerduinen en de Westhoek. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel, D/2011/3241/359.
- Provoost S., Gompel W., Feys S., Vercruyse W., Packet J., Lierop F., Denys A.Y., & L. (2010). Permanente Inventarisatie van de Natuurreservaten aan de Kust. Eindrapport periode 2007-2010. *Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek*, 2010(19).
- Provoost S., Van Gompel W. & Vercruyse E. (2020). Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2020. Beheerevaluatie kust. Eindrapport 2015-2019. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel, 18.
- Seys J. (2001). Het gebruik van zee- en kustvogelgegevens ter ondersteuning van het beleid en beheer van de Vlaamse kustwateren. PhD Thesis., Gent.
- Silinski A., Belzen J. & Fransen E. (2016). Quantifying critical conditions for seaward expansion of tidal marshes: a transplantation experiment. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 169: 227–237.
- Silinski A., Heuner M. & Schoelynck J. (2015). Effects of wind waves versus ship waves on tidal marsh plants: a flume study on different life stages of *Scirpus maritimus*. *PLoS One* 10: 20150323. *PLoS One* 10: 20150323. doi: 10.1371/journal.pone.0118687.
- Smolders S., Plancke Y., Ides S., Meire P. & Temmerman S. (2015). Role of intertidal wetlands for tidal and storm tide attenuation along a confined estuary: a model study. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 15, 1659–1675.
- Speybroeck J., Bonte D., Dasseville R., Gheschiere T., Grootaert P., Lionard M., Maelfait J.-P., Sabbe K., Stienen E.W.M., Broeck K., Walle M., Landuyt W., Vercruyse E., Vyverman W., Vincx M. & Degraer S. (2005). Biologische evaluatie van elf strandzones langs de Vlaamse kust. eindrapport. AMINAL. Instituut voor Natuurbehoud/KBIN/Universiteit, b.e.st.
- Stienen E.W.M. & Kuijken E. (2003). Het belang van de Belgische zeegebieden voor zeevogels. *Rapport Instituut voor Natuurbehoud*, 2003(208), 33.
- Stienen E.W.M., Waeyenberge J., Kuijken E. & Seys J. (2007). Trapped within the corridor of the Southern North Sea: the potential impact of offshore wind farms on seabirds. In: Lucas M. (ed.) *Birds and wind farms: risk assessment and mitigation*.
- Teunis M. & Didden K. (2018). Blue Carbon in Nederlandse kwelders. Resultaten van vier kwelders in beheergebieden van Natuurmonumenten. Bureau Waardenburg Rapportnr, Culemborg.
- Van der Biest K., D'hondt B., Schellekens T., Vanagt T., Bonte D., Ysebaert, T., & Meire, P. (2017b). Ecosysteemvisie voor de Vlaamse kust – Deel II: Functionele beschrijving kustecosysteem en ecosysteemdiensten. eCOAST Rapport, 2014016-1. eCOAST Research Centre/Wageningen University Research/ECOB: Oostende.
- Van der Biest K., D'hondt B., Schellekens T., Vanagt T., P. K., D. B., Ysebaert T. en M., & P. (2017a). Ecosysteemvisie voor de Vlaamse kust – Deel I: Functionele beschrijving kustecosysteem en ecosysteemdiensten. eCOAST Rapport, 2014016-1. eCOAST Research Centre/Wageningen University Research/ECOB: Oostende.
- Van Hoey G., Degraer S., & Vincx M (2004). Macrobenthic community structure of soft-bottom sediments at the Belgian Continental Shelf. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 59, 599–613.

- Van Hoey, G., Guilini K., Rabaut M., Vincx M. & Degraer S. (2008). Ecological implications of the presence of the tube-building polychaete *Lanice conchilega* on soft-bottom benthic ecosystems. *Marine Biology*, 154, 1009–1019, doi: 10.1007/s00227-008-0992-1.
- Vandendriessche S., Derweduwen J. & Hostens K. (2015). Equivocal effects of offshore wind farms in Belgium on soft substrate epibenthos and fish assemblages. *Hydrobiologia*, 756(1), 19–35.
- Verleye T.J., Lanssens T., Dauwe S. & Torreele E. (2022). Beleidsinformerende Nota: Recreatieve zeevisserij in het Belgisch deel van de Noordzee: Een continue meerjaarlijkse datareeks van 2017 tot 2021. *VLIZ Beleidsinformerende nota's BIN, 2022_002*. Oostende, 48.
- Verwaest T., Thoon D., Mertens T., Monbaliu J., Besien P., Mostaert F., Devriese L. & Pirlet H. (2008). Veiligheid tegen overstromingen. In: Devriese L., Dauwe S., Verleye T., Pirlet H., Mees J. (eds.) Kennisgids Gebruik Kust en Zee 2018 - Compendium voor Kust en Zee.
- Vieren M. (2014). Long term patterns in the epibenthos and demersal fish fauna of the Belgian Part of the North Sea. MSc Thesis. Ghent University, Faculty of Sciences, Marine Biology/Instituut voor Landbouw- en Visserij Onderzoek: Ghent.
- Vlaamse Hydrografie (2018). Getijtafels 2018: voor Nieuwpoort. Oostende, Blankenberge, Zeebrugge, Vlissingen.
- Vlaamse Milieumaatschappij (2016b). Stroomgebiedbeheerplan voor de Schelde 2016-2021. Bekkenspecifiek deel IJzerbekken. www.integraalwaterbeleid.be/nl/stroomgebiedbeheerplannen.
- Vlaamse Milieumaatschappij (2016c). Stroomgebiedbeheerplan voor de Schelde 2016-2021. www.integraalwaterbeleid.be/nl/stroomgebiedbeheerplannen.
- WaterstofNet (2023). WaterstofNet. <https://www.waterstofnet.eu>.

Colofon

COPYRIGHT	Copyright © 2023, Alle rechten voorbehouden. Deze publicatie of delen mogen niet worden gekopieerd, gereproduceerd of verzonden in welke vorm of op welke manier dan ook, digitaal of anderszins zonder de voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. Verwijzing naar een deel van deze publicatie dat tot verkeerde interpretatie kan leiden, is verboden.
OMSLAG	Hoogtij(d)
PUBLICATIEDATUM	28/11/2023
UITGEVER	ir. Annelies Bolle Senior ingenieur Projectleider Kustvisie – consortium Hoogtij(d) +32 479 92 03 08, Annelies.bolle@imdc.be
OPMAAK	Hoogtij(d)



Kust
visie