



Project Smartsediment is gefinancierd binnen het Interreg V programma Vlaanderen-Nederland, het grensoverschrijdend samenwerkingsprogramma met financiële steun van het Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling.
Meer info: www.grensregio.eu



Bouwstenen en scenario's voor toekomstig sedimentbeheer waarin ecosysteemdiensten worden bevorderd, geïdentificeerd met behulp van de ESD-tool

Smartsediment WP4 Ecosysteemdiensten: Deeltaak 4.2

Auteurs: Sofie De Swerdt¹, Sebastiaan Mestdagh¹, Annelies Boerema², Dirk Vreboos², Patrick Meire², Tom Ysebaert¹, Frederik Roose³

Affiliaties: ¹NIOZ, ²Universiteit Antwerpen ECOBE, ³Departement MOW

Finale versie

20 november 2020



Royal Netherlands Institute
for Sea Research



Ecosystem Management
Research Group (Ecobe)
University of Antwerp



Bouwstenen en scenario's voor toekomstig sedimentbeheer waarin ecosysteemdiensten worden bevorderd, geïdentificeerd met behulp van de ESD-tool

INHOUD

1	Inleiding.....	2
1.1	Achtergrond	2
1.2	Doelstelling.....	2
2	Smartsediment ESD-tool.....	3
3	ESD levering: effect van onderliggende variabelen & rekenregels.....	4
3.1	Relatie tussen ESD's en onderliggende parameters	4
3.2	Sedimentingrepen voor bevordering van ESD's.....	8
4	Uitgewerkte cases.....	10
4.1	Case 1: Suppleren van het intergetijdengebied in de Oosterschelde.....	10
4.1.1	Situering.....	10
4.1.2	Gebruikte data en simulatie	10
4.1.3	Resultaten.....	11
4.1.4	Discussie	12
4.2	Case 2: Zuidgors	17
4.2.1	Situering.....	17
4.2.2	Gebruikte data en simulatie	17
4.2.3	Resultaten.....	17
4.2.4	Discussie	17
5	Conclusie.....	20
	BRONNEN.....	21
	BIJLAGEN	22
	Bijlage A – Ecotopen Oosterschelde	22
	Bijlage B – Ecotopen Zuidgors.....	24

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

De Scheldedelta staat onder zware druk door de menselijke activiteiten die er plaatsvinden. Door de aanleg van een stormvloedkering in 1986 over de gehele monding van de Oosterschelde, als deel van de Deltawerken, is de getijdynamiek fors afgenomen en daardoor is de sedimentbalans in dit gebied verstoord. Het natuurlijk aangroeien van intergetijdengebieden door sedimentatie is er sterk verminderd, terwijl erosie vrijwel gelijk gebleven is. Dit proces, ook wel beschreven als zandhonger, zorgt ervoor dat zonder maatregelen de intergetijdengebieden op termijn grotendeels zullen verdwijnen (Louters et al., 1998; Van Zanten & Adriaanse, 2008). Als gevolg van de zandhonger dreigt waardevol habitat voor foeragerende en rustende wadvogels verloren te gaan. Het estuarium van de Schelde, bestaande uit Westerschelde (Nederland) en Zeeschelde (Vlaanderen), wordt daarentegen gekenmerkt door een hoge hydrodynamiek en dus sterk veranderlijke sedimentatie- en erosiepatronen. Frequent baggeren is nodig om een vlotte scheepvaart naar de havens te garanderen. Als gevolg van de grootschalige uitdiepingen van de Schelde en de veranderingen die gepaard gingen met de Deltawerken moet in de Scheldedelta aan natuurcompensatie en -versterking worden gedaan, om de doelstellingen te halen die in de Europese Habitat- en Vogelrichtlijnen geformuleerd zijn.

Om de hierboven beschreven problemen in de Scheldedelta aan te pakken, zijn verschillende strategieën en daarbij horende maatregelen ontwikkeld. Deze hebben voornamelijk het bestendigen en uitbreiden van intergetijdengebied en het verbeteren van natuurwaarden tot doel en worden/werden uitgevoerd op verschillende locaties in de Oosterschelde, Westerschelde en Zeeschelde. In de Oosterschelde gaat het hier in de eerste plaats om maatregelen die specifiek ontworpen zijn om de effecten van de zandhonger tegen te gaan, terwijl men in de Westerschelde en Zeeschelde voornamelijk tracht gebaggerd sediment te hergebruiken op een economisch en ecologisch interessante wijze. Onder de toegepaste maatregelen zijn plaatrandstortingen (Westerschelde) en suppleties van intergetijdengebieden (Oosterschelde), soms gecombineerd met de aanleg van (oester)riffen/dammen om het gesuppleerde sediment beter tegen erosie te beschermen. In het Smartsediment-project worden acht verschillende ingrepen in de Scheldedelta uitgevoerd en geëvalueerd. Dit Interreg project is een samenwerking van verschillende Nederlandse en Vlaamse partners en tracht een antwoord te bieden op de hierboven beschreven problematiek.

1.2 Doelstelling

Een belangrijk onderdeel van de opdracht van Smartsediment is het onderzoeken welke ecosysteemdiensten (ESD's) ondersteund kunnen worden met sedimentbeheer en hoe deze eventueel geoptimaliseerd kunnen worden in de Scheldedelta. Hiervoor is een ESD tool ontwikkeld in GIS, waarmee de effecten van sedimentingrepen op ecosysteemdiensten kunnen worden berekend (Boerema et al., 2018c). Vervolgens is de ESD-tool toegepast op de Smartsediment uitvoeringsprojecten (Mestdagh et al., 2020). In dit rapport bekijken we de onderliggende rekenregels die de tool gebruikt, wordt de gevoeligheid van de ESD-indicatoren onderzocht en worden scenario's doorgerekend voor toekomstgerichte sedimentstrategieën. We onderzoeken wat het bereik is en in hoeverre verschillende parameters invloed hebben op de berekening van de ecosysteemdiensten. Ook het effect van het bevorderen van ecosysteemdiensten op elkaar wordt nagegaan. Op basis hiervan kan zowel het toepassingsgebied van de tool als de overeenkomst met de werkelijkheid worden bediscussieerd.

2 Smartsediment ESD-tool

In het kader van het Smartsediment-project werd door de onderzoeksgroep Ecosysteembeheer (ECOBÉ) van de Universiteit Antwerpen een GIS-tool ontwikkeld die de levering van ecosysteemdiensten in de Scheldedelta kan berekenen. Het ontwerp van deze tool werd reeds uitvoerig beschreven in eerdere rapporten (Boerema et al., 2018a; 2018b; 2018c). Concreet wordt de levering van ecosysteemdiensten gekwantificeerd aan de hand van een reeks invoerkaarten of -waarden betreffende de hydromorfologische, ecologische of socio-economische omgevingskenmerken rond de ingreeplocatie. De tool is beschikbaar als een plug-in in QGIS en is vrij eenvoudig te gebruiken mits aanlevering van voldoende invoergegevens. Voor de tool werd een reeks ecosysteemdiensten geselecteerd die relevant zijn in estuariene omgevingen. Meer bepaald gaat het om voedselvoorziening (schelpdieren, schaaldieren, vis), ruimte voor scheepvaart, voorziening van grondstoffen (zand en klei), regulering van de waterkwaliteit, regulering van overstromingsrisico, klimaatregulering, recreatie en toerisme (oevergebonden recreatie, zwemmen, recreatieve scheepvaart) en habitat- en soortendiversiteit (zeehonden, vogels). De berekening van deze diensten voor enkele sedimentbeheer in de Schelde delta werd in een vorig rapport voor een eerste keer toegepast en besproken (Mestdagh et al., 2020).

In het huidige rapport gaan we dieper in op de onderliggende relaties en rekenregels en identificeren we eigenschappen voor effectieve sedimentingrepen die ESD's kunnen beïnvloeden. Vervolgens worden nog enkele scenario's doorgerekend die gericht zijn op de ontwikkeling van toekomstgerichte sedimentstrategieën. Deze scenario's bouwen verder op reeds uitgevoerd verkennend onderzoek en zijn eerder gericht op het verkrijgen van systeembegrip.

3 ESD levering: effect van onderliggende variabelen & rekenregels

De levering van ESD's die worden berekend door de tool hangt af van tal van variabelen en rekenregels, die uitgebreid aan bod kwamen in een vorige rapportage (Boerema et al., 2018c). In Tabel 1 wordt een overzicht gegeven van deze variabelen en hun mogelijke negatieve of positieve effect op de verschillende ESD's, zoals ze door de tool berekend worden.

Niet alle positieve en negatieve relaties tussen parameters en ESD's zijn hetzelfde. Bij sommigen gaat het om een lineaire relatie, bij anderen een 100 % verlies na het overschrijden van een bepaalde drempelwaarde. In volgende paragrafen worden de relaties verder toegelicht. Hieruit wordt vervolgens afgeleid hoe de ESD's kunnen worden bevorderd en welke parameters de grootst mogelijke invloed hebben wanneer naar het totaal aan ESD's wordt gekeken.

3.1 Relatie tussen ESD's en onderliggende parameters

De ESD **schelpdierproductiviteit** heeft een positieve relatie met parameters schelpdier (mossel) productiviteit en % zand in het sedimentatiemateriaal. Hoe groter dus de productiviteit van de mosselen, hoe beter voor de ESD. Het sedimentatiemateriaal moet door de gebruiker zelf als zandig of slibrijk worden aangeduid. Via de sedimentatiesnelheid heeft het sedimentatiemateriaal een impact op de productiviteit. De drempelwaarde voor maximale sedimentatiesnelheid die een productiviteitsverlies van 100 % betekent, ligt hoger bij zandig dan bij slibrijk materiaal (Tabel 1). Een maximale stroomsnelheid hoger dan 0,70 m/s of lager dan 0,05 m/s heeft een negatieve impact op de productiviteit van schelpdieren. Vanaf 0,70 m/s geldt een verlies van 4 %. Verder geldt een lineaire functie tot een verlies van 13,5 % bij 1,16 m/s en tot 100 % bij een maximale stroomsnelheid van 1,43 m/s of hoger. Een maximale stroomsnelheid lager dan 0,05 m/s betekent meteen een verlies van 100 %. De invloed van zwevende deeltjes (SPM) op de productiviteit van schelpdieren volgt eveneens een lineaire relatie vanaf 250 mg/l. Vanaf deze drempelwaarde daalt de productiviteit van 100 % volgens een lineaire relatie tot 0 % bij een SPM concentratie boven 1220 mg/l.

De ESD **schaaldierproductiviteit** wordt positief beïnvloed door een hogere schaaldier (garnaal) productiviteit. Zoals bij de schelpdierproductiviteit, heeft het type sedimentatiemateriaal eveneens invloed op de productiviteit van schaaldieren. Een korrelgrootte groter dan 750 µm of kleiner dan 125 µm doet de productiviteit lokaal dalen met 75 %. Het voorkomen van schaaldieren wordt bovendien enkel verwacht in laagdynamisch sublitoraal gebied en in schor. De maximale stroomsnelheid mag 0,50 m/s niet overschrijden om de volledige productiviteit te behouden. Tot 0,70 m/s geldt een lineaire afname van 0 tot 100 %. Vanaf 0,70 m/s wordt een totaal verlies aan productiviteit verwacht.

De ESD **visproductiviteit** wordt positief beïnvloed door een hogere vis productiviteit. Ook de levering van deze ESD is afhankelijk van de korrelgrootte. Een korrelgrootte groter dan 390 µm of kleiner dan 130 µm doet de productiviteit lokaal afnemen met 75 %. Het voorkomen van vis wordt enkel verwacht in laagdynamisch sublitoraal en laaglitoraal, in hoogdynamisch litoraal areaal en in areaal schor. Voor de twee voorgaande ESD's met betrekking tot voedselopbrengst (schaaldieren en vis) is ook het benthosherstel na de suppletie van belang. Hoe sneller en beter het herstel, hoe hoger de productiviteit.

De ESD **ruimte en water voor scheepvaart** hangt af van verandering in maximale stroomsnelheid en laagwater. Hoe hoger de maximale stroomsnelheid en hoe lager de laagwater grens, hoe kleiner de kans dat het gebied geschikt is voor scheepvaart. De geschiktheid hangt af van de drempelwaardes die in het gebied gelden. De drempelwaardes hangen af van het type schepen.

Tabel 1: Invloed van variabelen op de verschillende ESD's. Als er een drempelwaarde wordt gebruikt bij de bepaling van positieve of negatieve impact, staat die vermeld. Rode vakjes betekenen een negatieve relatie tussen variabele en ESD, groene vakjes een positieve. Grijs vakjes duiden op irrelevant voor of geen rechtstreekse impact op de berekening.

	Schelpdieren	Schaaldieren	Vis	Ruimte voor scheepvaart	Waterkwaliteit: silicium vrijstelling, denitrificatie, nitraat- & fosforopslag
Laagdynamisch areaal					
Hoogdynamisch areaal					Alleen voor denitrificatie
Schor					
Areaal diep subtidaal					
Areaal ondiep sublitoraal					
Areaal litoraal (slik)					
Schelpdier productiviteit					
Sedimentatiemateriaal: %zand					
Sedimentatiesnelheid mosselpercelen	2.5 cm/m (slibrijk); 5 cm/m (zandig)				
Max. stroomsnelheid	> 70 cm/s; < 5 cm/s	> 50 cm/s			Alleen voor denitrificatie
SPM	> 250 mg/l				
Schaaldier productiviteit					
Benthosherstel					
Korrelgrootte		> 750 µm; < 125 µm	> 390 µm; < 130 µm		
Vis productiviteit					
Lager laagwater					
Jaarlijkse sedimentatiesnelheid					
Bodemdichtheid					
POC					
Droogvalduur					
Helling					
Bodemhoogte					
Min. stroomsnelheid					

Vervolg Tabel 1

	Regulering klimaat	Oevergebonden recreatie	Zwemmen	Recreatieve vaart	Zeehonden	Vogels
Laagdynamisch areaal						
Hoogdynamisch areaal						
Schor						
Areaal diep subtidaal						
Areaal ondiep sublitoraal						
Areaal litoraal						
Schelpdier productiviteit						
Sedimentatiemateriaal: %zand						
Sedimentatiesnelheid mosselpercelen						
Max. stroomsnelheid						
SPM						
Schaaldier productiviteit						
Benthosherstel						
Korrelgrootte						
Vis productiviteit						
Lager laagwater						
Jaarlijkse sedimentatiesnelheid						
Bodemdichtheid						
POC						
Droogvalduur					< 16 %	
Helling			> 20 %			
Bodemhoogte						
Min. stroomsnelheid			> 50 cm/s			

De vier ESD's gerelateerd aan **waterkwaliteit (silicium vrijstelling, denitrificatie, fosforopslag en nitraatopslag)** hangen enkel af van het soort ecotoop dat wordt gecreëerd. Dit is dus onrechtstreeks verbonden met bodemligging en droogvalduur. Maximale stroomsnelheid heeft enkel een effect op de hoeveelheid denitrificatie in zout litoraal gebied met een hogere mate van denitrificatie in hoogdynamisch dan in laagdynamisch zout litoraal. Diep subtidaal en ondiep sublitoraal gebied dragen niet bij tot een betere of slechtere waterkwaliteit. De overige ecotopen hebben gemengde (positieve) bijdragen. In slik gebied heerst een lagere silicium vrijstelling en minder denitrificatie dan in pionierschor gebied. In pionierschorgebied gebeurt dan weer meer fosfor- en nitraatopslag dan in schor gebied.

De ESD **klimaatregulering** wordt gekwantificeerd aan de hand van de hoeveelheid koolstofopslag in het geselecteerde gebied. Koolstofopslag wordt enkel verwacht in litoraal, in laagdynamisch supralitoraal en in schor gebieden, met de hoogste opslag in het litoraal en pionierschor. Onrechtstreeks hebben een hogere bodemhoogte en grotere droogvalduur dus een positief verband met koolstofopslag. Hogere jaarlijkse sedimentatiesnelheid, POC (particulair organisch koolstof) concentratie en bodemdichtheid zorgen eveneens voor meer koolstofopslag. Een hogere SPM concentratie zorgt voor minder koolstofopslag. Het verband met zowel POC als SPM concentratie volgt een lineaire relatie.

De ESD **oevergebonden recreatie** hangt af van de geschiktheid van het gebied voor foeragerende vogels binnen de 200 m van een wandel-, fiets- of paardrijpad. Dit wordt bepaald door de aanwezigheid van macrobenthos en de droogvalduur. De ecotopen in het litoraal en pionierschor komen in aanmerking als geschikt gebied. De geschiktheid per ecotoop volgt een lineair, recht evenredige relatie met de droogvalduur binnen het ecotoop. Laagdynamisch, middelhoog gelegen litoraal is het meest geschikte ecotoop.

Een andere vorm van recreatie, **zwemmen**, komt enkel voor in sublitoraal en wordt negatief beïnvloed door de hellingsgraad van de onderwaterbodem (ongeschikt vanaf 20 %) en het slibgehalte (slibrijk gebied is ongeschikt als zwemlocatie). Een minimale stroomsnelheid hoger dan 0.50 m/s zorgt er ook voor dat de zwemlocatie ongeschikt wordt. Hoe groter het strand, of het gebied tussen de hoog- en laagwaterlijn, hoe groter de geschiktheid als zwemlocatie.

De ESD **recreatieve vaart** wordt beperkt door de concentratie SPM doordat deze de maximale lichtpenetratie doet afnemen. Het effect van een verandering in doorzicht wordt voor 17,61 % meegerekend in de totale verandering in vaarpassages. Ook de waterdiepte (verschil tussen bodemhoogte en gemiddeld laagwater) heeft een impact. Vanaf de waterdiepte minder is dan de referentiediepte geldt een afname in vaarpassages van 5,67 %. Afname of toename in vaarpassages door een verandering in doorzicht en door een verandering in waterdiepte worden opgeteld bij het oorspronkelijke aantal.

Geschikt **habitat voor zeehonden** hangt af van de droogvalduur, het sediment en de afstand tot de laagwaterlijn. De droogvalduur moet gelijk of hoger zijn dan 16 %, de afstand tot de laagwaterlijn 100-200 m en slibrijk gebied wordt maar voor 50 % meegeteld in de totale oppervlakte geschikt habitat.

Geschikt **habitat voor steltlopers** wordt op eenzelfde manier berekend als bij de ESD oevergebonden recreatie. Enkel wordt hierbij het hele projectgebied in acht genomen en niet alleen het gebied dicht bij wandelpaden.

3.2 Sedimentingrepen voor bevordering van ESD's

Op basis van de relaties die in paragraaf 3.1 werden blootgelegd, kunnen we voor elk van de ESD's enkele eigenschappen van sedimentingrepen identificeren die de ESD bevorderen (Tabel 2).

Sedimentingrepen die de **creatie van laagdynamisch areaal** bevorderen lijken een positieve impact te hebben op meerdere ESD's. Het laagdynamisch areaal komt vooral de schaaldier- en visproductiviteit ten goede en heeft eveneens een positieve invloed op de hoeveelheid denitrificatie en koolstofopslag (klimaatregulering). **Creëren van hoogdynamisch areaal** lijkt daarentegen enkel een positief effect te hebben op de denitrificatie.

Sedimentingrepen die de **bodemhoogte beïnvloeden**, hebben het grootste positieve effect wanneer areaal (supra)litoraal wordt gecreëerd. **(Supra)litoraal** heeft een erg positieve invloed op de waterkwaliteit en creëert geschikt habitat voor zeehonden en steltlopers omwille van een geschikte droogvalduur. Het **areaal subtidaal en sublitoraal** hebben geen positief effect op de ESD's die werden geselecteerd voor de ESD-tool. Afhankelijk van de nodige vaardiepte zal het creëren van subtidaal areaal wel een positief effect hebben op de scheepvaart en recreatieve vaart. Ophoging van een gebied tot **schor** heeft eveneens een positief effect op meerdere ESD's.

Sedimentingrepen kunnen eveneens de **helling veranderen**. Dit zou enkel een effect hebben op de geschiktheid van een gebied als zwemplaats, waarbij een vlakkere helling gunstig is. Ook het **gebruikte materiaal** heeft een effect op de ESD's. Zandig materiaal heeft een gunstiger effect dan slibrijk materiaal.

Uit de relaties die naar voren komen uit Tabel 2 lijken sedimentingrepen die een gebied veranderen zodat er laagdynamisch, supra(litoraal) met een zwakke helling of schor wordt gecreëerd en waarbij gebruik wordt gemaakt van zandig materiaal het grootste positieve effect te hebben op het meeste ESD's. Hierbij wordt echter geen rekening gehouden met **het effect van de verschillende ESD's op elkaar**. Een gebied dat de juiste eigenschappen heeft voor fouragerende steltlopers en rustende zeehonden, maar waar veel recreatie plaatsvindt, zal bijvoorbeeld veel minder gebruikt worden door steltlopers en zeehonden omwille van verstoring. ESD's die reeds aanwezig zijn in een bepaald gebied kunnen dus een positieve of negatieve invloed ondervinden doordat een nieuwe ESD wordt geïntroduceerd. Doordat meerdere ESD's afhankelijk zijn van gelijkaardige parameters kan de bevordering van een bepaalde ESD ook andere ESD's negatief of positief beïnvloeden. **Bij het ontwerpen van een sedimentingreep om een bepaalde ESD te bevorderen, moet dus steeds rekening worden gehouden met het effect van het simultaan bevorderen van verschillende ESD's.** Het identificeren van de verschillende relaties zoals in Tabel 2 en het vergelijken van verschillende scenario's met behulp van de ESD-tool kan hierbij helpen.

Tabel 2: Sedimentingrepen en hun voorspelde effect op ESD's volgens de relaties geïdentificeerd op basis van de ESD-tool. De uitgangssituatie is de situatie waarin de genoemde ESD niet voorkomt.

	Schelpdieren	Schaaldieren	Vis	Ruimte voor scheepvaart	Silicium vrijstelling	Denitrificatie	Nitraatopslag	Fosforopslag
Ophoging tot schor		+			++	++	+	+
Creëren laagdynamisch areaal		+	+	+		+		
Creëren hoogdynamisch areaal			+			++		
Gebruik van zandig materiaal	+							
Gebruik van slibrijk materiaal								
Helling afvlakken								
Creëren areaal subtidaal				+				
Creëren areaal sublitoraal								
Creëren areaal litoraal					+	+	++	++
Creëren areaal supralitoraal					++	++	++	++

	Regulering klimaat	Oevergebonden recreatie	Zwemmen	Recreatieve vaart	Zeehonden	Vogels
Ophoging tot schor	+					+
Creëren laag dynamisch areaal	+		+			
Creëren hoog dynamisch areaal						
Gebruik van zandig materiaal			+		+	
Gebruik van slibrijk materiaal						
Helling afvlakken			+			
Creëren areaal subtidaal						
Creëren areaal sublitoraal						
Creëren areaal litoraal	+	++			+	++
Creëren areaal supralitoraal		+				+

4 Uitgewerkte cases

In dit hoofdstuk bekijken we twee cases in de Schelde delta waarin sediment een centrale rol speelt en de omgeving significant verandert. Enkele relaties die in dit rapport werden geïdentificeerd worden getoetst aan de hand van 2 uitgewerkte cases.

4.1 Case 1: Suppleren van het intergetijdengebied in de Oosterschelde

4.1.1 Situering

Door de aanleg van een stormvloedkering in 1986 over de gehele monding van de Oosterschelde, als deel van de Deltawerken, is de getijdynamiek fors afgenomen en daardoor is de sedimentbalans in dit gebied verstoord. Het natuurlijk aangroeien van intergetijdengebieden door sedimentatie is er sterk verminderd, terwijl erosie vrijwel gelijk gebleven is. Dit proces, ook wel beschreven als zandhonger, zorgt ervoor dat zonder maatregelen de intergetijdengebieden op termijn grotendeels zullen verdwijnen (Louters et al., 1998; Van Zanten & Adriaanse, 2008). Als gevolg van de zandhonger dreigt waardevol habitat voor foeragerende en rustende wadvogels verloren te gaan. Over deze 'Actieve Neerwaartse Trend' van de Oosterschelde werd een lange termijn studie gedaan die het effect van de zandhonger op het beschikbare fourageergebied en de golfbelasting op de dijken in kaart heeft gebracht tot 2100 (de Ronde et al, 2013). Op basis daarvan werden in deze studie adviezen geformuleerd voor mitigerende maatregelen. Eén van de besproken maatregelen, het suppleren van alle intergetijdengebieden, werd gekozen als case om de ESD-tool op toe te passen. Het dient benadrukt te worden dat het in dit scenario om een extreme maatregel gaat met de bedoeling om het bereik van de mogelijkheden te verkennen.

4.1.2 Gebruikte data en simulatie

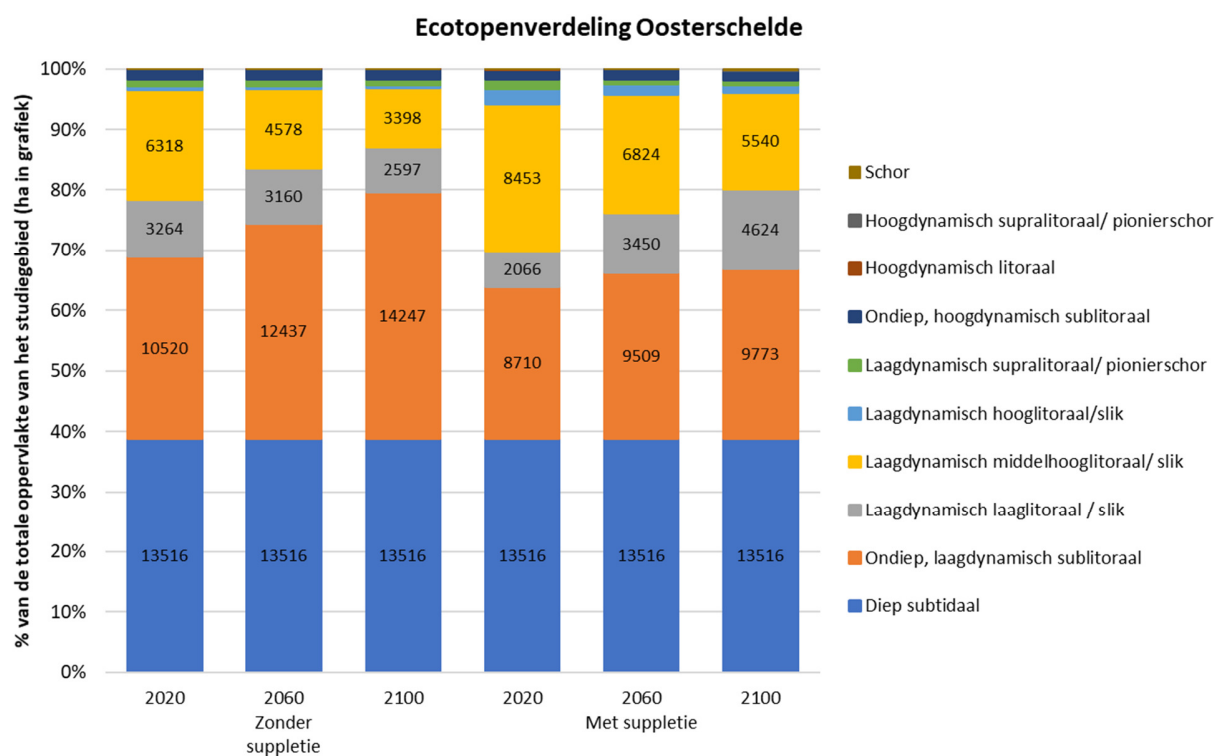
Voor zes scenario's werden met behulp van de ESD-tool ecotopenkaarten en ESD's berekend. De eerste drie scenario's bevatten de voorspelde ontwikkeling van de Oosterschelde door de ANT-studie in 2020, 2060 en 2100. Voor de drie overige scenario's werd de bodem opgehoogd met 0.60 m zandig materiaal in 2020. Om de erosie van het opgehoogde gebied in rekening te nemen werd de 2060 bodem opgehoogd met slechts 0.50 m sediment en de 2100 bodem met 0.40 m sediment. Dit is slechts een benadering en is gestoeld op aannames en niet op modellen. De resultaten die uit de analyse met ESD-tool voortkomen zijn dus slechts een benadering van de werkelijkheid.

Toekomstige stroomsnelheidsdata was niet beschikbaar. Aangezien hiervoor complexe modellen nodig zijn, werd voor alle scenario's de meest recente stroomsnelheid gebruikt uit 2016. De stroomsnelheid is dus een constant gegeven doorheen alle scenario's. De bodemhoogtekaarten uit de ANT-studie van 2060 en 2100 bevatten enkel data over het intergetijdegebied en houden geen rekening met de geulen. Deze kaarten werden aangevuld met de data van 2020. Voor het waterniveau werd een zeespiegelstijging van 4.17 cm/jaar in rekening genomen.

Aangezien er tijdsintervallen van 40 jaar worden genomen, wordt er uitgegaan van een volledig herstelde macrobenthosgemeenschap. De concentratie SPM wordt ook constant gehouden over alle scenario's aangezien dit er erg fluctuerende en moeilijk te voorspellen parameter is.

4.1.3 Resultaten

Figuur 1 geeft de verdeling van ecotopen voor de zes verschillende scenario's, de kaarten worden gegeven in bijlage A. Het diep subtidaal is gelijk in alle scenario's. Dit is doordat enkel het intertidaal werd opgehoogd en voor de geulen 2060 en 2100 telkens de bodemhoogte van 2020 werd overgenomen. De neerwaartse trend is zichtbaar in alle scenario's, waarbij het areaal sublitoraal toeneemt en middelhoog-, hoog- en supralitoraal afneemt. De verandering in laagdynamisch laaglitoraal over de tijd verschilt tussen de scenario's met en zonder suppleties. In het scenario zonder suppletie neemt het areaal af tussen 2020 en 2100 en met suppletie neemt dit areaal toe. Er is ook een sterkere afname van laagdynamisch supralitoraal in het scenario met suppletie dan zonder suppletie, waarbij in 2020 meer areaal laagdynamisch supralitoraal is in het scenario met suppletie en in 2100 meer in het scenario zonder suppletie.



Figuur 1: Verdeling ecotopen in de Oosterschelde in 2020, 2060 en 2100 zonder en met suppletie.

Tabel 3 geeft de resultaten voor de berekende ESD's. Aangezien stroomsnelheid, SPM en de bodemhoogte van de geulen constant zijn over de verschillende scenario's, zijn de ESD's die enkel daarvan afhangen (productiviteit van schelpdieren, ruimte voor scheepvaart en recreatieve vaart) niet doorgerekend.

Tabel 3: Voorziening van ESD in de Oosterschelde in 2020, 2060 en 2100 zonder en met suppletie.

	Zonder suppletie			Met suppletie		
ESD's Oosterschelde	2020	2060	2100	2020	2060	2100
Voedselvoorziening						
Schaaldieren (kg/j)	314239	+	++	-	-	=
Vis (aantal x1000)	4605	+	++	--	=	=
Regulering waterkwaliteit						
Denitrificatie (tonN/jaar)	2041	-	--	+	=	=
Stikstofopslag (tonN/jaar)	1458	-	--	++	=	=
Fosforopslag (tonP/jaar)	306	-	--	+	=	=
Silicium vrijstelling (tonSi/jaar)	2123	-	--	+	=	=
Klimaatregulering (tonC/j)	9571	-	--	+	=	=
Voorziening recreatie						
Zwemmen (bezoekers/jaar)	4960	=	=	-	=	=
Habitat & soortendiversiteit						
Zeehonden (m ²)	169	--	--	=	-	+
Steltlopers (m ²)	3290	--	--	++	+	=

4.1.4 Discussie

De evolutie van ESD-levering in de Oosterschelde over de verschillende scenario's heen volgt de verwachte patronen aan de hand van de voorheen geïdentificeerde relaties. Over de jaren heen verdwijnt in zowel de scenario's met als zonder suppletie het totale areaal laagdynamisch litoraal ten gunste van sublitoraal. In deze gebieden gaat dit gepaard met een achteruitgang in de mogelijkheid tot regulering van waterkwaliteit en koolstofopslag. Ook het geschikte gebied voor steltlopers gaat achteruit. Het totale areaal laagdynamisch litoraal is door de ophoging in de scenario's met suppletie groter dan het areaal in de respectievelijke jaren zonder suppletie. Dit weerspiegelt zich eveneens in de ESD levering met meer denitrificatie, stikstofopslag, fosforopslag, silicium vrijstelling en koolstofopslag in de scenario's met suppletie. Ook het geschikte gebied voor steltlopers is groter in de scenario's met ophoging van het intergetijdengebied. In Figuur 1 wordt dit geïllustreerd aan de hand van de resultatenkaarten van de ESD fosforopslag.

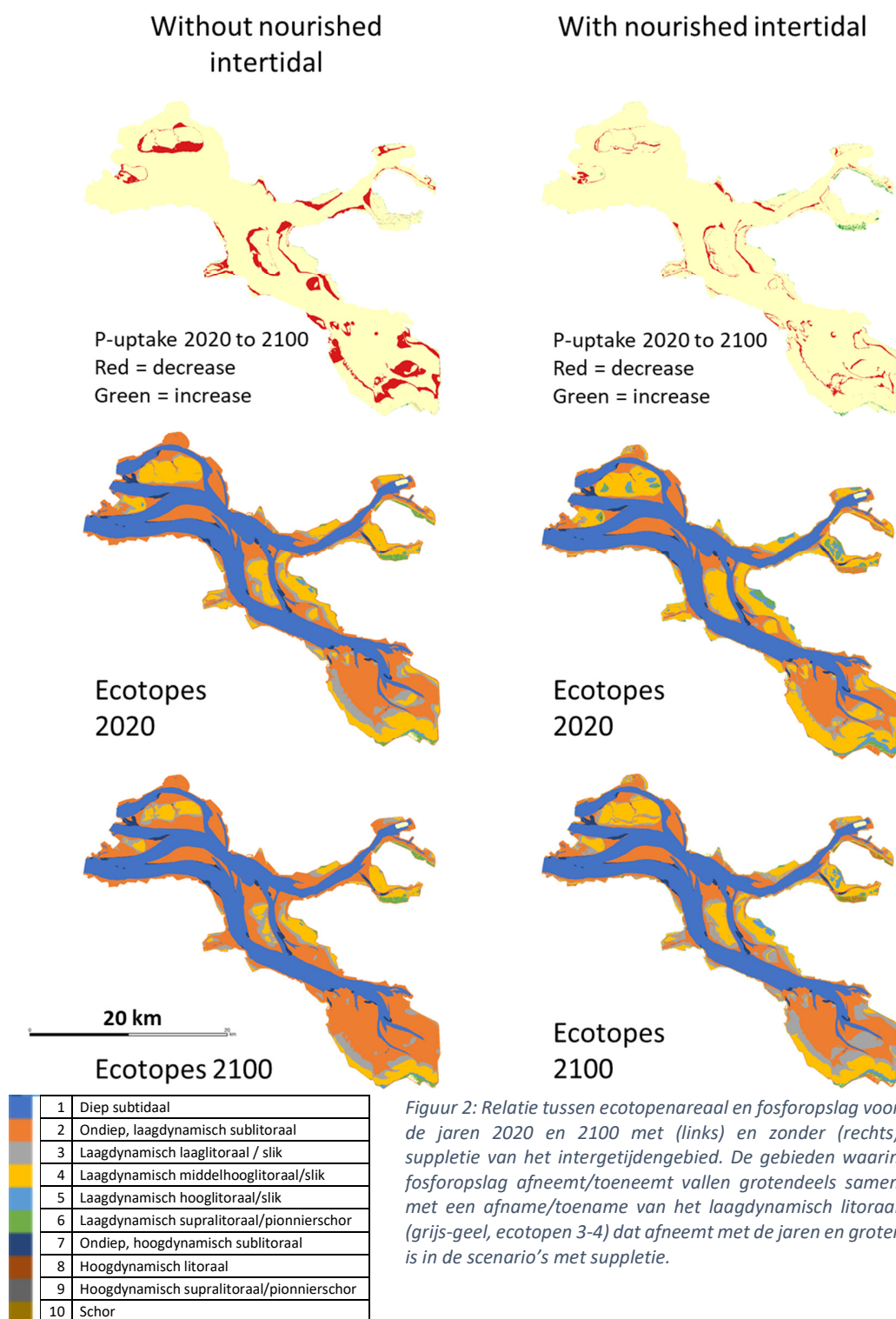
Voor de productiviteit van schaaldieren en vis zien we de omgekeerde trend. De productiviteit neemt toe over de tijd en is lager in de scenario's met suppletie. Dit komt overeen met het areaal ondiep laagdynamisch sublitoraal (Figuur 2). Bevordering van de productiviteit van schaaldieren en vis gaat dus niet samen met bevordering van de ESD's regulering waterkwaliteit, klimaatregulering en habitat voor steltlopers (Figuur 3). In Figuur 3 wordt ook duidelijk dat er op enkele plaatsen in de Oosterschelde een conflict bestaat tussen de ESD zwemmen en de functie als fourageergebied voor steltlopers. Wanneer er gezwommen wordt of aan andere recreatie wordt gedaan in de omgeving van fouragerende steltlopers, zorgt dit voor verstoring en zullen de steltlopers worden verjaagd. De ESD-tool houdt echter geen rekening met deze relaties. Door beide resultaten te combineren, zoals weergegeven in de figuur, kan hier wel meer inzicht in worden verworven.

De evolutie van de ecosysteemdiensten habitat voor zeehonden en zwemgelegenheid zijn minder rechtlijnig. Het rustgebied voor zeehonden werd enkel berekend in de omgeving van de Roggenplaat,

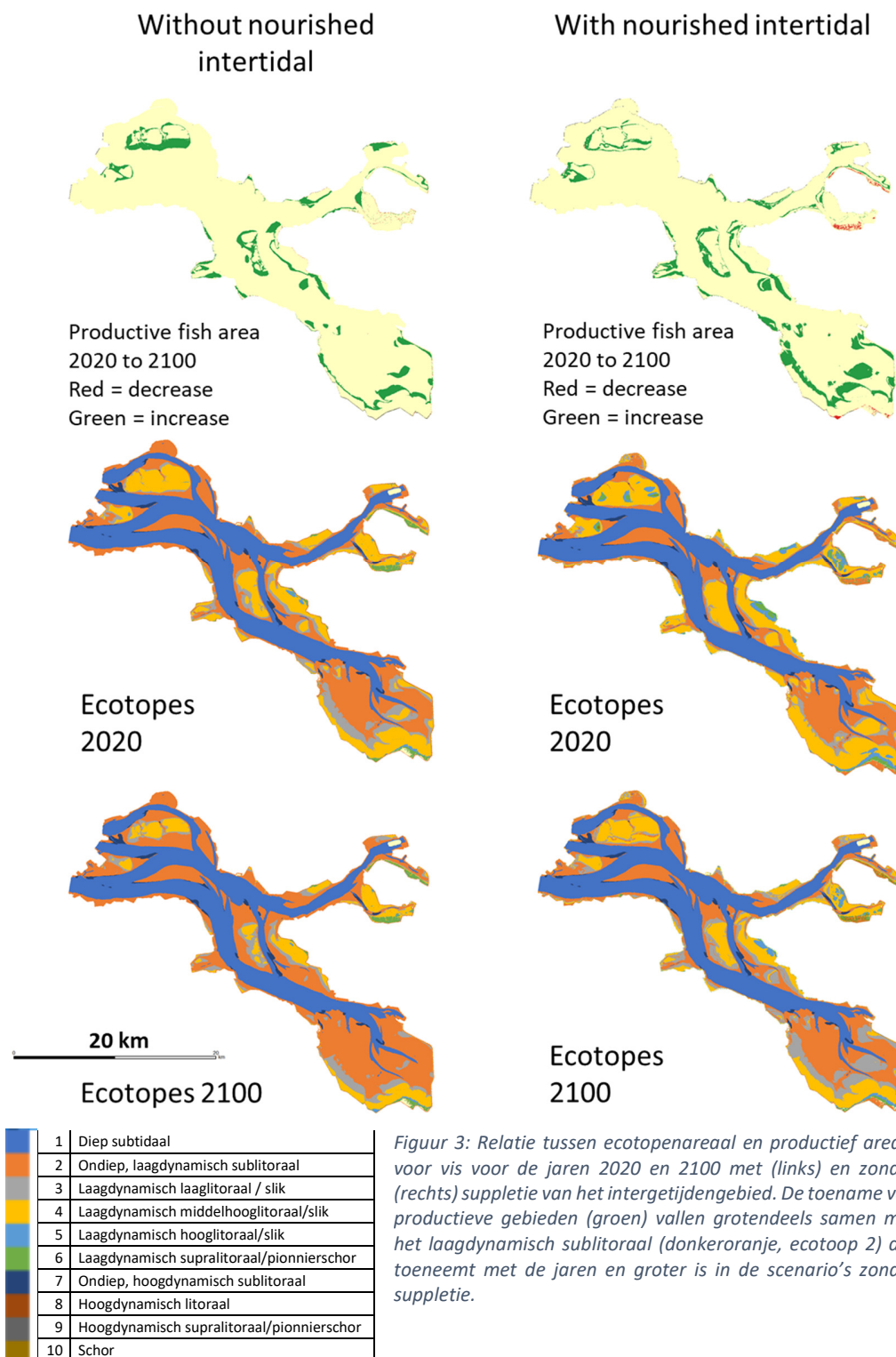
aangezien zeehonden verder in de Oosterschelde nagenoeg niet voorkomen omwille van verstoring. Hier houdt de ESD-tool zelf geen rekening mee. In de scenario's zonder ophoging van het intergetijdengebied daalt het geschikte areaal voor rustende zeehonden met de tijd. Dit loopt gelijk met een kortere laagwaterlijn en minder areaal laagdynamisch laag- en middelhoog litoraal met een droogvalduur hoger dan 16 %. In het scenario met ophoging van het intergetijdengebied daalt het geschikte areaal tussen 2020 en 2060 en stijgt opnieuw tussen 2060 en 2100 tot een hoger areaal dan in 2020. Dit kan grotendeels worden verklaard door de meer grillige, en dus langere vorm van de laagwaterlijn in 2100 die als basis dient voor de berekening (Figuur 4).

De zwemgelegenheid in de scenario's zonder suppletie neemt eerst toe tussen 2020 en 2060 en daalt opnieuw tussen 2060 en 2100. Met het ophogen van het intergetijdengebied daalt de zwemgelegenheid fors. Door de jaren stijgt het geschatte aantal bezoekers wel opnieuw, maar geraakt niet meer op het niveau van 2020 zonder ophoging. Dit is te wijten aan een combinatie van verschil in geprefereerde ecotopen, veranderende bodemhoogtes en helling.

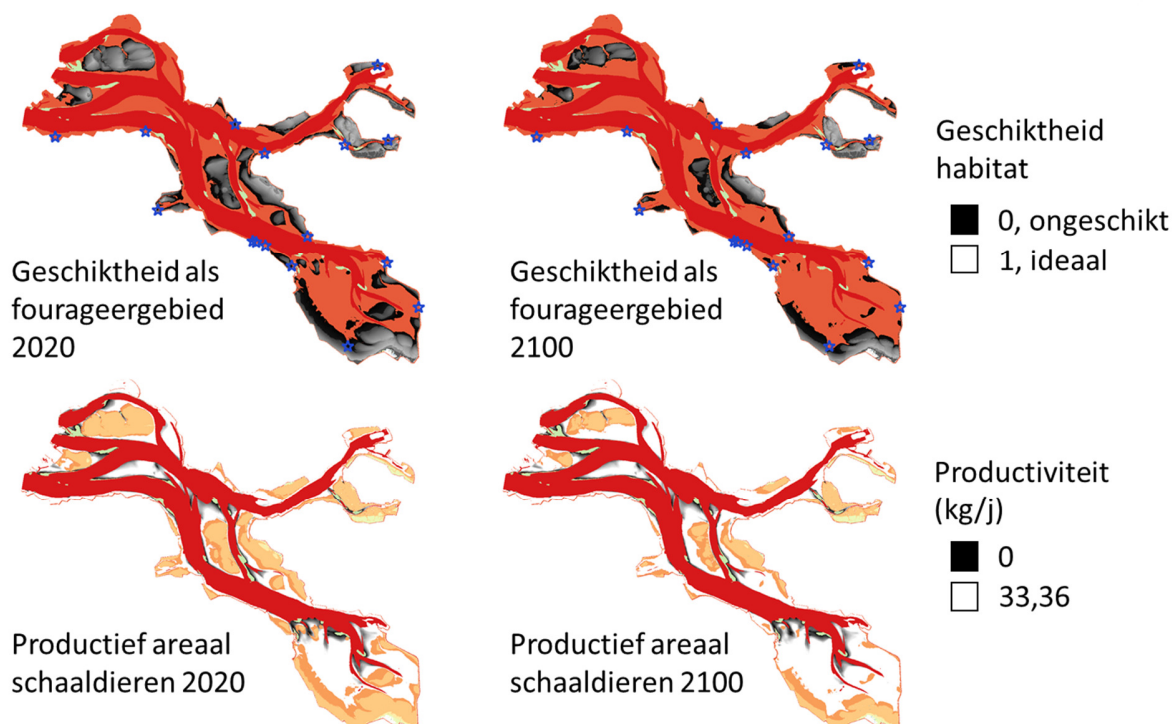
Het is dus moeilijk om zomaar te concluderen welke scenario's het meest positief zijn voor de ecosysteemdiensten. De nood aan verschillende ESD's en dus de prioriteit en het gewicht dat eraan zou gegeven worden verschilt erg van gebied tot gebied en moet per case geëvalueerd worden. Aangezien in de Oosterschelde strenge Natura2000 doelstellingen gelden en deze in gevaar komen door de zandhonger, lijkt het fictieve scenario met suppleties gunstiger dan zonder suppleties aangezien dit het geschikte habitat voor steltlopers en zeehonden vergroot.



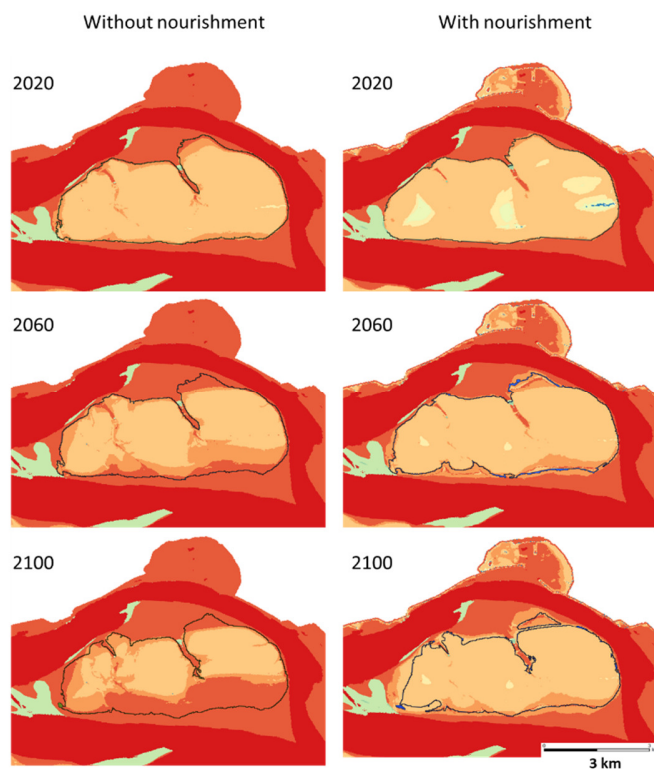
Figuur 2: Relatie tussen ecotopenareaal en fosforopslag voor de jaren 2020 en 2100 met (links) en zonder (rechts) suppletie van het intergetijdengebied. De gebieden waarin fosforopslag afneemt/toeneemt vallen grotendeels samen met een afname/toename van het laagdynamisch litoraal (grijs-geel, ecotopen 3-4) dat afneemt met de jaren en groter is in de scenario's met suppletie.



Figuur 3: Relatie tussen ecotopenareaal en productief areaal voor vis voor de jaren 2020 en 2100 met (links) en zonder (rechts) suppletie van het intergetijdengebied. De toename van productieve gebieden (groen) vallen grotendeels samen met het laagdynamisch sublitoraal (donkeroranje, ecotoop 2) dat toeneemt met de jaren en groter is in de scenario's zonder suppletie.



Figuur 5: Verschil in geschikt areaal tussen twee ESD's, fourageergebied voor steltlopers (boven) en productiviteit van schelpdieren (onder in kg/jaar), in 2020 en 2100 voor het scenario zonder suppleties. De plaatsen waar het productief areaal voor schaaldieren groeit tussen 2020 en 2100, daalt het areaal fourageergebied voor steltlopers. De onderliggende kaarten tonen de ecotopen voor de respectievelijke jaren. De blauwe sterretjes geven de zwemlocaties aan. Op deze plaatsen kan er een conflict bestaan tussen de ESD zwemmen en de functie als fourageergebied voor steltlopers omwille van verstoring.



Figuur 4: Laagwaterlijn berekend met ESD-tool als basis voor areaal rustgebied voor zeehonden. De onderliggende kaarten tonen de ecotopen voor de respectievelijke jaren.

4.2 Case 2: Zuidgors

Op basis van case uit de Vet et al., 2020.

4.2.1 Situering

Sediment afkomstig van onderhoudsbaggerwerkzaamheden in de Westerschelde worden elders in het estuarium opnieuw gestort. Een van deze stortlocaties ligt naast het intergetijdengebied Zuidgors en wordt in verband gebracht met het uitbreiden en ophogen van het intertidale gebied. Dit zorgt tevens voor een afname in stroomsnelheid op het verhoogde deel en een verandering in korrelgrootte. Deze veranderingen beïnvloeden op hun beurt het bodemleven (De Vet et al., 2020). Op basis van wat vooraf in dit rapport werd beschreven, zou de verandering in stroomsnelheid en het ophogen van de bodem eveneens een impact kunnen hebben op enkele ESD's die met de ESD-tool kunnen worden berekend. Aan de hand van kaartmateriaal uit 1996 (net voor de ingebruikname van de stortlocatie in 1997), 2001 (net na de uitbreiding van de stortlocatie in 2000) en 2015 (18 jaar na het begin van storten) trachten we de relaties tussen stroomsnelheid, bodemhoogte en de ESD's bloot te leggen.

4.2.2 Gebruikte data en simulatie

Voor elk van de drie jaren (1996, 2001 en 2015) werd een ecotopenkaart berekend met de ESD-tool. Als inputdata werden voor 1996, 2001 en 2015 bodemhoogte-, droogvalduur- en stroomsnelheidskaarten uit de respectievelijke jaren gebruikt. Aangezien we in deze case de invloed van stroomsnelheid op de ESD's willen illustreren, werden de overige parameters (korrelgrootte 150 μm , benthosherstel 100 %) constant gehouden.

4.2.3 Resultaten

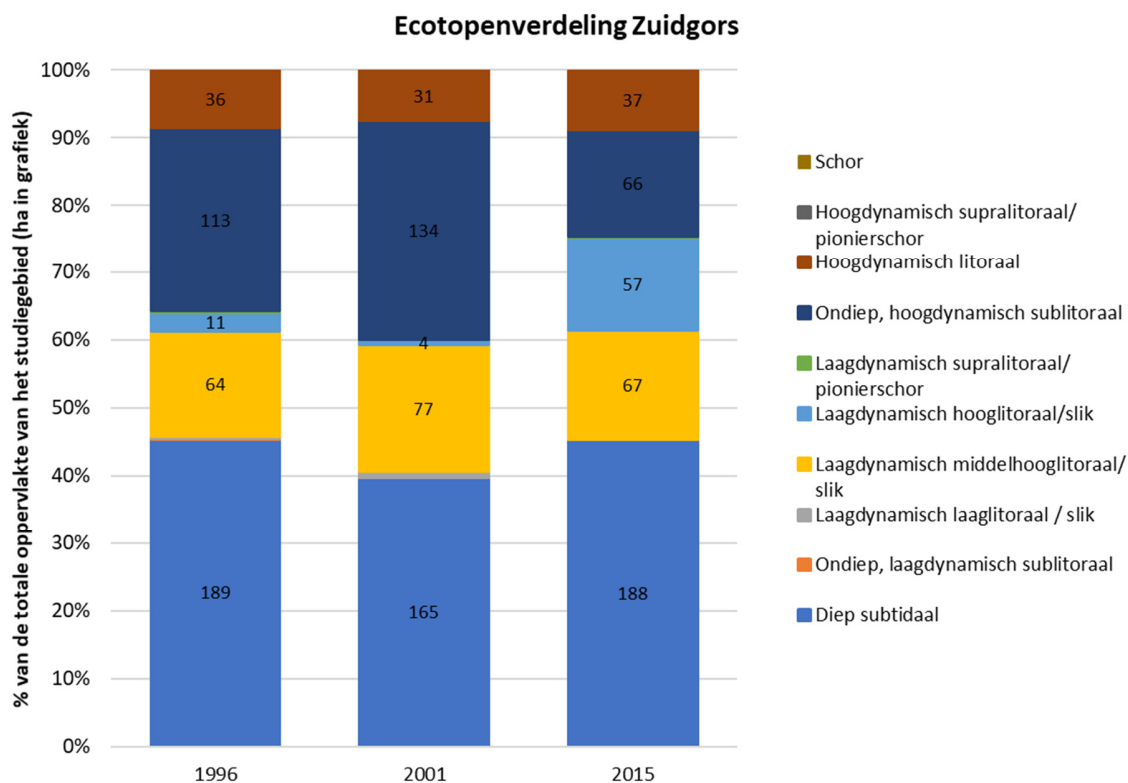
Figuur 5 geeft de verdeling van ecotopen voor de drie verschillende tijdstappen, zoals die werden berekend met de ESD-tool. De kaarten worden gegeven in bijlage B. Het areaal diep subtidaal daalt in 2001 ten opzichte van 1996, om dan in 2015 weer ongeveer gelijk te zijn aan het areaal in 1996. Het totaal areaal laagdynamisch gebied neemt toe met de tijd. Het areaal hoogdynamisch gebied is in 2001 hoger dan in 1996, maar is in 2015 gedaald tot een kleiner areaal dan het areaal in 1996.

4.2.4 Discussie

De berekende ESD-levering over de jaren heen bij Zuidgors (Tabel 4) toont enkele relaties die hiervoor werden blootgelegd. De daling in schaaldierproductiviteit wordt veroorzaakt door de daling in het areaal laagdynamisch ondiep sublitoraal. Het minieme areaal dat aanwezig was in 1996 lijkt volledig te verdwijnen in 2001 en 2015. De productiviteit van schaaldieren is echter reeds verwaarloosbaar klein in 1996.

Het productieve areaal vis komt bij Zuidgors overeen met het hoogdynamisch litoraal en het laagdynamisch laaglitoraal (Figuur 6; bijlage B). Dit totale productieve areaal blijft ongeveer even groot door de jaren heen, wat ook wordt weerspiegeld in de constante levering van de ESD visproductiviteit.

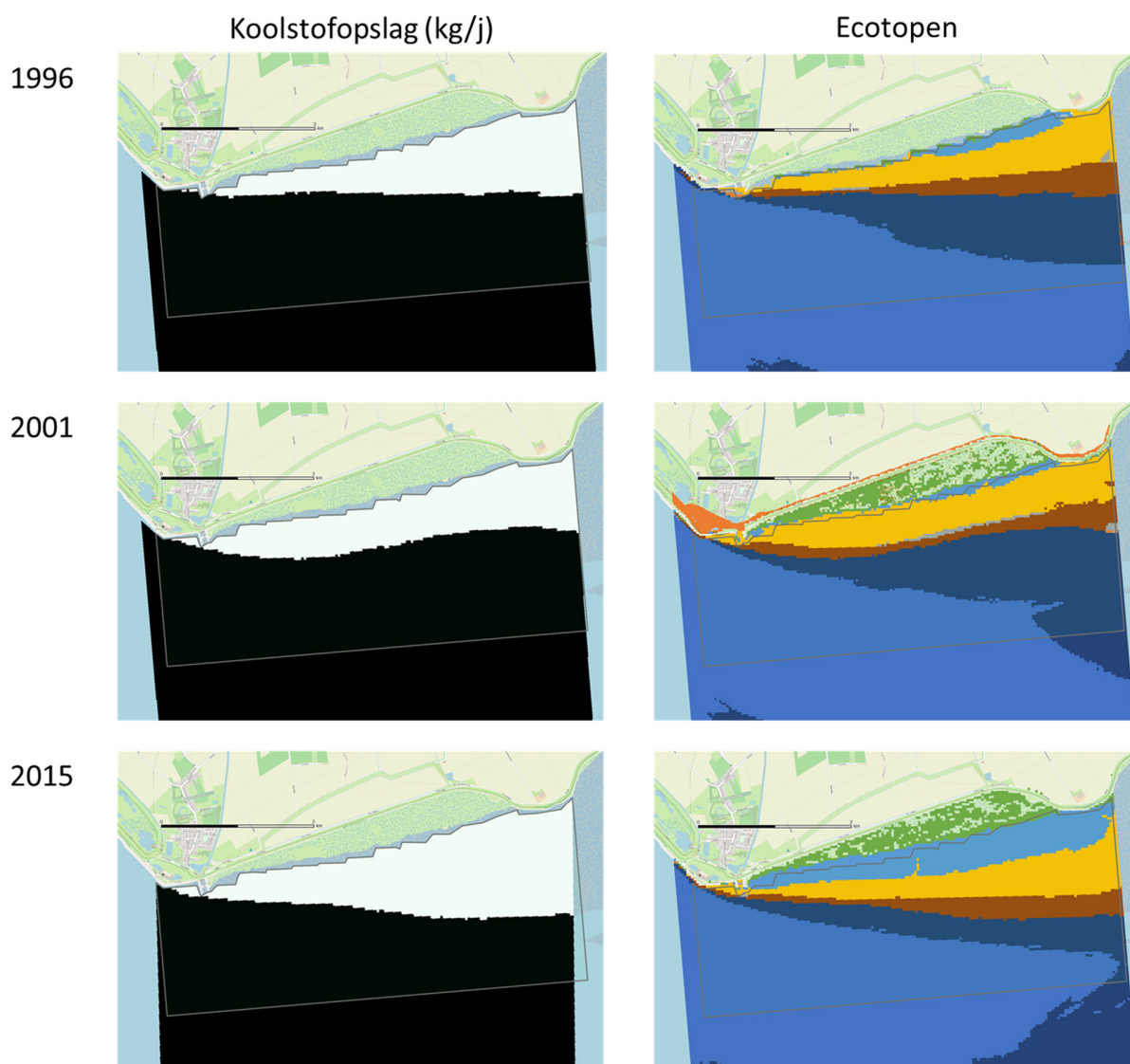
Zoals reeds verwacht uit hoofdstuk 3 is de levering van de ESD's waterkwaliteit en klimaatregulering onafhankelijk van de ontwikkeling van het areaal hoog- en/of laagdynamisch gebied. De stijging in 2015 ten opzichte van 1996 is te wijten aan de totale stijging van het areaal litoraal. De afbakening van het productieve areaal komt perfect overeen met de scheiding litoraal – sublitoraal (Figuur 7).



Figuur 6: Verdeling ecotopen bij Zuidgors in 1996, 2001 en 2015.

Tabel 4: ESD-levering bij Zuidgors in 1996, 2001 en 2015.

ESD's Zuidgors	1996	2001	2015
Voedselvoorziening			
Schaaldieren (kg/j)	7	---	---
Vis (aantal x1000)	13	=	=
Regulering waterkwaliteit			
Denitrificatie (tonN/jaar)	23	=	++
Stikstofopslag (tonN/jaar)	13	=	++
Fosforopslag (tonP/jaar)	3	=	++
Silicium vrijstelling (tonSi/jaar)	23	=	++
Klimaatregulering (tonC/j)	107	=	++
Habitat & soortendiversiteit			
Steltlopers (m ²)	43	=	+++



Figuur 7: Vergelijking tussen het gebied waarin koolstofopslag plaatsvindt (links, wit) en de ecotopenkaart van de respectievelijke jaren bij Zuidgors. De grens tussen wit (koolstofopslag) en zwart (geen koolstofopslag) loopt samen met de grens tussen sublitoraal (donkerblauw) en litoraal (bruin/geel/lichtblauw) areaal. De schaal geeft een afstand van 2 km aan. De grijze contour weergeeft het gebied dat werd gebruikt in de berekeningen. De ecotopenkaarten volgen dezelfde kleurencode als in Figuur 6.

Ook het geschikte habitat voor steltlopers lijkt onafhankelijk te evolueren van de hydrodynamiek. Dit is echter niet wat wordt aangetoond in de Vet et al. (2020) na een uitgebreide analyse van het gebied. De Vet et al. (2020) ziet een positieve relatie tussen het bodemleven (en dus vogelvoedsel) en een lagere dynamiek. Dit benadrukt de nodige voorzichtigheid van de interpretatie van resultaten van de tool. Terwijl De Vet et al. (2020) gebruik maakten van doorgedreven modellen, is de analyse met de ESD-tool gestoeld op eenvoudigere rekenregels en werd slechts een beperkt aantal parameters gebruikt om tot het resultaat te komen. Zo werden het effect van korrelgrootte en de effectieve aanwezigheid van bodemleven niet in rekening gebracht.

5 Conclusie

Met behulp van de ESD-tool kunnen voor een afgebakend gebied verschillende ESD's worden berekend die gelinkt zijn aan het estuariene milieu. In dit rapport werden de onderliggende rekenregels in detail bekeken. Aan de hand daarvan werd bepaald welke factoren van invloed zijn op de berekening van bepaalde ESD's en hoe deze kunnen worden vertaald naar effectieve sedimentingrepen. Uit de rekenregels blijkt dat sedimentingrepen die een gebied veranderen zodat er laagdynamisch, supra(litoraal) met een zwakke helling of schor wordt gecreëerd en waarbij gebruik wordt gemaakt van zandig materiaal het grootste positieve effect hebben op het grootste aantal ESD's. Een belangrijke nuance die de ESD-tool echter niet in beeld brengt is het effect van verschillende ESD's op elkaar. ESD's die reeds aanwezig zijn in een bepaald gebied kunnen worden beïnvloed doordat een nieuwe ESD wordt geïntroduceerd. Doordat meerdere ESD's afhankelijk zijn van gelijkaardige parameters kan de bevordering van een bepaalde ESD ook andere ESD's negatief of positief beïnvloeden. Bij het ontwerpen van een sedimentingreep om een bepaalde ESD te bevorderen, moet hiermee dus steeds worden rekening gehouden.

Aan de hand van twee cases werden de geïdentificeerde relaties geïllustreerd. Hierbij kwam eveneens sterk naar voren dat men niet zomaar kan concluderen welke scenario's het meest positief zijn voor de bevordering van ESD's in een bepaald gebied. De nood aan verschillende ESD's en dus de prioriteit en het gewicht dat eraan zou gegeven worden verschilt erg van gebied tot gebied en moet per case geëvalueerd worden. In de Oosterschelde ligt de nadruk meer op het behoud van het intergetijdengebied om de Natura2000 doelstellingen te kunnen behalen en in de Westerschelde staat de scheepvaart centraal. Dit verschil zorgt ook voor een andere kijk op welke ESD's primeren. Bij Zuidgors wordt na analyse met de ESD-tool duidelijk dat voor de geselecteerde ESD's de ontwikkeling van sublitoraal naar litoraal het grootste effect heeft gehad op de ESD-levering en dat de hydrodynamiek in het gebied volgens de ESD-tool minder effect heeft hierop. De twee uitgewerkte cases tonen dat een verkenning met de ESD-tool een goede eerste stap is in het ontwikkelen van een sedimentstrategie om de meest optimale mix van ESD-levering in een bepaald gebied te bekomen, maar dat deze analyse steeds moet geïnterpreteerd worden rekening houdend met de lokale omstandigheden en expertenkennis.

BRONNEN

- Boerema, A., Taal, M., Ysebaert, T., Brils, J., Van der Meulen, S., Van Holland, G., Van der Biest, K., Maris, T., Meire, P. (2018a). Selectie van relevante ecosysteemdiensten in relatie tot sedimentbeheer in de Scheldedelta om op de te nemen in de ecosysteemdienstentool. Universiteit Antwerpen: Antwerpen.
- Boerema, A., Buis, K., Taal, M., Ysebaert, T., Van Holland, G., Depreiter, D., Vrebos, D., Van der Biest, K., Maris, T., Meire, P. (2018b). Conceptueel model voor het identificeren van ingreep-effect relaties. Universiteit Antwerpen: Antwerpen.
- Boerema, A., Van der Biest, K., Vrebos, D., Buis, K., Taal, M., Maris, T., Ysebaert, T., Van Holland, G., Depreiter, D., Meire, P. (2018c). Ecosysteemdiensten-tool: dosis-effect relaties kwantificeren en rekenregels opstellen. Universiteit Antwerpen: Antwerpen.
- de Ronde, J.G., Mulder, J.P.M., Van Duren, L.A., Ysebaert, T. (2013). Eindadvies ANT Oosterschelde. Report 1207722-000-ZKS-0010. Deltares, The Netherlands. https://www.zwdelta.nl/sites/all/files/default/publicaties/eindadvies_ant_oosterschelde.pdf
- de Vet, P.L.M., van Prooijen, B.C., Colosimo, I., Ysebaert, T., Herman, P.M.J., Wang, Z.B. (2020). Sediment Disposals in Estuarine Channels Alter the Eco-Morphology of Intertidal Flats. J. Geophys Res-Earth. 125 (2), 1 – 10. <https://doi.org/10.1029/2019JF005432>
- Louters, T., Van den Berg, J.H., Mulder, J.P.M. (1998). Geomorphological changes of the Oosterschelde tidal system during and after the implementation of the Delta project. J. Coast. Res. 14 (3), 1134–1151.
- Mestdagh, S., De Swerd, S., Boerema, A., Vrebos, D., Meire, P., Ysebaert, T., Roose, F. (2020). Illustratie en evaluatie van de Smartsediment ecosysteemdienstentool voor de beoordeling van effecten van huidige beheerstrategieën op ecosysteemdiensten. Royal NIOZ: Yerseke.
- Van Zanten, E., Adriaanse, L.A. (2008). Verminderd getij. Verkenning van mogelijke maatregelen om de erosie van de platen, slikken en schorren van de Oosterschelde te beperken (Hoofdrapport). Rijkswaterstaat dienst Zeeland, Nederland.

BIJLAGEN

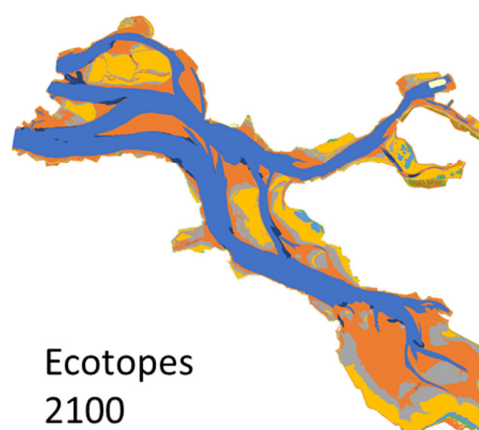
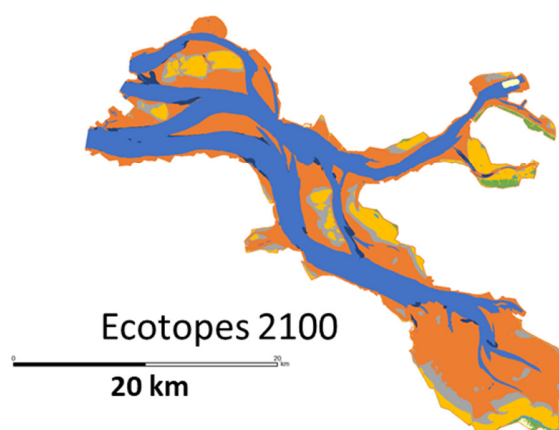
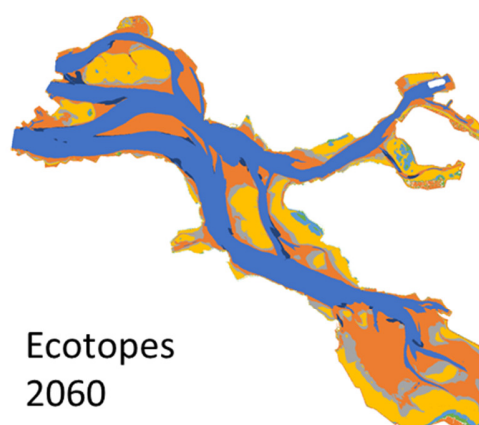
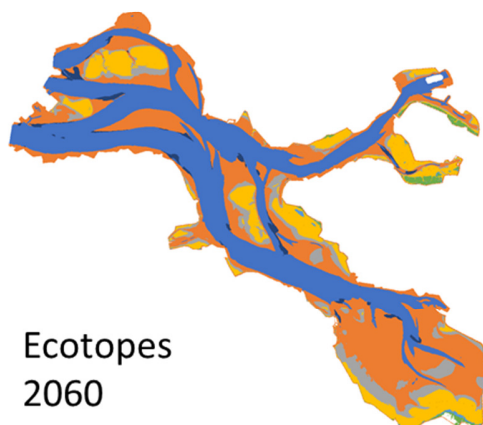
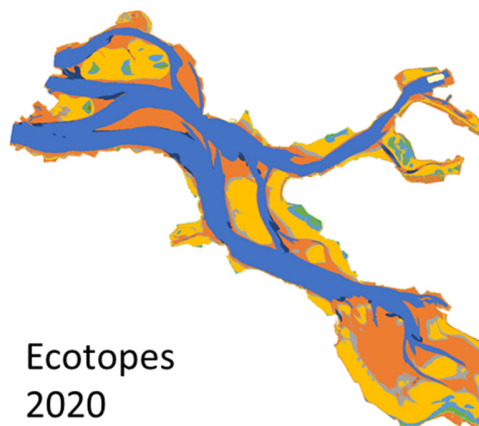
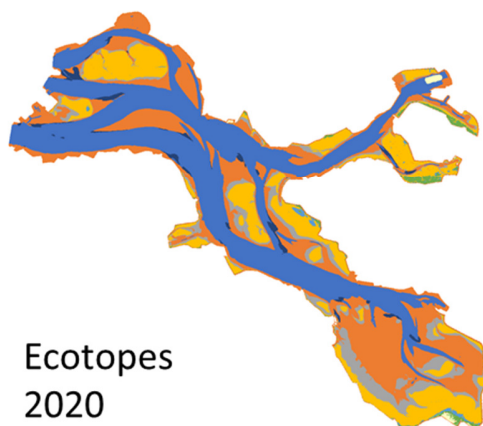
Bijlage A – Ecotopen Oosterschelde

	Zonder suppletie			Met suppletie		
Ecotopen Hooge Platen directe omgeving (ha)	2020	2060	2100	2020	2060	2100
Diep subtidaal	13516	13516	13516	13516	13516	13516
Ondiep, laagdynamisch sublitoraal	10520	12437	14247	8710	9509	9773
Laagdynamisch laaglitoraal / slik	3264	3160	2597	2066	3450	4624
Laagdynamisch middelhooglitoraal/ slik	6318	4578	3398	8453	6824	5540
Laagdynamisch hooglitoraal/slik	210	169	127	889	571	415
Laagdynamisch supralitoraal/ pionierschor	400	372	348	521	288	261
Ondiep, hoogdynamisch sublitoraal	583	585	586	576	578	579
Hoogdynamisch litoraal	5,3	3,2	2,7	12,1	10	9,3
Hoogdynamisch supralitoraal/ pionierschor	0	0	0	0,1	0,1	0,1
Schor	9,7	10	14,3	14,6	8	83,4

- Schor
- Hoogdynamisch supralitoraal/ pionierschor
- Hoogdynamisch litoraal
- Ondiep, hoogdynamisch sublitoraal
- Laagdynamisch supralitoraal/ pionierschor
- Laagdynamisch hooglitoraal/slik
- Laagdynamisch middelhooglitoraal/ slik
- Laagdynamisch laaglitoraal / slik
- Ondiep, laagdynamisch sublitoraal
- Diep subtidaal

Without nourished
intertidal

With nourished intertidal



Bijlage B – Ecotopen Zuidgors

Ecotopen Zuidgors directe omgeving (ha)	1996	2001	2015
Diep subtidaal	188,9	165,1025	188,47
Ondiep, laagdynamisch sublitoraal	0,31	0,13	0
Laagdynamisch laaglitoraal / slik	1,3825	3,945	0,135
Laagdynamisch middelhooglitoraal/ slik	64,46	77,1625	66,9575
Laagdynamisch hooglitoraal/slik	11,125	3,6	56,9375
Laagdynamisch supralitoraal/ pionierschor	0,9525	0,0225	0,9075
Ondiep, hoogdynamisch sublitoraal	112,9925	134,435	65,8525
Hoogdynamisch litoraal	35,6625	31,3775	36,525
Hoogdynamisch supralitoraal/ pionierschor	0	0	0
Schor	0	0	0

■ Schor

1996

misch supralitoraal/ pionierschor

■ Hoogdynamisch litoraal

■ Ondiep, hoogdynamisch sublitoraal

■ Laagdynamisch supralitoraal/ pionierschor

■ Laagdynamisch hooglitoraal/slik

■ Laagdynamisch middelhooglitoraal/ slik

■ Laagdynamisch laaglitoraal / slik

■ Ondiep, laagdynamisch sublitoraal

■ Diep subtidaal

