

Effecten van klimaatmaatregelen op de estuariene natuur

**Habitatverandering in estuariene gebieden met een
doorvertaling naar KRW-doelen**



Titel

Effecten van klimaatmaatregelen op de estuariene natuur

Opdrachtgever

Rijkswaterstaat waterdienst

Project

1200163-004

Pagina's

84

Trefwoorden

Klimaatverandering, zeespiegelstijging, estuariene gebieden, ecologische KRW-doelen

Samenvatting

Studie naar de mogelijke veranderingen in de habitat verdeling van estuariene gebieden zoals de Waddenzee, Oosterschelde en de Westerschelde als gevolg van zeespiegelstijging. De effecten van de zeespiegelstijging in deze gebieden worden doorvertaald naar gevolgen voor de ecologische KRW-doelen.

Het stijgen van de zeespiegel resulteert in een afname van het areaal intergetijdengebied. Dit veroorzaakt een sterke afname of zelfs het verdwijnen van de supralitorale gebieden. De lager gelegen litorale gebieden verdwijnen lokaal maar nieuwe gebieden ontstaan ten koste van de supralitorale gebieden. Daarnaast zal het areaal aan diep en ondiep water gaan toenemen. De orde grootte van deze verschuiving hangt per watersysteem sterk af van stijging van de waterstand en de snelheid waarmee het water stijgt ten opzichte van de snelheid waarmee de planten en slikken kunnen meegroeien. Een verandering in het zoutgehalte als gevolg van de waterstandstijging is naar verwachting niet groot.

Afname en verschuiving van de litorale gebieden hebben voornamelijk een negatief effect op het macrofauna en de schorvegetatie. De stijging van de waterstand kan gunstig zijn voor vissen maar zorgt voor het fytoplankton voor een verminderde licht doordringing. Naast waterstand en de droogvalduur van de intergetijdegebieden zijn veranderingen in temperatuur, toevoer van zoetwater en nutriënten en de ontwikkeling in Noordzeekustzone van groot belang voor de estuariene gebieden. Deze parameters zijn echter in deze verkennende studie niet meegenomen.

Referenties

Projectplan 2009, TO Verkenning klimaat: 'Klimaatbestendigheid van Nederland Waterland', 1200163

Projectplan 2009, TO lange termijn watermanagement: 'Implementatie KRW', 1200212

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
	Dec 2009	Harriette Holzhauer		Ad Jeuken		Toon Segeren	
		Fred Twisk		Miguel Dioniso			

Status

definitief

Inhoud

1	Introductie	3
1.1	Projectkaders	3
1.1.1	Achtergrond klimaatbestendigheid van Nederland Waterland	3
1.1.2	Achtergrond watermanagement, Implementatie KaderRichtlijnWater	4
1.2	Doel en afbakening	4
1.3	Aanpak	5
2	Klimaatverandering	7
2.1	KNMI klimaatscenario's	7
2.1.1	Zeespiegelstijging	8
2.1.2	Temperatuur	9
2.2	Klimaat gerichte maatregelvarianten	9
3	Kaderrichtlijn water	11
3.1	KRW maatregelen en klimaatverandering	11
3.2	Biologische KRW-normen in het kort	12
3.2.1	Type van oppervlaktewaterlichamen	12
3.2.2	Maatlatten	12
3.2.3	Biologische kwaliteitsnormen	13
3.3	Type estuariene rijkswateren stroomgebied Maas, Rijndelta en Schelde	13
4	HABITAT analyse	19
4.1	Classificatie abiotische parameters	19
4.1.1	Zoutgehalte	20
4.1.2	Getijdynamiek	21
4.1.3	Droogvalduur	21
4.1.4	Diepte	22
4.1.5	Stroomsnelheid	22
4.2	Modelinvoer Habitat	22
4.2.1	Zoutgehalte	23
4.2.2	Waterstandfrequenties	25
4.2.3	Droogvalduur	27
4.2.4	Ondiepe en diepe sublitorale zones	27
4.2.5	Dynamiek	28
5	Resultaten zeespiegelstijging	31
5.1	Westerschelde	32
5.1.1	Huidige situatie	32
5.1.2	Mogelijke verandering habitats	32
5.1.3	Waterstand	33
5.2	Oosterschelde	35
5.2.1	Huidige situatie	35
5.2.2	Zandhonger	36
5.2.3	Zeespiegelstijging	36
5.2.4	Gevolgen voor de natuurwaarden	37
5.3	Waddenzee	39
5.3.1	Huidige situatie	39
5.3.2	Waterstand	39

5.3.3	Andere klimaat effecten	41
5.4	Volkerak-Zoommeer	42
5.4.1	Waterstand, getij en zout	42
6	Effect op de KWR-doelen	43
6.1	Westerschelde	44
6.1.1	Effect op fytoplankton	44
6.1.2	Effect op Macrofauna	44
6.1.3	Effect op planten	45
6.1.4	Effect op Vissen	45
6.2	Oosterschelde	46
6.2.1	Effect op fytoplankton	46
6.2.2	Effect op Macrofauna	46
6.2.3	Effect op Waterplanten	47
6.3	Waddenzee	47
6.3.1	Effect op fytoplankton	47
6.3.2	Effect op Macrofauna	48
6.3.3	Effect op planten	48
6.4	Volkerak-Zoommeer	49
6.4.1	Effect op fytoplankton	49
6.4.2	Effect op Macrofauna	49
6.4.3	Effect op Waterplanten	49
6.4.4	Effect op Vissen	50
6.5	Effecten KRW samengevat	50
7	Conclusies en aanbevelingen	53
7.1	Effecten op de standplaatskenmerken	53
7.2	Effecten ecologische KRW-beoordeling	53
7.3	Aanbevelingen	54
8	Referenties	55
 Bijlage(n)		
A	Westerschelde	57
A.1	Overstromingsduur	57
A.2	Diep/ondiep	59
A.3	Hydrodynamiek	60
A.4	Habitattypen	62
B	Waddenzee	65
B.1	Hydrodynamiek	65
B.2	Droogvalduur	66
B.3	Diep/ondiep	69
B.4	Habitattypen	71
C	Oosterschelde	73
C.1	Droogvalduur	73
C.2	Diep/ondiep	75
C.3	Dynamiek	78

1 Introductie

Het klimaat van een plaats of gebied is het gemiddelde weer. Meestal wordt het gemiddelde genomen over enkele tientallen jaren van temperatuur, vocht, luchtdruk, wind, bewolking en neerslag. Daarnaast wordt gekeken naar dagelijkse en jaarlijkse variaties en hoe vaak extremen voorkomen, zoals hittegolven en zware regen met wateroverlast of overstromingen. Het klimaat verandert van nature, maar ook de mens heeft er invloed op. Het klimaat verandert onder invloed van natuurlijke factoren en sinds het midden van de 20e eeuw, mede onder invloed van de mens via het versterkte broeikaseffect (KNMI).

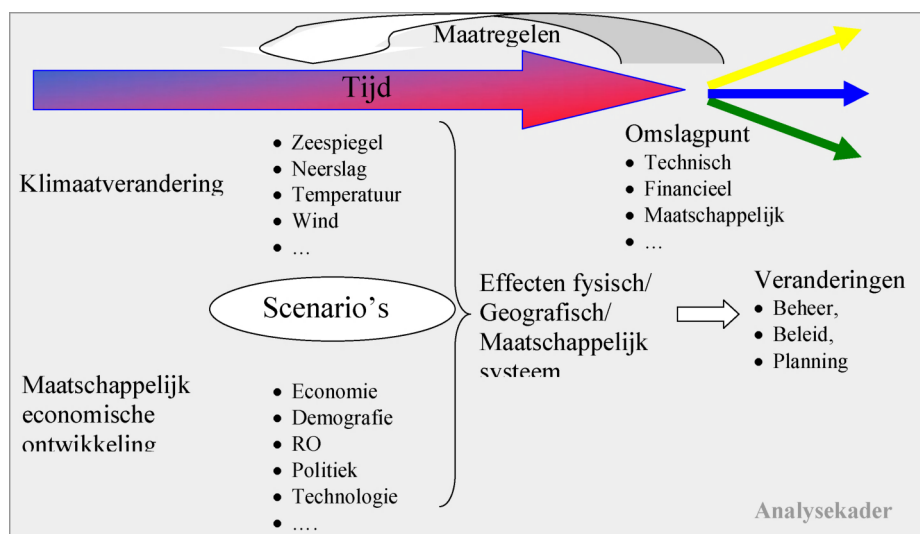
De reacties van de natuur op deze veranderingen is complex en verschilt per plant- en diersoort. Bij hogere temperaturen lijken sommige soorten gebaat, nieuwe soorten verschijnen en andere verdwijnen. Over het algemeen wordt verwacht dat de verspreidingsgebieden van soorten verschuiven naar het noorden en bergopwaarts. Soorten kunnen geschikt geraakte leefgebieden echter alleen koloniseren als voor hen de afstanden ook overbrugbaar zijn. Daarbij komt dat de verschuiving voor veel soorten (te) snel gaat. Verschillende reacties kunnen leiden tot veranderingen in de voedselketen. Vooral natte ecosystemen zijn gevoelig voor weersextremen, zoals perioden van droogte of juist piekafvoeren: beek- en riviersystemen, moerassen, natte heide en hoogveen. De zeespiegelstijging veroorzaakt kustafslag in de duinen en het verdwijnen van kwelders.

1.1 Projectkaders

Deze studie is uitgevoerd in het kader van twee verschillende projecten: 1) *Klimaatbestendigheid van Nederland Waterland*, en 2) *Toegepast onderzoek, Lange termijn watermanagement implementatie Kaderrichtlijn Water*. In het kader van de eerste studie zijn maatregelvarianten gedefinieerd om de effecten van klimaatverandering tegen te gaan. Deze zijn doorvertaald naar effecten voor verschillende habitats in de Rijksovergangswateren zoals de Westerschelde, Oosterschelde en de Waddenzee. In het kader van de tweede studie zijn effecten van de maatregelvarianten op de habitats in deze gebieden doorvertaald naar de geldende doelen en richtlijn voor deze gebieden in het kader van de KaderRichtlijnWater.

1.1.1 Achtergrond klimaatbestendigheid van Nederland Waterland

In het project Klimaatbestendigheid van Nederland Waterland onderzoekt Deltares en Rijkswaterstaat Waterdienst de grenzen van bestaande en mogelijke toekomstige beheerstrategieën van het hoofdwatersysteem met betrekking tot klimaatsverandering. Bij het ontwerpen van maatregelen om Nederland klimaatbestendig te maken wordt gebruik gemaakt van klimaatscenario's. Op basis van deze scenario's worden de effecten op fysische randvoorwaarden voor het waterbeheer en -beleid bepaald en worden de ontwerpcriteria voor maatregelen vastgesteld. Klimaatscenario's zijn echter met grote onzekerheden omgeven en geven slechts een mogelijke bandbreedte van effecten weer. Een verandering in inzicht zorgt er tevens voor dat de effecten opnieuw berekend moeten worden. Daarom is er in de studie Klimaatbestendigheid van Nederland Waterland is voor een andere invalshoek gekozen. Niet de effecten van een klimaatscenario staan centraal maar de robuustheid van het beleid en beheer. Door te zoeken naar de knikpunten op technisch, financieel en maatschappelijk vlak in een gebied wordt een beeld verkregen van die robuustheid in beleid en beheer (Figuur 1.1).



Figuur 1.1 Analysekader knikpunten in beleid en beheer van een gebied

In 2008 is er gezocht naar het moment waarop de gevolgen van de klimaatverandering, zoals zeespiegelstijging, verandering in extreme rivierafvoeren en temperatuuroptename, zo groot zijn geworden dat de huidige strategieën niet langer voldoen en alternatieven noodzakelijk zijn. Het omslagpunt voor natuur is in veel systemen al gepasseerd. Het beleid van nu is gericht op natuurbehoud (soortenbenadering) in plaats van natuurontwikkeling (ecosysteem benadering). De natuurdoelstellingen zijn gebaseerd op 1900 zonder dat de huidige en toekomstige situatie zijn meegenomen. Dit is niet klimaatbestendig waardoor de doelen (steeds weer) niet gehaald worden (Kwadijk et al, 2008).

In de kust- en overgangsgebieden zijn effecten van klimaatverandering het meest direct te verwachten als gevolg van de zeespiegelstijging en de stijgende watertemperatuur. Zoals aangegeven in de knikpuntenanalyse (Kwadijk et al., 2008) kan een snelle zeespiegelstijging leiden tot verdrinking van platen en schorren.

In vervolg hierop zijn in 2009 verschillende maatregelvarianten geformuleerd welke de effecten van klimaatverandering tegen kunnen gaan.

1.1.2 Achtergrond watermanagement, Implementatie KaderRichtlijnWater

Dit project richt zich op de rijkswateren waarbij de vraag gesteld wordt of de maatlaten verbeterd moeten worden en zo ja, op welke wijze. Daarnaast gaat een deelproject in op de gevolgen van klimaatontwikkeling waarbij de vraag centraal staat of doelstellingen realiseerbaar blijven als het klimaat verandert en of er (grootschalige) adaptatiemaatregelen worden getroffen om klimateffecten tegen. Belangrijk punt hierbij is dat de afleiding van de ecologische doelstellingen voor de rijkswateren heeft plaatsgevonden op basis van de huidige toestand en de huidige kennis over het effect van herstelmaatregelen. Er is hierbij geen rekening gehouden met de eventuele gevolgen van klimaatverandering of adaptatiemaatregelen.

1.2 Doel en afbakening

In deze studie ligt de focus op de overgangswateren tussen zoet en zout. Er wordt niet gekeken naar de effecten van klimaatverandering op specifieke soorten maar naar de mogelijke veranderingen in het habitat waarin de soorten voorkomen. Het effect van zeespiegelstijging is op de habitats in de overgangsgebieden het grootst.

Naast veranderingen als gevolg van klimaatverandering zoals de zeespiegelstijging, zijn er ook effecten op de natuur te verwachten van grootschalige maatregelen welke getroffen worden om de effecten van klimaatverandering tegen te gaan, zoals het afdammen van de Nieuwe Waterweg, de Haringvlietsluizen vervangen door een stormvloedkering of het bufferen van grote hoeveelheden water op de waterbekkens in de Zuidwestelijke Delta. In deze studie wordt er gekeken naar de mogelijke effecten op de habitats in de overgangswateren van zoet naar zout op deze grote ingrepen.

De effecten van klimaatverandering en klimaatadaptatiemaatregelen worden doorvertaald naar gevolgen voor de ecologische doelstellingen gesteld in de KaderRichtlijnWater voor de Rijksovergangswateren. De effecten van klimaatverandering op de waterkwaliteit en ecologische toestand van watersystemen zijn onder te verdelen in een drietal categorieën: directe (fysische), (fysisch-)chemische en biologische effecten.

De KaderRichtlijnWater heeft geen regels opgesteld in het kader van klimaatverandering. Echter een check op de effecten van de voorgestelde KRW-maatregelen in relatie tot klimaatverandering geeft aan dat ondanks grote onzekerheid over de omvang van de klimaatverandering er veel no regret-maatregelen en werkwijzen zijn die hoe dan ook zinvol zijn. In deze studie wordt echter niet gekeken naar het effect van de KRW-maatregelen maar naar het effect van mogelijke klimaatadaptatiemaatregelen op de gestelde biologische KRW-doelen voor de Rijksovergangswateren.

1.3 Aanpak

Het project is opgedeeld in een aantal verschillende stappen

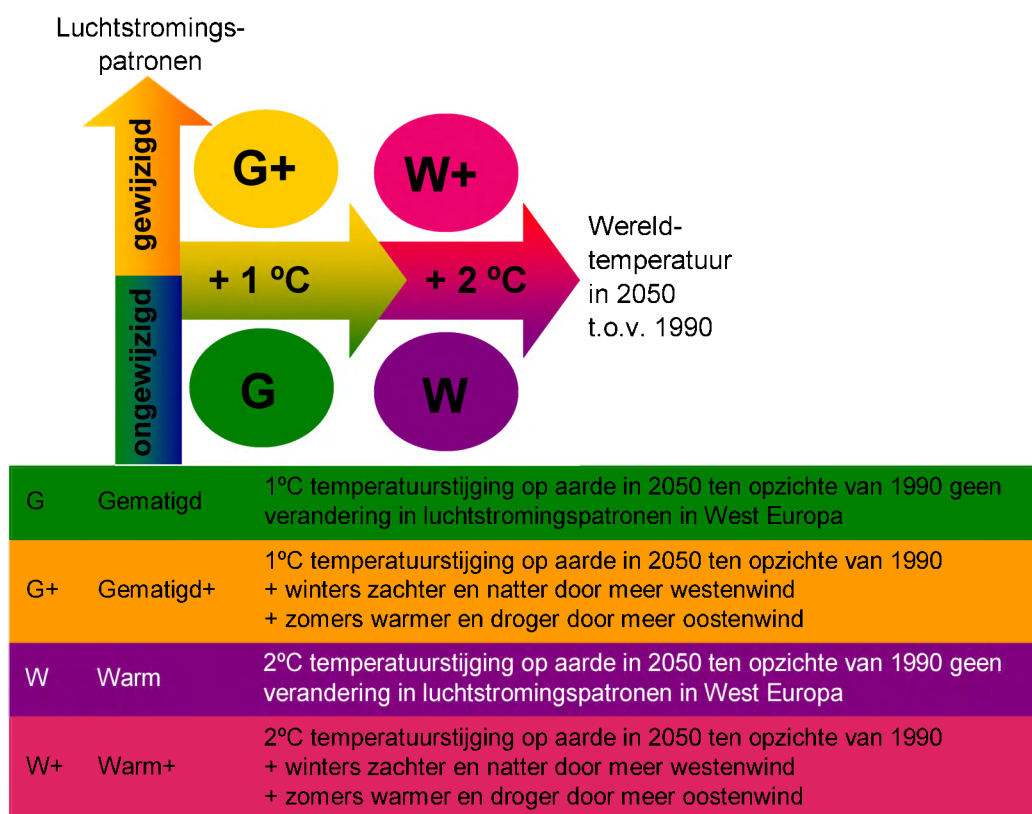
- 1 Habitatanalyse huidige situatie Westerschelde, Oosterschelde en Waddenzee
- 2 Globale inschatting ontwikkeling waterstand en droogvalduur in de Westerschelde, Oosterschelde en Waddenzee als gevolg van een zeespiegelstijging van 20 cm tot 1 meter.
- 3 Habitatanalyse Westerschelde, Oosterschelde en Waddenzee voor de verschillende zeespiegelstijgingen. Is er sprake van omslagpunten?
- 4 Effectbeschrijving van een aantal maatregelvarianten voor klimaatadaptatiemaatregelen in de Zuidwestelijke delta en de Waddenzee.
- 5 Beschrijving type watersysteem en biologische KRW-doelen voor de overgangsgebieden in de Zuidwestelijke delta en de Waddenzee op basis van bestaande literatuur.
- 6 Doorvertaling effecten van de maatregelvarianten voor het type watersysteem en de biologische KRW-doelen van gebieden in de Zuidwestelijke delta en de Waddenzee op basis van de habitatanalyses en bestaande literatuur.

2 Klimaatverandering

2.1 KNMI klimaatscenario's

Het klimaat verandert. Hoe het verandert is vooral afhankelijk van de wereldwijde temperatuurstijging en van de verandering in de stromingspatronen van de lucht in onze omgeving en daarmee samenhangende veranderingen in de wind. Op basis van de meest recente resultaten van klimaatonderzoek zijn er vier nieuwe klimaatscenario's opgesteld. Ze vervangen de scenario's die in 2000 zijn opgesteld voor de Commissie Waterbeheer 21^{ste} eeuw. Klimaatscenario's geven het gemiddelde weer en de kans op extreem weer in de toekomst. De KNMI'06 scenario's geven een beeld van de veranderingen in temperatuur, neerslag, wind en zeespiegel voor een klimatologische periode van 30 jaar. De scenario's voor 2050 zijn dus representatief voor het klimaat in de periode rond dat jaar (tussen 2036 en 2065). Evenzo is het klimaat in het gekozen basisjaar 1990 beschreven met gegevens van 1976 tot en met 2005 (KNMI 2006).

Hieruit blijkt dat algemeen de opwarming doorzet waardoor er sprake zal zijn van zachtere winters en warmere zomers. Daarnaast worden de winters gemiddeld natter en worden de extreme neerslaghoeveelheden groter. De hevigheid van de extreme regenbuien in de zomer zal ook toenemen maar het aantal zomerse regendagen neemt juist af. Wat betreft de wind zijn de berekende veranderingen in het windklimaat klein ten opzichte van de natuurlijke grilligheid. Tot slot blijft de zeespiegel stijgen. In de onderstaande figuur zijn de vier klimaatscenario's schematisch weergegeven.

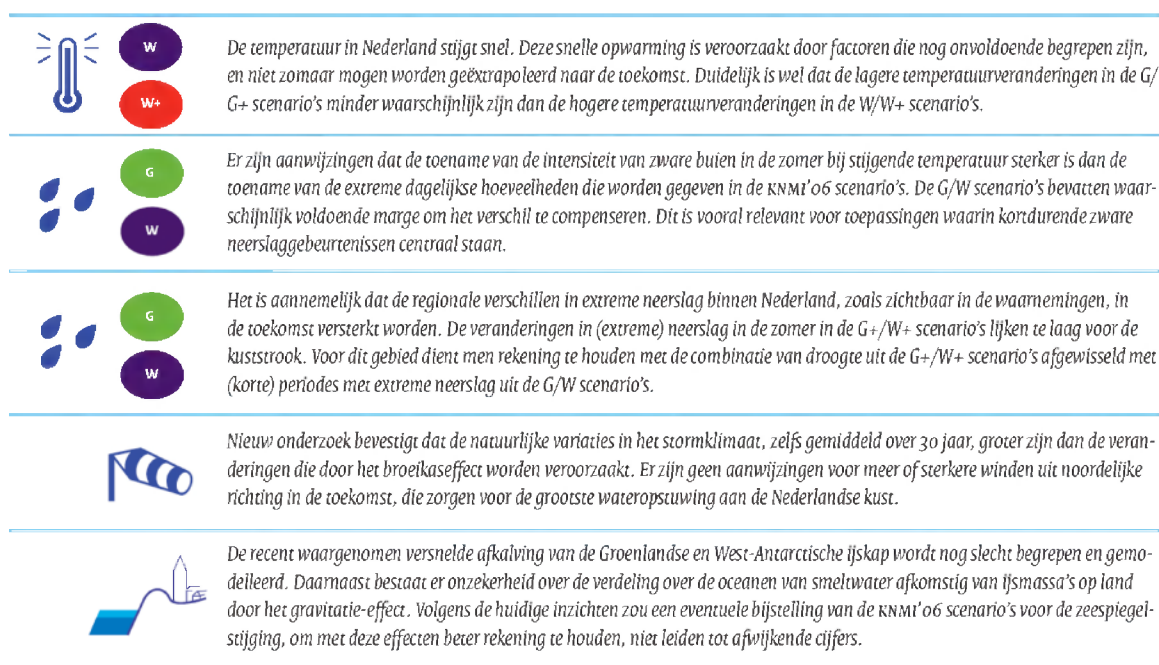


Figuur 2.1 KNMI'06 Klimaatscenario's

Tabel 2.1 *Klimaatscenario's voor Nederland volgens de vier KNMI'06 klimaatscenario's*

	G	G+	W	W+
Gemiddelde winter temperatuur	+0,9°C	+1,1°C	+1,8°C	+2,3°C
Gemiddelde zomer temperatuur	+0,9°C	+1,4°C	+1,7°C	+2,8°C
Gemiddelde winter neerslag	+4%	+7%	+7%	+14%
Gemiddelde zomer neerslag	+3%	-10%	+6%	-19%
Zeespiegel (absolute stijging)	15-25 cm	15-25 cm	20-35 cm	20-35 cm

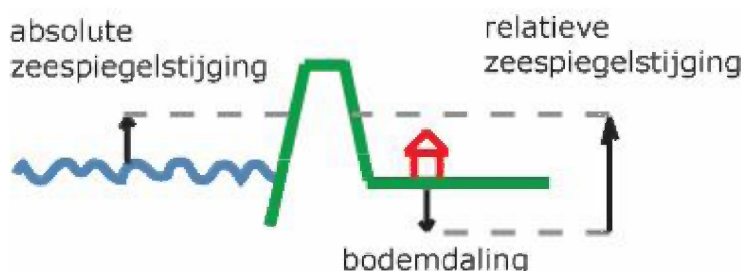
Echter geven nieuwe onderzoeksresultaten aanleiding de klimaatscenario's van 2006 aan te scherpen. Dit resulteert in de volgende verwachtingen (KNMI 2009):



Figuur 2.2 *Nieuwe inzichten KNMI scenario's*

2.1.1 Zeespiegelstijging

Waarnemingen in de kustgebieden over de hele wereld geven aan dat de zee met gemiddelde 1 a 2 mm per jaar is gestegen sinds 1990. Vooral tussen 1930 en 1960 was de stijging relatief groot. Vanaf 1993 is er een wereldwijde zeespiegelstijging waargenomen van ongeveer 3 mm per jaar. Dit komt overeen met waarnemingen in Nederland. Deze waterstand wordt niet alleen bepaald door de zeespiegelstijging in de Atlantische Oceaan (inclusief de Noordzee) maar ook door veranderingen in de opstuwing van het water in de Noordzee. Het totale effect van de zeespiegelstijging aan de Nederlandse kust (=relatieve zeespiegelstijging) is groter door de opgetreden bodemdaling (Figuur 2.3). Echter wordt er binnen deze studie alleen naar buitendijks gelegen gebieden gekeken.



Figuur 2.3 Schematische weergave verschil tussen relatieve en absolute zeespiegelstijging

2.1.2 Temperatuur

In Nederland is de gemiddelde temperatuur sinds 1900 met gemiddeld 1,2 °C gestegen. Hierdoor is het aantal vorstdagen afgenomen en het aantal zomerse dagen toegenomen. De stijging van de temperatuur is snel en nog niet volledig begrepen (KNMI 2009). Door de hogere temperaturen in de winter en in het voorjaar start het groeiseizoen van bijvoorbeeld veel planten vroeger. De afstemming tussen de ontwikkelstadia van verschillende planten en dieren veranderen als gevolg van de temperatuurstijging.

2.2 Klimaat gerichte maatregelvarianten

In het kader van het project klimaatbestendigheid van Nederland waterland zijn er maatregelvarianten afgeleid om de effecten van klimaatverandering tegen te gaan (Van Oostrom en Jeuken, 2009). De maatregelvarianten zijn geen daadwerkelijk uit te voeren maatregelen maar geven inzicht in de effecten van mogelijke maatregelen. De maatregelen zijn afgeleid uit drie perspectieven: de *milieudenker*, *controlist* en *marktoptimist* (Jeuken en van Waveren et al. 2008).

Uit de voorgaande studie (Kwadijk et al, 2008) is gebleken dat de Nieuwe Waterweg, het Haringvliet en het IJsselmeer de belangrijkste sleutelgebieden zijn voor het watersysteem van Nederland. Deze gebieden fungeren als het ware als 'draaiknoppen'. Keuzes in deze gebieden leveren een viertal onderscheidende maatregelvarianten op plus een nulvariant.

- NUL: Autonom + logische voortzetting huidig beleid
- I: Maximale zoetwatervoorziening
- II: De zee-invloed maximaal buiten houden
- III: Maximale spuimogelijkheden
- IV: Rijnmondring en 'open' Zuidwestelijke Delta.

De maatregelvarianten zijn uitgewerkt voor zes gebieden. Deze gebieden zijn *Noord-Nederland*, *Midden-West Nederland*, *IJsselmeer*, *Nieuwe Waterweg (Rijn Maas Monding)*, *Zeeland en het Rivierengebied*. Waarbij het gebied Zeeland wordt gezien als de Zeeuwse wateren plus de Grevelingen.

De effecten van deze maatregelvarianten op de waterstand, stroomsnelheid en het zoutgehalte in de verschillende gebieden is berekend met behulp van een SOBEK (Noordelijk Deltabekken model) modellering. Alle maatregelvarianten zijn berekend voor het klimaatscenario W+ voor het zichtjaar 2100. Voor de zeespiegelstijging is uitgegaan van 1,3 meter. De modelberekeningen zijn in detail beschreven in Prinsen et al. (2009).

In de onderstaande tabel is de invulling van de maatregelvarianten voor de zes gebieden voor heel Nederland weergegeven (Tabel 2.2). Voor analyse van de effecten van

klimaatmaatregelen op de natuur van de kust- en estuaria zijn alleen het Haringvliet en de Zeeuwse gebieden van belang. Deze zijn gearceerd weergegeven in de onderstaande tabel. De ontwikkelingen in het Haringvliet en Nieuwe Waterweg zijn beschreven in de rapportage van het beneden rivierengebied (Beumer et al, 2009).

Tabel 2.2 Overzicht maatregelvarianten. NWW = Nieuwe Waterweg, VKZ = Volkerak-Zoommeer

Variant	Nieuwe Waterweg	Haringvliet	IJsselmeer	Riviertakken	Zeeland	Midden-West Nederland	Noord Nederland
NUL	Stormvloed-kering	Spuibeheer gericht op zoet houden	Spuien (+1,1m meestijden)	Geen regelwerk	VKZ zout Inlaat Haringvliet	Verhogen zoutnorm Gouda. KWA behouden	Voldoende vanuit IJsselmeer
I	Stormvloed-kering	Spuibeheer gericht op zoet houden	Spuien (+1,1m meestijden)	Geen regelwerk	VKZ zoet	Gouda verzit. Aanvoerroute creëren KWA behouden	Voldoende vanuit IJsselmeer
II	Dam met pomp	Spuibeheer gericht op zoet houden	Pompen Peil + 20 cm	Zomer: max via IJssel Winter: IJsselafoer aftoppen	Volkerak-Zoommeer zoet Berging in Zeeuwse bekkens	Gouda behouden KWA behouden Inlaat NWW	Beperkt vanuit IJsselmeer
III	Spuisluizen	Spuibeheer gericht op zoet houden	Spuien (+1,1m meestijden)	Zomer: max via Waal/Haringvliet Winter: IJsselafoer aftoppen	VKZ zout Inlaat NWW en Haringvliet Berging in de Zeeuwse bekkens	Gouda behouden KWA behouden Inlaat NWW Tolhuissluisroute provisorisch	Voldoende vanuit IJsselmeer
IV	Dam met pomp Rijnmondbrug Lekafvoer afleiden via groene rivier	Stormvloed-kering	Pompen Peil + 20 cm	Geen regelwerk	VKZ zout Inlaat NWW	Inlaat NWW Doorspoelen diepe polders loslaten	Beperkt vanuit IJsselmeer

3 Kaderrichtlijn water

In de kaderrichtlijn water staat de stroomgebiedbenadering centraal. De Kaderrichtlijn Water heeft tot doel de oppervlaktewateren - waaronder ook overgangswater en kustwater - en het grondwater in de Europese Unie te beschermen en te verbeteren en het duurzaam gebruik van water te bevorderen. De richtlijn bepaald dat alle wateren per 2015 in een zogenoemde 'goede chemische én ecologische toestand' moet verkeren. De goede ecologische toestand is weer onderverdeeld in een goede biologische toestand en eisen ten aanzien van hydromorfologie, algemene fysisch-chemie en geloosde overige verontreinigende stoffen. De gestelde termijn voor het behalen van de goede toestand kan onder bepaalde voorwaarden worden verlengd met maximaal twee periodes van zes jaar. De uiterste datum komt daarmee op 2027.

Voor het beoordelen van de verschillende watersystemen zijn in Nederland 42 verschillende watertypen onderscheiden. Van elk van deze typen is een referentie beschrijving gemaakt. De referenties vormen het vertrekpunt voor de ecologische doelstelling van natuurlijke watertypen. De uiteindelijke doelstelling per waterlichaam is in het Stroomgebiedbeheersplan vastgelegd. De toestand van het watersysteem wordt aan deze doelstelling getoetst.

Er zijn per watersysteem verschillende KWR-maatregelen opgesteld om de doelen in 2015 te kunnen halen. Naast effecten van de verschillende KRW-maatregelen kan het watersysteem ook beïnvloed worden door klimaatverandering en/of de maatregelen die daarvoor genomen worden. In deze studie wordt gekeken naar de mogelijke effecten van maatregelen om de klimaatverandering tegen te gaan (klimaatadaptatiemaatregelen) op de gestelde ecologische KRW-doelen voor de estuariene gebieden.

3.1 KRW maatregelen en klimaatverandering

In het kader van de KRW zijn verschillende maatregelen opgesteld welke de waterkwaliteit van de watersystemen moet verbeteren. Effecten van klimaatverandering zijn daar niet direct in opgenomen. Echter de hitte- en droogteperiodes van de afgelopen jaren hebben aangetoond dat beheermaatregelen zoals verbetering van de passeerbaarheid en verbetering van de hydromorfologie en de reductie van de warmtebelasting een positief effect hebben op de leefomstandigheden en de belastbaarheid van ecosystemen. Daardoor kunnen belastende situaties ten gevolge van extreme gebeurtenissen beter worden verdragen.

Tijdens perioden met lage rivierafvoeren zal de zouttong verder landinwaarts komen en/of zal meer zout of brak grondwater worden aangetrokken uit de ondergrond als de bemaling in laaggelegen polders niet wordt aangepast. Met name dit laatste effect kan leiden tot zoutophoping in de bodem en het verzilten van het boezemwater. Hogere watertemperaturen tijdens hitteperiodes en perioden van lage rivierafvoer zullen negatieve gevolgen hebben voor met name (trek)vissen. De zeespiegelstijging zal voornamelijk invloed hebben op de tijd dat de intergetijdegebieden droogvallen en of de gebieden überhaupt nog droogvallen. Dit heeft gevolgen voor het macrofauna, de vegetatie en benthische algen.

3.2 Biologische KRW-normen in het kort

3.2.1 Type van oppervlaktewaterlichamen

De Kaderrichtlijn Water onderscheidt en beschrijft vier categorieën: *meren*, *rivieren*, *overgangswateren* en *kustwateren*. Voor een nadere uitwerking van de ecologische doelen is deze indeling te grof. Daarom zijn die categorieën weer onderverdeeld in meerdere watertypen. Belangrijke kenmerken in deze typering zijn bijvoorbeeld stroomsnelheid, zoutgehalte en invloed van het getij (Tabel 3.1). De Nederlandse typering bestaat in totaal uit 42 watertypen.

Tabel 3.1 Kenmerken voor de onderverdeling binnen de vier categorieën voor enkele watertypen langs de Nederlandse kust. De dik gedrukte eenheden worden meegenomen in de habitatanalyse.

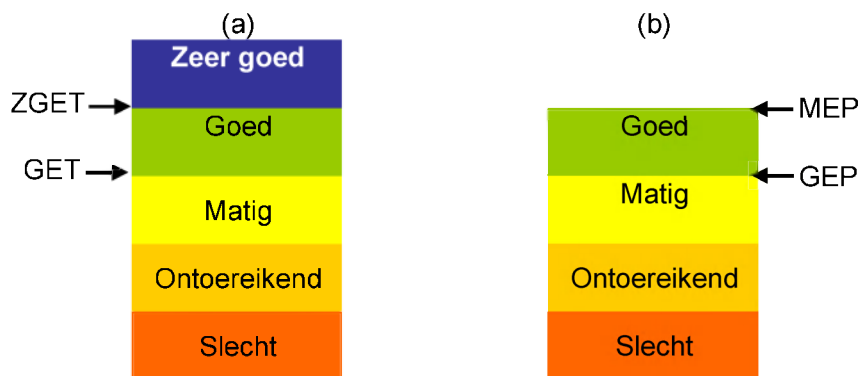
Eenheid	Meren		Rivieren	Overgangswater	Kustwater
	M32	M20	R8	O2	K2
	Grevelingenmeer Veerse Meer	Volkerak- Zoommeer	Haringvliet	Westerschelde	Oosterschelde Waddenzee
Vorm	nvt	niet-lijn			
Geologie van de bodem	nvt	kiezel	kiezel		
Saliniteit	>5,4	0-0,3		variabel	18 - 30
Waterdiepte [m]	nvt	>3		0 – 30	0 – 30
Oppervlak [km ²]	>5	0,5-100			
Buffercapaciteit [meq/l]	nvt	1-4			
Getijverschil [m]			0,3 – 1,9	1-5	1 – 5
Stroomsnelheid [m/s]			< 50		
Breedte van de watergang [m]			> 25		
Oppervlakte van het stroomgebied [km ²]			> 200		
Verhang [m/km]			< 1		
Golfhoogte [m]				0 – 0,4	0 – 0,4
Mineraal slib [%]				0 – 10	0 – 10
Mineraal zand [%]				100 – 90	100 – 90
Debiet zoet water [m ³ /s]			100 – 200		
Stroomrichting					n.v.t.
Mate van beschutting					Beschut

3.2.2 Maatlatten

Voor elk van de 42 watertypen zijn referentiesituaties beschreven in termen van soortgroepen van planten en dieren. Deze referentiesituatie zijn echter vaak gebaseerd op situaties in het buitenland of gereconstrueerd met behulp van gegevens uit het verleden, omdat in Nederland vrijwel geen referentiesituaties meer voorkomen. Voor een natuurlijke situatie geldt een maatlat met vijf categorieën 'zeergoed' (referentie), 'goed', 'matig', 'ontoereikend' en 'slecht'. De norm ligt bij de categorie 'goed'. Zodra een watersysteem hieraan voldoet wordt er gesproken van een goede ecologische toestand (GET).

Veel watersystemen zijn echter kunstmatig of sterk veranderd. Voor deze watersystemen kan de KRW-doelstelling niet direct aan de hand van de referentiesituaties worden bepaald en wordt de KRW-doelstelling per gebied afgeleid van het natuurlijke watertype dat het meeste overeenkomt. Vervolgens is hiervoor ook een maatlat opgesteld waarbij het ideaalbeeld wordt

gevormd door het maximaal ecologisch potentieel. In deze maatlat wordt gebruik gemaakt van vier categorieën, 'goed', 'matig', 'ontoereikend' en 'slecht'. De norm ligt bij goed en wanneer een kunstmatig of sterk veranderd watersysteem hieraan voldoet wordt er gesproken van een 'goed ecologisch potentieel' (GEP).



Figuur 3.1 Maatlatten voor natuurlijke (a) en kunstmatige of sterk veranderde (b) watersystemen

3.2.3 Biologische kwaliteitsnormen

De biologische toestand vormt, naast de hydromorfologische en chemische kwaliteitselementen, een belangrijk onderdeel van de goede ecologische toestand van het watersysteem. De biologische toestand in het water geeft inzicht in de waterkwaliteit van een watersysteem. Voor het bepalen van de biologische toestand zijn soortgroepen gedefinieerd welke model staan voor een biologisch goed functionerend watersysteem: *fytoplankton*, *vegetatie*, *macrofauna* en *vissen*. Een watersysteem wordt als goed beoordeeld wanneer in alle vier de categorieën 'goed' gescoord wordt. Voor enkele watertypen is een categorie niet relevant en wordt deze niet meegenomen in de beoordeling. Zo telt voor de Rivieren het fytoplankton niet mee en tellen in de Kustwateren de vissen niet mee. In de onderstaande tabel (Tabel 3.2) zijn de parameters weergegeven op basis waarvan de biologische beoordeling van de verschillende watertypen plaats vindt.

Tabel 3.2 Te toetsen parameters voor de biologische beoordeling

Fyto-plankton	Vegetatie		Macrofauna		Vis
- Samenstelling en abundantie algen - Bloei	Macrofyten		Fyto-benthos	Meren en rivieren	- Samenstelling, abundantie en leeftijdsopbouw - Aantallen naar gilde
	Meren en rivieren	Kust en overgangswater + zoute meren		Kust en overgangswater	
	- Samenstelling en abundantie - Areaal naar groeivorm	- Samenstelling en abundantie - Areaal schor en zeegras - Kwaliteit schor en zeegras		- Samenstelling en abundantie - Aantal kenmerkende, dominante en negatieve soorten	

3.3 Type estuariene rijkswateren stroomgebied Maas, Rijndelta en Schelde

Onder de estuariene rijkswateren of overgangswateren vallen de Westerschelde (O2), Oosterschelde (K2), het Veersemeer (M32), de Grevelingenmeer (M32), het Volkerak-

Zoommeer (M20), het Haringvliet (O2, R8) en de Waddenzee (K2). Voor deze type wateren geldt gelden de onderstaande beschrijvingen:

M32: Grote zoute tot brakke meren

De grote, diepe tot zeer diepe wateren zonder getij met zout (sterk brak) water komen voor in het zeekleigebied en zijn voornamelijk ontstaan uit zoute afgesloten zeearmen. Sommige dragen veel mariene kenmerken of kenmerken van voormalige estuariene systemen zoals kreekrestanten. De meren hebben een open verbinding via een of meer spuisluizen met omliggende getijdenwateren (type K1 en/of K2) waardoor er sprake is van een regelmatige uitwisseling van water. Daarnaast wordt er polderwater op de meren afgelaten. De herkomst van het water is regenwater, grondwater (van externe oorsprong) en vooral zeewater (van externe oorsprong) en oppervlaktewater (van vooral interne oorsprong). Er is sprake van een relatief stabiel zoutgehalte en een stabiel in peil met kleine schommelingen van 0,1 – 0,2 m maximaal. In de voormalige stroomgeulen van deze diepe sterk brakke wateren kan stratificatie optreden als gevolg van een diepe zouttong of temperatuurverschillen.

Biologie

In deze grote meren met hun relatief stabiele zoutgehalte is een matig grote tot grote soortenrijkdom te vinden, afhankelijk van de hoogte van het zoutgehalte met name bij fytoplankton, zoöplankton, bodemdieren en vissen.

Tabel 3.3 Biologische status Veersemeer en Grevelingenmeer (M32)

	Status	Fytoplankton	Waterplanten	Macrofauna	Vis	Biologische status
Grevelingenmeer	Sterk veranderd					
Veersemeer	Sterk veranderd					

R8: Zoet getijdenwater (uitlopers rivier) op zand/klei

Rivier, kreek of ander zoetwaterbekken waarin tweemaal daags de stromingsrichting wisselt en het waterpeil grote verschillen vertoont. Zoete getijdenwateren (met een chloridegehalte van maximaal 1 gCl/l) worden aangetroffen op plaatsen waar de rivier invloed ondergaat van de getijdenbeweging van eb en vloed vanuit de zee, via de zoute en brakke getijdenwateren.

Zoete getijdenwateren liggen zo ver stroomopwaarts in de riviermonding dat het zoute water niet doordringt. Door de aanleg van dammen in de brakke en zoute getijdenwateren is het gebied waarin zoet getijdenwater nu voorkomt sterk verkleind en is bovendien veelal een sterk veranderde afgeleide van de natuurlijke variant. De uitstroom van zoet water wordt tijdens de vloed tegengehouden: het water wordt opgestuwd, waardoor vooral in de zoet-brak overgang de stroomrichting omdraait en het waterpeil (minimaal 30 cm) stijgt.

De intergetijdenzone is de tweemaal daags droogvallende zone tussen gemiddeld laag water (GLW) en gemiddeld hoog water (GHW). Deze zone kenmerkt zich door een sterk dynamisch milieu. Afhankelijk van de hoogteligging en inundatieduur worden verschillende successiestadia van de vegetatie aangetroffen.

De ondiepe delen van het zoetwatergetijdengebied zijn de permanent overstroomde delen, tot een diepte van circa 1 meter beneden GLW. In de diepe stroomgeulen (> 1 m) worden hoge stroomsnelheden bereikt die kunnen oplopen tot anderhalve meter per seconde. De hierbij optredende erosie- en sedimentatieprocessen zijn sturend voor de morfologie van het gebied en zorgen voor de vorming van stroomgeulen, kreken en oeverwallen. Afhankelijk van de stroomsnelheid van het water bestaat de bodem uit zand of slib. Het stroombed bestaat bij

sterke stroming grotendeels uit zand, in diepere of langzaam stromende delen wordt slib afgezet. Door erosie en sedimentatie is het diepe stroombed instabiel en wordt de loop van de geulen voortdurend verlegd. Op plaatsen met lagere stroomsnelheden ontstaan zandplaten, slikken en gorzen welke door sedimentatie van materiaal steeds hoger komen te liggen.

Biologie

De levensgemeenschap van de intergetijdenzone bestaat uit soorten die zijn aangepast aan de invloed van de getijbeweging. Dit betekent aanpassing aan tijdelijke droogval, variaties in stroming en aan instabiele substraten. Door de extreme omstandigheden zijn deze wateren betrekkelijk soortenarm maar herbergen ze enkele zeer karakteristieke soorten en soortencombinaties. Er zijn migratiemogelijkheden voor fauna door middel van verbinding met andere beken en riviertjes.

Tabel 3.4 *Biologische status Haringvliet (R8)*

	Status	Fytoplankton	Waterplanten	Macrofauna	Vis	Biologische status
Haringvliet	Sterk veranderd					

O2: Estuarium met matig getijverschil

Een estuarium met een matig getijverschil komt voor op plaatsen waar een rivier via het getijdengebied in zee uitmondt. Het getij zorgt ervoor dat de waterstand groter wordt naarmate men vanaf de zee verder de rivier opgaat, totdat een maximum wordt bereikt en de waterstand vervolgens afneemt. De zoet-zoutovergang beweegt onder invloed van het getij tweemaal per etmaal heen en weer en schuift bovendien ook periodiek meer in de richting van de zee of de rivier in reactie op overvloedige regen of droogte in het rivierstroomgebied. Er is niet alleen een gradiënt in zoutgehalte, maar ook een gradiënt in de aard en de hoogteligging van het sediment (met name dwars op de lengterichting: van zandbanken langs de geulen tot kleiige kwelders en schorren). De optredende erosie- en sedimentatieprocessen zijn sturend voor de morfologie van het gebied en zorgen voor de vorming van stroomgeulen, slikken en schorren. Het intergetijdengebied (litoraal) valt de tweemaal daags droog en ligt tussen de gemiddelde laagwaterlijn en de gemiddelde hoogwaterlijn.

Biologie

Als gevolg van de verschillende gradiënten zijn er veel verschillende habitats te onderscheiden. In deze habitats komen verschillende levensgemeenschappen voor. De soortensamenstelling van estuaria is ten dele dezelfde als die in zoute getijdenwateren (type K2). Dat geldt vooral voor de monding. Stroomopwaarts heersen door het minder zoute milieu (licht tot matig brak, 1 tot 10 gCl/l), de grotere troebelheid duidelijk andere omstandigheden, waardoor ook de levensgemeenschap zich onderscheidt. In het algemeen zijn er minder organismen aangepast aan brakke omstandigheden dan aan zoete of zoute. Bovendien stellen de sterk veranderlijke omstandigheden extra eisen aan organismen om in een estuarium te (over)leven. Het aantal soorten dat zich dus in het meer dynamische deel van het estuarium kan handhaven is relatief beperkt maar vertegenwoordigen een hoge ecologische waarde. Het permanente open water in de diepere geulen (sublitoraal) heeft door de hoge stroomsnelheden een eenvoudig opgebouwde levensgemeenschap.

De verschillen tussen de levensgemeenschappen in estuaria worden met name veroorzaakt door het effect van morfologische- en hydrodynamische processen: waterstroming, troebelheid/doorzicht, zoutgehalte, temperatuur en zuurstofgehalte van het water, type sediment en waterdiepte/mate van droogligging.

Tabel 3.5 Biologische status Westerschelde (O2)

	Status	Type	Fytoplankton	Waterplanten	Macrofauna	Vis	Biologische status
Westerschelde	Sterk veranderd	O2					

K2: Kustwater, beschut en polyhalien

Dit type water is zout, beschut tegen een sterke golfwerking en staat onder invloed van het getij. Het gemiddelde getijdenverschil varieert tussen de 1 en 4 meter en met sterke stroming wordt het kombergingsgebied gevuld en gelegeerd. Waar de vloedstromen van de verschillende kombergingsgebieden elkaar ontmoeten, liggen wantijen. Door de lage stroomsnelheid op deze plaatsen sedimenteert hier relatief fijn materiaal en kan het oppervlak relatief hoger komen te liggen. De bodem bestaat uit meer of minder slikkige zandgronden in de geulen en op de platen/slikken, zavelige en kleiige gronden in de schorren. Lokaal kunnen (soms belangrijke) arealen van hardsubstraat aanwezig zijn in de vorm van veenbanken (natuurlijk) en steenbestortingen (kunstmatig). De (geo)morfologie en ligging van geulen, slikken en platen verandert voortdurend als gevolg van sedimentatie- en erosieprocessen, waarbij zowel golven als stroming een grote rol spelen.

Biologie

De verschillen tussen de levensgemeenschappen in het getijdengebied worden met name veroorzaakt door waterstroming, troebelheid/doorzicht, temperatuur en zuurstofgehalte van het water, type sediment en waterdiepte. Op de middelhoge platen en slikken zijn vaatplanten aanwezig in de vorm van Klein en Groot zeegras. Op de hoge beschutte delen komen schorren voor. Zeer karakteristiek zijn de benthische microalgengemeenschappen van diatomeeën en cyanobacteriën. De biomassa wordt vooral bepaald door de bodemdieren en daarbinnen vooral door het plaatselijk massaal optreden van mossel- en kokkelbanken. De Wulk en de kolonievormende hydropoliepen (Zeemos) horen hier thuis. Garnalen en vislarven zijn met name in de prielen en ondiepe gebieden te vinden. De bodemfauna is als voedsel van groot belang voor over het oppervlak kruipende bodemdieren, vissen en vogels. Sommige vissoorten gebruiken dit gebied als kinderkamer en trekken bij hoogwater de wadplaten op om te foerageren. In het open water zijn fytoplankton en zoöplankton aanwezig (met soorten die veelal ook op zee te vinden zijn). Het permanente open water in de diepere geulen (sublitoraal) heeft door de hoge stroomsnelheden een eenvoudig opgebouwde levensgemeenschap. Er zijn grote aantallen zandspieringen. Op de bodem kunnen oesterbanken en mosselbanken voorkomen.

Tabel 3.6 Biologische status Oosterschelde en Waddenzee (K2)

	Status	Fytoplankton	Waterplanten	Macrofauna	Vis	Biologische status
Oosterschelde	Sterk veranderd					
Waddenzee	Sterk veranderd					

M20: Matig grote diepe gebufferde meren

De matig grote, vlakvormige, diepe, stilstaande, gebufferde zoete wateren komen voor in de regio's laagveengebied, zeekleigebied, duinen en afgesloten zeearmen. Qua hydrologie kan onderscheid gemaakt worden in plassen die door regenwater, grondwater en/of oppervlaktewater gevoed worden. Natuurlijke, geïsoleerde plassen worden vooral gevoed door regenwater en grondwater en kunnen zeer lange verblijftijden hebben. Voor wateren die in verbinding staan of periodiek worden overstroomd met oppervlaktewater is de verblijftijd vaak veel korter. Door de grotere diepte echter is de invloed van inundatie minder groot dan

bij de ondiepe meren. De dynamiek is geringer ten opzichte van de grote meren en speelt stratificatie en expositie nog steeds, zij het een mindere, rol. Het oppervlak van de plas bepaalt de grootte van de windinvloed. In relatief grote plassen binnen dit type treedt windgeïnduceerde stroming en golfslag op.

Biologie

Voor het diepteverloop van de plas is belangrijk om de volgende redenen:

- afhankelijk van de helderheid kunnen ondergedoken waterplanten groeien tot een diepte van circa 6 meter;
- afhankelijk van de mate van beschutting en het wateroppervlak kunnen wateren met een diepte vanaf minimaal 6 – 10 meter stratificeren;
- in gestratificeerde plassen vindt een sterke bezinking van organisch materiaal plaats;
- in diepe gestratificeerde plassen in Nederland is het hypolimnion grotendeels zuurstofloos.

Voor de levensgemeenschappen van deze wateren is het aandeel ondiep water in combinatie met de helderheid sturend. In de diepe (zuurstofarme tot zuurstofloze) delen van de plas is er weinig leven. Het bodemtype van deze wateren is overwegend >50% mineraal (zand, grind of klei), daarnaast kunnen op verschillende diepten ook veenlagen voorkomen. Door ophoping van organisch materiaal (algen, waterplanten of inwaaiend blad) komen, met name in de diepere delen, ook sliblagen voor.

Tabel 3.7 Biologische status Volkerak-Zoommeer (M20)

	Status	Fytoplankton	Waterplanten	Macrofauna	Vis	Biologische status
Volkerak-Zoommeer	Sterk veranderd					

4 HABITAT analyse

Voor het kwantificeren van mogelijke effecten van klimaatverandering en of de klimaatadaptatiemaatregelen op de habitats in de Westerschelde, Oosterschelde en de Waddenzee is er gebruik gemaakt van de Habitat Suitability Index-methode. Hiervoor zijn een aantal stappen doorlopen.

- Bepalen welke abiotische parameters relevant zijn voor de globale classificatie van de voorkomende habitats in de Oosterschelde, Westerschelde en de Waddenzee.
- Bepalen welke abiotische parameters beïnvloed worden door klimaatverandering en of maatregelen om effecten van klimaatverandering tegen te gaan.
- Vertalen van de effecten naar Habitat-kaarten voor schillende stadia van klimaatverandering (zeespiegelstijging) en maatregelen (maatregelvarianten zoals beschreven in paragraaf 2.2).
- Analyse mogelijke ontwikkeling in de verschillende habitats van het gebied

4.1 Classificatie abiotische parameters

Aan de hand van kenmerkende abiotische parameters in het intergetijdengebied wordt het gebied geclassificeerd in verschillende habitats welke zeer waarschijnlijk voorkomen in het gebied. De methodiek komt hiermee overeen met het ecotopenstelsel welk is opgesteld voor het voor brakke en zoute intergetijdengebieden, het ZES.1 (Bouma et al, 2005). Binnen het Zes.1 worden een zestal abiotische parameters onderscheiden op basis waarvan een groot aantal ecotopen (habitats) kan worden onderscheiden (Figuur 4.1). Afhankelijk van de grote van het te analyseren gebied en het doel van de studie is het wenselijk om alle ecotopen te onderscheiden of een aggregatie te maken naar een hoger abstractie niveau. Voor deze studie is het niet noodzakelijk en niet mogelijk om effecten van klimaatverandering of effecten van maatregelen door te vertalen naar alle te onderscheiden ecotopen. Er wordt gebruik gemaakt van een hoger abstractieniveau en we spreken niet van ecotopen maar van habitats.

Abiotische parameters ZES.1

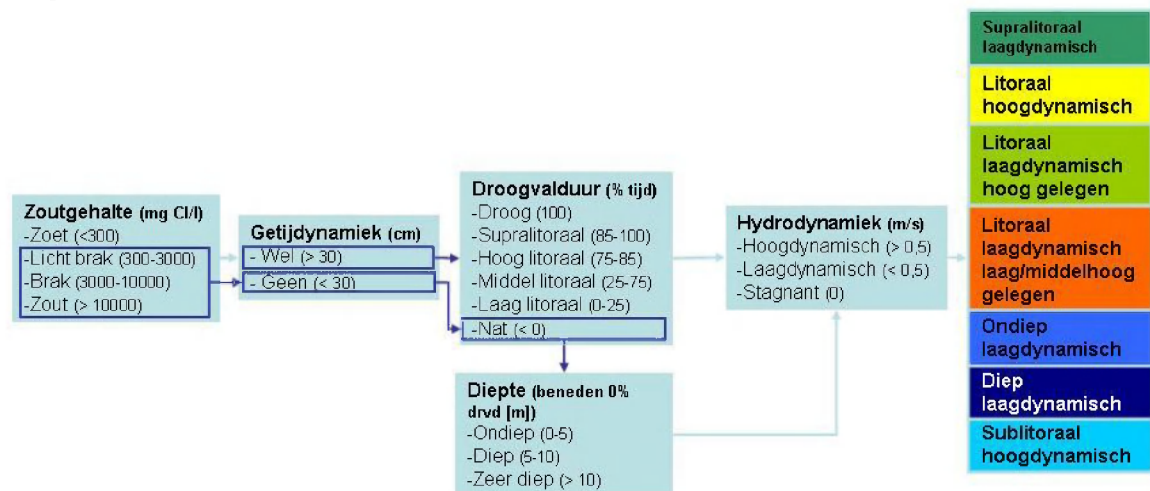
- Zoutgehalte,
- Hard of zacht substraat,
- Diepte,
- Hydrodynamiek
- Overstromingsduur (of droogvalduur)
- Sedimentsamenstelling



Figuur 4.1 Globaal schema vervaardigen ecotopenkaart (Bouwma, 2005)

De Westerschelde, Oosterschelde en de Waddenzee bestaan uit permanent droge, tijdelijk natte en permanent natte gebieden. Naast de overstromingsduur bepalen het zoutgehalte het de getij en de hydrodynamiek voor een groot deel het karakter van het habitat en daarmee de potentie voor het voorkomen van bodemdieren, vissen en vegetatie. Dit maakt dat voor het bepalen van de habitats er gekozen is voor de volgende sturende parameters: Zoutgehalte, Getijdynamiek, Overstromingsduur, Diepte en waar mogelijk Hydrodynamiek (Figuur 4.2). De

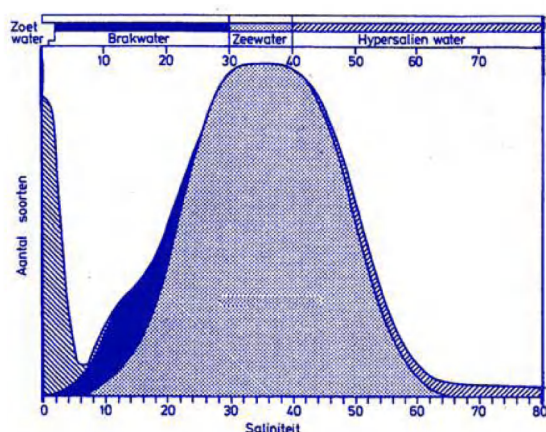
klassegrenzen binnen deze parameters wordt in de onderstaande paragrafen verder toegelicht.



Figuur 4.2 Schematische weergave Habitat classificatie.

4.1.1 Zoutgehalte

Het zoutgehalte is een belangrijke parameter voor het voorkomen van bodemdieren, schorvegetaties en zeegras. Een te hoog zoutgehalte leidt tot sterfte van zeegras terwijl bij een te laag zoutgehalte het zeegras niet voor komt. Er bestaan geen bodemdieren die zowel in zoet als in zout water kunnen overleven, waardoor er typische zoet-, brak- en zoutwatersoorten te onderscheiden zijn (Remane, 1934, Remane & Schlieper 1971). Grote variaties in zoutgehalte zorgen voor minder soorten omdat weinig soorten hieraan zijn aangepast. Daarnaast bestaat er een sterke relatie tussen zoutgehalte en soortenrijkdom, een hoge soortdiversiteit in zoet water, een minimum diversiteit in brak water, en een hoge diversiteit in zout water (Figuur 4.3).



Figuur 4.3 De klassieke Remane-curve (Remane, 1934) later aangevuld en aangepast door Kinne (1971). De ruwe kwantitatieve relatie tussen het zoutgehalte en het aantal soorten ongewervelde dieren. Schuine arcering: zoetwatersoorten; zwart: brakwatersoorten; grijs: mariene soorten

In de Westerschelde is er een geleidelijk verloop van zout naar brak vanuit de monding richting de Zeeschelde. Zoutvariaties worden voornamelijk bepaald door de afvoer van de

Zeeschelde en de Bathse Spuisluis. In de grote stagnante brakke en zoute wateren, zoals bijvoorbeeld de Grevelingen, zijn variaties in zoutgehalte relatief gering.

De klasse grenzen voor het zoutgehalte zijn gebaseerd op het ZES.1 welke weer gebaseerd is op het Venetië-systeem¹.

- Limnetisch (zoet): zoutgehalte < 300 mg Cl/l
- Oligohalinen (licht brak): zoutgehalte tussen 300 - 3000 mg Cl/l
- Mesohalinen (brak): zoutgehalte tussen 3000 - 10000 mg Cl/l
- Polyhalinen en Euhalinen (zout)²: zoutgehalte > 10000 mg Cl/l

4.1.2 Getijdynamiek

Getijslag meer dan 30 cm is er sprake van getijdynamiek. Voor deze gebieden wordt bepaald hoe lang ze droog vallen. Wanneer er geen sprake is van een getijdynamiek is de diepte voornamelijk van belang

4.1.3 Droogvalduur

De hoogteligging van het intergetijdegebied in combinatie met de waterstand bepaald in grote mate de tijd dat een gebied droog valt, de droogvalduur. De droogvalduur is een belangrijke parameter voor het van verschillende planten en dieren. Zo moeten zeegrassen ieder getij worden overspoeld om uitdroging te voorkomen. Komt schorvegetatie alleen voor in gebieden die slecht enkele keren per jaar overspoeld worden. Andere soorten maken gebruik van meerdere zones. Zo foerageren steltlopers op de platen en broeden ze in de schorren. Platvissen bijvoorbeeld, gaan bij hoogwater op de platen foerageren en trekken zich bij laagwater terug het sublitoraal.

In de droogvallende zone, vanaf de gemiddeld laagwaterlijn tot ongeveer aan de gemiddeld hoogwaterlijn (droogvalduur 85%), komen verschillende soorten en hoeveelheden vegetatie en bodemdieren voor afhankelijk van de droogvalduur. De potentie van het habitat voor vegetatie en o.a. bodemdieren hangt samen met de tijd dat een gebied droogvalt tijdens de getijperiode. De dichtheid en biomassa aan bodemdieren neemt af naarmate het gebied langer droogvalt. De zone tussen de 25 tot 75 procent droogtijd bevat een hoge dichtheid en biomassa aan bodemdieren.

In het gebied dat hoger ligt en 75 tot 85 zijn er wel mogelijkheden voor het ontwikkelen van zeegras en pionier vegetaties zoals Engels Slijkgras (*Spartina anglica*).

Gebieden die gemiddeld langer dan 85 % van de tijd droog vallen liggen min of meer boven de gemiddeld hoogwaterlijn bij doodtij (GHWD) en vormen het supralitoraal. Deze gebieden staan niet elk getij onder water en bestaan uit stranden en schorren³. In deze zone kan een gradiënt in vegetatie aanwezig zijn van laag naar hoog, waarbij de successie van de vegetatie steeds verder gevorderd is. Op de lage delen komen de pionier planten voor, op de hogere delen is de vegetatie hoger en ruiger. De soorten rijkdom is in het middengebied het hoogst.

¹ Symposium on the Classification of Brackish Waters, Venicem, 1958. Arch. Oceanogr. Limnol. XI

² Polyhalinen = 10000-18000 mg Cl/l, euhalinen = > 18000 mg Cl/l

³ Kwelders en schorren zijn verschillende woorden voor hetzelfde begrip. De term kwelders wordt gebruikt rond de Waddenzee en de Eems-Dollard, terwijl men in Zuidwest Nederland de term schorren hanteert.

De klasse grenzen voor de droogvalduur zijn als volgt ingedeeld

- laag gelegen litoraal: 0 tot 25 procent van de tijd droog.
- gemiddeld gelegen litoraal: 25 tot 75 procent van de tijd droog
- hooggelegen litoraal 75 tot 85 procent van de tijd droog.
- Supralitoraal meer dan 85 procent van de tijd droog

4.1.4 Diepte

De gemiddeld laagwaterlijn geeft de scheiding aan van de zone welke een periode van het getij droog valt en de zone welke permanent nat is. Deze laatste zone wordt het sublitoraal genoemd. In de sublitorale zones van de Oosterschelde en het Grevelingenmeer worden onder andere wieren tot een diepte van ongeveer vijf meter beneden de laagwaterlijn aangetroffen (Van Geldere & Vanalderweireldt, 1995). Op grotere diepte dringt onvoldoende licht door om wiergroei mogelijk te maken. Naast de diepte is het doorzicht ook van belang bij het voorkomen van wieren.

De ondiepe bodems van de Waddenzee, Eems-Dollard en de Westerschelde spelen een belangrijke rol tijdens het opgroeien van jonge platvissen, krabben en garnalen (Zijlstra et al., 1982; Jager, 1999). Deze gebieden hebben een kinderkamerfunctie. De dieren pendelen met het op- en afgaande water heen en weer.

Het sublitoraal bestaat voornamelijk uit geulen en (on-) diepe vlakke gebieden. In het sublitoraal kan een verder onderscheid in ecologische eigenschappen gemaakt worden naar diepte.

- ondiep: de bodem tussen GLWS en vijf meter beneden GLWS
- diep: de bodem lager dan vijf meter beneden GLWS tot 10 m beneden NAP.
- zeer diep: de bodem dieper dan 10 m beneden NAP

4.1.5 Stroomsnelheid

De stroomsnelheid beïnvloed op het voorkomen van vegetatie en verschillende soorten (bodem)dieren. Bij te hoge stroomsnelheden wordt bijvoorbeeld zeegras weggespoeld of kunnen bodemdieren zich niet of nauwelijks meer vestigen. Alleen soorten aangepast aan de hoogdynamische omstandigheden komen dan nog voor. Ook wordt het slibgehalte in de bodem voor een groot deel bepaald door de stroomsnelheid. Gebieden met een hoge stroomsnelheid zijn vaak slibarm en daardoor minder geschikt voor bodemdieren of vegetatie.

Voor de grens tussen hoge en lage stroomsnelheid wordt uitgegaan van de stroomsnelheid waarbij stroomribbels ontstaan. In het veld begint de vorming van megaribbels globaal bij stroomsnelheden groter dan 0,8 m/s. Echter, voor de Westerschelde is gebleken dat een grens bij 0,5 m/s geschikter is (De Jong, 1999, Ysebaert, 2000). Voor een kaart van de Waddenzee, berekend met stormcondities, kwam een grens van 0,5 tot 0,8m/s goed overeen met de veldsituatie.

4.2 Modelinvoer Habitat

Het effect van klimaatverandering op de abiotische parameters van de habitats in de Oosterschelde, Westerschelde en Waddenzee uit zich voornamelijk in een verandering van de waterstand als gevolg van de zeespiegelstijging. Deze waterstandverandering heeft een effect op de waterdiepte en de droogvalduur.

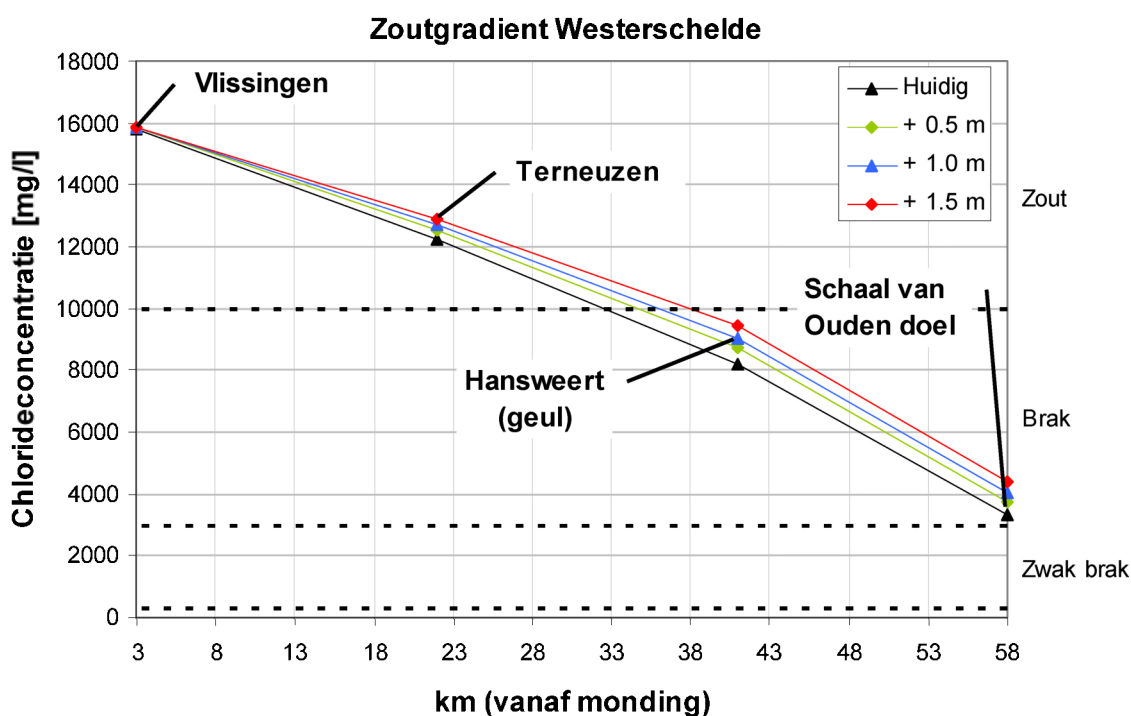
Voor de kwantificering van ecologische effecten op de Oosterschelde, Westerschelde en Waddenzee als gevolg van de zeespiegelstijging wordt gebruikt gemaakt van het HABITAT instrumentarium. Door de zeespiegel met vier stappen te verhogen (+20, 50, 100 en 150 cm) wordt het effect van de zeespiegel op de verschillende habitats in deze gebieden verkend. Het model geeft een kaartbeeld van de het mogelijke habitat aan de hand van abiotische condities, zoals waterdiepte en bodemtype.

De maatregelvarianten beschreven in paragraaf 2.2 zorgen niet voor een blijvende nieuwe situatie wat betreft waterstand, zoutgehalte of stroomsnelheid in de Westerschelde, Oosterschelde of het Waddengebied. De tijdelijke buffering van (zoet) rivierwater op de Oosterschelde kan afhankelijk van de het tijdstip, tijdsduur en de omvang effecten hebben op de verschillende habitats van de Oosterschelde. Er is op dit moment echter te weinig kennis voorhanden over de impact van een dergelijke event om een kwantitatieve analyse uit te voeren.

4.2.1 Zoutgehalte

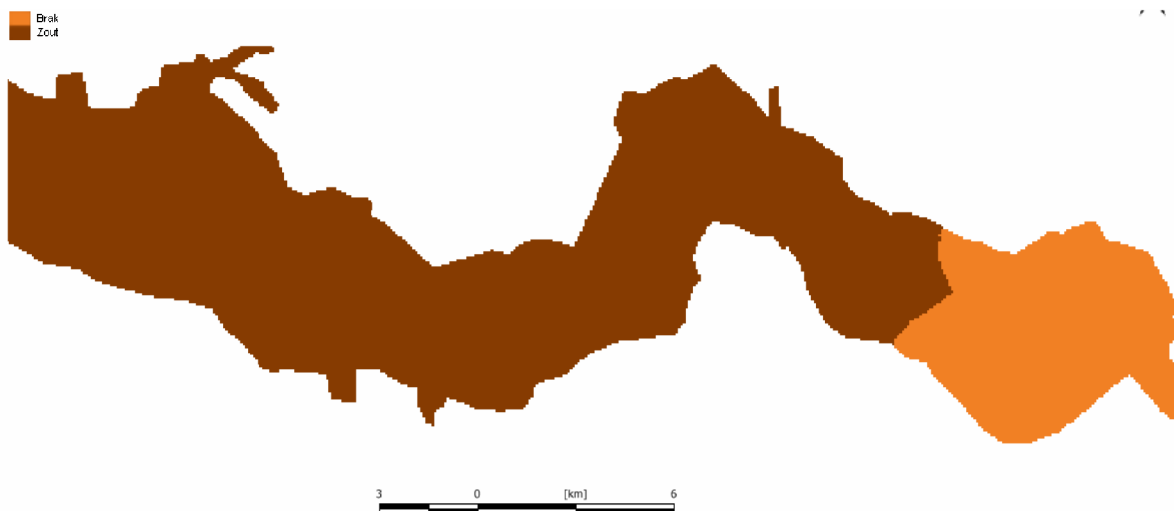
Het zoutgehalte in de Westerschelde wordt bepaald door getijde invloed vanaf de Noordzee en de afvoer van de Zeeschelde. Door de stijging van de zeespiegel neemt de waterstand op de Noordzee en in de Westerschelde toe. Met behulp van het 1D Deltamodel zijn een aantal scenario's doorgerekend voor een stijgende zeespiegel waarbij gekeken is naar het effect op het zoutgehalte (Meijers, 2009). Eventuele effecten van de verdieping van vaargeul zijn hier buiten beschouwing gelaten.

Uit de berekeningen blijkt dat de gemiddelde chlorideconcentratie richting het oosten iets kan toenemen (Figuur 4.4). Deze toename is echter zeer gering en zorgt niet voor een duidelijke verschuivingen in het habitat van de intergetijdengebieden langs de Westerschelde. Zeker wanneer we rekening gehouden met seizoensverschillen. Om die reden zijn er geen nieuwe zoutkaarten gemaakt van de Westerschelde voor de verschillende zeespiegelstijgingen.



Figuur 4.4 Langsgradiënt chloridegehalte Westerschelde voor 0,50 tot 1,5m zeespiegelstijging.

In de Habitatanalyse is voor de Westerschelde uitgegaan van het gemodelleerde zoutgehalte voor de afvoersituatie in het jaar 1992. Dit jaar is representatief voor de gemiddelde jaarlijkse afvoer in de periode 1970-2000. De debieten zijn als decade gemiddelden opgelegd. Als getij randvoorwaarde is de beschikbare dataset van het gehele jaar 1990 gebruikt (A. van Snik, 2006).



Figuur 4.5 Chloride concentratie in de Westerschelde: Brak 3000 – 10000 mg/l, Zout > 10000 mg/l

Voor de Waddenzee is uitgegaan het gemiddelde zoutgehalte bepaald aan de hand van het gemiddelde zoutgehalte in een natte periode van een nat jaar (1988) en het gemiddelde zoutgehalte in een droog jaar (1992) (Wijsman en Verhage, 2004).



Figuur 4.6 Gemiddeld zoutgehalte in de Waddenzee uitgedrukt in saliniteit. Zoet = < 5.4, Brak= 5.4 - 18 en Zout = >18

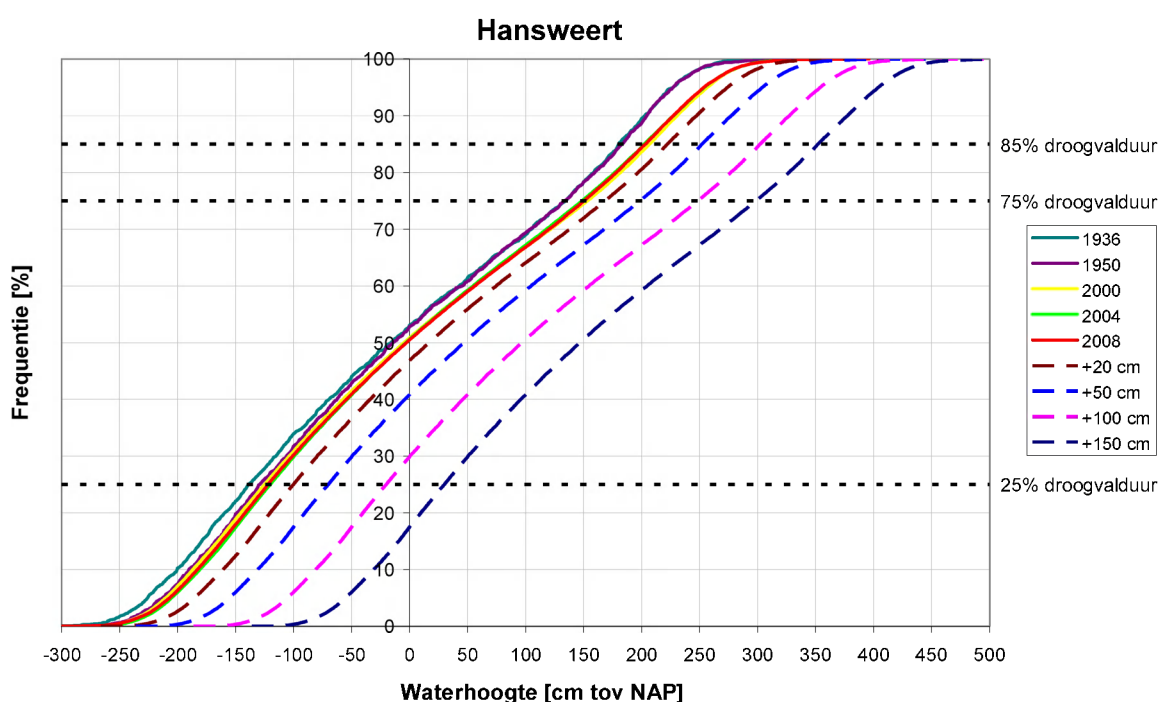
4.2.2 Waterstandfrequenties

In een getijdengebied wordt de waterstand voornamelijk bepaald door de invloed van het getij. De frequentie verdeling van de opgetreden waterstanden in een heel jaar komt overeen met de frequentie verdeling van het gemiddelde getij voor dat jaar. Het gemiddelde getij is daarmee een afgeleide voor de gemiddelde omstandigheid waarin een habitat zich kan ontwikkelen. Door de stijging van de zeespiegel kan de waterstand stijgen waardoor de frequentieverdeling van de opgetreden waterstanden verschuift (zie Figuur 4.7). Een belangrijke aanname hierbij is dat de vorm van de frequentieverdeling niet sterk veranderd. Dit betekent dat verondersteld wordt dat de morfologie van het systeem niet veranderd. In werkelijkheid zal dit wel gebeuren. Voor de verkenning naar de grenzen/robuustheid van de habitatverdeling in het gebied als gevolg van zeespiegelstijging kan gewerkt worden met deze aanname. Bij voorspellingen zal in meer detail naar de vorm en aanpassing van de frequentieverdeling als gevolg van de zeespiegelstijging in het betreffende gebied gekeken moeten worden.

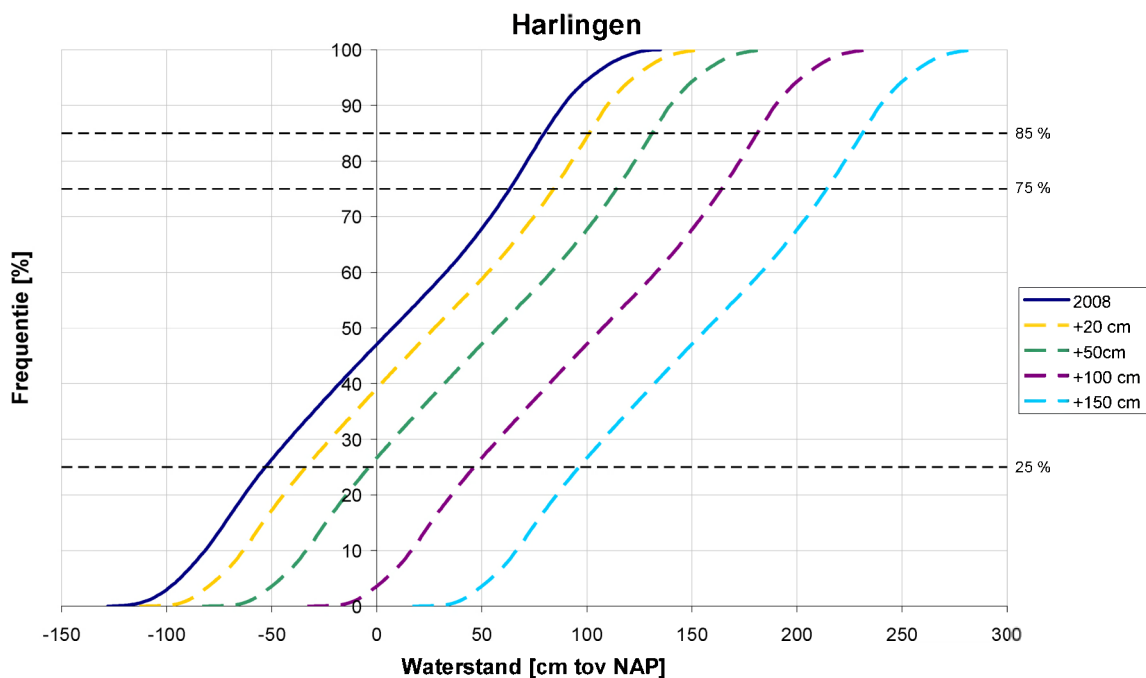
In de onderstaande figuur zijn de verschuiving van de waterstand-frequentieverdeling ten gevolg van een waterstandstijging van 20 tot 150 cm voor de Westerschelde, Oosterschelde en de Waddenzee weergegeven.

Voor de Oosterschelde is gebruik gemaakt van de waterstanden in Stavensisse. Voor de Westerschelde zijn de werkelijk opgetreden waterstanden in 1963, 1950, 2000, 2004 en 2008 in Hansweert weergegeven. Hieruit is ook te zien dat voor deze jaren de curve langzaam naar rechts is verschoven en de vorm van de curve niet veel is veranderd. De curve van 2004 is gebruikt voor de afgeleide waterstandverdelingen bij een stijging van 20, 50, 100 of 150 cm. De waterstanden van Hansweert zijn toegepast voor de gehele Westerschelde. Dit geeft een overschatting van de waterstand nabij Bath en een onderschatting van de waterstand bij Vlissingen. Voor de Waddenzee is gebruik gemaakt van de waterstanden in Harlingen. Ook hier worden onder- en overschattingen gemaakt voor de uiteinden van de Waddenzee. Voor de verkennende karakter van deze studie is dat geen probleem.

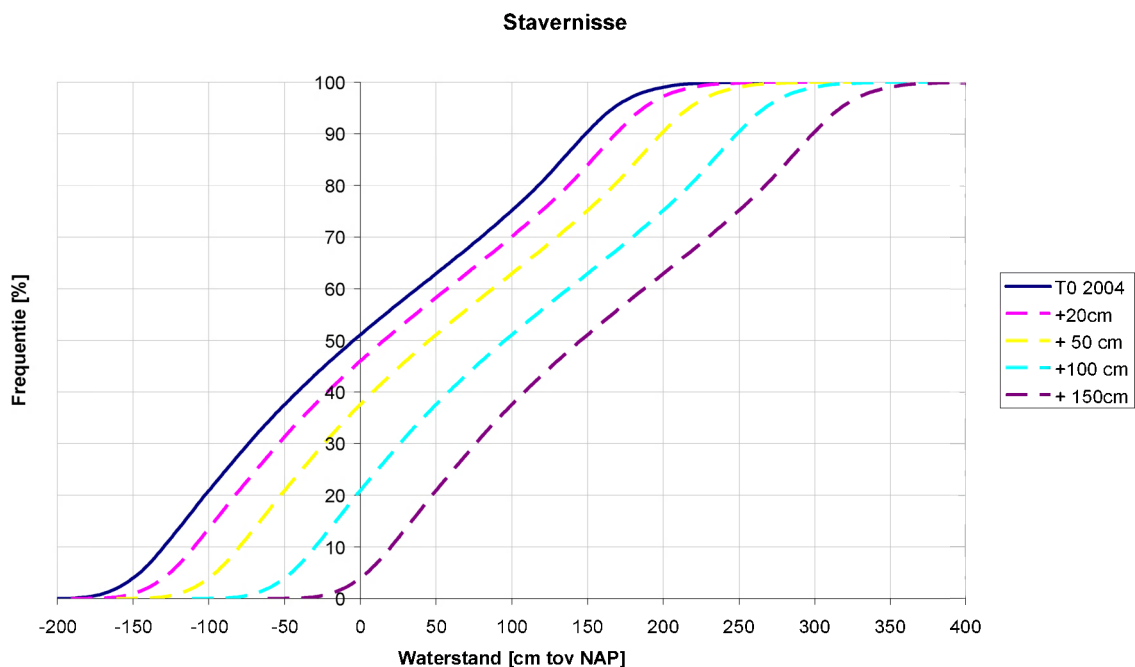
(a)



(b)



(c)



Figuur 4.7

Frequentieverdeling van de opgetreden waterstanden en de frequentieverdeling van de met 20 tot 150 cm gestegen waterstanden. Westerschelde (a) voor de jaren 1936, 1950, 2000, 2004, 2008 met de waterstandstijging tov 2004. Waddenzee (b) de waterstand in het jaar 2008 en de waterstandstijging tov 2008. Oosterschelde (c) de waterstand in het jaar 2004 en de waterstandstijgingen tov 2004.

4.2.3 Droogvalduur

Op basis van de waterstandsfrequentiecurve voor een stijging van de waterstand van 20 tot 150 cm zijn de bijbehorende waterstanden voor de Westerschelde, Oosterschelde en Waddenzee afgelezen. Op basis van deze waterstanden en de betreffende bathymetrie wordt voor elke situatie een droogvalduurkaart berekend. Zie bijlage A.1 voor de droogvalduurkaarten van de Westerschelde en bijlage B.2 voor de droogvalduurkaarten van de Waddenzee. In de onderstaande tabellen zijn de invoervariabelen voor HABITAT weergegeven.

Tabel 4.1 Waterstanden in m tov NAP Westerschelde bij Hansweert voor een bepaalde droogvalduur

	Droogvalduur [%]				
	0	25	75	85	100
2004	-237	-120	148	202	291
2008	-241	-122	150	203	291
+ 20 cm	-217	-100	168	222	311
+ 50 cm	-187	-70	198	252	341
+ 100 cm	-137	-20	248	302	391
+ 150 cm	-87	30	298	352	441

Tabel 4.2 Waterstanden in m tov NAP Waddenzee bij Harlingen voor een bepaalde droogvalduur

	Droogvalduur [%]				
	0	25	75	85	100
2008	-106	-54	64	81	137
+ 20 cm	-86	-34	84	101	157
+ 50 cm	-56	-4	114	131	187
+ 100 cm	-6	46	164	181	237
+ 150 cm	44	96	214	231	287

Tabel 4.3 Waterstanden in m tov NAP Oosterschelde bij Stavennisse voor een bepaalde droogvalduur

	Droogvalduur [%]				
	0	25	75	90	100
2004	-150	-89	99	150	163
+20 cm	-130	-69	119	170	183
+50 cm	-100	-39	149	200	213
+100cm	-50	11	199	250	263
+150 cm	0	61	249	300	313

4.2.4 Ondiepe en diepe sublitorale zones

Op basis van de waterstand voor een droogvalduur van 0% (deze komt overeen met de gemiddeld laagwaterlijn) minus 5 meter voor de ondiepe zone en minus 10 meter voor de diepe zone zijn de waterstanden behorende bij deze zones afgeleid. Zie bijlage A.2 voor de diep/ondiep kaarten van de Westerschelde en bijlage B.3 voor de diep/ondiep kaarten van de Waddenzee. In de onderstaande tabellen zijn de invoervariabelen voor HABITAT weergegeven.

Tabel 4.4 Waterstanden tov NAP voor de ondiep en diepe zone in de Westerschelde

	Ondiep [m]	Diep [m]
2004	-737 tot -237	< -737
2008	-741 tot -241	< -741
+ 20 cm	-717 tot -217	< -717
+ 50 cm	-687 tot -187	< -687
+ 100 cm	-637 tot -137	< -637
+ 150 cm	-587 tot -87	< -587

Tabel 4.5 Waterstanden tov NAP voor de ondiepe en diepe zone in de Waddenzee

	Ondiep [m]	Diep [m]
2003	-606 tot -106	< -606
+ 20 cm	-586 tot -86	< -586
+ 50 cm	-556 tot -56	< -556
+ 100 cm	-506 tot -6	< -506
+ 150 cm	-456 tot 44	< -456

Tabel 4.6 Waterstanden tov NAP voor de ondiep, diepe en zeer diepe zone in de Oosterschelde

	Ondiep [m]	Diep [m]	Zeer diep
2003	-150	-650	-1650
+ 20 cm	-130	-630	-1630
+ 50 cm	-100	-600	-1600
+ 100 cm	-50	-550	-1550
+ 150 cm	0	-500	-1500

4.2.5 Dynamiek

De hydrodynamiek in de Westerschelde voor het jaar 2004 is berekend met behulp van het ScalWest model. Dit is een model dat gekalibreerd is voor de situatie van 1996. Dit model is geijkt met gebruik van de hoogteligging van de bodem in 1996 en de getijdenkromme van 1 getijde cyclus zoals gemeten in 5-5-1996. Voor de stroomsnelheden in het jaar 2004 zijn de hoogteliggingen van 2004 ingevoerd in het model. Er is wel steeds gerekend met dezelfde getijde cyclus, namelijk die op 5-5-1996 (A. van Snik, 2006).

Voor de grenzen tussen hoog- en laagdynamisch is onderscheid gemaakt tussen het sublitoraal en het litoraal. In de sublitorale delen is gerekend met een grenswaarde van 0,8 m/s en in de litorale delen met een grenswaarde van 0,5 m/s. Dit komt beter overeen met het werkelijke beeld van de hoog- en laagdynamische gebieden in de Westerschelde. Er is in deze verkennende studie geen nieuwe stroomsnelheid berekend voor de verschillende waterstandssituaties (+20 tot 150 cm). Dit betekent dat het beeld van de hydrodynamica alleen veranderd op basis van veranderingen in de verdeling tussen het sublitoraal en litoraal.

Voor de Waddenzee is er geen aparte grenswaarde opgenomen voor het litoraal. De grens voor de gehele Waddenzee voor stroomsnelheid is gelegd op 0,5 m/s. Daarnaast is aanvullend de golfenergie meegenomen in de dynamiek beoordeling. Hierbij is een grens van 0,2 m/s als grenswaarde toegepast (Wijsman en Verhage, 2004). Zie bijlage A.3 voor de dynamiekkarten van de Westerschelde en bijlage B.1 voor de dynamiekkarte van de Waddenzee. In de onderstaande tabellen zijn de invoervariabelen voor HABITAT weergegeven.

Tabel 4.7 *Dynamiek classificatie Westerschelde en Oosterschelde*

Dynamiek klasse	Stroomsnelheid [m/s]	Hoogte ligging
sublitoraal LD	< 0,8	Sublitoraal
sublitoraal HD	> 0,8	Sublitoraal
litoraal LD	<0,5	Litoraal
litoraal HD	> 0,5	Litoraal

Tabel 4.8 *Dynamiek classificatie Waddenzee*

Dynamiek klasse	Stroomsnelheid [m/s]	Golfenergie [m/s]
Laag dynamisch	<0,5	< 0,2
Hoog dynamisch	< 0,5	> 0,2
	> 0,5	< 0,2
	> 0,5	> 0,2

5 Resultaten zeespiegelstijging

De effecten van klimaatverandering zoals een zeespiegelstijging op habitattypes van zacht substraat zijn verkend voor de Waddenzee, Westerschelde, Oosterschelde en het Volkerak-zoommeer. Voor de eerste drie gebieden is een habitatanalyse gemaakt zoals beschreven in het voorgaande hoofdstuk. Voor het Volkerak-Zoommeer is gebruik gemaakt van de resultaten van habitatanalyse uitgevoerd in de planstudie/MER en kosten-batenanalyse Volkerak-Zoommeer (Meijers, et al. 2008).

Effecten van klimaatverandering op de rivierafvoer en als gevolg daarvan op zoet-zout overgangen in deze gebieden zijn voornamelijk buiten beschouwing gelaten.

In de Westerschelde, Waddenzee en de Oosterschelde worden op basis van de gekozen habitatclassificatie (Figuur 4.2) de volgende habitats onderscheiden.

Laagdynamisch supralitoraal: Habitat met een droogvalduur boven de 85 procent en een lage dynamiek. Dit gebied wordt niet meer tijdens elk getij overstroomd en biedt potentie voor het ontwikkelen van o.a. schorvegetaties. In de huidige situatie komen er in deze zone ook daadwerkelijk schorren voor.

Hoogdynamisch litoraal: Habitat in het intergetijdengebied onder invloed van een hoge dynamiek. Als gevolg van de hoge dynamiek is de geschiktheid van het gebied voor de vestiging van vegetatie en bodemdieren niet ideaal.

Hoog gelegen laagdynamisch litoraal: Habitat met een droogvalduur tussen de 75 en 85 procent en een lage dynamiek. Het gebied biedt mogelijkheden voor de ontwikkeling van o.a. pionier vegetaties.

Laag tot middelhoog gelegen laagdynamisch litoraal: Intergetijdengebied met een droogvalduur van 0 tot 75 procent en een lage dynamiek. In deze zone bevinden zich de grootste hoeveelheden bodemdieren en biomassa. Deze zone is daarom van groot belang voor de foerageermogelijkheden van vogels.

Ondiep laagdynamisch sublitoraal: De ondiepe en rustige zone van het intergetijdengebied biedt mogelijkheden voor bijvoorbeeld het opgroeien van jonge vis.

Diep laagdynamisch sublitoraal: Dieper gelegen sublitoraal gebied met een lage stroomsnelheid.

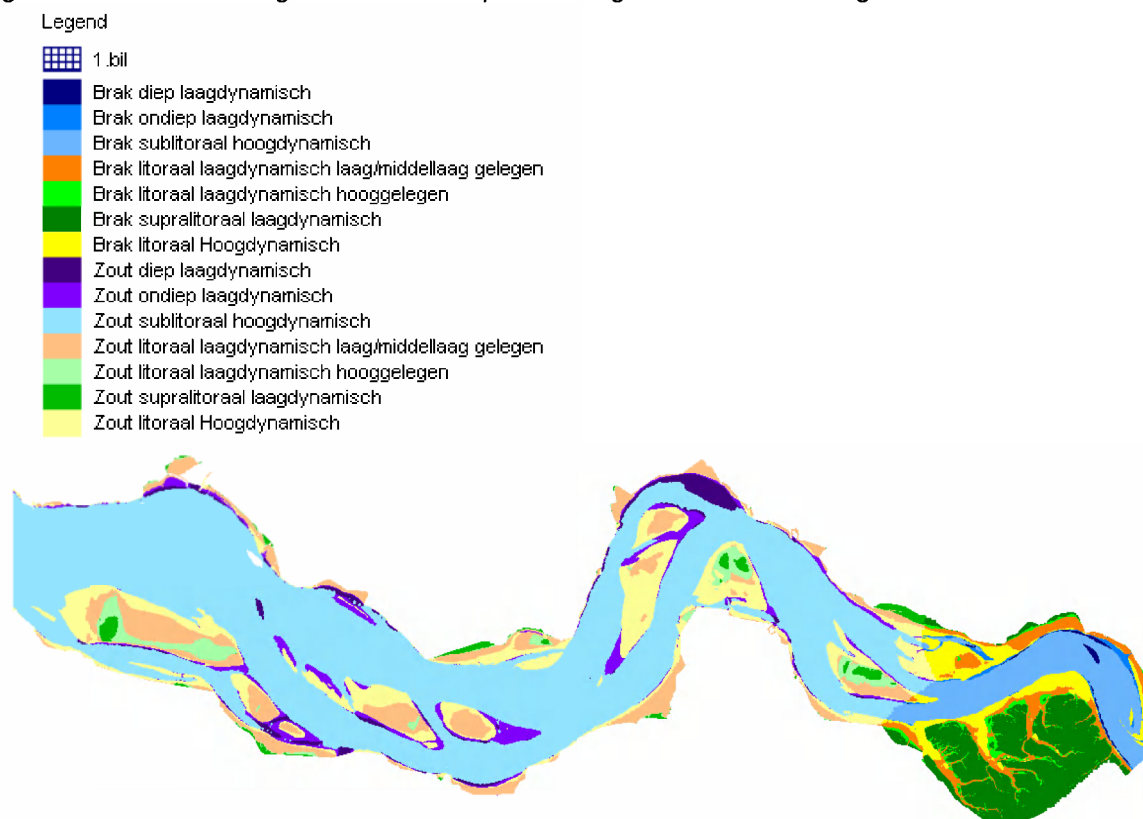
Hoogdynamisch sublitoraal: Al het sublitorale gebied met een hoge stroomsnelheid. Het habitat bestaat voornamelijk uit de stroomgeulen.

5.1 Westerschelde

5.1.1 Huidige situatie

Het getij in de Westerschelde zorgt er voor dat de waterstand vanaf Vlissingen richting Bath groter wordt. In het traject na Antwerpen wordt het maximum bereikt neemt de waterstand vervolgens af. De Zeeschelde voert zoetwater aan en zorgt hiermee voor een zoet-zoutovergang, die onder invloed van het getij tweemaal per etmaal heen en weer beweegt en bovendien ook periodiek meer naar de zee of de rivier opschuift in reactie op overvloedige regen of droogte in het rivierstroomgebied.

Op basis van de abiotische parameters van 2004 is voor de huidige situatie de verdeling in habitats bepaald (Figuur 5.1). De grens tussen zoet en zout ligt in de buurt van Bath. Het hoogdynamische sublitoraal bestaat voornamelijk uit de hoofd- en nevengeulen en beslaat het grootste oppervlak. Het laagdynamische laag tot middelhoog gelegen intergetijdengebied is een belangrijke ecologische zone en komt op verschillende platen en langs de randen van het estuarium voor. Het grote schorareaal wordt gevormd door Saeftinghe en een klein areaal op de Hooge Platen. De schorarealen weergegeven op de platen van Ossensisse en Valkenisse komen in werkelijkheid niet voor. Op basis van de Habitatanalyse wordt het gebied echter wel aangemerkt als een potentieel gebied met schorvegetatie.



Figuur 5.1 Huidige situatie (gegevens 2004), Habitatverdeling Westerschelde

5.1.2 Mogelijke verandering habitats

De zeespiegelstijging heeft een direct effect op de intergetijde-arealen. Een stijging van de waterstand zorgt ervoor dat het supralitoraal afneemt ten gunste van het litoraal en sublitoraal. Let wel, bij de berekeningen is de mogelijkheid van het opslibben van het supralitoraal niet

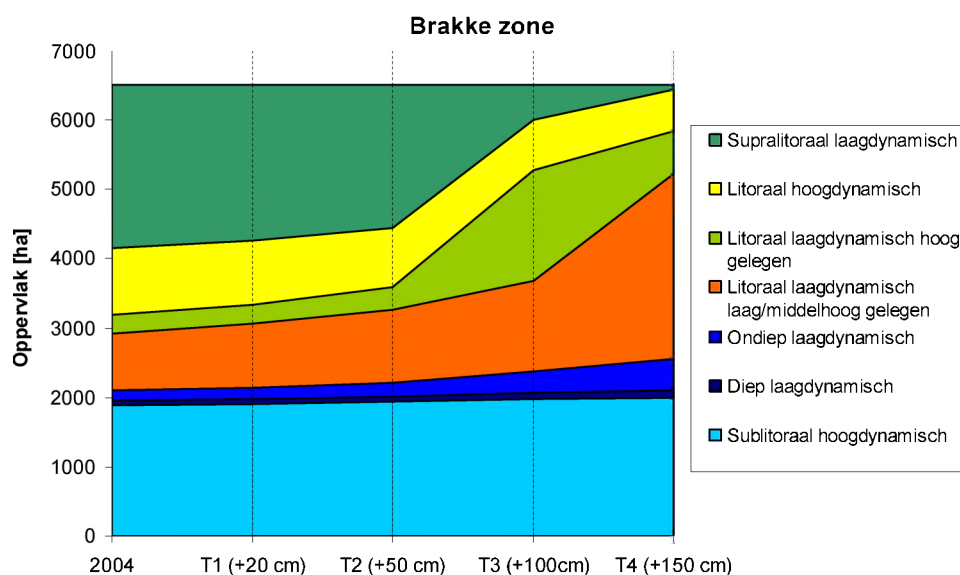
meegenomen. Alle arealen voor de verschillende zeespiegelstijgingen zijn weergegeven in de onderstaande tabel (Tabel 5.1).

Tabel 5.1 Resultaten arealen Westerschelde bij een stijgende zeespiegel

		Huidig	+ 20 cm	+ 50 cm	+ 100 cm	+ 150 cm
Laagdynamisch supralitoraal	Brak	2352	2250	2062	495	65
	Zout	359	232	131	44	13
Hoogdynamisch litoraal	Brak	956	921	861	737	604
	Zout	3210	3024	2705	2118	1580
Hooggelegen laagdynamisch litoraal	Brak	287	280	311	1602	613
	Zout	630	508	267	98	42
Laag tot middelhoog gelegen laagdynamisch litoraal	Brak	803	910	1055	1301	2674
	Zout	2603	2834	3125	3247	3126
Ondiep laagdynamisch sublitoraal	Brak	149	169	212	312	454
	Zout	1128	1225	1412	1853	2396
Diep laagdynamisch sublitoraal	Brak	67	70	73	85	93
	Zout	556	575	606	668	735
Hoogdynamisch sublitoraal	Brak	1892	1907	1933	1976	2004
	Zout	16251	16339	16491	16709	16846

5.1.3 Waterstand

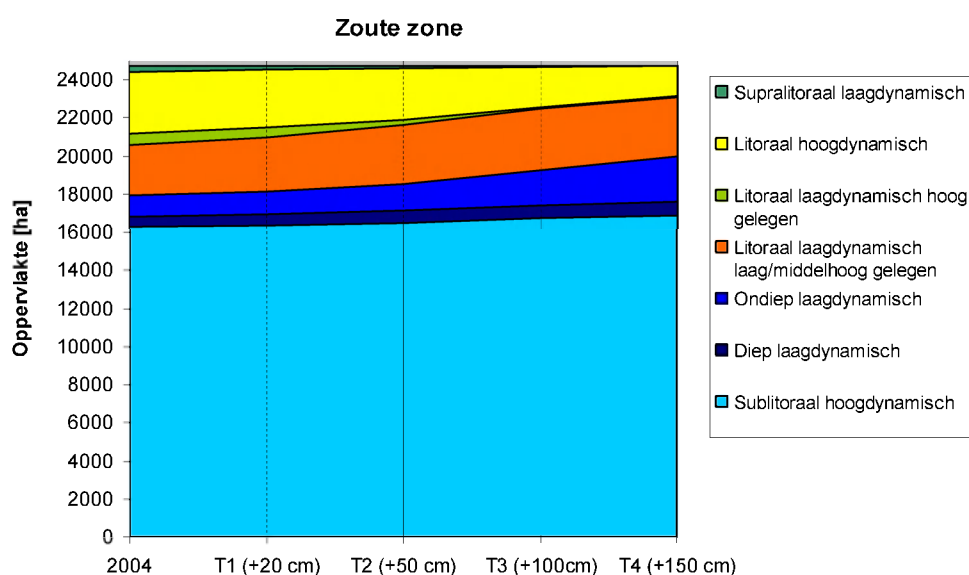
Als gevolg van een stijging in de waterstand treden de grootste verschuivingen op na een waterstandstijging van 50 cm. Het laag tot middelhoog gelegen laagdynamische litoraal neemt dan toe koste van het laagdynamische supralitoraal (Figuur 5.2). De grote hoeveelheid supralitoraal in de brakke zone van de Westerschelde bestaat voornamelijk uit het schorgebied Saeftinge. Bij een stijging van meer dan 50 cm komt dit gebied dusdanig vaak onder water te staan dat het waarschijnlijk is dat het zich gaat ontwikkelen als een lager gelegen intergetijdengebied. Dit betekent dat de schorvegetatie zal verdwijnen. Door de dijken rond de Westerschelde zal er weinig ruimte zijn voor de ontwikkeling van nieuw schorgebied. De habitatkaarten per waterstandstijging is weergegeven in bijlage A.4.



Figuur 5.2 Verschuiving van brakke habitatklassen in de Westerschelde ten gevolge van een waterstandstijging

Er bestaat echter ook de mogelijkheid dat de schorren meegroeien met de stijgende zeespiegel. Doordat de schorren regelmatig worden overstroomd tijdens springtij wordt er slib en fijn zand aangevoerd dat zich afzet tussen de schorvegetatie. Hierdoor hogen de schorren zich op. De sedimentconcentratie in het water is bepalend voor de totale hoeveelheid sediment dat maximaal kan worden afgezet op een schor. Wanneer de opslibbing de zeespiegel kan volgen zullen de schorren blijven bestaan. Wanneer dit niet het geval is zal de schorvegetatie op termijn afsterven (bv. In de Mississippi-delta). Uit studies is gebleken dat de schorren langs de Schelde in de afgelopen 70 jaar met een gemiddelde snelheid van ca. 0,4 tot 7,5 cm/jaar hebben opgehoogd. Uit modelberekeningen is gebleken dat afhankelijk van de sedimentconcentratie in het water de schorren in staat zijn een stijging van anderhalf keer de stijging van de afgelopen 70 jaar kunnen bijhouden (Temmerman et al. 2004).

Het zoute gebied beslaat in de Westerschelde een veel groter oppervlak. Verschillen tussen de habitats zijn hierdoor minder zichtbaar in het totaalbeeld maar daardoor niet minder belangrijk. Door de waterstandtoename treedt ook hier verlies op van hoog gelegen laagdynamisch litoraal ten gunste van het ondiepe sublitoraal (Figuur 5.3).



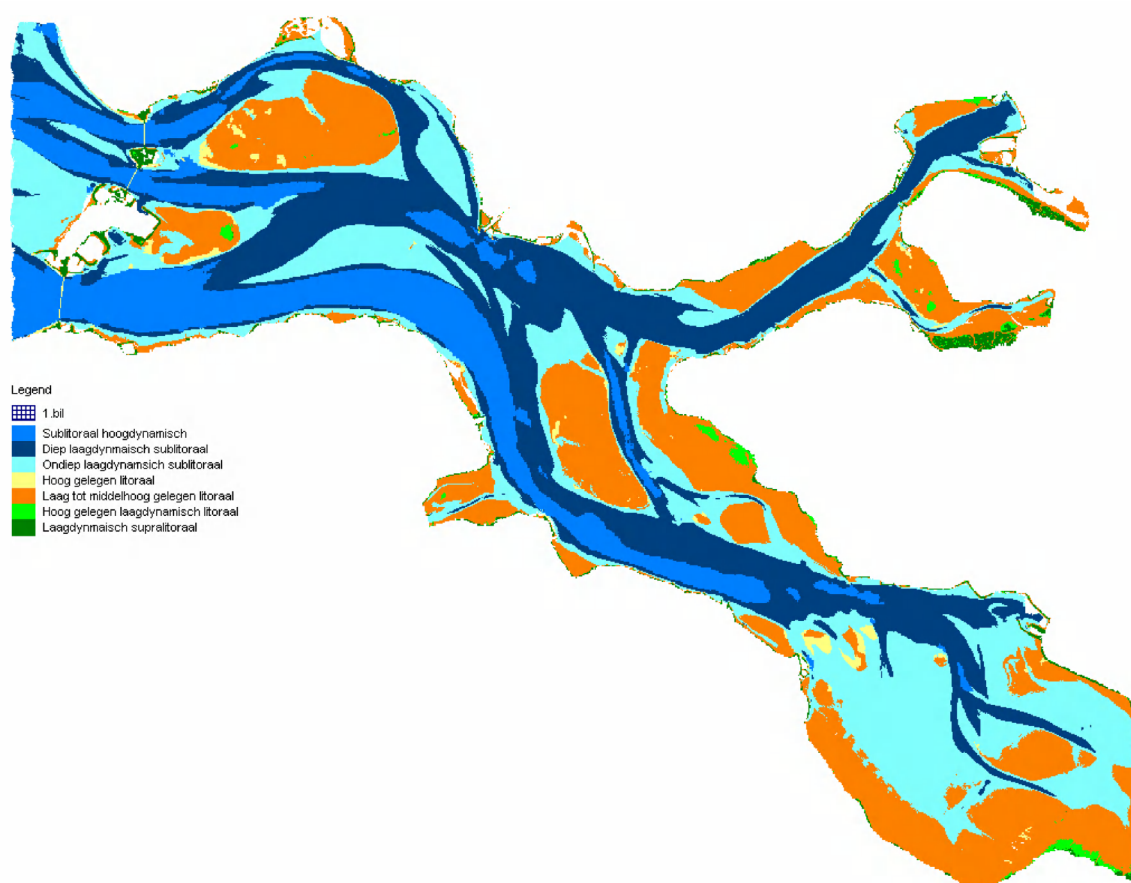
Figuur 5.3 Verschuiving van zoute habitatklassen ten gevolge van een waterstandstijging in de Westerschelde

5.2 Oosterschelde

5.2.1 Huidige situatie

De Oosterschelde is een zeearm met een hoog zoutgehalte en een gedempt getij. Dit is ontstaan door de aanleg van de Oosterscheldewerken. Hierdoor is het gemiddelde getijverschil, het getijvolume en de stroomsnelheid afgenomen. De hoogdynamische geulen zijn grotendeels laagdynamisch geworden waardoor ze o.a. beter geschikt werden voor het kweken van mosselen. Het intergetijdengebied herbergt een rijk bodemleven met unieke soorten en een hoge biomassa en productiviteit. De Oosterschelde is voor honderdduizenden trekkende steltlopers een essentiële tussenstop op de trekroutes van Siberië, Scandinavië en Canada naar het zuiden en weer terug. Voor overwinterende steltlopers behoort de Oosterschelde tot een van de zes belangrijkste gebieden rond de zuidelijke Noordzee. Binnen de Delta is de Oosterschelde het belangrijkste gebied voor de slikgebonden steltlopers en eenden (Van Zanten et al, 2008).

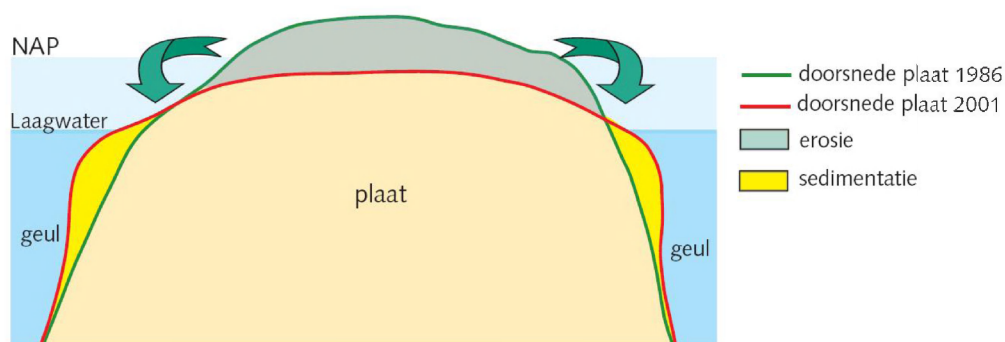
Op basis van de abiotische parameters is voor 2004 de volgende globale habitatverdeling voor de Oosterschelde afgeleid (Figuur 5.4).



Figuur 5.4 Huidige situatie Oosterschelde op basis van gegevens uit 2004

5.2.2 Zandhonger

Door de afname van de getijslag zijn de hoge delen van de slikken en platen permanent droog komen te vallen, terwijl de lage delen permanent onder water zijn gekomen. Daarnaast treed er nog steeds erosie op van de het schor en plaat areaal terwijl de opbouwende krachten niet meer aanwezig zijn. De grootte van de geulen heeft een directe relatie met het getijvolume. Het getijvolume is afgenomen waardoor de geulen 'te groot' zijn geworden. De geulen proberen een nieuw evenwicht te vinden tussen de grootte van de geulen en het verminderde getijvolume. Hiervoor hebben de geulen zand nodig (zandhonger). Dit komt voornamelijk van de platen. Het sediment dat wordt losgewoeld op de hogere delen van de platen en slikken komt in eerste instantie op de randen van het intergetijdengebied en in het diepere water terecht. Daar hebben golven er geen vat meer op en zal het blijven. Het zand komt zo in de geulen terecht en bezinkt daar op natuurlijke drempels en in binnenbochten. Om een nieuw evenwicht te kunnen bereiken hebben de geulen 400 tot 600 miljoen m³ sediment nodig, terwijl er maar 200 miljoen m³ beschikbaar is vanaf de platen en slikken (RIKZ, 2004).



Figuur 5.5 Plaaterosie 1986-2001 door de zandhonger. Bron Van Zanten, 2008

Aan de hand van de opgetreden veranderingen tussen 1990, 2001 en 2007 is een netto afname van het intergetijdengebied tussen 1990 en 2007 bepaald van ongeveer 600 ha. Voor de komende eeuw wordt er een verdere afname van ca. 4000 hectare intergetijdengebied verwacht (Haskoning, 2008). Eerst zal er een uitvlakking van de platen en slikken optreden als gevolg van sediment afkomstig uit de hoger gelegen delen. Het is echter een kwestie van tijd dat de lagere intergetijdengebieden verder eroderen.

Er is inmiddels een uitgebreide verkenning gestart naar mogelijke maatregelen om de effecten van de zandhonger te bestrijden, te mitigeren en te compenseren (E. van Zanten en L. Adriaanse, 2008)

5.2.3 Zeespiegelstijging

De effecten van de zeespiegelstijging zorgen voor een verandering van het getij. De hoogwaterstanden stijgen waarschijnlijk iets sneller dan de zeespiegelstijging terwijl de laagwaterstanden langzamer stijgen dan de zeespiegelstijging (Technische adviescommissie Waterkeringen, 2002). Hierdoor neemt de getijslag toe. De verwachting is dus dat zowel het doorstroomoppervlak als het getijverschil in de Oosterschelde zullen toenemen als gevolg van de zeespiegelstijging. Echter zal netto de evenwichtrelatie tussen getijvolume en doorstroomoppervlak door beide effecten niet of nauwelijks veranderen (Geurts van Kessel, 2004). De zeespiegelstijging heeft dus nauwelijks effect op de zandhonger van de Oosterschelde.

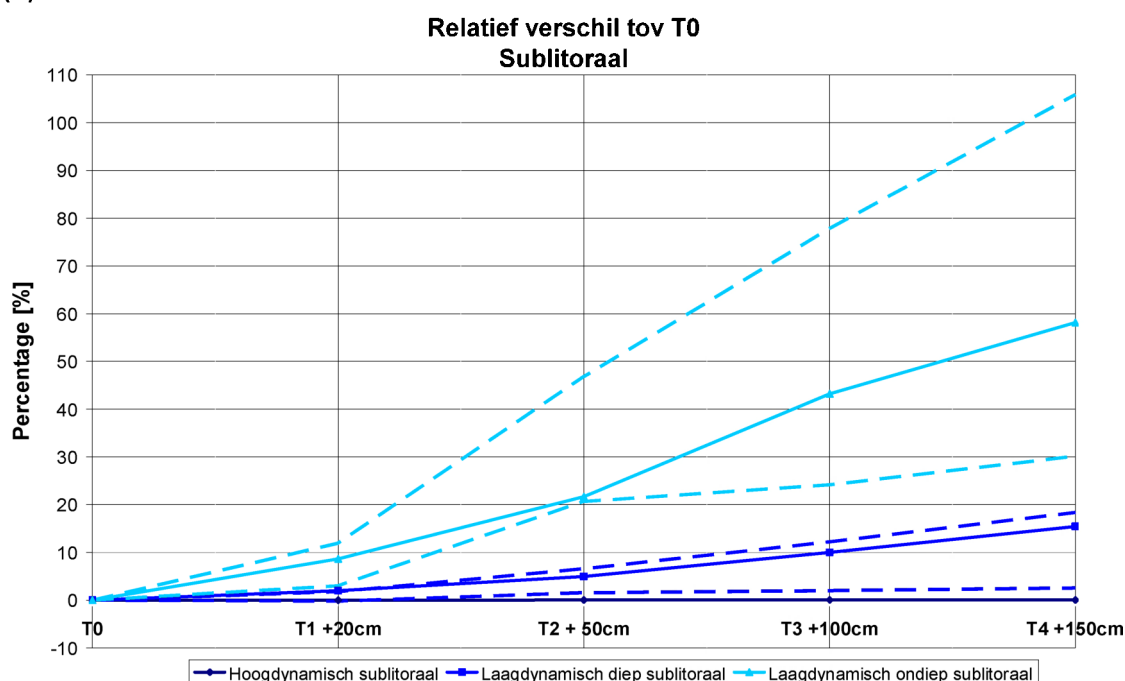
De zeespiegelstijging heeft echter wel effect op de verdere afname van de droogvallende platen en slikken zeker omdat er van plaatgroei geen sprake meer is. Dit in tegenstelling tot de Westerschelde waar nog wel een dynamisch proces van plaatgroei optreedt. De laagwaterstand komt waarschijnlijk wel iets hoger te liggen maar dit is niet voldoende om de zeespiegelstijging te compenseren waardoor een groter deel van de platen en slikken permanent onder water komt te liggen. Daarnaast zal de zeespiegelstijging de afbraak van het intergetijdengebied versnellen doordat golven meer vat krijgen op de platen en slikken.

5.2.4 Gevolgen voor de natuurwaarden

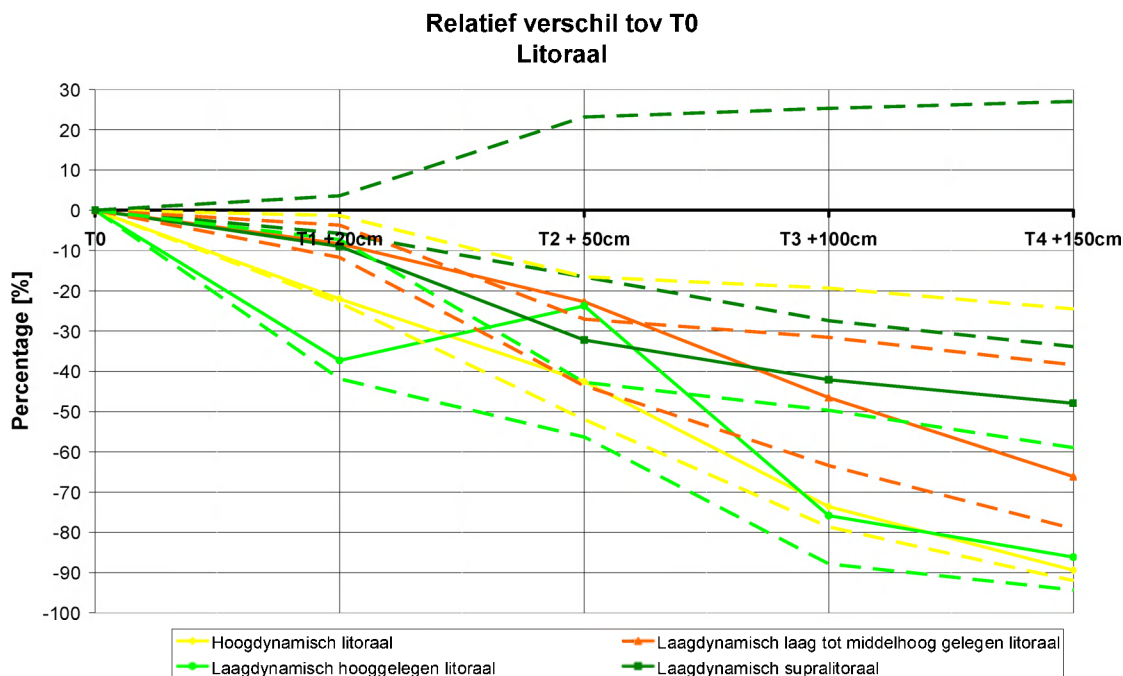
De stijging van de zeespiegel samen met de effecten van de zandhonger hebben mogelijk als gevolg dat de afname van de intergetijdengebieden snel kan verlopen. Een zeespiegelstijging van een meter of meer zonder maatregelen voor de effecten van de zandhonger bestaat de kans dat het hooggelegen litoraal verdwijnt en zal er slechts sprake zijn van een kleine hoeveelheid laag gelegen intergetijdengebied (Figuur 5.6). In de onderstaande figuur is het mogelijke effect van zeespiegelstijging weergegeven (doorgetrokken lijn) en het mogelijke effect van zeespiegelstijging samen met en zonder zandhonger (onderbroken lijn). Dit geeft de range weer van de orde grootte van het effect.

De effecten van de zandhonger zijn bepaald aan de hand van de daadwerkelijke bodemontwikkeling van de Oosterschelde tussen 2001 en 2007. De hoogte gegevens van de supralitorale zone zijn zeer waarschijnlijk niet correct als gevolg van vegetatie (Haskoning 2008). De gegevens zijn voor de volledigheid wel meegenomen in de onderstaande figuur (Figuur 5.6, b) maar kunnen niet gebruikt worden voor conclusies of trendbepaling.

(a)



(b)



Figuur 5.6

Globaal effect van zeespiegelstijging aangevuld met een inschatting van de effecten van de zandhonger (op basis van Haskoning 2008) op de intergetijdengebieden in de Oosterschelde.

NB. Figuur a is de sublitorale zone, figuur b de litorale zone. De doorgetrokken lijn = zeespiegelstijging, de stippellijn = zeespiegelstijging + zandhonger en zeespiegelstijging - zandhonger.

Het ecosysteem in de Oosterschelde is voor een groot deel afhankelijk van het intergetijdengebied. Een afname hiervan heeft gevolgen voor de foerageermogelijkheden voor diverse steltloper soorten van internationaal belang. Daarnaast gebruiken o.a. zeehonden de drooggevallen platen en slikken als rustgebied. Het verlies aan intergetijdengebied zal een aanzienlijke verschuiving teweegbrengen in de soorten-samenstelling van de Oosterschelde.

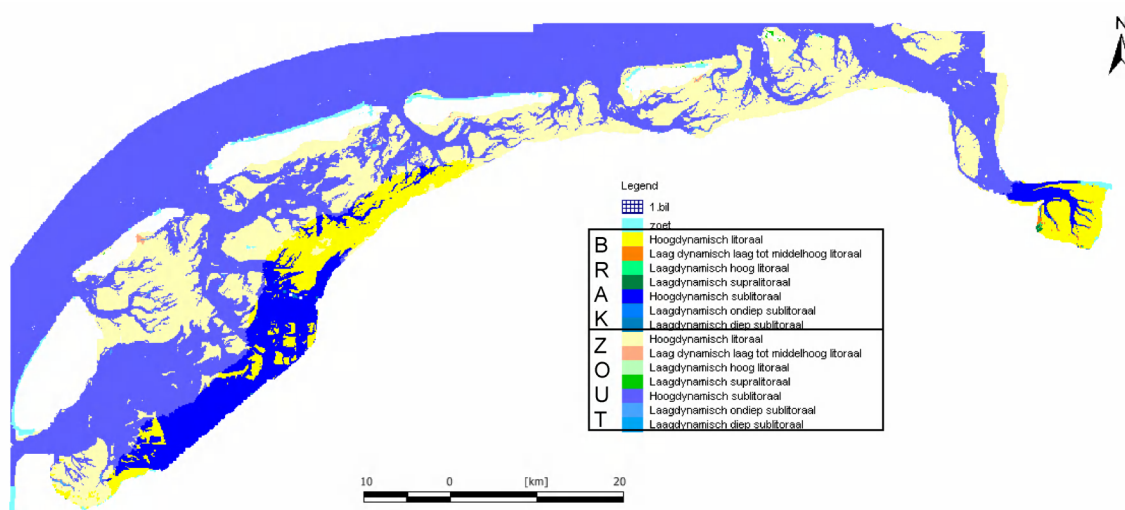
Bodemdieren hebben een specifieke habitatvoorkeur bestaande uit bepaalde bodemsamenstelling, hydrodynamiek en droogvalduur. De afname van de droogvalduur als gevolg van het verlagen van de platen verandert de geschiktheid van de omgeving voor het voorkomen van bodemdieren welke de voedselbron zijn voor deze vogels. Daarnaast wordt de tijd voor het foerageren verkort.

5.3 Waddenzee

5.3.1 Huidige situatie

De Waddenzee is een ondiepe kustzee. Via de zeegaten aan de ene kant, en rivieren aan de andere kant, staat de Waddenzee in open verbinding met Noordzee en het Europese achterland. De Waddenzee is minder soortenrijk dan de Noordzee, maar sommige soorten komen er wel in zeer hoge aantallen voor. Ook fungeert de Waddenzee als kraamkamer voor vissen. De Wadden omvatten 60% van alle getijdengebieden in Europa en Noord-Afrika en bieden een habitat voor een zeer rijke en gevarieerde flora en fauna.

In de onderstaande figuur is op basis van de abiotische gegevens uit 2003 een habitatindeling gemaakt van het waddengebied.



Figuur 5.7 Habitatverdeling voor de huidige situatie in het Waddengebied. NB De kleurnuance geeft de grens tussen de brakke (donkerder) en zoute (lichter) zone aan.

5.3.2 Waterstand

Bij een stijging van de zeespiegel komen de zandplaten in de Waddenzee meer onder water te staan. De aanvoer van zand vanaf de Noordzeekustzone zorgt er wel voor de de platen mee kunnen groeien met stijging van de zeespiegel. Echter bij een stijging van meer dan 60 cm per eeuw de platen niet snel genoeg meegroeien (Kwadijk, 2008; Oost, 2001).

Naast een effect op de zandplaten komen de kwelders ook meer onder druk te staan. In de eerste plaats zal er klifvorming plaatsvinden door een sterkere golfwerking. Ten tweede zal bij een stijging van meer dan 60 cm kwelderregressie plaatsvinden omdat het opslibben van de kwelder bij hoogwater te langzaam gaat om de zeespiegelstijging bij te kunnen houden (Oost, 2001).

In deze studie is uitgegaan van een 'worst-case'. Er is uitgegaan van geen mogelijkheid tot meegroeien van de platen en kwelders en een stijging van de zeespiegel van 20 cm tot 1,50 m. Wanneer de platen verder onderwater komen te liggen zal de hoeveelheid weekdieren (mosselen, kokkels, zeeduizendpoten, wadpieren etc.) op de platen af nemen.

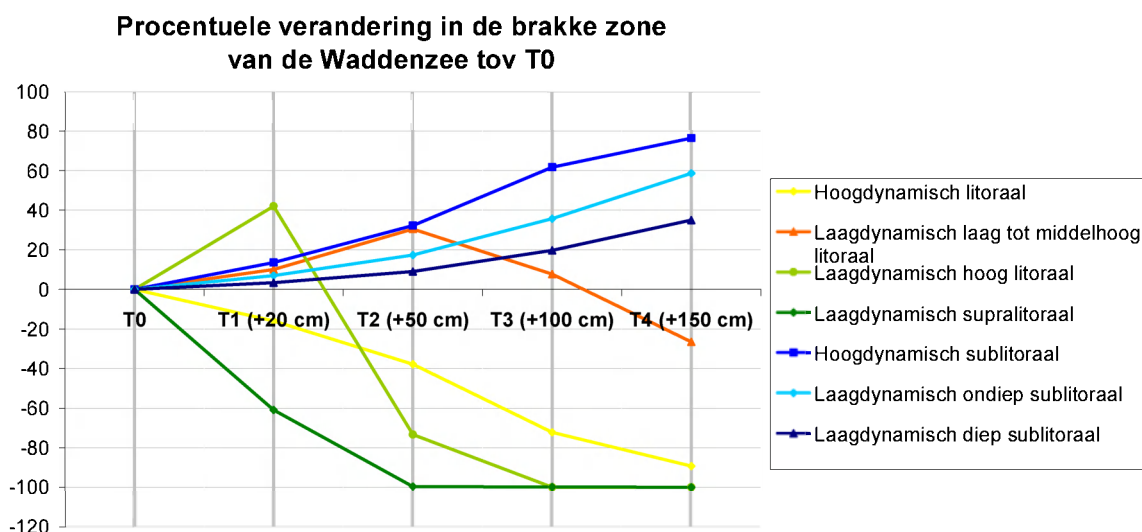
In de onderstaande tabel zijn de ontwikkeling in de verschillende habitats van de Waddenzee weergegeven (Tabel 5.2).

Tabel 5.2 Resultaten oppervlakte (ha) zeespiegelstijging in de Waddenzee

		Huidig	+ 20 cm	+ 50 cm	+ 100 cm	+ 150 cm
Laagdynamisch supralitoraal	Brak	92	36	0,4	0,3	0,12
	Zout	153	146	132	31	6
Hoogdynamisch litoraal	Brak	26316	22136	16370	7337	2852
	Zout	101054	87336	61750	23612	6414
Hooggelegen laagdynamisch litoraal	Brak	33	47	9	0,04	0,04
	Zout	5	6	10	26	2
Laag tot middelhoog gelegen laagdynamisch litoraal	Brak	209	231	273	226	154
	Zout	470	390	238	139	156
Ondiep laagdynamisch sublitoraal	Brak	263	281	308	357	417
	Zout	868	941	1083	1221	
Diep laagdynamisch sublitoraal	Brak	75	77	82	90	101
	Zout	259	272	291	342	396
Hoogdynamisch sublitoraal	Brak	308340	35006	40771	49859	54397
	Zout	235171	248768	274195	312679	330221

De zone welke beïnvloedt wordt door de (zoete) rivierafvoeren is voor deze studie niet gekoppeld aan het klimaatscenario. Hierdoor blijft deze zone in alle gevallen gelijk in oppervlak. In werkelijkheid zal de neerslaghoeveelheid toenemen, vooral in de winter, waardoor de afvoer zal toenemen en vooral de piekafvoeren groter zullen zijn. Dit heeft gevolgen voor de overgangszone van zoet naar zout in de Waddenzee.

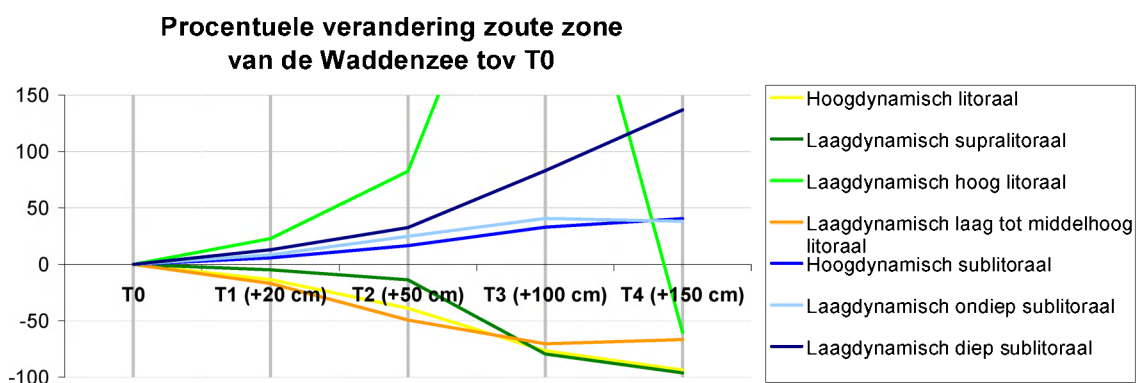
Bij het gelijkhouden van de afvoer zien we dat bij een stijging van de zeespiegel van meer dan 20 cm het laagdynamisch hoger gelegen litoraal (zone met potentie voor pionier begroeiing) sterk afneemt (Figuur 5.8). Bij een stijging van meer dan 50 cm zal ook het laag tot gemiddeld hoog gelegen laagdynamische litoraal gaan afnemen. In deze zone bevinden zich de grootste hoeveelheden bodemdieren en vormen daarmee een belangrijke voedselbron voor vogels. De afname van de litorale gebieden komt ten gunste aan het ondiepe en diepe sublitoraal.



Figuur 5.8 Procentuele verandering van de habitatverdeling in de brakke zone van de Waddenzee als gevolg van een stijgende zeespiegel.

In de zoute zone van de Waddenzee is een vergelijkbaar beeld te zien. Na een zeespiegelstijging van 50 cm neemt het supralitoraal en het litoraal af. Dit alles komt ten gunste aan het ondiepe en diepe sublitoraal (Figuur 5.9).

Het hooggelegen laagdynamische litoraal laat een piek zien bij een zeespiegelstijging van 1 m. Dit wordt veroorzaakt doordat in de T0-situatie deze zone nauwelijks voorkomt (5 ha). Bij een stijging van 1 m wordt er aan de rand van de eilanden een gebied geclassificeerd als potentieel hooggelegen laagdynamisch gebied van 26 ha.



Figuur 5.9 Resultaten habitatverdeling in de zoute zone van de Waddenzee als gevolg van een stijgende zeespiegel

5.3.3 Andere klimaat effecten

Naast de zeespiegelstijging zorgen veranderingen in de afvoer van de rivieren en de temperatuurstijging voor veranderingen in natuurwaarden van de Waddenzee. Zo bepaalt de atmosferische temperatuur de watertemperatuur van de Waddenzee vrijwel geheel. Warmer Waddenzeewater kan leiden tot het vaker voorkomen van algenplagen. Algenbloei zal vaker voorkomen. Daarnaast is de Waddenzee een kraamkamer voor veel vissoorten. Een hogere temperatuur samen met minder zandplaten zorgen ervoor dat de soortensamenstelling verandert. Er is overigens nog maar weinig onderzoek gedaan op dit punt.

5.4 Volkerak-Zoommeer

5.4.1 Waterstand, getij en zout

Uit studies in het kader van de planstudie/MER en kosten-batenanalyse Volkerak-Zoommeer (Meijers et al., 2008) is gebleken dat een zout Volkerak-Zoommeer met een getij van ongeveer 30 cm of 55 cm het grootste gedeelte van het gebied zal bestaan uit gebied dat altijd onder water ligt uit gebied dat nooit onder water staat. Het totale areaal aan intergetijdengebied dat ontstaat is beperkt van omvang. Voor beide getijvarianten lijkt potentie te zijn tot de ontwikkeling van diverse ecotootypen, karakteristiek voor intergetijdennatuur.

Een zout Volkerak-Zoommeer heeft grote gevolgen voor de subtidale gebieden. Deze gebieden worden zout in plaats van zoet en daarmee zal de gehele soortengemeenschap veranderen. In het Veerse Meer is gebleken dat deze veranderingen snel kunnen verlopen omdat veel zoute soorten vanzelf meekomen met het inlaten van het zoute water uit de Oosterschelde.

Het grote areaal aan subtidaal gebied biedt in een zout Volkerak-Zoommeer ongetwijfeld kansen voor de kweek van mosselen en oesters. Beperking van de algengroei door middel van begrazing door schelpdieren is noodzakelijk om de algenbiomassa in toom te houden. Er is een risico aanwezig van zuurstofarme condities aan de bodem en in het water onder de spronglaag. Hierdoor zal het bodemoppervlak onder de spronglaag waarschijnlijk ongeschikt zijn voor vestiging en overleving van bodemfauna.

6 Effect op de KWR-doelen

Voor deze studie zijn de effecten van zeespiegelstijging en het effect van de maatregelvarianten om de effecten van klimaatverandering tegen te gaan (zie paragraaf 2.2.) op natuurwaarden in de Oosterschelde, Westerschelde en Waddenzee uitgewerkt aan de hand van een Habitatanalyse. Voor de mogelijke effecten van het verzilten van het Volkerak-Zoommeer is gebruik gemaakt van de studie rond de MER Volkerak-Zoommeer (Meijers et al, 2009). De resultaten hiervan zijn doorvertaald naar mogelijke gevolgen voor de ecologische KRW-doelen die gesteld zijn voor deze gebieden. De belangrijkste effecten van de maatregelen en de zeespiegelstijging zijn weergegeven in de onderstaande tabel.

Tabel 6.1 Effecten van de maatregelvarianten en zeespiegelstijging in de Oosterschelde, Westerschelde, Waddenzee en het Volkerak-Zoommeer.

Var	Ingrepen		Volkerak-Zoommeer	Oosterschelde	Westerschelde	Waddenzee
	Nieuwe Waterweg	Haringvliet				
NUL	Stormvloedkering - stijging waterstand - zout-zoet overgang	Spuisluizen - zoet - stijging waterstand - afname stroomsnelheid	- zout - meer getij	- stijging waterstand - verlies schorren - verlies intergetijdengebied - meer ondiep en diep water	- stijging waterstand - verlies schorren - meer ondiep en diep water	- stijging waterstand - verlies schorren - verlies intergetijdengebied - meer ondiep en diep water
III	Dam met spuisluizen - stijging waterstand - zout-zoet overgang	Spuisluizen - zoet - stijging waterstand - afname stroomsnelheid - tijdelijk hoge afvoer	- zout - meer getij - tijdelijk hoge toevoer van zoet water	- stijging waterstand - verlies schorren - verlies intergetijdengebied - meer ondiep en diep water - tijdelijk hoge toevoer van zoet water	- stijging waterstand - verlies schorren - meer ondiep en diep water	- stijging waterstand - verlies schorren - verlies intergetijdengebied - meer ondiep en diep water
IV	Dam en Rijnmondring - zoet	Stormvloedkering - stijging waterstand - toename stroomsnelheid - toename zoutgehalte	- zout - meer getij	- stijging waterstand - verlies schorren - verlies intergetijdengebied - meer ondiep en diep water - tijdelijk hoge toevoer van zoet water	- stijging waterstand - verlies schorren - meer ondiep en diep water	- stijging waterstand - verlies schorren - verlies intergetijdengebied - meer ondiep en diep water

6.1 Westerschelde

De KRW-beoordeling van de Westerschelde laat zien dat verbetering van de ecologische toestand noodzakelijk is. Zo moeten de arealen schor en slik toenemen en moet de rijkdom aan bodemdieren worden vergroot. De toestand van de vissen is in de Westerschelde matig, al gaat men er vanuit dat trekvisser onvoldoende mogelijkheden hebben om paai- en leefgebieden in de regionale wateren te bereiken. Alleen voor zeegras zijn geen maatregelen nodig, omdat deze planten van nature nauwelijks voorkomen in dit estuarium. Dat is een gevolg van de sterke stroming en het troebele, slibrijke water (KRW, 2008).

	Status	Type	Fytoplankton	Waterplanten	Macrofauna	Vis	Biologische status
Westerschelde	Sterk veranderd	O2					

Een stijging van de zeespiegel zonder voldoende aangroei van de platen, slikken en schorren zorgt voor grote verschuivingen in het intergetijdengebied. Bij een stijging van meer dan 50 cm, zonder aangroei, komt Saeftinghe voor grote delen regelmatig onder water te staan. De aanwezige schorvegetatie zal dan hoogst waarschijnlijk plaatsmaken voor lager gelegen intergetijdengebied. Hierdoor neemt deze zone in oppervlakte toe. Echter, de oorspronkelijke lager gelegen intergetijdengebieden komen dan permanent onder water te staan en behoren dan tot het ondiepe water. Deze verandering als gevolg van de stijging in de waterstand heeft naar verwachting verschillende effecten op de ecologische KRW-doelen van de Westerschelde.

6.1.1 Effect op fytoplankton

De Westerschelde is troebel en bevat voldoende nutriënten. De primaire productie van het fytoplankton in de Westerschelde is daarom voornamelijk licht gelimiteerd. De stijging van de waterstand heeft indirect effect op het fytoplankton in de Westerschelde. Fytoplankton komt zowel in de waterkolom als op de bodem voor. Een verandering van de waterstand kan ervoor zorgen dat platen en slikken minder vaak droogvallen waardoor benthische algen minder licht krijgen. Het fytoplankton wordt echter niet alleen beïnvloed door licht en het areaal platen en slikken. Veranderingen in de afvoer (hoeveelheid en kwaliteit) van de Zeeschelde en de stijging van de watertemperatuur hebben veel invloed op het fytoplankton. Maar ook de graasdruk is een belangrijke factor. Deze parameters zijn echter in deze studie niet meegenomen.

6.1.2 Effect op Macrofauna

De stijging van de waterstand heeft een effect op het leefgebied (niveau 2, beoordeling) van de benthosgemeenschap in de Westerschelde. De leefgebieden komen overeen met de voor deze studie gedefinieerde habitats in de Westerschelde.

De stijging van de waterstand veroorzaakt een verschuiving van de intergetijdengebieden. Het oppervlak platen en slikken en het oppervlak ondiep en diep water neemt toe ten koste van het supralitoraal. De oorspronkelijke platen komen meer en verder onder water te liggen. Terwijl het supralitorale schorgebied overgaat in plaat/slikgebied.

Het niveau van gemeenschappen (niveau 3) wordt beoordeeld naar de ontwikkeling in biomassa, soortensamenstelling, densiteit en aantal soorten in kleinere gebieden binnen de leefgebieden. De ontwikkeling van de gemeenschappen voert voor deze studie te ver. Echter, het ecotoop 'Zout, laagdynamisch, midden-litoraal, slibrijk' wordt gezien als één van de gebieden is met de hoogste macrofauna biomassa, waardoor het tevens een belangrijk voedselgebied is voor vogels en vissen. Binnen de gedefinieerde habitats wordt het laag tot middelhoog laagdynamisch litoraal apart gedefinieerd. De toename van het oppervlak van dit

gebied heeft in potentie een positief effect op het ecologische KRW-doel voor macrofauna in de Westerschelde.

Leefgebied	Habitat/ecotoop		Huidig	+ 20 cm	+ 50 cm	+ 100 cm	+ 150 cm
Slikken en platen	Hoogdynamisch litoraal	Brak	956	921	861	737	604
		Zout	3210	3024	2705	2118	1580
	Laag tot middelhoog gelegen laagdynamisch litoraal	Brak	803	910	1055	1301	2674
		Zout	2603	2834	3125	3247	3126
Ondiep	Ondiep laagdynamisch sublitoraal	Brak	149	169	212	312	454
		Zout	1128	1225	1412	1853	2396
Diep	Hoogdynamisch sublitoraal	Brak	1892	1907	1933	1976	2004
		Zout	16251	16339	16491	16709	16846
	Diep laagdynamisch sublitoraal	Brak	67	70	73	85	93
		Zout	556	575	606	668	735

6.1.3 Effect op planten

Als gevolg van de zeespiegelstijging is de verwachting dat de Westerschelde intergetijdengebied verliest waaronder het areaal laagdynamisch supralitoraal wat geschikt is voor schorvegetatie. Het laagdynamische hooggelegen litoraal wat voornamelijk geschikt is voor pionier vegetatie neemt af in de zoute zone. In de brakke zone neemt het areaal juist toe maar dit ten koste van het supralitoraal.

Schorren vormen een belangrijk onderdeel van de ecologische maatlat. De dijken zorgen ervoor dat er weinig tot geen ruimte in de Westerschelde is bij een gestegen waterstand voor het ontstaan van nieuw, hoger gelegen schor.

		Huidig	+ 20 cm	+ 50 cm	+ 100 cm	+ 150 cm
Laagdynamisch supralitoraal	Brak	2352	2250	2062	495	65
	Zout	359	232	131	44	13
Hooggelegen laagdynamisch litoraal	Brak	287	280	311	1602	613
	Zout	630	508	267	98	42

6.1.4 Effect op Vissen

De Westerschelde kent een grote diversiteit aan vissoorten. Dit komt door de grote verscheidenheid aan habitats, met ieder een eigen vispopulatie. Zo is de monding een geschikt leefgebied voor soorten als schaar, sprat en haring. Hier paaient ook de tong en schol die in de brakke ondiepe delen oostelijk in de Westerschelde hun opgroei gebied hebben. Er zijn echter niet zo veel soorten die sterke wisselingen in het zoutgehalte van het water kunnen verdragen, zodat de diversiteit in de brakke zone beperkt is. Diverse platvissen, spiering, fint en garnalen zijn hier wel op aangepast en komen relatief veel voor.

De stijging van de waterstand zorgt voor een toename van het areaal ondiep water. Dit zijn plaatsen waar vissen kunnen opgroeien en schuilen. Een verandering in het zoutgehalte zal als gevolg van de waterstandstijging niet of nauwelijks optreden. Wel kan de afvoer van de Zeeschelde of grote morfologische aanpassingen dit tot gevolg hebben.

		Huidig	+ 20 cm	+ 50 cm	+ 100 cm	+ 150 cm
Ondiep laagdynamisch sublitoraal	Brak	149	169	212	312	454
	Zout	1128	1225	1412	1853	2396

Diadrome soorten

Een verandering in de waterstand heeft geen effect op de migratie van de diadrome soorten van de zee naar rivier. Als tijdelijk opgroei gebied zijn de arealen ondiep water gunstig. Echter zijn er stroomopwaarts in de Schelde verschillende barrières welke ervoor zorgen dat er weinig trekvis in de Westerschelde voorkomen. De laatste jaren heeft de verbetering van de waterkwaliteit er wel voor gezorgd dat hier een verbetering in is ontstaan.

Estuarien residente soorten

Door dat het zoutgehalte in de Westerschelde als gevolg van de zeespiegelstijging niet veel zal veranderen wordt er geen effect op de esuarien residente soorten verwacht. Veranderingen in de afvoer van de Zeeschelde zou hier wel een effect kunnen hebben.

Mariene juvenielen

De toename van het areaal ondiep water is gunstig voor het opgroeien van jonge vis, zoals de tong en de schol.

6.2 Oosterschelde

De Oosterschelde is getypeerd als beschut kustwater (K2). Door de aanleg van de stormvloedkering is de zandhonger ontstaan waardoor de intergetijdengebieden sterk eroderen. Een stijging van de waterstand beïnvloed de zandhonger niet maar heeft wel een zelfde effect op het intergetijdengebied. Bodemdieren zijn afhankelijk van deze gebieden en vormen een belangrijke voedselbron voor vogels die onder de Vogelrichtlijn vallen. Omdat de zandhonger een autonoom proces is, mag Nederland de KRW-doelen daarop aanpassen, mits uit onderzoek blijkt dat geen haalbare en betaalbare maatregelen mogelijk zijn (KRW-Schelde, 2008).

Er zijn te veel schuimalgen in de Oosterschelde aanwezig en het areaal en de kwaliteit van het zeegras is onder de maat. De toestand van vissen wordt voor het watertype K2 niet beoordeeld. Echter zouden er wel trekvis van de Oosterschelde gebruik kunnen/moeten maken. Dit is nog niet onderzocht maar aangenomen wordt dat vooral trekvis onvoldoende aanwezig zijn en onvoldoende mogelijkheden hebben om paai- en leefgebieden in regionale wateren en de grote rivieren te bereiken (KRW-Schelde, 2008).

	Status	Type	Fytoplankton	Waterplanten	Macrofauna	Vis	Biologische status
Oosterschelde	Sterk veranderd	K2					

6.2.1 Effect op fytoplankton

De primaire productie in de Oosterschelde wordt door licht, nutriënten en de aanwezigheid van grazers beïnvloed. De stijging van de waterstand heeft indirect effect op het fytoplankton. Een verandering van de waterstand kan ervoor zorgen dat platen en slikken minder vaak droogvallen waardoor benthische algen minder licht krijgen. Het fytoplankton wordt echter niet alleen beïnvloed door licht en het areaal platen en slikken. Veranderingen in de nutriënten toevoer, stijging van de watertemperatuur en de aanwezigheid van grazers hebben veel invloed op het fytoplankton. Deze parameters zijn echter in deze studie niet meegenomen.

6.2.2 Effect op Macrofauna

De stijging van de waterstand heeft een effect op het leefgebied (niveau 2, beoordeling) van de benthosgemeenschap in de Oosterschelde. De leefgebieden komen overeen met de voor

deze studie gedefinieerde habitats in de Oosterschelde. De stijging van de waterstand veroorzaakt een afname van de intergetijdengebieden. Het oppervlak platen en slikken neemt af en het oppervlak ondiep en diep water neemt toe.

Het niveau van gemeenschappen (niveau 3) wordt beoordeeld naar de ontwikkeling in biomassa, soortensamenstelling, densiteit en aantal soorten in kleinere gebieden binnen de leefgebieden. De ontwikkeling van de gemeenschappen voert voor deze studie te ver. Echter, het ecotoop 'Zout, laagdynamisch, midden-litoraal, slibrijk' welke wordt gezien als één van de gebieden is met de hoogste macrofauna biomassa, waardoor het tevens een belangrijk voedselgebied is voor vogels en vissen is in deze studie apart gedefinieerd. De afname van de laagdynamische platen, slikken heeft een potentieel negatief effect op de aanwezige bodemdieren en daarmee het ecologische KRW doel voor macrofauna in de Oosterschelde.

6.2.3 Effect op Waterplanten

De stijging van de waterstand zorgt voor een afname van het areaal laagdynamisch hoog gelegen litoraal en supralitoraal. Dit is de zone geschikt voor (pionier)schorvegetatie. Dit effect wordt ook veroorzaakt door de zandhoger.

Het areaal zeegras is nu van onvoldoende grootte en kwaliteit echter zal de stijging van de waterstand hier geen direct invloed op hebben. Een verandering in de stroomsnelheid kan mogelijk wel effect hebben op het zeegras. Voor de Oosterschelde is deze parameter echter niet gevarieerd.

6.3 Waddenzee

De Waddenzee wordt getypeerd als beschut kustwater (K2). Via de zeegaten aan de ene kant, en rivieren aan de andere kant, staat de Waddenzee in open verbinding met Noordzee en het Europese achterland. Het fytoplankton is beoordeeld "matig", met name vanwege overmatige aanwezigheid van de plaagalg *Phaeocystis*. Het kwelderareaal is door hydromorfologische ingrepen (met name bedijking) sterk beïnvloed. Het huidige kwelderareaal maar ook het areaal zeegras is beduidend geringer van omvang dan het areaal behorend bij de Goede Ecologische Toestand. De stijging van de zeespiegel heeft ook een negatief effect op het kwelder areaal. De parameter waterplanten is dan ook als "ontoereikend" beoordeeld. Het oordeel over de bodemfauna in de Waddenzee is "goed". Echter wanneer de platen en slikken als gevolg van een stijgende waterstand meer onder water komen te liggen heeft dit een negatief effect op de aanwezige bodemfauna.

	Type	Status	Fytoplankton	Waterplanten	Macrofauna	Vis	Biologische status
Waddenzee	K2	Sterk veranderd					

6.3.1 Effect op fytoplankton

In de Waddenzee is er een relatief grote toevoer van voedingsstoffen via het zoete IJsselmeerwater en via de Noordzeekustzone, waarlangs ook voedselrijk Rijnwater de Waddenzee binnen kan komen. Veranderingen in de Noordzeekustzone werken op deze manier door in de Waddenzee.

De Waddenzee is niet erg diep waardoor het zonlicht een belangrijke factor is. In de loop van voorjaar en zomer treedt meestal een aantal na elkaar komende algenbloeien op. Na de voorzomer neemt de hoeveelheid algen niet meer voortdurend toe. Want met name in de zomer en de nazomer zijn er veel organismen die het plantaardig plankton als voedsel gebruiken. Een snelle stijging van de waterstand waarbij de intergetijdengebieden niet voldoende in hoogte kunnen meegroeien heeft indirect effect op het fytoplankton. Door het dieper worden van de Waddenzee dringt het licht minder goed door en groeien de algen daardoor minder snel.

Het fytoplankton wordt echter niet alleen beïnvloed door licht en het areaal platen en slikken. Veranderingen in de afvoer (hoeveelheid en kwaliteit) van het IJsselmeerwater en de toevoer via de Noordzee, de stijging van de watertemperatuur en de aanwezigheid van grazers hebben veel invloed op het fytoplankton. De temperatuur is voor de Waddenzee zeer belangrijk doordat de Waddenzee ondiep is, is het effect van een stijging van de temperatuur in het water zeer groot. Deze parameters zijn echter in deze studie niet meegenomen.

6.3.2 Effect op Macrofauna

De stijging van de waterstand heeft een effect op het leefgebied (niveau 2, beoordeling) van de benthosgemeenschap in de Waddenzee. De leefgebieden komen overeen met de voor deze studie gedefinieerde habitats in de Waddenzee.

De stijging van de waterstand veroorzaakt een afname van de intergetijdengebieden. Het oppervlak platen en slikken neemt af en het oppervlak ondiep en diep water neemt toe. Het niveau van gemeenschappen (niveau 3) wordt beoordeeld naar de ontwikkeling in biomassa, soortensamenstelling, densiteit en aantal soorten in kleinere gebieden binnen de leefgebieden. De ontwikkeling van de gemeenschappen voert voor deze studie te ver. Echter, het ecotoop 'Zout, laagdynamisch, midden-litoraal, slibrijk' wordt gezien als één van de gebieden is met de hoogste macrofauna biomassa, waardoor het tevens een belangrijk voedselgebied is voor vogels en vissen. Binnen de gedefinieerde habitats wordt het laag tot middelhoog laagdynamisch litoraal apart gedefinieerd. De afname van het oppervlak van dit gebied heeft in potentie een negatief effect op het ecologische KRW-doel voor macrofauna in de Waddenzee.

Leefgebied	Habitat/ecotoop		Huidig	+ 20 cm	+ 50 cm	+ 100 cm	+ 150 cm
Platen en slikken	Hoogdynamisch litoraal	Brak	26316	22136	16370	7337	2852
		Zout	101054	87336	61750	23612	6414
	Hooggelegen laagdynamisch litoraal	Brak	33	47	9	0,04	0,04
		Zout	5	6	10	26	2
	Laag tot middelhoog gelegen laagdynamisch litoraal	Brak	209	231	273	226	154
		Zout	470	390	238	139	156
Ondiep water	Ondiep laagdynamisch sublitoraal	Brak	263	281	308	357	417
		Zout	868	941	1083	1221	
Diep water	Diep laagdynamisch sublitoraal	Brak	75	77	82	90	101
		Zout	259	272	291	342	396
	Hoogdynamisch sublitoraal	Brak	308340	35006	40771	49859	54397
		Zout	235171	248768	274195	312679	330221

6.3.3 Effect op planten

Als gevolg van de zeespiegelstijging is de verwachting dat de Waddenzee intergetijdengebied verliest waaronder het supralitoraal en het hooggelegen litoraal. Dit is de zone waar schorren zich kunnen ontwikkelen. Schorren vormen een belangrijk onderdeel van de biologische maatlat.

		Huidig	+ 20 cm	+ 50 cm	+ 100 cm	+ 150 cm
Laagdynamisch supralitoraal	Brak	92	36	0,4	0,3	0,12
	Zout	153	146	132	31	6
Hooggelegen laagdynamisch litoraal	Brak	33	47	9	0,04	0,04
	Zout	5	6	10	26	2

6.4 Volkerak-Zoommeer

Volkerak-Zoommeer wordt in het kader van de KRW nu getypeerd als M20 (Matig grote diepe gebufferde meren). Eind 2008 hebben de locale en regionale overheden het rijk geadviseerd het Volkerak-Zoommeer te verzilten en een gering getij in te stellen met als doel de bloei van blauwalgen te voorkomen. Door een verbinding met de Oosterschelde te creëren kan dit bereikt worden.

Een zout Volkerak-Zoommeer zorgt voor een volledige omslag van het water van het type M20 naar bijvoorbeeld M32 maar ook K2 is denkbaar. De hoeveelheid getijdynamiek en invloed van zoet water is bepalend voor het type watersysteem waar het Volkerak-Zoommeer toe gerekend kan worden in een zoute situatie. Bij een zout Volkerak-Zoommeer komen ook algen voor en is de hoge toevoer van nutriënten nog steeds aanwezig. Om overvloedige algen groei en bloei tegen te gaan is het belangrijk om voldoende grazers in het systeem te hebben, bijvoorbeeld mosselen. De mosselen filteren het water waardoor er minder algen voorkomen en het water helderder wordt.

Een doorlaatmiddel biedt ook mogelijkheden voor de vismigratie. Tot slot kan er bij een stabiele zoutsituatie mogelijk weer zeegras groeien.

Afhankelijk van de mate van 'openstellen' van het Volkerak-Zoommeer en de gewenste getijdynamiek zal de stijgende zeespiegel invloed hebben op het Volkerak-Zoommeer. De maatregelen voor het verzilten hebben natuurlijk wel een zeer grote inpakt.

	Type	Status	Fytoplankton	Waterplanten	Macrofauna	Vis	Biologische status
Volkerak-Zoommeer	M20	Sterk veranderd					

6.4.1 Effect op fytoplankton

De maatregel om het Volkerak-Zoommeer te verzilten heeft een groot effect op het fytoplankton. Door het verzilten van het Volkerak-Zoommeer verdwijnt de giftige blauwalg, welke optreedt als gevolg van de ophoping van nutriënten in het meer. De toevoer van nutriënten uit de Brabantse rivieren blijft bestaan waar door ook in een zoute situatie begrazing van het fytoplankton door bijvoorbeeld mosselen nodig zal zijn om de kwaliteit van het water goed te houden. De toevoer van nutriënten in het Volkerak-Zoommeer is veel hoger dan bijvoorbeeld in het Veerse meer.

Temperatuur stijging en dynamiek van het water zijn naast het zoutgehalte van invloed op het fytoplankton in het Volkerak-Zoommeer. Deze factoren zijn in deze studie niet bekeken.

6.4.2 Effect op Macrofauna

Een toename van de getijslag van 30 tot 55 cm zorg voor een beperkte omvang van intergetijdengebied.

De verzilting van het Volkerak-Zoommeer zorgt voor een volledige omslag van de huidige macrofauna. In de nieuwe situatie kunnen verschillende zout minnende bodemdieren waaronder mosselen en oesters zich in het gebied vestigen. Wel moet er rekening gehouden worden met de kans op zuurstof arme condities aan de bodem en in het water onder de spronglaag.

6.4.3 Effect op Waterplanten

Bij een zout Volkerak-Zoommeer zijn er kansen voor zeegras. Echter worden de ontwikkelkansen laag geschat. De oorzaak is het eutrofe karakter van het zoute meer, cq de relatief hoge nutriëntenconcentraties. Uit de berekeningen voor de MER is gebleken dat de

winterconcentratie van stikstof ruim boven de 1 mg/l kan uitkomen, waardoor zeesla competitief voordeel heeft boven zeegras.

6.4.4 Effect op Vissen

Door een verbinding van het Volkerak-Zoommeer met de Oosterschelde ontstaat er een kans voor trekvis. Ook kunnen er estuarien residente soorten zich vestigen.

6.5 Effecten KRW samengevat

Fytoplankton

Het fytoplankton vervult een belangrijke rol in het goed functioneren van een watersysteem. De primaire productie staat aan de basis van de ecologie, waarbij de balans tussen veel en weinig productie en het soort algen (liever geen drijfalgen/ blauwalgen) zeer belangrijk is. Bepalende factoren voor de primaire productie zijn het onderwater lichtklimaat en nutriënten. Daarnaast moet ook de dynamiek in het seizoen zodanig zijn, dat de piek in de productie binnen een bepaalde tijdsperiode wordt gerealiseerd waarin de 'grazers' het nodig hebben.

Voor de estuariene watersystemen een indirect effect op het fytoplankton van de zeespiegelstijging te verwachten. Een snelle stijging van de zeespiegel zorgt er in de estuariene gebieden voor dat bij onvoldoende groei in hoogte van de platen en slikken, deze lager komen te liggen ten opzichte van de zeespiegel. Hierdoor kan het licht minder makkelijk doordringen en wordt de primaire productie van het fytoplankton bemoeilijkt en kan daardoor afnemen.

De zeespiegelstijging is echter slechts een van de effecten van klimaatverandering. Veranderingen in de afvoer van rivieren, stijging van de watertemperatuur en veranderingen in de stormfrequenties hebben veel invloed op het fytoplankton. Een verandering van het zoutgehalte heeft voornamelijk effect op het soort (zoet of zout) fytoplankton. Fysische factoren, welke door klimaatverandering worden beïnvloed, die hierbij een doorslaggevende rol spelen zijn:

- De kwaliteit, het moment en de hoeveelheid van het aangevoerde water, wat weer sterk afhangt van neerslagpatronen, wintertemperatuur, etc.
- Het zwevendstofgehalte in het water, wat afhangt van o.a. de samenstelling van de bodem, diepte, golven en wind.
- De temperatuur van het water, welke stijgt door de stijgende luchttemperatuur
- De lichtinstraling, welke samen met het zwevendstofgehalte het doorzicht bepaald
- De horizontale en verticale menging. Met name de verticale menging is in een groot watersysteem van eminent belang.

Of de primaire productie leidt tot een "gezond" ecosysteem, hangt vervolgens ook weer van een aantal factoren af zoals:

- Het substraat voor mosselen,
- Vraat van mosselen door vogels,
- De seizoensdynamiek van de algenontwikkeling,
- De kwaliteit van het voedsel (blauwalgen zijn weinig geschikt en mogelijk/soms oxisch).

Klimaatverandering heeft een effect op verschillende van aandrijvende factoren, waardoor significante veranderingen in de watersystemen op het gebied van fytoplankton niet zijn uit te sluiten.

Macrofauna

In de kust en overgangsgebieden wordt het macrofauna beoordeeld in 3 niveaus. Op het niveau van leefgebieden (niveau 3) zien we dat de zeespiegelstijging zowel in de Oosterschelde als de Waddenzee ervoor zorgt dat de platen en slikken in areaal afnemen en het ondiepe en diepe water toeneemt. Op het niveau van leefgemeenschappen resulteert dit in een afname van het oppervlak aan laagdynamische laag tot middel hooggelegen platen en slikken. Deze zone is het meest rijk aan bodemdieren en vormt een belangrijke voedselbron voor verschillende (beschermde) vogels. De mogelijkheid van de slikken en planten om mee te groeien met de stijgende zeespiegel is een belangrijke factor in het uiteindelijke effect van de zeespiegelstijging op oa. de bodemdieren en daarmee het macrofauna. In de Oosterschelde is sprake van zandhonger waardoor de slikken en platen ook zonder het effect van zeespiegelstijging aan hoogte en areaal verliezen. In de Waddenzee kunnen de platen en slikken een stijging tot 60 cm per eeuw bij de huidige hoeveelheid sediment in het water bijhouden. Verloopt de stijging sneller dan gaan de platen en slikken achteruit.

In de Westerschelde treden vergelijkbare effecten op. Echter fungeert het schorgebied Saeftinghe als een soort buffer voor het verlies aan platen en slikken. Bij een stijging van meer dan 50 cm en geen aangroei van de platen en slikken komt Saeftinghe onder de dagelijkse invloed van het getij te staan en zal het 'degenereren' tot een slik. Dit komt ten goede aan de mogelijke gebieden waar het macrofauna zich kan ontwikkelen. Echter het verlies van het schorgebied wordt in de maatlat vegetatie zwaar meegewogen.

Vegetatie

Vegetatie in de kust en overgangsgebieden is voornamelijk bekeken aan de hand van de mogelijkheden voor schorvegetatie. Wanneer de zeespiegel stijgt en deze stijging, te snel verloopt, of het water onvoldoende sediment bevat, zullen de schorren onvoldoende kunnen meegroeien en uiteindelijk verdrinken. Alle gebieden hebben binnen de huidige grenzen, tussen de dijken, te weinig ruimte om nieuwe schorren te vormen.

Vissen

Er is geen groot effect van een stijging van de waterstand op vissen te verwachten. De toename van het ondiepe water is weliswaar positief voor het opgroeien van jonge vis en biedt schuilmogelijkheden maar niet doorslaggevend. De waterkwaliteit en het voedsel aanbod zijn belangrijkere parameters. Voor trekvisserij vormen in veel gebieden verschillende sluizen en stuwen nog steeds een te grote barrière.

7 Conclusies en aanbevelingen

7.1 Effecten op de standplaatskenmerken

Het stijgen van de zeespiegel resulteert in een afname van het areaal intergetijdengebied. Het resultaat is een sterke afname of zelfs het verdwijnen van de supralitorale gebieden. De lager gelegen litorale gebieden verdwijnen lokaal maar nieuwe gebieden ontstaan ten koste van de supralitorale gebieden. Daarnaast zal het areaal aan diep en ondiep water gaan toenemen. De orde grootte van deze verschuiving hangt per watersysteem sterk af van stijging van de waterstand en de snelheid waarmee het water stijgt ten opzichte van de snelheid waarmee de planten en slikken kunnen meegroeien. Een verandering in het zoutgehalte als gevolg van de waterstandstijging is naar verwachting niet groot.

Het verbinden van het Volkerak-Zoommeer met de Oosterschelde maakt het mogelijk om het Volkerak-Zoommeer te verzilten. Dit heeft een groot effect op de aanwezige flora en fauna. Het verkrijgen van een getijslag van 30 tot 55 cm zorgt voor een klein oppervlak aan intergetijdengebied.

7.2 Effecten ecologische KRW-beoordeling

Hieronder volgt een tabel met de samenvatting van de effecten op de KRW-beoordelingen per gebied.

Tabel 7.1

Samenvatting effect maatregelen op de ecologische KRW-beoordeling.

↑ = verwacht positief effect, ↓ = verwacht negatief effect, ? = onvoldoende kennis beschikbaar om een oordeel voor een positief of negatief effect voor de KRW aan te geven.

Samenvatting conclusies		Huidige situatie	Zeespiegel-stijging	Verziltiging
Westerschelde	Fytoplankton	Goed	≈	
	Macrofauna	Goed	↑	
	Vegetatie	Matig	↓	
	Vissen	Matig	≈	
Oosterschelde	Fytoplankton	Goed	≈	
	Macrofauna	Goed	↓	
	Vegetatie	Matig	↓	
Waddenzee	Fytoplankton	Matig	≈	
	Macrofauna	Goed	↓	
	Vegetatie	Ontoereikend	↓	
Volkerak-Zoommeer	Fytoplankton	Matig	≈	↑
	Macrofauna	Matig	?	?
	Vegetatie	Ontoereikend	≈	?
	Vissen	Matig	≈	?

7.3 Aanbevelingen

Deze verkenning laat zien dat het effect van de zeespiegelstijging op de verschillende habitats in de estuariene gebieden groot kan. Afhankelijk van de stijging van de waterstand kunnen er meer of minder habitats verdwijnen of verschuiven. Naast zeespiegelstijging zijn veranderingen in temperatuur en rivierafvoer belangrijke, en in het geval van het fytoplankton sturende, factoren.

Deze studie heeft zich beperkt tot het verkennen van de veranderingen in de oppervlakten van verschillende potentiële habitats in het gebied. Naast ontwikkelingen in potentiële habitats kan er ook gekeken worden naar de geschiktheid voor typerende plant of diersoorten/gemeenschappen in een gebied. Dit geeft een betere aansluiting op verschillende beleidsdoelstellingen zoals bijvoorbeeld gesteld voor de Habitat- en Vogelrichtlijn en de ecologische KRW doelen zoals het fytoplankton, macrofauna in verschillende niveaus, vegetatie vormen zoals schorvegetatie en zeegras en geschiktheid voor verschillende gilden vissen.

Voor een verder verkenning van het effect van klimaatverandering op de ecologische KRW-doelen zal naast zeespiegelstijging ook andere klimaatfactoren moeten worden meegenomen. Dit is mogelijk in de vorm van verschillende modellen zoals Delft3D-Flow, Delft3D-Eco, Delft3D-fuzzyscum (de nieuwe drijfslagen module op basis van fuzzy logic, net operationeel) en Habitat.

De mogelijkheid en snelheid waarmee platen en slikken mee kunnen groeien met een stijgende zeespiegel is in elk gebied verschillend. Of een gebied dit daadwerkelijk kan en bij welke snelheid niet meer is een belangrijke onbekende in het bepalen van het daadwerkelijke effect van de zeespiegelstijging.

Wanneer bepaalde een bepaalde vegetatie of bodemfauna in hoge dichtheden voorkomt bestaat er een mogelijkheid dat het habitat daardoor beïnvloed wordt. Er kan dan gesproken worden van een karakteristieke structureren de levensgemeenschap. Voorbeelden hiervan zijn zeegrasvelden, mosselbanken, oesterbanken en schelpenbanken.

8 Referenties

Arcadis (2007). Achtergrondrapport KRW monitoring stroomgebied Schelde. Rapport 110502/ZF7/1K7/201443/003.

Bouma, H., D.J. de Jong, F. Twisk, K. Wolfstein (2005). Zoute wateren EcotopenStelsel (ZES.1). Voor het in kaart brengen van het potentiële voorkomen vna levensgemeenschappen in zoute en brakke rijkswateren. Rapport RIKZ/2005.024. Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg.

Habets, L.C.G.J.M. (2002). Inundatiekaarten Westerschelde. Technische Universiteit Eindhoven, faculteit Wiskunde en Informatica.

Jeuken, A., en H. van Waveren et al. (2008). Drie perspectieven voor een klimaatbestendig Nederland. Tussentijdse rapportage t.b.v. de Deltacommissie van het project ' De klimaatbestendigheid van Nederland Waterland. Rijkswaterstaat waterdienst en Deltares.

Kwadijk, J., A. Jeuken, H. van Waveren (2008). De klimaatbestendigheid van Nederland Waterland. Verkenning van knikpunten in beheer en beleid voor het hoofdwatersysteem. T2447. Deltares, Delft.

Meijers, E. (2009). Memo Westerschelde zeespiegelscenario's. Deltares Delft

Oostrom, N. van, A. Jeuken (2009). De klimaatbestendigheid van Nederland Waterland. Beschrijving alternatieven. Deltares, Delft.

Prinsen, G., J. Delsman, R. Vernimmen, J. Hunink, M. Hoogvliet (2009). Modelleren alternatieven watervoorziening. Klimaatbestendigheid van Nederland Waterland. Deltares, Delft.

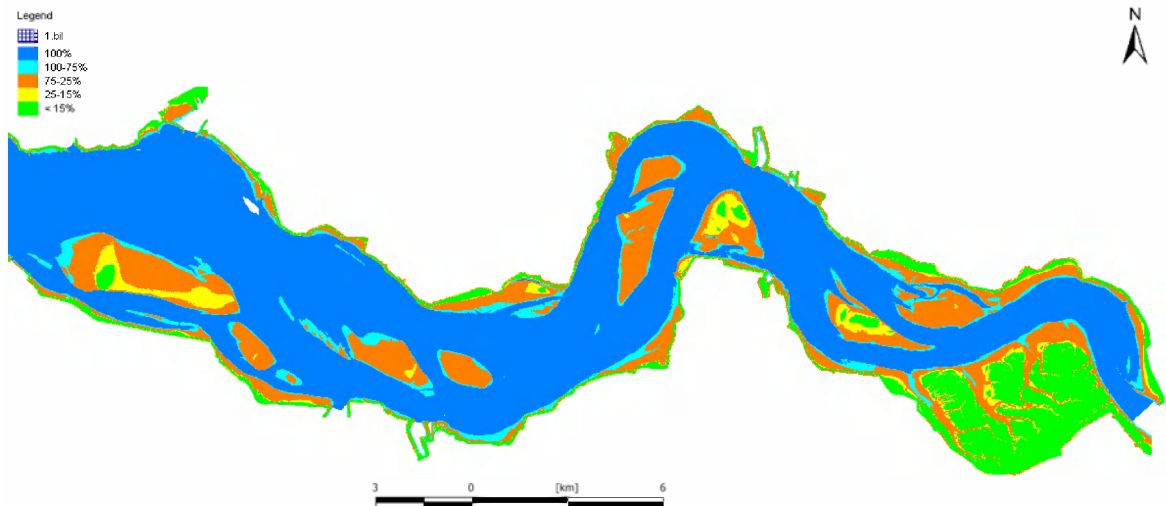
STOWA (2005). De KRW voor het (water)leven. Brochure

Wijsman J. en L. Verhage (2004). Toepassing van het Zoute wateren Ecotopenstelsel (ZES) voor de Waddenzee met behulp van HABITAT. Rapport Z3891. Deltares, Delft

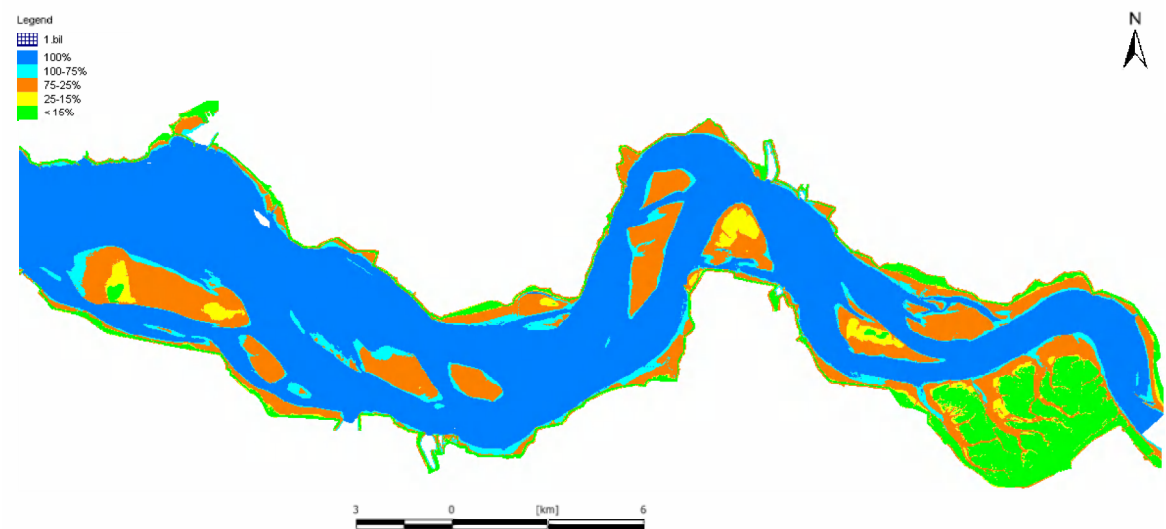
Jong, de D.J., M.M. van Katwijk, A.G. Brinkman (2005). Kanskaart Zeegras Waddenzee. Potentiële groeimogelijkheden voor zeegras in de Waddenzee. Rapport RIKZ/2005.013. Rijkswaterstaat Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg

A Westerschelde

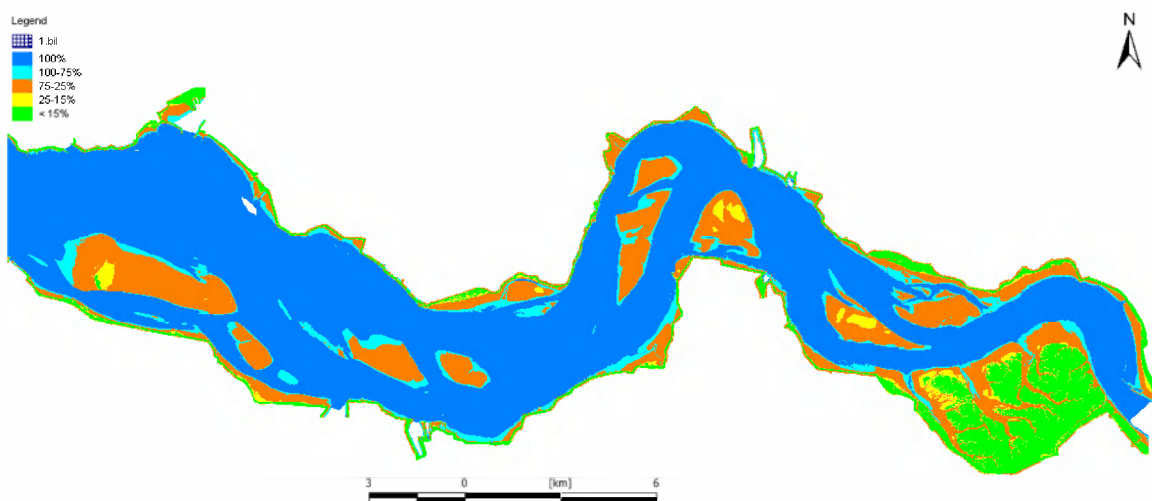
A.1 Overstromingsduur



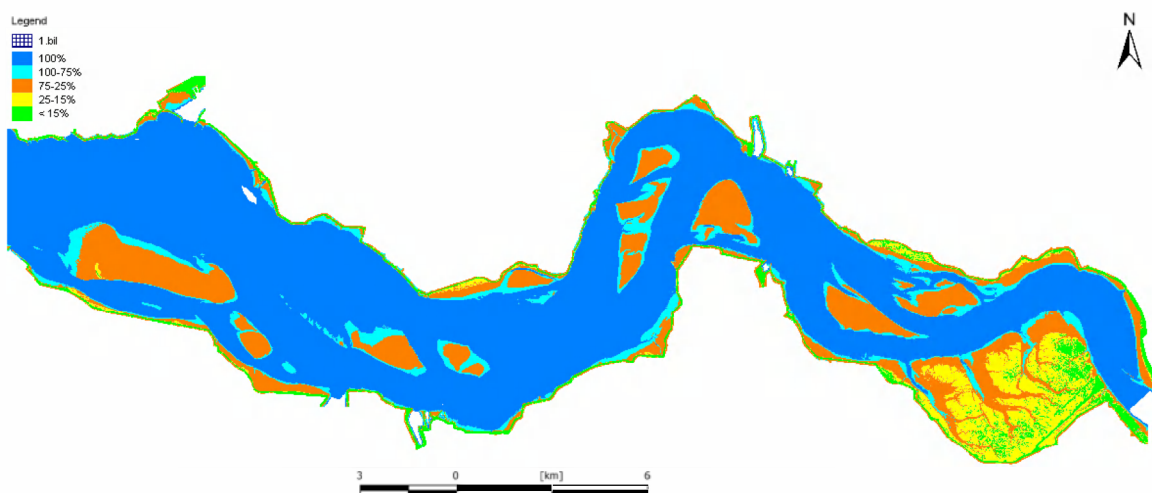
T0 Overstromingsduur voor het jaar 2004



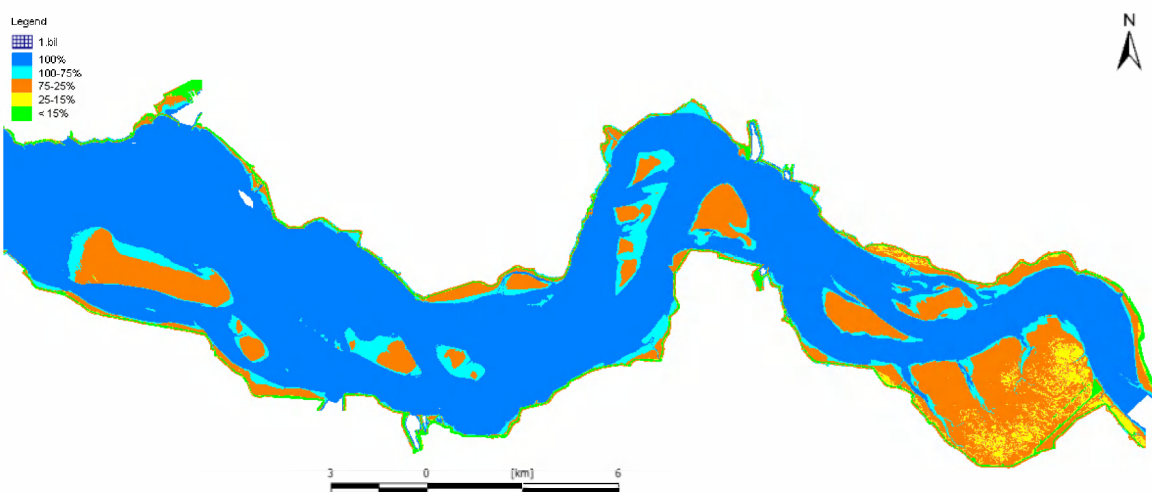
T1 Overstromingsduur voor een waterstandstijging van 20 cm



T2 Overstromingsduur voor een waterstandstijging van 50 cm

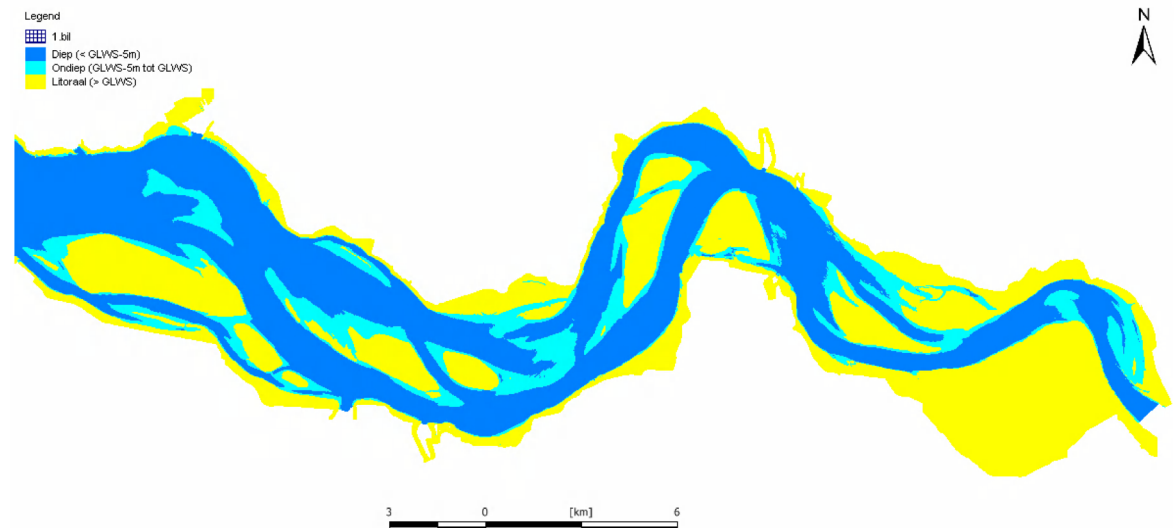


T3 Overstromingsduur voor een waterstandstijging van 100 cm

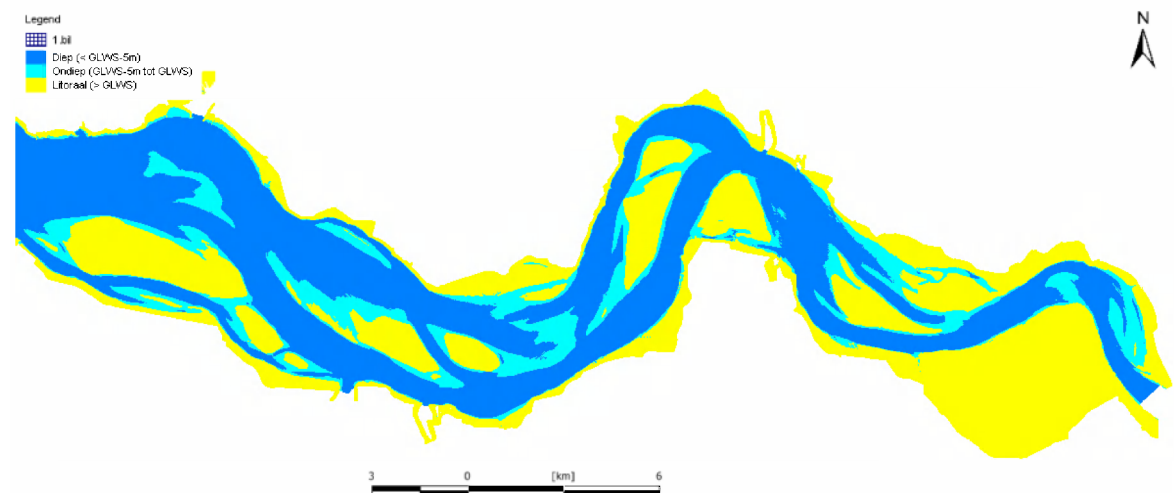


T4 Overstromingsduur voor een waterstandstijging van 150 cm

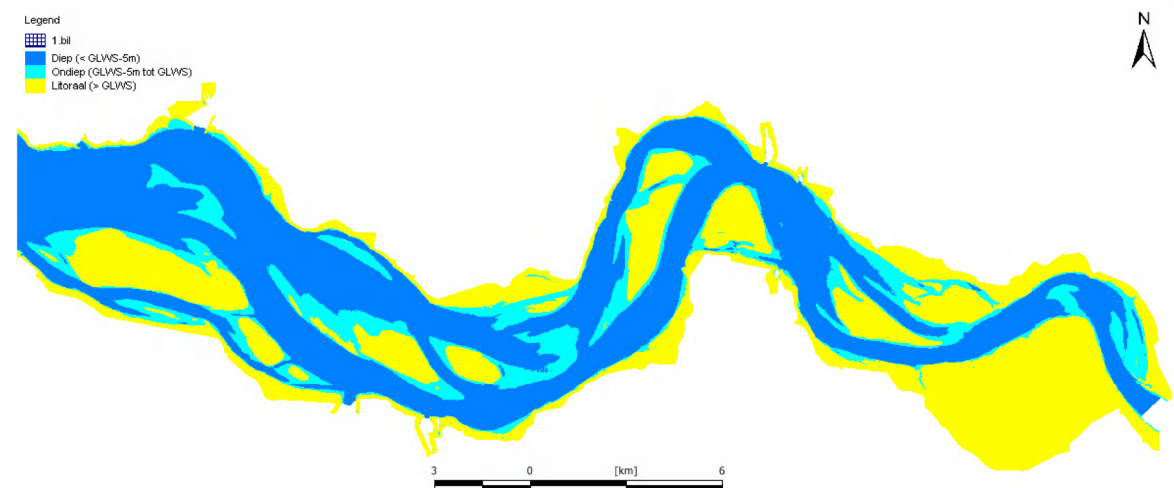
A.2 Diep/ondiep



T0 Diep, ondiep voor 2004

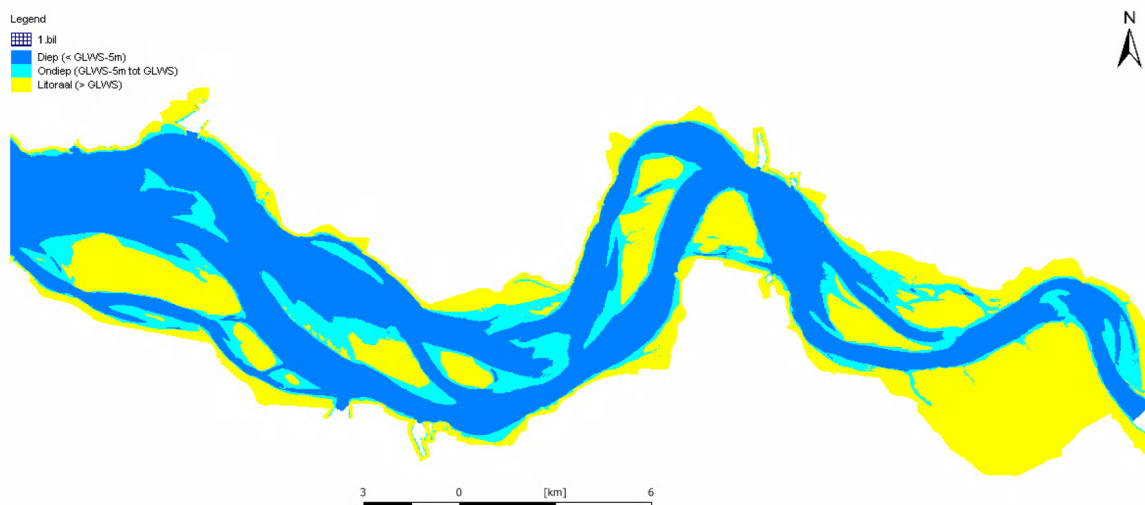


T1 Diep, ondiep voor een waterstandstijging van 20 cm

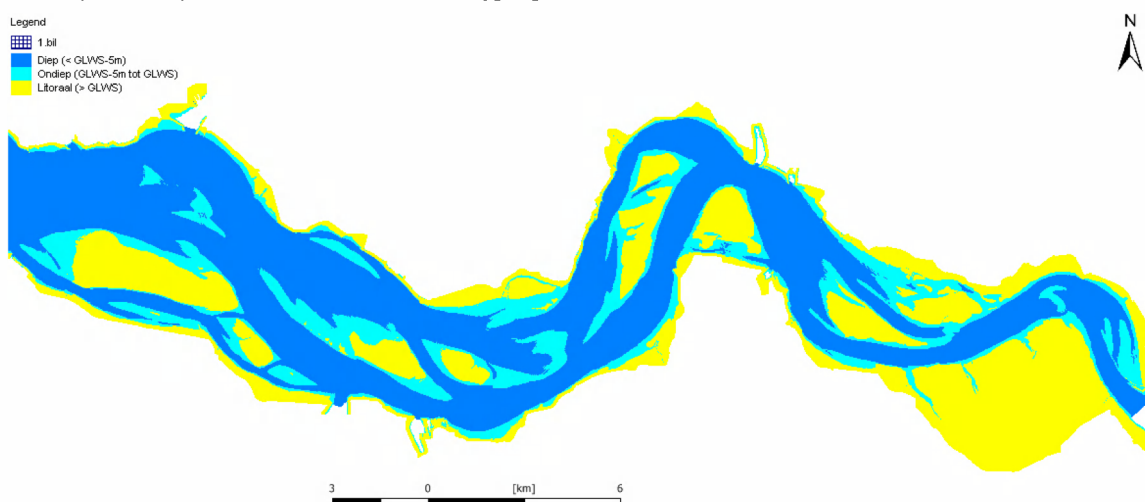


T2 Diep, ondiep voor een waterstandstijging van 50 cm



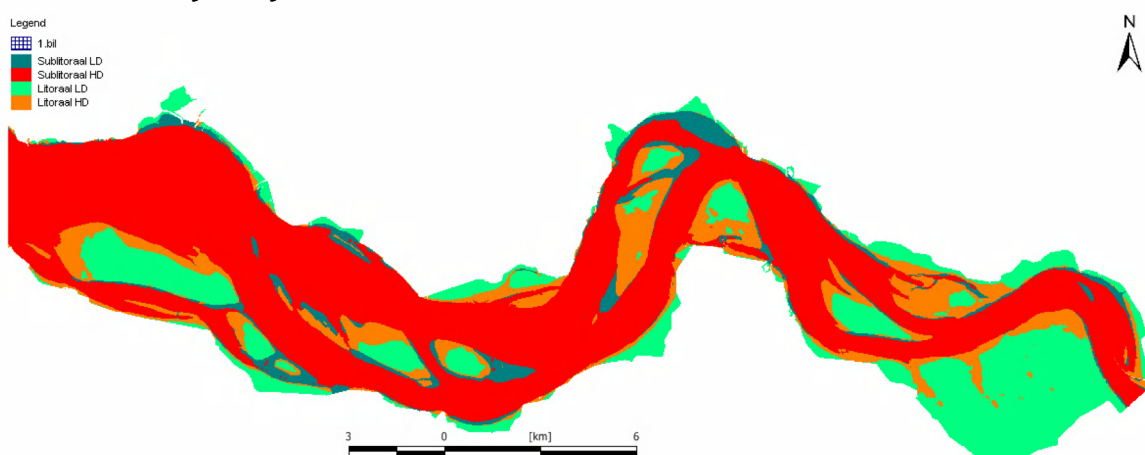


T3 Diep, ondiep voor een waterstandstijging van 100 cm

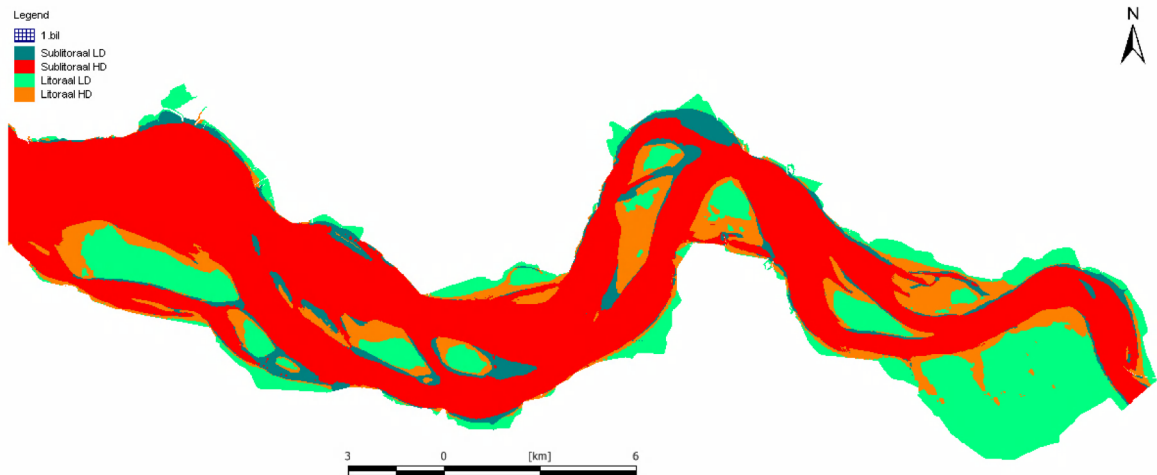


T4 Diep, ondiep voor een waterstandstijging van 150 cm

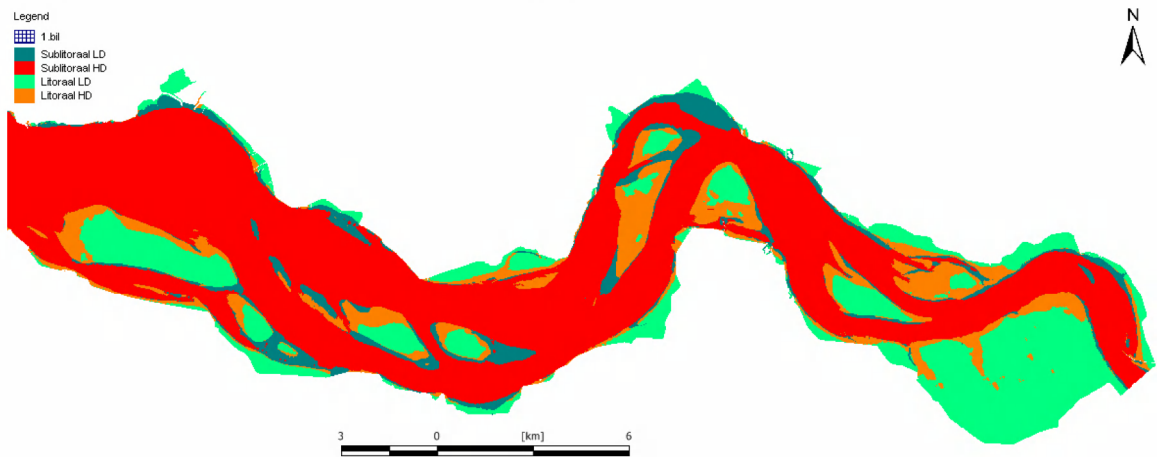
A.3 Hydrodynamiek



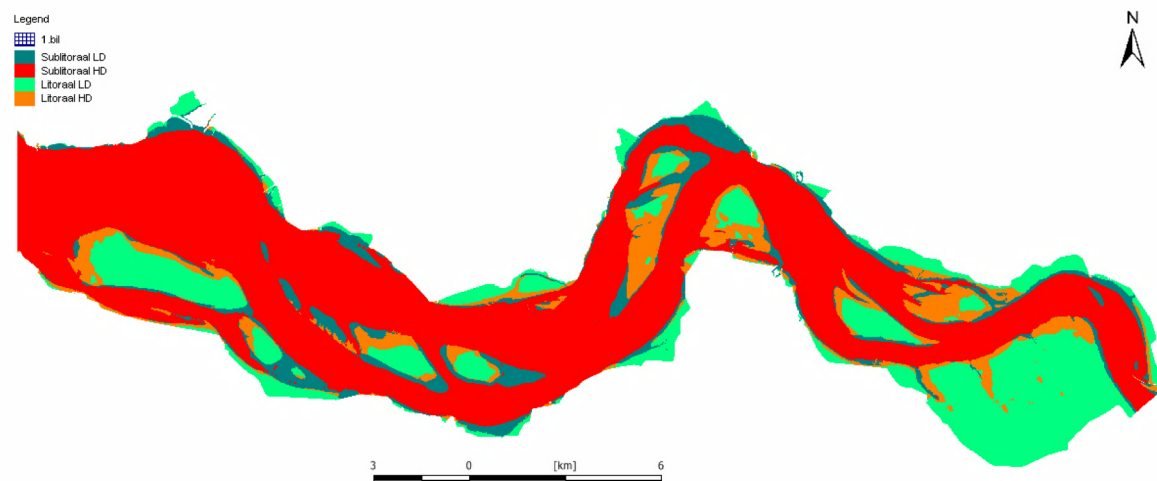
T0 Hydrodynamiek voor 2004



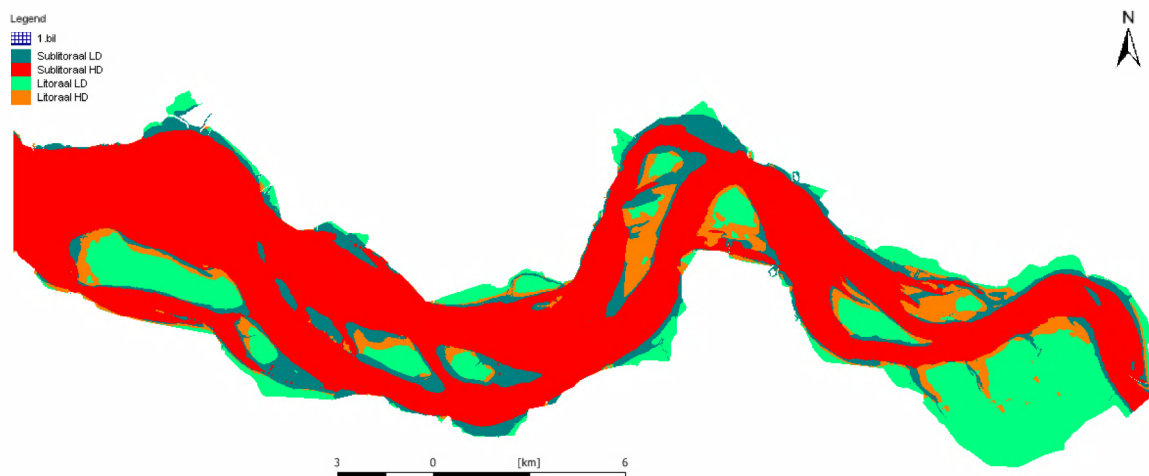
T1 Hydrodynamiek voor een waterstandstijging van 20 cm



T2 Hydrodynamiek voor een waterstandstijging van 50 cm

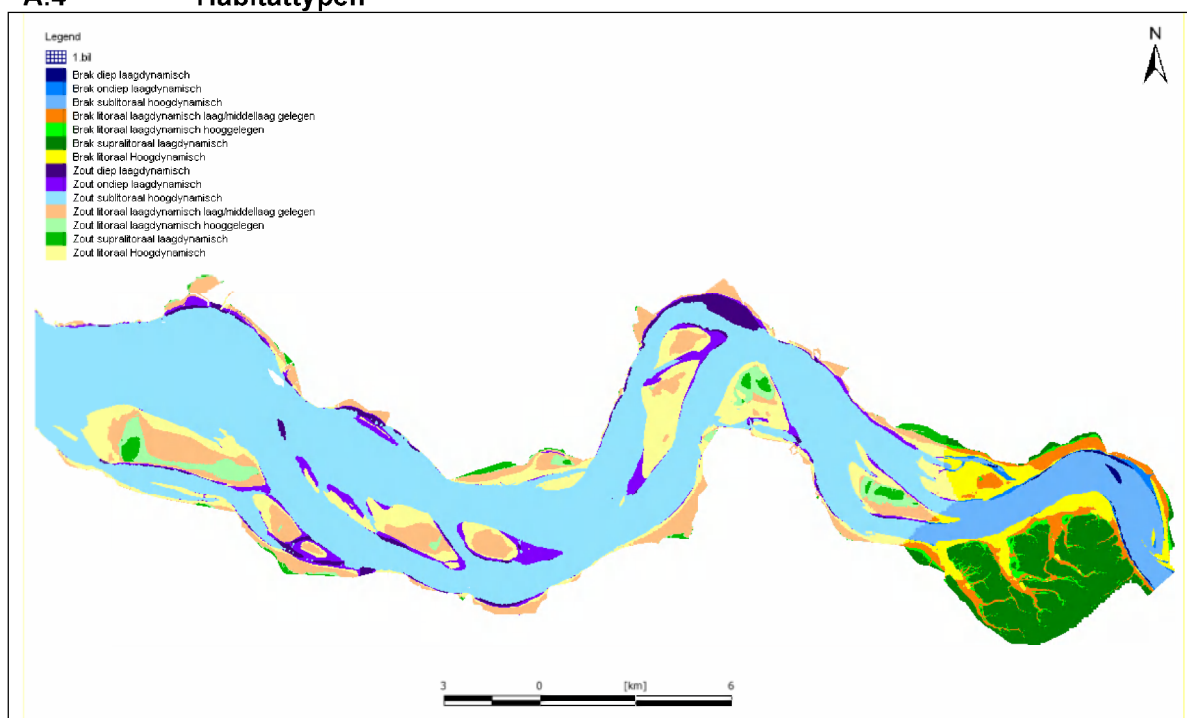


T3 Hydrodynamiek voor een waterstandstijging van 100 cm

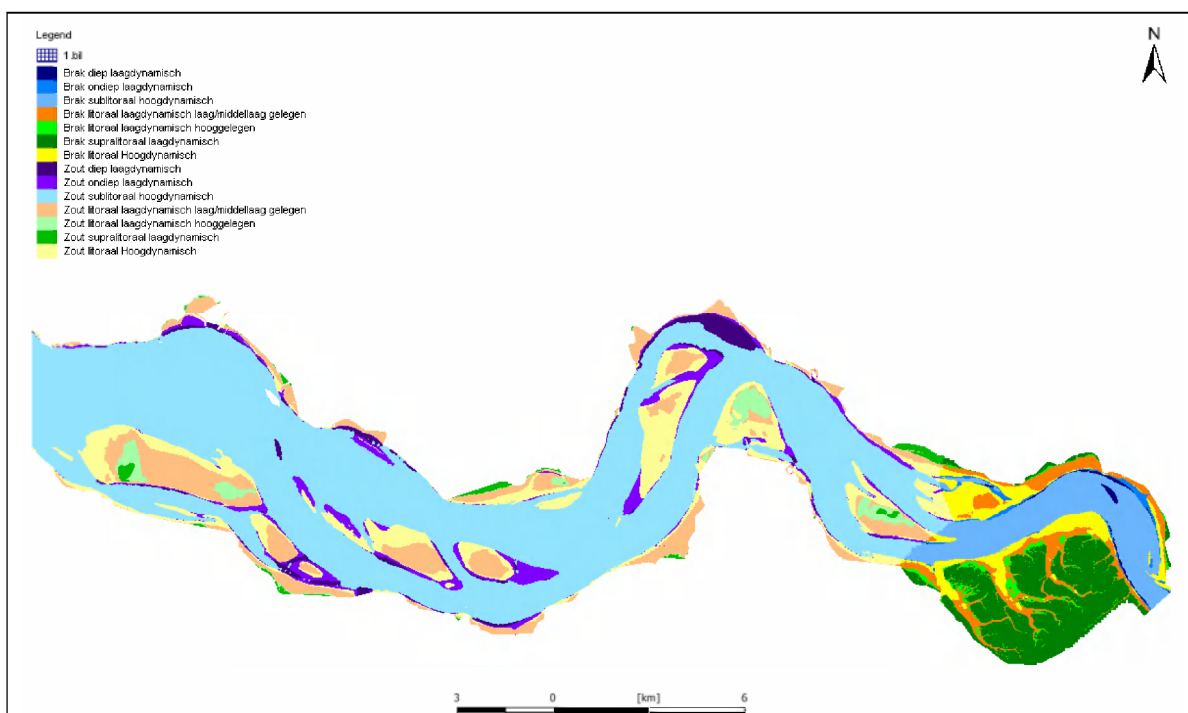


T4 Hydrodynamiek voor een waterstandstijging van 150 cm

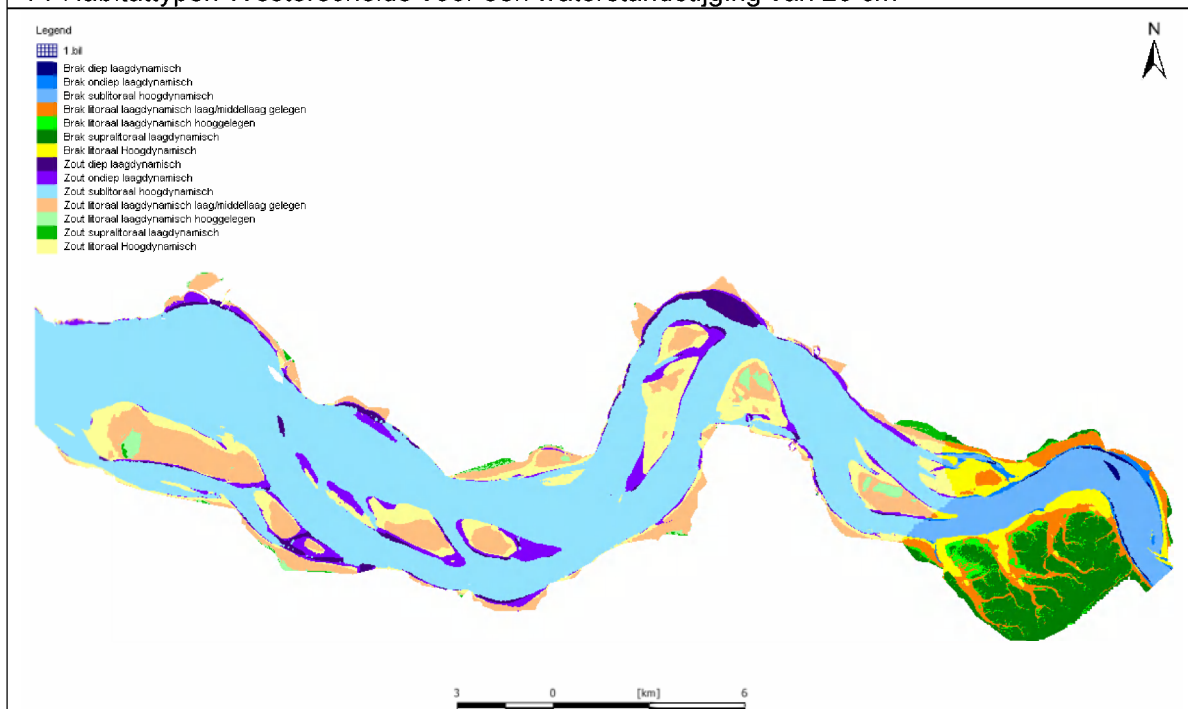
A.4 Habitattypen



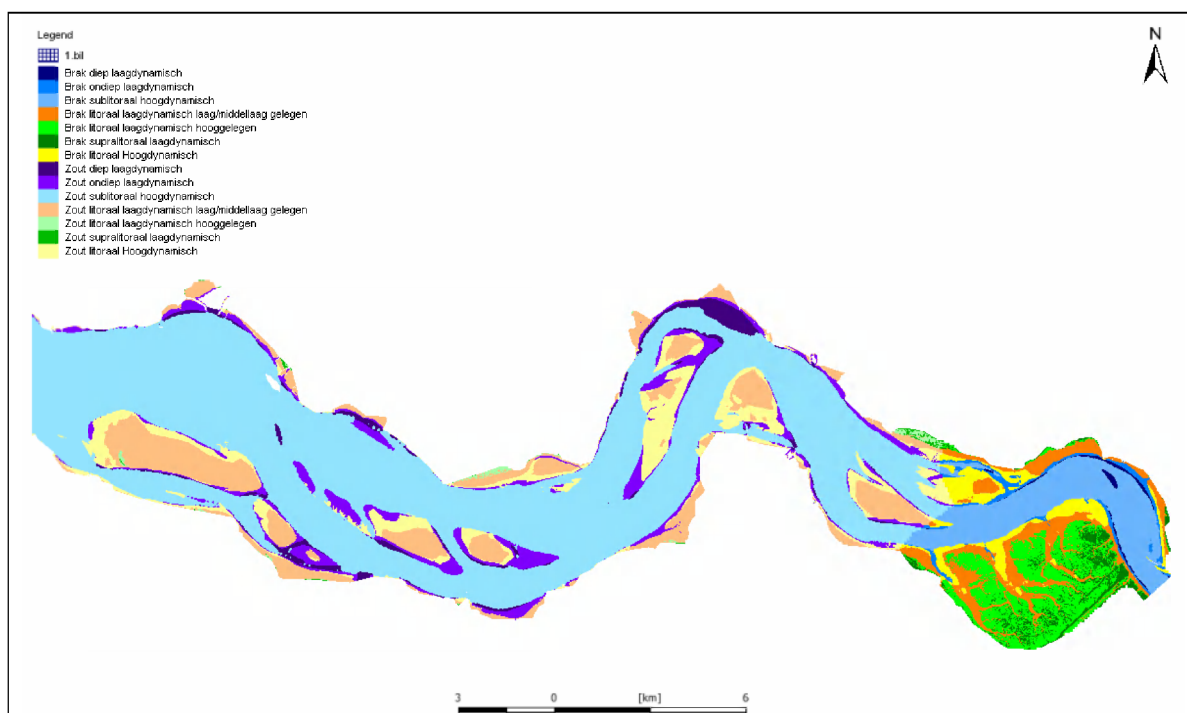
T0 Habitattypen Westerschelde voor het jaar 2004



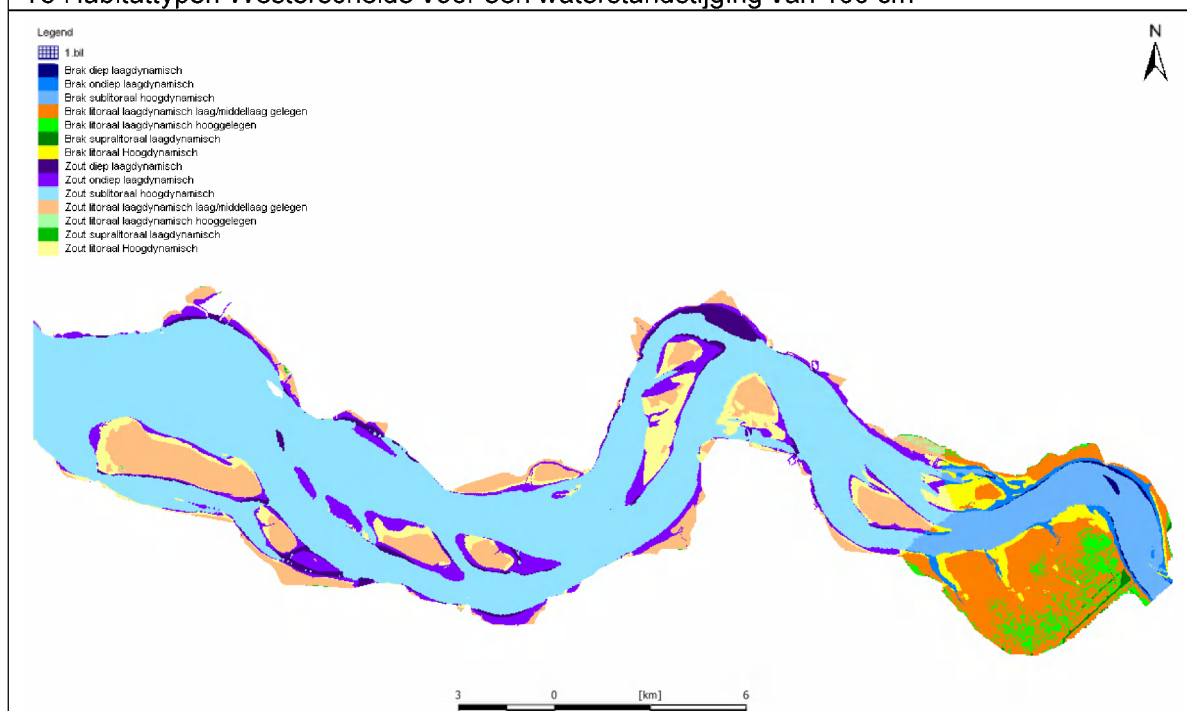
T1 Habitattypen Westerschelde voor een waterstandstijging van 20 cm



T2 Habitattypen Westerschelde voor een waterstandstijging van 50 cm



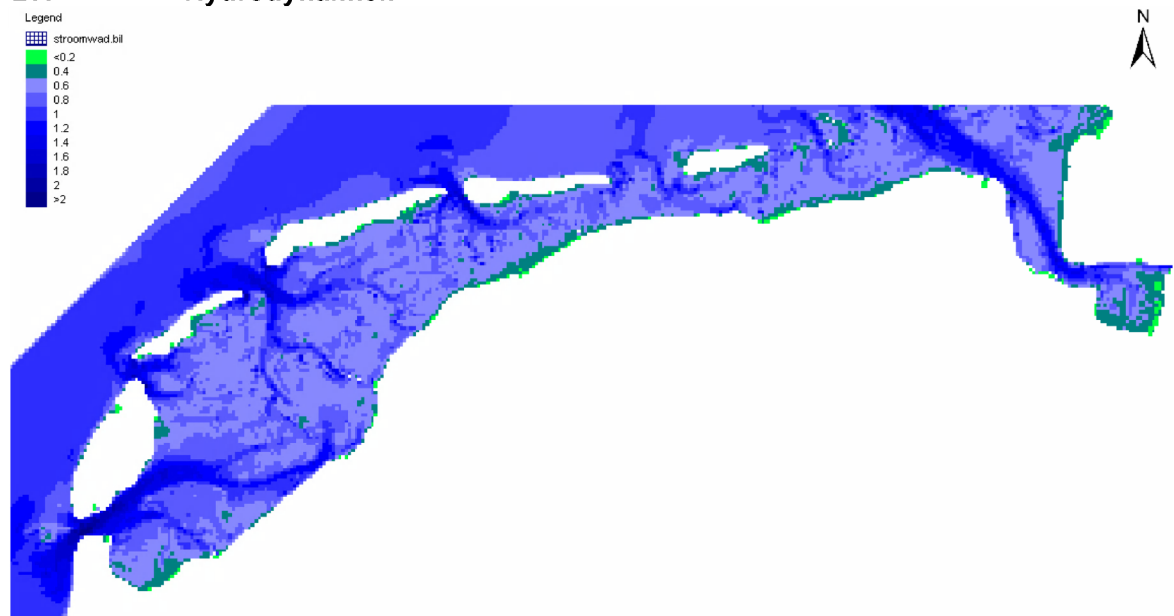
T3 Habitattypen Westerschelde voor een waterstandstijging van 100 cm



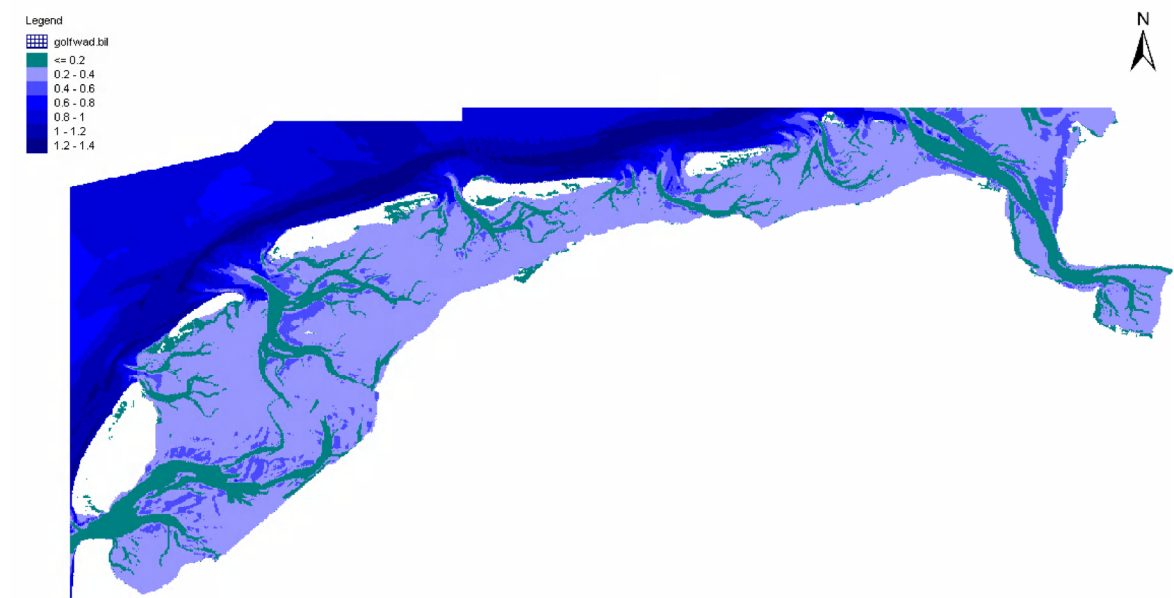
T4 Habitattypen Westerschelde voor een waterstandstijging van 150 cm

B Waddenzee

B.1 Hydrodynamiek



Stroomsnelheden in m/s, boven 0,5 m/s is hoog dynamisch, beneden 0,5 m/s is laag dynamisch

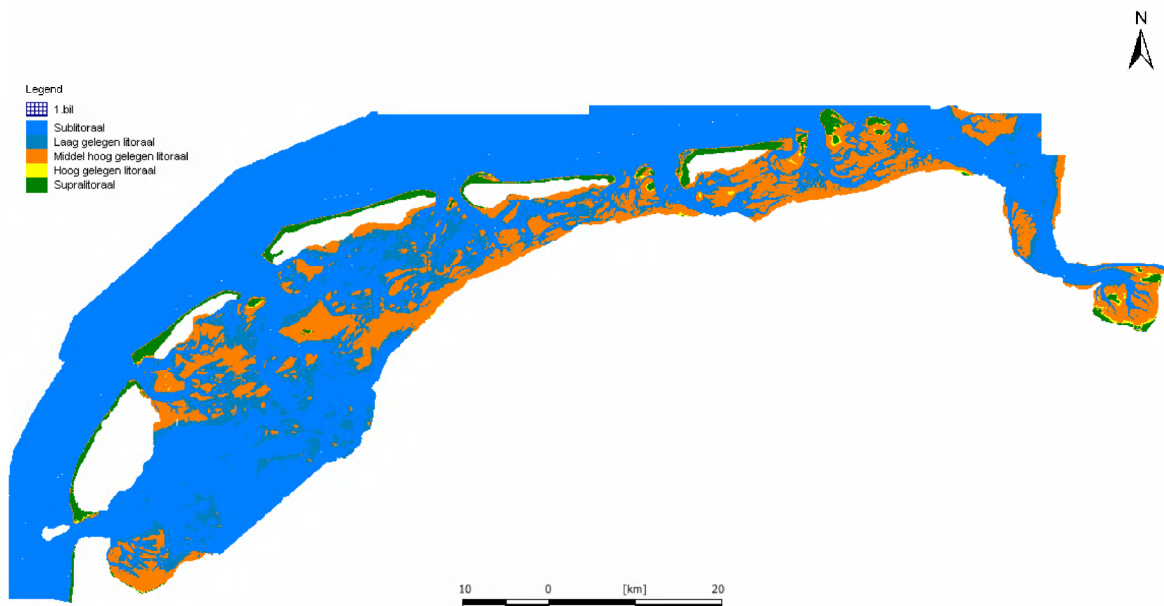


Golfenergie, orbitaalsnelheid m/s. boven 0,2 m/s is hoog dynamisch, beneden 0,2 m/s is laag dynamisch

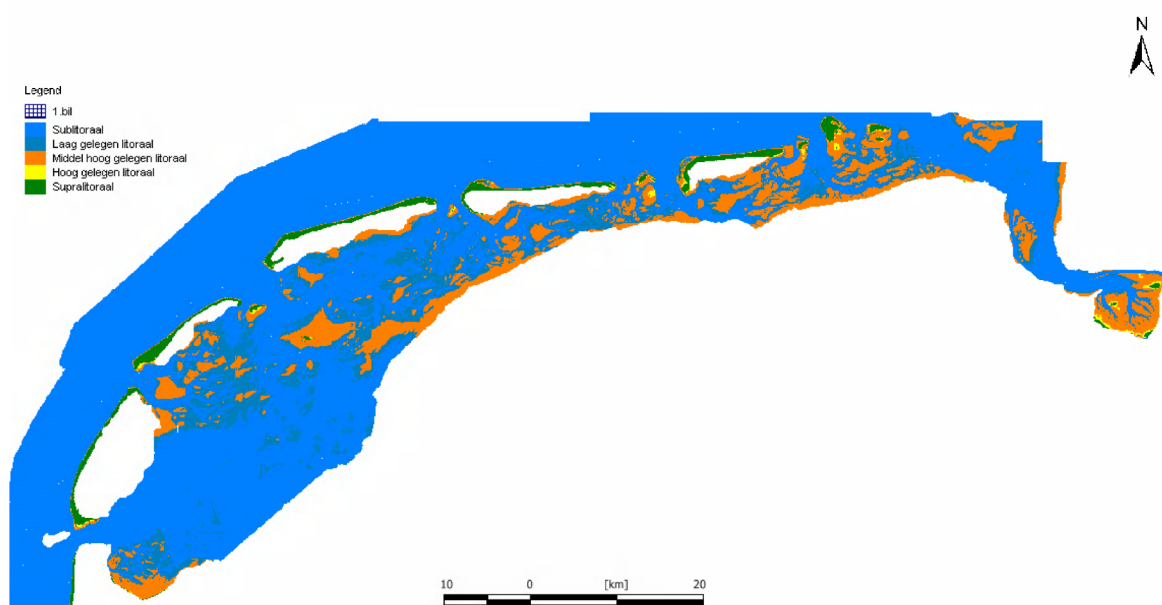


Dynamiek. Een gebied wordt aangemerkt als laagdynamisch als zowel de stroming als de golfenergie laag dynamisch is. Zo niet dan wordt het gebied aangemerkt als hoogdynamisch.

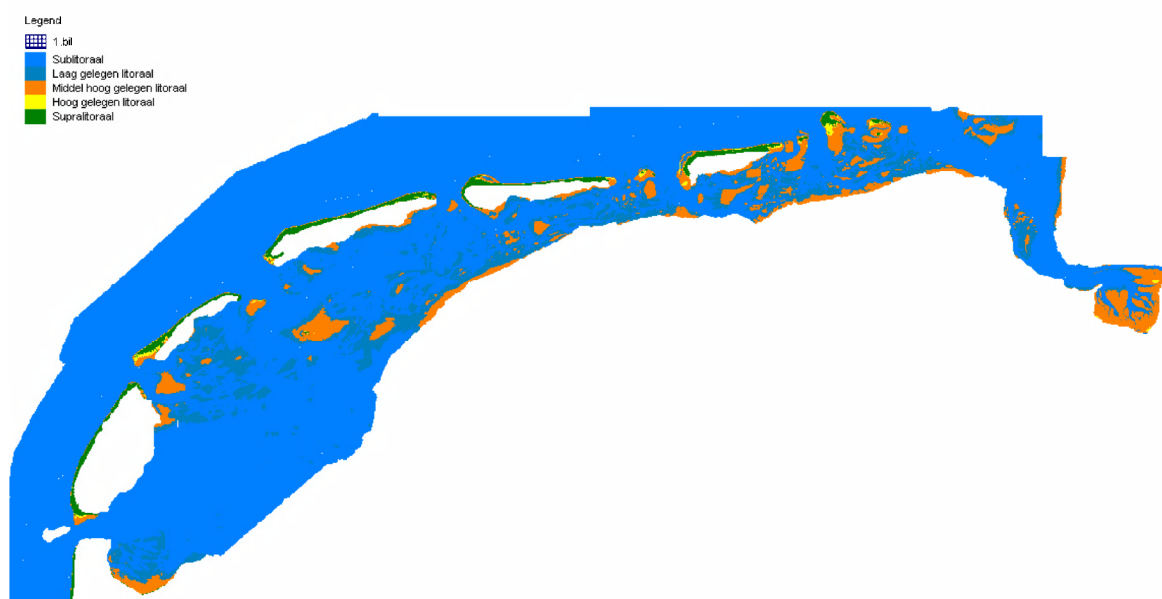
B.2 Droogvalduur



T0 voor het jaar 2003



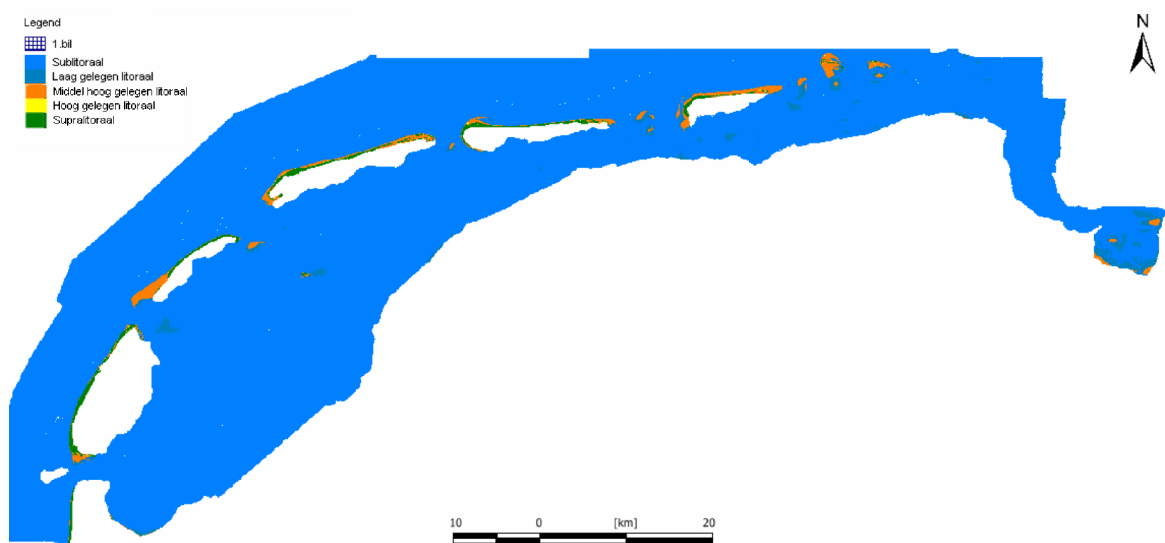
T1 voor een waterstandstijging van 20 cm



T2 voor een waterstandstijging van 50 cm



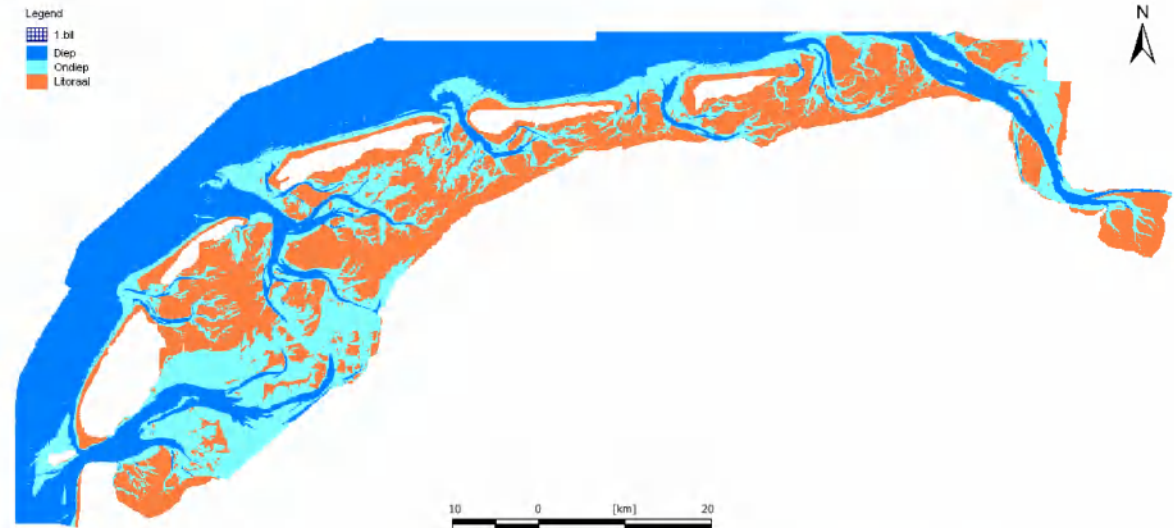
T3 voor een waterstandstijging van 100 cm



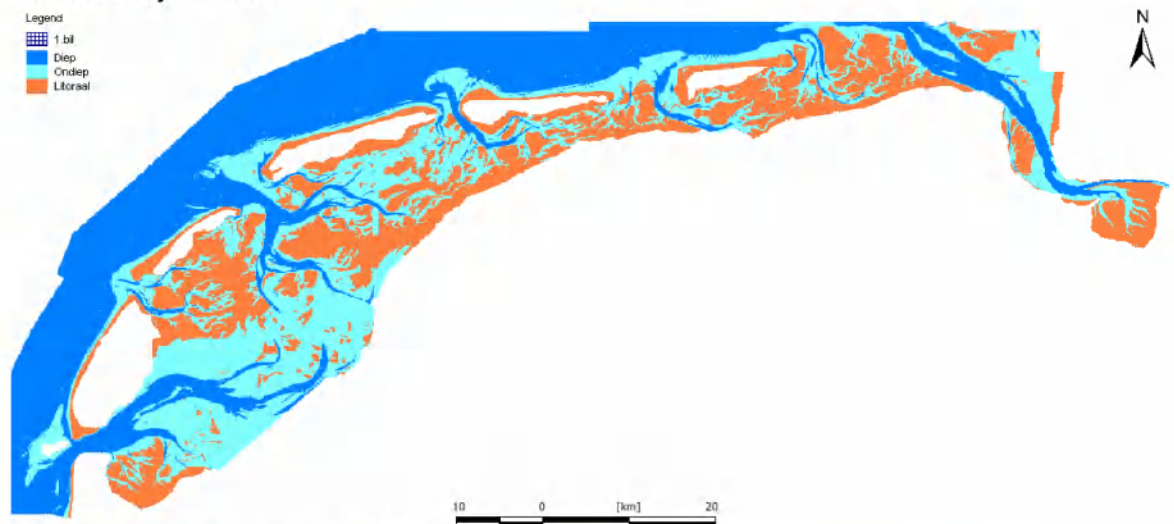
T4 voor een waterstandstijging van 150 cm

B.3

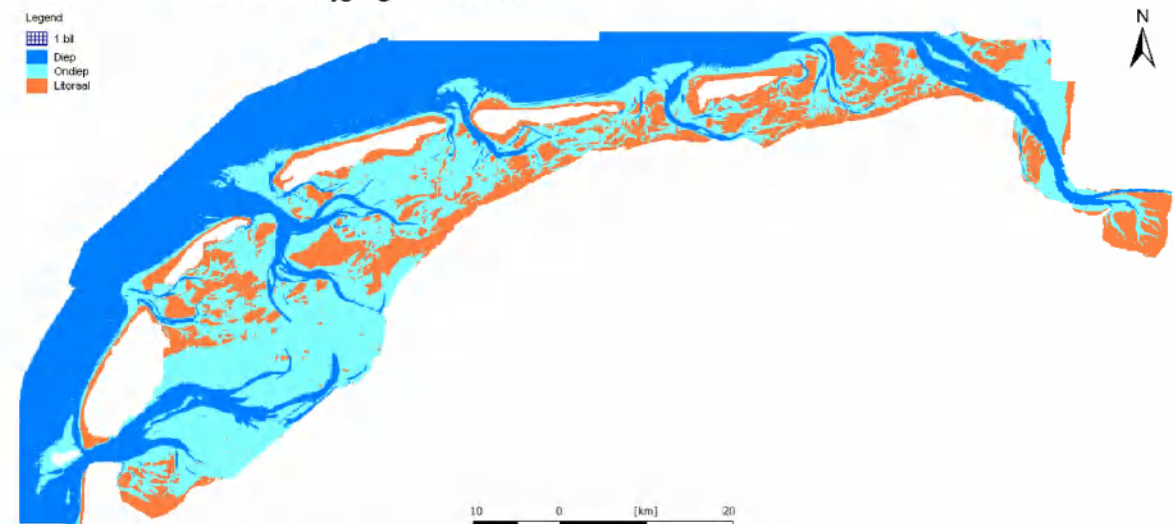
Diep/ondiep



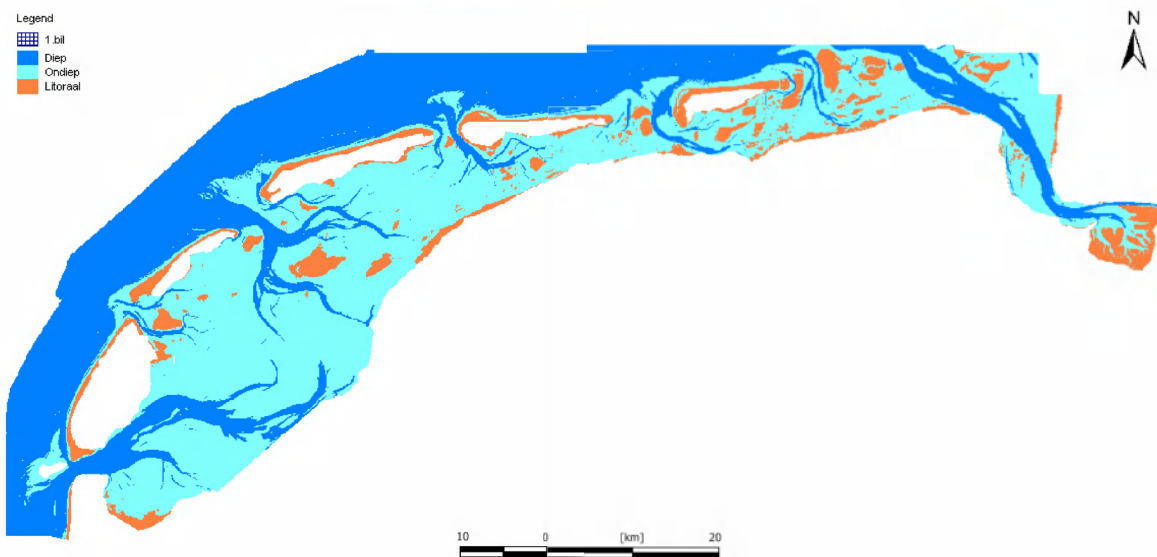
T0 voor het jaar 2003



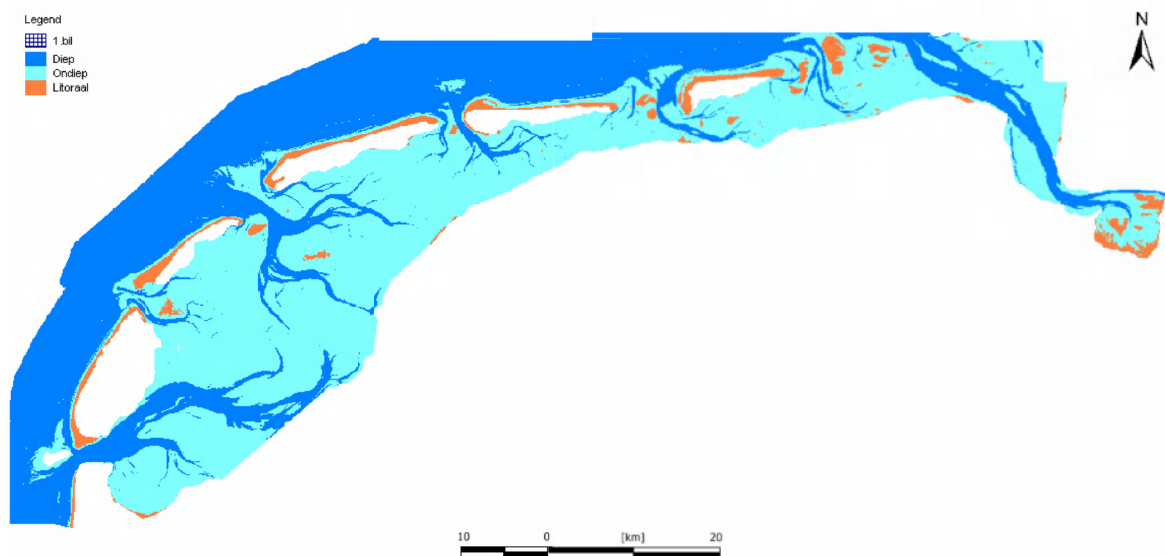
T1 voor een waterstandstijging van 20 cm



T2 voor een waterstandstijging van 50 cm

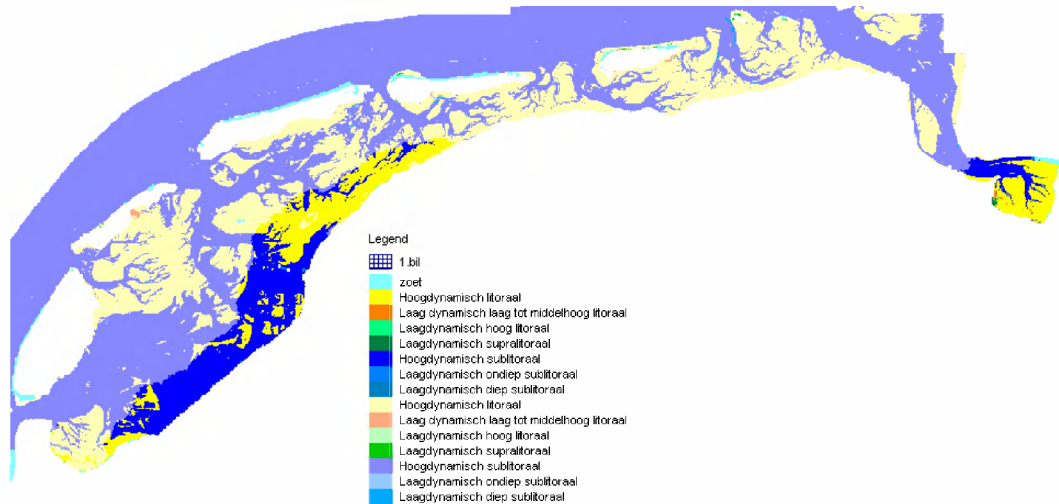


T3 voor een waterstandstijging van 100 cm

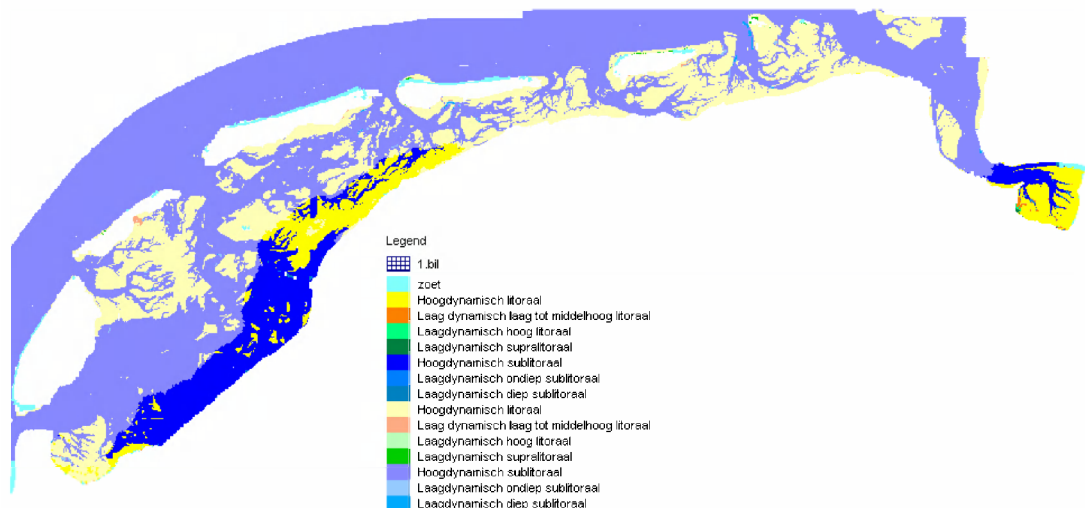


T4 voor een waterstandstijging van 150 cm

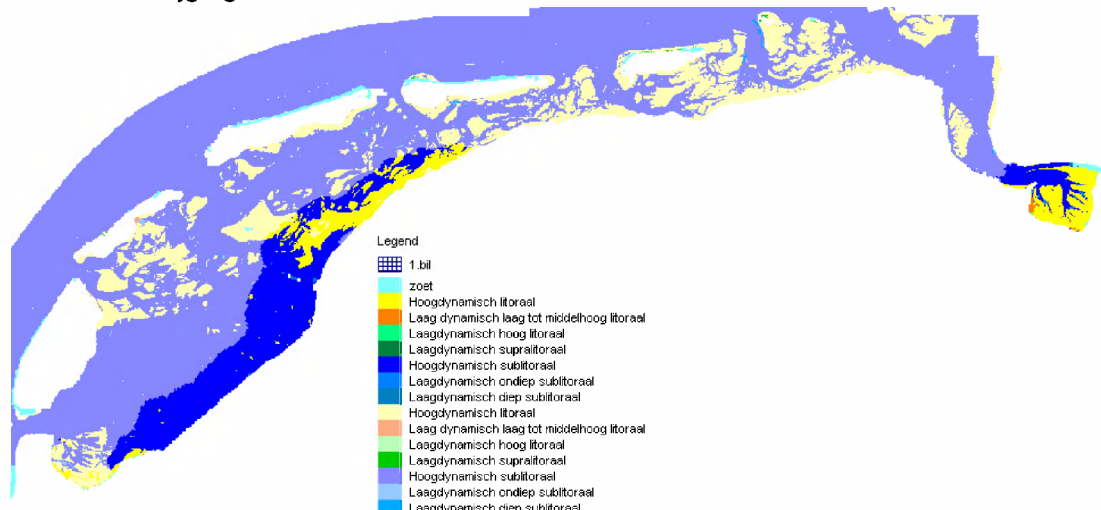
B.4 Habitattypen



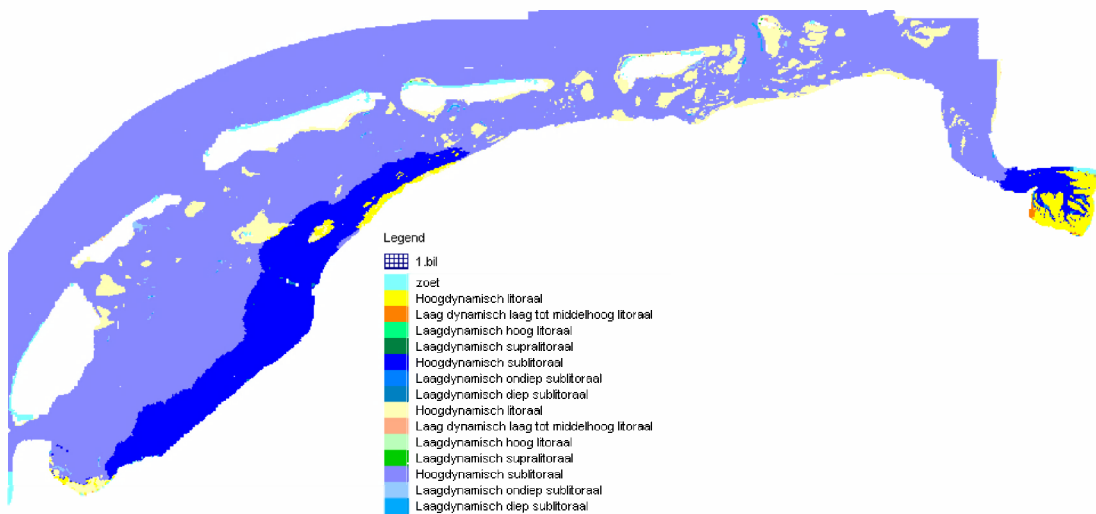
T0 voor het jaar 2003



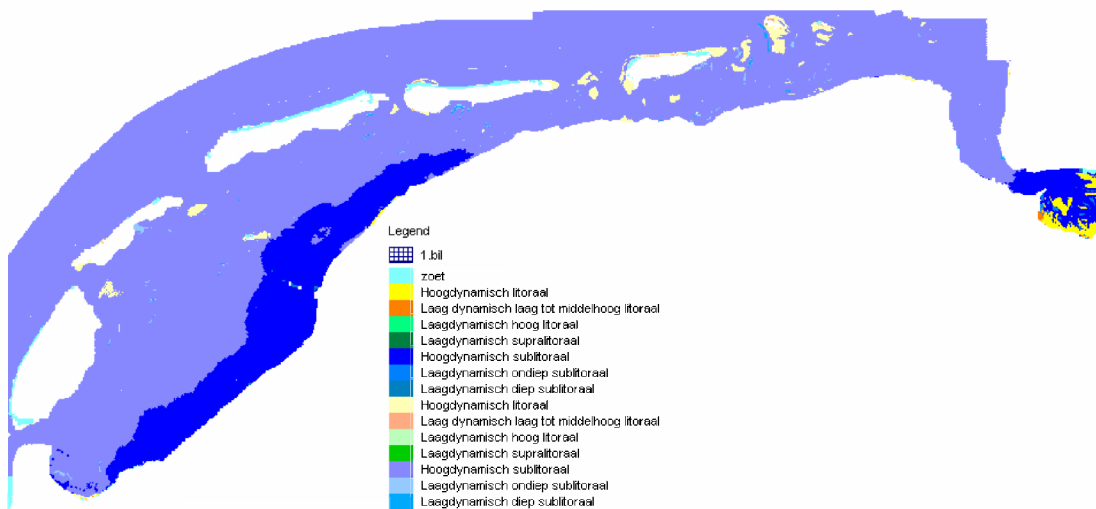
T1 met een stijging van 20 cm



T2 met een stijging van 50 cm



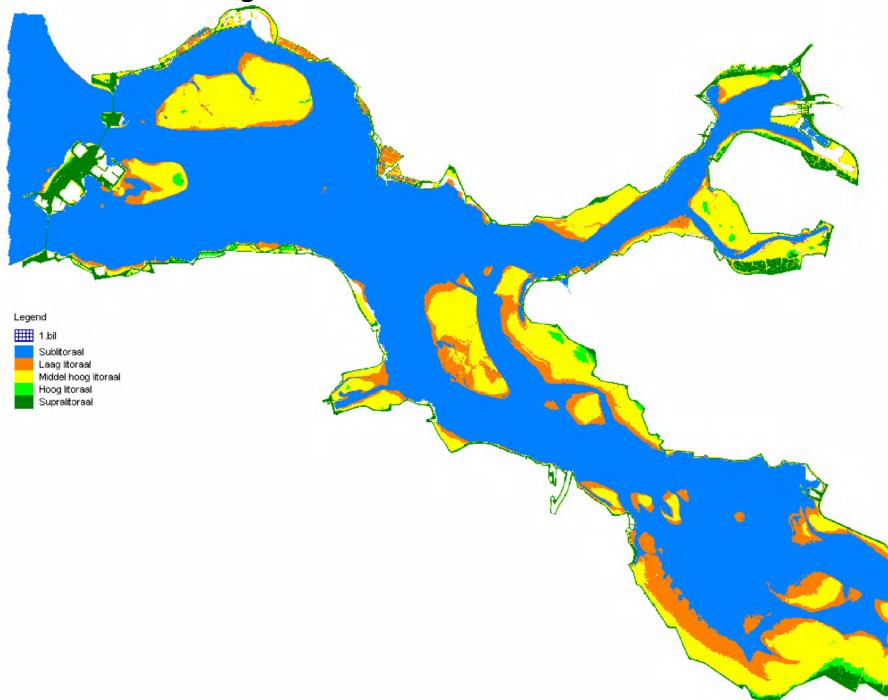
T3 met een stijging van 100 cm



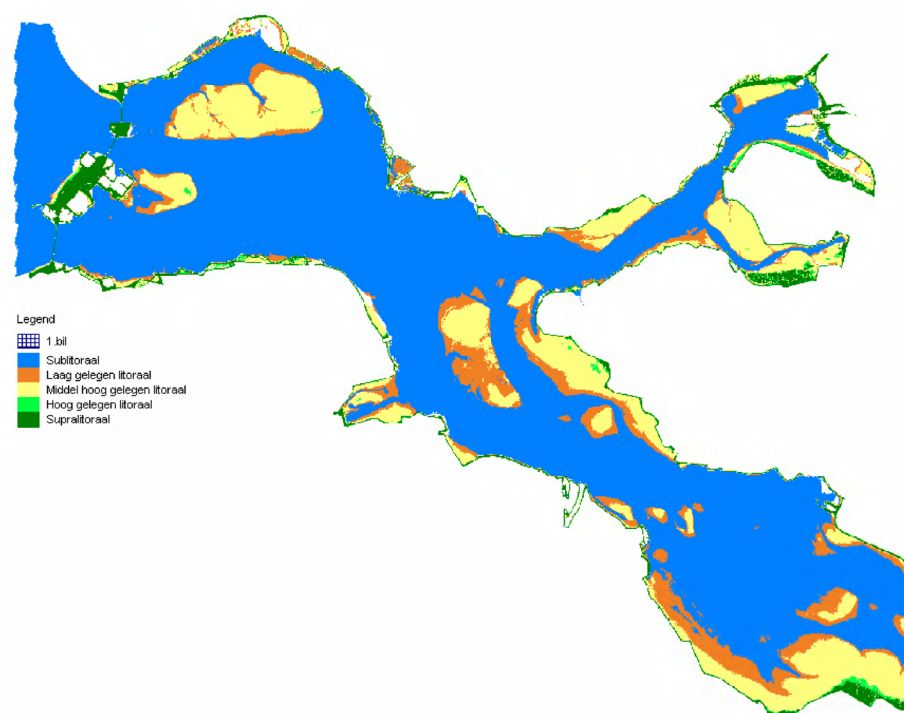
T4 met een stijging van 150 cm

C Oosterschelde

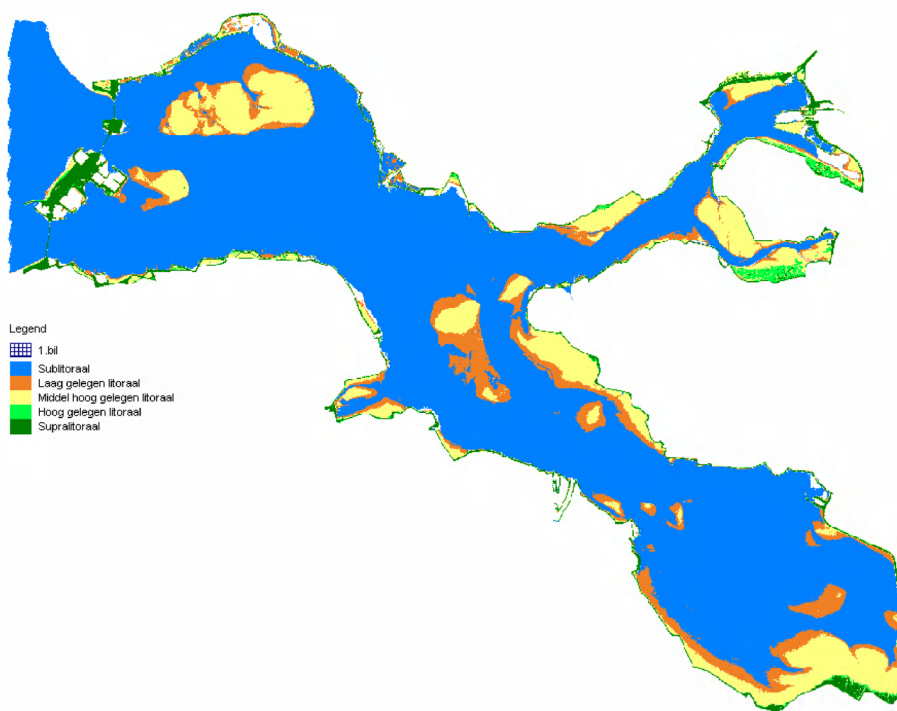
C.1 Droogvalduur



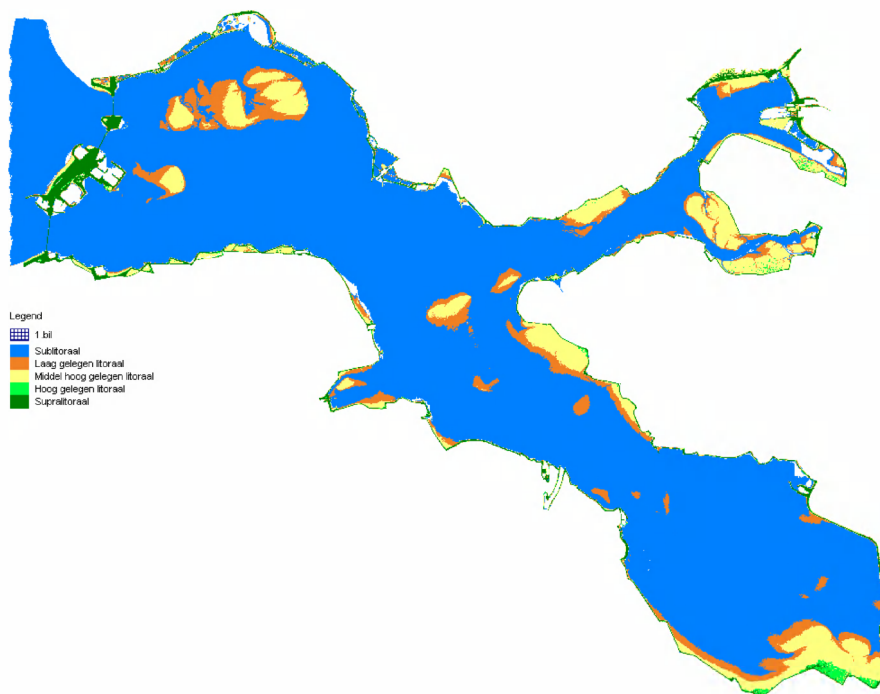
T0, 2004



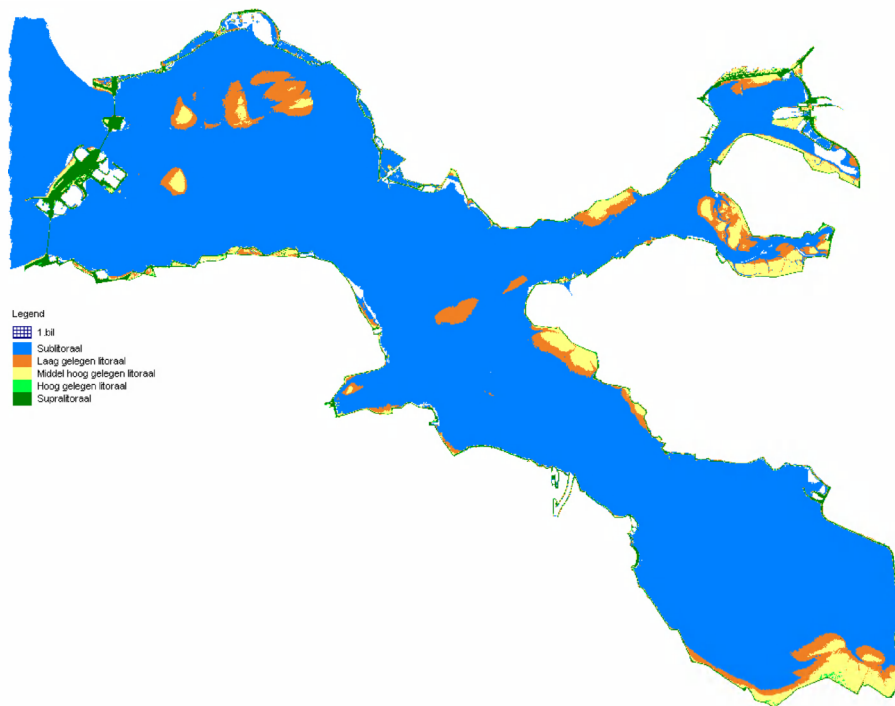
T1, stijging van 20 cm



T2, 50 cm stijging

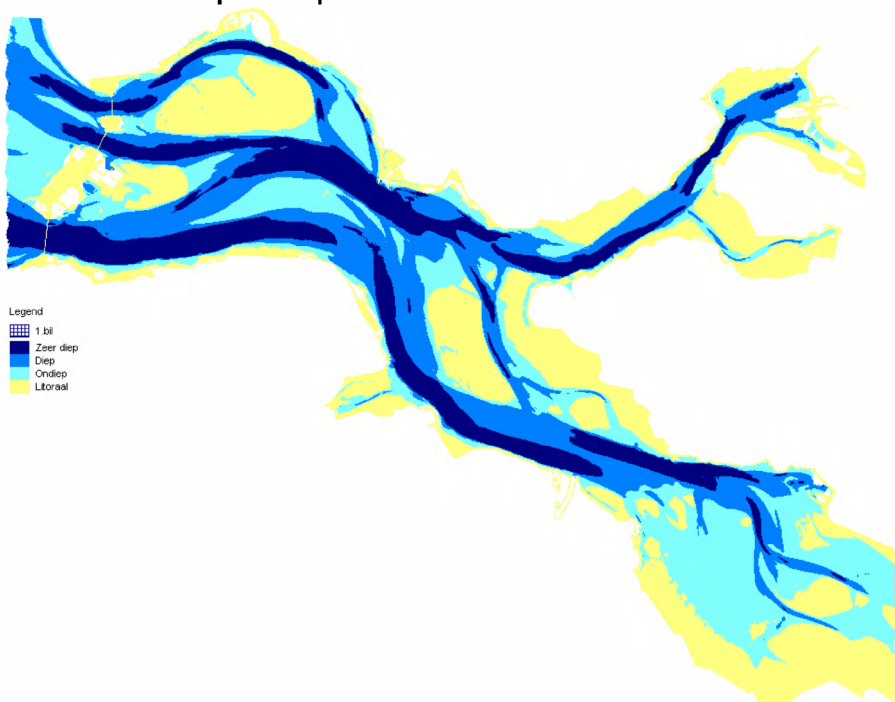


T3, stijging van 100 cm



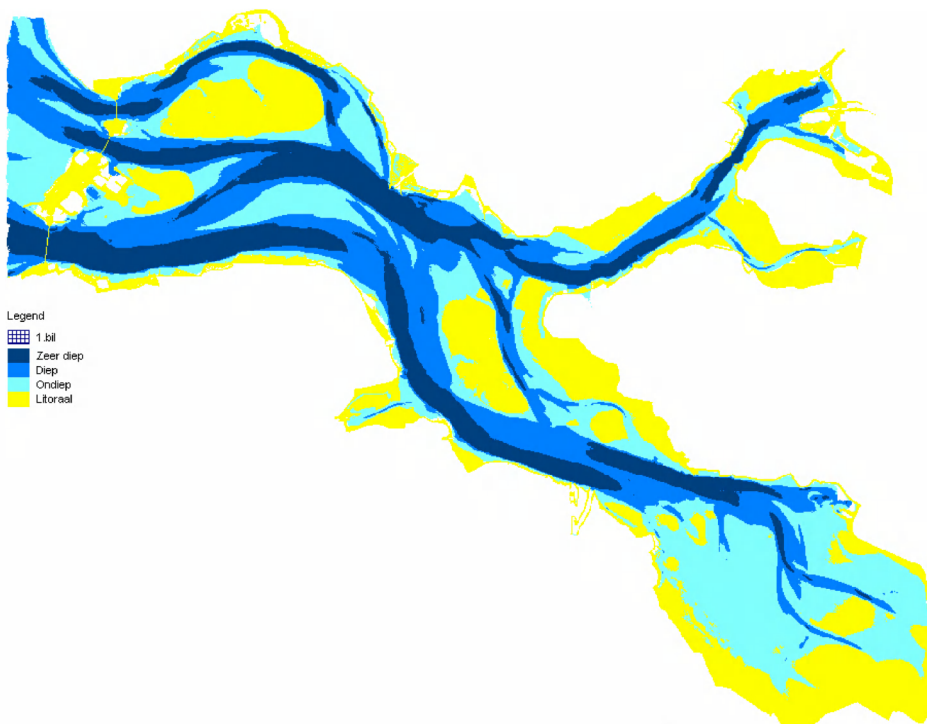
T4, stijging van 150 cm

C.2 Diep/ondiep

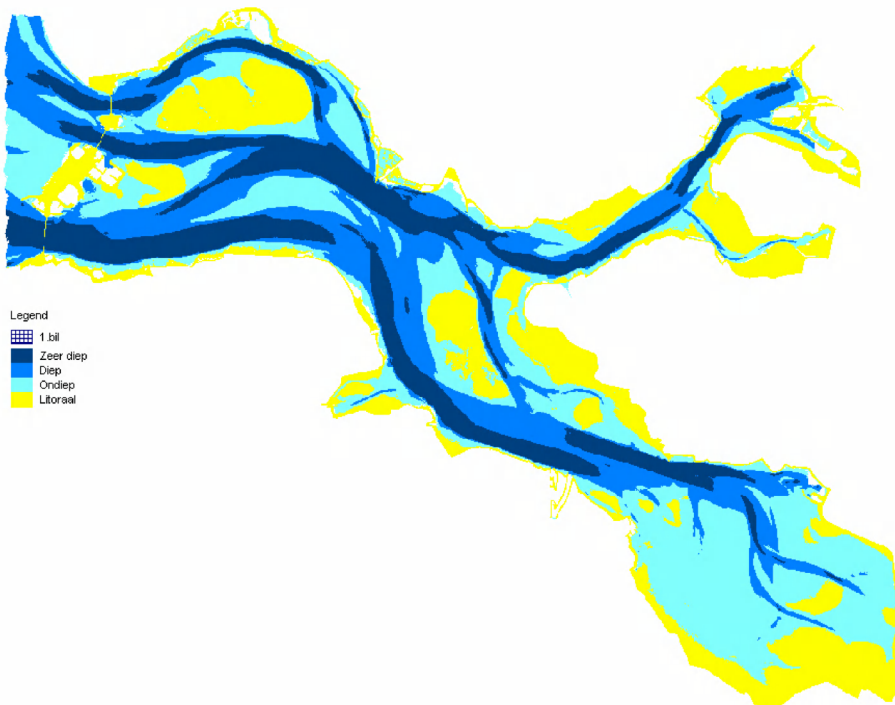


T0, 2004

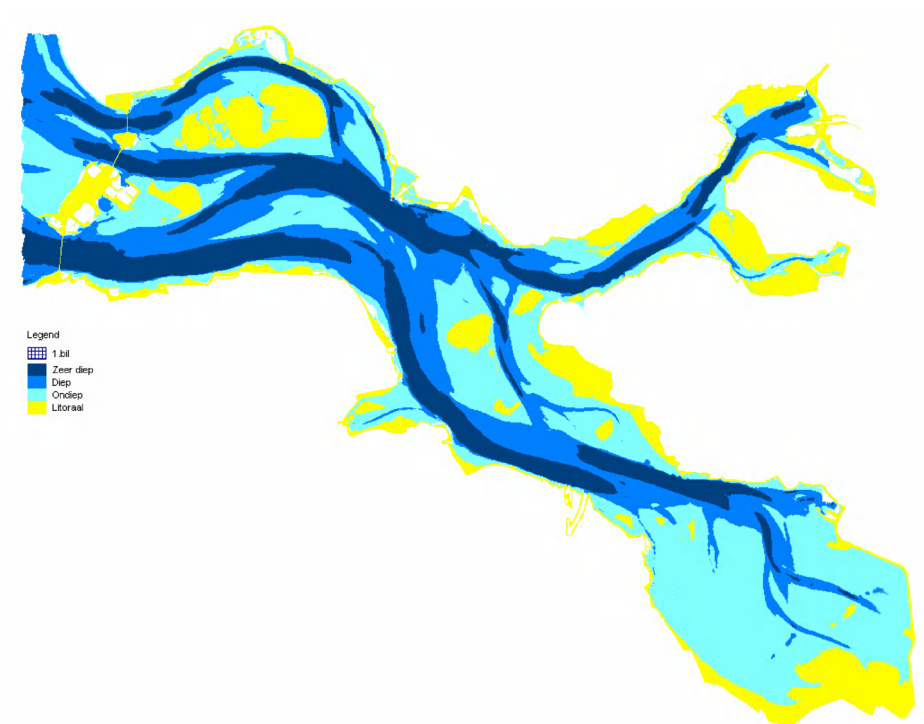
Deltares



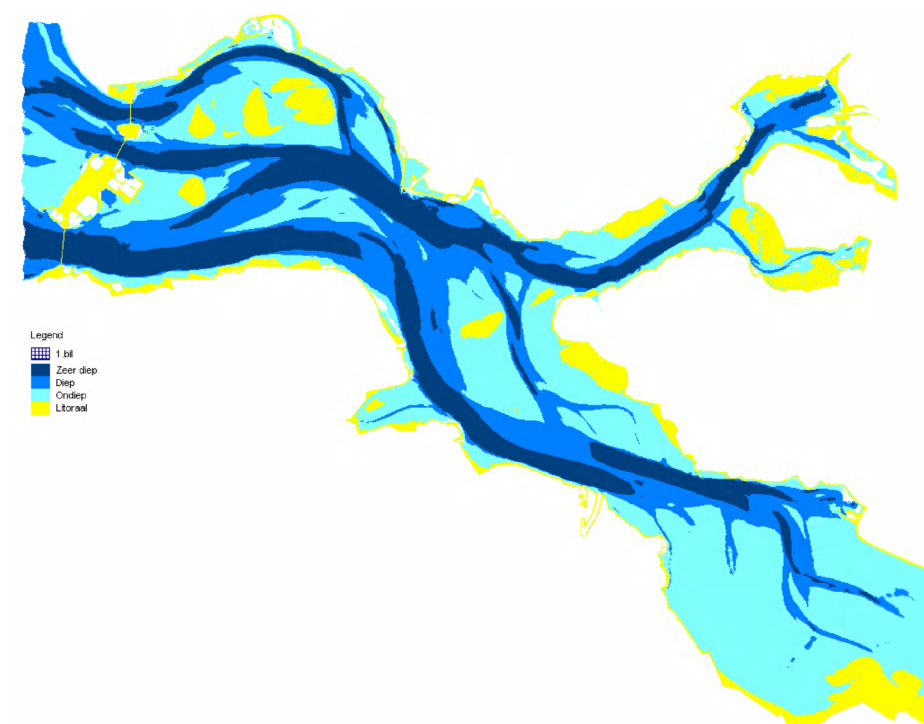
T1, stijging van 20 cm



T2, stijging van 50 cm

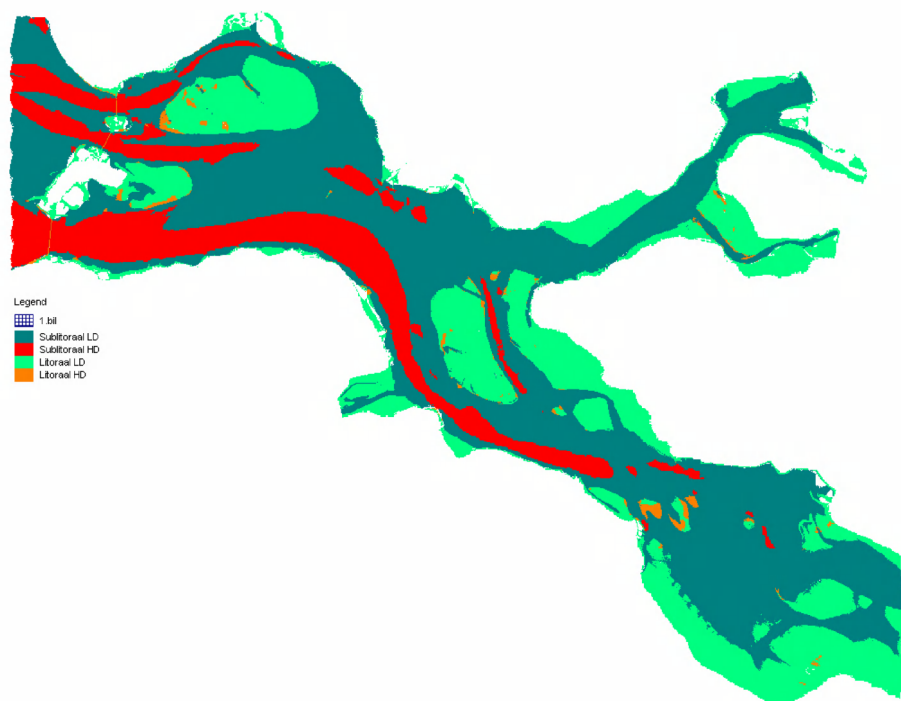


T3, stijging van 100 cm

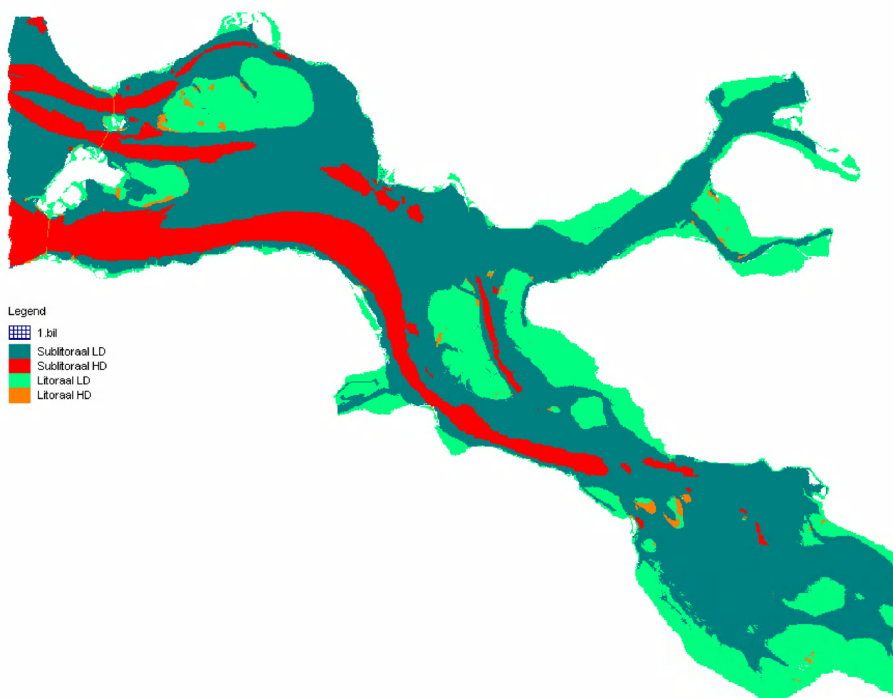


T4, stijging 150 cm

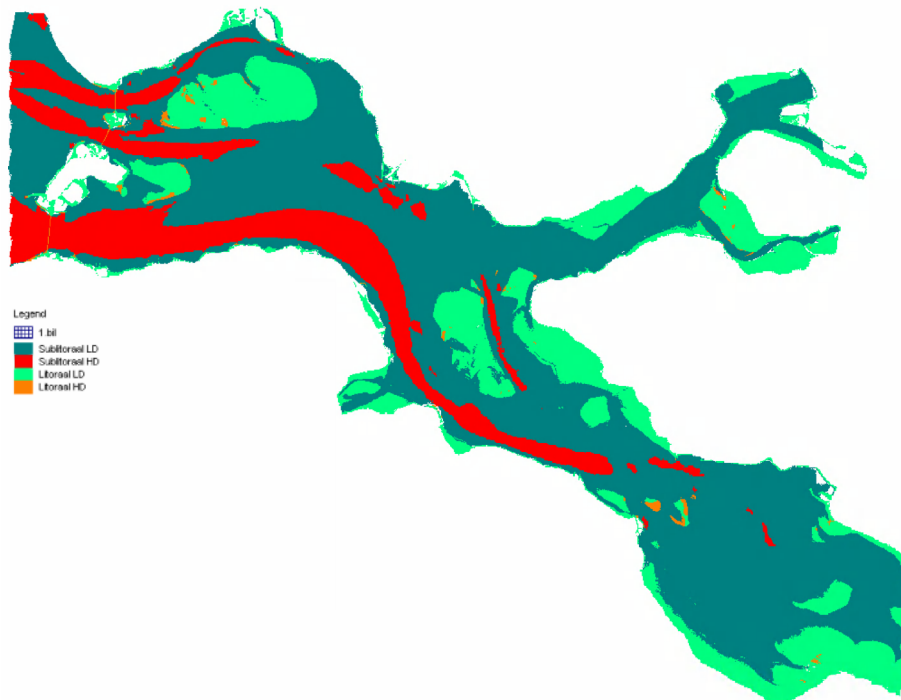
C.3 Dynamiek



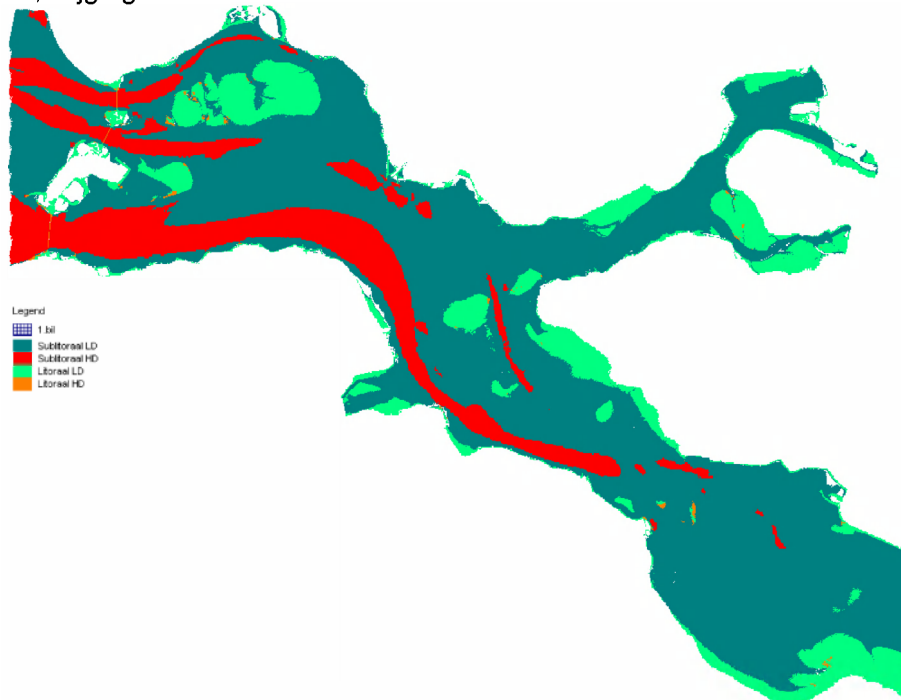
T0, 2004



T1, stijging van 20 cm



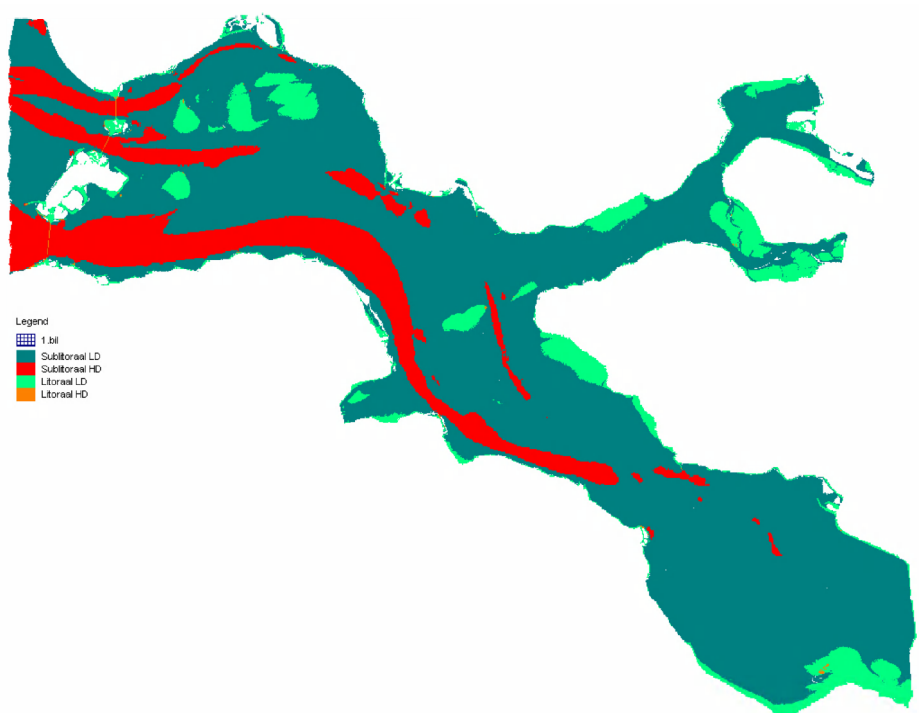
T2, stijging 50 cm



T3, stijging 100 cm



Deltares



T4, stijging 150 cm