

**Eindadvies
ANT Oosterschelde**

concept



Eindadvies ANT Oosterschelde

ir. J.G. de Ronde
dr. J.P.M. Mulder
dr. L.A. van Duren
dr. T. Ysebaert

1207722-000

Titel
Eindadvies ANT Oosterschelde

Opdrachtgever Rijkswaterstaat WVL	Project 1207722-000	Kenmerk 1207722-000-ZKS-0010	Pagina's 77
---	-------------------------------	--	-----------------------

Trefwoorden
Oosterschelde, N2000, vogelaantallen, Scholekster, autonome achteruitgang, morfologie, ecologie, maatregelen

Samenvatting

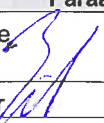

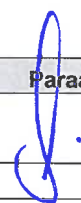
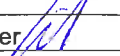
In dit eindadvies staan de oplossingsrichtingen aangegeven om in de Oosterschelde de effecten van de zandhonger tegen te gaan en de Natuurdoelen (deels) in stand te houden. De ANT-Oosterschelde studie heeft zich primair gericht op de natuurdoelstellingen m.b.t. de steltlopers in het gebied. De aanname is dat als de abiotische randvoorwaarden voor de steltlopers op orde zijn, ook de andere natuurdoelstellingen die door de zandhonger worden bedreigd gehaald zullen worden. Een algehele achteruitgang van de steltlopers is in de periode 1987 – 2010 nog niet vast te stellen. Uitzondering vormt de Scholekster die wel sterk achteruitgaat; maar dat is niet alleen in de Oosterschelde. Echter de steltlopers zijn van de platen en slikken afhankelijk voor hun voedsel. Er zal dus een moment komen dat de afname van het intergetijdengebied negatief gaat werken op de vogelaantallen. Er is een risico dat dit een plotselinge omslag zal zijn die niet of moeilijk omkeerbaar is. Om dit mogelijke knipkunt te voorkomen is tijdig ingrijpen nodig.

Structurele oplossingen zoals het morfologisch in evenwicht brengen van de Oosterschelde of het weghalen van kering en compartimenteringsdammen zijn niet realistisch. Door alleen het in stand houden van de kerngebieden (ongeveer 50% van het totale areaal) is het mogelijk om 80 tot 90% van de aantallen steltlopers in stand te houden. Zandsuppleties en optimalisatie door middel van oesterriffen en dammetjes zijn hiervoor het beste middel. De hoogste prioriteit ligt in het westen (Roggenplaat en Neeltje Jans). Het 100% in stand houden van de natuurdoelen vergt aanzienlijk meer inspanning.

De nog grote onzekerheden in de te verwachten effecten pleiten voor een gefaseerde aanpak. Op grond van de hiermee verkregen nieuwe kennis kunnen volgende fases worden gedefinieerd; ofwel het motto is: "al doende leert men". Goede monitoring en gedegen onderzoek, met name ook van de T0 situatie is onontbeerlijk voor een dergelijke gefaseerde aanpak.

Referenties

Eindadvies ANT-Oosterschelde, Maatregelen ten behoud van natuur (Natura2000-instandhoudingsdoelen) en veiligheid in de Oosterschelde.

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
	sep. 2013	ir. J.G. de Ronde		dr. L. van der Valk		drs. F.M.J. Hoozemans	
		dr. J.P.M. Mulder					
		dr. L.A. van Duren					
		dr. T. Ysebaert					

Status

Inhoud

Eindadvies ANT Oosterschelde	1
Toelichting bij het Eindadvies	
1 Inleiding	5
1.1 Probleemstelling	5
1.2 Doelstelling	7
1.3 Uitgangspunten	7
1.3.1 Ecosysteembenadering	7
1.3.2 Effectketenbenadering	7
1.3.3 Ecosysteemdiensten	8
1.3.4 Afbakening: concentratie op een aantal vogelsoorten	9
1.4 Aanpak: harde en zachte informatiebronnen	10
2 Wat is de huidige toestand van de Oosterschelde?	13
2.1 Morfologische ontwikkeling sinds 1986	13
2.1.1 Ontwikkeling	13
2.1.2 Verklarende factoren / sturende processen	13
2.1.3 Ruimtelijke verschillen	14
2.1.4 Droogvalduur	16
2.2 Ontwikkelingen in waterveiligheid sinds 1986	16
2.3 Ontwikkelingen in de vogelstand sinds 1986	18
2.3.1 Ontwikkeling	18
2.3.2 Verklarende factoren / sturende processen	23
2.4 Welke delen van de platen en slikken zijn nu echt van belang voor steltlopers in de Oosterschelde?	31
2.4.1 Hoogtezones / Droogvalduren	31
2.4.2 Geografische verschillen	31
2.4.3 Kerngebieden	31
3 Verwachte ontwikkelingen zonder maatregelen tot 2060	35
3.1 Ontwikkeling in zeespiegelstijging en morfologie	35
3.1.1 Aanpak	35
3.1.2 Veranderingen in bodemligging en droogvalduur	36
3.1.3 Droogvalduur en arealen	36
3.2 Ontwikkeling veiligheid	40
3.3 Ecologie – Ontwikkeling aantallen steltlopers	40
3.3.1 Aanpak en aannames	40
3.3.2 Verwachte ontwikkeling in vogelaantallen	41
3.3.3 Overige aspecten	46
4 Wat kunnen en moeten we er tegen doen?	49
4.1 Uitgangspunten	49
4.1.1 Voorzorgprincipe	49
4.1.2 Maatregelen richten op de oorzaak van het probleem	49

4.1.3	Natuurlijke, flexibele maatregelen	50
4.1.4	Learning by doing / adaptieve maatregelen	50
4.2	Ontwerpstappen	50
4.2.1	Aanpak van de zandhonger	50
4.2.2	Kleinschaliger maatregelen gerelateerd aan de Oosterscheldekering	51
4.2.3	Lokale zandsuppleties en erosie-beperkende maatregelen	51
4.3	Veiligheidsvarianten	52
4.4	Behoudsvarianten	53
4.4.1	Suppleren van alle intergetijdengebieden (<i>waar en hoeveel</i>)	53
4.4.2	Suppleren van kerngebieden (<i>waar en hoeveel</i>)	53
4.4.3	Prioritering (<i>wanneer</i>)	56
4.4.4	Variaties in vorm (<i>hoe en wanneer</i>)	58
4.4.5	Zandwinning en een eerste kosten - baten inschatting	60
4.5	Mogelijke optimalisaties	63
4.5.1	Toepassing erosieremmers	63
4.5.2	Combinatie met andere functies	64
4.5.3	Aanvullende maatregelen	64
4.6	Conclusies	66
5	Discussie	69
5.1	Onzekerheden in de huidige voorspellingen	69
5.1.1	Belang van de verschillende droogvalduurzones	69
5.1.2	De haalbaarheid van 100% instandhouding	70
5.2	Handhaving overige natuurdoelen	71
5.3	Doorzicht naar 2100	72
5.4	Al doende leert men (Learning by doing)	73
5.4.1	Ontwikkelingen in en rondom de Oosterschelde	73
5.4.2	Kennisleemtes	73
5.5	Conclusie	74
6	Literatuur	75
A	Kaart Oosterschelde	78

Eindadvies ANT Oosterschelde

Erosie van platen en slikken

Door de bouw van de Oosterscheldewerken is een systeem ontstaan dat morfologisch uit evenwicht is. De aanleg van de stormvloedkering heeft zanduitwisseling met de Noordzee nagenoeg onmogelijk gemaakt. De zandhonger in de geulen leidt tot erosie van de platen en slikken, en zeespiegelstijging tot een geleidelijke verdrinking. Het areaal platen en slikken loopt geleidelijk terug en dreigt op termijn geheel te verdwijnen. Sinds 1986 is ruim 10% verdwenen. Uitgaande van 60 cm zeespiegelstijging van 1990 tot 2100 (24 cm over de periode 2010-2060) blijft van de platen en slikken in 2060 ten opzichte van 2010 nog ongeveer 65% over (zo'n 8000 hectaren) en in 2100 nog ongeveer 40 % (zo'n 4000 – 6000 hectaren).

Bedreiging voor veiligheid en N2000 instandhoudingsdoelen

Het geleidelijk verdwijnen van platen en slikken, leidt tot een toename van de golfaanval op de Oosterschelddijken. Hoewel tot 2060 nog geen veiligheidsproblemen te verwachten zijn, zullen daarna dijkversterkingen versneld nodig zijn.

Doorgaande erosie heeft ook invloed op een deel van de Natura2000 instandhoudingsdoelen waarvoor de Oosterschelde is aangewezen (Rijkswaterstaat, 2013b). De landschappelijke kwaliteit, belangrijke habitattypen en natuurwaarden worden bedreigd en met name de steltlopers, die de platen en slikken als foerageergebied benutten. Voor deze soorten zijn doelaantallen gedefinieerd die in het beheerplan Oosterschelde zijn opgenomen.

Ten aanzien van de voedselafname door de achteruitgang van platen en slikken in het Oosterscheldegebied zijn de belangrijkste soorten: Scholekster, Wulp, Rosse grutto, Kanoet, Bonte strandloper, Zilverplevier en Bergeend. Een algehele achteruitgang van deze vogels is in de periode 1987 – 2010 nog niet vast te stellen. Uitzondering vormt de Scholekster die wel sterk achteruitgaat; dat is echter niet alleen in de Oosterschelde, maar ook elders het geval. Voor deze soort hebben zowel verlies van plaatareaal door de zandhonger als ook andere factoren, zoals de verplaatsing van mosselteelt van het intergetijdengebied naar dieper gelegen gebieden, (mede) een rol gespeeld. Daarnaast is het voor deze soort waarschijnlijk dat factoren buiten de Oosterschelde een rol spelen bij de populatieontwikkeling.

Risico op plotselinge achteruitgang vogelaantallen, tijdig ingrijpen nodig

Hoewel het probleem nu nog niet zichtbaar is, kan doorgaande erosie van de platen en slikken leiden tot een abrupte afname van de draagkracht voor steltlopers. Die draagkracht wordt voor een belangrijk deel bepaald door de balans tussen het aanwezige, relatief hooggelegen areaal dat lang droog ligt en daarmee voldoende foerageertijd biedt, en het relatief laaggelegen areaal, dat voedselrijk is aan bodemdieren (schelpdieren, wormen, garnalen, ...) en daardoor voldoende voedselaanbod garandeert. De meeste soorten volgen tijdens eb de laagwaterlijn tijdens het voedsel zoeken, en verspreiden zich bij laag water over een grotere zone. Zowel het hooggelegen als laaggelegen areaal wordt dus benut, en in de winter foerageren vogels tot 8-9 uur per laagwaterperiode. Omdat de hogere delen het snelst eroderen, komt de foerageertijd het eerst in het gedrang. Wanneer vervolgens ook lagere, voedselrijke delen eroderen, neemt ook de voedselbeschikbaarheid af. Beneden een kritische waarde zal dit leiden tot een afname van de vogelaantallen. Tot op heden is dit omslagpunt klaarblijkelijk nog niet bereikt. Door een combinatie van afnemende voedselbeschikbaarheid en extreme gebeurtenissen, zoals strenge winters, ziektes etc., bestaat het risico dat dit zich in de toekomst plotseling zal voordoen.

Omdat een sterke achteruitgang vrijwel onomkeerbaar lijkt, is het van belang dat maatregelen worden genomen vóórdat de achteruitgang van vogelaantallen ingezet is.

Onderzoek naar haalbaarheid en betaalbaarheid van maatregelen

De onderhavige studie (Autonome Neerwaartse Trend (ANT)-Oosterschelde) heeft zich gericht op het verschaffen van inzicht - op basis van wetenschappelijke argumenten -, in de haalbaarheid en betaalbaarheid van verschillende niveaus van Natura2000 instandhoudingsdoelen voor het Oosterscheldegebied, met een tijdshorizon van 2010-2060.

Een structurele oplossing op korte termijn, is niet realistisch

De oorzaak van de erosieproblemen in de Oosterschelde is gelegen in de zandhonger van de geulen, veroorzaakt door de afname van het getijdebiet en de stroomsnelheden als gevolg van de aanleg van de Oosterscheldewerken (stormvloedkering en compartimenteringsdammen). Herstel van het morfologisch evenwicht in de Oosterschelde zou de meest duurzame oplossing zijn om het probleem aan te pakken. De daarvoor theoretisch benodigde maatregelen, het verwijderen van kering en dammen of het kunstmatig importeren van 400 – 600 miljoen m³ vanuit de Noordzee, zijn echter binnen de tijdshorizon van 2060 onrealistisch.

Ook kleinschalige aanpassingen aan de kering of aan het sluitregiem van de kering blijken nauwelijks bij te dragen aan het tegengaan van de erosie van de platen en slikken. Alleen bestrijding van de erosie in de landwaartse erosiekuilen bij de kering, gebruikmakend van zandsuppleties met zand vanuit de Noordzee, zou een bijdrage leveren aan een structurele oplossing van de zandhonger en op zeer lange termijn de teruggang van platen en slikken kunnen stoppen. Op kortere termijn (eerste 50-100 jaar) doet dit nauwelijks iets aan de erosie van platen en slikken.

Flexibele aanpak, zandsuppleties en monitoren: al doende leert men

Om de natuurdoelen veilig te stellen en de draagkracht voor vogels in de Oosterschelde te behouden, zullen blijvend maatregelen nodig zijn. Om het natuurlijke karakter van de Oosterschelde op een duurzame wijze te behouden heeft het de voorkeur dat deze maatregelen zoveel mogelijk de ondersteunende ecosysteemdiensten (de natuurlijke kringlopen van water, sediment en nutriënten) ondersteunen of versterken. Omdat de oorzaak van de problemen vooral ligt in een verstoring van de sedimentkringloop, zijn zandsuppleties een aangewezen oplossing. Het werken met sediment, levert bovendien het voordeel dat op een flexibele wijze kan worden ingespeeld op veranderende omstandigheden en vernieuwde inzichten. Binnen de Oosterschelde geulen is voldoende zand aanwezig om plaatsuppleties te kunnen uitvoeren, terwijl zandwinning in de geulen verhoudingsgewijs, nauwelijks extra bijdraagt aan het verstoorde morfologische evenwicht.

Dit alles leidt tot een gefaseerde aanpak door zandsuppleties met systeemeigen lokaal gewonnen zand, waarbij alle effecten op de morfologie en de ecologie optimaal worden gemonitord, zodat tussentijds kan worden geleerd en bijgestuurd.

Het is hierbij noodzakelijk dat de uitgangssituatie zo goed mogelijk wordt vastgelegd en de ontwikkelingen gevolgd. Naast morfologische opnames zijn regelmatige vogeltellingen en waarnemingen van het bodemleven nodig, om de optimale verhoudingen te leren kennen tussen de verschillende hoogtezones van de platen en slikken. Dat levert belangrijke informatie om de suppletiemaatregelen te kunnen optimaliseren.

Gefaseerde aanpak te beginnen in het Westen

Binnen de N2000 instandhoudingsdoelen vormt het behoud van de steltloper aantallen in de Oosterschelde, een hoofdbestanddeel. Doelaantallen zijn gedefinieerd in het beheerplan Oosterschelde. Plaat- en slikerosie, leidend tot verlies aan foerageermogelijkheden, is voor

deze vogels de grootste bedreiging. Geschikt foerageergebied in stand houden komt niet alleen ten goede aan deze vogels, maar draagt ook in belangrijke mate bij aan het behoud van andere natuurdoelen, zoals behoud van leefgebied voor de gewone zeehond. Suppletiemaatregelen richten zich dan ook primair op het behoud van geschikt foerageergebied voor vogels, met een oppervlak en hoogteligging die voldoende voedsel en foerageertijd verschaffen.

Ongeveer 50% van de platen en slikken, de zogenaamde vogelkerngebieden, herbergt 80 - 90% van de steltloperaantallen in de Oosterschelde. Deze kerngebieden liggen verspreid over de gehele Oosterschelde. Behoud van deze kerngebieden levert dan ook het meeste rendement op. In een vergelijking tussen de deelcompartimenten van de Oosterschelde, blijkt suppleren van de kerngebieden in het westelijke compartiment het meeste rendement op te leveren. Dit heeft in belangrijke mate te maken met het feit dat in dit compartiment de urgentie voor maatregelen het grootst is, omdat hier de verwachte teruggang in het sleutelareaal met droogvalduur 40-80% het grootst is. In een gefaseerde aanpak ligt het dan ook voor de hand allereerst maatregelen te ontwerpen in het westelijke deelcompartiment van de Oosterschelde. Vervolgens zal de urgentie ook in het midden compartiment, en later ook in de deelgebieden Noordoost en Oost, gaan spelen en moeten hier ook maatregelen genomen worden.

Kostenindicaties sterk bepaald door locatie zandwingebieden

Als indicatie voor de benodigde hoeveelheid zand om tot 2060 het areaal vogelkerngebied in stand te houden, geldt het totaal van de teruggang als gevolg van de te verwachten erosie en zeespiegelstijging. Uitgaande van een zeespiegelstijging van 60 cm tot 2100 (24 cm over de periode 2010-2060), blijkt in totaal ruim 30 miljoen m³ zand nodig te zijn; ongeveer 4,5 miljoen m³ voor het Noordoostelijke compartiment en ongeveer 9 miljoen m³ voor elk van de overige drie compartimenten. Een eerste indicatieve schatting van de totale kosten komt uit op 165 miljoen Euro. De kosten worden in belangrijke mate bepaald door de vaarafstand van de zandwinlocatie tot het suppletiegebied. De locatie van zandwingebieden is dus van doorslaggevende invloed op de totale kosten, en zal mede de efficiëntie van de maatregel bepalen.

Het ontwerp van de suppleties vraagt lokaal maatwerk

Zowel het rendement (in termen van behoud van vogels) als de kosten, worden verder bepaald door de precieze vorm, frequentie en ruimtelijke verdeling van de suppleties. Hoewel suppleties op langere termijn de voedselbeschikbaarheid en bereikbaarheid moeten waarborgen, zal een suppletie lokaal het sediment tijdelijk verstoren en is er tijd nodig voor bodemdieren om de bodem te herkoloniseren. Ecologisch gezien heeft een lage frequentie voordelen vanwege de beperking van de verstoring. Tegelijkertijd wordt bij een lage frequentie bespaard op de mobilisatiekosten van baggermaterieel. Op de meeste plaatsen zou tot 2060 kunnen worden volstaan met een eenmalige suppletie met een dikte tussen de 50 en 150 cm. De ecologische opbrengst van deze suppleties kan worden gemaximaliseerd door in te spelen op de locatie-specifieke (topografische) kenmerken.

Optimalisatie door aanvullende maatregelen en functiecombinaties

In aanvulling op zandsuppleties zijn verschillende maatregelen mogelijk waardoor de kosten-batenverhouding verder kan worden geoptimaliseerd. Voorbeelden:

- de aanleg van erosieremmende maatregelen waardoor de levensduur van suppleties wordt verlengd; door het gebruik van biobouwers zoals oesterriffen, kunnen hiermee tegelijkertijd waardevolle habitats voor vogels worden toegevoegd;
- functiecombinaties voor de suppleties zoals het versterken van dijkvoorlanden en tegelijkertijd verbeteren van het droogvalareaal;

- aanvullende maatregelen gericht op het beïnvloeden van overige factoren welke de draagkracht voor vogels bepalen zoals menselijke verstoring en het beheer van de schelpdierbestanden.

De effectiviteit van deze optimalisaties is uiteraard sterk afhankelijk van lokale condities en ook hier is dus sprake van maatwerk.

Toelichting bij het Eindadvies

1 Inleiding

Bij het vaststellen van de Natura2000 instandhoudingsdoelen is voor een drietal Nederlandse grote wateren besloten om geen herstelopgaven te formuleren ondanks feitelijke of verwachte teruggang van de natuur en vooral van de vogelaantallen. Het gaat om de Oosterschelde, het IJsselmeer en het Markermeer-IJmeer. In de Oosterschelde heeft de teruggang van de vogelaantallen te maken met het eroderen en op termijn verdwijnen van het intergetijdengebied als gevolg van de Deltawerken. Door de ontstane 'zandhonger' komen de Natura2000-instandhoudingsdoelen onder druk te staan.

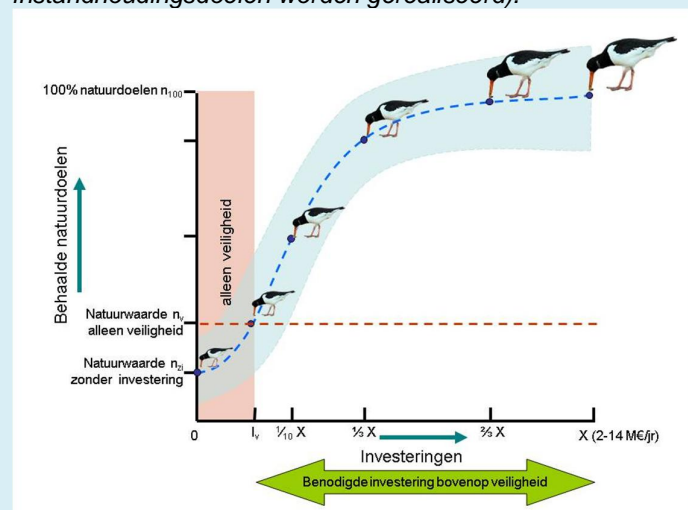
1.1 Probleemstelling

Door de bouw van een stormvloedkering en compartimenteringsdammen is er in de Oosterschelde een systeem ontstaan dat morfologisch uit evenwicht is. Bovendien heeft de aanleg van de stormvloedkering zanduitwisseling met de Noordzee nagenoeg onmogelijk gemaakt. Het areaal platen en slikken, het zgn. intergetijdengebied, neemt geleidelijk af. Dit kent twee oorzaken: erosie als gevolg van de zandhonger, gecreëerd door de aanleg van de Oosterscheldewerken en

Een theoretisch verband tussen investeringen en natuurdoelen

Om de relatie tussen investeringen en mogelijk doelbereik wat betreft veiligheid en instandhoudingsdoelen te verhelderen, is in figuur 1.1 een theoretische relatie weergegeven. De ANT studie streeft er naar deze relatie kwalitatief en kwantitatief te onderbouwen.

De hoofdvariant gaat uit van 100% behoud van de doelen. Ervan uitgaande dat voor 100% instandhouding een investering van X miljoen euro nodig is, zijn daarnaast varianten gedefinieerd met investeringen van resp. $2/3 X$, $1/3 X$ en $1/10 X$ met daaraan gekoppeld de vraag welke mate van instandhouding van de diverse natuurdoelen daarbij hoort. De totale investering betreft een veiligheidsdeel (rood in de figuur) plus het natuurdeel. De instandhouding van de natuurdoelen loopt van N_{zi} tot N_{100} . Hierbij is N_{100} het behoud van alle natuurdoelen en N_{zi} de waarde van de natuurdoelen in het geval er in de toekomst geen enkele investering gepleegd zou worden. Door uitvoering van de benodigde veiligheidsmaatregelen op een meer ecologisch-vriendelijke wijze (bv. met vooroeversuppleties) wordt een extra deel van de natuurwaarde behouden (N_v in de grafiek) met investeringskosten I_v (hiermee kan aldus $v\%$ van de instandhoudingsdoelen worden gerealiseerd).



Figuur 1.1: Een theoretische relatie tussen investeringen en mate van instandhouding van de natuurdoelen. Deze grafiek geldt voor de periode 2010-2060.

verdrinking als gevolg van een doorgaande zeespiegelstijging.

Het geleidelijk verdwijnen van het intergetijdengebied heeft gevolgen voor verschillende functies van het Oosterschelde systeem. Door het verlagen – en op de lange duur zelfs grotendeels verdwijnen - van het intergetijdengebied wordt de golfaanval op de Oosterscheldedijken vergroot, waardoor de veiligheid tegen overstromingen in het gedrang komt. Hetzelfde geldt voor een deel van de Natura2000 instandhoudingsdoelen waarvoor de Oosterschelde is aangewezen (Troost, 2009a en §1.3). Doorgaande erosie van het intergetijdengebied bedreigt de landschappelijke kwaliteit, belangrijke habitattypen en natuurwaarden. Dit laatste betreft met name vogels en dan vooral de steltloperaantallen. Deze vogels, die de platen en slikken als foerageergebied benutten, zullen in aantal gaan afnemen.

In de Oosterschelde is het habitatype dat vooral door de zandhonger wordt bedreigd: H1160 (grote, ondiepe krekens en baaien). Voor dit habitatype is het doel: behoud van oppervlakte en verbetering kwaliteit. De Oosterschelde is het enige gebied in Nederland dat voor dit habitatype is aangewezen.

De kwaliteitsdoelstelling betreft: het behouden van de variatie en oppervlakten aan slikken en platen en permanent onder water staande delen. Dit houdt ook in: de verdeling tussen diepe en ondiepe, laagdynamische en hoogdynamische delen en zandige en slibrijke delen met hun bijbehorende biodiversiteit en de eventuele aanwezigheid van zeegrasvelden (Concept-beheerplan Oosterschelde, Rijkswaterstaat 2013b).

Voor de Oosterschelde zijn 10 Natuurdoelen gedefinieerd waarmee rekening gehouden dient te worden (de Ronde et al. 2009). Dit betreft:

1. Soorten
 - a. Gewone zeehond, Noordse woelmuis
 - b. Broedvogels, NIET gevoelig voor de zandhonger
 - c. Niet-broedvogels, NIET gevoelig voor de zandhonger
 - d. Niet-broedvogels, WEL gevoelig voor de zandhonger
2. Habitattypen
 - a. H1160 Grote, ondiepe krekens en baaien
 - b. H1310 Eenjarige pioniersvegetaties van slik- en zandgebieden met *Salicornia* spp. en andere zoutminnende planten
 - c. H1320 Schorren met slijkgrasvegetatie
 - d. H1330A Atlantische schorren
3. Natuurwaarden die voortkomen uit vroegere beschermingsregimes
 - a. Natuurbehoudswaarden
 - b. Landschappelijke kwaliteiten en abiotische kenmerken.

Ecosysteem diensten

Mensen zijn in hoge mate afhankelijk van goed functionerende ecosystemen. Een ecosysteem wordt gevormd door het geheel van organismen en hun abiotische omgeving. Zowel vissen, algen en mosselen als ook de geulen, de platen en de slikken maken deel uit van het ecosysteem “de Oosterschelde”. Ecosysteemdiensten zijn de diensten (baten) die geleverd worden door ecosystemen aan de mens. Dit kan betreffen:

- een product (bv. mosselen die gekweekt worden)
- een regulerende dienst (waterbeschikbaarheid, veiligheid tegen overstroming)
- esthetische of culturele meerwaarde (natuurbeleving)
- een dienst die alle overige ecosysteemdiensten ondersteunt, zoals de kringlopen van water, sediment en voedingsstoffen.

Aantasting van de nutriëntencyclus kan negatieve gevolgen hebben voor de hoeveelheid mosselen die we per jaar kunnen oogsten, aantasting van de sedimentkringloop (zandhonger) leidt tot erosie van het intergetijdengebied in de buurt van dijken waardoor de golfaanval wordt vergroot en onze veiligheid wordt bedreigd. Ecosysteemdiensten wereldwijd bepalen de draagkracht van de aarde voor de menselijke populatie. De afname in ecosysteemdiensten heeft in verschillende landen geleid tot een grotere bewustwording van het belang van deze diensten voor de bevolking en de economie (<http://www.millenniumassessment.org>).

1.2 Doelstelling

De ANT (Autonome Neerwaartse Trend) Oosterschelde studie richt zich primair op het leveren van de wetenschappelijke onderbouwing om eind 2013 zicht te hebben op de haalbaarheid en betaalbaarheid van maatregelen waarmee verschillende niveaus van Natura2000 doelen voor het Oosterscheldegebied gehandhaafd kunnen worden. De tijdshorizon hierbij is 2010-2060.

De doelstelling is het in beeld brengen van de relatie tussen investeringen voor mogelijke beheersmaatregelen en het te behalen effect op veiligheid tegen overstroming en op natuurwaarden, zodat afgewogen besluitvorming mogelijk wordt over te kiezen maatregelen om deze doelstellingen te bereiken. De behoudsdoelstellingen zoals geformuleerd in het oorspronkelijke doelendocument Natura 2000, Deltagebied en overgenomen in het conceptbeheerplan Oosterschelde liggen lager dan de feitelijke aantallen in 2009, toen deze doelen werden vastgesteld. Alle verbeteropgaven zijn bijgesteld naar behoudsopgaven op basis van een afname van het foerageerareaal van 50 ha per jaar (Troost 2009a). Voorlopig wordt door de opdrachtgever uitgegaan van een behoudsdoelstelling van 100% van de natuurdoelen.

1.3 Uitgangspunten

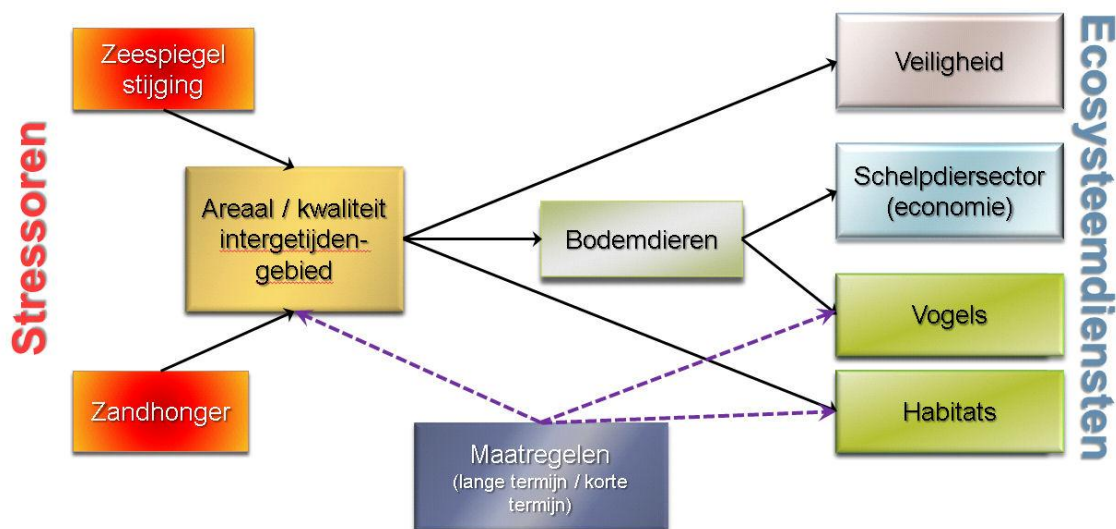
Mogelijke beheersmaatregelen kunnen worden onderscheiden in veiligheidsvarianten en behoudsvarianten. De veiligheidsvarianten worden voornamelijk vorm gegeven vanuit het behoud van de vereiste veiligheid en de daarmee gemoeide investeringen. Er zijn echter ook consequenties ten aanzien van de ecologie en de natuurdoelen. Bij de behoudsvarianten wordt naast behoud van veiligheid tegen overstromen, uitgegaan van behoud van (een deel van) de instandhoudingsdoelen met daaraan gekoppeld de vraag welke investeringen daarvoor nodig zijn.

1.3.1 Ecosysteembenadering

De aanpak van deze studie zal gericht zijn op het ecosysteem als geheel. Een ecosysteem wordt gezien als het geheel van abiotische en biotische factoren binnen het systeem "de Oosterschelde". De slikken en platen van de Oosterschelde vormen dus een onderdeel van het ecosysteem, evenals mossel- en oesterbanken en vogels.

1.3.2 Effectketenbenadering

Voor de ANT Oosterschelde studie is gebruik gemaakt van een effectketen benadering. In de simpelste vorm ziet de effectketen eruit zoals weergegeven in Figuur 1.1. Als we het gehele systeem "Oosterschelde" beschouwen, zijn er verschillende factoren die dit systeem beïnvloeden. Dit betreft zandhonger, klimaatverandering (zeespiegelstijging) en het beheer en gebruik van de Oosterschelde gekoppeld aan het gevoerde beleid. Ook de omliggende gebieden en de maatregelen die daar genomen worden spelen een rol in de ontwikkelingen in de Oosterschelde. Vervolgens beïnvloedt dit alles het fysisch en ecologisch functioneren van het Oosterschelde ecosysteem, en daarmee ook de ecosysteemdiensten die het gebied levert (zie kadertekst Ecosysteemdiensten).



Figuur 1.1: Effectketen waarin zeespiegelstijging en zandhonger als gevolg van de compartimentering en de stormvloedkering het morfologische systeem (areaal/kwaliteit intergetijdengebied) beïnvloeden. Dit heeft gevolgen voor de verschillende ecosystemendiensten (zie kadertekst). Maatregelen die ingrijpen op de morfologie kunnen de negatieve effecten voor veiligheid en natuur mogelijk mitigeren.

1.3.3 Ecosystemendiensten

De platen en de slikken vervullen ondersteunende ecosystemendiensten die essentieel zijn voor andere functies en baten van het systeem voor de mens (zie ook kadertekst ecosystemendiensten). Door het verlies van intergetijdengebied en door afname van de hoogte ervan worden de volgende ecosystemendiensten beïnvloed:

Veiligheid: Door de lagere vooroever zullen de golfkrachten minder gebroken worden en zal de kracht op de dijkbekleding toenemen, alsmede de golfoploop. De veiligheid zal hierdoor afnemen, waardoor maatregelen noodzakelijk zijn om deze weer op het gewenste niveau te krijgen.

Biodiversiteit: Door het afnemende areaal aan intergetijdengebied en de veranderde hoogteligging ervan zal de biodiversiteit van het Oosterschelde ecosysteem aangetast worden. In de ANT studie ligt de focus op de niet-broedvogels die gevoelig zijn voor de zandhonger en waarvoor de Oosterschelde van internationaal belang is. Het gaat hier om een aantal soorten steltlopers en de bergeend. Deze soorten zijn afhankelijk van de slikken en platen als foerageergebied. Een aantal belangrijke Natura 2000 habitattypen zal eveneens aangetast worden. De ANT studie richt zich echter vooral op bovengenoemde vogels en niet direct op habitattypen (anders dan de delen van H1160 die van belang zijn als foerageergebied).

Natuurbeleving / toerisme: het verlies aan biodiversiteit en landschappelijke diversiteit tasten voor de mens direct de ecosystemendienst "natuurbeleving" aan. Een armere omgeving wordt als minder aantrekkelijk ervaren. Indirect kunnen daarmee ook sectoren als toerisme aangetast worden.

1.3.4 Afbakening: concentratie op een aantal vogelsoorten

Steltlopers met N2000 instandhoudingsdoelstellingen waarvoor de zandhonger tot een vermindering van het foerageergebied zal leiden zijn: Bontbekplevier, Bonte strandloper, Drieteenstrandloper, Groenpootruiter, Kanoet, Kluut, Rosse grutto, Scholekster, Steenloper, Strandplevier, Tureluur, Wulp, Zilverplevier en Zwarte ruiters (Rijkswaterstaat 2013b). Tabel 1.1 laat per soort de doelstelling zien. Voor Goudplevier en Kievit gelden ook instandhoudingsdoelstellingen voor de Oosterschelde, maar aangezien deze soorten slechts in geringe mate afhankelijk zijn van het intergetijdengebied als foerageergebied, is het te verwachten effect van de zandhonger op deze twee soorten zeer klein. Deze soorten foerageren vooral op binnendijkse graslanden. Binnen de groep van de eenden, ganzen en zwanen is het de bergeend die gevoelig is voor de effecten van de zandhonger.

Tabel 1.1: Doelaantallen, huidige trends en belang van de Oosterschelde voor verschillende vogelsoorten in de Oosterschelde (bron: aangepast naar conceptbeheerplan Oosterschelde, Rijkswaterstaat 2013b). De knelpunten worden nader toelicht in de onderste tabel (Rijkswaterstaat, 2013b)

Soort	Doelaantal	Landelijke staat van instandhouding	Relatieve bijdrage	Knelpunt
Bergeend (<i>Tadorna tadorna</i>)	2900	+	+	Ja
Bontbekplevier (<i>Charadrius hiaticula</i>)	280	+	+	Ja, toekomst
Bonte strandloper (<i>Calidris alpina</i>)	14100	+	+	Ja, toekomst
Drieteenstrandloper (<i>Calidris alba</i>)	260	-	+	Ja, toekomst
Groenpootruiter (<i>Tringa nebularia</i>)	150	+	+	Ja, toekomst
Kanoet (<i>Calidris canutus</i>)	7700	-	++	Ja, toekomst
Kluut (<i>Recurvirostra avosetta</i>)	510	-	+	Ja, toekomst
Rosse grutto (<i>Limosa lapponica</i>)	4200	+	+	Ja, toekomst
Scholekster (<i>Haematopus ostralegus</i>)	24000	--	++	Ja, toekomst
Steenloper (<i>Arenaria interpres</i>)	580	--	++	Ja, toekomst
Strandplevier (<i>Charadrius alexandrinus</i>)	50	--	+	Ja
Tureluur (<i>Tringa tetanus</i>)	1600	-	+	Ja, toekomst
Wulp (<i>Numenius arquata</i>)	6400	+	+	Ja, toekomst
Zilverplevier (<i>Pluvialis squatarola</i>)	4400	+	++	Ja, toekomst
Zwarte ruiters (<i>Tringa erythropus</i>)	310	+	++	Extern

Soort	Knelpunt
Bontbekplevier, Bonte strandloper, Drieteenstrandloper, Groenpootruiter, Kanoet, Kluut, Rosse grutto, Scholekster, Steenloper, Tureluur, Wulp, Zilverplevier	In toekomst: afname foerageergebied door zandhonger
Strandplevier	In toekomst: afname foerageergebied door zandhonger Niet halen regionale broedpopulatie doelen
Zwarte ruiters	Extern: oorzaak afname aantallen onbekend In toekomst: afname foerageergebied door zandhonger
Bergeend	Oorzaak afname is onbekend, In toekomst: afname foerageergebied door zandhonger

De behoudsdoelstellingen zoals geformuleerd in het oorspronkelijke doelendocument Natura 2000, Deltagebied en overgenomen in het conceptbeheerplan Oosterschelde liggen lager dan de feitelijke aantallen in 2009, toen deze doelen werden vastgesteld. De doelen zijn naar beneden bijgesteld op basis van een afname van het foerageerareaal van 50 ha per jaar (Troost 2009a). Aan het naar beneden vaststellen van de doelaantallen werd de verplichting gekoppeld op korte termijn te onderzoeken welke maatregelen mogelijk zijn dit verlies te beperken.

Wadende viseters als lepelaar en kleine zilverreiger kunnen op de langere termijn door de zandhonger en de daaruit voortvloeiende erosie van platen en slikken te maken krijgen met minder foerageergebied binnen de Oosterschelde. Omdat er echter binnendijks voldoende foerageergebieden aanwezig zijn voor wadende viseters, zal de zandhonger naar alle waarschijnlijkheid niet leiden tot een afname in aantallen (Rijkswaterstaat, 2013b). Op basis van het relatieve belang in aantal, het internationale belang, hun gevoeligheid voor de effecten van zandhonger en de te verwachten knelpunten zal een beperkter aantal soorten in de volgende hoofdstukken nader worden meegenomen in de analyses (in het grijs gemarkeerde soorten in Tabel 1.1).

Door geschikt foerageergebied in stand te houden ten behoeve van deze vogelsoorten zullen ook de meeste andere natuurdoelen grotendeels in stand blijven. Habitat typen zoals de pioniervegetaties (H1310), de slijkvegetaties (H1320) en de schorren (1330A) zullen waarschijnlijk enigszins profiteren van maatregelen die gericht zijn op de sedimenthuishouding, maar vallen buiten het focusgebied van deze studie.

1.4 Aanpak: harde en zachte informatiebronnen

Het probleem van de zandhonger en de daaruit voortvloeiende gevolgen voor de verschillende ecosysteemdiensten is bijzonder complex. De simpele effectketen in Figuur 1.1 doet hier onvoldoende recht aan. Het onderzoek binnen ANT heeft een aantal belangrijke kennislacunes aangepakt, maar we zijn met de huidige stand van kennis nog niet in staat om alle processen te doorgronden en alle gevolgen van eventuele maatregelen accuraat te voorspellen.

Gezien de snelheid van de voortschrijdende zandhonger en de huidige snelheid van zeespiegelstijging is het doen van jarenlang onderzoek om steeds accuratere voorspellingen te kunnen doen voordat we beginnen met maatregelen geen optie. Tegen de tijd dat we zover zijn, is het systeem waarschijnlijk onherstelbaar aangetast en zijn we te laat. Er moeten dus beslissingen genomen worden op basis van relatief beperkte kennis. Dat betekent dat we *alle* beschikbare kennis zo goed mogelijk moeten gebruiken.

Binnen ANT zijn verschillende veldwaarnemingen en -metingen gedaan, zijn analyses aan bestaande datareeksen (van RWS en andere instanties) gedaan, en voorspellingen gemodelleerd. Daarnaast is vrij beschikbare kennis in gepubliceerde wetenschappelijke literatuur gebruikt in bureaustudies. Naast deze "officiële" bronnen is er echter ook een wereld van kennis aanwezig bij mensen die zich regelmatig vanuit verschillende oogpunten bezighouden met de Oosterschelde. Dit betreft o.m.: gebiedskennis die niet is vastgelegd, waarnemingen aan gedrag van vogels die niet zijn gepubliceerd en verbanden die niet meteen blijken uit beschikbare rapporten en datasets. Aan één kant is gebruik van dit soort "niet geborgde kennis" risicovol. Echter, bij afwezigheid van voldoende 'harde' data kan het gebruik van 'zachte' informatiebronnen wel degelijk opportuun en mogelijk van doorslaggevend belang zijn.

Binnen ANT is geprobeerd deze kennis te ontsluiten en op waarde te schatten door middel van verschillende workshops met experts van verschillende expertises, werkvelden en achtergronden. De uitkomsten van de workshops (Workshopverslagen ANT, 2009 t/m 2013) zijn zorgvuldig gerapporteerd en hebben een belangrijke rol gespeeld in de uiteindelijke totstandkoming van dit advies. Uit de workshopverslagen bleek dat verschillende mensen vaak tot zeer overeenkomstige conclusies kwamen, al was dit soms op basis van verschillende redeneerlijnen. Het feit dat verschillende meningen uiteindelijk in dezelfde richting wijzen geeft vertrouwen in de uitkomst, ondanks het feit dat we weten dat er nog grote gaten zitten in de onderliggende kennis.

2 Wat is de huidige toestand van de Oosterschelde?

In 1986 is als sluitstuk van de Deltawerken de Oosterschelde kering gereed gekomen. In datzelfde jaar zijn de twee compartimenteringsdammen Philipsdam en Oesterdam afgesloten om het kombergingsgebied te verkleinen en aldus het getijverschil voldoende groot te houden. Het eindresultaat is een Oosterscheldebekken met een 10 % gereduceerd getijverschil en een 30 % gereduceerd getijvolume (Rijkswaterstaat, 1991, Van Zanten en Adiaanse, 2008 en Mulder et al., 2009).

2.1 Morfologische ontwikkeling sinds 1986

2.1.1 Ontwikkeling

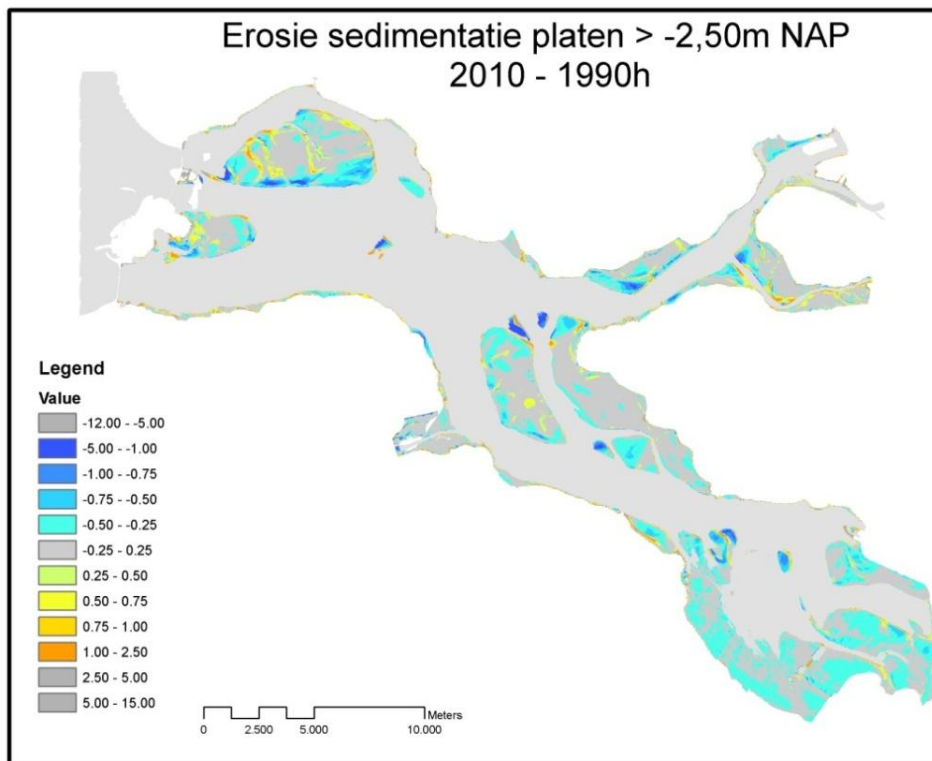
Na de afsluiting van de Oosterscheldekering is het areaal intergetijdengebied met ongeveer 50 ha per jaar afgenomen (Rijkswaterstaat, 1991, Jacobse e.a., 2008). Dit is de afname zonder rekening te houden met zeespiegelstijging. Rekening houdend met de huidige 20 cm per eeuw zeespiegelstijging komt de achteruitgang op ongeveer 60 ha per jaar. Na het gereedkomen van de kering in 1986 is ongeveer 1300 hectaren platen en slikken verdwenen door erosie en zeespiegelstijging. De morfologische ontwikkelingen van de platen en slikken in de Oosterschelde zijn geanalyseerd ten aanzien van erosie, uitgaande van twee datasets (Santinelli e.a., 2012). Dit betreft de vaklodingen en RTK raaien. De vaklodingen bedekken de gehele Oosterschelde met een grid van 20 bij 20 meter en resulteren in een kaart met hoogteligging van de bodem. Dergelijke kaarten zijn gemaakt in 1990, 2001, 2007 en 2010. De RTK raaien zijn opgenomen in het meetprogramma van RWS vanaf eind jaren '80 van de 20^e eeuw. Langs de RTK raaien worden jaarlijks gedetailleerde RTK GPS hoogtemetingen verricht. De raaien lopen over alle platen in de Oosterschelde, en de meeste slikken. De nauwkeurigheid van deze RTK data is, vanwege een andere methodiek, veel groter dan die van de vaklodingen (5 á 10 cm) en mag geschat worden op 1 á 2 cm. De erosie gemiddeld over de platen en slikken van de Oosterschelde bedraagt ongeveer 1 cm per jaar (Santinelli e.a., 2012). Sinds het gereedkomen van de kering is de gemiddelde hoogte van de platen en slikken met ongeveer 25 cm afgenomen.

2.1.2 Verklarende factoren / sturende processen

Door het afgenomen getijvolume zijn ook de stroomsnelheden afgenomen, met maximaal 30%, afhankelijk van de locatie in het bekken. De geulen zijn te ruim en zullen daardoor sediment vangen. De stroomsnelheid in de (te ruime) geulen is zo sterk afgenomen dat minder sedimenttransport optreedt vanuit de geul naar de platen en slikken. Zand dat bij storm van de plaat afslaat komt niet meer of in ieder geval veel minder, terug op de plaat. Gevolg: de platen eroderen. Deze erosie wordt vooral veroorzaakt door het gecombineerde effect van opwoeling door golven en transport van de platen en slikken naar de geul door getijstroming en door wind- en golf gedreven stroming. Op de platen (zandplaten geïsoleerd van de oever) is de getijstroming van groter belang dan op de slikken (slik-/zandplaten langs de oevers) omdat bij hoogwater de platen (bijna) volledig onder water liggen, en de getijstroming er dan overheen gaat. Voor de erosie van zowel de platen als de slikken is de golfwerking dominant.

De aanleg van de stormvloedkering heeft zanduitwisseling met de Noordzee nagenoeg onmogelijk gemaakt. Aan weerszijden van de kering zijn erosiekuilen ontstaan met veel turbulentie. De zandtransporten zijn vooral van de kering af gericht, waardoor de jaarlijkse transporten door de kering gering zijn. Het opvullen van de geulen kan alleen gebeuren met

zand van de intergetijdengebieden. Deze zullen – zonder ingrijpen – eroderen. Zeespiegelstijging bespoedigt dit proces.



Figuur 2.1: Erosie en sedimentatie over de periode 1990-2010, bepaald aan de hand van vaklodingen. Blauwe tinten geven erosie weer, tot maximale waarden in donkerblauw. Groen tot en met oranje geeft in toenemende mate sedimentatie weer. De donker grijze gebieden zijn minder dan 25 cm veranderd over de periode 1990 - 2010 (De Ronde et al., 2013).

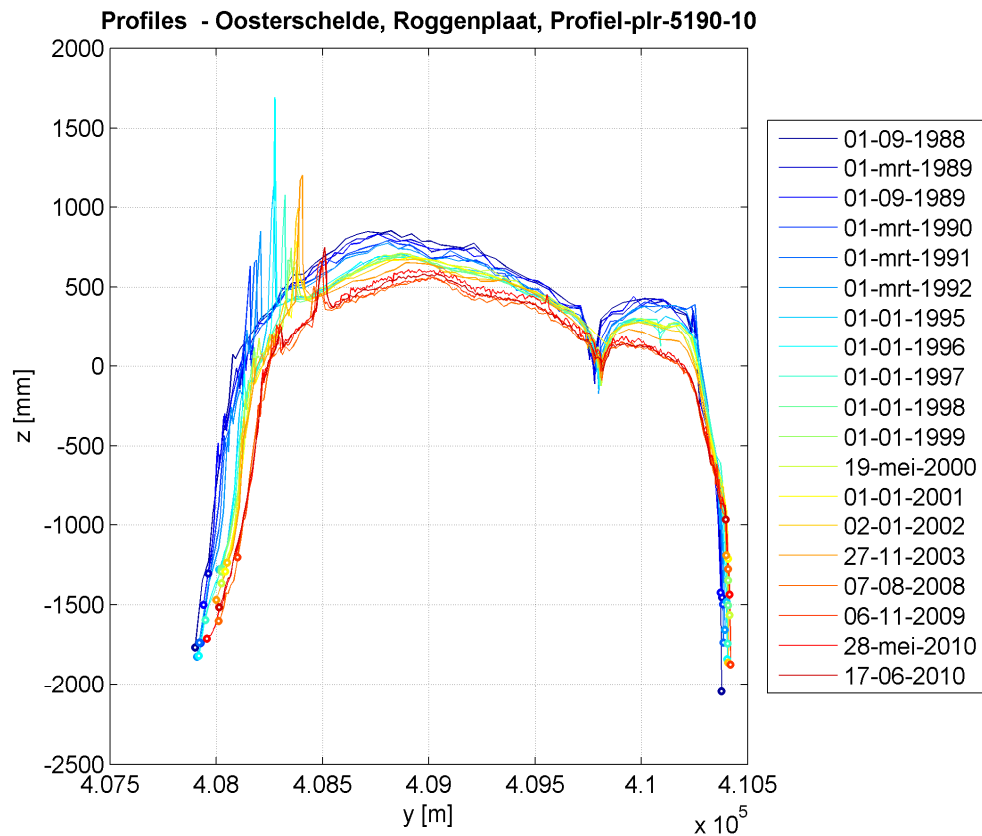
2.1.3 Ruimtelijke verschillen

In Figuur 2.1 is ruimtelijk weergegeven in welke gebieden netto erosie optreedt, en in welke gebieden netto sedimentatie, in de periode 1990 – 2010. Duidelijk is een aantal gebieden te herkennen gekenmerkt door relatief veel erosie (donkerblauwe gebieden op de kaart). De verklaring hiervoor moet gezocht worden in de grotere golfaanval. De erosie is het grootst (zogenaamde ‘erosional hotspots’) op de voor golven (vooral uit zuidwestelijke tot westelijke richting) geëxponeerde gebieden aan de randen van de platen en slikken. Met behulp van golfberekeningen en de daarmee bepaalde orbitaal-schuifspanning is dit goed te onderbouwen (De Ronde et al., 2013). Deze grotere erosie betreft vooral de zuidkant van de Roggenplaat, de westkant van de Galgeplaat, de noordkant van de Dortsman, de zuidkant van de Slikken van Viane en de westkant van de Krabbenkreek. De namen en de ligging van de platen etc. zijn te vinden in de appendix.

Voor de Roggenplaat is deze morfologische ontwikkeling ook duidelijk waar te nemen in een noord-zuid georiënteerd RTK profiel (Figuur 2.2 en 2.3). Naast de algehele erosie is op de

Roggenplaat ook een verschuiving van morfologische kenmerken (ribbels hoogten en geulen) naar het noorden te zien. Aan de noordkant van de Roggenplaat is duidelijk een verplaatsing van het sediment te zien naar de geulwand. Oorzaak is de dominante golf- en sedimenttransport-richting welke hier naar het noordwesten is gericht. Op de overige platen en slikken spelen zich vergelijkbare processen af.

Het reliëf van de platen en slikken neemt eveneens af door de gecombineerde werking van getijstroming en opwerveling door golven. Ze worden dus vlakker. Dit is ook duidelijk te zien in Figuur 2.2. Een aantal platen in de Oosterschelde vertoont tegenwoordig meer plassen; er blijft meer water op staan tijdens laagwater. Ook het zogenaamde mini reliëf (variatie binnen enkele tientallen meters) wordt vlakker.



Figuur 2.2: Voorbeeld RTK gegevens voor raai 5190-10 op de Roggenplaat, rechts in de figuur is het zuiden. Voor de ligging van de raai zie figuur 2.3 (De Ronde et al., 2013).



Figuur 2.3: Positie raai 5190-10 op de Roggenplaat.

2.1.4 Droogvalduur

De veranderingen in droogvalduur zijn afgeleid uit de hoogteveranderingen in de vakklodingen (Santinelli e.a., 2012). In Figuur 2.4 zijn de ruimtelijke veranderingen in droogvalduur over de periode 1990 – 2010 weergegeven.

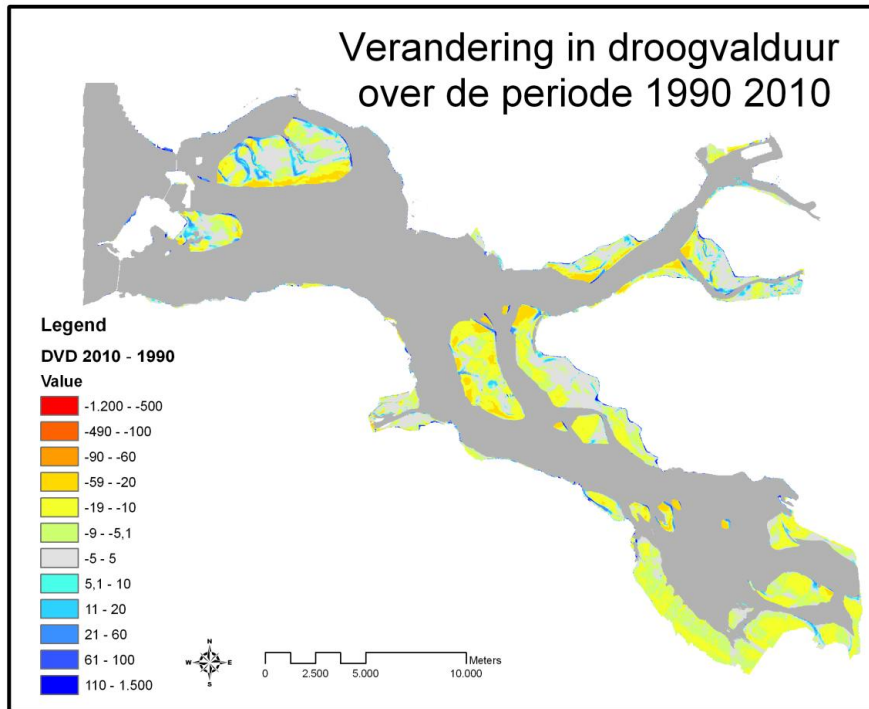
Grote gebieden laten een achteruitgang in droogvalduur zien van 10 % of meer (geel en oranje). De gemiddelde achteruitgang in droogvalduur is ongeveer 0,3 % per jaar (ongeveer 2 minuten per jaar). Sinds het gereedkomen van de kering is de gemiddelde droogvalduur van de platen en slikken met ongeveer 1 uur afgenomen.

De veranderingen in droogvalduurklassen vanaf 1983 tot 2010 staan weergegeven in Figuur 2.5. De gegevens van 1983 geven een beeld uit de periode voor de afsluiting van de Oosterschelde. Het areaal met droogvalduur 40-80% is tussen 1989 en 2010 met ongeveer 5 % afgenomen. Zoals eerder genoemd hebben de vakklodingen een zekere onbetrouwbaarheid, zodat ook de arealen met droogvalduurklassen een zekere onbetrouwbaarheid zullen hebben.

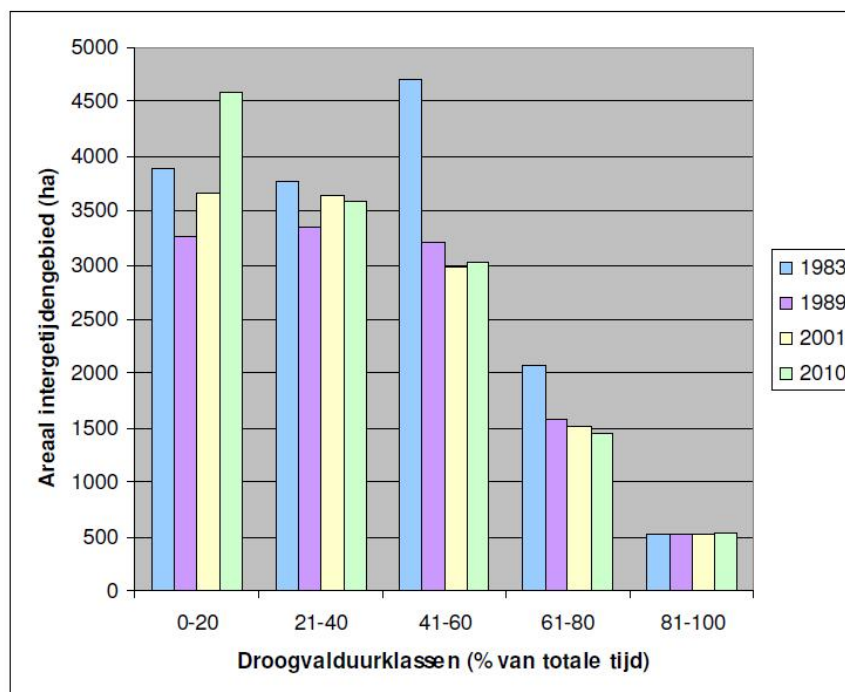
2.2 Ontwikkelingen in waterveiligheid sinds 1986

De zandhonger en daaruit voortvloeiende erosie van het intergetijdengebied, heeft vooral effect op de golfhoogten in de Oosterschelde. Des te lager de platen en de vooroevers, des te hoger de golven, de golfklappen op de bekleding en de golfoploop op het dijktafval. Door de effecten van deze hogere golven kan de veiligheid in het geding komen.

In 1996 werden, op basis van de waargenomen bodemveranderingen en jongste inzichten in hydrodynamische ontwikkelingen, hydraulische randvoorwaarden vastgesteld voor de waterkeringen in de Oosterschelde. Waar de waterkeringen niet aan deze randvoorwaarden voldeden, werden vanaf 1997 door het projectbureau Zeeweringen van Rijkswaterstaat en Waterschap Scheldestromen dijkverzwaringen uitgevoerd aan de Oosterschelde dijken.



Figuur 2.4: Veranderingen in droogvalduur in % over de periode 1990 – 2010. Het lichtgrijze gebied geeft veranderingen aan tussen de + en – 5 % (De Ronde et al., 2013).



Figuur 2.5: Verandering in droogvalduurklassen over de periode 1983 – 2010 (MIRT,2013).

Gebruikmakend van een bodemschematisatie die destijds representatief werd geacht voor een planperiode van 50 jaar (Alkyon, 1998), zijn nieuwe bekledingen ontworpen met een levensduur van ca. 50 jaar. De investeringen in de huidige dijkverzwaringen, ca. 800 miljoen euro, zijn dus normaliter rond 2060 afgeschreven.

Tot op heden is er door de erosie van platen en vooroevers een toename van de golfbelasting op de dijken. Toch zijn als gevolg hiervan nog geen veiligheidsproblemen opgetreden. Bij de versterkingen van de dijkbekledingen door het projectbureau Zeeweringen is rekening gehouden met een zekere erosie die op dit moment nog niet overschreden is. Wel kan gezegd worden dat door de toegenomen golfbelasting de relatieve robuustheid van de bestaande dijken is teruggelopen. In Hoofdstuk 3 wordt hier verder op ingegaan.

2.3 Ontwikkelingen in de vogelstand sinds 1986

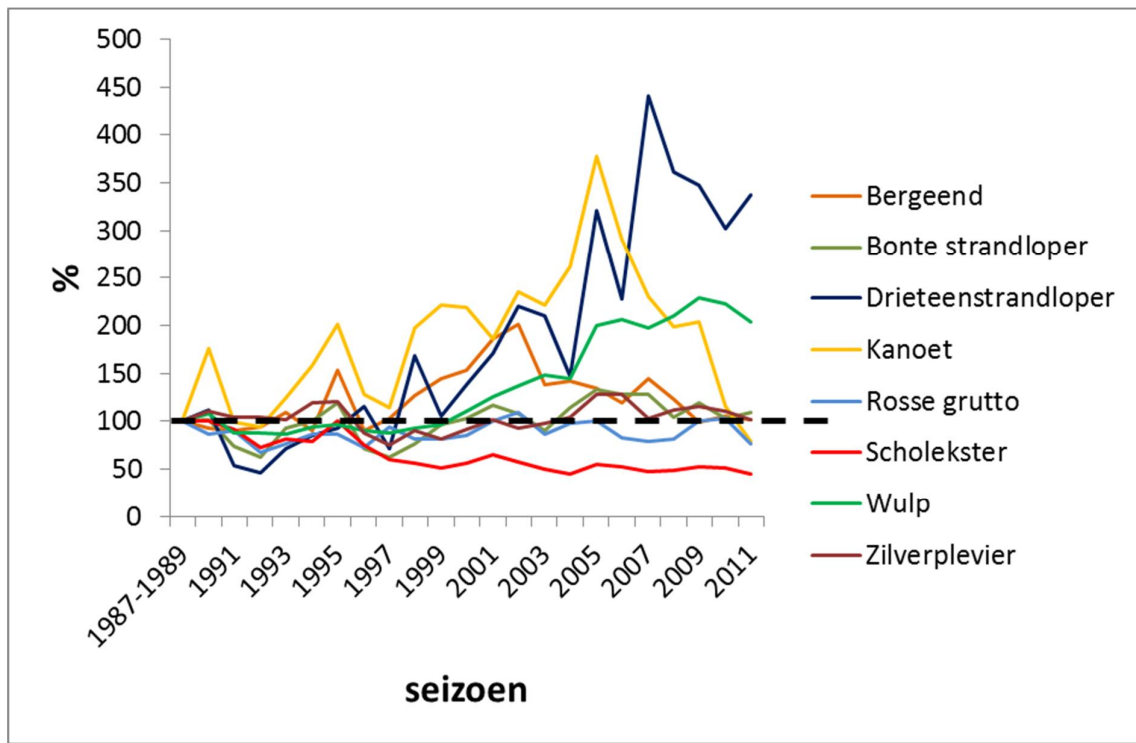
Door de aanleg van de dammen en de Oosterschelde kering heeft de Oosterschelde veel van zijn oorspronkelijke karakter verloren (Nienhuis & Smaal, 1994). De invloed van de rivier werd afgesloten, terwijl de voltooiing van de stormvloedkering resulteerde in een gedeeltelijke afsluiting van de zee. Zoute invloed en getijdenwerking zijn nog steeds aanwezig, maar het gebied heeft zich ontwikkeld van een dynamisch estuarium met platen en geulen tot een minder gedifferentieerde, ondiepe getijdenbaai (Natura 2000 habitat H1160 Ondiepe Baai, Rijkswaterstaat 2013b).

2.3.1 Ontwikkeling

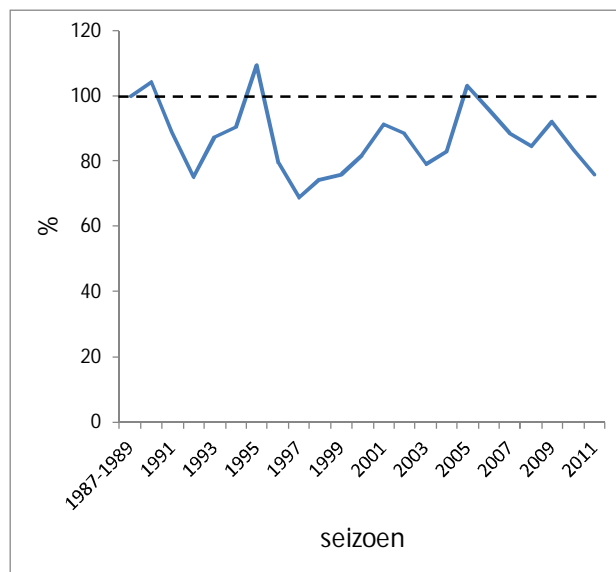
Aantallen

De Oosterschelde is een belangrijk leefgebied voor kustbroedvogels, moerasbroedvogels en doortrekkende en overwinterende watervogels. Steltlopers en andere watervogels foerageren in grote aantallen in het gebied op de droogvallende slikken en zandplaten. Voor heel wat soorten heeft de Oosterschelde een grote internationale betekenis. Er zijn voor verschillende soorten instandhoudingsdoelstellingen geformuleerd binnen Natura 2000, waarvan de bergeend en 14 soorten steltlopers gevoelig zijn voor de effecten van de zandhonger (zie § 1.3). De watervogels in de Oosterschelde worden al enkele decennia maandelijks geteld en jaarlijks gerapporteerd (zie bijv. Strucker et al. 2012). De maandelijkse tellingen worden verricht in het kader van het Biologisch Monitoringprogramma van de zoute Rijkswateren, uitgevoerd door de Centrale Informatievoorziening (Rijkswaterstaat) in nauwe samenwerking met andere organisaties en vrijwilligers.

Een achttal soorten worden hieronder nader bekeken: Bergeend, Bonte strandloper, Drieteenstrandloper, Kanoet, Rosse grutto, Scholekster, Wulp, en Zilverplevier. Deze acht soorten vertegenwoordigen meer dan 95% van het totale aantal individuen.



Figuur 2.6: Aantalsontwikkeling (op basis van seizoen gemiddelde aantallen) van een aantal steltlopersoorten en de bergeend in de Oosterschelde in de periode 1987/1988 – 2011/2012. Index: 87/88 – '89/90 = 100%.



Figuur 2.7: Aantalsontwikkeling (op basis van seizoen gemiddelde aantallen) van het totaal aantal individuen (som van de 8 soorten uit Figuur 2.4) in de Oosterschelde in de periode 1987/1988 – 2011/2012. Index: 87/88 – '89/90 = 100%.

In de periode 1987-2011 vertonen de meeste van deze soorten geen achteruitgang in de Oosterschelde (Figuur 2.6). Uitzondering is de Scholekster (Troost & Ysebaert 2011). De overige soorten nemen in deze periode toe in aantal (o.a. Wulp, Drieteenstrandloper en tot 2006, de Kanoet), of zijn stabiel (o.a. Bonte strandloper, Zilverplevier, Rosse grutto). De Bergeend neemt toe tot 2002, maar neemt daarna weer af. De laatste jaren zien we in het algemeen dat de aantallen stabiliseren, dan wel afnemen. In het seizoen '11/'12 zitten de meeste soorten terug op het niveau van de beginjaren. Vooral bij de Kanoet zien we een sterke afname sinds de piek in 2006 (Figuur 2.7). De Scholekster, de talrijkst voorkomende steltloper in de Oosterschelde, is significant in aantallen afgenomen. In 2011/2012 kwam nog slechts 45% voor ten opzichte van het begin van de tellingen (seizoengemiddeld). Toch blijft het de talrijkste soort in de Oosterschelde, gevolgd door Bonte strandloper en Wulp (Tabel 2.1). Ten opzichte van het Natura2000 doelaantal halen twee soorten het doelaantal duidelijk niet in de periode 2006/2007 – 2010/2011: Bergeend en Kanoet (Tabel 2.1). De Scholekster zit met 97% net onder het doelaantal. De overige soorten zitten boven het doelaantal. Wanneer we het totaal aantal vogels in beschouwing nemen (som van de acht hierboven behandelde soorten), dan zien we dat t.o.v. de beginjaren de aantallen schommelen tussen 74% en 109% (tussen 63,750 en 92,175 individuen) (Figuur 2.7).

De beschouwde vogelsoorten gebruiken de Oosterschelde met name in het najaar en de winter en in mindere mate in het voorjaar. In de zomer zijn de aantallen het laagst (Troost & Ysebaert, 2011). Tabel 2.2 laat de gemiddelde winteraantallen zien over de periode 2006/2007 – 2010/2011. De aantallen voor de meeste soorten zijn duidelijk hoger dan het seizoengemiddelde, met gemiddeld 97350 individuen in de winter.

Tabel 2.1: Verdeling van acht veel voorkomende vogelsoorten over de deelgebieden in de Oosterschelde (seizoengemiddelde gebaseerd op de periode 2006/2007 – 2010/2011). Aangegeven is het aantal alsook de dichtheid op basis van het totaal areaal intergetijdengebied in de vier deelgebieden. Het seizoengemiddelde voor de hele Oosterschelde (= som van de vier deelgebieden) wordt vergeleken met de Natura 2000 doelaantallen voor de verschillende soorten. (Strucker e a., 2012)

	Seizoengemiddelde				dichtheid (aantallen/km)				Seizoengemiddelde Oosterschelde	Doelaantal Oosterschelde	Percentage t.o.v. doelaantal
	West	Midden	Kom	Noordoost	West	Midden	Kom	Noordoost			
Bergeend	536	385	818	297	28	12	19	17	2036	2900	70
Bonte Strandloper	3556	4691	6021	2881	185	143	143	164	17149	14100	122
Drieteenstrandloper	584	36	0	0	30	1	0	0	621	260	239
Kanoetstrandloper	572	2151	2034	1674	30	66	48	95	6432	7700	84
Rosse Grutto	1737	1593	153	936	90	49	4	53	4418	4200	105
Scholekster	5418	7491	3383	7100	281	228	80	405	23392	24000	97
Wulp	3371	4025	3544	1352	175	123	84	77	12292	6400	192
Zilverplevier	1409	1557	916	1181	73	47	22	67	5063	4400	115
Totaal	17183	21930	16868	15422	892	668	401	879			

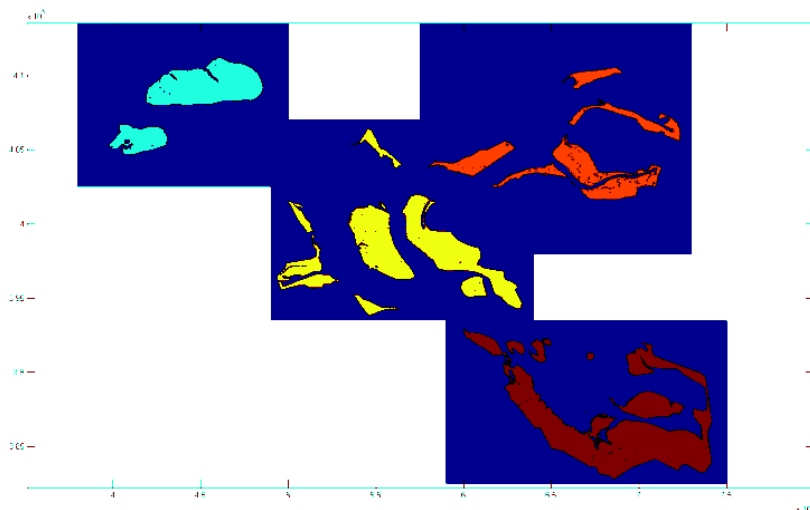
Tabel 2.2: Verdeling van acht belangrijke vogelsoorten over de deelgebieden in de Oosterschelde (winteraantallen (dec-jan-feb) gebaseerd op de periode 2006/2007 – 2010/2011) (Strucker e a., 2012).

	Winteraantallen				Oosterschelde totaal
	West	Midden	Kom	Noordoost	
Bergeend	539	610	1569	543	3261
Bonte Strandloper	3863	8709	12082	4231	28885
Drieteenstrandloper	170	50	0	0	219
Kanoetstrandloper	355	4484	5098	4601	14539
Rosse Grutto	1800	1555	60	893	4307
Scholekster	6002	8785	4652	8882	28321
Wulp	3258	4116	4196	1519	13088
Zilverplevier	1000	1857	834	1038	4729
Totaal	16985	30166	28490	21707	97349

Verspreiding

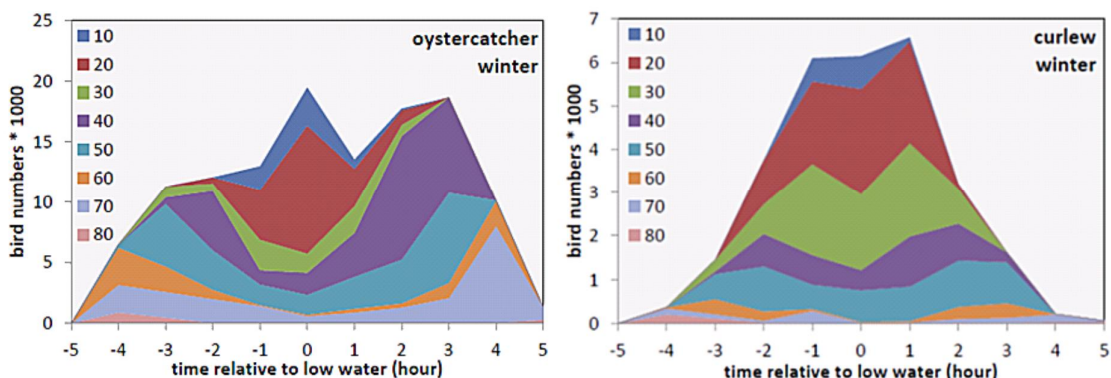
De verspreiding en het gedrag van de verschillende steltlopersoorten bij laag water is niet goed bekend in de Oosterschelde. Tellingen van de vogels worden uitgevoerd bij hoog water, wanneer de vogels zich verzamelen op zogenaamde hoogwatervluchtplaatsen. Wel kunnen we met vrij grote zekerheid de vogels van de verschillende hoogwatervluchtplaatsen toekennen aan één van de vier grote deelgebieden in de Oosterschelde: West, Midden, Oost en Noordoost (Figuur 2.8). Een zekere mate van uitwisseling valt niet uit te sluiten, maar hiermee krijgen we wel een beeld van de verspreiding van de vogels over de vier deelgebieden. Qua absolute aantallen herbergt Midden de grootste aantallen (zowel seizoengemiddeld, Tabel 2.1, als in de winter, Tabel 2.2). Uitgedrukt in dichtheid (aantallen·km⁻²) scores, seizoensgemiddeld West en Noordoost (Tabel 2.1) en in de winter Noordoost, verreweg het hoogst (Tabel 2.1). De laagste dichtheid komt in de Kom voor, met slechts de helft in vergelijking tot Noordoost. Er is ook een duidelijk verschil in het gebruik van de deelgebieden door de verschillende soorten. Zo komt de Drieteenstrandloper bijna uitsluitend voor in West, concentreren Bonte strandlopers zich in Midden en Oost, en Rosse gruttos in West en Midden (Tabel 2.1, 2.2). Noordoost is dan weer (uitgedrukt naar dichtheden en absolute aantallen in de winter) van groot belang voor de Scholekster (Tabel 2.1). Ook door het seizoen heen zien we een verschillend gebruik van de deelgebieden. In de nazomer concentreren de steltlopers, met uitzondering van de Scholekster en de Wulp, zich

elk jaar voor het grootste deel in West (Roggenplaat), om pas later in het seizoen in de overige delen van de Oosterschelde te verschijnen.



Figuur 2.8: Indeling Oosterschelde in 4 deelgebieden: West (blauw), Midden (geel), Oost (bruin) en Noordoost (rood).

In 2009 en 2010 heeft Zwarts (2009) en Zwarts et al. (2011), in het kader van de ANT Oosterschelde studie, veldwaarnemingen verricht in de Oosterschelde naar de verspreiding en foerageergedrag van watervogels bij laagwater (nazomer, winter en lente). De verspreiding van de wadvogels is doorgaans gerelateerd aan de verspreiding en de aantallen van hun prooien. Met afgaand tij volgen heel wat soorten steltlopers de waterlijn en passeren snel de hoger gelegen delen van het slik op weg naar de meestal rijkere voedselgebieden die zich lager in het intergetijdengebied bevinden. Met opkomend tij zien we een omgekeerde beweging. Dit patroon resulteert in een duidelijk verschillend gebruik van diverse gebieden van hoog naar laag. Dit is ook nog eens verschillend van soort tot soort. Sommige soorten blijven de laagwaterlijn volgen, terwijl andere soorten zich op een bepaald moment meer gaan verspreiden over het gehele slik. De foerageerduur verschilt van soort tot soort en varieert doorheen het seizoen. Grote soorten foerageren doorgaans minder lang dan kleinere soorten. In de zomerperiode is de foerageertijd relatief kort, en neemt toe in de winterperiode en voorafgaand aan de doortrek, wanneer de energiebehoefte van de vogels groot is. Uit de vogeltellingen die in juli en augustus werden uitgevoerd door Zwarts (2009) werd de conclusie getrokken dat Wulpen 5 uur per laagwaterperiode foerageerden en Scholeksters 6 uur. In het voorjaar en de winter nam dit toe tot 7-8 uur per laagwaterperiode voor de Scholekster en tot 7 uur voor de Wulp (Zwarts et al. 2011; Figuur 2.9). Zilverplevieren foerageren 8-9 uur in de winter, net als de Bonte strandloper en de Kanoet (Zwarts et al. 2011).



Figuur 2.9: Aantal foeragerende Scholeksters (links) en Wulpen (rechts) tijdens een laagwaterperiode en de verdeling van de vogels over de verschillende droogvalduurklassen (de kleurcodes geven de verschillende droogvalduurklassen weer). Uit: Zwarts et al. (2011).

2.3.2 Verklarende factoren / sturende processen

Ondanks de voortschrijdende erosie van de slikken en zandplaten in de Oosterschelde, constateren we nog geen algehele afname in vogelaantallen. De draagkracht van het systeem, dit is het vermogen van de Oosterschelde om de huidige aantallen steltlopers te kunnen voorzien in hun bestaan, lijkt daarmee nog niet in het gedrang te komen.

Aangenomen wordt dat de draagkracht van de Oosterschelde voor de verschillende vogelsoorten vooral wordt bepaald door: (1) de hoeveelheid (geschikt) voedsel per oppervlakte eenheid, (2) de beschikbare totale oppervlakte van de platen en slikken, en (3) de droogvalduur, welke bepaalt hoe lang vogels kunnen foerageren gedurende een laagwaterperiode. Deze aspecten en andere relevante ontwikkelingen in de Oosterschelde worden hieronder kort toegelicht.

Voedselbeschikbaarheid

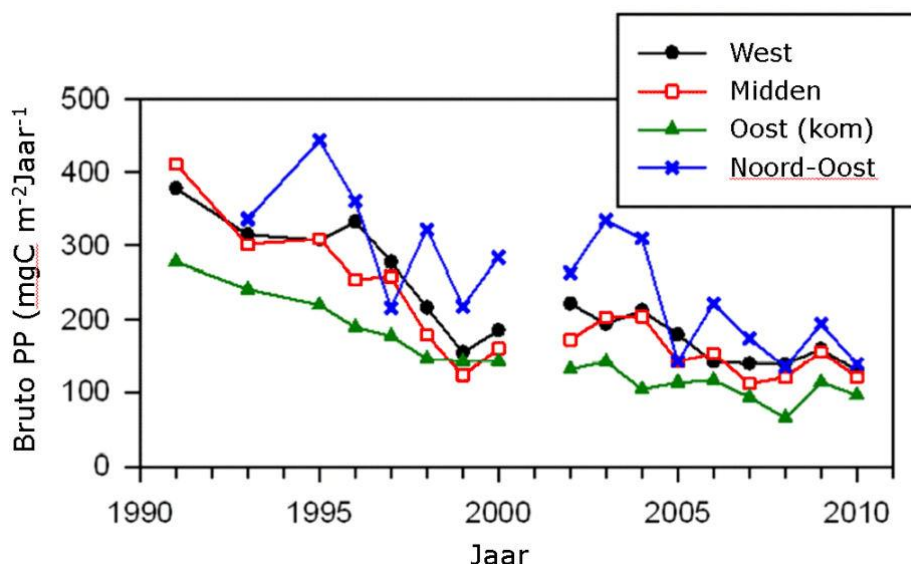
Het voedsel van steltlopers en bergeend bestaat in hoofdzaak uit bodemdieren, zoals schelpdieren, wormen en kreeftachtigen. Deze bodemdieren zijn op hun beurt voor een groot deel afhankelijk van de lokale primaire productie (fytoplankton, microphytobenthos) die door het systeem geleverd wordt. Daarnaast benut ook de mens deze primaire productie, bijv. voor het kweken van schelpdieren zoals mosselen en oesters. Deze kunnen, wanneer gekweekt op de slikken en platen, ook fungeren als potentieel voedsel voor steltlopers. Het is dan ook van belang om te kijken in hoeverre ontwikkelingen in deze verschillende factoren een invloed hebben gehad op het voorkomen van steltlopers in de Oosterschelde.

Primaire productie en ontwikkelingen in de schelpdierkweek

De basis van het estuariene voedselweb wordt gevormd door de primaire producenten, met name het fytoplankton en het microfytobenthos. Door de afname van de stroomsnelheden daalden de zwevend stof concentraties in de Oosterschelde. Dientengevolge nam het doorzicht in de Oosterschelde toe. De Oosterschelde is dan ook een zeer productief gebied, en ook de mens profiteert van deze hoge productiecapaciteit. De Oosterschelde is een belangrijk gebied voor de kweek van schelpdieren (mosselen, oesters). De totale oppervlakte van mosselpercelen bedraagt 4000 ha. Tot 1993 werd een groot deel van de mosselen in de Oosterschelde gekweekt op de slikken en zandplaten. In de jaren negentig van vorige eeuw

zijn alle litorale kweekpercelen verplaatst naar dieper water. De laatste jaren worden ook mosselzaadinvanginstallaties (MZI's) ingezet voor het invangen van mosselzaad. De Japanse oester (*Crassostrea gigas*) werd in de jaren zestig geïntroduceerd in de Oosterschelde, ter vervanging van de Platte Oester (*Ostrea edulis*) die gedecimeerd was door hoge wintermortaliteit (Troost 2010). Er zijn nu zo'n 1550 ha oesterpercelen in de Oosterschelde, allen in het oostelijke deel gesitueerd. Naast de oesterpercelen is er een grote aanwas van wilde oesterbanken met Japanse oesters. In 1985 werd het areaal aan banken in het litoraal nog geschat op 50 hectare, maar dit groeide snel tot 300 hectare in 1990, 600 hectare in 2001, en 949 ha in 2012 (Brummelhuis et al., 2012).

De primaire productie vertoont een afnemende trend. Studies aan de draagkracht van de Oosterschelde voor schelpdieren hebben aangetoond dat productiviteit in dit systeem niet beperkt wordt door licht of door nutriëntenbeschikbaarheid, maar dat (over)begrazing de belangrijkste regulerende factor is (Smaal et al. 2013).



Figuur 2.10: Bruto primaire productie in de vier deelgebieden van de Oosterschelde sinds 1990. (Data afkomstig uit Malkin et al., 2010).

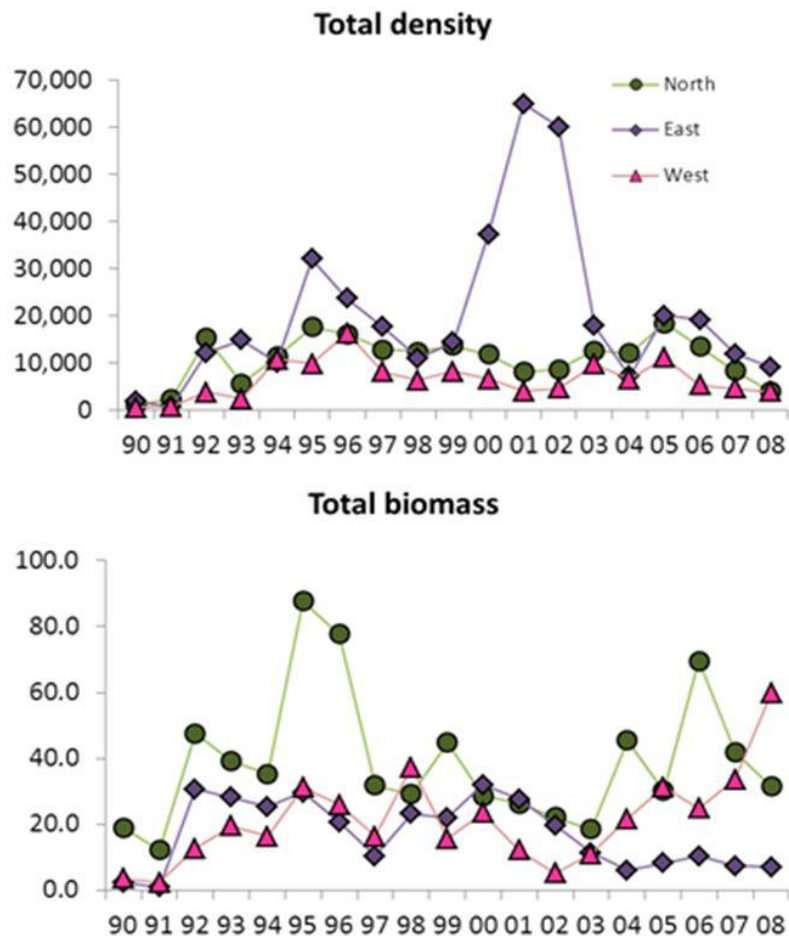
De trends in primaire productie (Figuur 2.10) hebben betrekking op de productiviteit van algen in de waterkolom, die het belangrijkste voedsel vormen voor schelpdieren en andere filtrerende dieren. De productiviteit van algen op de bodem (benthische algen, vnl. diatomeeën) is in de Oosterschelde behoorlijk hoog, vanwege de helderheid van het systeem. Hoewel dit niet gemeten is, zijn er goede aanwijzingen dat benthische primaire productie niet is afgenomen. Benthische algen zijn het belangrijkste voedsel voor veel soorten wormen, slijkgarnaaltjes en wadslakjes.

Macrobenthos

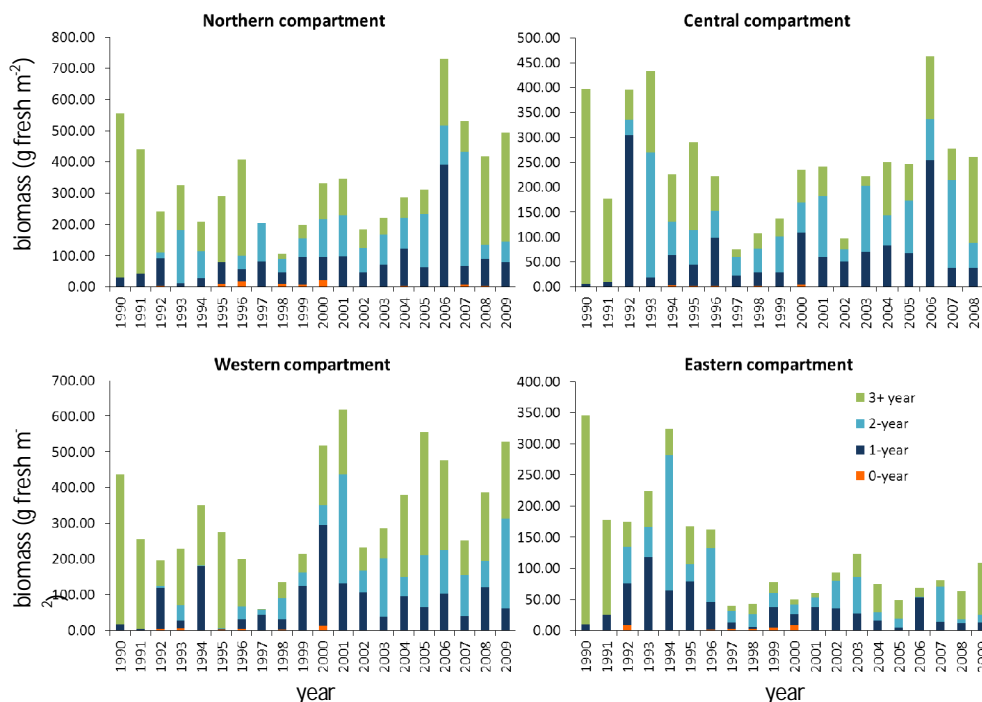
De lokale primaire productie van algen in de waterkolom en op de bodem vormen de belangrijkste voedselbron voor allerlei soorten macrobenthos (bodemdieren), die dan weer het belangrijkste voedsel zijn voor steltlopers en de bergeend (zie figuur 1.2 – effectketen). In Troost & Ysebaert (2011) zijn twee langjarige tijdreeksen geanalyseerd: macrobenthos binnen de jaarlijkse MWTL campagne uitgevoerd door NIOZ (tot 2009 niet in het midden deel) en schelpdieren binnen de jaarlijkse WOT-kokkelinventarisatie door IMARES. Er waren geen langjarige tijdreeksen beschikbaar van benthos in oesterbanken. De macrobenthos aantallen en

biomassa's in de Oosterschelde fluctueren sterk van jaar tot jaar (Troost & Ysebaert, 2011), en vertonen geen significante trend (

Figuur 2.11). De aantallen worden in belangrijke mate gedomineerd door één soort, het wadslakje *Peringia ulvae* (syn. *Hydrobia ulvae*) (64% van het aantal individuen). Andere dominante soorten zijn *Oligochaeta* (7.7%), *Pygospio elegans* (4.5%), *Aphelochaeta marina* (94%) en *Scoloplos armiger* (3%) (allen relatief kleine wormen). De fluctuaties in totale biomassa worden vooral verklaard door de fluctuaties in kokkel (*Cerastoderma edule*) biomassa, welke 54% van de totale biomassa uitmaakt. Andere dominante soorten voor de biomassa zijn *Peringia ulvae* (14%), *Arenicola marina* (9%) en *Mya arenaria* (5%). De hoogste dichtheden komen voor in deelgebied Oost, vooral in jaren met hoge *Peringia ulvae* aantallen. De hoogste biomassa wordt gemiddeld in Noordoost waargenomen. De biomassa afname in meer recente jaren in Oost, en de toename in het Westelijk deel zijn vooral te wijten aan de kokkel *C. edule*. Enkel in Oost wordt een duidelijke afname in kokkel biomassa vastgesteld (Figuur 2.12).



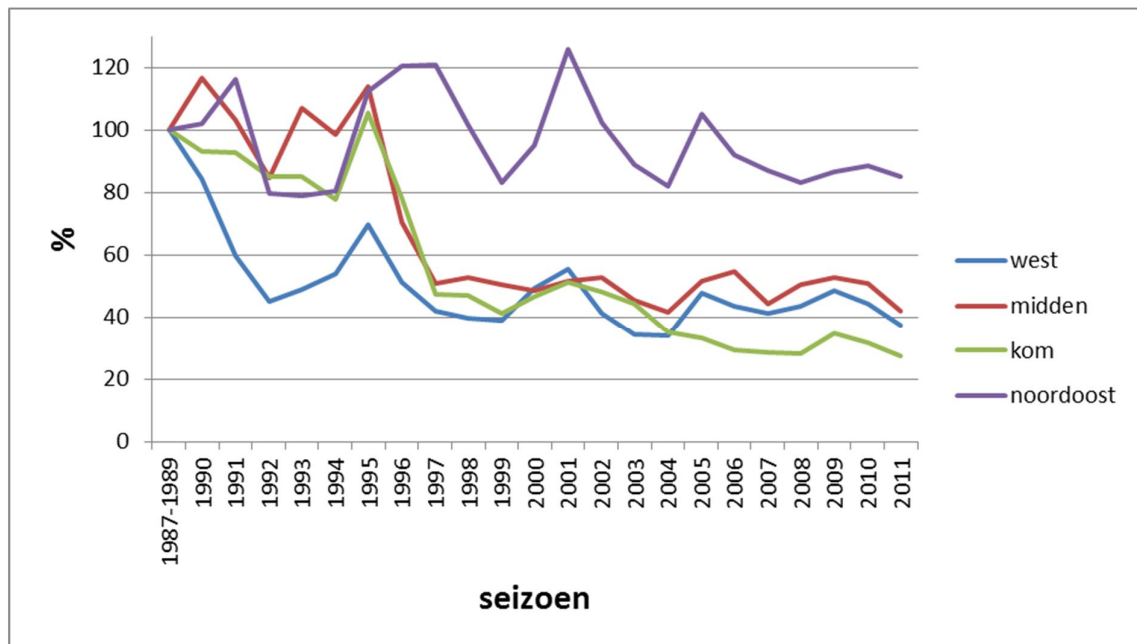
Figuur 2.11: Verloop in totale dichtheid (aantal individuen.m⁻²) en totale biomassa (g AFDW.m⁻²) bodemdieren / macrobenthos in drie compartimenten in de Oosterschelde in de periode 1990-2008. Voor het Centrale deel zijn geen gegevens beschikbaar (Bron: MWTL data, Troost en Ysebaert, 2011).



Figuur 2.12 : Kokkel biomassa (g versgewicht m^{-2}) in de vier compartimenten van de Oosterschelde. Kokkels zijn ingedeeld in vier jaarklasse n : 0-jaar (rood), 1-jaar (donker blauw), 2-jaar (licht blauw) and 3-jaar en ouder (groen) (data IMARES, WOt surveys, Troost en Ysebaert, 2011).

Het macrobenthos komt niet homogeen verspreid voor op de slikken en platen, maar hun voorkomen hangt af van allerlei factoren zoals hydrodynamiek, sedimentsamenstelling en droogvalduur. In de Oosterschelde komen doorgaans de hoogste biomassa's bodemdieren voor in de zone met 20-60 % droogvalduur, hoewel soorten zoals kokkel en mossel ook in de zone 0-20 % droogvalduur in hoge biomassa's kunnen voorkomen (Troost & Ysebaert 2011). De lagere zone is echter vaak net wat dynamischer dan de wat hogere delen, waardoor het voor sommige soorten een minder geschikt habitat vormt. De hoogste delen (60-80 % droogvalduur en vooral >80 % droogvalduur) herbergen de minste bodemdieren, hoewel sommige soorten zoals het wadslakje (*Peringia ulvae*) hier juist hun maximum halen.

Een opvallende ontwikkeling in de Oosterschelde is de uitbreiding van de Japanse oester op de slikken en platen van de Oosterschelde (zie boven). Japanse oester neemt niet dezelfde niche in als de kokkel, die over het algemeen wat hoger in de getijdenzone voorkomt, maar vormt juist rifvormige structuren laag in de getijdenzone. Deze riffen vormen een habitat voor een veelheid aan andere soorten macrobenthos, waaronder mosselen. In de Waddenzee komen Japanse oesters en mossel samen voor in banken die sterk in samenstelling variëren (Van Stralen et al. 2012). In de Oosterschelde zijn al vele jaren geen natuurlijke mosselbanken meer aanwezig maar komen mosselen plaatselijk wel in redelijk hoge dichtheden in oesterbanken voor (Troost 2009b; Brummelhuis et al. 2012). Steltlopers benutten deze oesterbanken (Wijsman et al. 2008), maar enkel Scholekster en meeuwen foerageren daadwerkelijk op Japanse oesters, weliswaar in beperkte mate (Zwarts et al. 2011). Elders is ook waargenomen dat Scholeksters in beperkte mate foerageren op Japanse oesters (referenties in Troost 2010).



Figuur 2.13 : Aantalverloop van de Scholekster in de verschillende deelgebieden van de Oosterschelde (West, Midden, Oost(Kom) en Noordoost)

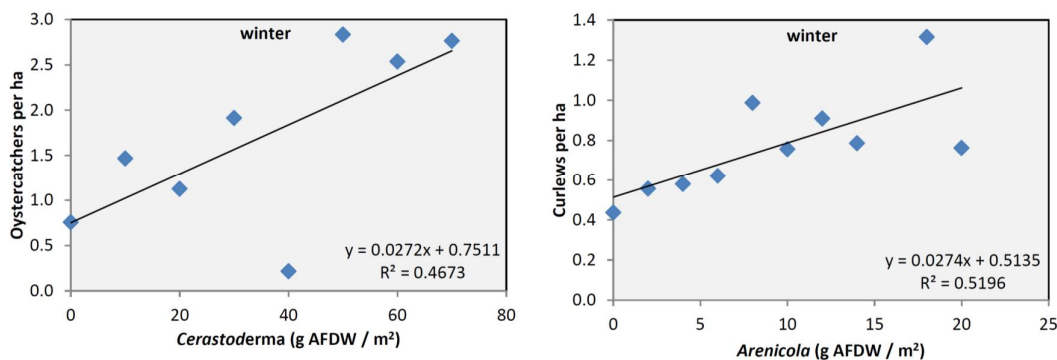
Veranderingen in de productiviteit van het systeem en de huidige staat van (over)begrazing kunnen een rol spelen op de draagkracht van het gebied voor vogels, maar dit is verder in ANT niet nadrukkelijk onderzocht. Duidelijke aanwijzingen voor een effect hiervan zijn niet voorhanden.

Er blijkt geen duidelijke relatie te bestaan tussen de veranderingen in vogelaantallen en veranderingen in het macrobenthos (voedsel) op basis van de hierboven gepresenteerde data (Troost en Ysebaert 2011). Enkel voor de Scholekster kan een verband aangetoond worden tussen veranderingen in het voedselaanbod en de trends in Scholekster aantallen in de vier deelgebieden van de Oosterschelde. Scholeksters eten vooral mosselen en kokkels. Een eerste belangrijke factor is de verandering van ruimtegebruik door de mosselsector (zie boven). De grootste afname van Scholeksters in de Oosterschelde heeft plaatsgevonden tussen 1994 en 1997 (Figuur 2.13), samenvallend met de periode van verplaatsen van de mosselpercelen van het litoraal naar het sublitoraal. Dit is een sterke aanwijzing dat in elk geval voor Scholeksters, voedselbeperking een belangrijke factor is die de aantallen van deze soort reguleert. Een andere factor is de afname van het kokkelbestand in deelgebied Oost (Figuur 2.12). Dit heeft er toe geleid dat in Oost de afname in Scholeksteraantallen zich heeft doorgezet en er nu nog slechts 27% overblijft (Figuur 2.13). De kleinste afname zien we in noordoost, waar nog 85 % van de oorspronkelijke aantallen overblijft. Door Troost & Ysebaert (2011) werden ook correlaties gevonden tussen het wadslakje (*Peringia ulvae*) en de bergeend en kanoet in sommige deelgebieden. Deze correlatie werd bevestigd door waarnemingen door Zwarts et al (2011).

Prooikeuze

Steltlopers eten verschillende soorten prooien, afhankelijk van de soort, seizoen, bodemgesteldheid, etc. Sommige soorten zijn eerder specialisten, met een beperkte prooikeuze, zoals Scholekster en Kanoet. Deze soorten foerageren vooral op schelpdieren. Andere soorten hebben een breder spectrum aan prooidieren. Grotere soorten nemen

doorgaans ook grotere prooien. De prooikeuze van de verschillende steltlopersoorten in de Oosterschelde is slechts beperkt bekend, zeker voor de meer recente situatie. De Scholekster foerageert in de Oosterschelde vooral op kokkels (*Cerastoderma edule*), maar eet in de nazomer daarnaast ook wadpieren, en in mindere mate mosselen, nonnetjes, zeeduizendpoten en Japanse oesters (Zwarts 2009, op basis van veldwaarnemingen). Opvallend is dat heel wat soorten steltlopers in de Oosterschelde op garnalen (*Crangon crangon*) en strandkrabben (*Carcinus maenas*) foerageren, vooral in de zomer (Zwarts et al. 2011). In de winter hebben wormen en schelpdieren een groter aandeel. *Arenicola*, *Nereis* en *Scoloplos* vormen de belangrijkste prooi-soorten. Zo foerageert de Wulp voor 80% op krabben in de nazomer en het voorjaar, maar vormt ook de wadpier en in mindere mate de strandgaper *Mya arenaria* een belangrijke prooi in winter (Zwarts et al. 2011). Net zoals voor Scholekster en Wulp een relatie gevonden werd met het voorkomen van hun belangrijkste prooi (Figuur 2.14), werd eenzelfde relatie vastgesteld tussen zilverplevier en bonte strandloper en “kleine wormen” (kleine wormen vormen een verzameling van allerlei kleine soorten zoals draadwormen, zeeduizendpoten, wapenwormen), en tussen bergeend en wadslakje (*Peringia ulvae*) (Zwarts et al. 2011). Ook de kanoeten, die zich in de winter concentreerden bij de Oesterdam, foerageerden in de zone waar het wadslakje dominant was (Zwarts et al. 2011). Het wadslakje komt typisch voor op de hogere delen, vandaar dat bergeend en kanoet vaak foeragerend werden waargenomen op de hogere delen, en daarmee een ander verspreidingsgedrag vertoonden dan de meeste andere soorten steltlopers. Er moet benadrukt worden dat deze vaststellingen gebaseerd zijn op een relatief klein aantal waarnemingen, en meer waarnemingen nodig zijn om dit te kunnen veralgemenen (Zwarts et al. 2011).



Figuur 2.14 : Gemiddelde vogeldichtheid bij laagwater (-2 uur tot + 2 uur t.o.v. laagwater) in de winter in relatie tot de biomassa van de belangrijkste prooi-soort: Scholekster vs. Kokkel (*Cerastoderma edule*) (links) en Wulp vs. Wadpier (*Arenicola marina*) (rechts). Uit: Zwarts et al. (2011).



Figuur 2.15 : Foeragerende Scholeksters, Rosse grutto, Drieteenstrandlopers, Groenpootruiter en Zilverplevier op de Roggeplaat in mei 2011 (Foto Leo Zwarts, Zwarts et al. 2011).

2.3.2.1 Voedselbereikbaarheid

Foerageeropervlakte

Het areaal platen en slikken neemt door erosie en zeespiegelstijging met ongeveer 60 ha per jaar af. Sinds 1987 is zo'n 1300 ha verloren gegaan, wat 11 % van de totale oppervlakte slikken en platen in de Oosterschelde is. Dit heeft echter niet geleid tot een duidelijke afname in aantallen steltlopers (zie boven). Alleen de Scholekster neemt gestaag in aantallen af. Voor deze soort is de beschikbaarheid en bereikbaarheid van kokkels waarschijnlijk een beperkende factor. Daarnaast vertonen scholeksters een grote mate van interferentie gedrag, waarbij dominante dieren prooien stelen van subdominante dieren die dan weer ontwijkgedrag gaan vertonen) (Schellekens et al. 2012). Bij kleiner wordend areaal zal deze interferentie toenemen. Zelfs als er in theorie voldoende voedsel beschikbaar is, hebben deze dieren een minimum areaal nodig om te foerageren.

Droogvalduur

Naast voldoende (geschikt) voedsel moeten vogels ook voldoende lang kunnen foerageren om in hun energiebehoefte te kunnen voorzien (zie boven). Gemiddeld kunnen we stellen dat de droogvalduur in de Oosterschelde met ongeveer een uur is afgenomen (zie 2.1.4). Net als de totale oppervlakte heeft deze vermindering in droogvalduur niet zichtbaar geleid tot lagere aantallen vogels. Steltlopers en bergeend hebben maximaal 7 tot 9 uur per laagwater nodig om te foerageren, wat betekent dat de droogvalduurklasse tot 80% van groot belang is, vooral in de winter en in het voorjaar, wanneer de energiebehoefte groot is (en de voedseldichtheid beperkt is). De afname in de droogvalduurklasse 40-60% en 60-80% in de periode 1990-2010 lijken nog geen invloed te hebben op de vogelaantallen. Enkel voor de Scholekster zijn er aanwijzingen dat hun favoriete prooi, de kokkel, op een aantal plekken in de Oosterschelde onvoldoende lang beschikbaar is tijdens laagwater. Het feit dat we de laatste jaren een afname zien van sommige soorten kan er wél op wijzen dat de draagkracht begint af te nemen, maar omdat vogelaantallen van nature sterk fluctueren kunnen we dit niet met zekerheid stellen (zie verder hoofdstuk 3).

Oppervlaktevorm

Een ander fenomeen is dat door het dalen en vlakker worden van de getijdeplaten er meer water blijft staan op de slikken en zandplaten. Dit komt waarschijnlijk een aantal schaaldieren ten goede die in deze plasjes goed gedijen, waaronder de garnaal *Crangon crangon* en strandkrab *Carcinus maenas*. Kwantitatieve gegevens over deze mobiele epifauna ontbreken echter. De veldwaarnemingen van Zwarts et al. (2011) laten wel zien dat garnalen en krabben een belangrijk deel van het dieet uitmaken van heel wat soorten steltlopers, vooral in de nazomer (zie boven).

Verstoring

Een ander aspect dat invloed kan hebben op de foerageertijd is verstoring. Menselijke verstoring, maar ook verstoring door predatoren, kan er toe leiden dat vogels minder voedsel kunnen opnemen. In de Oosterschelde zijn heel wat gebieden gesloten voor het publiek, maar op andere plaatsen vindt verstoring plaats door betreding van de slikken en platen. Dit kan bijv. gaan om pierenspitters, maar ook wandelaars. Lokaal is door Zwarts et al. (2011) vastgesteld dat het uitlaten van honden op de slikken van de Dortsman tot grote verstoring leidt en grote delen van het slik (tijdelijk) ongeschikt maakt voor foeragerende steltlopers. Het recent veranderd ruimtegebruik voor recreatieve doeleinden zoals kite surfen en de aanleg/openstelling van buitendijkse fietspaden zijn mogelijk van invloed op de aantallen en verspreiding van de watervogels (Strucker et al. 2013). Door het toenemend aantal slechtvalken in Nederland, neemt ook de verstoring door deze predator toe (Zwarts et al. 2011).

Hoogwatervluchtplaatsen (HVP's) / Plan Tureluur

Tijdens hoogwater, wanneer alle geschikte foerageerplaatsen onder water staan, gebruiken steltlopers rustige, hoger gelegen delen om te rusten en voedsel te verteren. Aanwezigheid van deze hoogwatervluchtplaatsen in de nabijheid van foerageergebieden zijn mede bepalend voor de draagkracht van een gebied als geheel. Vliegen kost veel energie en bij toegenomen vlieggkosten kunnen vogels in perioden met een hoge energiebehoefte (opvetten in najaar en voorjaar, strenge winters) beslissen om bepaalde foerageergebieden niet meer te benutten.

Ter compensatie van het verlies aan natuurwaarden in de Oosterschelde door de Deltawerken werd in 1991 het 'Plan Tureluur' gepresenteerd, de aanzet tot grootschalige natuurontwikkeling rond de Oosterschelde. Met name na de eeuwwisseling zijn grote oppervlakten natuurgebied aangelegd langs de zuidkust van Schouwen (Prunje en alles oost daarvan tot aan Zierikzee) en op Tholen (Scherpenissepolder, Schakerloopolder) (Strucker et al. 2013). Naast het feit dat deze inlagen een belangrijke foerageerfunctie vervullen voor heel wat soorten steltlopers (tureluur, kluut, groenpootruiter, etc.), zijn deze gebieden ook belangrijke hoogwatervluchtplaatsen voor steltlopers die in de Oosterschelde foerageren, met name in het westelijk gebied.

Factoren buiten de Oosterschelde

Draagkracht van het systeem voor vogels wordt uiteraard bepaald door veel meer factoren dan alleen oppervlakte en beschikbaarheid van het foerageergebied (droogvalduur). De aantallen geobserveerd in een gebied zoals de Oosterschelde zijn niet zelden gecorreleerd met de Europese populatiedynamiek die vaak sterk gecorreleerd is met klimaatomstandigheden in zowel het broedgebied (laag broedsucces door bv. extreme weersomstandigheden, of juist hoog broedsucces), als in het overwinteringsgebied (bv.

sterfte of lage aantallen door gewijzigd doortrekgedrag in onze contreien wegens strenge vorst). Vandaar dat het belangrijk is om de trends in de Oosterschelde te beschouwen tegen de trends in andere gebieden. Een aantal soorten zoals Drieteenstrandloper, Bonte strandloper en Wulp vertonen ook in de Westerschelde en de Waddenzee een toename in dezelfde periode, terwijl Scholeksters ook afnemen in de Waddenzee en de laatste jaren ook in de Westerschelde en in Groot-Brittannië (Strucker et al. 2012).

2.4 Welke delen van de platen en slikken zijn nu echt van belang voor steltlopers in de Oosterschelde?

2.4.1 Hoogtezones / Droogvalduren

De draagkracht van een bepaald deelgebied voor vogels kan door verschillende factoren worden beperkt. In de afgelopen decennia is het areaal relatief rijk foerageergebied dat lang overstroomd wordt (droogvalduur < 40%) niet sterk afgenomen (zie ook Troost & Ysebaert 2011). Hoewel er ook van dit areaal sediment naar diepere delen verloren gaat wordt dit areaal “gevoed” door sediment van hoger gelegen delen en hogere delen die eroderen zijn in de loop der tijd korter droog gaan liggen (zie figuur 2.17). Het gebied dat langer droog ligt (40-80 % droogvalduur) is in de afgelopen decennia wel afgenomen en de verwachting is dat deze afname zich doorzet. Ofschoon dit gebied iets minder voedselrijk is (vooral de zone 60-80%; Troost & Ysebaert 2011), is dit areaal van groot belang voor de vogels omdat dit gebied lang bereikbaar is. Met name in de wintermaanden is dit gebied essentieel omdat zij hier lang kunnen foerageren. Onze inschatting is dat juist dit wat hoger gelegen gebied met 40-80% droogvalduur, de grote bottleneck gaat vormen die de draagkracht van de Oosterschelde voor steltlopers en bergeenden zal beperken. De zeer hoge delen die meer dan 80% van de tijd droog liggen zijn erg arm in bodemdieren. Deze delen zijn wel het grootste deel van de tijd bereikbaar, maar zijn vanwege de lage voedseldichtheid minder geschikt voor de meeste soorten vogels.

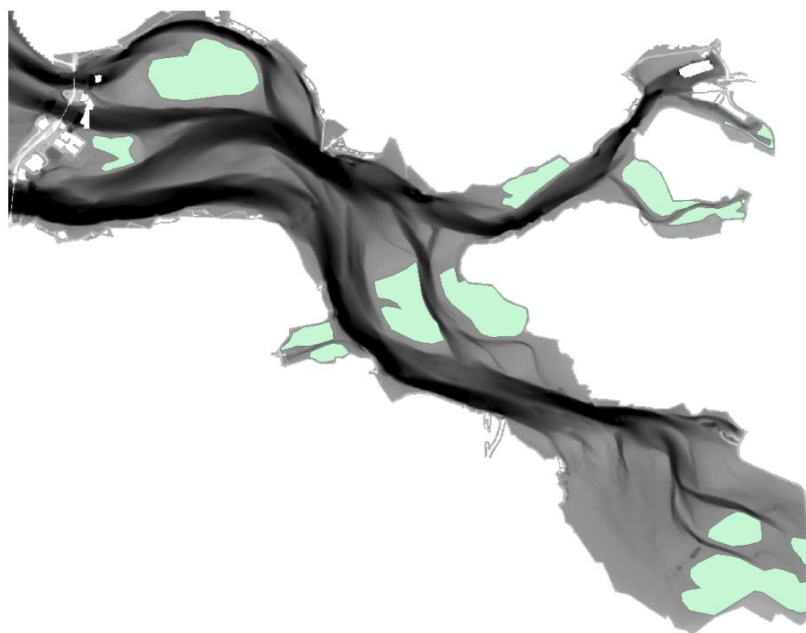
2.4.2 Geografische verschillen

De vier deelgebieden West, Midden, Oost en NoordOost van de Oosterschelde verschillen in veel opzichten van elkaar. Het deelgebied West heeft een grotere uitwisseling van zeewater met de Noordzee en daar zijn de problemen met productiebeperking door overbegrazing minder dan in de andere deelgebieden. In deelgebied Oost is juist de beperking van productiviteit door de lange verblijftijd van het water, hoge graasdruk en relatief gering waterdiepte veel groter. Daarnaast zijn er benthosoorten en vogelsoorten die alleen in sommige delen, maar niet in andere delen voorkomen (Troost & Ysebaert 2011). De Drieteenstrandloper bijvoorbeeld, komt bijna uitsluitend in het Westelijk deel voor. De vier gebieden zijn dus niet zonder meer vergelijkbaar.

2.4.3 Kerngebieden

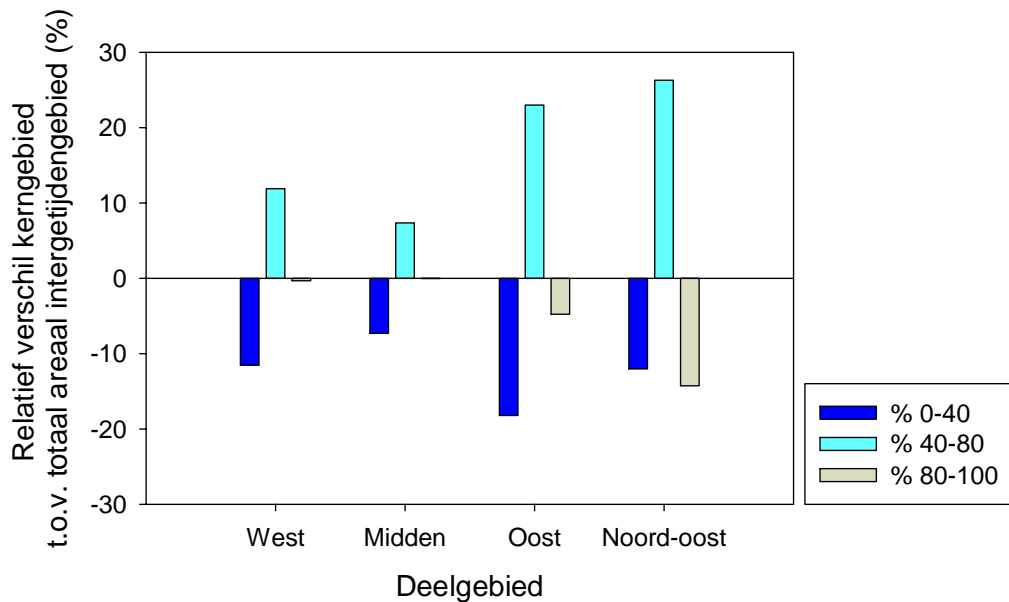
Behalve de aanwezigheid van foerageer areaal met voldoende droogvalduur kunnen in bepaalde delen beperkingen optreden voor de draagkracht voor vogels door andere factoren. Hoewel hiernaar geen onderzoek is gedaan, weten we dat zaken als verstoring (door mensen of door predatoren), lange vliegafstanden tot HVP's (wat hoge energetische kosten met zich meebrengt) of een lage voedseldichtheid, bijvoorbeeld door een lage productiviteit van een deelgebied, of door een hoge dynamiek van de bodem waardoor langlevende soorten zich er niet kunnen vestigen, effect kunnen hebben op de verspreiding en verdeling van vogels over het gebied. Vogels zijn dan ook in de praktijk niet evenredig verdeeld over het gebied. Bepaalde gebieden zijn rijker aan vogels dan andere delen. Op basis van expert judgement zijn door een aantal gebiedsdeskundigen “kerngebieden” bepaald waar de overgrote

meerderheid van de vogels van afhankelijk is (Figuur 2.16). Het totale oppervlakte van de kerngebieden (± 5300 hectare) is ongeveer de helft (45 %) van het totale areaal aan platen en slikken.



Figuur 2.16: Ligging van de kerngebieden(groen).

Het belangrijkste criterium voor de keuze van kerngebieden is de aanwezigheid van een fors areaal met lange droogvalduur (40-80%). Andere criteria zijn: relatief weinig verstoring, relatief grote stabiliteit (gebieden met zeer hoge erosiesnelheden vallen er buiten), geen hoogdynamische gebieden, waar zich over het algemeen weinig voedsel bevindt. De intergetijdengebieden buiten de kerngebieden liggen gemiddeld gezien een stuk lager (Figuur 2.17). Ofschoon dus het totale oppervlak kerngebied: niet- kerngebied ongeveer 50:50 is, is de verhouding tussen totaal aantal uren beschikbare foerageertijd in het voordeel van de kerngebieden. De heel hoog gelegen delen (> 80% droogvalduur) zijn voor het grootste deel buiten de kerngebieden gelaten (Figuur 2.17), maar vertegenwoordigen slechts een kleine oppervlakte (behalve in noordoost; zie Figuur 2.17).



Figuur 2.17: Vergelijking tussen verhouding areaal 0-40%, 40-80% en >80% droogvalduur in de verschillende deelgebieden. In de kerngebieden is relatief meer areaal 40-80% droogvalduur aanwezig en minder laag en zeer hoog gebied.

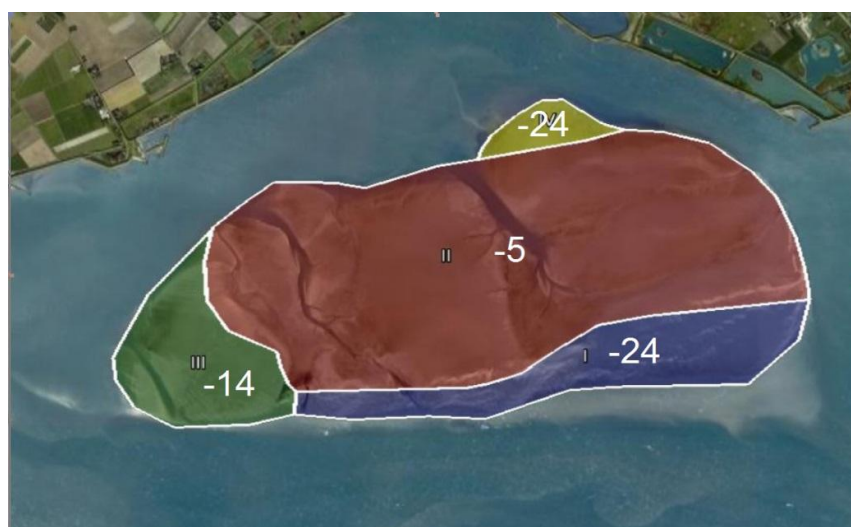
Wanneer vogels hun foerageertijd volledig evenredig over alle gebieden zouden verdelen, zou dat inhouden dat ze ongeveer 65% van de tijd in kerngebieden doorbrengen en 35% daarbuiten. Uit veldwaarnemingen en achtergrondkennis van literatuur en specialisten blijkt echter dat vogels zich waarschijnlijk disproportioneel ophouden in de kerngebieden. Op basis van expert judgement mogen we er van uitgaan dat 80 à 90 % (gemiddeld 85%) van de vogels afhankelijk is van de kerngebieden en alle overige gebieden slechts voor 10 à 20 % (gemiddeld 15%) van de vogels van belang zijn. Deze aanname wordt verder meegenomen in de voorspellingen naar de toekomst (hoofdstuk 3).

3 Verwachte ontwikkelingen zonder maatregelen tot 2060

3.1 Ontwikkeling in zeespiegelstijging en morfologie

3.1.1 Aanpak

Voor de voorspelling van de morfologische ontwikkelingen in de Oosterschelde is gebruik gemaakt van een gecombineerde methode. Op basis van de vlakdekkende vaklodingen, aangevuld met gebiedskennis en via expert judgement, zijn gebieden bepaald met ongeveer gelijke mate van erosie (zie Figuur 3.1). De trend behorende bij deze gebieden is bepaald met de meer nauwkeurige RTK data (Santinelli e.a., 2012). Deze berekende trends over de periode 1990 – 2010, worden verondersteld ook te gelden tot 2060. In de berekeningen zijn zowel de eroderende als “sedimenterende” delen van het intergetijdengebied meegenomen. Op drie locaties (Roggenplaat, Galgeplaat en Krabbekreek) is duidelijk sprake van ruimtelijke verschuivingen van de gebieden met hoge erosiesnelheden. In de voorspelling is dit meegenomen door de begrenzing van de sub-onderdelen in de tijd te verschuiven. Figuur 3.1 geeft als voorbeeld de indeling in erosiegebieden voor de Roggenplaat.



Figuur 3.1: Voorbeeld voor de Roggenplaat met de gebiedsindeling voor de gekozen erosiegebieden in 2010. De getallen geven de erosiesnelheid weer in mm/jaar zonder zeespiegelstijging.

Door de zeespiegelstijging zal het areaal intergetijdgebied nog verder afnemen. Voor de ANT-OS studie is gebruik gemaakt van de drie KNMI scenario's (KNMI, 2006):

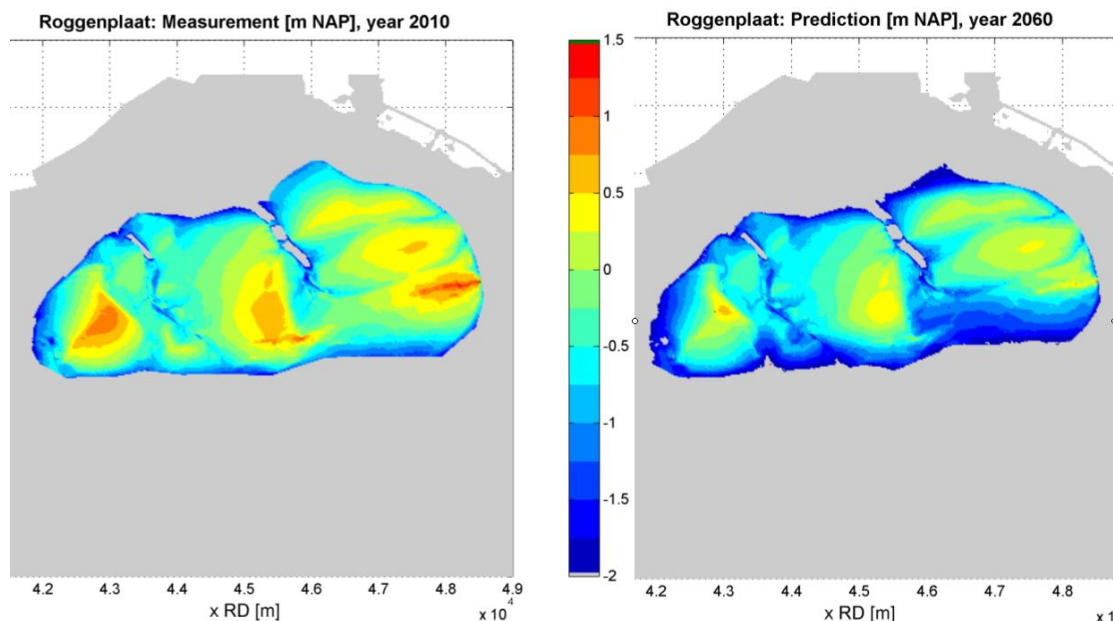
- Scenario Laag: 35 cm over de periode 1990–2100:
 - 15 cm over de periode 1990–2050 (2.5 mm/jaar)
 - 20 cm over de periode 2050–2100 (4 mm/jaar)
- Scenario Midden: 60 cm over de periode 1990–2100:
 - 25 cm over de periode 1990–2050 (4.17 mm/jaar)
 - 35 cm over de periode 2050–2100 (7 mm/jaar)
- Scenario Hoog: 85 cm over de periode 1990–2100:
 - 35 cm over de periode 1990–2050 (5.83 mm/jaar)
 - 50 cm over de periode 2050 - 2100 (10 mm/jaar)

Over de binnen ANT-OS beschouwde periode 2010–2060 is de zeespiegelstijging respectievelijk 14, 24 en 33 cm voor de scenario's laag, midden en hoog.

Nadat de bodemveranderingen en de zeespiegelstijging vastgesteld zijn voor een bepaald jaar, kunnen op eenvoudige wijze de veranderingen in droogvalduur bepaald worden en daarmee de arealen met een bepaalde droogvalduurklasse (Santinelli e.a., 2012). Als uitgangspunt is de droogvalduurkaart van 2010 (Rijkswaterstaat, Zee en Delta) genomen). Met behulp van deze data van 2010 is een relatie gevonden tussen hoogte en droogvalduur. De afgeleide hiervan is gebruikt om bodemveranderingen en zeespiegelstijging om te rekenen naar veranderingen in droogvalduur per gridcel.

3.1.2 Veranderingen in bodemligging en droogvalduur

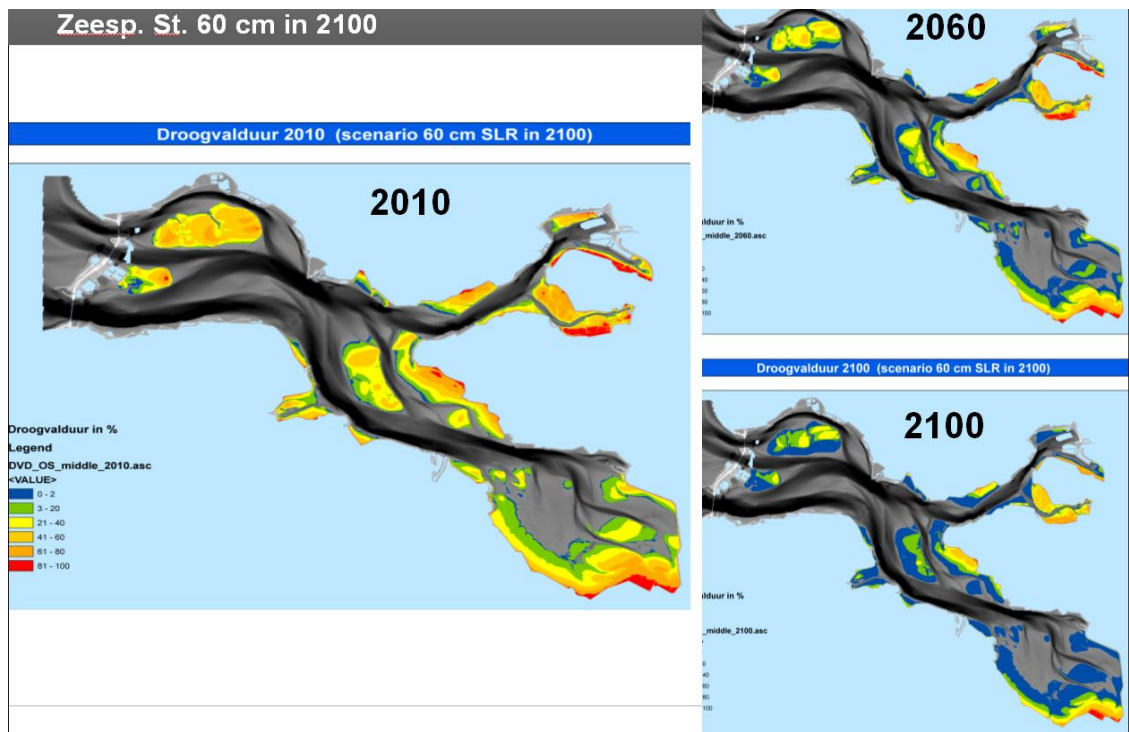
De resultaten voor de Roggenplaat voor de bodemveranderingen (erosie) in het jaar 2060, staan in Figuur 3.2, evenals de beginbodem van 2010. De zuidelijke rand en het noordelijke puntje eroderen duidelijk sneller. De morfologische vormen zullen zich in werkelijkheid wel verplaatsen, dit is niet in de voorspelling meegenomen. Het opschuiven van de zware erosiegebieden is wel meegenomen (3.1.1). Voor de uiteindelijke bepaling van de arealen per droogvalduurklasse is dit ook niet van belang.



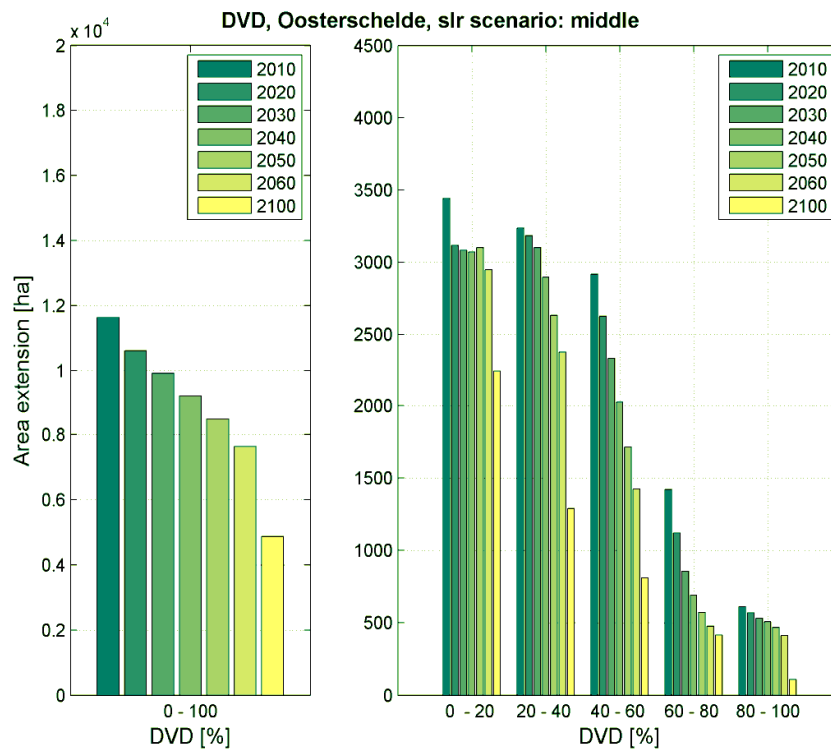
Figuur 3.2: Bodemverandering tussen 2010 en 2060 van de Roggenplaat, hoogte in m t.o.v. NAP.

3.1.3 Droogvalduur en arealen

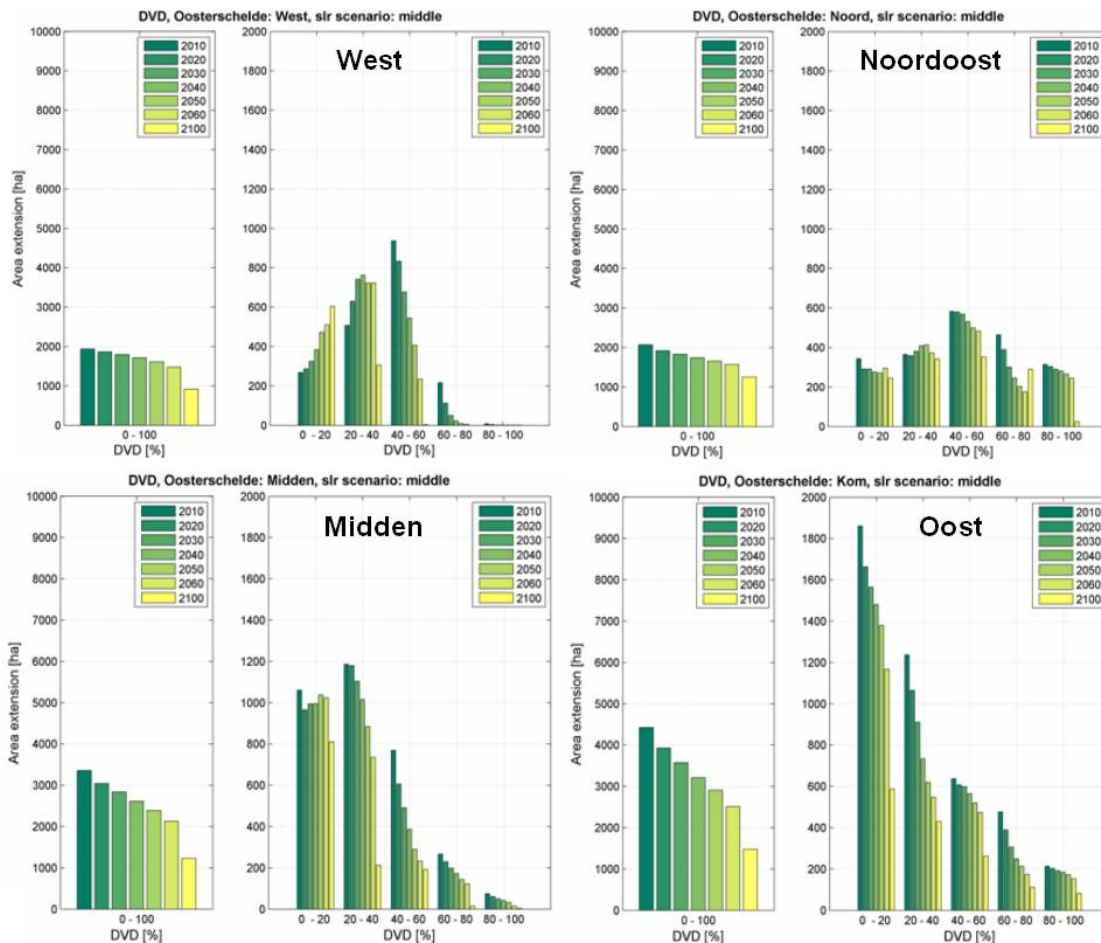
De voorspellingen van droogvalduurontwikkeling voor 2060 en 2100 zijn weergegeven in figuur 3.3, uitgaande van 60 cm zeespiegelstijging over de periode 1990 - 2100. Opvallend is de snellere afname van het areaal met droogvalduurklasse 40-60 % ten opzichte van de afname van het totale areaal (=droogvalduurklasse 0-100%). Het beeld voor 2100 is vanwege de grote tijdsspanne waarover voorspeld wordt minder nauwkeurig en moet alleen gezien worden als een indicatie. De voorspellingen voor 2020, 2030, 2040, 2050 en 2060 hebben een onzekerheid die toeneemt met de voorspelhorizon.



Figuur 3.3: Veranderingen in droogvalduur voor 2060 en 2100 (alleen indicatie) uitgaande van het midden scenario voor zeespiegelstijging (60 cm over de periode 1990 - 2100), t.o.v. de situatie in 2010.

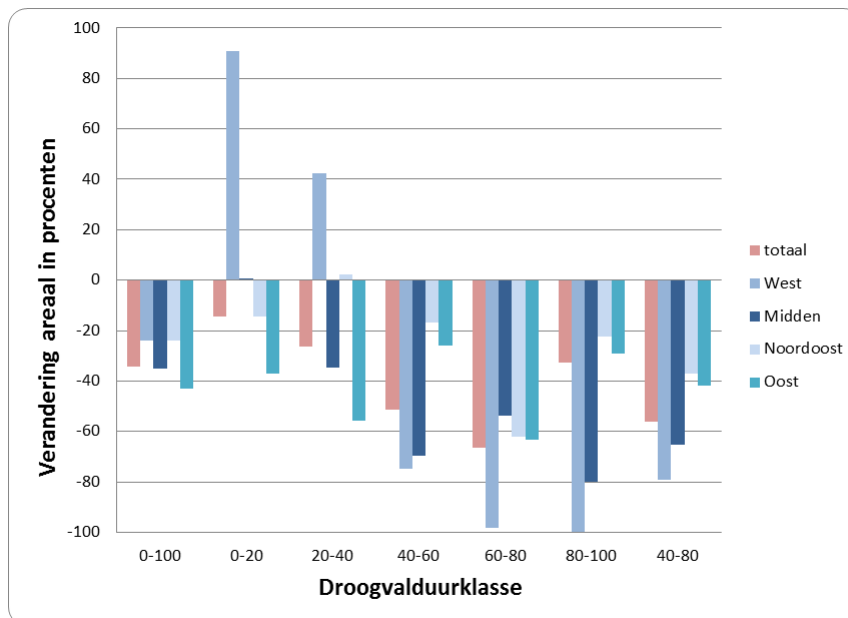


Figuur 3.4: Verloop in de tijd voor de gehele Oosterschelde van de arealen per droogvalduurklasse voor het scenario met gemiddelde zeespiegelstijging (60 cm over de periode 1990 - 2100).



Figuur 3.5: Verloop in de tijd voor de vier deelgebieden van de arealen per droogvalduurklasse voor het scenario met gemiddelde zeespiegelstijging (60 cm tot 2100).

Figures 3.4 en 3.5 geven voor de volledige Oosterschelde en de vier deelgebieden afzonderlijk de ontwikkeling in areaal van de verschillende droogvalduurklassen tot 2100. In de gebieden West en Noordoost nemen de arealen met droogvalduurklasse 20-40 eerst nog toe. De verklaring is te vinden in de erosie van de hoger gelegen gebieden die daardoor in een lagere klasse van droogvalduren terecht komen; de zeespiegelstijging draagt hier nog verder aan bij. Gebieden met bijvoorbeeld droogvalduur 40-60% veranderen daardoor in gebieden met droogvalduur 20-40%. In West leidt dit tot de toename in de tijd van de droogvalduurklassen 0-20% en 20-40%. In de overige gebieden speelt hetzelfde fenomeen, maar daar is de afname van de lagere gebieden dermate sterk dat de toename door dit van klasse overspringen van stukken areaal teniet gedaan wordt.

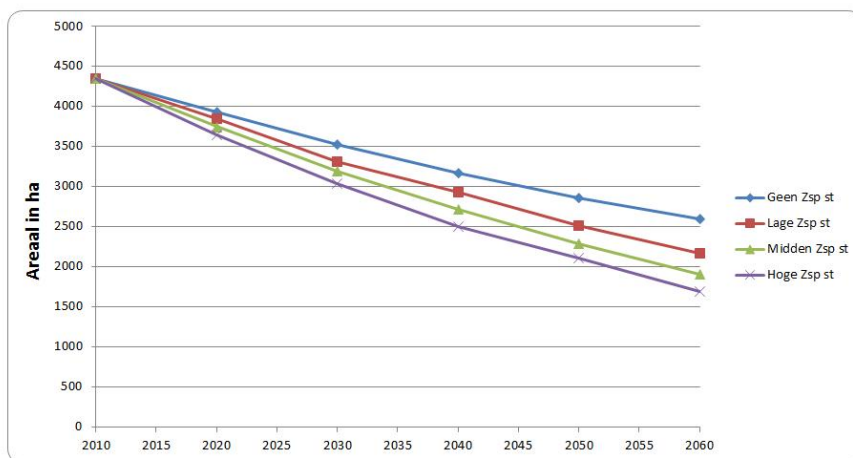


Figuur 3.6 Verandering areaal in procenten met een bepaalde droogvalduurklasse tussen 2010 en 2060 voor de deelgebieden en voor de gehele Oosterschelde.

Figuur 3.6 geeft ter vergelijking, voor de deelgebieden de verandering in areaal over de periode 2010–2060, voor de verschillende droogvalduurklassen. Het totale areaal intergetijdengebied neemt de komende 50 jaar in deelgebied Oost (de Kom) het meeste af met ruim 40%, de deelgebieden West en Noordoost nemen het minste af met ongeveer 25 %. De lagere gebieden (droogvalduurklassen 0-20 en 20–40) nemen eveneens het meeste af in deelgebied Oost. In het deelgebied West nemen deze lage gebieden juist toe met resp. 90 en 40%, doordat relatief veel hogere gebieden veranderen in lagere gebieden. De hogere gebieden met droogvalduurklassen 40-60, 60–80 en 80-100 nemen dan ook het meeste af in dit deelgebied West met respectievelijk 75, 98 en 100 %. Het areaal met 60-100% droogvalduur is in 2060 nagenoeg verdwenen. In de laatste groep zijn de areaalveranderingen gegeven voor de droogvalduurklasse 40-80, de voor vogels in de Oosterschelde meest belangrijke zone (H2. 2.4.1). Voor de gehele Oosterschelde is de achteruitgang 56% in 2060. De grootste achteruitgang is wederom in West (80 %) en de achteruitgang is het minst in de deelgebieden Oost en Noordoost (ongeveer 40 %). In het gebied Midden neemt dit areaal met 65% af.

Invloed van zeespiegelstijging

Voor het gebied met droogvalduur 40-80% is in Figuur 3.7 de afhankelijkheid van de scenario's voor zeespiegelstijging gegeven. Zonder zeespiegelstijging is in 2060 ongeveer 40% van het areaal verdwenen en met het lage, midden en hoge scenario respectievelijk 50, 56 en 61%. De verschillen tussen de drie scenario's zijn dus beperkt.



Figuur 3.7: Afname van het areaal met droogvalduur tussen 40 en 80% afhankelijk van zeespiegelstijging.

3.2 Ontwikkeling veiligheid

De verwachting voor een doorgaande erosie van intergetijdengebieden zal een evenredige verhoging tot gevolg hebben van de golfbelasting op de waterkeringen. Uit een quickscan (RWS, 2013) komt naar voren dat er, onder andere door het gebruik van veiligheidsmarges bij het ontwerp en door het gebruik van het nieuwste rekenmodel bij deze toetsing, nagenoeg overal voldoende marge is om tot 2060, de zwaardere golfbelasting door de zandhonger op te kunnen vangen.

Echter, het feit dat de erosie van platen en vooroevers sterker is dan de erosie waar mee gerekend is bij het ontwerp, leidt er wel toe dat de robuustheid van de waterkeringen afneemt en dat de afschrijvingsduur wordt bekort.

3.3 Ecologie – Ontwikkeling aantallen steltlopers

3.3.1 Aanpak en aannames

Door de zandhonger in de Oosterschelde wordt het areaal aan foerageergebied voor steltlopers en eendachtigen als de bergeend kleiner en wordt tevens de tijd dat het gebied toegankelijk is voor vogels om te foerageren korter. Op dit moment zijn de aantallen nog niet afgenomen in vergelijking tot de situatie eind jaren '80. Dit leidt tot de conclusie dat er tot nu toe nog ruimte in de draagkracht van het gebied voor vogels zat. Echter als de huidige trends in erosie doorzetten dan zal op termijn oppervlak en/of foerageertijd beperkend gaan worden. Vanuit een voorzorgsprincipe wordt er voor de voorspellingen binnen het ANT-OS project van uit gegaan dat de draagkracht nu (situatie gebaseerd op de aantallen gepresenteerd in Tabel 2.1 en 2.2, hierna referentiejaar 2010 genoemd) bereikt is. Een aanwijzing hiervoor is dat de laatste jaren in de Oosterschelde de aantallen van heel wat soorten niet meer stijgen en voor sommige soorten dalend zijn.

De verspreiding van steltlopers in de Oosterschelde is niet homogeen en wordt beïnvloed door een heleboel factoren. In hoofdstuk 2 is toegelicht welke factoren hierbij een rol spelen en welke gebieden het belangrijkste geacht worden voor foeragerende steltlopers. Wanneer we willen voorspellen hoeveel vogels er nog voorkomen in de Oosterschelde in 2060, kunnen we uitgaan van een aantal 'modellen' die op basis van de ontwikkelingen in areaal, droogvalduur, al dan niet rekening houdend met deelgebieden en/of kerngebieden, een trend

in de aantallen laten zien. Uiteindelijk is gekozen voor een benadering die voortvloeit uit de observaties en vaststellingen in hoofdstuk 2.

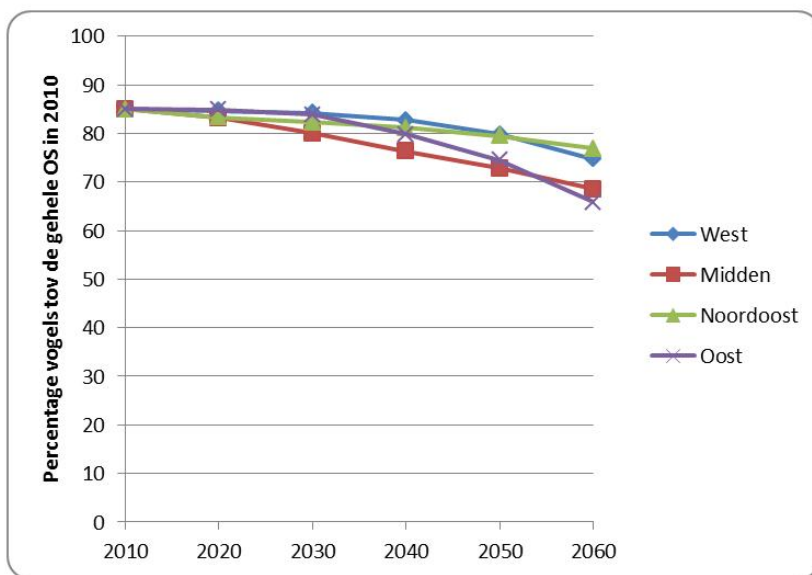
Allereerst is de Oosterschelde geen homogeen gebied en de vier grote deelgebieden (West, Midden, Noordoost en Oost) verschillen qua karakter en vogelsamenstelling. De vier deelgebieden zijn dus niet zondermeer vergelijkbaar. In hoofdstuk 2 hebben we verder beargumenteerd dat een aantal kerngebieden in de Oosterschelde disproportioneel van belang zijn voor steltlopers (45% van het areaal herbergt ongeveer 80-90% van de vogel aantallen), en dat binnen deze kerngebieden de ontwikkeling in het areaal met droogvalduur 40-80% limiterend gaat werken op de vogelstand. Het lager gelegen deel (areaal met droogvalduur <40%) is eveneens van groot belang voor de vogels, maar blijft naar verwachting tot 2060 nog voldoende aanwezig en is daarmee niet beperkend. Op langere termijn, wanneer ook deze lager gelegen gebieden afnemen, moet ook hiermee rekening gehouden worden bij het voorspellen van de aantallen. Wat er met de vogels die in de niet-kerngebieden voorkomen (geschat op 15%) gaat gebeuren in 2060, is nog moeilijker te voorspellen, omdat hier andere factoren (zie 2.4.3) spelen waarvan de toekomstige ontwikkelingen niet bekend zijn. Om de ontwikkelingen in de vogelaantallen te beschrijven gaan we dus uit van kerngebieden en deelgebieden, en kijken we naar de ontwikkeling binnen deze gebieden van het totale areaal, en vervolgens het areaal 40-80% droogvalduur. Dit is realistisch, met slechts 40% van de tijd beschikbaar om te foerageren kunnen de steltlopers niet meer in hun energiebehoefte voldoen. Als dit areaal verdwenen is zullen er geen steltlopers meer kunnen zijn. De aanpak houdt geen rekening met hoe steltlopers verspreid zijn over het intergetijdengebied en mogelijk bepaalde zones prefereren boven andere en met verschillen in gedrag tussen soorten.

Naast deze relatief eenvoudige aanname van relatie tussen vogelaantallen en areaal (al dan niet met een focus op een bepaalde droogvalduurklasse), is binnen ANT ook een meer gedetailleerde modellering uitgevoerd voor de Scholekster op basis van het simulatiemodel Webtics. Bij de Scholekster is het vrijwel zeker dat voedselbeschikbaarheid en bereikbaarheid reeds enige tijd geleden bereikt is. Bovendien is van deze soort erg veel bekend qua ecologie en fysiologie zodat het mogelijk is om hier een meer gedetailleerde modellering op los te laten. Voor andere vogelsoorten is een dergelijke aanpak niet mogelijk binnen de kaders van ANT.

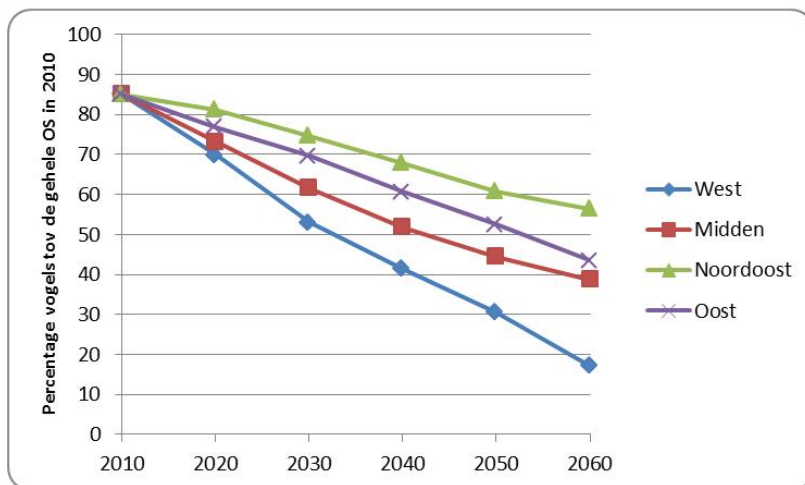
3.3.2 Verwachte ontwikkeling in vogelaantallen

Trends vogelaantallen kerngebieden

Figuur 3.8 laat de ontwikkeling in vogelaantallen zien in de kerngebieden in de vier deelgebieden, veronderstellend dat 80-90% van de vogels in de kerngebieden zit en de vogelaantallen lineair afnemen met het volledige areaal (0-100% droogvalduur). Als we deze veronderstelling toepassen op de in de toekomst verwachte areaalverandering in de kerngebieden, zien we dat in 2060 tussen de 66% (Oost) en 75% (Noordoost) van de vogels overblijven (Figuur 3.8). Gemiddeld is dit 71% van de vogels in de Oosterschelde. Nemen we ook nog de niet-kerngebieden mee, en gaan we gemakshalve uit van eenzelfde afname in de niet-kerngebieden (lineaire afname in vogelaantallen met afname in volledig areaal), dan blijft er in totaal zo'n 79% van de vogels over in 2060 in de Oosterschelde.

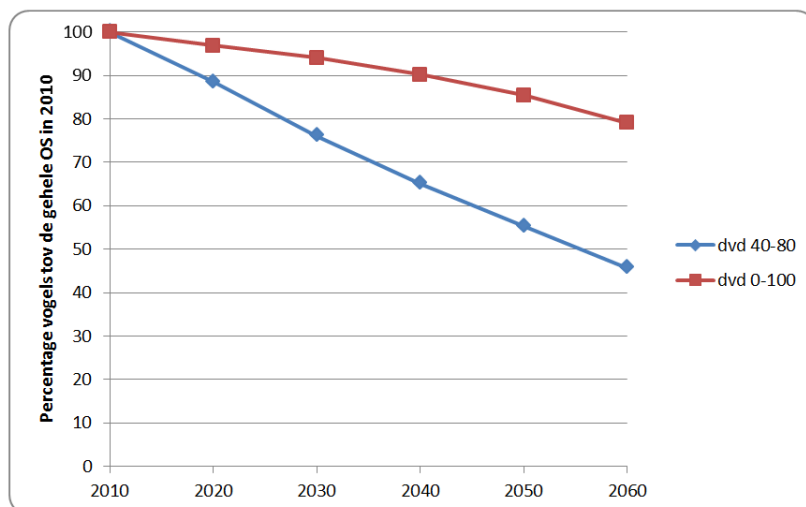


Figuur 3.8 : Prognose voor het verloop van vogelaantallen in de kerngebieden van de vier deelgebieden in de Oosterschelde, in de veronderstelling dat de maximale aantallen nu (2010) bereikt zijn en de aantallen in de toekomst lineair gaan afnemen met het afnemend areaal intergetijdengebied (0-100% droogvalduur) in de kerngebieden. De kerngebieden bevatten 85% van de vogels in de Oosterschelde. Voor zeespiegelstijging is het midden scenario genomen met 60 cm stijging in 2100.



Figuur 3.9: Prognose voor het verloop van vogelaantallen in de kerngebieden van de vier deelgebieden in de Oosterschelde, in de veronderstelling dat de maximale aantallen nu (2010) bereikt zijn en de aantallen in de toekomst lineair gaan afnemen met de zone met droogvalduur 40-80%. De kerngebieden bevatten 85% van de vogels in de Oosterschelde. Voor zeespiegelstijging is het midden scenario genomen met 60 cm stijging in 2100.

De bovengenoemde aanname gaat er van uit dat al het intergetijdengebied even belangrijk is voor vogels. Wanneer we uitgaan van de verwachting dat in de toekomst met name het areaal



Figuur 3.10 : Prognose voor het verloop van vogelaantallen in de gehele Oosterschelde bij een lineaire afname t.o.v. het areaal met droogvalduur 0-100 % en t.o.v. het areaal met droogvalduur 40-80 %.

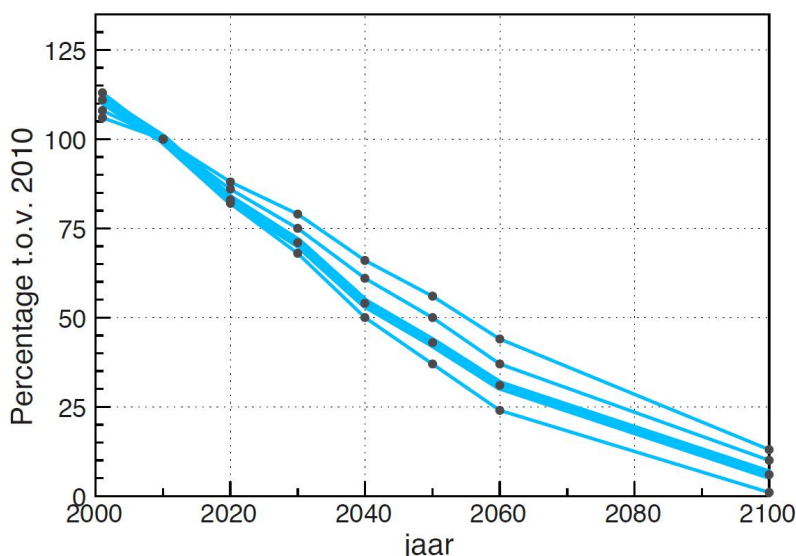
met droogvalduur 40-80% limiterend wordt, zien we een ander beeld ontstaan, met grotere verschillen tussen de deelgebieden. Als we op basis van deze aanname en de in de toekomst verwachte areaalverandering van de droogvalduurklassen kijken naar de veranderingen in vogelaantallen, dan zien we een grotere afname in vogelaantallen op basis van de droogvalduur klasse 40-80%, dan wanneer de zone met droogvalduur 0-100% wordt beschouwd (Figuur 3.9). Dit komt omdat de zone 40-80 % sneller erodeert onder invloed van de zandhonger (en daarmee eerder verdwijnt) in vergelijking met de kortere droogvalduurklassen (zie boven). In 2060 blijft, uitgaande van de relatie met de droogvalduur 40-80%, gemiddeld 39% van de vogelaantallen over in de kerngebieden van de Oosterschelde. De afname is veruit het grootst in het westelijk deel: in 2060 blijft nog maar 17% over, terwijl dit voor het Noordoostelijke deel 56% is. Nemen we ook nog de niet-kerngebieden mee, en gaan we gemakshalve uit van eenzelfde afname in de niet-kerngebieden (lineaire afname in vogelaantallen met afname in areaal droogvalduur 40-80), dan blijft er in totaal zo'n 45% van de vogels over in 2060 in de Oosterschelde. In Figuur 3.10 is voor de gehele Oosterschelde het verloop weergegeven voor beide relaties met droogvalduur 0-100% en 40-80 %.

Trends Scholekster – resultaten WEBTICS model

Voor de Scholekster is een meer gedetailleerd voorspellingsmodel beschikbaar, dat binnen de ANT OS-studie is ingezet om de trends in Scholekster aantallen in de Oosterschelde te voorspellen (Rappoldt en Ens, 2013). De Scholekster is een schelpdiereter die in de Oosterschelde vooral op kokkels foerageert (zie hoofdstuk 2). Het simulatiemodel WEBTICS simuleert in tijdstappen van een kwartier de voedselopname van de Scholeksters in een bepaald deelgebied. Het gebied wordt beschreven als een verzameling "cellen" waarvoor schelpdiergegevens (kokkels, nonnetjes) van IMARES beschikbaar zijn. Elk kwartier wordt bepaald welk van de cellen droogliggen. De Scholeksters worden dan verdeeld over de droogvallende cellen en foerageren totdat ze genoeg hebben. Met Webtics zijn berekeningen gedaan aan het effect van plaaterosie en zeespiegelstijging op het aantal overwinterende Scholeksters in de Oosterschelde. De simulaties zijn gebaseerd op waterstanden,

schelpdiersurveys en meteorologische condities uit de periode 2001-2011. Door ruimtelijke interpolatie van gesynchroniseerde en amplitude-genormeerde waterstanden kunnen voor ieder monsterpunt van de schelpdiersurvey realistische getijdecycli worden verkregen die consistent zijn met de gemiddelde droogvalduur berekend door Rijkswaterstaat. De schelpdiersurveys zijn vervolgens gecombineerd met toekomstige hoogtekaarten. Hierbij is rekening gehouden met de verdeling van de kokkels over de verschillende droogvalduurklassen. Immers kokkels prefereren bepaalde droogvalduurklassen. Als plaaterosie en zeespiegelstijging zich voordoen op een termijn van tientallen jaren ligt het voor de hand dat de schelpdieren zich "verplaatsen" zodanig dat hun droogvalduur gelijk blijft. We noemen dit "opschuivend voedsel" (Rappoldt en Ens, 2013).

Op basis van een groot aantal gegevens (voedselbeschikbaarheid, temperatuur, foerageertijd, dichtheid van vogels) wordt in Webtics een "stress niveau" berekend. Dit stress niveau is naar verwachting gerelateerd aan een sterftkans. Bij een bepaald "kritisch stress niveau" is de wintersterfte in evenwicht met de reproductie. Over dat kritische stress niveau kunnen verschillende aannames gedaan worden. Figuur 3.11 laat de Webtics voorspelling zien voor het verloop van de Scholeksteraantallen (de procentuele afname t.o.v. het jaar 2010) met verschillende kritische stress niveaus. De dikke lijn geeft de meest waarschijnlijke uitkomst weer (Rappoldt en Ens, 2013). Voor de gehele Oosterschelde is het berekende aantal voor 2060 gemiddeld 65% lager dan dat voor 2010 (Figuur 3.11, gecombineerd effect van erosie en zeespiegelstijging).

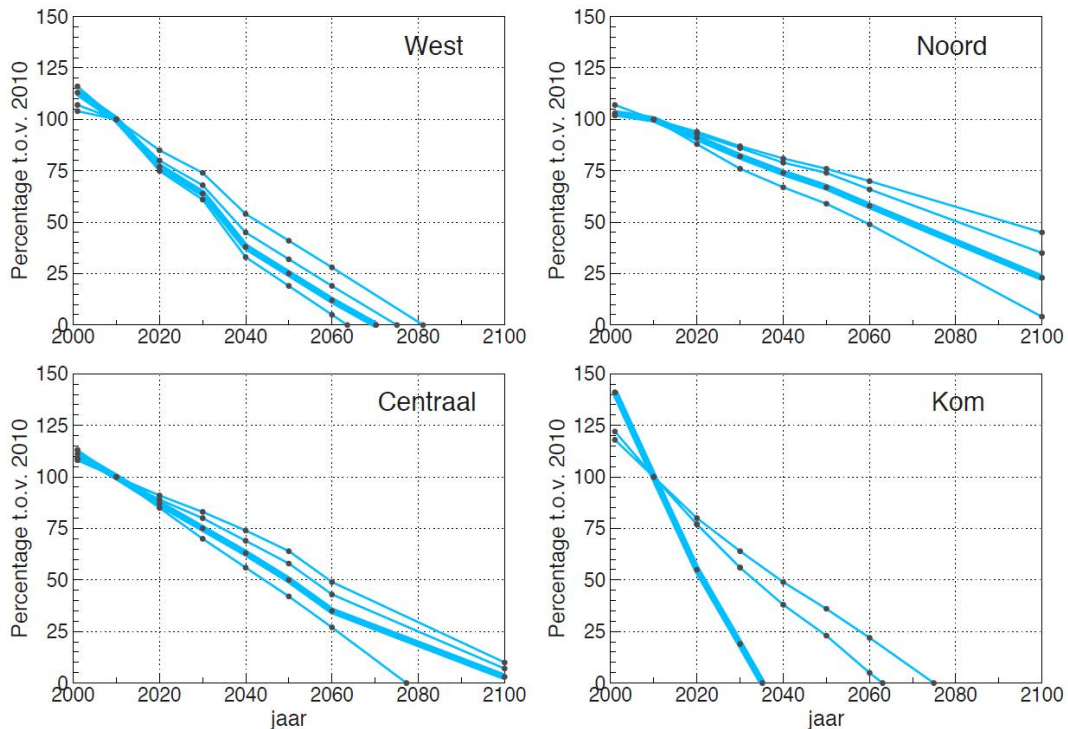


Figuur 3.11: Relatief effect van bodmerosie vanaf 2010 (incl. zeespiegelstijging), berekend voor de hele Oosterschelde met WEBTICS met aannames t.a.v. het kritische stress niveau van 0.375, 0.4, 0.425 en 0.45. De dikke lijn is de voorspelling met kritisch stress niveau 0.4. Voor meer details: zie Rappoldt en Ens, 2013.

De modelresultaten voor Oost laten een zeer forse achteruitgang zien, deze resultaten zijn echter zeer onzeker (Rappoldt en Ens 2013). Het effect is verder het grootst voor Oosterschelde West, in 2060 een afname met 75% ten opzichte van het aantal in 2010 (Figuur 3.12). Voor Oosterschelde Noordoost is het effect het kleinste, een afname van maximaal 50%.

Het berekende effect van plaaterosie en zeespiegelstijging op de Scholekster aantallen met WEBTICS laten een grotere afname zien dan op basis van de eenvoudigere berekeningen op

basis van areaal en droogvalduur. Wel zien we gelijkaardige trends, en een bevestiging dat in deelgebied West de aantallen eerder en sneller zullen afnemen dan in deelgebied Noordoost, waar de afname het kleinst is.



Figuur 3.12: Voorspeld relatief effect van bodemerrosie vanaf 2010 (incl. zeespiegelstijging), berekend voor de aparte deelgebieden met WEBTICS met dezelfde kritische stress niveaus als in Figuur 3.11. Voor meer details: zie Rappoldt en Ens, 2013.

Trends overige soorten

In voorgaande voorspellingen hebben we geen onderscheid gemaakt tussen soorten, behalve voor de Scholekster (Webtics model). Uit hoofdstuk 2 weten we echter dat enerzijds de verspreiding van de verschillende soorten over de vier deelgebieden verschillend is, en dat ook de verschillende soorten zich verschillend gedragen m.b.t. hun verspreiding en foerageergedrag bij laag water. De drieteenstrandloper is een soort die sterk gebonden is aan het deelgebied West. Aangezien in West de vogels het eerst de gevolgen van de erosie van de slikken en platen zullen ondervinden, kunnen – bij gelijkblijvende verspreiding - de aantallen van de drieteenstrandloper in verhouding sneller afnemen dan wat te verwachten is voor de overige soorten. Dit geldt in mindere mate ook voor de rosse grutto. Andere soorten zijn meer gelijkmatig verdeeld over de vier deelgebieden. Uiteraard geldt voor al deze soorten dat zij mogelijks (deels) kunnen uitwijken naar andere deelgebieden binnen de Oosterschelde wanneer een bepaald deelgebied minder aantrekkelijk wordt.

De meeste soorten volgen tijdens eb de laagwaterlijn tijdens het voedsel zoeken, en verspreiden zich bij laag water over een grotere zone. Sommige soorten, zoals de bergeend en de kanoet (beide zich concentrerend nabij de Oesterdam, Zwarts et al. 2011), lijken de hogere delen van het intergetijdengebied te prefereren, omdat hier hun geprefereerde prooi, het wadslakje *Perennia ulvae*, voorkomt. Wanneer deze hogere delen eerst verdwijnen in de toekomst, zou dit nadelig kunnen zijn voor bergeend en kanoet, gegeven dat hun prooi niet mee 'opschuift' met het verlagen van de platen en slikken.

3.3.3 Overige aspecten

Geleidelijke of plotselinge achteruitgang

Hoe deze afname zal verlopen is moeilijk te voorspellen (lineair, niet-lineair, discontinu, ...). Dit kan verschillend zijn voor verschillende vogelsoorten. Voor sommigen kan het areaal beperkend zijn, voor andere soorten kan de foerageertijd beperkend worden. De werkelijke achteruitgang van de vogels kan echter met een grote plotselinge sprong verlopen. Na een strenge winter of een plotselinge ziekte in de voedselbronnen kunnen de vogelaantallen snel inzakken. Door de achteruitgang van de intergetijdengebieden zijn de vogels dan echter minder in staat om zich daarna weer te herstellen in het gebied en kan de achteruitgang blijvend zijn. Dit soort plotselinge veranderingen worden niet in onze voorspellingen meegenomen, omdat we te weinig inzicht hebben in deze relaties.

Bijdrage supralitoraal

Ondanks dat het hoge intergetijdengebied (droogvalduur >80%) relatief onbelangrijk geacht wordt voor het voorkomen van watervogels in de Oosterschelde, kan dit toch nog verschillen van soort tot soort. Deels heeft dit te maken met soortspecifieke verschillen in benodigde foerageertijd, maar het heeft daarnaast ook vooral te maken met de prooikeuze. Kleinere bodemdiersoorten, zoals de slijkgarnaal *Corophium volutator* en het wadslakje *Perennia ulvae* komen vaak in grote aantallen voor in het hoge litoraal. Dit zijn geprefereerde prooisorten voor bijv. bergeend, kanoet (wadslakje), en tureluur (slijkgarnaal). Of de verspreiding van de prooidieren in de toekomst zal veranderen is een belangrijke vraag die nu moeilijk te beantwoorden is. Dit kan uiteraard gevolgen hebben voor de steltloperaantallen in de Oosterschelde.

Effecten competitiegedrag

Door de effecten van de zandhonger in de Oosterschelde neemt de foerageertijd en het oppervlak waarop gevoerageerd kan worden af, en dus zal – bij gelijke aantallen steltlopers – de dichtheid van vogels op een foerageerplek toenemen terwijl de tijd om voedsel op te nemen afneemt. Dit verhoogt de intraspecifieke competitie tussen soorten. Soorten met een territoriaal gedrag en/of kleptoparasitisme (bijv. Scholekster, Wulp) zullen eerder negatieve gevolgen ondervinden van een toenemende dichtheid aan vogels dan soorten met een groepsgedrag (bijv. bonte strandloper) (Schellekens et al. 2013).

Bijdrage binnendijkse gebieden

Sommige steltlopers foerageren niet alleen op de platen en slikken, maar ook in binnendijks gebied. Veel scholeksters en ook wulpen broeden in agrarisch gebied en scholeksters soms zelfs in stedelijk gebied, maar trekken in de winter naar de Oosterschelde of andere kustgebieden. Ook de vogels die wel in kustgebieden broeden, maken in de zomer en de winter vaak gebruik van binnendijkse graslanden. Zo foerageren wulpen vaak in grote aantallen in de winter in binnendijkse graslanden. Enkel bij strenge vorst kunnen ze hier niet terecht omwille van de bevroren bodem. Hoe groot die bijdrage van binnendijks gebied precies is, is niet zeker en in hoeverre vogels verder kunnen uitwijken naar binnendijkse foerageergebieden wanneer het areaal intergetijdengebied verder afneemt, is ook niet duidelijk. Onze verwachting is dat de bijdrage van binnendijks gebied aan draagkracht voor vogels echter relatief beperkt is.

Effect invasieve schelpdiersoorten

In de afgelopen decennia hebben verschillende soorten zich in de Oosterschelde gevestigd die daar vroeger niet voorkwamen. Deels doordat ze door menselijke activiteiten in het

systeem hebben gevestigd, deels doordat soorten die vroeger zuidelijker voorkwamen, door een opwarmend klimaat nu hun leefgebied uitbreiden.

Invasieve soorten kunnen in een systeem als de Oosterschelde een grote impact hebben op het functioneren van het systeem als geheel. Zoals vermeld is de primaire productie in de waterkolom, en daarmee ook de secundaire productie aan schelpdieren sterk gereguleerd door de enorme graasdruk van de schelpdieren. Een exotische schelpdiersoort die een plaats weet in te nemen in de Oosterschelde zal dan ook in competitie zijn met andere soorten. Dit kan directe en indirecte effecten hebben op de vogelstand. Als de nieuwe schelpdiersoort niet (goed) eetbaar is voor vogels (bijvoorbeeld de Japanse oester) dan zal het beschikbare aanbod van voedsel voor schelpdieretende vogels verminderen. Echter als de soort net zo goed eetbaar is, dat wordt de ene voedselbron door een andere vervangen en is het effect op de vogels niet waarneembaar. Het kan soms enige tijd duren voordat vogels een nieuwe soort leren eten.

Als de invasieve soort ook andere effecten op de omgeving heeft (bv. de biobouwer Japanse oester die zacht sediment verandert in een harde complexe 3D structuur), dan kan dit indirect een voedselbron zijn voor andere vogels. Hoewel bonte strandlopers geen oesters eten worden ze vaak foeragerend op oesterbanken waargenomen, op zoek naar dieren die zich op en tussen de oesterschelpen hebben gevestigd. Zo kan een dergelijke exoot positief werken op wormen-en crustaceeën etende vogels, maar negatief op schelpdiereters.

De impact van recente invasies op het ecosysteem begint meer kennis over te komen, maar de lange termijn effecten en de doorvertaling op de draagkracht voor vogels is nog erg onduidelijk. Dat er in de toekomst nieuwe exoten het systeem inkomen staat wel vast; hoeveel, hoe vaak en wat de gevolgen zijn is uiteraard weinig over te zeggen.

Klimaatverandering

Het effect van zeespiegelstijging is meegenomen in de voorspellingen. Dit is deels een effect van klimaatverandering. Andere effecten van klimaatverandering, zoals mogelijk hogere temperaturen, minder strenge winters of veranderingen van stormfrequenties zijn in de huidige studies buiten beschouwing gelaten. Het effect van dergelijke veranderingen zal over een tijdsbestek van 50 jaar (tot onze tijdshorizon 2060) waarschijnlijk wegvallen in de grote jaar-tot-jaar variabiliteit. Uitzondering is mogelijk de stijging van gemiddelde temperaturen. We zien nu reeds in Nederland soorten die hier vroeger zelden voorkwamen vanwege de lage temperaturen. Wanneer we op langere termijn gaan kijken (doorkijk naar 2100) zullen effecten van minder strenge winters en misschien hogere stormfrequenties wel mee kunnen gaan tellen.

4 Wat kunnen en moeten we er tegen doen?

4.1 Uitgangspunten

4.1.1 Voorzorgprincipe

In de Oosterschelde is het verlies aan areaal slikken en platen duidelijk meetbaar en een doorgaand proces. Daar tegenover staat dat een achteruitgang van de vogelstand (met name de steltlopers) voor veel soorten nog niet is vastgesteld. Na een toename in de aantallen van een aantal soorten in de jaren 1990 en begin jaren 2000, zien we de laatste jaren wel een stagnatie dan wel daling van deze aantallen.

De verwachting is dat bij een doorgaande erosie van de platen en een doorgaande zeespiegelstijging, de vogelstand in de toekomst negatief zal worden beïnvloed (zie H.3). Dit is gebaseerd op de simpele logica dat plaatgebieden de belangrijkste voedselgebieden vormen voor de vogels; zonder voedselgebieden moeten steltlopers en soorten zoals de bergeend wel verdwijnen.

Omdat echter, meer in detail, grote onzekerheden bestaan over de verbanden tussen de morfologische kenmerken van de platen en vogeleigenschappen, is moeilijk in te schatten wanneer en op welke wijze, de invloed van de plaaterosie zich zal doen gelden op de vogelstand.

In theorie zou men kunnen afwachten met het nemen van maatregelen totdat er een algemene achteruitgang in de vogelstand wordt waargenomen, die toe te schrijven is aan de zandhonger. Echter, het is goed mogelijk dat de vogelstand vertraagd reageert op veranderingen in de draagkracht van het Oosterschelde ecosysteem. Daarmee is er een gevaar dat als gewacht wordt tot er daadwerkelijk een achteruitgang waarneembaar is, deze achteruitgang niet of zeer moeilijk omkeerbaar is. Wij hanteren daarom het voorzorgprincipe: we gaan daarbij uit van de aanname dat de draagkracht van de Oosterschelde voor vogels in het referentiejaar 2010 inmiddels zijn kritische grens heeft bereikt. De Oosterschelde is "vol". Door nu al te zoeken naar mogelijkheden om de vermindering van het areaal platen en slikken te beperken of te voorkomen, kan de mogelijke ecologische schade worden beperkt. Hierdoor ontstaat zicht op de haalbaarheid van verschillende instandhoudingsdoelen.

4.1.2 Maatregelen richten op de oorzaak van het probleem

De verwachte achteruitgang van de draagkracht van de Oosterschelde voor vogels wordt primair veroorzaakt door de zandhonger en de daardoor veranderende arealen intergetijdengebied. Maatregelen worden daarom ook primair gericht op het sturen van de morfologie van het gebied, met een keuze voor supplementies om verlies aan areaal te compenseren en eventuele aanvullende maatregelen om erosiesnelheden te vertragen. Andere types maatregelen die mogelijk zijn worden gezien als aanvullende maatregelen en worden binnen ANT niet uitvoerig behandeld. Bij aanvullende maatregelen die invloed hebben op de voedselbeschikbaarheid, zou theoretisch gedacht kunnen worden aan wijzigingen in vorm, omvang en locatie van de schelpdierkweek, of aan andere methoden die meer voedsel voor vogels in de Oosterschelde brengen. Voor maatregelen gericht op de voedselbereikbaarheid zou dat een verdere beperking kunnen zijn van de verstoring (door mensen of predatoren), of het scheppen van nieuwe hoogwatervluchtplaatsen op een gunstige afstand van de foerageergebieden.

4.1.3 Natuurlijke, flexibele maatregelen

Om het natuurlijke karakter van de Oosterschelde op een duurzame wijze te behouden heeft het de voorkeur dat maatregelen zoveel mogelijk de ondersteunende ecosysteemdiensten (de natuurlijke kringlopen van water, sediment en nutriënten) ondersteunen of versterken.

De draagkracht van de Oosterschelde voor verschillende vogelsoorten wordt voor een belangrijk deel bepaald door de balans tussen voedselbeschikbaarheid en -bereikbaarheid (zie 2.3.2). Niet alle factoren die deze balans bepalen zijn even makkelijk door beheersmaatregelen te beïnvloeden. Het meest voor de hand liggend lijkt het om de voedselbereikbaarheid te verbeteren door veranderingen aan te brengen in de morfologie van het intergetijdengebied, met een gunstig effect op de lokale hydrodynamische condities en vooral op de droogvalduren en beschikbare foeragemogelijkheden. De aandacht richt zich dan primair op het aanvullen van de negatieve sedimentbalans middels zandsuppleties. Om de hydrodynamische condities te verbeteren is als optimalisatie de aanleg van oesterriffen en/of dammetjes te overwegen.

Door deze aanpak kan de sedimenthuishouding van de platen op een zo natuurlijk mogelijke wijze, in stand worden gehouden. Omdat op deze manier een oplossing wordt geboden welke inspeelt op het in stand houden van de ondersteunende ecosysteemdiensten (herstel van de sedimentkringloop), vormt het de basis voor een zo duurzaam mogelijke oplossing. Het werken met sediment, levert bovendien het voordeel dat op een flexibele wijze kan worden ingespeeld op veranderende omstandigheden.

4.1.4 Learning by doing / adaptieve maatregelen

Suppletiemaatregelen die bedoeld zijn om de voedselbereikbaarheid te vergroten, zijn op de korte termijn destructief voor het habitat: in eerste instantie gaat ter plaatse van de suppletie bijna al het bodemleven dood en duurt het 3 à 5 jaar (Van der Werf, 2012) voordat een plaat of een slik opnieuw gekoloniseerd is door bodemdieren. Het is dus af te raden om teveel maatregelen tegelijkertijd uit te voeren.

De grote onzekerheden in de toekomstige ontwikkeling van de vogelstand pleiten voor flexibele maatregelen, welke in de tijd kunnen worden aangepast aan veranderende ontwikkelingen en inzichten. Onze kennis over het verband tussen veranderingen in plaatareaal en draagkracht voor vogels is onvoldoende om exacte voorspellingen te doen, zeker niet op de lange termijn.

Ons advies is dus: een gefaseerde aanpak, waarbij alle effecten op de morfologie en de ecologie optimaal worden gemonitord. Dit geeft de mogelijkheid om tussentijds bij te sturen en kennisleemtes op te vullen.

4.2 Ontwerpstappen

4.2.1 Aanpak van de zandhonger

De oorzaak van de erosieproblemen in de Oosterschelde is gelegen in de zandhonger van de geulen, veroorzaakt door de afname van het getijdEBiet als gevolg van aanleg van de Oosterscheldewerken (stormvloedkering en compartimenteringsdammen). Herstel van het morfologisch evenwicht in de Oosterschelde zou de meest duurzame oplossing zijn om het probleem aan te pakken. Dit kan in principe op twee manieren:

1. De hydrodynamiek in het gebied sterk vergroten en de barrières voor zandtransport weg nemen. Dit zou in principe betekenen dat zowel de stormvloedkering als ook de compartimenteringsdammen moeten worden verwijderd.

2. Zoveel sediment vanuit de Noordzee naar binnen brengen dat het sedimenttransport op en van de platen en slikken weer in balans is met de huidige getijslag. Dit zou een import van ongeveer 400 - 600 miljoen m³ zand vergen.

Gezien de hoge kosten voor beide ingrepen zijn deze opties als niet realistisch aangemerkt binnen de tijdshorizon 2010 – 2060 en zijn niet verder onderzocht.

Alle berekeningen aan areaalverlies, vogelaantallen, suppletievolumes en kosten zijn uitgevoerd met het Vogel KostenBaten Model (De Ronde e a., 2013).

4.2.2 Kleinschaliger maatregelen gerelateerd aan de Oosterscheldekering

Er is gekeken naar de mogelijkheden van een aanpassing van het sluitregiem van de kering; bijvoorbeeld het sluiten van de schuiven op een dusdanig waterniveau dat bij hoog water, de erosie van platen zou worden beperkt. De effecten hiervan op de erosie van de platen blijken minimaal te zijn (Zhang, 2012). Vanwege de verder grote technische en ecologische consequenties van het manipuleren van de waterspiegel, is deze optie verworpen.

Ook is gekeken naar de mogelijkheden van het stroomlijnen van de kering en aanpassing van de ontgrondingskuilen, zodanig dat zandtransport door de kering naar het bekken opnieuw mogelijk zou worden (Hoogduin (2009), de Bruijn (2010)). De effectiviteit hiervan bleek echter minimaal. Theoretisch lijkt stimulering van zandtransport richting bekken, alleen mogelijk via zandsuppletie binnen de doorstroomopening van de kering. De praktische uitvoerbaarheid daarvan wordt echter laag ingeschat.

Theoretisch lijken de kansen voor kunstmatige zandimport naar het bekken groter, wanneer een koppeling wordt gelegd met de bestrijding van verdere verdieping van de ontgrondingskuilen. Door het gebruik van zandsuppleties voor het onderhoud van de landwaartse ontgrondingskuilen, zou de stabiliteit van de kering worden gediend en tegelijkertijd worden bijgedragen aan het stillen van de zandhonger. Hiermee zou een bijdrage worden geleverd aan de oplossing van het structurele zandhongerprobleem, met op langere termijn een gunstig effect op het behoud van het areaal intergetijdengebied. Het zal echter vele decades duren voordat op deze wijze het evenwicht zover is hersteld dat er een vermindering van de erosie van de platen en de slikken te verwachten is.

Samengevat geldt: de mogelijkheden van maatregelen aan of rond de kering, om rechtstreeks de erosie van platen te beïnvloeden, zijn gering. Zandsuppleties binnen de kering zelf of in de ontgrondingskuilen aan de landwaartse zijde van de kering, dragen bij aan het stillen van de zandhonger in het bekken. Dit zal echter pas op langere termijn effect hebben op de plaatontwikkeling. Op kortere termijn gaat de plaaterosie onverminderd door. Om deze te stoppen zijn andere (aanvullende) maatregelen nodig.

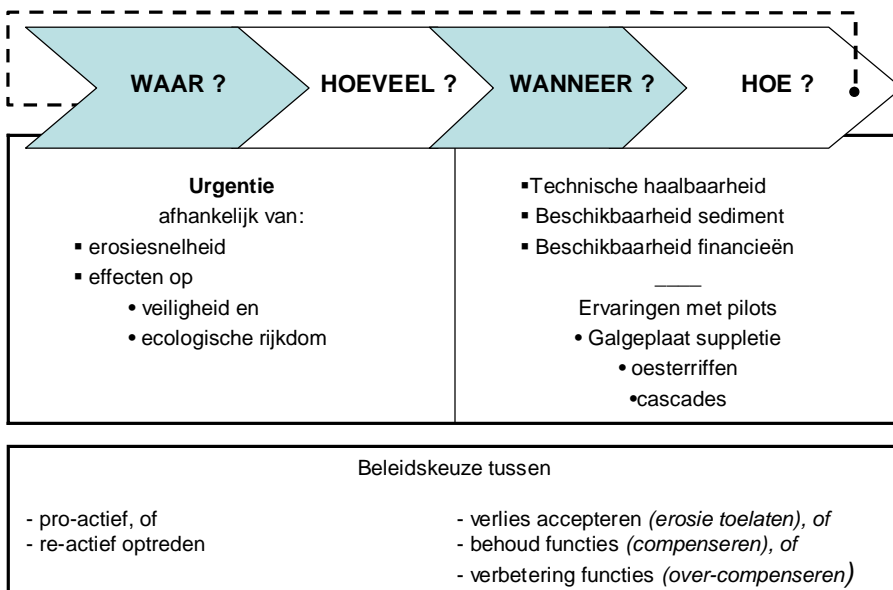
4.2.3 Lokale zandsuppleties en erosie-beperkende maatregelen

Om op korte termijn plaaterosie te bestrijden op een zo natuurlijk mogelijk wijze, zijn er verschillende mogelijkheden.

Bij het ontwerp van suppletiemaatregelen spelen verschillende afwegingen een rol. Deze betreffen niet alleen de zandsuppleties, maar evenzeer de daarbij behorende zandwinning. Zo kunnen plaatsuppleties, wanneer het zand wordt gewonnen buiten het bekken, tegelijkertijd een bijdrage leveren aan de bestrijding van het achterliggende, fundamentele probleem van de zandhonger. Omdat de kostprijs van suppletiezand voor een belangrijk deel samenhangt met de vaarafstand, betreft dit echter “duur” zand, waardoor een afweging ontstaat met suppleties uit intern gewonnen zand.

Om alle afwegingen in beeld te brengen, maken we gebruik van de stappen welke bij het ontwerpen van mogelijke varianten zijn doorlopen (Figuur 4.1). De ontwerpstappen komen

neer op het iteratief beantwoorden van een reeks vragen: *Waar* kan ik, met *Hoeveel* zand iets bereiken? ; *Wanneer* en *Hoe*, is dat het meest efficiënt?



Figuur 4.1: Schematische weergave van de ontwerpstappen voor verschillende varianten en de belangrijkste overwegingen daarbij.

Na het verkennen van de mogelijke suppletie varianten, worden (kwalitatief) de mogelijkheden onderzocht van optimalisaties door het inzetten van aanvullende maatregelen. Zo kunnen, in aanvulling op het toevoegen van sediment om de erosie te compenseren, lokaal biobouwers worden ingezet om de erosie te remmen of sedimentatie te stimuleren. Waar voor specifieke functies (bijvoorbeeld veiligheid), het inzetten van sediment niet haalbaar of gewenst is, kan gezocht worden naar ecologische optimalisaties zoals innovatieve dijkconcepten (Tangelder et al. 2012). Verdere optimalisaties zijn te bereiken door aanvullende maatregelen gericht op andere factoren die de draagkracht bepalen (zie 4.5).

4.3 Veiligheidsvarianten

Bij het ontwerp van de verschillende varianten om met de inzet van zandsuppleties de beleidsdoelen te bereiken, is allereerst gekeken naar veiligheid tegen overstroming en vervolgens naar de N2000 instandhoudingsdoelen.

Door de erosie van platen en slikken (dijkvoorlanden) neemt de golfbelasting op de dijken geleidelijk toe. Op termijn kan hierdoor de veiligheid tegen overstroming in het geding komen. In een verkennende studie door Blom en Jacobse (2007) is berekend dat voor ongeveer 63 km dijk lengte langs de Oosterschelde, zandsuppleties op het voorland van de dijk een haalbare optie zijn om een benodigde dijkversterking te realiseren.

Echter, de urgentie om voor het behoud van de veiligheid tegen overstromingen, dijkversterkingen voor 2060 ook daadwerkelijk uit te voeren is volgens de jongste inzichten nauwelijks aanwezig (zie 3.2).

Uitzondering is het traject Oesterdam - zuid. Daar zijn de bovenste 7 rijen van de daar hergebruikte koperslakblokken te licht om in 2060 de toegenomen golfbelasting bij

maatgevende omstandigheden te keren. In het project 'Veiligheidsbuffer Oesterdam' wordt het voorland van dit dijktraject versterkt met een suppletie en worden oesterriffen aangelegd als erosieremmende maatregel. Door deze suppletie wordt de golfbelasting zodanig gereduceerd dat 'affectering' in 2060 niet meer te verwachten is (RWS, 2013a).

Vanwege het ontbreken van een urgentie tot 2060, is in het kader van de ANT studie, geen verder onderzoek gedaan naar het definiëren van veiligheidsvarianten met sediment. Het project "Veiligheidsbuffer Oesterdam" kan beschouwd worden als een pilot om ervaring op te doen met een zandige versterking van de waterkering. Een ervaring die zijn nut zal bewijzen bij mogelijke versterkingen welke na 2060 aan de orde komen, bij een doorgaande verzwaring van de hydraulische randvoorwaarden als gevolg van plaaterosie en klimaatverandering.

4.4 Behoudsvarianten

4.4.1 Suppleren van alle intergetijdengebieden (*waar en hoeveel*)

Bij het verkennen van mogelijke behoudsvarianten middels zandsuppleties, is een benadering gevolgd van grof naar fijn.

Een eerste indruk van de omvang van het probleem wordt geleverd door de omvang van de te verwachten erosie. De simpele aanname dat compensatie van deze erosie door zandsuppletie zal leiden tot een volledig behoud van het intergetijdenareaal, wat op zijn beurt weer garant zal staan voor het behoud van de vogelstand, levert een eerste indicatie voor een bovengrens van de benodigde suppletie inspanning voor een 100% behoudsvariant: - tot 2060 ruim 70 miljoen m³ (De Ronde e a., 2013)., rekening houdend met een zeespiegelstijging van 60 cm/eeuw over de periode 1990 - 2100.

Deze beschouwing houdt geen rekening met praktische beperkingen in de uitvoering van suppleties (inclusief beschikbaarheid van financiën) en met negatieve consequenties van een integrale suppletie strategie op de voedselbeschikbaarheid voor vogels. Het in één keer integraal bedekken met zand van alle intergetijdengebieden in de Oosterschelde, is technisch niet haalbaar en ecologisch niet gewenst. Om te komen tot meer realistische suppletievarianten zijn daarom de mogelijkheden verkend van een spreiding in de ruimte (4.4.2) en in de tijd (4.4.3); vervolgens is gekeken naar variaties in de vorm van de suppleties (4.4.4) en naar de invloed van zandwinning op de totale kosten. Tenslotte is verkend op welke wijze een verdere optimalisatie is te bereiken door aanvullende maatregelen (par. 4.5).

4.4.2 Suppleren van kerngebieden (*waar en hoeveel*)

Om meer in detail vast te stellen *waar* en *hoeveel* zandsuppletie nodig (en vooral nuttig) is om de erosie van het intergetijdengebied aan te pakken, is naast de omvang ook gekeken naar de ruimtelijke spreiding van de te verwachten erosie (zie 3.1.2) en naar het belang van afzonderlijke plaat- en slikgebieden voor het behoud van wadvogels (zie 2.4).

Met name de prognoses voor veranderingen in de droogvalduur (zie 3.1.3) hebben daarbij een belangrijke basis geleverd. Deze gegevens zijn vervolgens als input gebruikt voor een aantal expert workshops (Workshops, 2011 en 2012) waar de erosie- en droogvalduurgegevens zijn gecombineerd met ecologische inzichten, zoals: het dominante belang van de droogvalduurklasse 40-80% voor het foerageren van vogels en de betekenis voor het foeragegedrag van de ruimtelijke samenhang tussen afzonderlijke plaat- en slikgebieden.

Op deze wijze is consensus ontstaan over de definitie van een aantal 'vogelkerngebieden' (Fig. 2.16): gebieden waarvoor in meerderheid wordt aangenomen dat 80 - 90% van de wadvogelstand in de Oosterschelde daarvan afhankelijk is voor zijn voortbestaan, terwijl deze

kerngebieden slechts 50% beslaan van het totale intergetijdenareaal in de Oosterschelde. De kerngebieden geven dus aan *waar* zandsuppleties het grootste nut kunnen hebben.

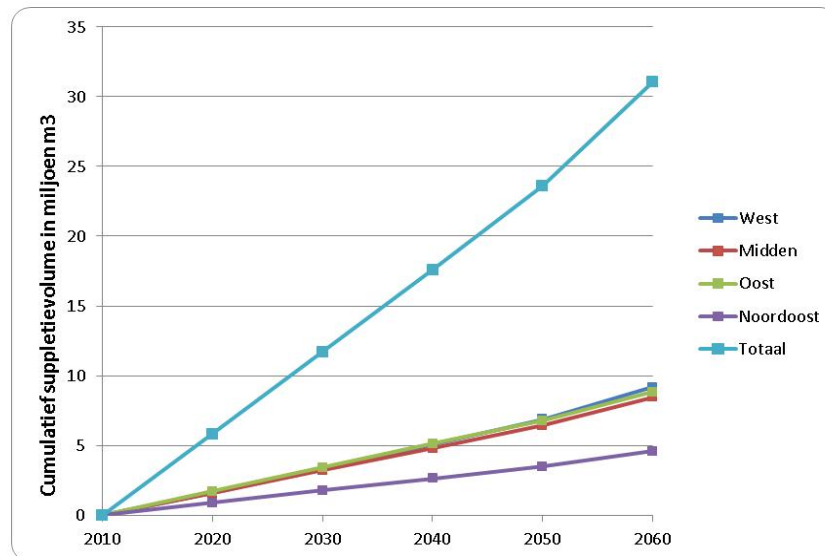
Hoeveel zand nodig zou zijn om de kerngebieden te behouden is vervolgens bepaald door meer in detail te kijken naar omvang en ruimtelijke spreiding van de te verwachten erosie binnen de kerngebieden. Gezien het dominante belang voor vogels van de zone met een droogvalduur 40–80% (zie 2.4), is allereerst de erosie binnen deze zone in beschouwing genomen, en overwogen om suppleties tot deze zones te beperken. In theorie zou dat immers betekenen dat slechts een beperkt deel van de kerngebieden zou hoeven worden aangepakt. Echter, hoewel we aannemen dat het areaal met droogvalduur 40-80% limiterend wordt in de periode tot 2060, zijn er verschillende argumenten om niet alleen het areaal met droogvalduur 40-80% te suppleren, maar maatregelen te richten op de kerngebieden als geheel.

Als alleen het areaal met droogvalduur 40-80% in stand wordt gehouden, terwijl het areaal met droogvalduur 0-40% blijft eroderen, verandert het reliëf van de plaat of slik. Er ontstaat een relatief steilere overgang tussen het hogere en lagere gebied, waardoor het hogere gebied relatief sneller zal ontwateren. Dit heeft waarschijnlijk een negatief effect op de voedselrijkdom – vlakke gebieden waar langer water op wordt vastgehouden, zijn gemiddeld voedselrijker dan gebieden die snel droogliggen. Bovendien, indien alleen het areaal met droogvalduur 40-80% door suppleties in stand zou worden gehouden, blijft niet automatisch ook het lager gebied (met droogvalduur <40%) in stand. Weliswaar zou erosie van het suppletiezand in het hogere deel zorgen voor een gedeeltelijke compensatie van de erosie in de lagere delen, daar staat tegenover dat dankzij het in stand houden van het hogere deel, niet langer hogere delen eroderen tot lagere delen. De kans zou bestaan dat hierdoor het areaal van lagere gebieden met droogvalduur kleiner dan 40 %, sterker achteruit gaat en mogelijk daardoor problemen op gaat leveren voor de vogelstand. Alleen focussen op maatregelen voor het areaal met droogvalduur 40-80% lijkt dan ook te veel risico's op te leveren. Het gehele onderscheiden kerngebied is van belang voor de vogels.

De primair voorgestelde strategie is dan ook: het suppleren van de gehele kerngebieden, dus zowel de hogere als de lagere delen.

In eerste theoretische benadering wordt hierbij uitgegaan van een strategie waarbij, tot 2060, elke 10 jaar de tekorten via zandsuppleties worden aangevuld. De omvang van de tekorten wordt bepaald uit de som van de hoeveelheden om alle erosie in de kerngebieden tot 2060 te compenseren en om de kerngebieden te laten meegroeien met een zeespiegelstijging van 60 cm (zie 3.1.1).

Uitgaande van deze theoretische strategie van 10 jaarlijkse, evenredige ophogingen, lopen de hiermee gemoeide suppletiehoeveelheden tot 2060 uiteen van 4,5 miljoen m³ in het Noordoosten tot ongeveer 9 miljoen m³ in de overige gebieden. De totale benodigde hoeveelheid tot 2060 wordt geschat op ruim 30 miljoen m³ (Figuur 4.2).



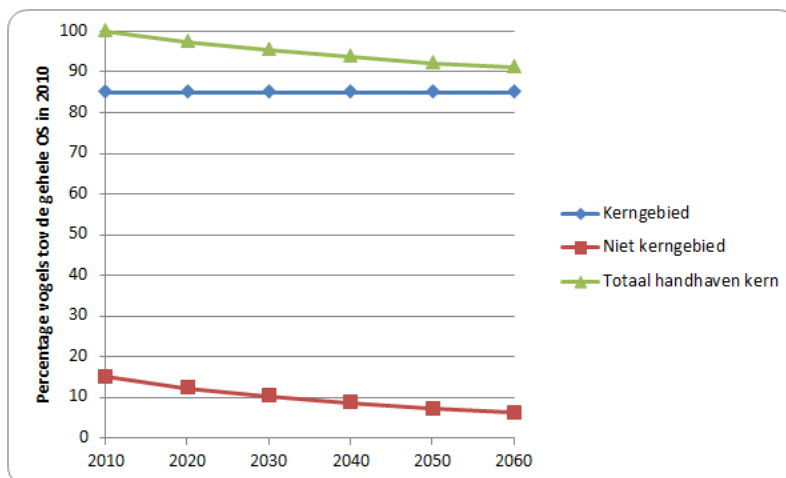
Figuur 4.2: Cumulatieve suppletievolumes per deelcompartiment van de Oosterschelde, bij een theoretische strategie om alle kerngebieden te behouden door 10-jaarlijkse zandsuppleties, evenredig aan de optredende tekorten als gevolg van erosie en een zeespiegelstijging 60 cm/eeuw (De Ronde e a., 2013).

Met deze hoeveelheden kan - onder de aanname dat door het compenseren van de zandtekorten in de kerngebieden, het areaal van de kerngebieden in stand blijft en daardoor de draagkracht van de kerngebieden voor vogels, 80-90% van de vogels in de Oosterschelde worden behouden (Figuur 4.3).

Om het totale vogelaantal in 2060 te schatten moet daarnaast nog rekening gehouden worden met de draagkracht voor vogels buiten de kerngebieden. Deze wordt op dit moment geschat op 10-20%. Wanneer we aannemen dat buiten de kerngebieden het daar aanwezige areaal met een droogvalduur tussen 40 en 80%, limiterend is voor het vogelaantal, zal hier de draagkracht voor vogels evenredig afnemen met de erosie van deze zone. Onder deze aanname wordt geschat dat tot 2060, in de niet-kerngebieden het vogelaantal zal teruglopen van 10-20% naar 5 -10%.

In een eerste benadering volgt hieruit de aanwijzing dat, in theorie, een strategie die alleen de kerngebieden in stand houdt, in 2060 het behoud kan garanderen van tussen 90 – 95 % van de vogelstand (Figuur 4.3). Om tot een 100% behoud van de vogelstand te komen zouden volgens deze theorie, aanvullend op de strategie om alleen de kerngebieden middels suppleties te behouden, andere maatregelen nodig zijn. Alvorens daar op in te gaan (zie par. 4.5), is het goed om te benadrukken dat de beschouwde strategie vooral een theoretisch beeld geeft. Er is nog geen rekening gehouden met praktische beperkingen (qua financiën en technische uitvoerbaarheid) en slechts zeer beperkt met ecologische consequenties van herhaalde suppleties in alle kerngebieden. In vergelijking met het integraal suppleren van alle intergetijdengebied zijn de kansen voor rekolonisatie van het gesuppleerde gebied vergroot, doordat buiten de kerngebieden niet wordt gesuppleerd. Echter, ervan uitgaande dat rekolonisatie zo'n 3 á 5 jaar in beslag neemt (op basis van de ervaringen opgedaan met de Galgeplaat suppletie (Van der Werf et al., 2012), wordt bij een 10 jaarlijkse frequentie van suppleren, telkens gedurende vijf jaar de voedselbeschikbaarheid beperkt. Dit zal ongetwijfeld een negatief effect op vogels hebben. Deze effecten zijn in bovenstaande beschouwing nog niet meegenomen, maar komen wel in H5 aan de orde.

Om een helderder beeld te krijgen richten we eerst onze aandacht op mogelijkheden om de suppletie strategie van kerngebieden te verfijnen door te kijken naar een mogelijke fasering en de vorm van de suppleties.

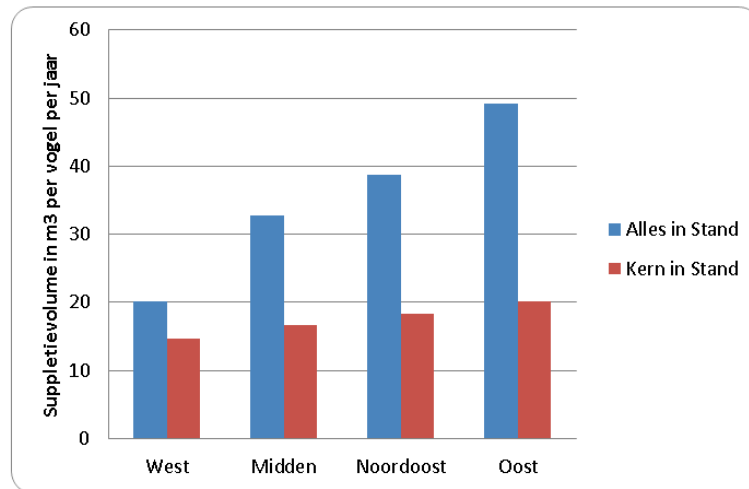


Figuur 4.3: Geprojecteerde ontwikkeling van procentuele vogelaantallen t.o.v. referentiejaar 2010 met de strategie om alle kerngebieden te behouden door zandsuppleties, evenredig aan de optredende tekorten als gevolg van erosie en een zeespiegelstijging 60 cm/eeuw (blauwe lijn: ontwikkeling in de kerngebieden; rode lijn: ontwikkeling buiten de kerngebieden; groene lijn: totale Oosterschelde gebied).

4.4.3 Prioritering (wanneer)

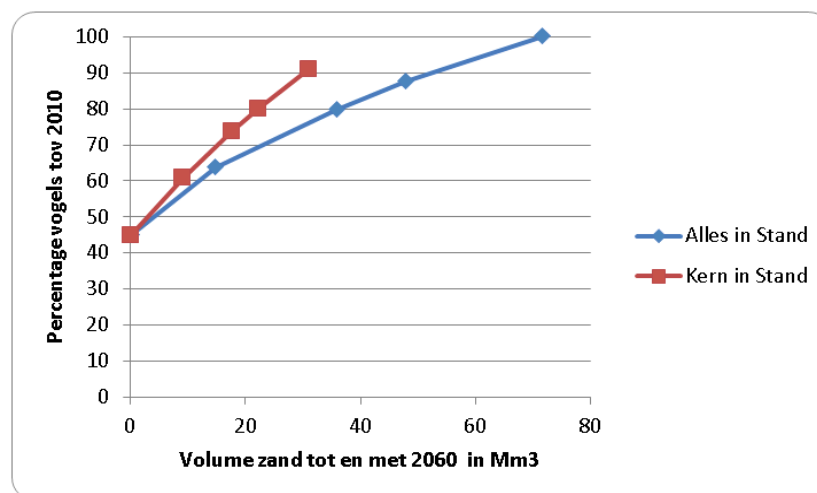
De ruwe indicatie over de totaal benodigde inspanning om de kerngebieden te behouden in Figuur 4.2, kan worden verfijnd door te kijken naar de prioritering. Om een beter inzicht te verschaffen in het verband tussen mogelijke investeringen en de opbrengst in termen van natuurdoelen, wordt een belangrijk criterium voor prioritering, gevormd door de verhouding tussen het benodigde suppletievolume (m^3 zand) en de opbrengst in resterende vogelaantallen, van de suppleties. Volgens deze maatstaf blijkt suppletie van de kerngebieden in het westelijke compartiment (het Mondingsgebied) het meest, en in het deelgebied Oost het minst gunstig (Figuur 4.4).

Een verklaring voor dit onderscheid tussen de deelcompartimenten, hangt (voor een deel) samen met de lagere vogeldichtheden in Oost. In dit gebied wordt de draagkracht waarschijnlijk niet alleen beperkt door beschikbaar foerageer areaal, maar ook door de beperkte productiviteit van het gebied. Een suppletie in Oost levert dus per kubieke meter zand minder vogels op dan een suppletie in het westen.



Figuur 4.4: Verhouding tussen het benodigde suppletievolume (m^3 zand) en de opbrengst in resterende vogelaantallen, per deelcompartment, van suppletiemaatregelen in de kerngebieden (Kern in Stand) en op het volledige intergetijdengebied (Alles in Stand) (De Ronde e a., 2013).

Het verloop in efficiëntie van de kerngebied suppleties per deelcompartment, biedt een handvat voor een prioriteitsvolgorde van suppletiemaatregelen in de compartimenten: West – Midden – Noordoost – Oost (De Ronde e a., 2013). Door in deze volgorde, per deelcompartment, het benodigde suppletievolume voor handhaving van het kerngebied cumulatief uit te zetten tegen de geschatte opbrengst in vogelaantallen, en daar aan toe te voegen de schatting voor de resterende vogelaantallen bij de nul-strategie (geen maatregelen;), ontstaat een eerste benadering van een kwantitatief verband tussen Kosten en Baten (Figuur 4.5).



Figuur 4.5: Eerste benadering van een kwantitatief verband tussen Kosten (uitgedrukt als m^3 zand) en Baten (uitgedrukt als percentage van vogelstand die wordt behouden)

De urgentie voor maatregelen is naast de verhouding tussen Kosten en Baten, een even belangrijke maatstaf voor een prioriteitsvolgorde. Er zitten immers grote verschillen in

erosiesnelheden en dus in afname van foerageerareaal tussen verschillende deelgebieden. Daarmee is de urgentie voor maatregelen in sommige deelgebieden hoger dan in andere. Gelet op het geschatte verloop in het sleutelareaal met droogvalduur 40 – 80% (zie Fig. 3.6) blijkt de grootste afname te worden verwacht in het westelijke deelcompartiment. Beschouwen we deze afname als een criterium voor de urgentie, dan blijkt de prioriteitsvolgorde in belangrijke mate overeen te komen met de volgorde, zoals eerder bepaald volgens het Kosten/Baten criterium: West vertoont de hoogste urgentie gevolgd door Midden; alleen de urgentie voor compartiment Oost lijkt iets groter dan in Noordoost.

Door het hanteren van een prioriteitsvolgorde bij het suppleren van deelgebieden, kan een fasering worden aangebracht in de strategie tot behoud van kerngebieden. Het ecologische voordeel van fasering is dat de (tijdelijke) ecologische schade als gevolg van het suppleren (lokale beperking in voedselbeschikbaarheid door een langzame rekolonisatie van de gesuppleerde delen) kan worden beperkt. De niet gesuppleerde compartimenten van de Oosterschelde kunnen tijdelijk als ‘opvang’ dienen voor vogels uit het gesuppleerde deel. Hoe groot dit effect kan zijn is moeilijk te kwantificeren.

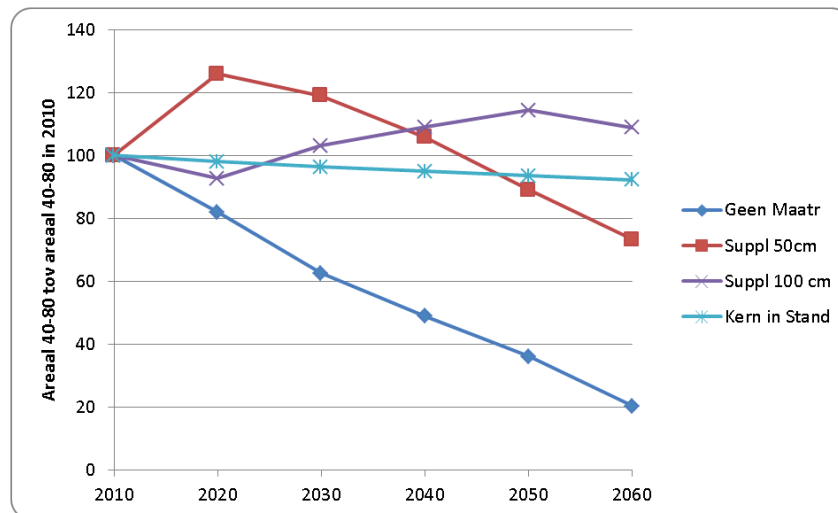
Daarom nemen we voor een verdere nuancering van de strategie, eerst nog de vorm van de suppleties in beschouwing te nemen.

4.4.4 Variaties in vorm (*hoe en wanneer*)

In de bovenbeschreven eerste benadering is uitgegaan van de theoretische optie waarbij met tussenpozen van 10 jaar, evenredig aan de lokaal optredende tekorten door erosie en zeespiegelstijging, suppleties worden aangebracht. Omdat lokaal de erosiesnelheden sterk variëren (vgl. Fig. 3.1), betekent dit het aanbrengen van een suppletiedek met wisselende (en op locaties met lage erosiesnelheden, zeer kleine) dikte. Voor een eerste, ruwe analyse lijkt dat gerechtvaardigd, maar, gelet op de technische uitvoerbaarheid, is dit niet realistisch.

Technisch gesproken, beperkt het aanbrengen van een suppletiedek op platen en slikken, zich tot laagdiktes van minimaal 50 cm. Uitgaande van een zeespiegelstijging van 60 cm tot 2100 met een stijging van 24 cm over de periode 2010 – 2060 (3.1.1) en een gemiddelde erosie van 1 cm per jaar, is de gemiddeld benodigde suppletiedikte tot 2060 ongeveer 75 cm. De minimale en maximale waarde ligt voor de verschillende plekken tussen de 50 en de 150 cm, vanwege de verschillen in erosiesnelheid. Voor de meeste gebieden zal kunnen worden volstaan met één suppletie in de periode 2010-2060.

Ter illustratie is voor het deelcompartiment West, een vergelijking gemaakt tussen een strategie met een 10-jaarlijks, evenredige ophoging, en twee technisch meer realistische strategieën waarbij eenmalig in 2020, binnen het gehele kerngebied, een laagdikte van 50 cm, respectievelijk 100 cm wordt aangebracht (De Ronde e a., 2013).. De daarvoor benodigde suppletiehoeveelheden bedragen naar schatting, respectievelijk ongeveer 9, 6 en 12 miljoen m³.



Figuur 4.6: Procentuele effecten op de het areaal met droogvalduur 40-80% van verschillende suppletiestrategieën van de kerngebieden binnen deelcompartiment West, uitgaande van de basis situatie in 2010. (Suppl 50cm en Suppl 100cm: eenmalige suppletie in 2020 met uniforme dikte van 50 resp. 100 cm; Kern in Stand: 10 jaarlijkse suppletie vanaf 2020 evenredig aan tekort door optredende erosie en zeespiegelstijging) (De Ronde e a., 2013).

Lettend op het verloop van het sleutelareaal met een droogvalduur 40 – 80% welke een belangrijke rol speelt bij het behoud van de vogelstand, blijkt bij een suppletie in de kerngebieden van compartiment West met een laagdikte van 50 cm, initieel dat sleutelareaal toe te nemen tot zo'n 120% van de Ausgangssituatie in 2012 (Figuur 4.6). In 2060 is door geleidelijke erosie, dat areaal weer afgenomen tot 70%.

Bij een laagdikte van 100 cm blijkt initieel sprake te zijn van een teruggang in het sleutelareaal, en vervolgens van een gestage groei tot 2050, om tenslotte in 2060, te eindigen op een toename van 115% ten opzichte van de Ausgangssituatie in 2012. Klaarblijkelijk wordt bij een laagdikte van 100 cm, het areaal met een droogvalduur boven de 80% sterk vergroot initieel ten koste van het areaal met droogvalduur 40-80%. Door erosie van de hogere delen neem vervolgens dit areaal geleidelijk weer in omvang toe.

Uit deze voorbeelden komen twee belangrijke conclusies naar voren:

1. Een te dikke suppletie, die lokaal tot een te grote hoogte leidt waardoor een afname van het sleutelareaal met droogvalduur 40-80% optreedt, zal een afname van de vogelaantallen tot gevolg hebben. Bij het ontwerp van een suppletie is een vaste laagdikte dan ook te simpel en zal lokaal een optimaal ontwerp gemaakt moeten worden.
2. Door gericht suppleren kan het areaal met droogvalduur 40-80% worden uitgebreid. Of hierdoor de draagkracht voor vogels in de kerngebieden zal toenemen, is niet met zekerheid te zeggen. Daarvoor zijn er teveel andere factoren die de draagkracht voor vogels bepalen, waaronder de verhouding tussen het areaal boven en beneden de 40% droogvalduur (zie ook par 3.3.3 en figuur 3.12). Het valt dan ook alleen te overwegen buiten de kerngebieden, op locaties waar de draagkracht voor vogels sterk wordt beperkt door het ontbreken van sleutelareaal met droogvalduur 40-80% in de nabije omgeving. Of op deze manier het areaal kerngebied kan worden uitgebreid is echter onzeker; dit zal afhangen van de snelheid waarmee het gebied zal worden gerekoloniseerd en door vogels wordt "ontdekt" en van de ontwikkeling in andere beperkende factoren zoals verstoring.

De vorm van de suppletie is dus maatwerk waarbij met bovengenoemde conclusies rekening gehouden dient te worden.

4.4.5 Zandwinning en een eerste kosten - baten inschatting

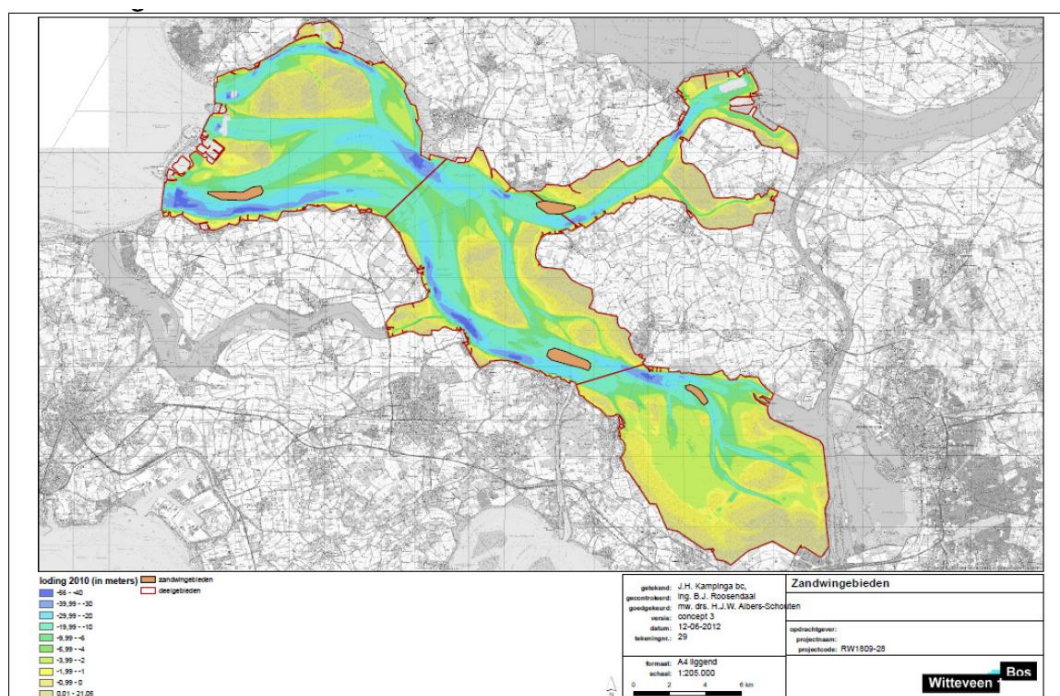
De suppletievarianten zijn technisch alleen uitvoerbaar wanneer voldoende zandbronnen aanwezig zijn waar zand kan worden gewonnen. Deze bronnen zijn volop aanwezig; de Noordzee, de kustzone en de Oosterschelde zelf bestaan grotendeels uit zand.

Het gebruik van zand van buiten de Oosterschelde voor het suppleren van plaatgebieden zou de voorkeur genieten omdat daarmee een bijdrage wordt geleverd aan een structurele oplossing voor het achterliggende probleem van de zandhonger. Gegeven de beperkingen voor zandwinning binnen het kustfundament, maar vooral vanwege de relatief grote vaarafstanden en de daaraan gekoppeld hoge kubieke meter prijzen voor zand van buiten de Oosterschelde, is deze (weliswaar meest duurzame) oplossing niet nader onderzocht (zie ook 4.2.1).

Er is dus alleen gekeken naar zandbronnen binnen de Oosterschelde voor het suppleren van de intergetijdengebieden. Omdat daarmee geen bijdrage wordt geleverd aan het structurele probleem van de zandhonger, is de consequentie dat het behoud van intergetijdenareaal middels suppleties, een blijvende activiteit zal vergen. Het behelst een keuze voor het (blijvend) 'rondpompen' van zand binnen de Oosterschelde.

Het zoeken naar de optimale frequentie en omvang van dit 'rondpompen', om de meest efficiënte en effectieve methode te vinden, zal nog de nodige studie vergen. Informatie over de locatie van de zandwinning is daarbij van zwaarwegend belang omdat de vaarafstand naar de suppletie locatie voor een belangrijk deel de kosten bepaalt.

Een eerste indruk over de kosten van een suppletiestrategie voor de platen en slikken is verkregen door uit te gaan van de potentiële zandwingebieden, zoals weergegeven in Figuur 4.7. In de MIRT studie (MIRT, 2013) is op basis van deze wingebieden uitgegaan van een gemiddelde prijs per m³ van 4,66 EUR. Dit is de kostprijs exclusief omzetbelasting, engineering en risicoreservering



Figuur 4.7: Potentiële zandwingebieden in de Oosterschelde (MIRT, 2013)

Om de invloed van de vaarafstand expliciet in de prijs te verdisconteren, zijn uitgaande van de gegeven winlocaties, door de Ronde et al. (2013) de vaarafstanden bepaald per kerngebied, en is aangenomen dat de kosten voor de helft bepaald worden door de vaarafstand. De resulterende kosten per gebied staan in Tabel 4.1. In kolom 2 staat de verhouding aangegeven van de kosten, waarbij voor de helft van de kosten rekening is gehouden met de vaarafstand.

Tabel 4.1: Kosten suppleties per kerngebied (50 % van de kosten afhankelijk van de vaarafstand). De namen van de gebieden zijn te vinden in de Appendix.

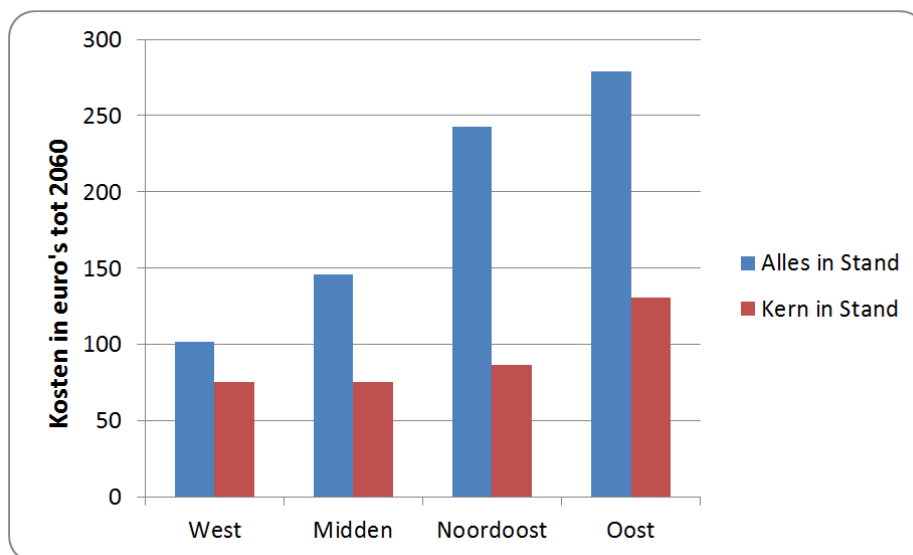
Gebied		Verh. kosten mbv vaarafstand	Kosten Euro per m3
1	Roggenplaat	1,2	6
2	Neeltje Jans	0,73	3
3	Kats Noord	1	5
4	Kats zuid	1	5
5	Galgeplaat	1,05	5
6	Dortsman	0,91	4
7	Vianen	0,84	4
8	Krabbenkreek	1,1	5
9	Krabbenkreek oost	1,4	7
10	Kom Rattenkaai	1,5	7
11	Speelmansplaten	1,2	6
12	Hooghe Kraaijer	1,4	7
13	Slaak	1,5	7

In een eerste schatting betekent dit dat voor de strategie om alle kerngebieden middels 10 jaarlijkse suppleties in stand te houden (vgl. Figuur 4.2), over de periode 2010-2060, een totale bedrag nodig is van ongeveer 165 miljoen Euro.

De waarde van deze kostenschatting is slechts indicatief. In de schatting van de prijs per m³ is alleen gevarieerd afhankelijk van de vaarafstand. In werkelijkheid is de prijs van veel meer factoren afhankelijk zoals de discontovoet, de marktsituatie en technische aspecten als uitvoeringsfrequentie.

Op basis van het laatste kan bijvoorbeeld beredeneerd worden dat een strategie van eenmalige ophoging, per m³ voordeliger kan zijn dan een 10 jaarlijkse suppletie evenredig aan de optredende tekorten: het gaat om relatief grotere volumes die technisch eenvoudiger zijn aan te brengen en daardoor goedkoper, terwijl bovendien slechts eenmalig mobilisatiekosten voor het baggermateriaal in rekening komen.

Met deze aantekeningen hanteren we 165 miljoen Euro als eerste orde schatting van de totale suppletiekosten. Dat stelt ons in staat, om per deelcompartiment, een benadering af te leiden voor de verhouding tussen de Kosten (uitgedrukt in Euro's) en de Baten (uitgedrukt in aantallen vogels) (Figuur 4.8).



Figuur 4.8 Indicatieve verhouding tussen Kosten (Euro's) en Baten (uitgedrukt in resterende vogelaantallen), per deelcompartiment, bij suppletiemaatregelen in de kerngebieden (Kern in Stand) en op het volledige intergetijdengebied (Alles in Stand).

Uit een vergelijking met de Kosten – Baten verhoudingen uitgedrukt in m³ zand (Figuur 4.4) blijkt dat de relatieve verschillen tussen de vier deelgebieden ongeveer hetzelfde zijn gebleven. De verhoudingen voor de deelgebieden West en Midden zijn nu nagenoeg gelijk, terwijl uitgaande van alleen de volumes, West gunstiger was. Dit wordt veroorzaakt door de relatief grote vaarafstand naar de Roggenplaat.

Ook voor deze verhoudingen geldt dat de waarde slechts indicatief is. Het feit, dat in de gehanteerde kostenschattingen de vaarafstand als onderscheidend criterium is meegenomen, toont dat de belangrijkste les uit genoemde vergelijkingen is, dat de keuze van het zandwingebied van doorslaggevende betekenis kan zijn voor de totale kosten.

4.5 Mogelijke optimalisaties

De verkenning van behoudsvarianten heeft een aantal lessen opgeleverd. Suppleren van de kerngebieden kan naar verwachting een groot deel van de vogelaantallen tegen achteruitgang behoeden (4.4.2). Door een ruimtelijke prioritering aan te brengen kan een volgorde voor ingrepen worden aangebracht, die ruimte biedt voor een learning-by-doing aanpak, waardoor de effectiviteit van de maatregelen kan worden vergroot (4.4.3). De beschouwing over verschillende uitvoeringsvormen (4.4.4) toont dat het rendement van de maatregelen kan toenemen door de juiste vorm te kiezen. De keuze van een zandwingebied tenslotte, lijkt een doorslaggevende invloed te hebben op de totale kosten (4.4.5).

Verdere optimalisaties zijn mogelijk door combinaties met meerdere functies en door toepassing van erosieremmende en andere aanvullende maatregelen. In deze paragraaf worden deze verkend.

4.5.1 Toepassing erosieremmers

Suppleties zijn voornamelijk bedoeld om het belangrijkste foerageerareaal voor vogels in stand te houden door de verliezen te compenseren. Om de verliezen te vertragen, kunnen erosieremmers worden ingezet. Omdat daarmee niet de effecten van een stijgende zeespiegel teniet kunnen worden gedaan, zullen deze ten allen tijde slechts als aanvullende maatregelen dienst kunnen doen. Zeker in combinatie met suppleties lijkt de toepassing mogelijkheden te bieden.

Als erosieremmers kan gedacht worden aan biobouwers zoals oesterriffen, en de strategische aanleg van dammetjes. De ervaringen met de experimentele oesterriffen en proeven met cascades in Schelphoek tonen de mogelijkheden.

Oesters zijn zogenaamde 'ecosystem engineers' of biobouwers die door hun structuur en activiteit een sterke invloed uitoefenen op hun omgeving. Oesters vormen rifvormende structuren in het intergetijdengebied die lokaal de stroming en golven beïnvloeden. Door hun 3D-structuur die boven de bodem uitsteekt dempen ze golven. Daardoor kunnen ze sedimenttransport beïnvloeden en zien we vaak een verhoging van de bodem in de luwte van een rif. Dit is aangetoond voor natuurlijke oesterriffen in de Oosterschelde (Wallis et al., in prep.), en in het kader van Building with Nature zijn proeven gedaan met kunstmatige oesterriffen om na te gaan of hiermee de erosie van platen en slikken in de Oosterschelde kan worden tegengegaan. Het concept bestaat er in om op plekken die te lijden hebben van erosie, kunstmatige riffen aan te leggen die de basis vormen voor de ontwikkeling van een levend oesterrif. Deze riffen bestaan uit schanskorven gevuld met oesterschelpen. De schanskorven dienen om de schelpen vast te houden, en de schelpen vormen een uiterst geschikt substraat voor oesterlarven om zich op te vestigen. In het kader van Building with Nature zijn in 2010 drie grote riffen (200x10*0.2 m) neergelegd bij Viane en De Val. Het effect van de riffen op de omringende morfologie is verschillend van rif tot rif en hangt af van de lokale condities. Op Viane, waar erosie het grootst is, zien we een duidelijk positief effect met een verminderde erosie achter de riffen (Figuur 4.9), en wordt veel zand ingevangen door het rif. Op de Val wordt geen effect op de morfologie aangetoond. De ontwikkeling van de riffen zelf verschilt ook sterk. Op één van de riffen in Viane is veel oesterbroed aanwezig en ontwikkelt het rif zich tot een levend rif (Figuur 4.9), terwijl het andere rif door een overmaat aan sediment dat ingevangen wordt, slechts weinig levende oesters bevat. De proeven tonen aan dat het inzetten van oesterriffen als erosie-beperkende maatregel potenties biedt, maar dat kennis over de leefcondities van de oester en van de lokale omstandigheden noodzakelijk is voor een goede werking. M.a.w., oesterriffen zullen niet overal kunnen ingezet worden. Om

het gebruik van oesterriffen als erosieremmende maatregel nader te bestuderen wordt in de Veiligheidsbuffer Oesterdam geëxperimenteerd met de aanleg van oesterriffen in combinatie met een suppletie.



Figuur 4.9: Links: Oesterrif aangelegd bij Viane met duidelijke sedimentatie aan de luwte zijde van het rif. Rechts: ontwikkeling van een kunstmatig rif (schanskorven gevuld met oesterschelpen) tot een levend oesterrif.

4.5.2 Combinatie met andere functies

De robuustheid van de waterkeringen langs de Oosterschelde blijkt dermate groot dat voor 2060 geen gevaar te duchten is van een toenemende golfbelasting op de veiligheid. Wel leidt de doorgaande erosie van plaat- en slikgebieden tot een versnelde afname van die robuustheid; de afschrijvingsduur van de bestaande keringen wordt bekort. Na 2060 zijn met zekerheid wederom versterkingen nodig.

Langs zo'n 63 km van de Oosterscheldedijken, blijken de fysieke condities zodanig dat mogelijke versterkingen kunnen worden uitgevoerd door zandsuppleties op de vooroever (Blom en Jacobse, 2007). Gegeven het feit dat voorlandsuppleties de potentie in zich dragen om ook een bijdrage te leveren aan het scheppen van sleutelareaal voor de draagkracht voor vogels, ligt hier een grote kans voor functie combinatie. Het is te overwegen om suppletievormen te onderzoeken die een optimale bijdrage leveren aan zowel behoud van veiligheid als van draagkracht voor vogels.

Lokaal zijn vergelijkbare combinaties denkbaar tussen voorlandsuppleties welke de veiligheid van de dijk garanderen en de recreatieve functies langs de dijk. De geplande duin-voor-dijk versterking bij Sophiastrand is daarvan een voorbeeld.

Algemeen geldt dat bij de vormgeving van elke suppletie, mogelijk negatieve effecten op andere functies zoveel mogelijk beperkt dienen te worden. Zeker geldt dat voor belangrijke functies als schelpdierkweek en scheepvaart.

4.5.3 Aanvullende maatregelen

Buiten de kerngebieden, waar niet alleen het sleutelareaal 40-80% beperkend is, maar een samenspel van andere factoren, kan het lonen om na te gaan of er mogelijkheden liggen om deze andere factoren aan te pakken. Zo kunnen in gebieden die nu verstoord worden door de aanwezigheid van mensen (wandelaars met honden), en die daarom nu buiten de kerngebieden vallen, maatregelen denkbaar zijn die verstoring tegen gaan. Het is dan wel zaak om na te gaan of gebieden die nu verstoord zijn wel aan de andere randvoorwaarden voor vogels voldoen. Er moet dus in het gebied het volledige bereik aan droogvalduren beschikbaar zijn en het gebied moet niet gekenmerkt worden door een lage dichtheid aan voedsel, omdat het bijvoorbeeld een hoogdynamisch gebied betreft.

Het deelgebied Oost (de Kom van de Oosterschelde) is een groot gebied met veel intergetijdengebied, maar er zit gemiddeld gezien een lagere dichtheid aan vogels. Waarschijnlijk is dit deel van de Oosterschelde beperkt door lagere voedseldichtheden. Dit heeft mogelijk deels te maken met het voorkomen van relatief grote oppervlaktes klei- en veenbanken, waarin weinig bodemdieren voorkomen. Daarnaast is het bestand aan kokkels in deelgebied Oost laag en sterk afgenomen over de jaren. Aangezien primaire productie in de Oosterschelde gelimiteerd lijkt te worden door (over-)begrazing, zou een verbetering in de voedselbeschikbaarheid voor schelpdieretende vogels in dit deelgebied bereikt kunnen worden door grootschalige veranderingen in het beheer van de schelpdierbestanden. De effecten hiervan op de draagkracht van vogels zijn echter zeer moeilijk te voorspellen. Binnen het ANT-Oosterschelde project zijn deze mogelijkheden verder niet op effectiviteit onderzocht.

In theorie is een verbetering van de voedselbeschikbaarheid voor vogels in de Oosterschelde te bewerkstelligen door het creëren van schelpdierbanken in het intergetijdengebied. Oesters worden weinig gegeten, en zijn waarschijnlijk van weinig waarde voor schelpdieretende vogels. Voor Bonte strandlopers en vogels met een vergelijkbaar dieet zijn dit mogelijk wel waardevolle structuren omdat er veel epifauna op zit. Hier is echter te weinig kwantitatieve informatie over om in te schatten hoe groot dit mogelijke effect is. Mosselbanken blijken niet van nature te ontstaan in de Oosterschelde (de oorzaak hiervan is niet goed gekend maar kan aan een hoge predatie van het mosselzaad liggen) en het is zeer de vraag of een aangelegde mosselbank in het intergetijdengebied daar zal blijven liggen zonder onderhoud en regelmatige aanvulling van mosselzaad. Eventuele intertidale mosselbanken zullen sowieso zonder ingrepen snel veranderen in gemengde oester/mosselbanken. Intertidale schelpenbanken zullen tevens in directe competitie zijn met de commerciële schelpdierkweek. Aangezien de Oosterschelde al te maken heeft met een draagkrachtprobleem voor schelpdieren zou het aanleggen van een "vogelvoerplaats" tot problemen kunnen leiden als dit op grote schaal wordt toegepast. Los daarvan stellen wij dat het ook vanuit het oogpunt van natuurontwikkeling niet wenselijk is foerageerplaatsen te creëren die daar niet zonder menselijke ingrepen zullen blijven. Vanuit die optiek is aanleggen van intertidale mosselbanken dan ook niet aan te bevelen.

Op bepaalde kerngebieden kan het wel nuttig blijken om oesterbanken aan te leggen als aanvullende maatregel om lokaal erosie tegen te gaan (zie §4.5.1). Wij bevelen sterk aan om de effecten van bestaande experimentele oesterbanken (bij de Slikken van Viane en bij De Val) als ook eventuele nieuwe artificiële oesterbanken goed te monitoren om een eventueel positief effect van deze structuren op draagkracht voor vogels verder te kwantificeren. Op basis van deze ervaringen kan besloten worden het areaal oesterbanken uit te breiden danwel het de aanleg van oesterbanken te beperken.

Aanwezigheid van hoogwatervluchtplaatsen (hvp's) in de nabijheid van de foerageergebieden is mede bepalend voor de draagkracht van een gebied als geheel. Vliegen kost veel energie en bij toegenomen vliegafstanden kunnen vogels in perioden met een hoge energiebehoefte (opvetten in najaar en voorjaar, strenge winters) beslissen om bepaalde foerageergebieden niet meer te benutten. Er zijn waarschijnlijk voldoende hoogwatervluchtplaatsen aanwezig in de Oosterschelde, maar het verzekeren van voldoende hvp's op korte afstand van de foerageergebieden is noodzakelijk, alsmede het mijden van verstoring op deze hvp's.

4.6 Conclusies

De oorzaak van de erosieproblemen in de Oosterschelde is gelegen in de zandhonger van de geulen, veroorzaakt door de afname van het getijdebiet als gevolg van aanleg van de Oosterscheldewerken (stormvloedkering en compartimenteringsdammen). Herstel van het morfologisch evenwicht in de Oosterschelde zou de meest duurzame oplossing zijn om het probleem aan te pakken. De daarvoor theoretisch benodigde maatregelen, het verwijderen van kering en dammen of het kunstmatig importeren van 400 – 600 miljoen m³ vanuit de Noordzee, zijn echter niet realistisch.

Ook kleinschaliger aanpassingen aan de kering of aan het sluitregiem van de kering blijken nauwelijks bij te dragen aan het tegengaan van de erosie van het intergetijdengebied. Alleen bestrijding van de erosie in de landwaartse erosiekuilen bij de kering, gebruikmakend van zandsuppleties met zand vanuit de Noordzee, zou een bijdrage kunnen leveren aan een structurele oplossing van de zandhonger en op lange termijn de teruggang van platen en slikken kunnen stoppen. Op kortere termijn (eerste 50 - 100 jaar) doet dit nauwelijks iets aan de erosie van platen en slikken.

Een structurele oplossing op korte termijn is niet realistisch.

Om de natuurdoelen veilig te stellen en de draagkracht voor vogels in de Oosterschelde te behouden, zullen dan ook blijvend maatregelen nodig zijn. Om het natuurlijke karakter van de Oosterschelde op een duurzame wijze te behouden heeft het de voorkeur dat deze maatregelen zoveel mogelijk de ondersteunende ecosysteemdiensten (de natuurlijke kringlopen van water, sediment en nutriënten) ondersteunen of versterken. Omdat de oorzaak van de problemen vooral ligt in een verstoring van de sedimentkringloop, zijn zandsuppleties een aangewezen oplossing. Het werken met sediment levert bovendien het voordeel dat op een flexibele wijze kan worden ingespeeld op veranderende omstandigheden en vernieuwde inzichten.

Dit alles leidt tot een gefaseerde aanpak met zandsuppleties met lokaal gewonnen zand, waarbij alle effecten op de morfologie en de ecologie optimaal worden gemonitord, zodat tussentijds kan worden geleerd en bijgestuurd.

Ongeveer 50% van het intergetijdengebied, de zogenaamde vogelkerngebieden, is limiterend voor 80 -90% van de wadvogelstand. Suppletie van deze kerngebieden levert dan ook het meeste rendement op. In een vergelijking tussen de deelcompartimenten van de Oosterschelde, blijkt suppleren van de kerngebieden in het westelijke compartiment het meeste rendement op te leveren. In dit compartiment is de urgentie voor maatregelen ook het grootst omdat hier de verwachte teruggang in sleutelareaal met droogvalduur 40-80%, het grootst is.

In een gefaseerde aanpak ligt het dan ook voor de hand allereerst maatregelen te ontwerpen in het westelijke deelcompartiment.

Als indicatie voor de benodigde hoeveelheid zand om tot 2060 het areaal vogelkerngebied in stand te houden, geldt het totaal van de teruggang als gevolg van de te verwachten erosie en zeespiegelstijging. Uitgaande van een zeespiegelstijging van 60 cm tot 2100 (24 cm over de periode 2010-2060), blijkt in totaal ruim 30 miljoen m³ zand nodig te zijn; ongeveer 4,5 miljoen m³ voor het Noordoostelijke compartiment en ongeveer 9 miljoen m³ voor elk van de overige drie compartimenten. Een eerste indicatieve schatting van de totale kosten komt uit op 165 miljoen Euro. Daarbij is uitgegaan van een gemiddelde kostprijs van orde 5 Euro per m³. Indien de vaarafstand mede in beschouwing genomen wordt en de kosten voor 50% zijn bepaald door de vaarafstand tot de vier potentiële zandwingebieden binnen de Oosterschelde

(Fig. 4.7), dan verandert de efficiëntie volgorde van de deelgebieden. Door de grote vaarafstand naar de Roggeplaat wordt suppleren van het Westen relatief duurder.

De locatie van zandwingebieden is van doorslaggevende invloed op de totale kosten.

Zowel het rendement (in termen van behoud van vogels) als de kosten, worden verder bepaald door de precieze vorm, frequentie en ruimtelijke verdeling van de suppleties. Ecologisch gezien heeft een lage frequentie voordelen vanwege de beperking van de verstoring. Tegelijkertijd wordt bij een lage frequentie bespaard op de mobilisatiekosten van baggermateriaal. Op de meeste plaatsen zou tot 2060 kunnen worden volstaan met een eenmalige suppletie van een dikte tussen de 50 en 150cm. De ecologische opbrengst van deze suppleties kan worden gemaximaliseerd door in te spelen op de locatie-specifieke (topografische) kenmerken.

Het ontwerp van de suppleties vraagt lokaal maatwerk.

In aanvulling op zandsuppleties zijn verschillende maatregelen mogelijk waardoor de kosten-batenverhouding verder kan worden geoptimaliseerd. Voorbeelden:

- de aanleg van erosieremmende maatregelen waardoor de levensduur van suppleties wordt verlengd; door het gebruik van bio-bouwers zoals oesterriffen kunnen hiermee tegelijkertijd de waardevol foerageergebied voor vogels worden toegevoegd.
- Functiecombinaties voor de suppleties zoals het versterken van dijkvoorlanden en tegelijkertijd verbeteren van het droogvalareaal.
- Aanvullende maatregelen gericht op het beïnvloeden van overige factoren welke de draagkracht voor vogels bepalen zoals menselijke verstoring en het beheer van de schelpdierbestanden.

De effectiviteit van deze optimalisaties is uiteraard sterk afhankelijk van lokale condities en ook hier moet dus sprake zijn van maatwerk.

Optimalisaties zijn mogelijk door gebruik van erosieremmers, biobouwers, functiecombinaties en aanvullende maatregelen gericht op het vergroten van de draagkracht voor vogels.

5 Discussie

In de vorige hoofdstukken is een beschrijving gegeven van het systeem, zijn verwachtingen over de morfologische en ecologische ontwikkelingen van het gebied besproken en maatregelen voorgesteld. Hieronder worden achtereenvolgens een aantal onderwerpen nog wat nader besproken.

Onze verwachtingen zijn tot nu toe gebaseerd op de aannames dat in de Oosterschelde het areaal platen slikken met droogvalduur 40-80% limiterend is geworden en dat dit areaal de vogelaantallen in het gebied gaat bepalen. Toch zal ook het lagere deel, waar veruit het meeste voedsel ligt belangrijk zijn. Hieronder wordt kort besproken hoe daar tegenaan gekeken kan worden.

De behoudsdoelstellingen voor N2000 mikken op 100% behoud van de vogelaantallen op lange termijn. Nu kan de vraag gesteld worden hoe realistisch dit is. Tevens hebben wij bij de noodzakelijke afbakening van dit project aangenomen dat maatregelen die positief doorwerken op het behoud van de doelstellingen op vogels, ook de andere natuurdoelstellingen worden gewaarborgd. De voorgestelde maatregelen in hoofdstuk 4 zullen hier beschouwd worden in het licht van deze andere doelstellingen.

Daarnaast is de beschouwde tijdshorizon in het ANT-Oosterschelde onderzoek het jaar 2060. Echter, gezien het lange termijn karakter van de problematiek is het zeker nuttig ook op de wat langere termijn te kijken, met alle onzekerheden die daar aan vast zitten. Daarom geven we een doorzicht naar 2100.

Tenslotte zal nog kort worden ingegaan op de kennisleemtes die momenteel nog bestaan. Deze leemtes beperken ons vermogen om op dit moment effecten van ingrepen volledig te voorspellen. Er zijn echter een aantal onderwerpen aan te wijzen die ons inzicht in effecten van ingrepen aanzienlijk kunnen verbeteren. Omdat de maatregelen over een groot aantal jaren genomen zullen worden zijn er veel mogelijkheden de bestaande kennisleemtes verder op te vullen. Op deze manier kunnen in de toekomst maatregelen efficiënter en met meer zekerheid op succes worden uitgevoerd. Bovendien is de zandhonger niet het enige probleem in de Oosterschelde en er zijn tevens andere projecten naast ANT, waarin onderzoek en maatregelen worden uitgevoerd die een impact hebben op de haalbaarheid van de natuurdoelstellingen en / of nuttige kennis opleveren voor de uitvoering van maatregelen in de toekomst. Hier zal ook een korte beschouwing over gegeven worden.

5.1 Onzekerheden in de huidige voorspellingen

5.1.1 Belang van de verschillende droogvalduurzones

Sinds de sluiting van de kering is het hogere areaal met droogvalduur 40-80% al behoorlijk afgenomen, het lagere areaal daarentegen nog nauwelijks. Tot nu toe zijn de aantallen van de meeste vogelsoorten nog niet sterk afgenomen (enkele uitzonderingen daargelaten). Het lijkt er dus op dat tot nu toe het hogere areaal nog niet echt limiterend was. In de voorgaande hoofdstukken is beargumenteerd dat, wanneer de trends zich doorzetten, dit in de toekomst wel het geval gaat zijn en dat de kans op bijvoorbeeld grote sterftes in strenge winters (als de vogels de lange foerageerduur nodig hebben) erg groot wordt.

In feite zijn zowel de hoger gelegen als de lager gelegen arealen belangrijk. In delen van de Oosterschelde (vooral in het deelgebied Oost), waar veel laag areaal en weinig hoog areaal is, is het zeer waarschijnlijk dat hoog areaal nu al limiterend is. In andere delen (met relatief veel hoog areaal (zoals in het deelgebied Noordoost) is waarschijnlijk het lage (rijke) areaal de beperkende factor. Als in gebieden waar laag areaal momenteel beperkend is uiteindelijk hoog areaal beperkend gaat worden (omdat dit relatief snel afneemt) zullen daar de vogelaantallen gaan dalen. Hoog areaal creëren middels suppleties, in gebieden waar hoog areaal nu al beperkend is, kan (na rekolonisatie) de aantallen in een gebied zelfs laten

toenemen. Echter, hoog areaal creëren in gebieden waar laag areaal (nog) beperkend is, zal geen effect hebben, of zelfs negatief uitwerken als het nieuwe, hoge areaal ten koste gaat van voedselrijk areaal met een lange overspoelings duur. Het is dus van groot belang om per gebied te kunnen bepalen of de hoge delen al dan niet limiterend zijn om de suppleties optimaal te kunnen inrichten.

5.1.2 De haalbaarheid van 100% instandhouding

De Natura2000 doelstellingen richten zich in principe op 100% instandhouding. De vraag is in hoeverre dit haalbaar is.

In de aanpak van het ANT onderzoek is de Natura2000 doelstelling allereerst vertaald in het doel tot behoud van 100% van een achttal kensoorten van vogels. Vervolgens is deze vertaald naar in stand houding van het geschikte foerageerareaal, zoals dat in 2010 op de platen slikken in de Oosterschelde voorkwam. Als geschikt foerageerareaal is een onderscheid gemaakt tussen kerngebieden (ongeveer 50% van het totale areaal aan platen slikken) welke bepalend zijn voor de draagkracht voor 80-90% van alle vogels, en niet-kerngebieden, van belang voor nog eens 10-20% van de vogels.

Op voorhand is duidelijk dat alleen het in stand houden van het areaal vogelkerngebied onvoldoende zal zijn om 100% van de vogelstand te behouden. Ook de optredende verliezen in de niet-kerngebieden zouden daarvoor gecompenseerd moeten worden.

Daar komt bovendien nog een effect bij. Door het suppleren van de platen en slikken zal, zij het tijdelijk, ook schade aan de ecologie toegebracht worden. Na het suppleren is op de gesuppleerde locaties bijna geen bodemleven aanwezig, en dus ook nauwelijks voedsel voor steltlopers. De rekolonisatie hiervan zal 3 à 5 jaar in beslag nemen (op basis van de ervaringen opgedaan met de Galgeplaat suppletie). Een indicatie voor de mogelijke omvang van dit effect levert de volgende theoretische beschouwing.

Stel, vanaf 2020 wordt elke 5 jaar 10% van het areaal vogelkerngebied gesuppleerd met een voldoende laagdikte om de teruggang te compenseren, zodat in 2060 het volledige areaal van de kerngebieden is behouden. Rekening houdend met een rekolonisatieduur van 3 à 5 jaar, betekent dit dat tot 2060 6 à 10 % van het areaal niet tot minder geschikt is als voedselbron. We moeten aannemen dat dan ook het totale vogelaantal dat behouden blijft in de kerngebieden, met zo'n 6 à 10% kan afnemen.

Indien men voor 100% behoud gaat zullen er naast de "behoud"-suppleties van de kerngebieden, dus ook extra maatregelen nodig zijn. Te denken valt hierbij aan:

- **Compensatiesuppleties:** Voordat er grote suppleties uitgevoerd worden in de kerngebieden, kan men een compensatiesuppletie uitvoeren om de voedselbeschikbaarheid tijdens, en de eerste jaren na de suppletie, te waarborgen. Dit kan door het creëren van extra areaal in de nabijheid van de kerngebieden, zodat de potentie van deze gebieden voor foeragerende steltlopers wordt vergroot en compensatie kan bieden voor de te verwachten teruggang van de draagkracht bij suppletie van de kerngebieden zelf. Na 3 à 5 jaar is dit gebied gerekoloniseerd en kunnen de suppleties in de kerngebieden starten. Gedurende de periode tot 2060 (en zelfs daarna) fungeert dit extra areaal als compensatiegebied. Toepassing van deze strategie zal per deelgebied afzonderlijk moeten gebeuren, omdat de meeste vogels zich niet verplaatsen tussen de deelgebieden. De "compensatie" suppletie behoeft slechts eenmaal uitgevoerd te worden.

Voor "compensatie"-suppleties geldt dat de mogelijkheden sterk afhankelijk zijn van lokale condities. Concreet kan gedacht worden aan het creëren van areaal met een droogvalduur 40-80% op die locaties waar het dit areaal echt limiterend is, maar waar een groot areaal met droogvalduur 0-40% beschikbaar is (zie § 5.2).

Op de juiste wijze vorm gegeven zouden deze suppleties compensatie kunnen bieden voor zowel de negatieve effecten veroorzaakt door rekolonisatievertragingen van

suppleties binnen kerngebieden, als voor de teruggang in vogelstand veroorzaakt door erosie buiten de kerngebieden.

- Aanpakken verstoring in de niet-kerngebieden waar dit mogelijk is, en waar dit waarschijnlijk een positief effect op de vogels gaat hebben. Aanpak van verstoring kan niet-kerngebieden geschikt maken voor vogels *mits dan ook aan de andere criteria wordt voldaan*. Het tegengaan van verstoring in gebieden die ook om andere redenen minder geschikt zijn, zal niet veel effect hebben. Maatregelen op verstoring zullen alleen nut hebben in gebieden die het volledige bereik aan droogvalduren in zich hebben, niet al te dynamisch (dus relatief arm) zijn en op korte vliegafstand van hoogwatervluchtplaatsen liggen. Als deze randvoorwaarden er niet zijn, kan eventueel overwogen worden deze te creëren, bijvoorbeeld door suppletiemaatregelen zoals hierboven beschreven. Verstoring beperken in gebieden die nabij havens en recreatie liggen zal om maatschappelijke redenen niet uitvoerbaar zijn.
- Aanleg van schelpenbanken om aldus extra voedsel voor steltlopers te creëren. Oesters worden weinig door steltlopers gegeten, en zijn waarschijnlijk van geringe waarde voor schelpdier-etende vogels. Oesterriffen en hun nabije omgeving vormen wel een divers en productief habitat. Op de riffen komen heel wat andere soorten voor zoals mosselen (zie hoofdstuk 3). Tussen de riffen ontstaan plasjes en redelijk slibrijke bodems met een rijke mobiele epifauna en bodemdiergemeenschappen. Hier foerageren soorten zoals bonte strandloper, wulp, lepelaar etc. Er is echter te weinig kwantitatieve informatie om in te schatten hoe groot het mogelijke effect is van de aanleg van nieuwe oesterriffen op de vogelstand.

Natuurlijke mosselbanken ontbreken momenteel in de Oosterschelde door gebrek aan broedval of te hoge predatiedruk. Het is zeer de vraag of een aangelegde mosselbank in het intergetijdegebied daar zal blijven liggen, zonder onderhoud en regelmatige aanvulling van mosselzaad. Eventuele intertidale mosselbanken zullen sowieso zonder ingrepen waarschijnlijk veranderen in oesterbanken. Een proef zou dit moeten uitwijzen. Intertidale schelpenbanken zullen daarnaast in directe competitie zijn met de commerciële schelpdierkweek. Aangezien de Oosterschelde al te maken heeft met een draagkrachtprobleem voor schelpdieren, zou het aanleggen van een "vogelvoerplaats" tot problemen kunnen leiden als dit op grote schaal wordt toegepast. Los daarvan stellen wij dat het ook vanuit het oogpunt van natuurontwikkeling, niet wenselijk is foerageerplaatsen te creëren die daar niet zonder menselijke ingrepen zullen blijven. Op bepaalde kerngebieden kan het wel nuttig blijken om oesterbanken aan te leggen als aanvullende maatregel om lokaal erosie tegen te gaan. Wij bevelen sterk aan om de effecten van bestaande experimentele oesterbanken (bij de Slikken van Viane en bij De Val) als ook eventuele nieuwe artificiële oesterbanken, goed te monitoren om een eventueel positief effect van deze structuren op draagkracht voor vogels verder te kwantificeren.

5.2 Handhaving overige natuurdoelen

De ANT-studie Oosterschelde heeft zich met name gericht op 8 kensoorten vogels (niet-broedvogels; zie tabel 1.1), die rechtstreeks beïnvloed worden door de effecten van de zandhonger. Daarbij is aangenomen dat door geschikt foerageergebied in stand te houden ten behoeve van deze vogelsoorten, ook een aantal andere Natura2000 natuurdoelen grotendeels in stand zullen blijven (zie hoofdstuk 1). Is deze aanname gerechtvaardigd?

Wanneer geen maatregelen getroffen worden zal het verlies aan droogvallend foerageergebied als gevolg van de zandhonger, een aantal kustbroedvogels negatief beïnvloeden, waaronder twee soorten welke niet tot de beschouwde 8 kensoorten behoren, zoals de bontbekplevier en strandplevier. Het in stand houden van foerageergebied door

suppleren zal dan ook voor deze kustbroedvogels positief zijn, maar dan dienen andere knelpunten ook aangepakt te worden (Rijkswaterstaat, 2013b).

Gewone zeehonden gebruiken de slikken en platen om te rusten. In de Oosterschelde gaat het om een beperkt aantal rustgebieden, met name in het westen (Roggenplaat, Neeltje Jansplaat) en midden (Galgeplaat, slikken van de Dortsman). Deze rustgebieden vallen voor een groot deel binnen, of grenzen aan de vogelkerngebieden. Tijdens het suppleren van de kerngebieden zal het areaal rustgebied voor zeehonden tijdelijk verkleind worden, omdat de versturende werking van de werkzaamheden de gebieden ongeschikt maakt (MIRT, 2013). De droogvalduur van de platen is van groot belang, en platen die minder lang droogvallen zijn doorgaans minder geschikt als rustgebied voor gewone zeehonden. Het in stand houden van de zone met droogvalduur 40-80%, zal waarschijnlijk dan ook er toe leiden dat het areaal rustgebied voor de gewone zeehond behouden zal blijven. Wanneer er geen suppleties plaatsvinden wordt verwacht dat tegen 2060, de Oosterschelde grotendeels ongeschikt geworden is voor de gewone zeehond als rustgebied (MIRT, 2013).

Habitat typen zoals de pioniervegetaties (H1310) de slijkgrasvegetaties (H1320) en de schorren (1330A) zullen waarschijnlijk slechts beperkt beïnvloed worden door de effecten van de zandhonger (tot 2060). Dit komt deels doordat de schorren liggen op locaties waar geen of weinig erosie plaatsvindt, en deels doordat schorranden op een aantal plaatsen verdedigd zijn. De Deltawerken hebben er toe geleid dat de concentratie gesuspendeerd materiaal in de waterkolom is afgenomen, maar metingen laten zien dat dit niet echt geleid heeft tot een sterke afname in de verticale accretie van de schorren. Wel is deze accretie onvoldoende om de zeespiegelstijging bij te houden, en zullen de meeste schorren in de toekomst bijna zeker verdrinken (NIOZ, ongepubliceerde data). De in het kader van ANT voorgestelde behoudsvarianten zullen slechts een gering, maar positief effect hebben op de schorren, doordat verhoging van een slik door suppleties voor een schorrand, de golfaanval op de schorren kan remmen.

5.3 Doorzicht naar 2100

De binnen het ANT Oosterschelde project gehanteerde tijdshorizon is 2010-2060. Om te komen tot uitspraken over de verwachte ontwikkelingen tot 2060, zijn een aantal wezenlijke aannames gedaan:

- de erosie van de platen en slikken voltrekt zich tot 2060 in eenzelfde tempo als in de periode 1990 – 2010;
- de zeespiegelsnelheid neemt tot 2060 toe tot een snelheid van 60 cm/eeuw;
- het areaal met een droogvalduur 40-80% heeft in 2010 zijn kritische limiet bereikt;
- het areaal vogelkerngebieden is bepalend voor de draagkracht van 80-90% van de vogelstand in de Oosterschelde;
- alle overige factoren, die de draagkracht voor vogels bepalen, veranderen niet tot 2060.

Voor elk van deze aannames zijn goede argumenten zoals beschreven in de voorgaande hoofdstukken. De onzekerheden blijven echter groot, zoals ook blijkt uit de kritische kanttekeningen in § 5.1. Bij een doorkijk naar 2100 worden deze onzekerheden alleen maar groter. De aannames die we hebben verondersteld te gelden tot 2060, gaan niet zonder meer op voor de periode tot 2100. Morfologische processen verlopen op langere termijn niet lineair, maar meestal via een gradueel afnemend tempo. De verwachtingen voor zeespiegelstijging na 2060 vertonen een grote spreiding rond de veronderstelde gemiddelde waarde van 60 cm/eeuw. Inzichten in het effect op de vogelstand, van de balans tussen het aanwezige laag- en hooggelegen areaal, zijn nog erg marginaal. Om nog maar te zwijgen over het beeld van alle overige invloeden welke spelen op en rond de Oosterschelde. Een doorkijk naar 2100 kan dan ook alleen een uiterst indicatief of zelfs speculatief karakter hebben.

5.4 Al doende leert men (Learning by doing)

Een belangrijke aanbeveling is om bij iedere volgende suppletie te monitoren en te leren om zodoende een beter ontwerp voor de volgende suppletie te kunnen maken. Dit leren lukt niet zonder veldmetingen en zonder vergelijking met de ongestoorde toestand. Deze ongestoorde toestand wordt bepaald met zogenaamde T0 metingen over een voldoende lange periode. Vanwege de grote jaarlijkse fluctuaties houdt dit in dat meerdere jaren moet worden gemeten. Bij de vorige suppleties is dit niet altijd goed gegaan. Een aanpak “Al doende leert men” (Learning by doing) zonder veldmetingen, waaronder een goede vastlegging van de uitgangssituatie (T0-meting), is onmogelijk.

5.4.1 Ontwikkelingen in en rondom de Oosterschelde

Naast deze ANT-studie die een grootschalig handvat moet bieden voor aanpak van de zandhonger worden er al daadwerkelijk een aantal kleinschalige projecten uitgevoerd die een lokale impact hebben op erosie. Uit deze afzonderlijke projecten zijn belangrijke lessen te leren welke bijdragen aan een aanpak van “Al doende leert men”. Voorbeeld van deze projecten zijn:

- Galgeplaat suppletie
- Pilot zandsuppletie/cascade bij Schelphoek
- Veiligheidsbuffer Oesterdam
- Schorrandverdedigingen en aanleg schelpenbanken (bijv. BwN oesterriffen)
- Transplantatie zeegras in het kader van dijkverzwaringswerken
- Kleinschalige proeven herstel *Spartina* vegetaties in de pionierzone en dijkzone (in relatie tot dijkverzwaringswerken) d.m.v. in kokosmatten aangeplante *Spartina* planten
- aanleg getijdenatuur op het Rammegors

De resultaten van deze projecten moeten zeker worden meegenomen bij het verder ontwerpen van specifieke herstelmaatregelen.

In de Oosterschelde en de Waddenzee loopt een traject om de mosselzaadvijverij in de Waddenzee stapsgewijs af te bouwen tot 0 in 2020 en mosselzaad voor de kweek in de Oosterschelde volledig te vervangen door mosselzaad afkomstig van mosselzaadinvanginstallaties (MZI's). In het kader van deze transitie zijn draagkracht studies uitgevoerd voor de Waddenzee en de Oosterschelde. Dit project, getrokken door IMARES, loopt in 2013 af. Tussentijdse resultaten hebben duidelijk aangegeven dat de Oosterschelde intussen tegen draagkrachtbeperkingen voor schelpdieren aanloopt. Het systeem is niet langer beperkt door nutriënten, behalve tijdens een heel korte periode in het voorjaar. Dat betekent dat maatregelen gericht op het vergroten van de toevoer van nutriënten op de productiviteit van het gebied te verhogen waarschijnlijk weinig effect zullen hebben. Dergelijke maatregelen zijn onder meer besproken in het “Green Deal” programma voor de Oosterschelde.

5.4.2 Kennisleemtes

Er is veel kennis over de Oosterschelde aanwezig, er is echter ook nog veel onbekend met name over de relaties areaal – droogvalduur – voedsel – vogelaantallen en de morfologische sedimenttransporten over en van de platen slikken. Om hier verbetering in te brengen verdient het de komende jaren de nodige aandacht te besteden aan:

- Verdeling bodemdieren, incl. mobiele epifauna (krabben, garnalen) over de platen en slikken in relatie tot droogvalduur, etc;
- Prooikeuze steltlopers;
- Gebruik van het intergetijdengebied door steltlopers tijdens laagwater;
- Blijven monitoren van de vogels in de Oosterschelde op basis van maandelijkse vogeltellingen op de hvp's;
- Monitoring (fysisch, morfologisch, ecologisch) van de verschillende suppleties en andere pilots;
- Intussen is duidelijk dat de primaire productiviteit in de waterkolom van de Oosterschelde voornamelijk beperkt wordt door (over) begrazing. Het is onduidelijk hoe dit doorwerkt op andere compartimenten van het systeem (bv op bentische primaire productie of de productie van macroalgen). De doorvertaling naar vogels en andere hogere trofische niveaus is nog vrijwel onbekend.;
- De contouren van de kerngebieden zijn opgesteld door de gebiedsdeskundigen van Rijkswaterstaat en zijn in diverse workshops besproken en vervolgens vastgesteld voor het ANT Oosterschelde project. Het belang van deze kerngebieden is echter nooit kwantitatief vastgesteld. Nader veldonderzoek naar het kwantitatief belang van deze kerngebieden en hun afbakening is nodig.
- Veld en modelonderzoek naar de gedetailleerde sedimenttransporten in tijd en ruimte, dit betreft vooral ook transportrichting en de relatie met wind en golven.

In § 5.1 is al aangehaald dat vogels zowel het lage (0-40% droogvalduur) als het hogere (40-80% droogvalduur) nodig hebben. Afhankelijk van de verhouding tussen deze arealen kan ofwel het hoge, ofwel het lage areaal beperkend zijn voor de draagkracht. Als de relaties van deze verschillende arealen met de aantallen vogels goed gekwantificeerd kunnen worden, dan is in principe ook een voorspellingsmodel te maken waar de effecten van veranderingen in areaal op de vogelstand te voorspellen zijn. In een dergelijk model zijn dan ook factoren mee te nemen zoals veranderingen in welk areaal beperkend is, wanneer de verhouding tussen hoog en laag liggend areaal verandert. Bovenstaande facetten kunnen helpen om deze relaties beter in kaart te krijgen.

5.5 Conclusie

In de Oosterschelde is al enige ervaring opgedaan met suppleties, dammetjes en oesterriffen, toch zijn er ten aanzien van de systeemkennis van de Oosterschelde nog grote hiaten. Dit betreft het foerageergedrag van de steltlopers, waar en wanneer foerageren ze precies en welke delen van de platen en slikken (inclusief hoogteligging en droogvalduur) zijn nu echt van belang. MWTL-Vogeltellingen worden tijdens hoogwater uitgevoerd en zeggen te weinig ten aanzien van bovenstaande punten. In het begin van de ANT Oosterschelde studie zijn vogeltellingen tijdens laagwater uitgevoerd (Zwarts e a., 2011). Voor genoemde kennisleemtes zijn onder anderen aanvullingen vogelstellingen tijdens laagwater benodigd. Dit past prima bij de voorgestelde gefaseerde aanpak (al doende leert men) inclusief de daarbij behorende monitoring met een uitgebreide T_0 meting.

6 Literatuur

Blom J. en S. Jacobse, 2007, Robuuste dijken in de Oosterschelde, ondanks de zandhonger; een verkenning van alternatieven voor klassieke versterking, Haskoning rapport 9S7317.A0/R0002/901948/Rott1, 20 p

De Bruijn R., 2010, The future of the Oosterschelde with a new inlet channel, Msc Thesis TU Delft, TUD 1310178.

Brummelhuis, E.B.M. , Troost, K. , Ende, D. van den , Zweeden, C. van , Asch, M. van, 2012, Inventarisatie van arealen en bestanden aan Japanse oesterbanken in de Oosterschelde en Waddenzee in 2012. Yerseke : IMARES, 2012 (Rapport / IMARES C142/12) - 38 p.

De Ronde J.G., Mulder, J.P.M., Ysebaert, T. en Duren, L. A. van, 2009, Kaderplan Autonome neerwaartse trend ANT Oosterschelde, Deltares, 2009, pr.nr. 1200361.

De Ronde, J.G., Mulder J.P.M., Duren L.A. van, Ysebaert, T. 2010, Eerste Interim-advies ANT Oosterschelde, Deltares, pr.nr. 1202177.

De Ronde, J.G. de, Mulder J.P.M., Duren L.A. van, Ysebaert, T. 2011, Tweede Interim-advies ANT Oosterschelde, Deltares, pr.nr. 1204441.

De Ronde, J.G. de, Mulder J.P.M., Duren L.A. van, Ysebaert, T. 2012, Derde Interim-advies ANT Oosterschelde, Deltares, pr.nr. 1206094.

De Ronde J.G. en Chatelain M., 2013, Beschrijving van het ANT Vogel Kosten Baten Model, Deltares, nr. 1207722.

Hoogduin, L., 2009, Sediment transport through the Eastern Scheldt storm surge barrier, Msc Thesis TU Delft.

Jacobse, J.J., Zel, M. van der, Arnold, E., Hofstad, E.J., 2008, Toekomstprognose ontwikkeling intergetijdengebied Oosterschelde, rapport Haskoning 9T4814.A0.

KNMI, 2006, KNMI Climate Change Scenarios 2006 for the Netherlands, KNMI Scientific report WR 2006-01, KNMI, De Bilt.

Malkin, S.Y., Kromkamp, J.C. en Herman, P.M.J., 2010, Primary production in the Oosterschelde: an analysis of historical data, size distribution and effect of grazing pressure. MIRT-Verkenning Zandhonger Oosterschelde, 2013 concept.

MIRT Verkenning Zandhonger Oosterschelde, milieueffectrapportage, Rijkswaterstaat Zee en Delta, Witteveen en Bos en Bureau Waardenburg bv, concept, juli 2013.

Mulder, J.P.M. en van Heteren, S. , 2009, Gulzige geulen en slinkende slikken in de Zuidwestelijke Delta, een geologisch perspectief, Deltares.

Nienhuis, P.H. en Smaal, A.C. (Ed.), 1994, The Oosterschelde estuary (the Netherlands): a case study of a changing ecosystem. *Developments in Hydrobiology*, 97. Kluwer: Dordrecht. ISBN 0-7923-2817-5. 597 pp.

Rappoldt en Ens, 2013, Scholeksters en de toekomstige erosie van slikken in de Oosterschelde, een modelstudie met WEBTICS, C. Rappoldt en B. J. Ens, 2013, EcoCurves rapport 18, Sovon-rapport 2013/25.

Rijkswaterstaat, 1991, Veilig getij, de effecten van de waterbouwkundige werken op het getijdemilieu van de Oosterschelde. Rapport Rijkswaterstaat.

Rijkswaterstaat, 2013a, Effect zandhonger op de steenbekledingen van de dijken van de Oosterschelde, Memo Rijkswaterstaat Zeeland, Eric van Zanten en Yvo Provoost, 15 februari 2013, 8 p.

Rijkswaterstaat, 2013b, Natura 2000-ontwerpbeheerplan Deltawateren 20xx-20xx 3e concept Oosterschelde.

Santinelli, G. en Ronde, J.G. de, 2012, Volume analysis on RTKprofiles of the Eastern Scheldt, *Deltares*, nr. 1206094.

Schellekens, T. , Ens, B.J. en Ysebaert, T.J.W., 2013, Energiehuishouding van steltlopers en de effecten van verandering in foerageer-oppervlak op populaties: Studie uitgevoerd in het kader van ANT-Oosterschelde & LTV-Natuurlijkheid. Yerseke : IMARES, 2013 (Rapport / IMARES C067/13) - 26 p.

Strucker, R.C.W., Arts, F.A. en Lilipaly, S., 2012, Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta 2010/2011. RWS Waterdienst BM, 12.07. Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat. Waterdienst: Vlissingen. 92 + bijlagen pp.

Smaal, A.C. , Schellekens, T. , Stralen, M.R. van en Kromkamp, J., 2013, Decrease of the carrying capacity of the Oosterschelde estuary (SW Delta, NL) for bivalve filter feeders due to overgrazing? *Aquaculture* 404-405 (2013). - ISSN 0044-8486 - p. 28 - 34.

Stralen, M.R. van, K. Troost en C. van Zweeden, 2012. Ontwikkeling van banken Japanse oesters (*Crassostrea gigas*) op droogvallende platen in de Waddenzee. *MarinX* rapport 2012.101

Tangelder M. en Ysebaert, T., 2012, Alternatieve waterkeringen, een verkenning naar nieuwe concepten voor kustverdediging in het kader van Beleid Ondersteuning Programmabureau Zuidwestelijke Delta, Rapport C069/12

Troost, K. 2009a. Doelendocument Natura 2000, Deltagebied, Rijkswaterstaat Dienst Zeeland en Waterdienst, Middelburg.

Troost, K., 2009b. Pacific oysters in Dutch estuaries: causes of success and consequences for native bivalves. PhD Thesis. Rijksuniversiteit Groningen: Groningen. ISBN 978-90-367-3950-4. 255 pp.

Troost, K., 2010, Causes and effects of a highly successful marine invasion: Case-study of the introduced Pacific oyster *Crassostrea gigas* in continental NW European estuaries. *Journal of Sea Research* 64 (2010)3. - ISSN 1385-1101 - p. 145 - 165.

Troost, K., Ysebaert, T., 2011, ANT Oosterschelde: Long-term trends of waders and their dependence on intertidal foraging grounds, Report number C063/11, Imares Yerseke.

Van der Werf, J., Rooijen A. van, Reinders, J., 3e Voortgangsrapportage Proefsuppletie Galgeplaat, Deltares, 2012, pr. nr. 1204106

Wijsman JWM, M Dubbeldam, MJ De Kluijver, E van Zanten, M van Stralen, AC Smaal. 2008. Wegvisproef Japanse oesters in de Oosterschelde. Eindrapportage. Imares rapport C063/08.

Van Zanten, E. en Adriaanse L.A., 2008, Verminderd getij Verkenning naar mogelijke maatregelen om het verlies van platen, slikken en schorren in de Oosterschelde te beperken. Rapport RWS/2008... Rijkswaterstaat Zeeland, Middelburg.

Zhang, X., 2012, Modelling of nourishment strategies and impact of barrier closure on the Galgeplaat and Dortsman morphodynamics in the Eastern Scheldt, MSc Thesis (WSE-HE-CEPD-12.13), April 2012.

Zwarts, L., 2009, Voedsel voor wadvogels in de Oosterschelde: nazomer 2009, Altenburg & Wymenga, rapport 1346.

Zwarts, L., Blomert, A-M., Bos, D., Sikkema, M., 2011, Exploitation of intertidal flats in the Oosterschelde by estuarine birds 2011, A&W-rapport 1657. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Feanwâlden.

Workshopverslagen ANT Oosterschelde:

Workshopverslag eerste Suppletieworkshop, 28 september 2009, pr. nr.1201479.

Workshopverslag tweede Suppletieworkshop, 10 februari 2010, pr. nr.1202177.

Workshopverslag derde Suppletieworkshop, 19 januari 2011, pr.nr. 1204441.

Workshopverslag Ranking the flats, Dordrecht, 17 november, 2011, Deltares, pr.nr. 1204441

Workshopverslag Morphology of the flats in the Oosterschelde, Delft, 7 februari 2012, Deltares, pr.nr. 1206094.

Workshopverslag eerste ANT Vogelworkshop, Dordrecht, 4 september 2012, Imares,

Workshopverslag tweede vogelworkshop ANT-Oosterschelde, Dordrecht, 21 mei 2013, Deltares pr.nr. 1207722.

A Kaart Oosterschelde

