

Onderzoek aanzanding kust Haringvlietmonding

ACHTERGRONDRAPPORT

Toekomstige morfologische ontwikkelingen

Effecten waterveiligheid, ecologie, economie en leefbaarheid

Eindversie blok A en B

27 januari 2022

Contactpersoon

TANYA HUIZER
Senior projectleider

M +31611798730
E tanya.huizer@arcadis.com

Arcadis Nederland B.V.
Postbus 4205
3006 AE Rotterdam
Nederland

Dit project is uitgevoerd in opdracht van:



Dit project is uitgevoerd door:



Inhoudsopgave

1	Inleiding	11
1.1	Achtergrond van het studiegebied	11
1.2	Wat is er al bekend?	12
1.3	Globale aanpak en leeswijzer	14
2	Recente morfologische ontwikkelingen	15
2.1	Typering en deelgebieden	15
2.2	Huidig beleid	16
2.2.1	Kustlijnhandhaving	16
2.2.2	Onderhoud vaargeul naar Stellendam	18
2.2.3	Spuien rivierwater Haringvlietsluizen	19
2.3	Introductie fysische processen	20
2.4	Analyse van de waterbeweging	23
2.4.1	Golven	23
2.4.2	Getijden	25
2.4.3	Overige stromingsverschijnselen	36
2.5	Analyse van bodemliggingsgegevens	37
2.5.1	Sedimentatie/erosie	37
2.5.2	Dwarsprofielen	41
2.5.3	Hypsometrische gegevens	45
2.5.4	Oppervlakte geulprofielen	47
3	Synthese morfologie	49
3.1	Inleiding	49
3.2	Analyse van maatgevende fysische mechanismen	49
3.2.1	Vooroever	49
3.2.2	Overgangsgebied MV2 - Hindergat	51
3.2.3	Gebied ten zuiden van Brielsche Gatdam	54
3.2.4	Gebied tussen Hinderplaat en MV2 kust	55
3.2.5	Hinderplaat-complex	57
3.2.6	Gebied tussen Hinderplaatcomplex en Haringvlietdam	60
3.2.7	Slijkgat en kust van Goeree	62
3.2.8	Samenvattend beeld – hele studiegebied	65
3.3	Beleidsrelevante deelgebieden	66
3.3.1	Slikken van Voorne	66
3.3.2	Kust van Voorne	67
3.3.3	Haringvlietdam	68

3.3.4	Kust van Goeree	68
4	Toekomstige morfologische veranderingen	69
4.1	Inleiding	69
4.2	Toekomstige morfologie bij "Brede kust van Voorne"	72
4.3	Toekomstige morfologie bij "Geul bij Groene Punt"	77
4.4	Toekomstige morfologie bij "Twee geulensysteem"	81
4.5	Effect zeespiegelstijging op zeer lange termijn (2100)	85
5	Antwoorden onderzoeksvragen morfologie	86
6	Effectstudie kustveiligheid	94
6.1	Inleiding	94
6.2	Huidige situatie	94
6.3	Effecten op kustveiligheid	97
7	Effectstudie ecologie	113
7.1	Inleiding	113
7.2	Afbakening en morfologische ontwikkelingen in relatie tot ecologie	115
7.2.1	Scenario 1 Brede kust van Voorne	115
7.2.2	Scenario 2 Geul bij Groene Punt	116
7.2.3	Scenario 3 Twee geulensysteem	118
7.2.4	Clustering van natuurwaarden	119
7.2.5	Overige uitgangspunten en aannames	121
7.3	Referentiesituatie en staat van instandhouding	123
7.4	Effecten op ecologie	142
7.5	Doorkijk naar scenario's 2 en 3	156
7.5.1	Scenario 2: Geul bij Groene Punt	156
7.5.2	Scenario 3: Twee geulen systeem	156
8	Effectstudie economie & leefbaarheid	157
8.1	Inleiding	157
8.2	Huidige situatie	158
8.2.1	Toerisme en recreatie	158
8.2.2	Scheepvaart en visserij	167
8.2.3	Leefbaarheid	172
8.3	Morfologische ontwikkelingen en indicatoren economie & leefbaarheid	174
8.3.1	Scenario 1 Brede kust van Voorne	174
8.3.2	Scenario's 2 en 3	175
8.4	Effecten op economie en leefbaarheid	176

8.4.1	Effecten toerisme en recreatie	176
8.4.2	Effecten scheepvaart en visserij	179
8.4.3	Effecten leefbaarheid	183
8.5	Doorkijk naar scenario's 2 en 3	186
8.5.1	Scenario 2: Geul bij Groene Punt	186
8.5.2	Scenario 3: Twee geulen systeem	187
Referenties		188
Bijlage A Samenvatting bestaande literatuur: morfologie		193
Bijlage B Leefstijlvindermethode		200

Tabellen

Tabel 1: Suppleties langs de kust van Voorne sinds 1973	17
Tabel 2: Suppleties langs de kust van Goeree van 1966-2016	17
Tabel 3: Suppleties langs de Slufterdamkust en MV2 kust	18
Tabel 4: Oppervlakten in hectares per jaartal en voor verschillende dieptezones	46
Tabel 5: Oppervlakten van vijf geuldoorsneden voor 6 verschillende jaren (in m ²)	47
Tabel 6: Getijvolumes voor de Zuidelijke tak, Noordelijke tak, en totale doorsnede	48
Tabel 7: Netto sedimentatie per periode van 2003-2018	52
Tabel 8: Scenario 1: verwachte verandering in arealen van bepaalde diepte-klassen - 2025 en 2030	76
Tabel 9: Scenario 1: verwachte verandering in arealen van bepaalde diepte-klassen 2040, 2050 en 2060	77
Tabel 10: Scenario 2: verwachte verandering in arealen van bepaalde diepte-klassen 2025 en 2030	80
Tabel 11: Scenario 2: verwachte verandering in arealen van bepaalde diepte-klassen 2040, 2050 en 2060	81
Tabel 12: Scenario 3: verwachte verandering in arealen van bepaalde diepte-klassen 2025 en 2030	83
Tabel 13: Scenario 3: verwachte verandering in arealen van bepaalde diepte-klassen 2040, 2050 en 2060	84
Tabel 14: Verwachte verandering in arealen van bepaalde diepte-klassen 2025 en 2030	87
Tabel 15: Verwachte verandering in arealen van bepaalde diepte-klassen 2040, 2050 en 2060	87
Tabel 16: Overzicht van onderzoeksvragen kustveiligheid	94
Tabel 17: Overzicht van onderzoeksvragen ecologie	113
Tabel 18: Scenario 1: verwachte verandering in oppervlakte van bepaalde diepte-klassen – 2025, 2030, 2040, 2050 en 2060.	115
Tabel 19: Morfologische ontwikkelingen voor de verschillende locaties die zijn weergegeven in figuur 96 (scenario 1).	116
Tabel 20: Scenario 2: verwachte verandering in oppervlakte van bepaalde diepte-klassen – 2025, 2030, 2040, 2050 en 2060.	117
Tabel 21: Verschillen morfologische ontwikkelingen ten opzichte van scenario 1 in 7.2.1	118
Tabel 22: Scenario 3: verwachte verandering in oppervlakte van bepaalde diepte-klassen – 2025, 2030, 2040, 2050 en 2060.	118
Tabel 23: Verschillen morfologische ontwikkelingen ten opzichte van scenario 1 in 7.2.1.	119
Tabel 24: Overzicht van de relevante natuurwaarden voor relevante Natura 2000-gebieden. X = kwalificeert voor dit Natura 2000-gebied. Aanwijzingsbesluiten en veegbesluit zijn hierin meegenomen.	120
Tabel 25: Beschrijving van de relevante dieptezones voor de groepen aan de hand van de huidige situatie.	124
Tabel 26: Scenario 1: beschrijving van de mogelijke veranderingen als gevolg van de ontwikkelingen van de morfologie.	143
Tabel 27: Overzicht van de relevante natuurwaarden voor relevante Natura 2000-gebieden en de verwachte ontwikkeling in tijd voor scenario's 1, 2 en 3.	149
Tabel 28: Overzicht van onderzoeksvragen	157
Tabel 29: Voorkeuren fysieke omstandigheden natuurbeleving per functie en gebruikersgroep	162
Tabel 30: Fysieke omstandigheden water- en strandbeleving per functie en gebruikersgroep (o.b.v. expert judgement)	164
Tabel 31: Scheepspassages bij de Goereesesluis in de jaren 2015-2020.	167
Tabel 32: Overzicht per regio van de gemiddelde dagelijkse bestedingen (zeilboot (ZB) of motorboot (MB)) per boot, en de totale gemiddelde dagelijkse bestedingen per boot en per opvarende (de Bruin, A.H. en Klinkers, P.M.A., 1994)	168
Tabel 33: Werk en economie cijfers Gemeentes Brielle, Hellevoetsluis, Nissewaard en Westvoorne	169
Tabel 34: NOVA-Afslagcijfers garnalen 2013-2017	169

Tabel 35: Visafslagcijfers 2013-2017	170
Tabel 36: Inwoners Voorne-Putten en Goeree-Overflakkee (LISA & CBS)	172
Tabel 37: Ontwikkeling bedrijfsvestigingen en arbeidsplaatsen Voorne-Putten en Goeree-Overflakkee (LISA, 2021)	172
Tabel 38 Relevante morfologische indicatoren en de veranderingen in scenario 1 ten opzichte van de huidige situatie	174
Tabel 39: Relevante morfologische indicatoren en de veranderingen in scenario 2 en 3 ten opzichte van de huidige situatie.	175
Tabel 40: Doorkijk naar scenario 2 (indicatieve score t.o.v. scenario 1)	186
Tabel 41: Doorkijk naar scenario 3 (indicatieve score t.o.v. scenario 1)	187

Figuren

<i>Figuur 1: Studiegebied</i>	11
<i>Figuur 2: Conceptueel model van de aanpassingen op een buitendelta na afsluiting van het zeegat</i>	13
Figuur 3: Baggervolumes Slikgat 1983-2020	19
Figuur 4: Percentage van de tijd dat de daggemiddelde afvoer hoger is dan 1460 m ³ /s vanaf 1985	20
Figuur 5: Golfklimaat bij meetlocatie Europlatform	24
Figuur 6: Berekende golfhoogtes in de kustzone	24
Figuur 7: Golfrozen Hinderplaat (links) en Slikgat (rechts)	25
Figuur 8: Delft3D model rekengebied rond de Haringvlietmond	26
Figuur 9: Modelbodem voor 2018 (links) en samengestelde modelbodem voor 2003 (rechts)	27
Figuur 10: Stroombeeld aan het begin van de vloedperiode (links) en aan het eind (rechts)	28
Figuur 11: Waterstanden aan het eind van de vloedperiode (vergelijken met rechter figuur in Figuur 10)	28
Figuur 12: Waterstanden aan het eind van de vloedperiode (gebied rondom MV2)	29
Figuur 13: Stroombeeld aan het begin (links) en aan het eind (rechts) van de ebperiode	30
Figuur 14: Getijgemiddelde dieptegemiddelde snelheden - 2018	31
Figuur 15: Stroombeeld aan het begin van de vloedperiode (links) en aan het eind (rechts) - 2003	31
Figuur 16: Stroombeeld aan het begin van de ebperiode (links) en aan het eind (rechts) voor 2003	32
Figuur 17: Getijgemiddelde dieptegemiddelde snelheden voor de kunstmatige 2003-bodem	32
Figuur 18: Maximale bodemschuifspanning over de getijdecyclus (geen rivierafvoer)	33
Figuur 19: Stroombeeld aan het begin van de vloedperiode (links) en netto effect spuidebiet (rechts)	34
Figuur 20: Stroombeeld aan het begin van de ebperiode (links) en netto-effect spuidebiet (rechts)	35
Figuur 21: Getijgemiddelde dieptegemiddelde snelheden	35
Figuur 22: Verdeling van de spuivolumes over de Haringvlietmond (in 10 ⁶ m ³ /getij) voor verschillende spuidebieten	36
Figuur 23: Erosie-sedimentatiekaart 2003-2009 (6 jaar)	38
Figuur 24: Erosie-sedimentatiekaart 2009-2018 (9 jaar)	39
Figuur 25: Bodemligging 2009 (links) en 2015 (rechts)	40
Figuur 26: Veranderingen inhoud en oppervlakte Hinderplaat 2003-2018	40
Figuur 27: Oppervlakte platen met droogvalpercentages 2003-2018	41
Figuur 28: Gemeten bodemprofielen loodrecht op Brielsche Gatdam 2003 – 2018	42
Figuur 29: Dwarsprofielen op vier locaties dwars op de Hinderplaat	43
Figuur 30: Dwarsprofielen op vier locaties dwars op het Slikgat (en kust van Goeree)	44

Figuur 31: Dwarsprofielen dwars op de kust bij de overgang van MV2 richting Brielsche Gatdam	44
Figuur 32: Hypsometrische curves hele mondingsgebied inclusief kust Goeree 2003 – 2018	45
Figuur 33: Hypsometrische curves van de vooroever	46
Figuur 34: Dominante getijvolume versus de gemeten oppervlakte van de geuldoorsnede onder NAP -2 m	47
Figuur 35: actieve deel van de vooroever (profielen 2003 – 2018)	50
Figuur 36: Sedimentverplaatsingen vooroever	50
Figuur 37: bovenaanzicht strandhaak. Luchtfoto 2 maart 2021	51
Figuur 38: Kleinschalige volumeveranderingen van vastomlijnd gebied	52
Figuur 39: Maximale vloedstroming (links) en maximale ebstroming (rechts) Hindergat en naamloze geul	52
Figuur 40: Getijgemiddelde stroming Hindergat en naamloze geul	53
Figuur 41: Mogelijk maatgevende sedimenttransporten – gebied rondom Hindergat. A: Situatie na aanleg Slutterdepot; B: Situatie na aanleg MV2	53
Figuur 42: Mogelijk maatgevende sedimenttransporten – gebied voor Brielsche Gatdam	55
Figuur 43: Mogelijk maatgevende sedimenttransporten – gebied tussen Slufterkust en Hinderplaat	56
Figuur 44: Berekend stroombeeld maximale vloed (links) en maximale eb (rechts); rol van Naamloze Geul	56
Figuur 45: Berekenende diepte-gemiddelde stromingsvectoren	57
Figuur 46: JARKUS profielen bij Groene Punt (RSP 10.15 km)	58
Figuur 47: Detail van de sedimentatie / erosie van Hinderplaat-complex 2015-2018 (links) en 2009-2012 (rechts)	58
Figuur 48: Mogelijk maatgevende sedimenttransporten –Hinderplaat	59
Figuur 49: Verondieping 1970 - 2015 over een raai getrokken door het Rak van Scheelhoek	60
Figuur 50: Details van sedimentatie/erosiekaarten 2015-2018 (links) en 2006-2009 (rechts) – sedimentatiegebied	61
Figuur 51: Vloedstroming (geen rivierafvoer) bij Kwade Hoek 2018 (links) en 2003 (rechts)	61
Figuur 52: Mogelijk maatgevende sedimenttransporten – vooroever kust van Voorne	62
Figuur 53: Luchtfoto van aanlandingsproces Bollen van de Ooster op kust van Goeree (februari 2021)	63
Figuur 54: Detail stroombeeld ter hoogte van de kop van Goeree (links: max vloed; rechts; max eb)	63
Figuur 55: Sedimentatie-erosie detail Kust van Goeree en Slijkgat 2006-2018	64
Figuur 56: Mogelijk maatgevende sedimenttransporten – Slijkgat	65
Figuur 57: Conceptueel model van de dominante sedimenttransporten	66
Figuur 58: Gekerfde duinen bij de Groene Punt	66
Figuur 59: Plaatareaal boven NAP -1 m voor 2003 (links), 2009 (midden) en 2018 (rechts)	67
Figuur 60: Voetafdrukken in het slib op het strand van Voorne	67
Figuur 61: Illustratieve schetsen van de drie tipping points	70
Figuur 62: schematische weergave geulwanden Groene Punt	72
Figuur 63: Mogelijk toekomstige bodem anno 2025 - Scenario 1	73
Figuur 64: Mogelijk toekomstige bodem anno 2030 - Scenario 1	74
Figuur 65: Mogelijk toekomstige bodem anno 2060 - Scenario 1	74
Figuur 66: Hypsometrische curves van de geschetste toekomstbodem – scenario “Brede kust van Voorne”	75
Figuur 67: Berekenende stroomsnelheden 2030: links vloedstroom, rechts ebstroom	76
Figuur 68: Waargenomen en voorspelde veranderingen in oppervlakten van bepaalde dieptezones – scenario 1	77
Figuur 69: Mogelijk toekomstige bodem anno 2025 - Scenario 2	78
Figuur 70: Mogelijk toekomstige bodem anno 2030 - Scenario 2	79

Figuur 71: Mogelijk toekomstige bodem anno 2060 - Scenario 2	79
Figuur 72: Hypsometrische curves van de geschetste toekomstbodem – scenario “Geul bij Groene Punt”	80
Figuur 73: Waargenomen en voorspelde veranderingen in oppervlakten van bepaalde dieptezones – scenario 2	81
Figuur 74: Mogelijk toekomstige bodem anno 2030 - Scenario 3	82
Figuur 75: Mogelijk toekomstige bodem anno 2060 - Scenario 3	83
Figuur 76: Waargenomen en voorspelde veranderingen in oppervlakten van bepaalde dieptezones – scenario 3	84
Figuur 77: Gemeten bodemveranderingen op ongeveer 1 km afstand van de Haringvlietdam	88
Figuur 78: Berekende maximale bodemschuifspanning in deelgebied Brielsche Gat: 2018 (link) en 2030 (rechts)	89
Figuur 79: Morfologie mondingsgebied Grevelingen anno 2012	91
Figuur 80: Debiet door spuisluizen tijdens Kier-variant proef januari 2019 (Deltares, 2019)	93
Figuur 81 Dijktraject Brouwersdam - Stellendam	95
Figuur 82: Referentieprofielen voor 2020, 2026 (25 meter kustachteruitgang) en 2031 (50 meter kustachteruitgang)	99
Figuur 83: Mogelijke toekomstige veranderingen in kustprofiel RSP 10.020 (Voorne) voor 2020, 2026 en 2031. Voor 2031 zijn er twee extreme situaties: ‘E1’ en ‘E2’.	101
Figuur 84: Mogelijke toekomstige veranderingen voor ‘Brede kust’ in kustprofiel RSP 10.020 (Voorne) voor 2031.	102
Figuur 85: Weergave van mogelijk te verwachten primaire duinontwikkeling naar 2060	103
Figuur 86: Berekend afslagprofiel - huidige situatie 2020	105
Figuur 87: Berekend afslagprofiel - referentie situatie 2031	106
Figuur 88: Berekende afslagprofielen – geul voor de kust 2026 en 2031 met twee extreme varianten	107
Figuur 89: Duinversterking bij situatie 2031-E2	108
Figuur 90: Berekende afslagprofielen – positieve situatie met bredere kust 2031	109
Figuur 91: Tijdsverloop van het restvolume voor gemeten profielen 2011 – 2015	110
Figuur 92: Tijdsverloop van het restvolume voor gemeten profielen 2011 – 2020	110
Figuur 93: Tijdsverloop van het restvolume voor gemeten profielen 2011 - 2031	111
<i>Figuur 94: Schematische weergave van de gevolgde methodiek.</i>	114
<i>Figuur 95: Ligging van Natura 2000-gebieden (groen) in het effectgebied.</i>	114
<i>Figuur 96: Mogelijke toekomstige bodem anno 2060 voor scenario 1.</i>	115
<i>Figuur 97: Mogelijke toekomstige bodem anno 2060 voor scenario 2.</i>	117
<i>Figuur 98: Mogelijke toekomstige bodem anno 2060 voor scenario 3.</i>	119
<i>Figuur 99: Schematische weergave methodiek met daarin aangegeven welke delen in deze paragraaf worden behandeld (deel binnen de cirkel).</i>	123
Figuur 100: Habitattypenkaart van de Natura 2000-gebieden Duinen Goeree & Kwade Hoek, Voordelta en Voornes Duin.	141
<i>Figuur 101: Schematische weergave methodiek met daarin aangegeven welke delen in paragraaf 7.4 worden behandeld (deel binnen de cirkel).</i>	142
Figuur 102: Aandeel leefstijlen onder de inwoners van Voorne-Putten	159
Figuur 103: Theoretische vaargeul in het Slijkgat	171
Figuur 104: Ontwateringsdiepte huidig klimaat Provincie Zuid-Holland (Provincie Zuid-Holland, 2019)	173
Figuur 105: Gedetailleerd stroombeeld aan de oppervlakte voor afgaand tij in combinatie met 50 percentiel spuidebiet	177
Figuur 106 Verlegging van de vaargeul aan de zeewaartse rand van het Slijkgat na 2006 (Demaritime, 2011)	179
Figuur 107 tijdsverloop sedimentatie - erosie (rood – blauw) aan de zeewaartse kant van het Slijkgat.	180
Figuur 108: Schematische weergave van een groeiend zoetwaterlens	186

1 Inleiding

1.1 Achtergrond van het studiegebied

Het mondingsgebied van het Haringvliet wordt begrensd door de Haringvlietdam in het oosten en de kusten van Maasvlakte-2 (MV2), Voorne en Goeree in respectievelijk het noorden, het noordoosten en het zuiden. De zeewaartse begrenzing wordt gelegd op NAP -12 m. Dat is de diepte waarboven de invloed van golven op de beweeglijkheid van de zeebodem merkbaar wordt (zoals te zien in Figuur 35).

De wetenschap die de dynamiek van zeebodem, stranden en duinen onderzoekt heet morfologie. In het vervolg van dit rapport wordt daarom over morfologie gesproken als het gaat om de veranderingen in de vorm van de onder- en bovenwaterbodem.

In dit gebied liggen de stranden van Goeree en Voorne, de bijzondere slikken en schorren voor de Brielsche Gatdam, de uitgestrekte strandvlaktes van de Kwade Hoek, de duinen die bescherming bieden aan het achterland en de vaargeul naar de haven van Stellendam: het Slijkgat. Figuur 1 toont het gebied met daarbij de aanduiding van namen en (in geel) kilometeraanduiding langs de kusten van Voorne en Goeree volgens het RijksStrandPalen-stelsel (RSP). Het geultje dat in de figuur wordt aangeduid als 'kortsluitgeul' wordt in dit rapport "Naamloze Geul" genoemd. De Hinderplaat die in dit onderzoek een belangrijke rol speelt, verwijst naar het platencomplex ten zuiden van deze Naamloze geul. De platen en bodemvormen die te zien zijn tussen Hindergat en Naamloze geul (Figuur 37) worden in sommige referenties aangeduid als "noordelijke Hinderplaat". Die aanduiding wordt hier niet gevolgd, omdat de platen en vele bodemvormen in dit gebied een andere genese kennen en gedomineerd worden door andere fysische mechanismen dan de (oorspronkelijke) Hinderplaat.



Figuur 1: Studiegebied

Het gebied wordt actief beheerd, dat wil zeggen dat de kustlijn gehandhaafd wordt op vooral de koppen van Goeree en Voorne (Groene Punt). De duinen worden op veel plaatsen 'dynamisch' beheerd, wat inhoudt dat zand vanaf het strand vrij het achterland in mag stuiven. Ook het Slijkgat wordt actief beheerd en door middel van baggeren op diepte gehouden. Voor het overige is sprake van een natuurlijke morfo-dynamische ontwikkeling: zandbanken veranderen continu van vorm, zoals de Hinderplaat, en voormalige stroomgeulen worden langzaam ondieper zoals het Rak van Scheelhoek of verdwijnen helemaal zoals het voormalige Bokkegat. Het aanwezige sediment verplaatst onder invloed van golven en stroming wat leidt tot kortstondige morfologische veranderingen (bijvoorbeeld na een storm) of trendmatige veranderingen zoals de duidelijk waar te nemen sedimentatie in grote delen van het gebied.

In dit gebied zijn veel grote civieltechnische werken uitgevoerd die de morfologische ontwikkeling van het gebied in meer of mindere mate hebben beïnvloed:

- Afsluiting Brielsche Maas en ontstaan Brielsche Meer (1950)
- Afdamming Brielsche Gat en ontstaan Oostvoornse Meer (1966)
- Aanleg Maasvlakte (1964 – 1971)
- Afdamming Haringvliet en ingebruikname van de Haringvlietluizen (spuisluizen) (1970)
- Aanleg baggerspeciedepot "De Slufter", dichtmaken Gat van de Hawk en baggeren van het Hindergat (1986/1987)
- Aanleg tweede Maasvlakte (2008-2010)

Als reactie op deze werken is de morfologie van het gebied wezenlijk veranderd. De meest zichtbare effecten van de afsluiting van het Brielsche Gat en het veel grotere Haringvliet zijn:

- Erosie van het zogenaamde 'deltafront' (het gebied aan de zeewaartse kant van het mondingsgebied),
- Opbouw van omvangrijke zandbanken aan de zeewaartse rand,
- Opvullen van de voormalige getijgeulen,
- Bijdraaien van de zeewaartse delen van die getijgeulen.

Met deze morfologische aanpassingen is erg veel sediment verplaatst: ongeveer 50 miljoen m³ sediment is volgens peilingen afgezet in verschillende delen van het studiegebied (Elias et al., 2017). Dat is ongeveer een miljoen m³ sediment per jaar. Een aanzienlijk deel hiervan bestaat uit fijn sediment (slib) dat in het zeewater zit en in de stromingsluwe zones van de getijgeulen is afgezet, in het bijzonder het Rak van Scheelhoek. Alleen tijdens stormen, wanneer er zand vanaf de duinen en stranden van de kust van Voorne wordt afgeslagen, is er zand afgezet in de geul. Eenmaal afgezet als dunne laagjes zand kon dit zand niet meer terug naar de kust, zodat er in de eerste jaren na de afsluiting van het Haringvliet erosie langs grote delen van de kust van Voorne heeft plaatsgevonden (Van Vessem, 1996). Dit was aanleiding voor een strandsuppletie in 1986 die ter plaatse van Rockanje werd uitgevoerd als zandbanket tegen de duinvoet aan.

Door de afsluiting van de Grevelingen (gereed in 1971) ontstond ook op de rand van het mondingsgebied van de Grevelingen een uitgestrekt platensysteem. Dit platensysteem, Bollen van de Ooster genaamd, heeft in de loop der jaren een vergelijkbare langgerekte vorm gekregen als de Hinderplaat lange tijd heeft gehad.

Naast de 'grote afsluitingen', zijn in het noordelijk deel van het studiegebied landaanwinningen uitgevoerd, zoals de Maasvlakte in 1970, het baggerspeciedepot "De Slufter" in 1986 en Maasvlakte 2 in 2010 (gereed 2013). Deze landaanwinningen hebben invloed gehad op het lokale stroom- en golfbeeld en beïnvloeden daarmee ook de bodemligging van het gebied.

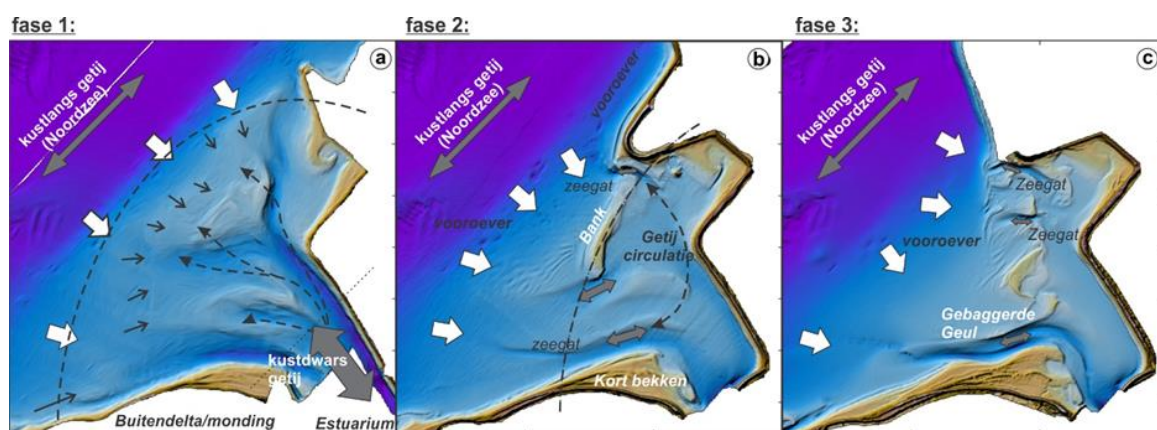
De vraag dient zich aan welke effecten deze morfologische veranderingen kunnen hebben op ecologie, waterveiligheid, scheepvaart, recreatie en gebiedsbeleving. Die effecten kunnen van invloed zijn op de toekomstperspectieven van het gebied.

1.2 Wat is er al bekend?

In de afgelopen decennia zijn verschillende morfologische onderzoeksrapporten verschenen waarin een beschrijving en verklaring wordt gegeven voor de waargenomen morfologische veranderingen. Er is in wetenschappelijke literatuur consensus over de oorzaak en de achterliggende fysische processen van de waargenomen morfologische veranderingen. Dat neemt niet weg dat voor sommigen die geen toegang hebben tot die literatuur het niet altijd evident is wat nu precies wat heeft veroorzaakt. Een weliswaar gedateerde maar complete reconstructie van hetgeen er is gebeurd in de Haringvlietmonding staat in Stam et.al. (2002) of Cleveringa (2006). Een meer recente beschrijving staat in Colina (2020), Elias et.al. (2017) en Vander Spek et.al (2021). Bijlage A van dit rapport geeft een korte weergave van deze documenten. Kort samengevat komen de beschrijvingen neer op het volgende:

- In een natuurlijke situatie zonder afdamming is er een dynamisch evenwicht tussen het zeewaarts uitbouwen van de vooroever door getij en rivierafvoer en het landwaarts opschuiven van de vooroever door golfwerking. De afdamming leidt ertoe dat één van deze twee "hoofdkrachten", namelijk het getij, veel kleiner is geworden met als gevolg dat de golfwerking "wint". Het resultaat is dat grote volumes zand vanaf de vooroever landwaarts worden verplaatst.

- De processen die de verplaatsing en de vervorming van het Hinderplaat-complex hebben gestuurd zijn in de loop der decennia weliswaar veranderd, maar allemaal geïnitieerd door de afsluitingswerken en de daardoor gecreëerde onbalans tussen landwaartse "golfkracht" en zeewaartse "getijdenkracht". Dit wordt geïllustreerd door het volgende conceptuele model (overgenomen uit Van der Spek en Elias, 2019). Hierin worden drie fasen onderscheiden. In fase 1 is er nog geen afsluiting en is er sprake van een dynamisch evenwicht tussen "golfkracht" en "getijdenkracht". De oriëntatie van de geulen richt zich in deze fase op de hoofdstroming op zee (ook wel getij-ordening genoemd). In fase 2 (de verstoorde fase) is de afsluiting gerealiseerd en treden de grootste veranderingen op. Banken ontstaan, geulen slibben dicht en het getij vertoont meer een rondstromingspatroon. In de derde fase (de aanpassingsfase) is die rondstroming van het getij verdwenen en ontstaan kleinere systemen waarbij de sedimentatie in grotere delen van het gebied toeneemt. De Haringvlietmonding bevindt zich nu in deze derde fase.



Figuur 2: Conceptueel model van de aanpassingen op een buitendelta na afsluiting van het zeegat

- Vanaf medio jaren tachtig (fase 2 in bovenstaand model) lag de Hinderplaat niet meer "in lijn" met de slufferdamkust die daarvoor was aangelegd. Nevenstaande luchtfoto laat dit goed zien. Het kan zijn dat door deze "knik" in posities de zandaanvoer vanaf de slufferdamkust het gebied in wijzigde, maar hoe precies is nooit onderzocht. In de jaren negentig was sprake van extreme spuidebieten door de Haringvlietssluisen als gevolg van extreme rivierafvoer en brak de toen nog aaneengesloten Hinderplaat in kleinere platen uiteen. Het is niet precies te zeggen of het uiteenvallen van de Hinderplaat destijds alleen werd veroorzaakt door die extreme spuidebieten of dat ook de veranderde zandaanvoer vanaf de slufferdamkust daar een rol in heeft gespeeld. Voor het huidige morfologisch onderzoek is dit ook minder van belang omdat hier vooral wordt gekeken naar de morfologische dynamiek die zich nu afspeelt in fase 3 van het aanpassingsproces.
- Omdat meerdere platen meer "kopse uiteinden" hebben dan één enkele plaat en de verplaatsing van zandbanken bepaald wordt door de (oostwaartse) zandtransporten op die kopse uiteinden, verplaatsten de kleinere banken wel sneller oostwaarts. Na verloop van tijd groeiden ze weer aan elkaar en na het verzanden van een oude getijgeul (Bokkegat) groeide de Hinderplaat vast aan de voormalige Garnalenplaat.
- Voor de duidelijkheid: in dit rapport worden de verschillende platen en banken die nu liggen tussen Hindergat en Naamloze geul niet meer aangeduid als Hinderplaat. Die naam wordt gebruikt voor het omvangrijke platencomplex dat zich heeft gevormd voor de kust van Voorne en ten zuiden van Naamloze geul (zie Figuur 1).
- Op de kop van Goeree landen zandbanken aan die afkomstig zijn van de vooroever van het mondingsgebied van de Grevelingen. Eenmaal aangeland op de kust verspreid het zand zich langs de NW kust van Goeree het studiegebied in. In eerdere studies werd dit nog geduid als horizontale zandgolven die "pulsgevijs" de Kwade Hoek hebben laten uitgroeien. Recent onderzoek (Elias, 2021) laat zien dat dit zand in langgerekte banken het gebied in komt en dat hierdoor inderdaad de Kwade Hoek is ontstaan in zijn huidige vorm. Voornoemde referentie beschrijft de kustuitbouw in detail. Op basis van zandbalansen wordt in die studie geconcludeerd dat er gemiddeld 175,000 m³/j aan sediment langs de kust van Goeree is afgezet. Dit zand is afkomstig van de Westkop van Goeree. Deze sedimentaanvoer is nog iets groter, omdat een deel van het aangevoerde sediment niet op de kust wordt afgezet, maar via de getijstromingen in het Slijkgeul naar elders in het gebied worden getransporteerd.



- In de laatste jaren lijken deze langgerekte banken minder ver het gebied in te lopen en is vooral de kust ter hoogte van Ouddorp op deze manier breder geworden. Tussen dit gebied en de Kwade Hoek is sprake van minder kustuitgroei dat mogelijk te maken heeft met het gedrag van de voor de kust liggende Slijkgat. Hier wordt in deze studie nader op terug gekomen.
- Het kustvak voor de Brielsche Gatdam is feitelijk een 'sedimentvang' geworden. Er is vrijwel geen fysisch mechanisme dat aangevoerd sediment weer kan afvoeren. Zoals eerder gezegd zit slib in het zeewater en komt tot afzetting als het water rustig genoeg is (in vaktermen: als de kritische bodemschuifspanning voor depositie niet wordt overschreden). Het "kommetje" tussen Slufterkust, Brielsche Gatdam en kust van Voorne ontvangt daarnaast ook zand dat afkomstig is vanaf de zuidkust van MV2. Vòòr de aanleg van MV2 werd er zand aangevoerd vanaf de slufderdamkust. Het is niet bekend of de verspreiding van dit litoraal aangevoerde zand wezenlijk is veranderd door MV2 of niet.

Beschikbare gegevens

Met een regelmaat van 3 jaar wordt door Rijkswaterstaat binnen vaststaande vakken dieptemetingen uitgevoerd (de zogenaamde vaklodingen). Voor de Haringvliet zijn er opnames beschikbaar vanaf 1957. De meest recente opname dateert uit 2018. In het kader van het MWTL programma (Monitoring Waterstaatkundige Toestand des Lands) worden door Rijkswaterstaat 'kustprofielen' ingemeten op een onderlinge afstand van ongeveer 200 meter: de zogenaamde JARKUS raaien. Dwars op de kust loopt de meting ongeveer van de duinvoet (NAP +2m) tot NAP-5 m (dit verschilt per gebied). De metingen worden jaarlijks geanalyseerd en gerapporteerd in de "Kustlijnkkaarten". Die vormen de basis voor de keuze van het jaarlijks suppletieprogramma. Ten behoeve van de betonning en het onderhoud van de vaargeul door het Slijkgat worden metingen uitgevoerd in de vaargeul naar de haven van Stellendam. Er worden jaarlijks luchtfoto's gemaakt waarmee de compositie is gemaakt van Figuur 1. Andersoortige metingen, zoals het meten van stroomsnelheden, golven, of het nemen van bodem- en watermonsters, maken geen onderdeel uit van de reguliere meetcampagnes.

In sommige geraadpleegde bronnen worden ook voorspellingen gegeven zoals bijvoorbeeld in Colina (2020), Steijn (2006), Cleveringa (2006) of Stam et al. (2002). In grote lijnen komen deze voorspellingen erop neer dat het gebied nog lange tijd zal sedimenteren. Het deelgebied voor de Brielsche Gatdam wordt gevoed met zand afkomstig van de MV2 zuidkust en met slib dat met het vloedwater uit zee wordt aangevoerd. De (trage) verlanding van dit gebied is een onomkeerbaar proces. Het inmiddels uitgestrekte Hinderplaat-complex zal steeds groter worden en in luwte-gebieden zal er ook steeds meer slib worden afgezet. Dit is nog steeds een reactie op de afsluiting van het Haringvliet (fase 3 in Figuur 2). Uiteindelijk zal dit proces wel minder snel gaan naarmate de sedimentatie vordert, maar dit kan nog wel vele jaren doorgaan. De uitbouw van de kust van Goeree gaat ook gestaag door volgens de voorspellers, omdat er vanaf de Westkop van Goeree wel zand het gebied in komt wat er niet meer uitgaat. Met die uitbouw van de kust zal het Slijkgat steeds meer worden 'geknepen', waardoor het onderhoud van de vaargeul steeds meer inspanning zal vergen.

1.3 Globale aanpak en leeswijzer

Het doen van morfologische voorspellingen is geen sinecure. Er is bijvoorbeeld niet een computermodel dat dit kan doen. In plaats daarvan probeert de deskundige (de 'morfoloog') te achterhalen welke fysische mechanismen dominant zijn en hoe alle processen onderling op elkaar ingrijpen. De beschrijving van hoe alles met elkaar samenhangt wordt wel een 'conceptueel model' van de werkelijkheid genoemd. Het vormt de basis voor het voorspellen van de toekomstige morfologie, inclusief het inschatten van onzekerheidsmarges.

Het maken van zo'n conceptueel model gebeurt aan de hand van een gedetailleerde analyse van de beschikbare meetgegevens en met inzet van rekenmodellen waarmee specifieke aspecten van de fysische werkelijkheid kunnen worden geanalyseerd. In deze studie is dat een hydrodynamisch rekenmodel waarmee in detail is gekeken naar het driedimensionale stroombeeld dat wordt veroorzaakt door getij en rivierafvoer (spuidebiet).

In dit achtergrondrapport wordt verslag gedaan van het morfologisch onderzoek (hoofdstukken 2 tot en met 5) en wordt gekeken naar de effecten die de toekomstige veranderingen hebben op waterveiligheid (hoofdstuk 6), ecologie (hoofdstuk 7) en economie en leefbaarheid (hoofdstuk 8).

Deze rapportage is geschreven voor mensen die passie en interesse hebben in kustmorfologie maar die niet zelf deskundig hoeven te zijn in dit specialistische vakgebied. In het rapport wordt gebruik gemaakt van tekstvakken om bepaalde aspecten van de analyse nader uit te leggen. Het is voor het volgen van de verhaallijn niet noodzakelijk om deze tekstvakken te lezen.

2 Recente morfologische ontwikkelingen

2.1 Typering en deelgebieden

In het studiegebied zijn naast de stranden, strandvlakten en duinen enkele duidelijke geulen en ondiepten zichtbaar (zie tekstvak volgende pagina voor nadere uitleg van morfologische elementen). De belangrijkste zijn (van noord naar zuid – zie Figuur 1):

- Het Hindergat is een gekromde kortsluitgeul direct ten zuiden van de Slufterkust. De oppervlakte van deze geul onder NAP-1,6 m is vrij constant in de vaklodingen van 2002 tot en met 2018: 800 m².
- Diverse kleinere banken en platen zonder naam ten zuidwesten van de schorren voor de Brielsche Gatdam.
- Een kortsluitgeul door deze banken heen direct ten noorden van de Hinderplaat oppervlakte onder NAP -1,6 m van ongeveer 630 m² sinds 2009. Voor 2009 was de geul ongeveer de helft kleiner.
- De Hinderplaat met een totale inhoud boven NAP-1 m van bijna 3 miljoen m³ (bij een totaal oppervlak van 5 miljoen m²) in 2018.
- De Garnalenplaat die dieper ligt dan de Hinderplaat en de ondiepte markeert tussen de Hinderplaat en het Slijkgat.
- Het Slijkgat die in 2018 twee gedeelten kent: een naar de kust van Goeree krommend zeewaarts gedeelte en een naar het noorden uitbochtend oostelijk gedeelte. In het overgangsgebied tussen beide geuldelen ligt een ondiepe rug van ongeveer 2 meter hoog ten opzichte van het doorgetrokken bodemprofiel. De natte doorsnede onder NAP-2 m is in dit gebied ongeveer 3000 m² en vrij constant over de periode 2003-2018.
- De Bollen van de Ooster die in 2018 nog duidelijk van de kust zijn gescheiden door een kleinere kortsluitgeul (ook wel Schaar genoemd).

In het gebied zijn de volgende deelgebieden te onderscheiden:

- Slikken van Voorne (strand Maasvlakte – Groene punt)
Dit is het gebied gelegen tussen de Slufterkust, de Brielsche Gatdam en de kust van Voorne tot aan de Groene Punt. Ongeveer de helft van dit gebied ligt boven NAP. In het gebied is al sinds de afsluiting van het Brielsche Gat sprake van sedimentatie. Uitzondering hierin is de Groene Punt waar de kustlijn sinds de afsluitingswerken met enkele m/j achteruitgaat (onder andere de reden waarom de beide bunkers die in WOII nog in de duinen lagen inmiddels in zee te zien zijn).
- Groene punt – Haringvlietdam
Dit is het rechte stuk van de kust van Voorne tussen Groene Punt en de aanzet tot de Haringvlietdam: tussen RSP 10 km en RSP 16 km (zie gele cijfers in Figuur 1). Hier is sprake van een duinkustlandschap, een strand en daarvoor een dieper gedeelte waar voor de afsluiting van de Haringvliet de grote getijgeul rak van Scheelhoek liep. Sinds de afsluiting is hier sprake van sedimentatie die voornamelijk uit slib bestaat afgewisseld met dunne laagjes zand. Deze zandlaagjes zijn vermoedelijk afgezet tijdens stormen waarbij zand vanaf duin en strand richting dieper water werd getransporteerd.
- Haringvlietdam
In een aantal fasen werd in de periode 1957-1970 gewerkt aan de bouw van de dichte dam en het sluizencomplex. Na de oplevering in 1970 ontstonden aan weerszijden van het sluizencomplex diepe ontgrondingskuilen waarvan de overblijfselen zichtbaar zijn in het huidige bodemprofiel. Bij de afbraak van de ringdijk om de toenmalige bouwput is ongeveer 3,6 miljoen m³ specie in het Rak van Scheelhoek gestort. Het sluizencomplex telt 17 openingen van ruim 56 m breed met elk twee beweegbare schuiven. Het complex is sinds 2018 naast spuimiddel ook stormvloedkering. Aan de zuidzijde ligt een aparte sluis voor de scheepvaart, de Goereese Sluis, die uitkomt in de buitenhaven (haven van Stellendam).
- Haven van Stellendam – Duinen van Goeree
Dit deelgebied loopt vanaf het havenhoofd langs de strandvlakte de Kwade Hoek, langs de kust van Goeree tot en met de kop van Goeree, hier begrensd door de RSP 17 km ("paal 17") (Figuur 1). Het gebied kenmerkt zich door een breed duingebied, strandvlaktes met primaire duinvorming, brede stranden en voor de kust het Slijkgat met daarin de vaargeul naar de haven van Stellendam.

Onder een geul wordt verstaan een langwerpige verdieping van de bodem waardoor water stroomt. Het is duidelijk dieper dan zijn omgeving. Een geul heeft drie delen: een toestromingsgebied waar water zich als het ware verzamelt en toestroomt, een langgerekte geulsectie en een uitstromingsgebied waar het water weer uitwaaiert. Als er één overheersende stroomrichting is, dan ligt er in het uitwaaiergebied meestal een ondiepte: de drempel. In dwarsrichting wordt een geul vaak begrensd door de gemiddelde laagwaterlijn, maar als de geul door dieper gebied loopt, dan wordt ook wel NAP -2m aangehouden of de plaats waar de vorm van het diepteverloop een knik laat zien. Actieve geulen doen nog mee met de grootschalige waterbeweging (Slijkgat, Hindergat); verlaten geulen zijn soms nog wel zichtbaar, maar voeren geen water meer (zoals Rak van Scheelhoek). Er zijn verschillende soorten geulen (in afnemende mate van omvang):

- Ebgeulen. Door deze geulen stroomt meer water naar zee tijdens de eb fase van het getij dan dat er tijdens de vloed fase de andere kant op stroomt. Deze eb-dominantie wordt in geval van het Slijkgat versterkt door de rivierafvoer (richting zee) via de Haringvlietssluisen.
- Vloedgeulen. Dit zijn geulen met een vloedoverschot. Ze bevinden zich in mondingsgebieden vaak aan de kant waar het getij "op zee vandaan komt", hier is dat van zuid naar noord, dus aan de zuidkant (langs kust van Goeree)
- Kortsluitgeulen zijn geulen die vaak van belang zijn bij de rondstroming van het getij achterlangs een ondiepte.
- Zwinnen en muien zijn geulen langs kusten waar relatief veel golfwerking optreedt. De stroming gaat dan achter de brekerbanken langs (zwin) of tussen de brekerbanken door naar zee (mui).
- Prielen en kreken worden vooral in aanslibbingsgebieden gevonden. Ze hebben louter een lokale ontwateringsfunctie.

Ondiepten vullen het mondingsgebied op waar geen geulen zijn. Banken liggen (altijd) onder water; platen kunnen droogvallen. Ondiepten worden soms getypeerd naar hun vorm:

- sikkelvormige banken liggen vaak bij het uiteinde van geulen, maar soms tref je ze aan bij het aanlanden van een zandbank zoals de Bollen van de Ooster op de kust van Goeree
- zaagtandbanken (hier niet relevant)
- langgerekte brekerbanken (hier minder relevant, want vooral op open kusten)
- uitgestrekte vlakke banken, of Gronden
- platen waarvan hoogste gedeelten droogvallen tijdens laag water (zoals Hinderplaat)
- hoger gelegen slikken (intergetijdengebied) en schorren (begroeide hoger gelegen delen) zijn slibrijk zoals voor de Brielsche Gatdam.

De kustzones zelf kennen stranden, waarvan het deel tussen laagwater en hoogwater aangeduid wordt als nat strand en het deel van hoogwater tot duinvoet als droog strand (het 'droge strand' zal wel nat worden tijdens stormen). Verder kent de kustzone duinen en strandvlaktes waar zich soms primaire duinvorming (strandwallen) kunnen voordoen zoals de Kwade Hoek op Goeree. Ook zijn er soms strandhaken als zand langs een kust wordt getransporteerd door de brandingsstroom en dan niet verder kan (zoals de strandhaak ten zuiden van de Slufterkust).

2.2 Huidig beleid

Voor de morfologie is het belangrijk te weten welke actieve ingrepen de mens doet. Hier betreft dit vooral de kustlijnhandhaving, het vaargeulonderhoud en het spuieregime Haringvlietssluisen. Bij het voorspellen van de toekomstige morfologische ontwikkelingen (hoofdstuk 4) is aangenomen dat dit beleid onverminderd doorgaat (de 'referentiesituatie').

2.2.1 Kustlijnhandhaving

Structurele kustachteruitgang wordt sinds 1990 bestreden door middel van zandsuppleties. Het zand hiervoor wordt op zee op veilige afstand van de kust weggehaald en op de te suppleren kustvakken gestort. Om te kunnen bepalen of een bepaald kustvak een suppletie nodig heeft worden er jaarlijkse kustmetingen uitgevoerd (de zogenaamde Jarkus metingen). Er wordt dan uitgerekend of de kustlijn landwaarts van de basiskustlijn (BKL) ligt of naar verwachting komt te liggen. De jaarlijks door Rijkswaterstaat gepubliceerde Kustlijnkaarten zijn de basis voor het vaststellen van het jaarlijkse suppletieprogramma. In 2021 wordt een strandsuppletie uitgevoerd op de kop van Goeree (1,1 miljoen m³).

Met de kustlijnhandhaving wordt beoogd 'een veilige, aantrekkelijke en economisch sterke kust' te behouden, zoals beschreven in de Beleidslijn Kust (Min I&W, 2015). Dus hoewel zandsuppleties bijdragen aan de kustveiligheid, dient het meerdere doelen en wordt dit beleid op landelijk niveau gemaakt en uitgevoerd.

Langs de kust van Voorne zijn sinds 1973 de volgende suppleties uitgevoerd (tabel 1). De plaatsbepaling volgt de zogenaamde Rijksstrandpalenlijn (in Figuur 1 zijn enkele RSP-posities aangegeven). De Groene Punt ligt grofweg tussen RSP 9km en RSP 11 km. Op dit traject is de intensiteit van aangebrachte suppleties, waaronder ook duinverzwaringen, het grootst. Sinds ruim 10 jaar zijn er in het kustvak Voorne geen suppleties meer uitgevoerd.

Tabel 1: Suppleties langs de kust van Voorne sinds 1973

type suppletie	aanleg [jaar]	beginraai [RSP]	eindraai [RSP]	lengte [m]	volume [m³]	volume [m³/m]
strandsuppletie	1973 – 1973	1050	1250	2000	250.000	125
strandsuppletie	1974 – 1974	1280	1360	1000	110.000	110
duinverzwaring en strandsuppletie	1974 – 1974	1280	1360	1000	110.000	110
strandsuppletie	1974 – 1974	1280	1520	2600	150.000	58
strandsuppletie	1977 – 1977	880	1250	3700	1.045.000	282
depot	1977 – 1977	880	1250	3700	55.000	15
strandsuppletie	1983 – 1983	1180	1440	2800	440.000	157
duinverzwaring zeewaarts	1984 – 1984	800	1400	6000	3.400.000	567
duinverzwaring	1986 – 1986	1440	1540	1000	1.000.000	1000
duinverzwaring	1987 – 1987	940	1340	4000	3.000.000	750
strandsuppletie	1993 – 1993	1180	1360	1800	160.000	89
strandsuppletie	2005 – 2005	980	1620	6400	691.403	108
duinverzwaring Zwakke Schakel	2009 – 2010	920	1300	2800	2.400.000	632
strandsuppletie	2010 – 2010	1320	1600	2800	560.000	200

Langs de kust van Goeree zijn de suppleties uit onderstaande tabel uitgevoerd. Hier valt op dat de meeste suppleties plaatsvonden op de kop van Goeree, grofweg tussen RSP 14 km en RSP 17 km. De zeedijk op Goeree genaamd “Het Flaauwe Werk” was een zwakke schakel in de kustverdediging. Als noodmaatregel werd er eerst een zandsuppletie uitgevoerd waarna de dijk zelf is versterkt. De huidige (2021) strandsuppletie tussen RSP 13 km en RSP 17 km is qua omvang vergelijkbaar met die uit 2005.

Tabel 2: Suppleties langs de kust van Goeree van 1966-2016

type suppletie	aanleg [jaar]	beginraai [RSP]	eindraai [RSP]	lengte [m]	volume [m³]	volume per m [m³/m]
duinverzwaring	1966 – 1966	1500	1700	2000	150.000	75
duinverzwaring landwaarts	1968 – 1968	1300	1500	2000	800.000	400
strandsuppletie	1969 – 1970	1501	1601	1000	401.000	401
duinverzwaring	1970 – 1970	400	600	2000	200.000	100
strandsuppletie	1971 – 1971	1501	1601	1000	610.000	610
duinverzwaring	1972 – 1972	1650	1725	750	100.000	133
duinverzwaring	1972 – 1972	1875	1900	250	100.000	400
strandsuppletie	1973 – 1974	1450	1750	3000	2.300.000	767
duinverzwaring	1973 – 1974	1450	1750	3000	1.000.000	333
duinverzwaring	1976 – 1976	1850	1900	500	50.000	100
duinverzwaring landwaarts	1977 – 1979	575	975	4000	1.600.000	400
strandsuppletie	1977 – 1977	1450	1750	3000	1.267.000	422
duinverzwaring landwaarts	1978 – 1979	975	1125	1500	2.000.000	1333
strandsuppletie	1984 – 1984	1450	1750	3000	330.000	110
strandsuppletie	1985 – 1985	1450	1750	3000	530.000	177
strandsuppletie	1994 – 1994	1025	1200	1750	505.678	289
strandsuppletie	1998 – 1998	925	1075	1500	745.376	497
strandsuppletie	2004 – 2004	1025	1275	2500	920.424	368
strandsuppletie	2005 – 2005	1550	1875	3250	1.000.552	308
dijk in duin	2007 – 2009	1100	1300	2000	290.000	145
strandsuppletie	2016 – 2016	1525	1725	2000	500.000	250

Tot slot toont onderstaande tabel de uitgevoerde suppleties langs de Slufterkust en Maasvlakte 2 (MV2)-kust. De relatief grote suppleties die in de jaren negentig langs de slufterdamkust zijn uitgevoerd hadden deels te maken met de keuze voor 'uitgestelde aanleg'. Dat houdt in dat het strand en de vooroever werden aangevuld met zand al naar gelang de morfologie zich hier ontwikkelde. Pas eind jaren negentig was sprake van een min of meer stabiele situatie waarbij de aangebrachte suppleties nodig waren om de jaarlijkse zandverliezen te compenseren.

De getallen voor de suppleties voor MV2 in de tabel vertekenen het beeld enigszins, omdat de getallen voor 2009 puur te maken hebben met de aanleg zelf. Vanaf 2014 blijken er op meerdere plekken suppleties nodig om het profiel in stand te houden. Dit is niet ongebruikelijk omdat kustprofielen zich eerst moeten vormen en daarvoor is het nodig om regelmatig zand bij te storten (net als bij de aanleg van de Slufterdamkust). Hoewel de omvang van de strandsuppleties de suggestie wekken dat er veel zand wordt afgevoerd naar elders is dit in werkelijkheid vooral een herprofilering van de kustprofielen. Alleen zuidoostwaarts gericht brandingstransport langs het kustvak tussen ongeveer KP7.000 en KP 10.000 is relevant voor de zandbalans van het studiegebied (zie figuur hiernaast voor de MV2-kilometeraanduiding).



Uit uitgevoerde berekeningen blijkt dit ongeveer 110.000 m³/j te zijn. Dat is iets minder dan de zandaanvoer vanaf de slufterdamkust maar wel in dezelfde orde van grootte. Dit lijkt misschien vreemd omdat de oriëntatie van de slufterdamkust op de inkomende golven toch wezenlijk anders is dan de oriëntatie van de MV2-zuidkust. De verklaring hiervoor ligt in karakteristieken van de zogenaamde "S-phi curves", die de relatie aangeven tussen langstransport en kust oriëntatie. Het langstransport langs de MV2 kust wordt bepaald door de golven uit zuidwestelijke tot westelijke richtingen, terwijl dat bij de Slufterdamkust werd bepaald door golven uit westelijke tot noordwestelijke richtingen. Uit de berekeningen blijkt vervolgens dat de langstransporten van dezelfde orde van grootte zijn (min of meer toevallig dus).

Tabel 3: Suppleties langs de Slufterdamkust en MV2 kust

Locatie	voeri	berii	berii	tvoeri	Begin	EindRa	Ler	Type	Volume (sit)
Brielse Gatdam	1	1979	12	1979	11.50	13.40	1900	strandsuppletie	150,000
Slufterdam	1	1991	12	1991	9.00	10.40	1400	strandsuppletie	100,000
Slufterdam	9	1992	12	1992	9.01	10.11	1100	strandsuppletie	960,000
Slufterdam	5	1996	12	1996	7.00	10.15	3150	strandsuppletie	2,045,197
Slufterdam	10	1997	10	1997	6.50	10.02	3520	strandsuppletie	2,724,113
Slufterdam	12	1998	2	1999	7.00	8.30	1300	strandsuppletie	1,266,254
Slufterdam	8	2000	10	2000	6.70	10.30	3600	vooroeversuppletie	1,031,382
Slufterdam	11	2000	2	2001	7.81	10.02	2210	strandsuppletie	600,190
Slufterdam	11	2001	1	2002	6.00	10.02	4020	vooroeversuppletie	1,000,086
Slufterdam	4	2005	6	2005	7.50	10.00	2500	strandsuppletie	1,502,696
MV2-aansluiting HZ/ZZ		2009		2010	3.40	4.80	1400	strandsuppletie	
MV2-buffer		2009		2010	5.60	6.60	1000	strandsuppletie	
MV2-Kustfundament		2009		2010	2.60	5.00	2400	vooroeversuppletie	170,000,000
MV2-recreatiestrand		2009		2010	7.50	10.20	2700	strandsuppletie	
MV2 Kustfundament	1	2014	12	2014	Conus	5000.00		vooroeversuppletie	310,000
MV2 Kustfundament	1	2014	12	2014	3495.00	4800.00		strandsuppletie	350,000
MV2 Kustfundament	1	2014	12	2014	5600.00	6600.00		strandsuppletie	300,000
MV2 Kustfundament	1	2014	12	2014	7500.00	10200.00		strandsuppletie	760,000
MV2 Kustfundament	1	2014	12	2014	Conus	8800.00		vooroeversuppletie	580,000
MV2 Kustfundament	1	2016	12	2016	Conus	6200.00		strandsuppletie	460,000
MV2 Kustfundament	1	2016	12	2016	8200.00	10000.00		strandsuppletie	350,000
MV2	1	2018	12	2018	3800.00	6200.00		strandsuppletie	420,000
MV2	1	2018	12	2018	8800.00	9400.00		strandsuppletie	100,000
MV2 Kustfundament	1	2018	12	2018	8800.00	9400.00		strandsuppletie	540,000
MV2 Kustfundament	1	2018	12	2018	3495.00	3600.00		duin	45,000

2.2.2 Onderhoud vaargeul naar Stellendam

De vaargeul naar de haven van Stellendam loopt door de getijgeul het Slijkgat. Deze haven staat bekend als 'getijdenhaven', hetgeen betekent dat de grotere schepen (kotters) alleen met hoogwater door de vaargeul kunnen varen. Sinds begin jaren tachtig wordt er gebaggerd in het Slijkgat. Voorheen werd het baggeren gecombineerd met zandwinning, maar daar is mee gestopt omdat de keuze is gemaakt om sediment "in het systeem" te houden. Gebaggerd sediment wordt sindsdien gestort op de diepere vooroever (ongeveer op NAP -10 m) op een speciaal daarvoor aangewezen locatie.

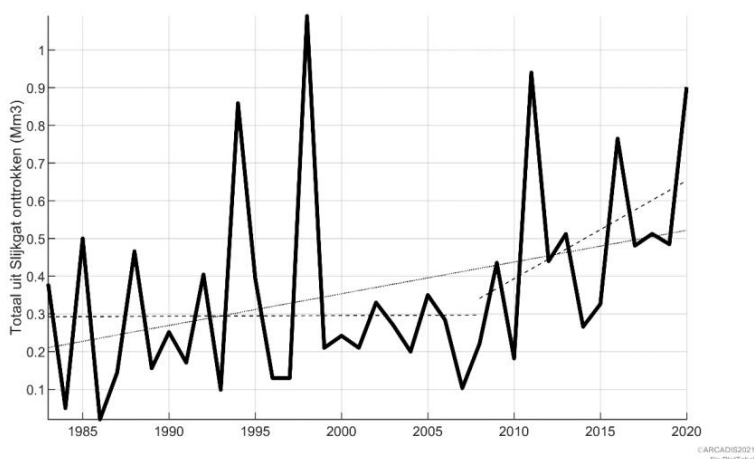
Ten aanzien van het onderhouden van een veilige vaarroute door het Slijkgat zijn in het verleden de volgende afspraken gemaakt:

- Tot 1985 onderhield RWS een 200 meter brede vaargeul op NAP -4,0 m diepte. De breedte van de bermen (diepte -4m) was tot 1994 400m en werd daarna 200m.
- Na 1985 was de onderhoudsdiepte NAP-5 m, waarbij de extra diepte van 1 m ten opzichte van NAP-4 m werd gefinancierd door de Gemeente Goeree-Overflakkee.
- In 2002 werd besloten tot het onderhouden van een 100 meter brede kerngeul met aan weerszijden een plateau op NAP -4 m van elk 50 m breed.

Het Havenbedrijf heeft met ingang van 2005 het Slijkgat onderhouden, aanvankelijk op de bestaande diepte van 5,0m en vanaf 2009 op 5,5m. Dit conform het Aldersakkoord (2001) waarin een uitvoeringstermijn voor de afspraken stond van 3 tot 10 jaar. Dit akkoord geldt voor onbepaalde tijd.

In zijn algemeenheid geldt dat hoe meer er door baggeren wordt afgeweken van de natuurlijke diepte, er meer onderhoudsbaggerwerk nodig is. De natuur werkt namelijk 'harder' als er meer van een evenwichtssituatie wordt afgeweken. Dit verschijnsel is te herkennen in de trends van de jaarlijkse baggervolumen (Figuur 3). Naarmate er in de loop der jaren een groter dwarsprofiel werd onderhouden, nam ook het onderhoudsvolume toe.

De relatief grote jaarlijkse variaties in Figuur 3 hebben vermoedelijk te maken met planningen van het baggerwerk, variaties in rivierafvoer, en het regelmatig verleggen van de vaargeul als gevolg van morfologische veranderingen langs de geul. Desalniettemin laat de lineaire trendlijn voor de periode 1983 tot 2008 zien dat de baggerhoeveelheden ongeveer gelijk zijn gebleven: gemiddeld 300,000 m³/j. De (gestippelde) trendlijn door de gegevens van 2008 tot 2020 laat wel een duidelijk stijgende trend zien met gemiddeld een verdubbeling tot ruim 600,000 m³/j rond 2020. Mocht deze lineaire trend zich doorzetten dan zou het onderhoud rond 2030 zelfs rond de 1 miljoen m³/j kunnen bedragen. Zonder nader onderzoek is niet te zeggen of dit ook daadwerkelijk gaat gebeuren.



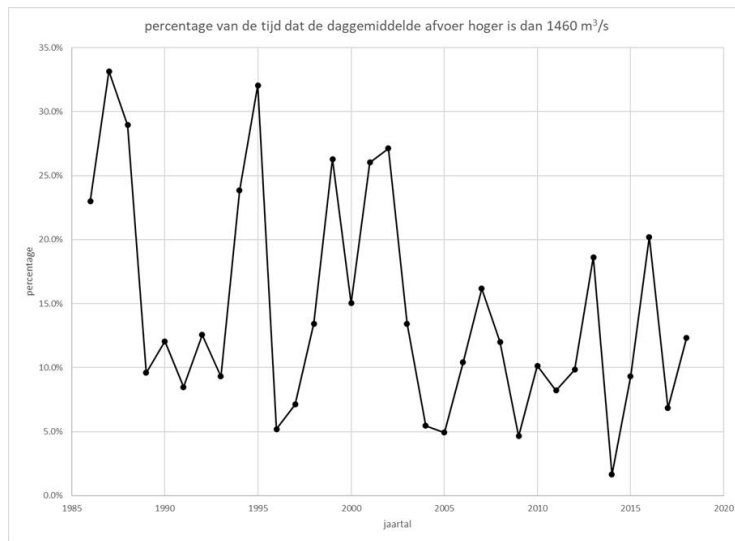
Figuur 3: Baggervolumes Slijkgat 1983-2020

2.2.3 Spuien rivierwater Haringvlietsluizen

Bij hoge rivierafvoeren wordt een deel van het zoete rivierwater via het Haringvliet en de Haringvlietsluizen afgevoerd naar zee. De gemiddelde afvoeren variëren sterk per jaar en ook per seizoen. Gemiddeld over de periode 1985 – 2020 was de gemiddelde dag afvoer 675 m³/s. In de laatste 20 jaar was dit veel lager in 2017 met gemiddeld 180 m³/s een veel hoger in 2013 met een daggemiddelde afvoer van ruim 930 m³/s. Ook tussen de seizoenen kunnen grote verschillen optreden. Zo was de daggemiddelde afvoer in de winter van 2018 ruim 2150 m³/s (gemiddelde gedurende 3 maanden), terwijl dit in het jaar ervoor (2017) slechts 62 m³/s was. In hetzelfde jaar 2018 was er overigens in de herfst helemaal geen afvoer van rivierwater door de Haringvlietsluizen.

De afvoerverdeling over het jaar en tussen de jaren fluctueert dus sterk. Als alle afvoeren in de periode 1985 – 2020 worden samengevoegd ontstaat er een kansverdeling van de daggemiddelde afvoer. Daaruit blijkt bijvoorbeeld dat een daggemiddelde afvoer van meer dan 75 m³/s gemiddeld 57% van de tijd voorkomt. Dat een daggemiddelde afvoer van 1460 m³/s slechts 10% van de tijd voorkomt en van 3460 m³/s slechts 1 % van de tijd. Om een idee te krijgen of er sprake is van een trendmatige verandering in de afvoer toont Figuur 4 het percentage van de tijd voor elk jaar dat de

daggemiddelde afvoer $1460 \text{ m}^3/\text{s}$ is. De keuze voor deze afvoer (10% langjarig gemiddeld) is enigszins arbitrair maar toont een licht dalende trend. Of die trend te maken heeft met klimaatverandering en of deze doorgaat is onbekend.



Figuur 4: Percentage van de tijd dat de daggemiddelde afvoer hoger is dan $1460 \text{ m}^3/\text{s}$ vanaf 1985

Het zoete rivierwater mengt in de Haringvlietmonding met het zoute zeewater. Het zoutgehalte van het water kan worden uitgedrukt in %PSU: dit bedraagt 32% voor zout zeewater en 0% voor puur zoet water. Omdat zoet water lichter is dan zout water is de invloed van rivierwater op de saliniteit het sterkst aan de oppervlakte. Met behulp van computermodellen is gerekend aan de saliniteit in het mondingsgebied van de Haringvliet bij verschillende rivierafvoeren. Gekoppeld aan de grote fluctuaties van de rivierafvoer fluctueert ook de saliniteit van het water aan de oppervlakte sterk. In de winter van 2018, bijvoorbeeld, varieerde de saliniteit tussen de 4% (vrijwel zoet) en 20% (brak) met een wintergemiddelde van 11% ('zoet/brak'). Maar in de winter van 2017 met de veel lagere rivierafvoeren in die winter varieerde de saliniteit aan de oppervlakte tussen de 21% en 29%, dus 'brak/zout'.

Sinds enkele jaren wordt door Rijkswaterstaat gekeken welk beheer van de sluizen het beste past bij het genomen "Kierbesluit", waarbij zeewater vanuit het mondingsgebied tijdens vloed de Haringvliet in kan stromen. Het doel hiervan is om vismigratie mogelijk te maken en om de harde grens tussen zout en zoet water op de Haringvliet door middel van een brakke zone minder scherp te maken (verbeteren ecologische waarden). Bij lage rivierafvoeren worden de sluizen bij opkomend vloed gesloten om te veel zoutinvasie te vermijden.

2.3 Introductie fysische processen

De morfologie op een bepaald moment is het resultaat van daar aan voorafgaande morfologische veranderingen. Als er al sprake is van een evenwicht, dan is dat een dynamisch evenwicht: oftewel de morfologie blijft veranderen. Sommige aanpassingen van de bodem kunnen heel lang duren, vooral als er grote sedimentverplaatsingen mee gemoeid zijn, zoals bij de opbouw van de Hinderplaat en het landwaarts opschuiven ervan. Andere aanpassingen gebeuren sneller en zijn soms ook door de mens geïnitieerd (zoals het baggeren van de vaargeul in het Slijkgat). De verschillende aanpassingen hebben dus hun eigen tijd en ruimtelijke schalen en onderling beïnvloeden ze elkaar ook. Zo heeft het langzame opvullen van het Rak van Scheelhoek invloed op de migratiesnelheid van het Hindergat. En om alles nog ingewikkelder te maken: de bodemvormen veranderen ook de stroming van het water en daarmee weer de morfologie zelf. Het is één samenhangend fysisch systeem.

De huidige morfologie is dus een weergave van de voorafgaande morfologische veranderingen die op hun beurt weer worden veroorzaakt door ruimtelijke verschillen in sedimentverplaatsing. Als bijvoorbeeld in een bepaald gebied meer sediment wordt afgevoerd dan aangevoerd, dan treedt daar doorgaans verdieping (erosie) op. De bodem 'levert' als het ware het verschil in sedimentvolume. Hetzelfde gaat op als er meer sediment in een bepaald tijdvak binnenkomt dan eruit gaat; dan blijft het sediment achter en hoogt de bodem op. Bij morfologie gaat het dus om ruimtelijke verschillen in sedimentverplaatsingen.

Sediment wordt onder water verplaatst door de beweging van datzelfde water (de hydrodynamica) of boven water door de beweging van de lucht (aerodynamica). Er is een interactie tussen boven en onder water, want als een gebied hoog genoeg komt te liggen dat het droogvalt, dan neemt de wind het over. Zo ontstaan op brede strandvlaktes bijvoorbeeld



primaire duinen. Stuifgaten in de voorste duinenrij kunnen ervoor zorgen dat zand verder het duingebied in wordt geblazen (zoals op de Groene Punt het geval is). De veranderingen in het mondingsgebied zelf worden echter door de beweging van het water bepaald. Om de veranderingen in morfologie te begrijpen is het dus belangrijk eerst de verschillende mechanismen achter sedimenttransport te begrijpen.

Hoe het water precies door het gebied stroomt hangt af van de vorm van de bodem. Dus als de bodem verandert omdat de waterbeweging sediment netto heeft verplaatst, verandert daarmee ook de waterbeweging. Het een staat niet los van het ander; alles beïnvloed elkaar en dat op verschillende tijdschalen. Sommige aanpassingen vergen nu eenmaal meer tijd dan andere, omdat de morfologische aanpassingen bijvoorbeeld op een kleine schaal afspelen, of omdat er op een bepaalde plek veel energie in de waterbeweging zit (bijvoorbeeld de brandingszones). Morfologische veranderingen zijn dus eigenlijk nooit klaar: een statisch evenwicht komt zelden voor in de natuur en soms kunnen extreme omstandigheden als een storm of extreme rivierafvoer, die beiden weersafhankelijk zijn, de ontwikkelingen een andere kant op sturen

Als gevolg van de aantrekkingskracht van water, het draaien van de Aarde en de bewegingen van hemellichamen (vooral de Maan) ten opzichte van de Aarde, ontstaan getijden. Dit zijn heel lange golven (honderden km's lang) die over de oceanen verplaatsen en ondiepe zeeën zoals de Noordzee binnenlopen. Getijdenbeweging is te herkennen aan het verschil in waterstanden, zoals hoog water en laag water, en aan stroomsnelheden, zoals vloedstromingen en ebstromingen. Het ene getij is het andere niet; het getij is het sterkst enkele dagen na Nieuwe en Volle Maan (springtij) en het kleinst ongeveer een week daarna (doodtij). Voor sedimentverplaatsingen zijn de volgende aspecten soms van belang:

- Vloed- of ebdominantie geeft de resulterende richting aan van de stroming als op 1 plek alle snelheden over het getij worden gemiddeld.
- Getij-asymmetrie verwijst naar de ruimtelijke of temporele verschillen in de vloed- en ebbeweging. Het is een ingewikkeld onderwerp maar wel belangrijk voor de resulterende sediment verplaatsingen en geulontwikkelingen.
- Reststromen, zijn de resulterende stromingen in een gebied als op elk punt alle snelheden gedurende 1 getijcyclus gemiddeld worden. Het zegt vaak iets over de resulterende verplaatsing van bodemsediment.

Het getij op open zee, is onafhankelijk van de veranderingen die aan een kust afspelen. Dit grootschalige getijverhangsysteem is bepalend voor de oriëntatie van de getijgeulen op de Voordelta. De vloedgeulen zoals het Slijkgat, liggen aan de zuidzijde van de mondingsgebieden, terwijl de ebgeulen meer centraal naar buiten lopen. Dit verschijnsel heet getijjording.

Naast het primaire proces van getijdenwerking treden in een getijdengeul soms secundaire (afgeleide) stromingsprocessen op. In een geulbocht leidt de centrifugale kracht (goed in een auto te voelen bij het ingaan van een bocht) tot een geringe scheefstand in het water in de geul. Dit geeft een kleine stroming (cm/s) dwars op de geulas. Omdat deze dwarsstroming wordt 'meegenomen' door de hoofdstroming, ontstaat er een soort spiraalstroming. Bij brede ondiepe geulbochten kunnen zelfs meerdere van dergelijke dwarscirculaties ontstaan.

De waterbeweging en sedimenttransporten op de naast een geul gelegen ondieptes worden bepaald door:

- Getijstroming volgt niet alleen de as van een geul maar kan ook een component daar dwars op hebben (uitredend of instromend). Zandtransporten kunnen oplopen tot 50 – 200 m³/m/j.
- Golfasymmetrie heeft te maken met het feit dat windgedreven golven die van zee naar de kust lopen veranderen qua vorm zodra ze in ondieper water de bodem "voelen". Het water beweegt heen en weer tijdens het voorbijgaan van een golf (de orbitaalbeweging), waarbij er een asymmetrie ontstaat in die heen en weer gaande stroming. Op ondieptes zijn golven vaak wat gepiektter dan op zee, wat betekent dat de kustwaartse stroming onder de piek van de golf vaak wat groter is dan de zeewaartse retourstroomsnelheid onder het dal van de golf. Dit geeft een netto sediment in de richting van de kust die kan oplopen tot 5-20 m³/m/j.
- Massatransport heeft te maken met het feit dat de waterbeweging onder een golf niet geheel sluitend is: dat wil zeggen als je een waterdeeltje onder een golf volgt, dan verplaatst deze zich in de richting van de golf. Ook dit heeft met de vervorming van de golven te maken naarmate ze over ondieptes richting de kust lopen. Bij het strand wordt deze stroming vaak tegengewerkt met een retourstroming, maar als er achter een ondiepte geen strand maar een dieper gebied ligt (zoals achter de Hinderplaat), dan is die 'tegenkracht' veel kleiner en kan zandtransport tot wel 10 – 100 m³/m/j optreden.
- Brandingsstromen ontstaan als golven onder een hoek aankomen op de kust (of een bank) en daar breken. Zeker door de grote turbulentie die onder brekende golven optreedt kan dit zandverplaatsingen opwekken van 50 tot 500 m³/m/j. Er is een zekere lengte nodig om een brandingsstroom 'op gang te brengen', meestal enkele honderden meters afstand. Bij kleine banken is er dus zelden sprake van een brandingstroom, maar op de langere banken is dat vaak wel het geval.
- Driftstromen (wind) worden veroorzaakt door de luchtwrijving van de wind over het wateroppervlak. Voor wat betreft sedimentverplaatsingen is dit alleen relevant bij grote ondieptes (km's lang en ondieper dan 2 m) en bij sterke windsnelheden (6 Beaufort of hoger).
- Dichtheidsstromen ontstaan als water met verschillende dichtheden elkaar 'ontmoeten'. Dit is relevant voor de waterbeweging in het studiegebied in verband met de afwatering van rivierwater via de Haringvlietluizen.

2.4 Analyse van de waterbeweging

Om inzicht te krijgen in de waterbeweging in de Haringvlietmonding, is gebruik gemaakt van computermodellen. Computermodellen worden vaak gebruikt om meer inzicht te verkrijgen bij complexe vraagstukken. Een bekend voorbeeld is het KNMI, die computermodellen gebruikt om inzicht te krijgen over wat het weer wordt voor de komende dagen. Deze modellen berekenen hoe de lucht stroomt (wind), hoe de lucht opwarmt en afkoelt onder invloed van zon en wind (temperatuur), waar water verdampt en vervolgens condenseert in de lucht (wolkenvorming) en waar er vervolgens te veel vocht in de atmosfeer aanwezig is (regenvorming). Op een vergelijkbare manier hebben wij gebruikgemaakt van computermodellen die berekenen hoe golven zich voortplanten vanaf de zee naar de kust toe en waterbewegings-modellen die berekenen hoe het water in de kustzone stroomt en hoe zoet en zout zich mengt onder invloed van getij en rivierafvoeren en spuidebieten.

Als eerste is gekeken naar de golven. Golven worden opgewekt door de wind. Dit hoeft niet noodzakelijk de wind vlak voor de kust te zijn, maar dit kan ook verder op de Noordzee zijn, of zelfs ver weg op de oceaan. Zolang deze golven geen obstakels tegenkomen, zoals landmassa's, kunnen deze zich over grote afstanden voortbewegen. Zodra de golven de ondiepe kustzone bereiken, draaien ze bij, verliezen ze energie via bodemwrijving en breken ze uiteindelijk voor de kust. Met die golfbeweging wordt sediment in beweging gebracht of in de waterkolom gehouden.

Een tweede aspect is het getij. Onder invloed van de zon en de maan is het langs de Nederlandse kust twee keer per dag hoog water en twee keer per dag laag water. De duur tussen twee hoogwaters is niet precies 12 uur, maar ongeveer 12 uur en 25 minuten. Hierdoor schuiven de tijdstippen van hoog en laag water dagelijks ongeveer 50 minuten op (2 keer 25 minuten). Eens in de 14 dagen is het verschil tussen hoog water en laag water maximaal; dit noemt men springtij. Evenzeer is eens in de 14 dagen het verschil minimaal. Dit wordt doodtij genoemd.

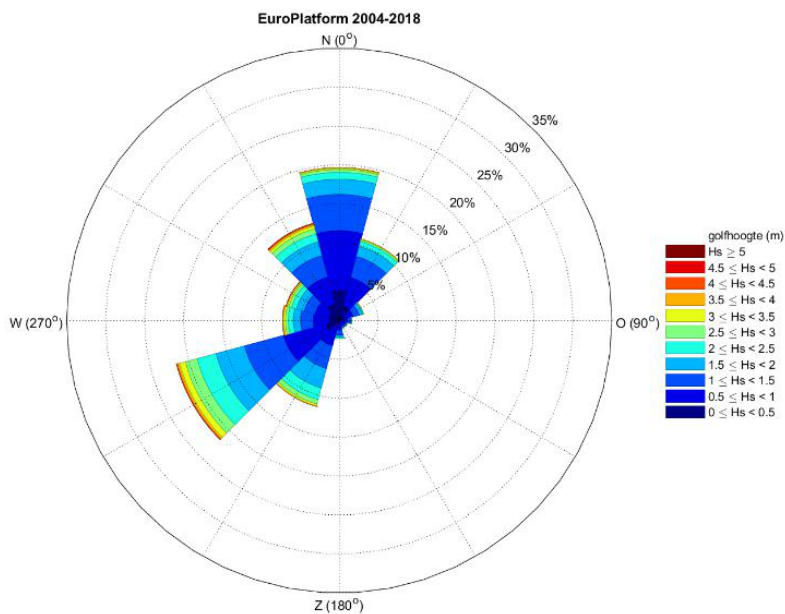
Het getij op zee veroorzaakt ook een stroming langs de kust. Net als dat de hoog en laag waters zich afwisselen, wisselen ook de stroomsnelheden en -richtingen periodiek. Denk hierbij aan eb, vloed en kentering. Men spreekt vaak van eb bij laag water, maar de eb-stroming vindt plaats gedurende de periode tussen hoog en laag water. De vloed-stroming vindt plaats tussen laag en hoog water. Het moment tussen eb en vloed, of tussen vloed en eb, als het nauwelijks stroomt, noemt men de kentering. Net als de golven, brengt ook de stroming sediment in beweging. Bij voldoende stroming komt sediment los van de bodem en laat zich door de stroming meevoeren. Als de stroomsnelheden richting kentering weer afnemen, zakt het sediment weer uit en komt op de bodem terecht.

In de Haringvlietmonding wordt de waterbeweging daarnaast ook nog sterk beïnvloed door het water dat vanuit het Haringvliet naar de Noordzee stroomt. In natte perioden, wanneer er veel water via de Maas en Rijn naar Nederland stroomt, worden de Haringvlietstuizen tijdens laag water opgezet om het overtollige water af te kunnen voeren. Tijdens droge perioden blijven de stuizen gesloten om de rivieren in Nederland bevaarbaar te houden. Van belang hierbij is dat het rivierwater vanuit het Haringvliet zoet is en zeewater zout. Deze twee soorten water komen in de Haringvlietdelta samen, waarbij het zoete water, wat een lagere dichtheid heeft, de neiging heeft zich aan het oppervlak over het zoutere zeewater heen te verspreiden. Ondertussen mengen beide watersoorten zich, waardoor er een geleidelijke overgang van zoet/brak naar zout ontstaat in de Haringvlietmonding. Afhankelijk van hoeveel water er vanuit het Haringvliet wordt gespuid, verschuift deze overgang ook. Tijdens hoge spuidebieten ligt deze overgang verder op zee, terwijl bij lage spuidebieten deze overgang dicht bij de kust ligt.

2.4.1 Golven

Golven die richting de kust bewegen (aanlandige golven) vervormen en verliezen geleidelijk hun energie. Door het grillige karakter van de bodem met geulen en platen is deze golfvoortplanting ruimtelijk gezien een ingewikkeld proces. Met computermodellen kan hieraan worden berekend.

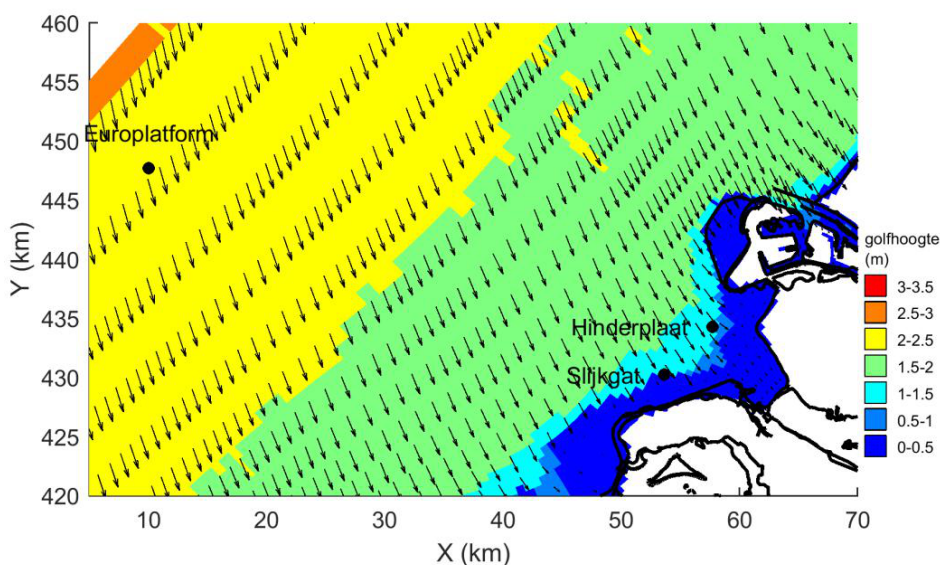
Het startpunt van de berekeningen zijn de golven zoals die door Rijkswaterstaat permanent worden gemeten op hun golfmeetstation genaamd 'Europlatform', ongeveer 50 km uit de kust. Figuur 5 toont het zogenaamde 'golfklimaat' op deze diep-water locatie.



Figuur 5: Golfklimaat bij meetlocatie Europlatform

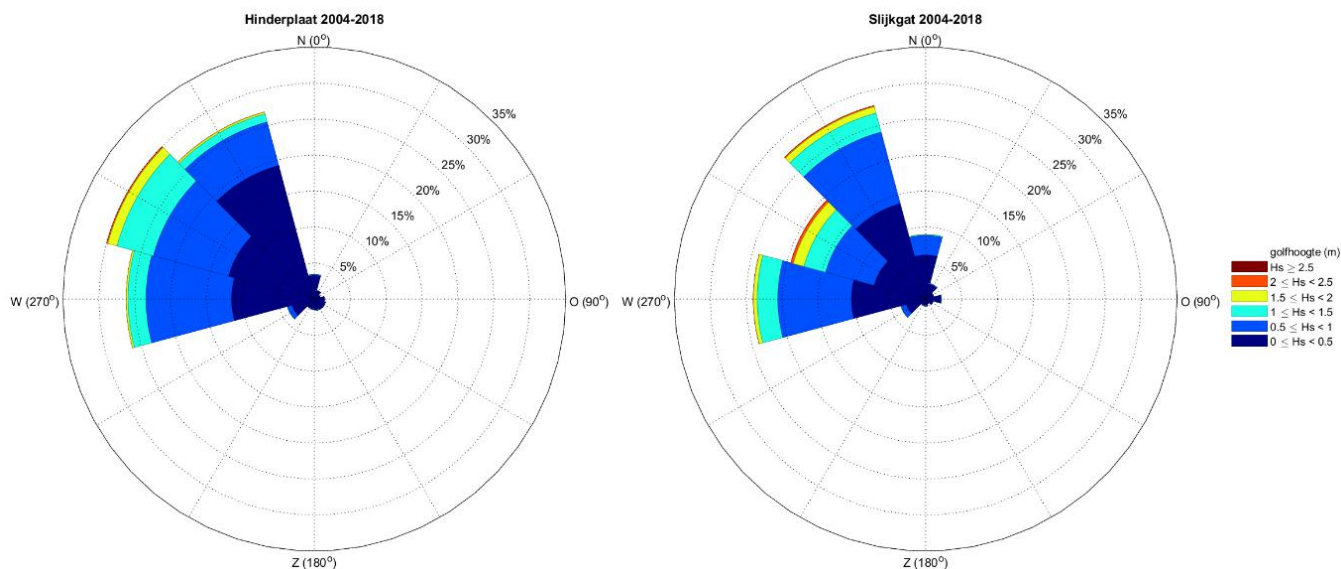
Een 'golfklimaat' beschrijft de golven op een locatie in een soort van taartdiagram, waarbij de lengte van de taartpunt weergeeft hoe vaak golven uit een bepaalde richting voorkomen. Middels kleuren wordt aangegeven hoe hoog die golven dan zijn. In bovenstaande figuur is af te lezen dat golven voornamelijk uit zuidwestelijke of noordelijke richtingen komen, overeenkomend met de windrichting van de overheersende wind hier in Nederland. Dit zijn ook de windrichtingen die horen bij de zwaarste stormen op de Noordzee. Dan komen ook de hoogste golfhoogtes voor van meer dan 5 m. Golven uit richtingen tussen noordoost en zuid komen veel minder vaak voor. Dat komt doordat het minder vaak waait uit deze richtingen. En als dat wel voorkomt, dan blaast de wind over een korte afstand over zee, waardoor de golven niet heel groot kunnen groeien.

Met behulp van het computerprogramma SWAN, dat is ontwikkeld aan de Technische Universiteit Delft, is berekend hoe de golven bij Europlatform zich voortplanten naar de kust toe. Figuur 6 laat een voorbeeld zien van een dergelijke berekening. RWS-meetlocatie Europlatform (EP) en uitvoerlocaties Hinderplaat (HP) en Slijkgat (SG) zijn ook weergegeven.



Figuur 6: Berekende golfhoogtes in de kustzone

De berekening laat duidelijk zien hoe de golfhoogtes naar de kust toe afnemen. Dit is een gevolg van de dissipatie van golfenergie door bodemwrijving. Voor heel veel voorkomende golven op zee zijn dergelijke berekeningen gemaakt om voor de twee locaties in het studiegebied, het lokale golfklimaat te kunnen bepalen. Het resultaat van deze bewerking staat in Figuur 7.



Figuur 7: Golfrozen Hinderplaat (links) en Slijkgat (rechts)

De maximale golfhoogtes zijn zo in het midden van het studiegebied ongeveer de helft van die bij Europlatform en de richtingen waar de golven vandaan komen variëren ook minder. Bij de locatie ter hoogte van de Hinderplaat komen door de ligging ten zuiden van de Slufter en Maasvlakte iets minder golven uit het noorden. Door golfrefractie (golven buigen bij door de vorm van de Maasvlakte en door het ondieper worden naar de kust toe), komen hier nog wel relatief veel golven uit het noordnoordwesten. De locatie ter hoogte van het Slijkgat ligt zuidwestelijker en is daardoor minder afgeschermd door Slufter en Maasvlakte.

Een ander type analyse van het golfklimaat betreft de golfenergieflux. Dat zegt iets over de aanwezige golfenergie op een bepaalde locatie en in welke richting die is gericht. Dit is relevant voor de dominante verplaatsingsrichting van zandbanken en platen. Deze is berekend voor beide locaties SG en HP voor zowel de periode vòòr aanleg van MV2 (2004-2011) en de periode erna (2011-2018). Uit deze berekeningen blijkt:

- Op locatie HP is de richting van de inkomende golfenergieflux 300°N. Dit is over de periode 2004-2011 302°N en over de periode 2011-2018 299°N, een marginaal verschil dat ook het gevolg kan zijn van verschillen in het windklimaat over de genoemde tijdvakken. De absolute grootte van de golfenergieflux over beide perioden varieert minder dan 5%
- Op locatie SG komt over de hele periode 2004-2018 de golfenergieflux uit 301°N, terwijl dit respectievelijk uit 302°N en 300°N is voor de periode voor en na aanleg MV2. De absolute grootte varieert minder dan 5%.

Hoewel er verschillende windklimaten kunnen zijn geweest in beide periodes is de conclusie dat de aanwezigheid van MV2 geen significante verandering teweeg heeft gebracht in het golfklimaat in het studiegebied. Alleen in het gebiedje direct ten zuiden van de Slufterdamkust zal het golfklimaat wel zijn veranderd door de aanwezigheid van MV2. Hoe dat precies uitwerkt op de zandverspreiding richting Brielsche Gatdam is niet onderzocht.

2.4.2 Getijden

Er zijn een aantal technieken om naar berekende stroombeelden te kijken ten behoeve van morfologisch onderzoek:

- Gedetailleerd beschrijving van de stroompatronen. Vaak wordt er specifiek gekeken naar de momenten van maximale vloedstroom, maximale ebstroom en de beide kenteringen. Het zegt iets over het grootschalige getijverhangsysteem in het gebied.
- Berekening van de getij-gemiddelde stromingen (reststromingen). Dit kan alleen als het doorgerekende getij "cyclisch" is, dat wil zeggen dat "begin" en "eind" gelijk zijn. Hiervoor bestaan rekenkundige hulpmiddelen. De

reststromingen geven een indruk van de netto verplaatsing van fijn sediment, hoewel verplaatsing van sediment niet in pas hoeft te lopen met die van water en dus altijd zorgvuldige analyse vergt.

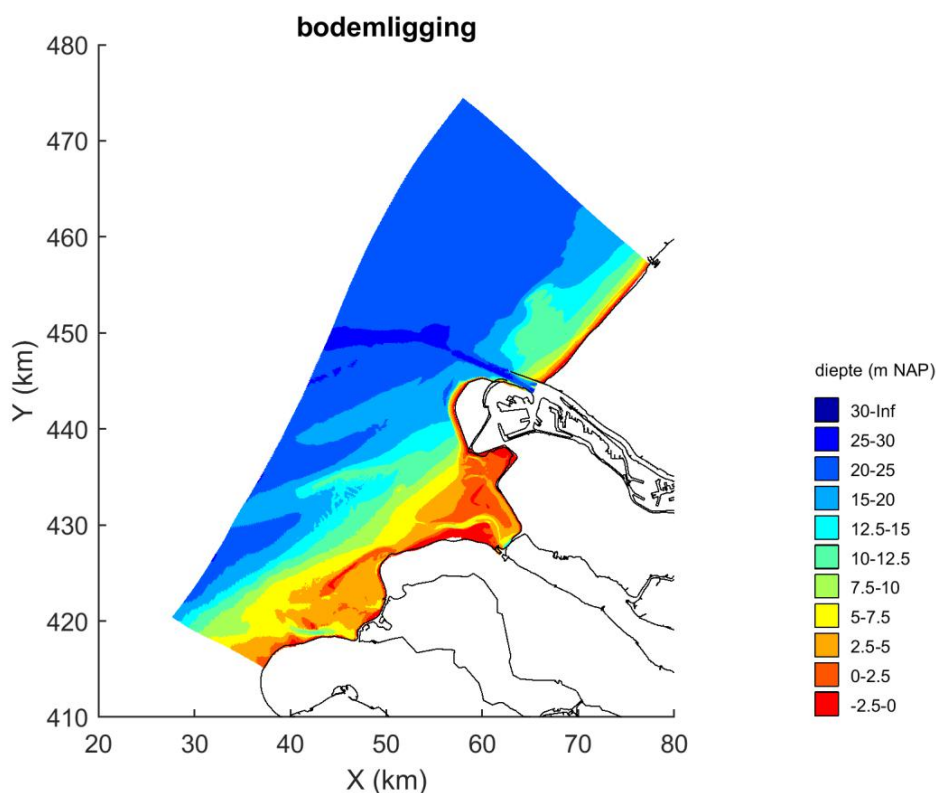
- Het specifiek analyseren van verschillen in de waterbeweging nabij de bodem en aan de oppervlakte. Dit vraagt om het 3-dimensionaal rekenmodel dat we hier hebben toegepast. Het geeft informatie over hoe het rivierwater zich verspreid in het gebied en het geeft een beeld over de verspreiding van sediment waarbij zand vooral over de bodem wordt getransporteerd en fijner sediment vooral hoger in de waterkolom wordt verplaatst.
- Berekenen van getijvolume (eb- en vloed) door bepaalde dwarsdoorsneden in het gebied. Dit vertelt iets over de dominantie van de vloed- of de ebstroming en daarmee geeft het een indruk van het de mogelijke verplaatsingsrichting van sediment. Door berekeningen te maken met en zonder rivierafvoer kan zo ook een onderscheid worden gemaakt tussen waterverplaatsingen door getij (het astronomische deel) en de rivierafvoer (het meteorologische deel).
- Berekenen van de bodemschuifspanningen. Dit zegt iets over de waarschijnlijkheid dat in een bepaald gebied slib kan worden afgezet op de bodem of worden weggespoeld.

In het kader van dit morfologisch onderzoek zijn al deze gegevens geproduceerd en geanalyseerd. Hieronder worden alleen die aspecten beschreven die voor de morfologische analyses het meest relevant zijn.

Stroombeelden

Om inzicht te krijgen in de complexe stroming in de Haringvlietmonding is een aantal simulaties uitgevoerd met verschillende bodemliggingen en verschillende spuidebieten van de Haringvlietstuizen. Voor de berekeningen is gebruik gemaakt van een Delft3D rekenmodel. De software van Delft3D is ontwikkeld door Deltares; het model is ontwikkeld in opdracht het samenwerkingsverband tussen aannemers die MV2 hebben gerealiseerd (PUMA). Het model heeft rekencellen van ongeveer 20 m bij 20 m. Hiermee is in een grote mate van detail de stroming door de geulen en over de platen te berekenen. In de verticaal is gebruik gemaakt van 8 dieptelagen.

Met het rekenmodel is een zogenaamd morfologisch getij doorgerekend, waarvan de getijslag iets groter is dan gemiddeld getij. Een dergelijk getij is representatief voor een hele doottij-springtij cyclus. Dit getij is “cyclisch” gemaakt waardoor rekenresultaten over een getij kunnen worden gemiddeld.



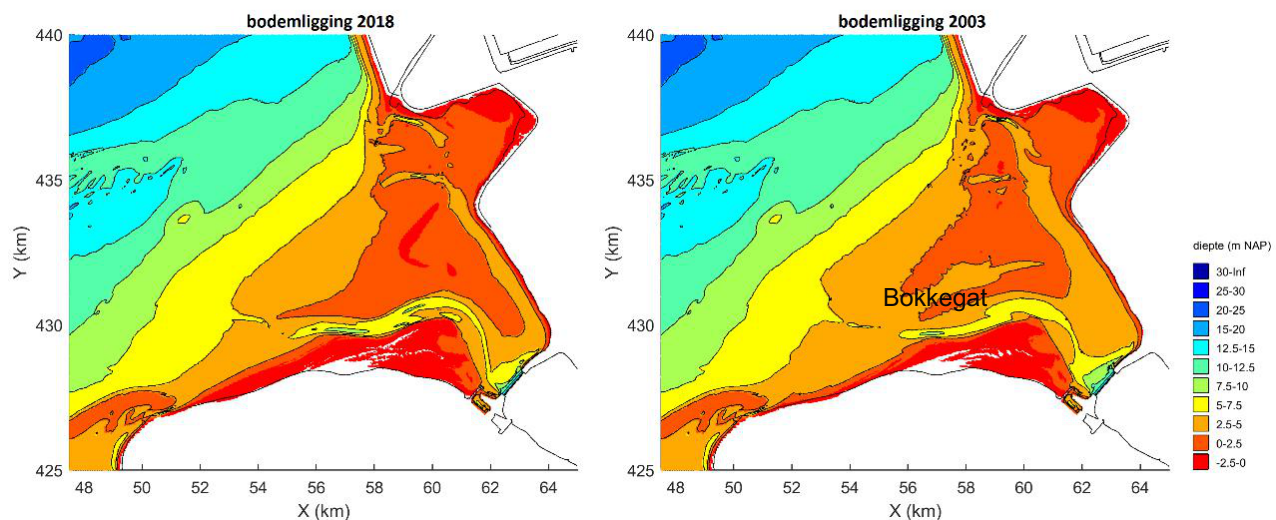
Figuur 8: Delft3D model rekengebied rond de Haringvlietmond

Figuur 8 laat de omvang van het gemodelleerde gebied zien, dat veel uitgebreider is dan alleen het studiegebied zelf. Dat is nodig om een goede aan- en afstroming van het studiegebied te krijgen. Het feit dat in dit model de zandmotor langs de kust van Delfland niet is mee-gemodelleerd is niet relevant omdat deze mega-suppletie geen invloed heeft op het stroombeeld in de Haringvlietmond.

Er zijn berekeningen uitgevoerd voor twee detail modelbodems:

- De eerste modelbodem is gebaseerd op de werkelijke bodemligging van 2018, zoals ingemeten door Rijkswaterstaat (vaklodgingen);
- Voor de tweede modelbodem is een combinatie gemaakt van de bodemligging op zee uit het eerste model met de bodemligging in de Haringvlietmond van 2003. Dit betreft dus een kunstmatige modelbodem, omdat hierin wel Maasvlakte2 is meegenomen (die er in 2003 in werkelijkheid nog niet was). Het doel van deze extra berekening is om in detail te kijken naar het stroombeeld in een situatie met en zonder Bokkegat.

Details van beide modelbodems 2018 en 2003, respectievelijk zonder en met de getijgeul "Bokkegat", staan hieronder in Figuur 9. Er is uiteindelijk ook nog een berekening uitgevoerd voor de verwachte toekomstbodem in 2030. Resultaten van die berekening worden in hoofdstuk 4 gepresenteerd.



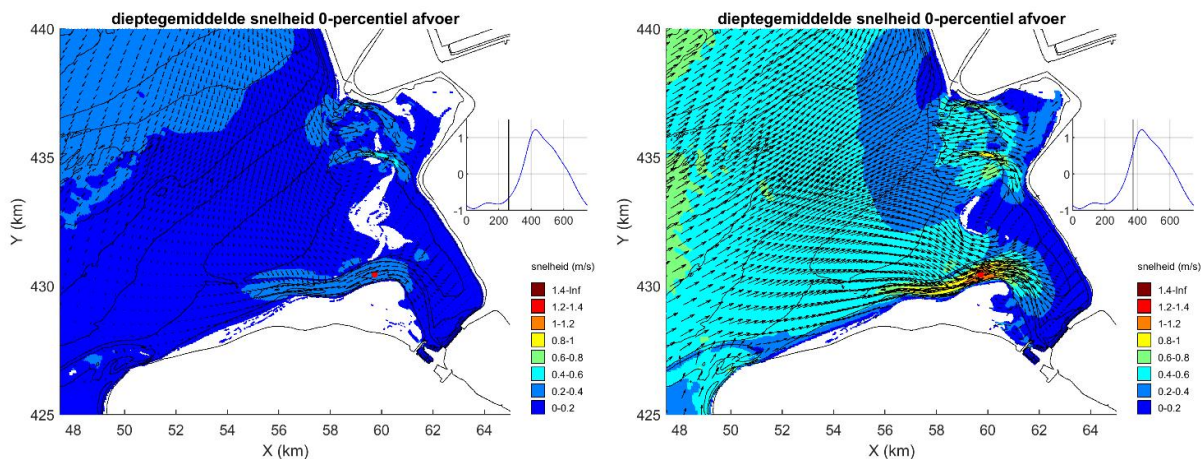
Figuur 9: Modelbodem voor 2018 (links) en samengestelde modelbodem voor 2003 (rechts)

Voor de eerste berekening is aangenomen dat er geen spuidebieten vanuit het Haringvliet plaatsvinden, dus de waterbeweging is het gevolg van alleen getij.

Aan het begin van de vloed, rond laag water, is er in de Haringvlietmond een stroming met de wijzers van de klok mee. Deze wordt aangedreven door de stroming op zee, die dan zuidwaarts gericht is. Later gedurende de vloedperiode stijgt de waterstand op zee van Laag Water naar Hoog Water. In de omgeving van de Haringvlietsluizen blijft de waterstand wat achter, waardoor er een verhang ontstaat tussen zee en Haringvlietmond. Dit verhang drijft een stroming aan waardoor het gebied zich met zeewater vult.

Figuur 10 toont de stroming tijdens vloed, zowel aan het begin van de vloedperiode als op een iets later moment. Er zijn vectoren te zien die de stroomrichting aangeven en de kleuren geven de stroomsnelheid aan. Donkerblauwe gebieden hebben te maken met stroomkentering: het stroomt er vrijwel niet. Overigens zijn niet alle berekende stroomvectoren getoond, omdat dan de figuur onleesbaar wordt. De inzet laat het waterstandsverloop in het Slijkgat in de tijd (in minuten) zien, waarbij de verticale streep het moment aangeeft waarvoor het weergegeven stroombeeld geldt. Witte gebieden in het studiegebied tonen gebieden die boven water liggen en dus niet meedoen met het stroombeeld. In de linker figuur is het laagwater en valt de Hinderplaat droog; in de rechterfiguur is het (bijna) hoogwater en zijn grote delen van de Hinderplaat in het rekenmodel nat.

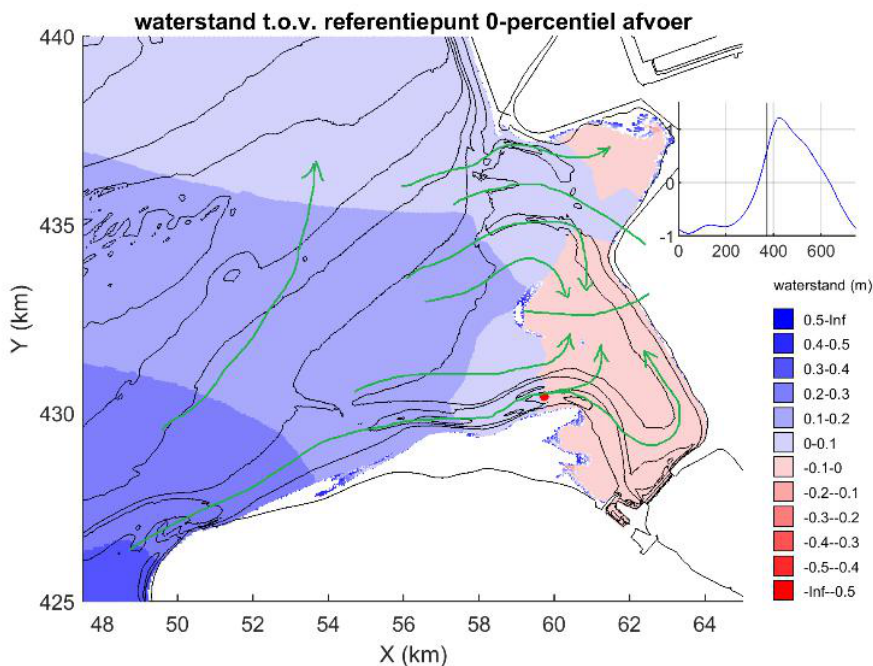
Aan het begin van de vloed is de stroming op zee zuidwaarts gericht. De waterstand op zee is dan bijna Laag Water en de stijgsnelheid van de waterstand op zee is nog laag. Het water stroomt het gebied in over de zeewaarts gelegen, diepere gedeeltes van de Hinderplaat ("Hinder") die nog wel onder water staan maar uiteindelijk wordt de stroming gedwongen om zich in de geulen (Slijkgat, Naamloze geul en Hindergeul) te concentreren langs de drooggevalen gedeeltes van de platen (linker figuur in Figuur 10).



Figuur 10: Stroombeeld aan het begin van de vloedperiode (links) en aan het eind (rechts)

Later in de vloedperiode heeft op zee de kentering plaatsgevonden en is de stroming noordwaarts gericht (rechter figuur). Het getij stroomt langs de kop van Goeree, via het Slijkgat richting Haringvlietstuizen. Maar ook over de steeds verder onder water gelopen platen stroomt water de Haringvlietmond in. De stroming blijft echter geconcentreerd in de hoofdgeulen.

Figuur 11 toont de berekende waterstanden in het gebied op het eind van de vloedperiode. De waterstanden zijn gegeven ten opzichte van de waterstand in het referentiepunt om de vervallen beter zichtbaar te maken.



Figuur 11: Waterstanden aan het eind van de vloedperiode (vergelijken met rechter figuur in Figuur 10)

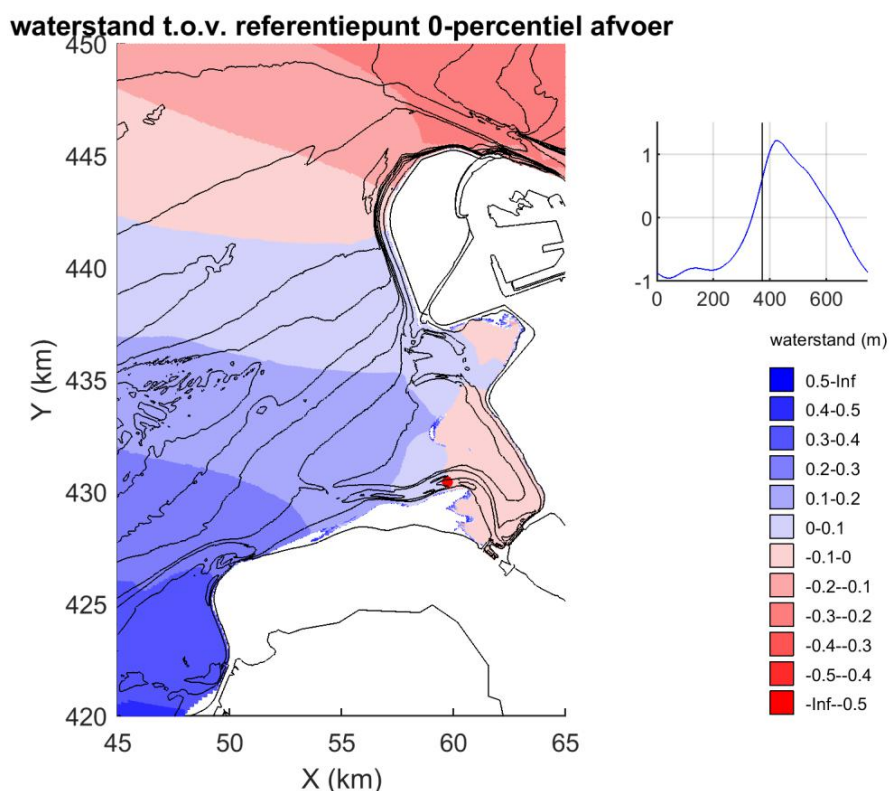
De pijlen in bovenstaande figuur tonen de hoofdrichtingen van het verval. Voor relatief eenvoudige stromingssituaties blijkt er een evenwicht te zijn tussen aandrijving van de stroming door verval en een afremming door bodemwrijving. Het kijken naar hellingen in het wateroppervlak (niet zichtbaar met het blote oog) geeft dan een indruk van hoe het water wil stromen. Pas als er sprake is van ingewikkelder stromingsprocessen, zoals spiraalstroming en traagheid, gaat deze redenering niet meer op.

Het gebied ten oosten van de Hinderplaat vult zich gedurende de vloedperiode voornamelijk via de route Slijkgat en over de onder water gelegen gedeeltes van de plaat. Maar ook stroomt er water langs de Haringvlietssluisen en langs de kust van Voorne noordwestwaarts via het voormalige Rak van Scheelhoek.

Tegelijkertijd stroomt er water via de naamloze geul en over de platen naar het gebied ten oosten van de Hinderplaat. Waar beide stromingen samen komen, ontstaat een luvtegebied, wat ook wel een wantij wordt genoemd.

Het noordelijke gedeelte, de omgeving van de Slufter en de Slikken van Voorne, vormen een redelijk op zichzelf staand gebied, die wordt gevuld via het Hindergat. Er vindt nauwelijks wateruitwisseling plaats met het zuidelijke deel van de monding, zodat ook hier sprake is van een wantij.

Omdat uit de berekeningen blijkt dat de stromingen zich inderdaad richten op de richtingen van het grootste verhang in de waterstanden, is het interessant te kijken naar het eventuele schaduw-effect van MV2. Immers, als daar sprake van zou zijn, dan kan dat invloed hebben op de voorkeursrichting van de in- en uitgaande stromingen en daarmee op termijn op de aanwezigheid van bepaalde getijgeulen. Daartoe toont Figuur 12 de berekende waterstanden over een groter gebied.

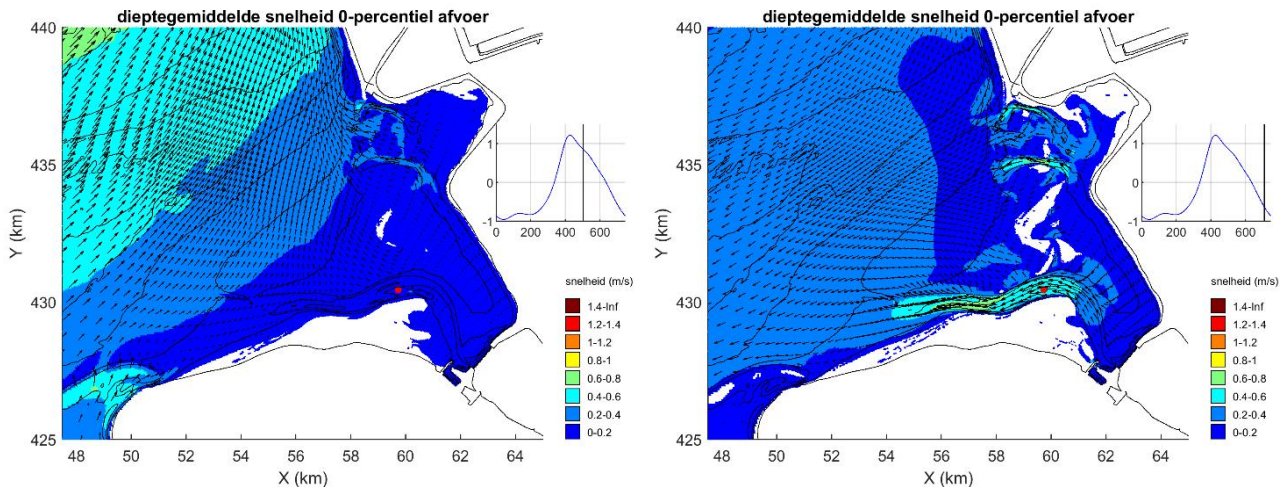


Figuur 12: Waterstanden aan het eind van de vloedperiode (gebied rondom MV2)

Het effect van MV2 op de waterstanden op zee is te herkennen aan de iets gebogen isolijnen rondom de westzijde van de landaanwinning. De getijstrooming moet daar immers omheen, wat vòòr de aanleg hier uiteraard niet het geval was. Toch laten de isolijnen geen duidelijke extra weerstand zien als gevolg van de uitbouw. Grotendeels is dit het gevolg van de bewust gekozen gestroomlijnde vorm. Ook speelt mee dat de zeewaartse uitbouw relatief klein is ten opzichte van de afmetingen van de zuidelijke Noordzee.

Rond hoog water, wanneer op zee de strooming langs de kust noordwaarts is gericht, is er een strooming in de Haringvlietmond tegen de wijzers van de klok in. Tijdens de eb periode, wanneer de waterstand op zee daalt, spelen dezelfde verschijnselen als hierboven beschreven zich in omgekeerde volgorde af. Zodra tijdens eb de waterstand gaat dalen, stroomt het water ten oosten van de Hinderplaat zowel langs de noordelijke kortsluitgeultjes als via het Voormalige Rak van Scheelhoek en uiteindelijk door het Slijkgat weg richting Noordzee. Ook blijft het water de ondieptes ten zuiden van de Hinderplaat opzoeken, waarschijnlijk doordat de strooming op zee in eerste instantie nog noordwaarts is gericht. Hoe meer de waterstand daalt, hoe meer de strooming zich concentreert in de geulen en zuidwaarts wegstroomt.

In Figuur 13 zijn op soortgelijke wijze figuren gepresenteerd aan het begin en eind van de eb periode.



Figuur 13: Stroombeeld aan het begin (links) en aan het eind (rechts) van de ebperiode

Later tijdens de eb fase, wanneer de stroming op zee is gedraaid naar een zuidelijke richting, waardoor ook het verval richting zuiden groter is geworden, richt de uitstroom van de Haringvlietmond zich meer op het Slikgat (rechterfiguur). Ook het feit dat met een lagere waterstand de stroming zich weer meer in de geulen concentreert speelt hierbij een rol. Het water stroomt vanuit het gebied oostelijk van de Hinderplaat via de oostelijke uitlopers van de Hinderplaat en via het Voormalig Rak van Scheelhoek via het Slikgat richting Noordzee. Ook is er nog steeds een stroming vanaf het gebied oostelijk van de Hinderplaat via het naamloze geultje naar zee. Het water bij de Slikken van Voorne kiest zijn weg vooral via het Hindergat naar zee.

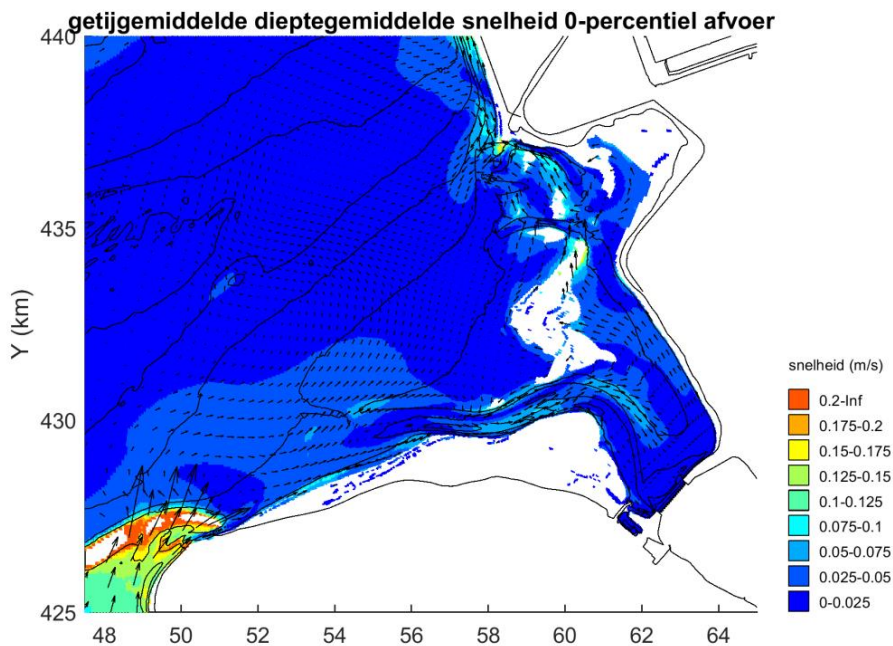
Het verschijnsel dat het water de weg kiest waarin het verval het grootst is, wordt getijordening genoemd. Uiteindelijk zullen (op de grote schaal) de geulen zich ook oriënteren op deze hoofdstroomrichtingen op zee, wat in het algemeen de karakteristieke geulenpatronen in getijde-delta's verklaart. Op kleinere schalen is de stroming vaak veel complexer, zoals hier in de Haringvlietmond, waarbij de stroming ook wordt beïnvloed door de aanwezigheid van droogvallende platen en waarbij andere stromingsverschijnselen waaronder traagheid van het water een rol speelt.

Reststromingen

Naast de vloed- en ebstromingen kan ook gekeken worden hoe het stroompatroon er gemiddeld over een getijperiode uitziet. Dit is mogelijk omdat het getij in het model een zogenaamd cyclisch getij is: de beginsituatie is hetzelfde als de eindsituatie. Door alle berekende stroomvelden te middelen (per rekenpunt) ontstaat dan een reststroombeeld zoals te zien in Figuur 14 (2018-modelbodem).

Deze figuur laat de netto stroomrichting zien in de Haringvlietmonding. Over het algemeen zijn deze relatief klein (enkele cm/s) maar er zijn in de geulen duidelijk dominante stroomrichtingen. Dat geeft een indruk van de resulterende transportrichtingen van zwevend (fijn) sediment. De netto stroming in het Slikgat is zuidoostwaarts gericht, richting de Haringvlietluizen, terwijl voorlangs de kust van Voorne (voormalig Rak van Scheelhoek) de stroming zeewaarts gericht is. Dit laatste is ook het geval in de kortsluitgeultjes ten noorden van de Hinderplaat. Netto is er in de Haringvlietmonding een stroming tegen de wijzers van de klok in.

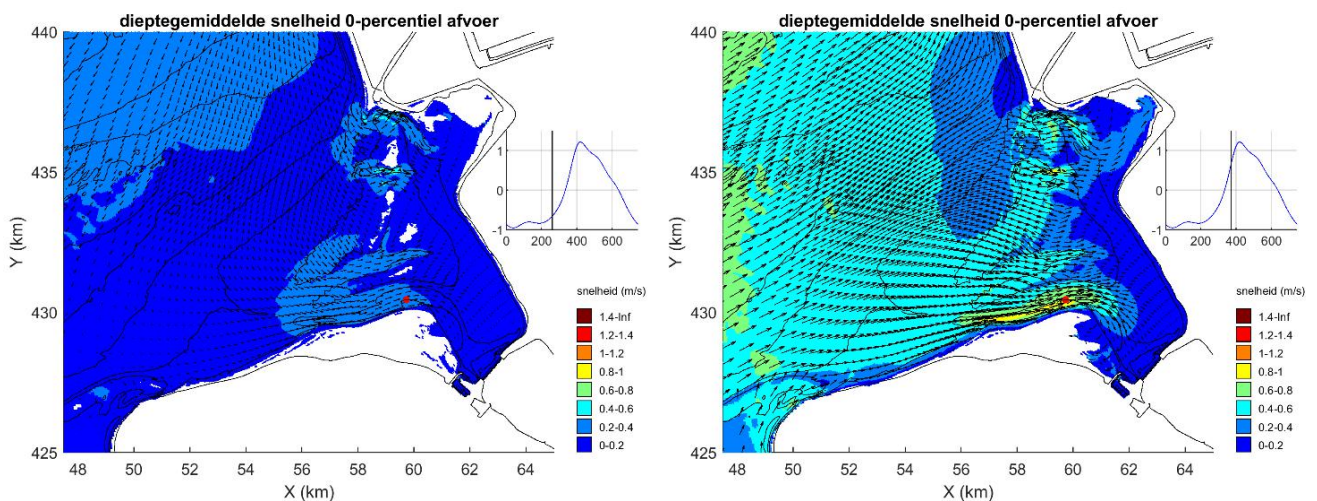
De sterke noordwaarts gerichte vloed-dominantie over de Bollen van de Ooster heen, nabij de westkop van Goeree valt ook op. Hier wordt in hoofdstuk 3 nader op teruggekeken.



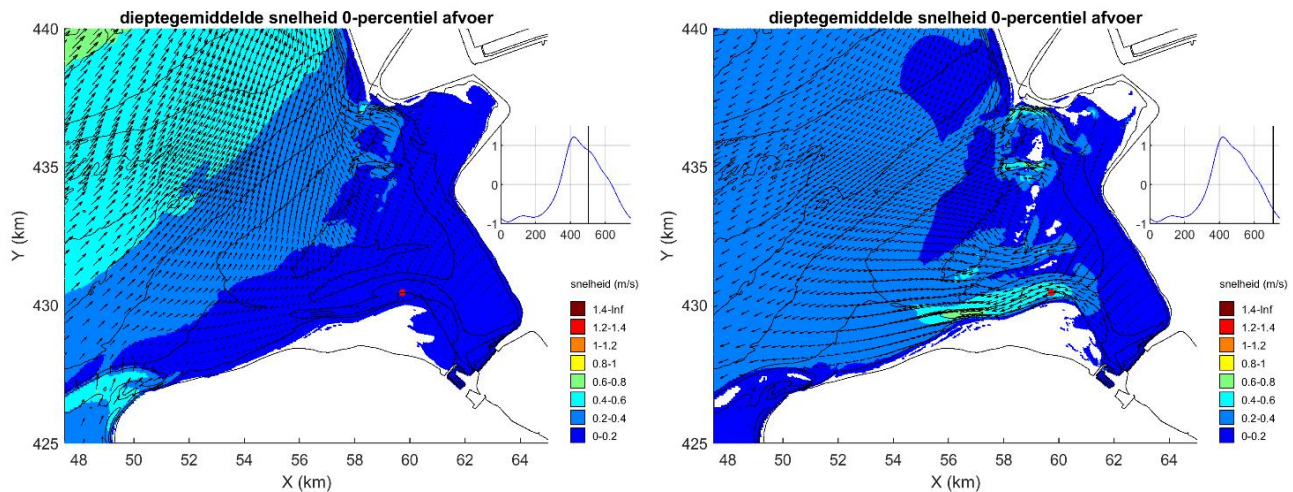
Figuur 14: Getijgemiddelde dieptegemiddelde snelheden - 2018

Invloed van verdwijnen Bokkegat

Op vergelijkbare wijze zijn in Figuur 15 en Figuur 16 de stroompatronen tijdens twee momenten bij vloed en twee momenten bij eb weergegeven voor de kunstmatig aangepaste 2003-bodem.



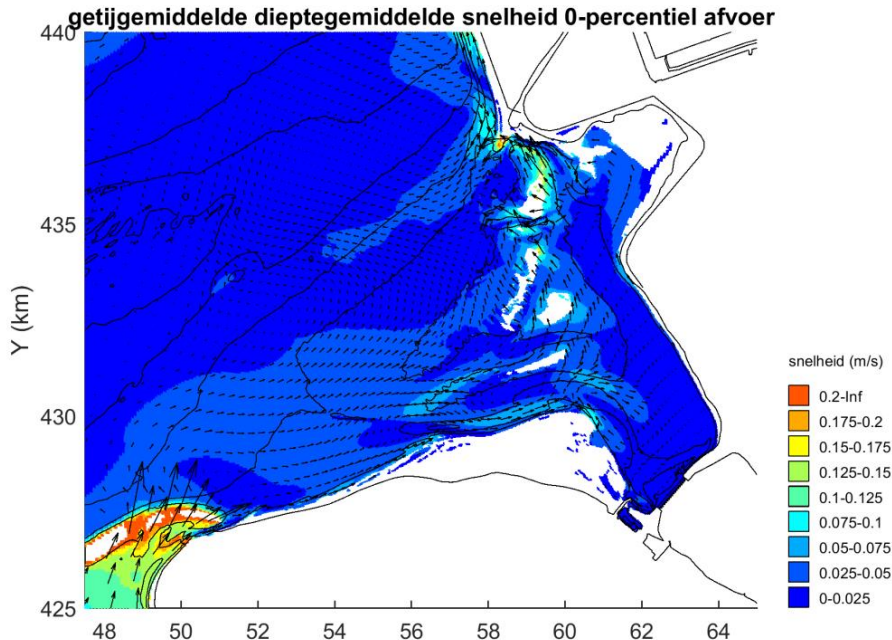
Figuur 15: Stroombeeld aan het begin van de vloedperiode (links) en aan het eind (rechts) - 2003



Figuur 16: Stroombeeld aan het begin van de ebperiode (links) en aan het eind (rechts) voor 2003

Ten opzichte van de eerdere resultaten met de 2018-bodem valt de belangrijke rol van het Bokkegat op bij het vullen en ledigen van de Haringvlietmonding. Waar het voormalig Rak van Scheelhoek in 2018 mede zorgt voor het vullen en ledigen van het gebied oostelijk van de Hinderplaat via de route door het Slijkgat en langs de Haringvlietsluizen, wordt dit gebied in 2003 hoofdzakelijk gevoed via het Bokkegat. Ook de minder hoge Hinderplaat in de 2003 modelbodem, zorgt ervoor dat het water over een breder gebied kan in- en uitstromen en minder gedwongen wordt om via de geulen te stromen. Het verdwijnen van het Bokkegat heeft dus een grote invloed gehad op de manier waarop de getijstrooming in het gebied plaatsvindt.

In Figuur 17 is het netto stroomveld weergegeven met de bodemligging van 2003.



Figuur 17: Getijgemiddelde dieptegemiddelde snelheden voor de kunstmatige 2003-bodem

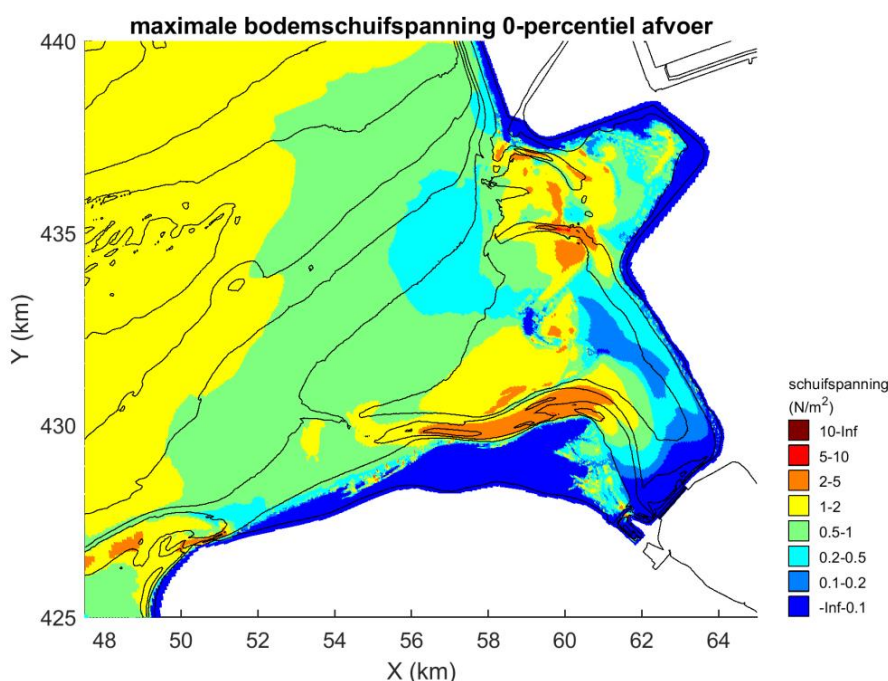
Een vergelijking met het reststroombeeld van 2018 geeft het volgende beeld:

- Het Slijkgat, in 2003 breder en lokaal nog minder diep, heeft een oostwaarts gerichte reststroom (net als in 2018);
- Het Bokkegat, in 2018 niet langer aanwezig, zorgt in 2003 eveneens voor een netto aanvoer van water (en fijn sediment) de Haringvlietmonding in;

- Het voormalige Rak van Scheelhoek, in 2003 bijna 2 keer zo breed als in 2018, laat in 2003 nauwelijks een netto stroming zien. Waar in 2018 deze geul helpt om het gebied ten oosten van de Hinderplaat te vullen, wordt in 2003 deze functie ingevuld door het Bokkegat. Daarnaast was de invloed van de Hinderplaat op het stroombeeld in 2003 kleiner vanwege zijn kleinere oppervlakte en hoogte;
- De stroming in de kortsluitgeultjes in het noordelijke gedeelte van de monding laat een vergelijkbaar zeewaartse netto stroomrichting zien.

Berekende bodemschuifspanning

Als water over een bodem stroomt, dan wordt er energie overgedragen van de stroming op de bodem. De mate waarin kan inzichtelijk worden gemaakt met de bodemschuifspanning. Als deze groot is, zal de energieoverdracht leiden tot uitschuring van de bodem: sedimentdeeltjes komen dan in de waterkolom terecht en worden verplaatst. Als de bodemschuifspanning laag is, kunnen zwevende sedimentdeeltjes uitzakken en op de bodem blijven liggen. Figuur 18 toont de berekende maximale bodemschuifspanning die per rekenpunt gedurende het getij optreedt.



Figuur 18: Maximale bodemschuifspanning over de getijdecyclus (geen rivierafvoer)

Gebieden met grote bodemschuifspanningen zijn een indicatie dat daar veel erosie plaatsvindt, terwijl lagere bodemschuifspanningen gebieden aangeven met voornamelijk depositie. Hoe lang een bepaalde maximale (en minimale) bodemschuifspanning achtereen optreedt is ook van belang. Het getoonde voorbeeld laat zien dat de berekende maximale bodemschuifspanning in bijvoorbeeld het Rak van Scheelhoek redelijk hoge waarden heeft (0,1 – 0,5 N/m²). Desondanks is de bodem van deze geul slibbig. De verklaring daarvoor is dat de getoonde maximaal optredende bodemschuifspanningen maar zeer kort optreden gedurende het getij (maximaal half uur), waardoor sediment daar alsnog redelijk veel tijd heeft om ook weer uit te zakken.

Uit de berekeningen blijkt dat vooral in de geulen hoge bodemschuifspanningen optreden, terwijl meer richting de Haringvlietssluis de bodemschuifspanningen lager zijn. De hier getoonde resultaten gelden voor alleen getij, dus geen rivierafvoer. Zodra er water wordt gespuid nemen de bodemschuifspanningen bij het sluisencomplex toe waardoor lokaal afgezet slib weer zal worden opgewoeld en afgevoerd.

In de literatuur worden kritische waarden gehanteerd van 0,2 N/m² voor erosie en 0,1 N/m² voor depositie van slibdeeltjes. Vooral de daadwerkelijke kritische waarde voor het uitschuren van een slibbige waterbodem is sterk afhankelijk van de samenstelling en compactheid van het bodemsediment, waarvan hier niets bekend is. Stevig samengepakt sediment zal een hogere bodemschuifspanning kunnen weerstaan dan sediment wat minder is samengepakt. Ook speelt de variatie over de tijd, en de duur daarvan, van alle mogelijk optredende hydrodynamische

omstandigheden een grote rol bij de vraag of er slib of zand op de bodem kan blijven liggen. Om daar meer over te kunnen zeggen is veel onderzoek nodig, waarbij ook intensief zal moeten worden gemeten.

Ook het voormalig Rak van Scheelhoek vertonen redelijk hoge waarden, maar deze treden maar zeer kort op gedurende het getij (maximaal half uur), zodat het sediment daar redelijk veel tijd heeft om ook weer uit te zakken.

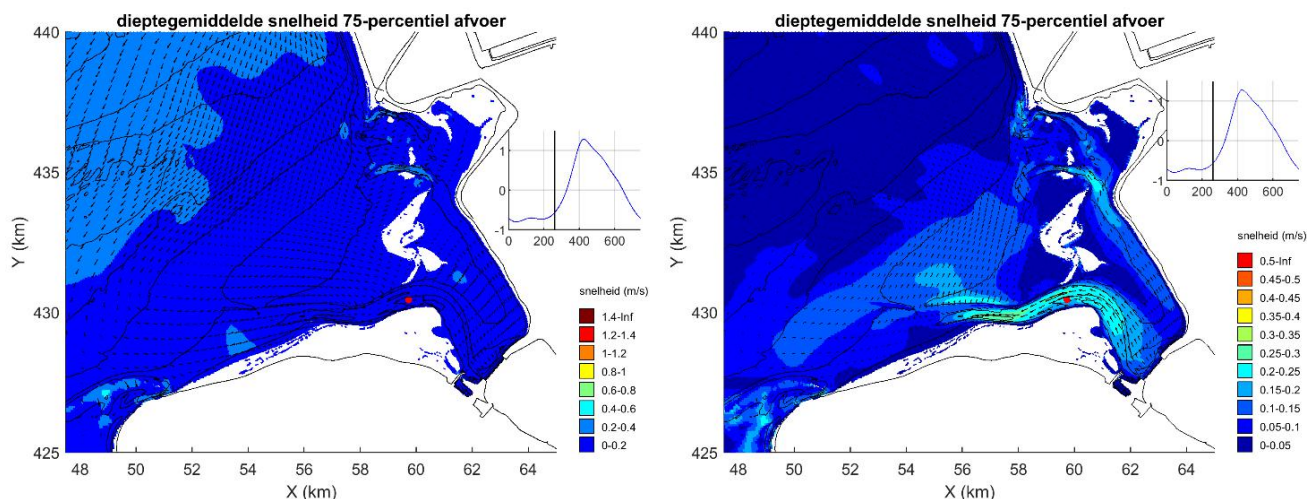
Rivierafvoer

In paragraaf 2.4.2 is gekeken naar een situatie zonder Haringvlietafvoer. Dagen met een daggemiddelde afvoer onder 10 m³/s komen gemiddeld 25 keer per jaar voor. In ongeveer een kwart van de jaren komt dit nooit voor, maar er zijn ook droge jaren geweest dat dit tussen de 80 en 90 dagen per jaar is voorgekomen (2003 en 2011).

Om te kijken naar het effect van de Haringvlietafvoer op de stroming in de monding, worden in deze paragraaf de resultaten gepresenteerd van een modelberekening met een 75-percentiel daggemiddelde Haringvlietafvoer van 650 m³/s. Deze waarde wordt 25% van de dagen, dus ongeveer 3 maanden per jaar, overschreden. Deze afvoer is in de modelberekening als spuidebiet voorgeschreven rond laag water, zolang de waterstand buiten onder de NAP +0,4 m blijft. Dit is de langjarig gemiddelde waterstand van het Haringvliet. Berekeningen zijn ook gemaakt voor 50% en 99% percentiel afvoeren maar deze worden hier niet gepresenteerd. Waar relevant in de morfologische beschouwing wordt er gebruik gemaakt van de modelresultaten.

Rond laag water wordt de stroming in de monding, met de klok mee, versterkt door het zoete spuidebiet uit het Haringvliet. Deze versterkt de stroming door het Slikgat, terwijl de stroming door het voormalige Rak van Scheelhoek juist iets afneemt.

In Figuur 19 is het stroombeeld aan het begin van de vloedperiode weergegeven (links) en tevens het netto stroombeeld als gevolg van het spuidebiet. Dit laatste is berekend door het verschil te berekenen in de stroming zonder en met spuidebiet. De effecten die in dit figuur zijn te herkennen zijn zowel ten gevolge van het spuidebiet zelf en een dichtheidsgedreven stroming die wordt aangedreven door het verschil in saliniteit ter plaatse van de Haringvlietsluizen (zoet) en op zee (zout). Let op de aangepaste kleurschaal in de figuur rechts, omdat die stroomsnelheden in het algemeen veel kleiner zijn dan de getijstroomsnelheden.



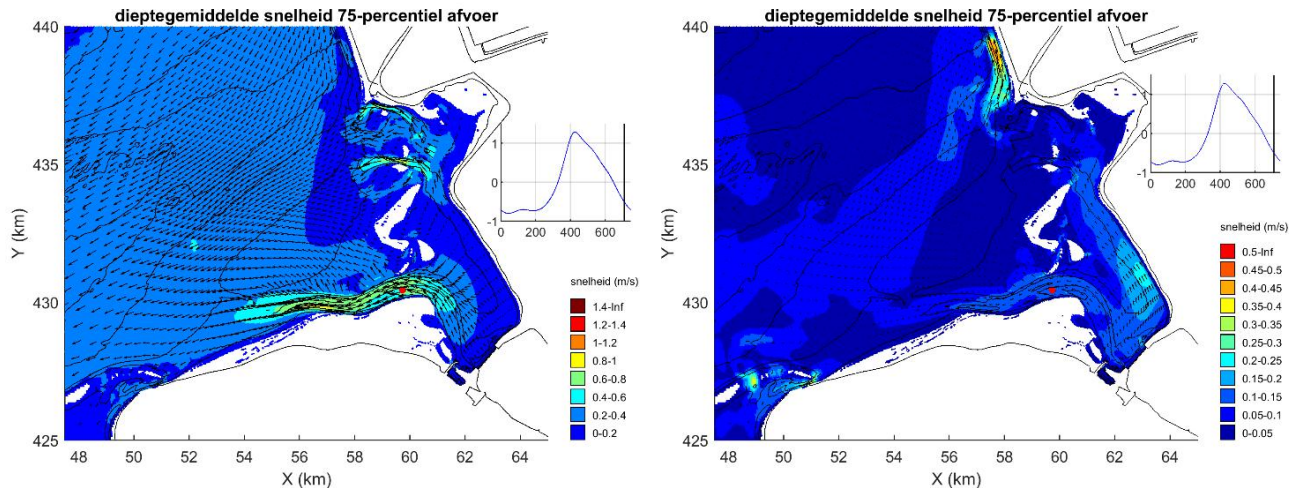
Figuur 19: Stroombeeld aan het begin van de vloedperiode (links) en netto effect spuidebiet (rechts)

De (vloed-)stroomsnelheden in het Slikgat nemen af omdat de vloedstroom op dit moment in de getijcyclus wordt 'weggedrukt' door het spuidebiet vanuit de Haringvlietsluizen. Anders dan in de situatie zonder spuidebiet, vult de monding bij opkomend tij niet alleen met water vanaf zee, maar nu ook vanuit het Haringvliet. De zeewaartse stroming in het voormalige Rak van Scheelhoek wordt op dit moment van het getij juist versterkt. Dit effect houdt volgens de berekeningen aan totdat de Haringvlietsluizen weer sluiten.

In de oostelijke Haringvlietmond laat het model geen sterke gelaagdheid zien: het zoutgehalte is ongeveer gelijk boven en onder in de waterkolom (goede menging). Dit komt vooral doordat het zoete water in de berekeningen waarbij meerdere getijden achter elkaar zijn doorgerekend, blijft 'hangen' nabij de Haringvlietsluizen, waardoor in het geval dat er gespuid wordt, het zoete water uit het Haringvliet mengt met het al zoete water aan de zeezijde. Vanaf dat moment,

totdat de Haringvlietsluizen weer openen bij dalend tij, komt de stroming overeen met de situatie met permanent gesloten sluizen.

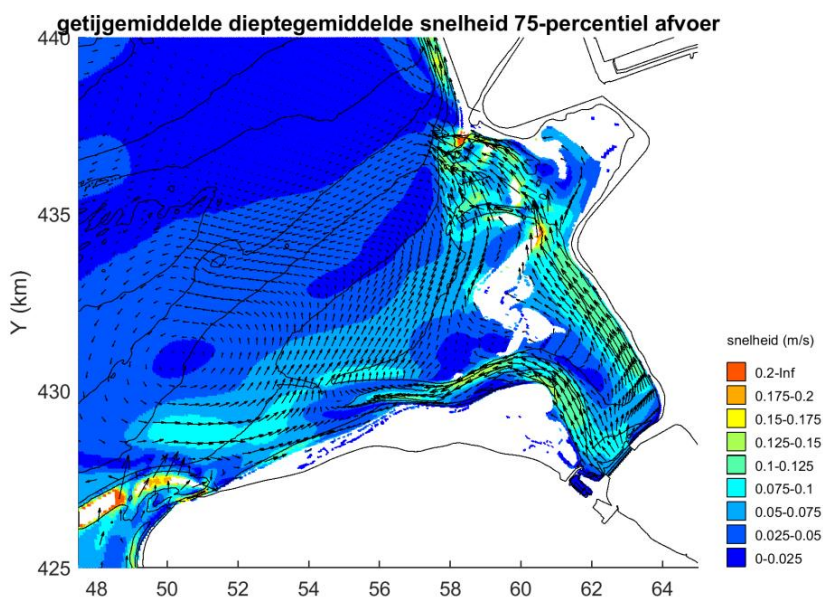
In Figuur 20 is het stroombeeld en het netto-effect als gevolg van spuien weergegeven aan het eind van de ebperiode.



Figuur 20: Stroombeeld aan het begin van de ebperiode (links) en netto-effect spuidebiet (rechts)

Ten opzichte van de situatie zonder spuidebiet nemen de zeewaartse stroomsnelheden in het Slikgat toe. Ook de oorspronkelijk richting de Haringvlietsluizen gerichte stroming in het voormalige Rak van Scheelhoek wordt door het spuidebiet tegengehouden, wat resulteert in zeewaarts gerichte stroming langs de kust van Voorne. Hoewel de netto stroomsnelheden hier groter zijn, stroomt het grootste deel van het spuidebiet via het Slikgat naar zee.

Illustratief is hierbij om ook om te kijken naar het getijvolume van de Haringvlietmond (dat is het watervolume van het gebied tussen laag en hoog water). Dit bedraagt ongeveer 100 miljoen m³. In het geval van de 50-percentiel afvoer is het spuivolume ongeveer 7% van dit totaal. Bij een 75-percentiel afvoer neemt dit toe tot ongeveer 30%, terwijl bij een 99-percentiel afvoer dit zelfs meer dan 1,5 keer zo groot is. Dit geeft aan dat in het geval van een hoog spuidebiet de invloed van de rivierafvoer (veel) dominanter wordt dan de getijstroming. Tenslotte toont Figuur 21 het getijgemiddelde stroombeeld voor de 75% percentiel rivierafvoer (dus rivierafvoer plus getij). Het bovenbeschreven beeld is hier duidelijk in te herkennen.



Figuur 21: Getijgemiddelde dieptegemiddelde snelheden

Een andere manier om naar het netto-effect van de uitstroom van rivierwater te kijken is door de netto debieten door een aantal raaien en deelraaien te beschouwen. Figuur 22 toont waar het rivierwater naar toe stroomt bij drie verschillende spui volumes (50, 75 en 99 percentielen). De getallen tonen het verschil van de berekende netto volumes voor een aantal dwarsraaien ten opzichte van de situatie waarin niet gespuid wordt. Een negatieve waarde geeft aan dat er door die raai puur als gevolg van het spuien (dus exclusief getijstroom) het debiet netto zeewaarts is gericht, terwijl een positieve waarde een oostwaartse richting impliceert.



Zoals eerder opgemerkt, laat het getijgemiddeld stroombeeld zonder afvoer een stroming tegen de wijzers van de klok in zien. Bij een terugkeerperiode van 50 procentiel is het spuidebiet onvoldoende om dit significant te beïnvloeden en stroomt het water mee langs het Voormalig Rak van Scheelhoek. Bij hoge spuidebieten kan er als het ware gewoon niet meer water door het voormalig Rak van Scheelhoek en over de omliggende ondiepe gebieden wegstromen. Dan is de uitweg van gespuid rivierwater via het diepere Slijkgat energetisch gezien eenvoudiger, ondanks dat de uitstroomrichting van het Slijkgat minder goed gericht is op het grootschalige getijverhangsysteem op zee (de eerdergenoemde getijordening). Kennelijk is de hoge rivierafvoer niet in staat om de 'noordelijke route' langs de kust van Voorne bij wijze van spreken 'open' te houden. Dit is een belangrijke constatering voor de morfologische toekomstvoorspelling in hoofdstuk 4.

In de computermodellen van het getij is wind niet meegenomen (in de berekeningen voor de golfvoortplanting wel). Wind zorgt langs de kust voor windopzet en als die ruimtelijk varieert kunnen er verhangen in de waterstand ontstaan die weer een stroming kunnen veroorzaken. In een complex gebied als de Haringvlietmonding zal zich dit ook wel kunnen voordoen tijdens stormen, maar omdat dit incidentele en tijdelijke verschijnselen zijn, hebben ze op de morfologische trends naar alle waarschijnlijkheid weinig invloed. Naast stroming door ruimtelijk variabele windopzet kan wind een

stroming veroorzaken als gevolg van de schuifspanning die de bewegende lucht uitoefent op het wateroppervlak. Stroomsnelheden aan de oppervlakte kunnen daarbij oplopen tot 1 à 3 % van de windsnelheid, dus pas bij zware storm ontstaan hierdoor stroomsnelheden van enkele decimeters per seconde.

Een heel zeldzaam verschijnsel is de meteo-tsunami. Op 29 mei 2017 vond dit fenomeen plaats langs de Nederlandse kust. Waar de standaard tsunami's meestal het gevolg zijn van plotselinge bewegingen van een aardplaat (aardbevingen) worden de meteo-tsunami's veroorzaakt door een plotselinge drukverandering in de atmosfeer. In dit geval waren deze het gevolg van een buienlijn die zich langs de kust voortbewoog van Zeeland naar Noord-Holland en even voor 6 uur Hoek van Holland passeerde. Deze zorgde met name in Rockanje voor schade. Aangezien dit fenomeen erg zeldzaam is, is het niet relevant om in deze studie te beschouwen.

Daarnaast heeft ook menselijk handelen invloed op de stroming. Men kan dan denken aan scheepvaart van en naar de haven van Stellendam. Varende schepen veroorzaken hek- en boeggolven en ook de scheepsschroeven zorgen lokaal voor een stroming. Omdat deze waterbewegingen altijd tijdelijk en zeer lokaal van karakter zijn heeft dit geen invloed op de grootschalige morfologie van het gebied. Alleen heel lokaal kunnen waterverplaatsingen door varende schepen invloed hebben op bijvoorbeeld oeverafkalving of geulwandinstabiliteit.

2.5 Analyse van bodemliggingsgegevens

In deze paragraaf wordt specifiek gekeken naar de morfologische veranderingen die zijn waargenomen in de periode vanaf 2003 (zijnde het eerste jaar na 2000 waarvoor dieptegegevens in het hele studiegebied beschikbaar zijn). Het is voor het maken van voorspellingen immers minder relevant om de verschillende processen te analyseren van de voorafgaande periode waarin het systeem zich in een verstoorde fase bevond (fase 2 in Figuur 2).

Er zijn een aantal technieken om naar bodemliggingsgegevens te kijken:

- Sedimentatie/erosie kaarten van het gebied. Dit zijn verschilkaarten in de bodemligging van twee vaklodingen. Het laat zien waar gebieden dieper zijn geworden (erosie) en waar ondieper (sedimentatie). Patronen die daarin te herkennen zijn, laten iets zien over de verandering in de lay-out van bepaalde morfologische elementen. – paragraaf 2.5.1
- Uit sedimentatie-erosiekaarten kan worden afgeleid hoeveel sediment er in een specifiek gebied is bijgekomen of weggegaan (kuberingen). Soms zegt dit ook iets over waar het sediment vandaan komt of naartoe is verplaatst. – paragraaf 2.5.1
- Voor de verschillende vaklodingen (2003 – 2018) zijn overlays gemaakt van de dwarsdoorsneden. Dit leert iets over de vervorming van platen en geulen en de snelheid waarmee dit ruimtelijk gebeurt. – paragraaf 2.5.2
- Hypsometrische curves zijn figuren die laten zien hoeveel oppervlakte van een specifiek gebied onder een bepaalde diepte (of hoogte) ligt. Door deze curves van verschillende jaren in 1 figuur te tekenen, ontstaat een beeld hoeveel hectaren van een bepaalde dieptezone in een bepaalde periode zijn bijgekomen of verdwenen. Dit is vooral relevant voor habitattypering. – paragraaf 2.5.3
- Het berekenen van de oppervlakte onder laag water van geuldoorsneden. Omdat er een lineair verband bestaat tussen het getijvolume door de geul en het oppervlak van de natte doorsnede, vertelt dit iets over de stabiliteit van een geul. – paragraaf 2.5.4.

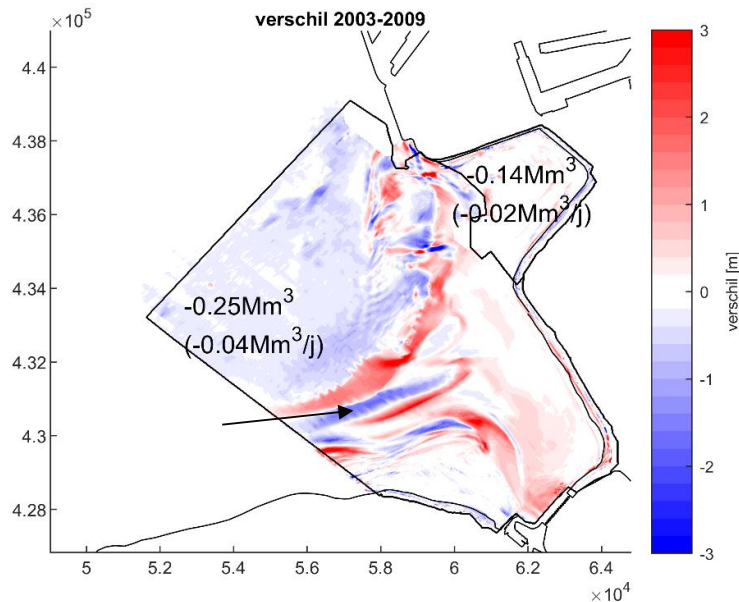
In het kader van deze morfologische studie zijn deze gegevens allemaal geproduceerd. Hieronder worden alleen die resultaten getoond die bijdragen aan het verklaren van de waargenomen morfologische veranderingen.

2.5.1 Sedimentatie/erosie

Als de dieptes van een gebied die zijn opgemeten in twee verschillende jaren van elkaar worden 'afgetrokken', dan is het resultaat een sedimentatie/erosie kaart. Figuur 23 laat een voorbeeld zien voor de periode 2003 – 2009: in roodtinten staan de gebieden die in deze periode ondieper zijn geworden (dat wil zeggen sedimentatie); in blauwtinten de gebieden die dieper zijn geworden. Hoe donkerder de kleurtint, des te groter de bodemverandering. Opgemerkt wordt dat in de figuur de zuidelijke contour van MV2 is ingetekend, maar die was in deze periode nog niet gerealiseerd. Ook ontbreekt een stuk kust langs Goeree waar de gegevens uit 2003 voor ontbreken. De getallen in de figuren verwijzen naar kuberingen, waarover hierna meer.

Wat opvalt is de verdieping van de vooroever met gemiddeld 10 cm per jaar. Dit was ook te zien voor 2003 en is te relateren aan de afsluitingswerken van de Haringvliet. Ten tweede is het vlekkerige patroon te zien ten zuiden van de Slufter. Dit heeft te maken met opschuivende kortsluitgeulen en zandbanken en is vergelijkbaar met de morfologische

dynamiek hier vòòr 2003. De langgerekte rode vlek ten noorden van het Slijkgat is lokale verondieping die te maken heeft met het oostwaarts opschuiven van de Hinder en de Hinderplaat. De 'blauwe vlek' eronder (pijl) laat zien hoe hier de voormalige getijgeul Bokkegat opschuift maar in de breedte wel steeds meer wordt 'geknepen'.

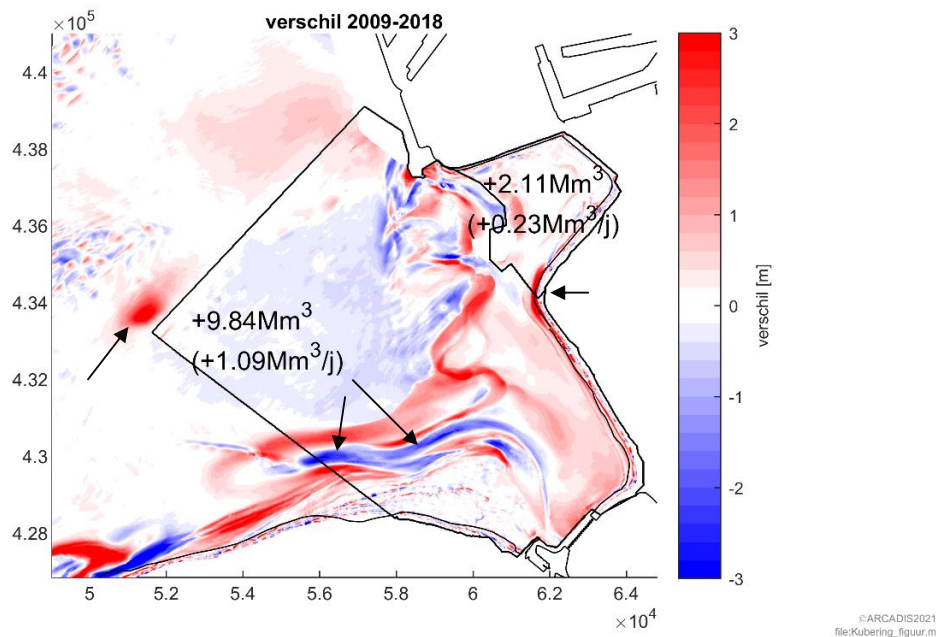


Figuur 23: Erosie-sedimentatiekaart 2003-2009 (6 jaar)

De onderstaande Figuur 24 laat de bodemveranderingen zien voor de periode 2009-2018. De kleuren zijn iets feller, wat een grotere bodemaanpassing suggereert, maar het betreft hier een verschilperiode van 9 jaar in plaats van 6 jaar. Wat verder opvalt is dat de hoofdpatronen vrijwel hetzelfde zijn gebleven. Dat wil zeggen: doorgaande verdieping van de vooroever, een verder oostwaarts opschuiven van Hinderplaat en een kleinschaliger mozaïek van bodemveranderingen direct ten zuiden van de Slufter/MV2 kust. Opgemerkt wordt dat de 'rode vlek' bij het pijltje de stortlocatie aangeeft voor de baggerspecie uit het Slijkgat. De bodem op deze stortlocatie is 2-3 m ondieper geworden en er lijkt sprake van geringe verplaatsing van het gestorte sediment in noordwaartse richting (als gevolg van de aanwezige getijstromingen).

Er zijn ook duidelijke verschillen in de patronen tussen beide periodes. Het Slijkgat is in de periode 2009-2018 dieper (pijl in Figuur 24). Dit komt vermoedelijk enerzijds door het aanhouden van een grotere baggerdiepte en anderzijds door natuurlijke processen in en rondom de geul. Ten aanzien van dit laatste: de kust van Goeree is breder geworden, dat wil zeggen zeewaarts opgeschoven richting de geul. Daardoor is de geul als het ware ook noordwaarts 'geduwd'. Aan de noordzijde van het Slijkgat schuiven ondieptes en platen naar het zuiden, waardoor de geul ingeklemd is komen te liggen tussen zandaanvoer van beide kanten. Bij een kleinere beschikbare breedte wordt een geul dan vaak iets dieper wat te zien is in de figuur.

Wat verder opvalt in Figuur 24 is de sterke "sedimentatie" op de Groene Punt (aangegeven met pijltje in de figuur). Dit is het gevolg van de in 2009-2010 aangebracht duin- en strandsuppletie van respectievelijk 2,4 en 0,58 miljoen m³ (zwakke schakel Groene Punt).



Figuur 24: Erosie-sedimentatiekaart 2009-2018 (9 jaar)

Een analyse van de sedimentatie-erosiepatronen geeft geen inzicht in hoeveel sediment met die veranderingen gemoeid is. Daarvoor is het nodig om inhoudsberekeningen te maken van de bodemveranderingen: kuberingen. De getallen die in de voorgaande figuren staan geven de netto veranderingen van de sedimentinhoud over het betreffende tijdvak. De getallen horen bij de omkaderde kuberingsvakken. Deze vakken zijn precies dezelfde voor de verschillende meetjaren. Het bovenste cijfer geeft de netto verandering van het sedimentvolume over de hele periode (in miljoen m³; + bij sedimentatie, - bij erosie); het onderste cijfer geeft de gemiddelde waarde per jaar. Hier wordt alleen ingegaan op de cijfers van het grote kuberingsvak: het kleinere vak wordt in paragraaf 3.2.2 nader toegelicht.

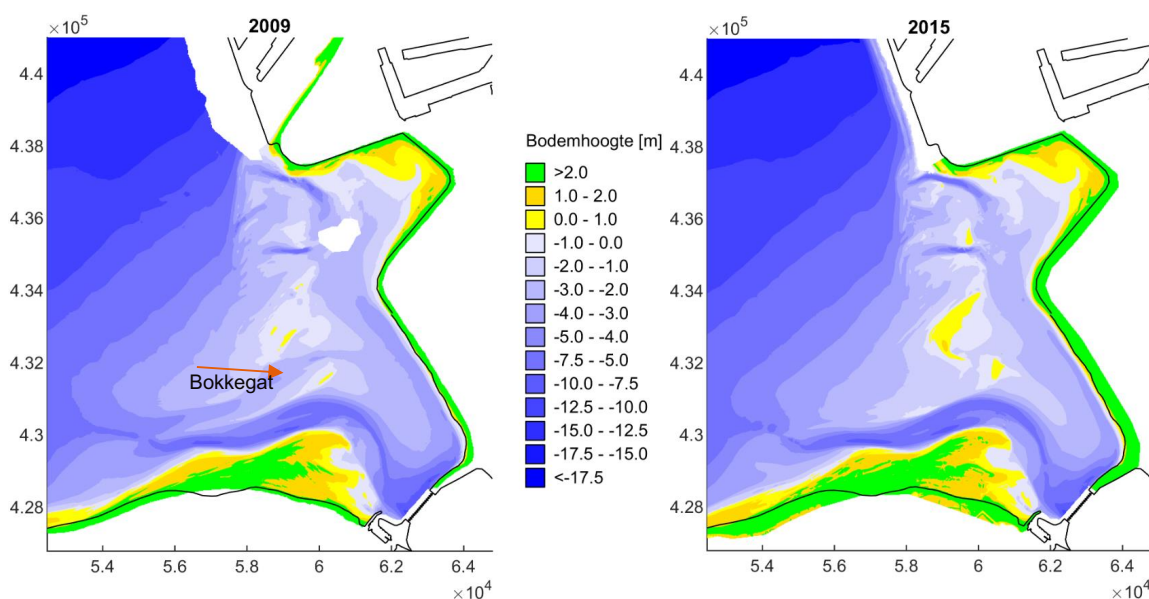
In de periode 2003-2009 is sprake van een interne herverdeling van sediment van de vooroever naar de kust. Dit is nog steeds een reactie op de afsluiting van het Haringvliet (Elias e.a., 2019, bijlage A). In de periode na 2009 komt er netto sediment bij (namelijk 9,84 miljoen m³, of 1,09 miljoen m³ per jaar gemiddeld). Een deel van deze toename komt door de ongeveer 3 miljoen m³ zandsuppletie uit 2009-2010 rond de Groene Punt (verspreid over het tijdvak van 9 jaar is dat 0,3 miljoen m³/j – locatie aangeduid met pijltje in Figuur 24). De resterende (afgerond) 7 miljoen m³ (0,8 miljoen m³/j) heeft een andere bron. De strandsuppleties die zijn uitgevoerd langs de kust van Goeree (Tabel 2) hebben net als de aanlanding van zandbanken vanaf de vooroever van de Grevelingenmonding (Bollen van de Ooster) aan de uitbouw van de kust van Goeree bijgedragen. Hierover is zeer recent gerapporteerd in een studie van Deltares (Elias, mei 2021, concept) waaruit blijkt dat deze sedimentbron gemiddeld over meerdere jaren (afgerond) 0,2 miljoen m³/j bedraagt. Dit staat min of meer los van de uitgevoerde suppleties op de westkop van Goeree. Immers: als die suppleties niet waren uitgevoerd, dan zou het zand zijn 'geleverd' door de kust wat dan zou hebben geresulteerd in kustlijnachteruitgang.

Het uitgevoerde baggerwerk in het Slijkgat resulteert in een afname van het sedimentvolume omdat het gebaggerde sediment is verplaatst naar buiten het kuberingsvak. Het gebaggerde volume bedroeg in de periode 2003-2009 gemiddeld 0,3 miljoen m³/j en daarna ongeveer 0,5 miljoen m³/j: een toename van 0,2 miljoen m³/j. Zonder deze bijdrage zou de netto sedimentatie in het kuberingsvak dus 0,2 miljoen m³/j meer zijn geweest.

Samenvattend: in tegenstelling tot de periode vòòr 2009 is er in de periode daarna sprake geweest van een natuurlijke sedimentatie van ongeveer 1 miljoen m³/j (namelijk 1,1 (resultierend) – 0,3 (kunstmatige suppleties Voorne) + 0,2 (baggerwerk Slijkgat)).

De invloed van de aanleg van MV2

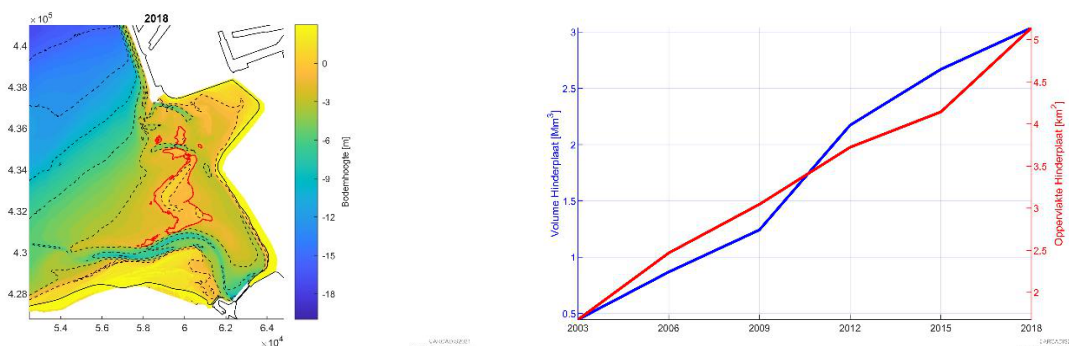
De vraag rijst of de sterk toegenomen sedimentatie na 2009 te maken heeft met de aanleg van MV2 in 2009/2010. Rond die tijd verdween de voormalige getijgeul "het Bokkegat". Dit proces is goed te zien in onderstaande figuur met de bodem uit 2009 links en de bodem in 2015 rechts. Het verdwijnen van het Bokkegat, restant van de grote getijgeul uit de tijd van voor de afsluiting van het Haringvliet, werd al voorspeld in o.a. Steijn 2000. Het betreft weliswaar een geleidelijk proces van vele jaren, maar na ongeveer 2012 werd de versmelting van Hinderplaat met de zuidelijker gelegen Garnalenplaat een feit, zoals in de bodem van 2015 hieronder goed is te zien. Deze samenvoeging van platen tot het huidige Hinderplaat-complex heeft zijn weerslag gehad op het stroombeeld (paragraaf 2.4.2) en het golfklimaat ten oosten van de Hinderplaat. De getij-gemiddelde stroomsnelheden nemen in het gebied voor de kust van Voorne af waardoor fijn sediment makkelijker kan bezinken. De geconstateerde toename van de sedimentatie na 2009 is dus niet per se het gevolg van de aanleg van MV2, maar het gevolg van morfologische aanpassingen die in gang zijn gezet na de afsluiting van het Haringvliet. Dit is ook de conclusie in Van der Spek en Elias (2019) waarin wordt gesteld dat de grootschalige veranderingen nog steeds primair het gevolg zijn van de aanpassing aan de afsluitingen en niet door MV2. De landaanwinning heeft nu vooral een lokaal effect op de precieze wijze hoe zand vanaf de MV2 zuidkust naar binnen wordt verplaatst ter hoogte van de zuidpunt van de Slufter (Figuur 37).



Figuur 25: Bodemligging 2009 (links) en 2015 (rechts)

Er zijn ook kuberingen gemaakt voor specifieke deelgebieden, zoals van alle platen die boven NAP -1 m uitsteken (Figuur 26). Links in onderstaande figuur geeft de rode contour aan welke plaatgebieden dat waren in 2018: het betreft voornamelijk de Hinderplaat. Voor alle jaartallen zijn apart de NAP -1 m dieptecontouren bepaald (dus geen vaste omlijning).

In de rechterfiguur is te zien dat het volume sediment boven NAP-1 m in 2003 nog 0,5 miljoen m³ bedroeg en dat in 2018 ongeveer 3 miljoen m³ was: een toename van 2,5 miljoen m³ in 15 jaar tijd (ongeveer 170,000 m³/j). De totale plaatoppervlakte boven NAP -1 m nam in diezelfde periode toe van 1,8 km², naar 5,1 km². Dit betekent dat de

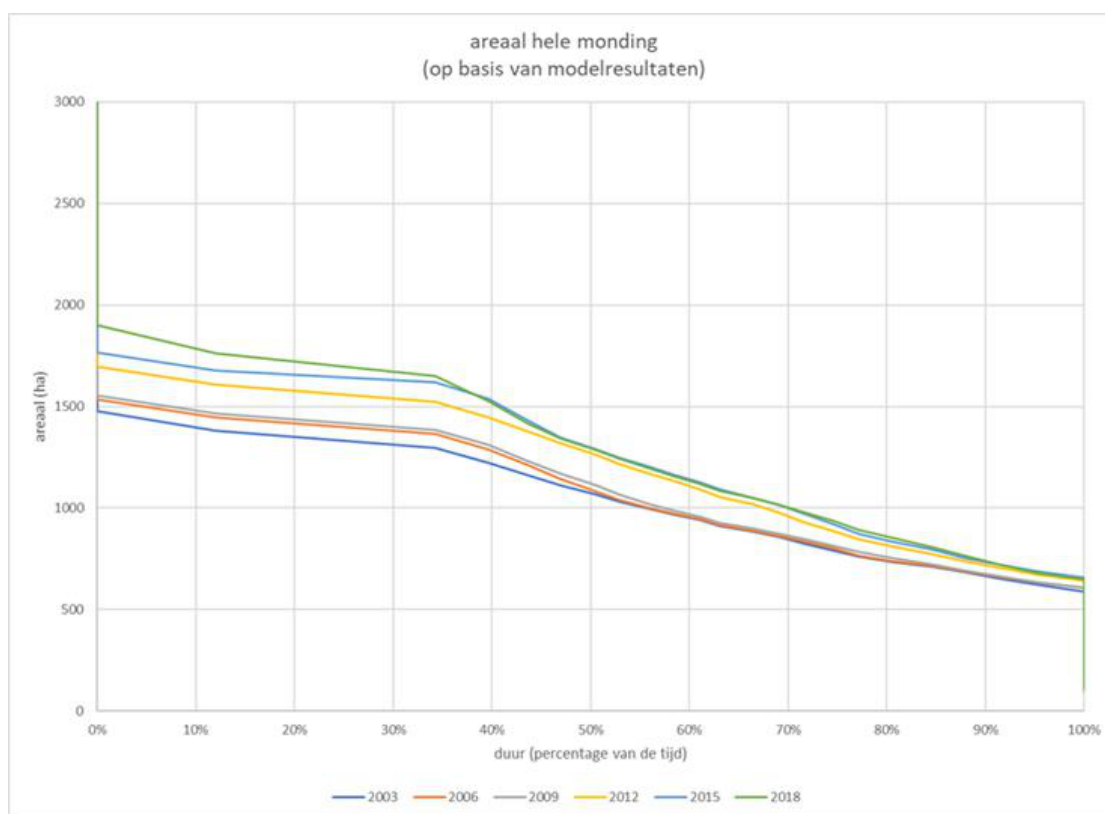


Figuur 26: Veranderingen inhoud en oppervlakte Hinderplaat 2003-2018

gemiddelde “dikte” van het Hinderplaat-complex in 2003 nog 28 cm bedroeg en dat dit in 2018 ruim twee keer zoveel is geworden: 59 cm. Wat ook opvalt is dat volume en oppervlakte redelijk lineair in de tijd verlopen: er is weinig significante afvlakking of versnelling. Er is namelijk altijd een onnauwkeurigheidsmarge rondom de metingen, waardoor de ‘knikjes’ in de twee curves binnen de onnauwkeurigheidsmarge vallen.

Als gevolg van de veranderingen in de plaatmorfologie veranderen ook de zogenaamde droogvalpercentages. Dat is de relatieve tijdsduur (bijvoorbeeld in een heel jaar) dat een bepaald oppervlakte van het plaatareaal droogvalt. Dit is onder andere belangrijk voor de in het gebied veel voorkomende groep van steltlopers die voor hun foerageren mede afhankelijk zijn van de platen. De beste foerageermogelijkheden zijn er op plaatgebieden die 30% – 70% van de tijd droogvallen. In onderstaande figuur staan de berekende droogvalpercentages voor de verschillende jaren. Dit is gedaan door op ieder punt in het hele gebied (inclusief stranden) het tijdsverloop van de waterstanden uit het hydrodynamisch model te vergelijken met de hoogte van dat punt. Hetzelfde is gedaan door niet naar dat ene getij uit het model te kijken maar naar langjarige waterstandsmetingen (HA10). Dat leidde niet tot een andere conclusie.

De totale oppervlakte dat 30% - 70% droogvalt is in de periode van 2003 tot 2009 met ongeveer 100 ha toegenomen. Nog eens ongeveer 100 ha komt erbij in de periode 2009 - 2018 (totaal dan ca 700 ha). Het knikje in de curves komt overigens door het specifieke tijdsverloop van de eb in het gesimuleerde getij. Er zit namelijk enige “aggr” in het tijdsverloop rond NAP -0,7 m.



Figuur 27: Oppervlakte platen met droogvalpercentages 2003-2018

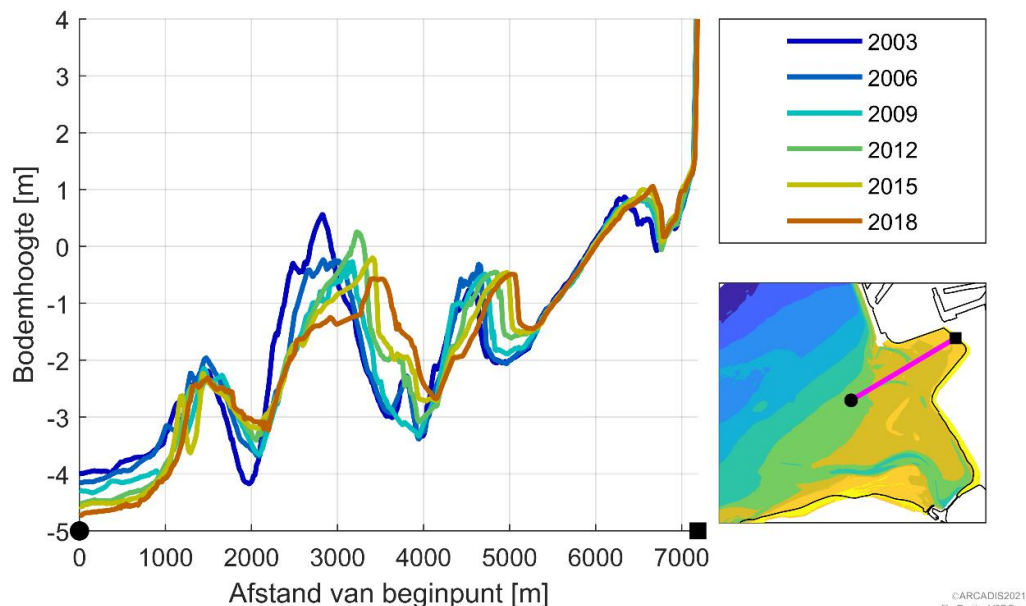
Als alleen de los van de kust liggende platen worden beschouwd dan is ook sprake van een geleidelijke toename van het totale areaal in de droogvalklasse 30-70%: namelijk van 65 ha in 2003 naar 270 ha in 2018 (gemiddeld 14 ha/j erbij).

2.5.2 Dwarsprofielen

In de voorgaande paragrafen is vooral gekeken naar volumes en oppervlakte. Voor het begrijpen wat er is gebeurd is het ook belangrijk te kijken naar vervormingen van bodemprofielen en dat kan het beste door dwarsprofielen te tekenen van de bodemligging. Dat wordt gedaan langs vaste raaien. Er zijn raaien getrokken dwars op de Brielsche Gatdam (B1 tot en met B12), dwars op de Hinderplaat (H1 t/m H12), dwars op het Slijkgat (S1 t/m S24) en dwars op de kust van de overgang MV2 naar Slufterkust (MV1 t/m MV86). Deze laatste serie was primair bedoeld om de kleinschalige morfologische veranderingen die hier plaatsvinden goed te kunnen bekijken. Van slechts enkele raaien worden hieronder de dwarsdoorsneden weergegeven en kort besproken.

Brielsche Gatdam

De dwarsprofielen voor één van de raaien staan hieronder weergegeven voor de periode 2003-2018. Duidelijk te zien zijn de verschillende banken en platen die doorsneden worden door de verschillende kortsluitgeulen. De doorgaande migratie van de bankjes richting Brielsche Gatdam (naar 'rechts') is duidelijk herkenbaar. De migratiesnelheid bedraagt gemiddeld 30 tot 50 m per jaar, afhankelijk van dwarsraai en zandplaat plaat. Deze verplaatsingssnelheid blijft gedurende de hele periode tamelijk constant.



Figuur 28: Gemeten bodemprofielen loodrecht op Brielsche Gatdam 2003 – 2018

Hinderplaat

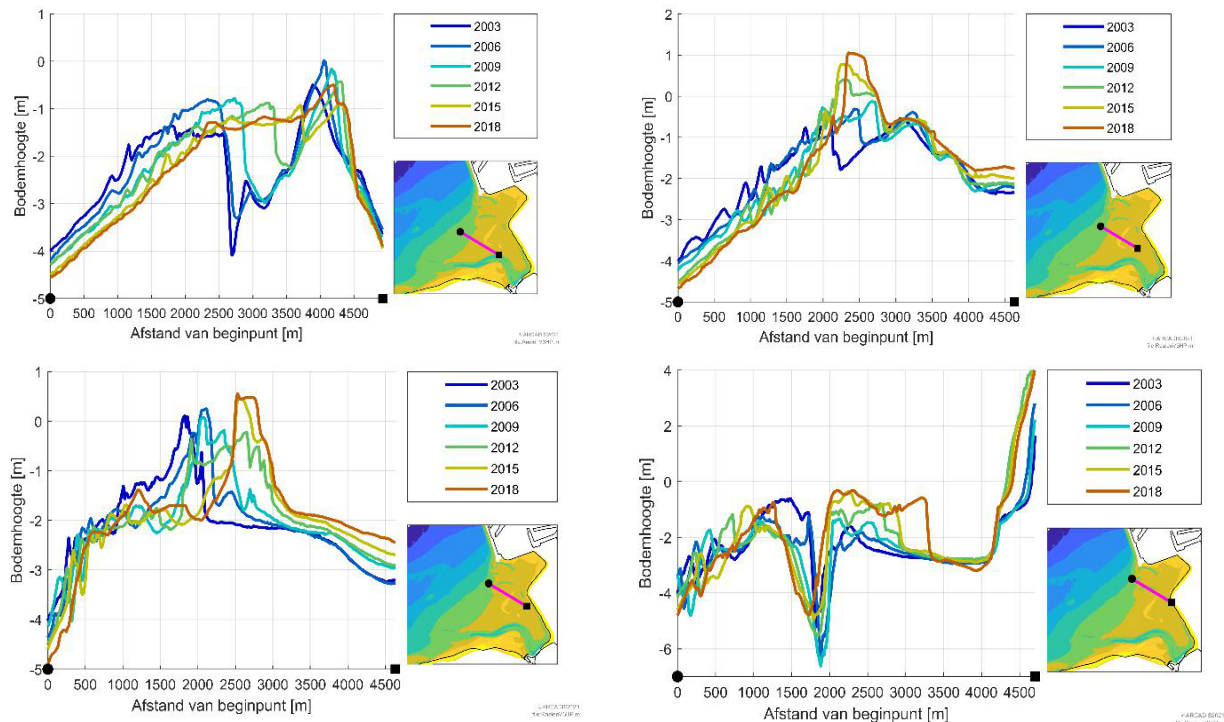
Het oostwaarts opschuiven van de Hinderplaat na de afsluiting van het Haringvliet is in vrijwel alle rapporten over de morfologie van dit gebied beschreven en verklaard. Ook de bodemgegevens van 2003 tot en met 2018 laten dit algemene beeld zien. Er zijn wel verschillen in het noordelijk en het noordelijke deel van de huidige Hinderplaat. Dat komt deels door de algehele verondieping van het gebied waarin de Hinderplaat beweegt. Hierdoor zijn verschillende platen aan elkaar gegroeid met de huidige langgerekte en gekromde vorm als resultaat.

De figuur linksboven in Figuur 29 toont de profielen over het zuidelijk deel van de Hinderplaat. In 2003 is nog duidelijk het diepere profiel te zien van het toenmalig Bokkegat: één van de restanten van het oude geulenstelsel in het gebied van vóór de afsluiting van het Haringvliet. Stapsgewijs is deze geul vanuit zee opgevuld met zand afkomstig vanaf de vooroever. Rond 2015 is de geul geheel verdwenen uit het profiel. De vooroever is in de periode 2003-2018 met ongeveer 600 m opgeschoven.

De figuur rechtsboven laat zien hoe de Hinderplaat op deze dwarsdoorsnede sinds 2009 hoger is geworden (met ongeveer 1,5 m tot net boven NAP +1m). In tegenstelling tot het grootschalige oostwaarts migreren van de Hinderplaat is daar op deze locatie geen sprake van: het hoogste punt blijft in sinds 2003 nagenoeg op dezelfde plek.

De dwarsprofielen in de figuur linksonder laten de oostwaartse verplaatsing zien van het noordelijk deel van de Hinderplaat (vanaf 2003 met gemiddeld 50 m/j) en het gestaag ondieper worden van het gebied tussen de Hinderplaat en de kust van Voorne. Dit laatste betreft het verondiepen van de overblijfselen van de voormalige getijgeul Rak van Scheelhoek. Dit proces startte direct na de afsluiting van het Haringvliet rond 1970 gaat nog steeds door (van 2003 – 2018 is de sedimentatiesnelheid 5 – 10 cm/j).

Tenslotte de figuur rechtsonder die laat zien dat de Hinderplaat sinds 2009 hier ongeveer een meter hoger is geworden en dat het richting kust is verbreed (met ongeveer 1 km sinds 2009). Deze groei van de Hinderplaat of deze dwarsdoorsneden heeft tot gevolg dat rondstroming in het gebied (zoals beschreven in paragraaf 2.4) hier minder 'ruimte' heeft gekregen. Het gevolg daarvan is dat stroomsnelheden kunnen zijn toegenomen (het water moet immers door een kleiner 'gat'). De opname van 2018 suggereert een geringe verdieping pal voor de kust. Dit het gevolg zijn van deze toenemende stroomsnelheden waardoor lokaal uitschuring kan plaatsvinden.



Figuur 29: Dwarsprofielen op vier locaties dwars op de Hinderplaat

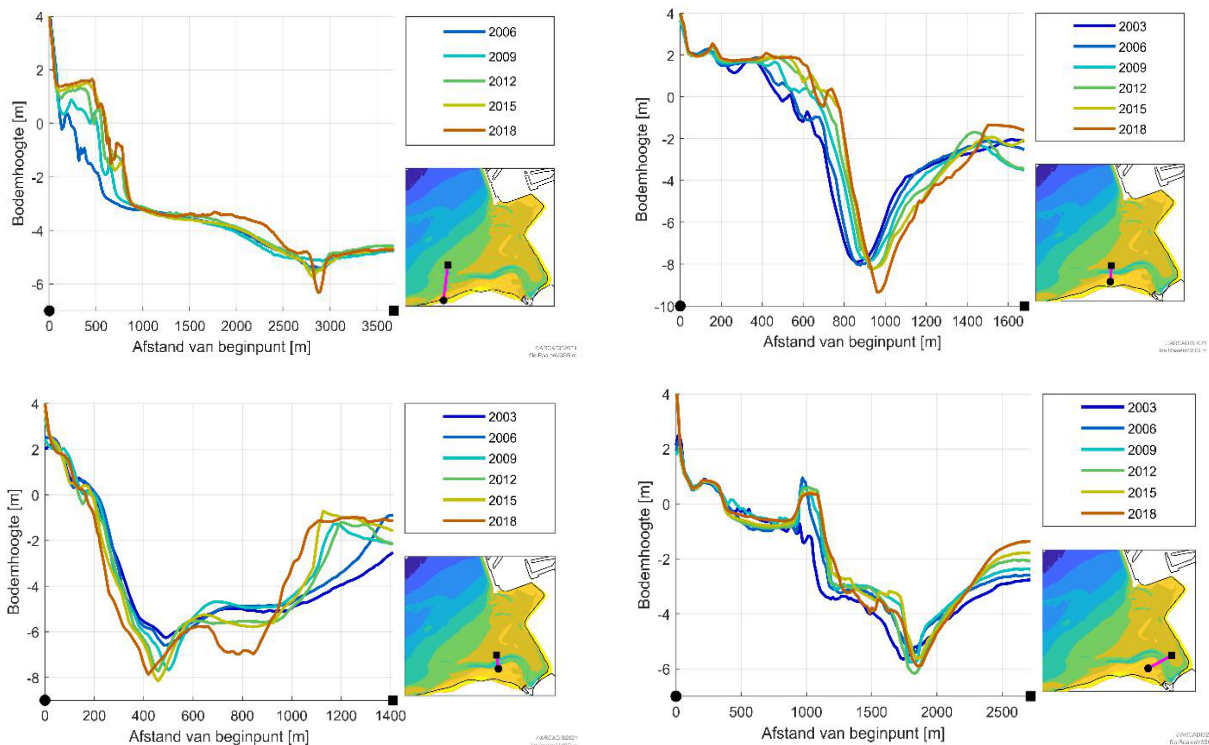
Slijkgat en kust Goeree

Figuur 30 toont de profielen voor vier raaien van zee (linksboven) tot nabij haven Stellendam (rechtsonder). De figuur linksboven laat zien hoe de kust van Goeree hier bijna 300 m breder is geworden. Tussen de duinvoet (NAP +2 m) en een diepte van ongeveer NAP -3 m is in totaal 1100 m³/m sediment bijgekomen na 2006. Hierbij wordt aangetekend dat in werkelijkheid het zandvolume in de verschillende kustdoorsneden ook afhangt van de fase waarin de zandgolven zich langs de kust verplaatsen. De 'golfsgewijze uitbouw' van de kust van Goeree had ook plaatsgevonden als er niet of minder was gesuppleerd: de aanvoer van zand was dan gerealiseerd door aanlanding van zandbanken vanaf de Bollen van de Ooster of van de kust zelf die dan in (onacceptabele) kustachteruitgang op de westkop had geresulteerd. Op bijna 3 km uit de kust is het Slijkgat nog niet goed te zien in het bodemprofiel, behalve in 2018 wanneer een smalle verdieping tot NAP -6,5 te zien is. Waarschijnlijk heeft die te maken met uitgevoerd baggerwerk op deze locatie.

De figuur rechtsboven laat zien hoe ook de kust op deze doorsnede zeewaarts uitbouwt (6-10 m/j). Hierin is geen duidelijke trendbreuk te herkennen in de periode vanaf 2003. Het Slijkgat zelf verplaatst met deze kustuitbouw mee. De lokale verdieping in het midden van de geul van 2015 tot 2018 kan te maken hebben met een verandering van stroombeeld als gevolg van morfologische veranderingen elders in het gebied.

De dwarsprofielen linksonder laten juist een landwaartse verplaatsing zien van de geulwanden. Op ongeveer NAP -4 m is dit zelfs 40 m in de periode 2015-2018. Aan de noordkant van de geul zien we het effect van de uitbouw van een ondiepte die onderdeel uitmaakt van het huidige Hinderplaat-complex. Wat ook opvalt in deze profielen is het ontstaan van een ongeveer 2 meter hoge 'rug' in het midden van het Slijkgat. Dit is vaak een teken dat de vloed en ebstromen door de geul zich beginnen te splitsen: de vloedstroom concentreert zich dan aan de zuidkant en de ebstroom meer aan de noordzijde. Per saldo neemt het totale doorstroom oppervlak dan ook toe, omdat een geul meer ruimte vraagt als de vloed en ebstromen niet dezelfde doorsnede gebruiken (ook wel de efficiëntie van een geul genoemd).

Tenslotte is in de figuur rechtsonder het effect te zien van het onderhoudsbaggerwerk: er is sprake van een relatief smal profiel dat reikt tot ongeveer NAP -6 m of NAP -5,5 m; vrij constant over de jaren. De verondieping aan de noordzijde van de vaargeul laat een vrij constant beeld zien: in elke periode van 3 jaar wordt het ongeveer 30 cm ondieper. Dit zou tot gevolg kunnen hebben dat lozing van veel rivierwater door de Haringvlietsluizen thans grotere stroomsnelheden genereert dan zeg 20 jaar geleden. Dit kan ook aanleiding zijn voor plotselinge verondieping van de vaargeul als tijdens dergelijke condities de relatief steile wanden van de gebaggerde vaargeul instabiel worden.



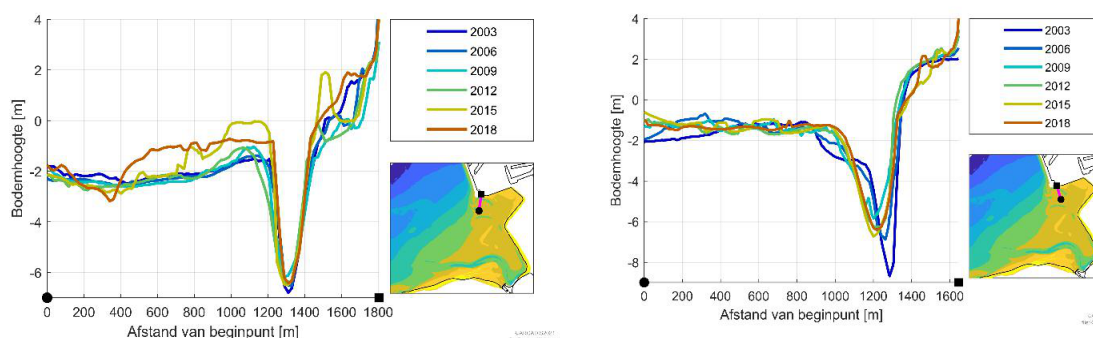
Figuur 30: Dwarsprofielen op vier locaties dwars op het Slikgat (en kust van Goeree)

Overgang Maasvlakte 2 en Slufterkust

Tenslotte twee dwarsprofielen dwars op de kust bij de overgang van MV2 richting Brielsche Gatdam (Figuur 31). Op de onderstaande linkerfiguur is goed te zien dat het Hindergat een ongeveer 200 m brede geul is met een diepte tot onder NAP -6m. Opvallend is dat hier het profiel van de geul over de hele periode 2003-2018 nagenoeg hetzelfde is gebleven: zowel qua positie, breedte als diepte. Aan de zuidkant van deze kortsluitgeul (links in de figuur) is verondieping te zien na 2012. Hier bouwt een zandplaat op van honderden meters breed en ongeveer een meter hoog (tot rond NAP -1m). Wat ook uit deze profielen en die van aanliggende dwarsraaien blijkt zijn de vele kleinere en kortstondiger vormen in het profiel. Dat bevestigt dat in dit gebied veel kleinere morfologische eenheden vormen, vervormen en zich verplaatsen.

Iets verder 'het hoekje om' geeft alweer een iets ander beeld (zie rechter figuur). Op deze locatie is geen sprake van verondieping aan de zuidzijde van de geul in de beschouwde periode. Wel is de maximale diepte van het Hindergat hier

met 2 m
afgenomen
in de
periode
2003-2006.



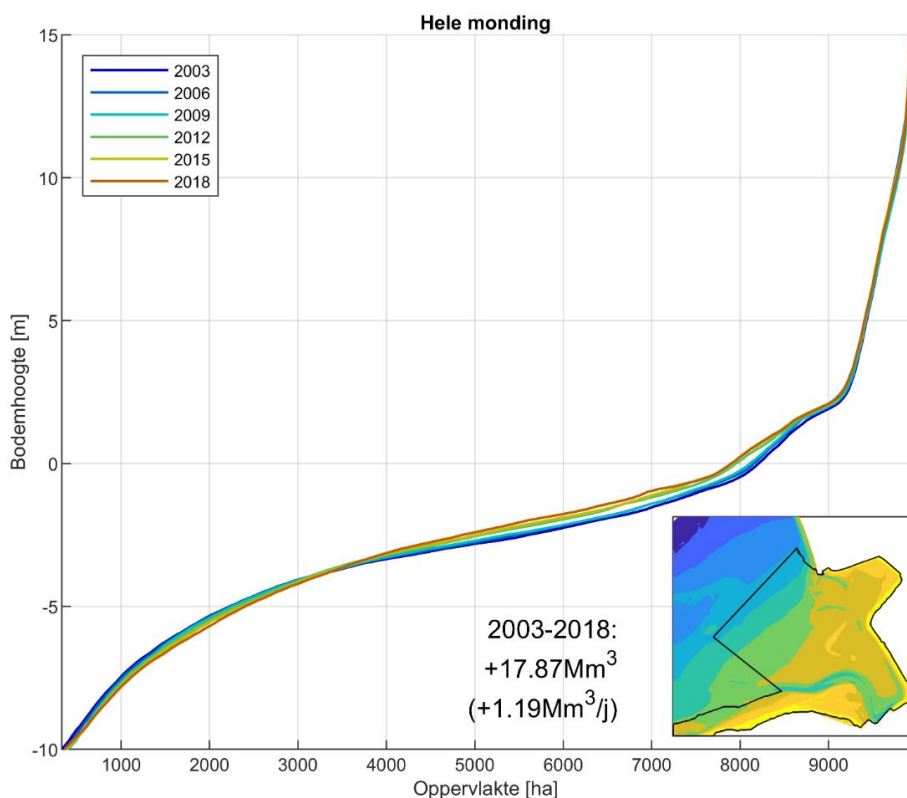
Figuur 31: Dwarsprofielen dwars op de kust bij de overgang van MV2 richting Brielsche Gatdam

2.5.3 Hypsometrische gegevens

Voor de effectbepaling is het naast inhoud en oppervlakten ook belangrijk te kijken naar eventuele veranderingen in verschillende diepte- en hoogtezones. Dat kan het beste worden geïllustreerd met zogenaamde 'hypsometrische curves', zoals hieronder in Figuur 32 voor het grootste deel van het studiegebied. Het zijn onderschrijdingscurves, die laten zien hoeveel oppervlakte van het gebied onder een bepaalde diepte ligt. De figuur laat bijvoorbeeld zien dat van de totale 10.000 ha er ongeveer 8000 ha onder NAP 0m ligt. Door oppervlakte tussen bepaalde dieptes van elkaar af te trekken ontstaat een beeld van de oppervlakte tussen twee dieptes. Zo ligt bijvoorbeeld anno 2018 ongeveer 2800 ha tussen NAP -1 m en NAP -3 m.

Vergelijking van deze curves voor verschillende jaren geeft in één oogopslag de grootschalige veranderingen in het gebied. Schuift de curve in de tijd voor bepaalde dieptezones naar links (of omhoog), dan betekent dat sedimentatie. Er komt dan immers minder oppervlakte onder een bepaalde diepte, of omgedraaid: méér oppervlakte boven een bepaalde diepte (dus ondieper, dus sedimentatie). Zo is vooral na 2009 het gebied dat boven NAP ligt met ongeveer 200 ha toegenomen (waarna het tot 2018 vrij constant is gebleven).

Verschuift de curve in de tijd naar rechts (of naar beneden), dan gebeurt het omgekeerde: er is dan op die dieptes sprake van verdieping. Zo is bijvoorbeeld de oppervlakte dieper dan NAP-5 m (dat is vooral de vooroever) in de hele periode toegenomen met ongeveer 200 ha.



Figuur 32: Hypsometrische curves hele mondingsgebied inclusief kust Goeree 2003 – 2018

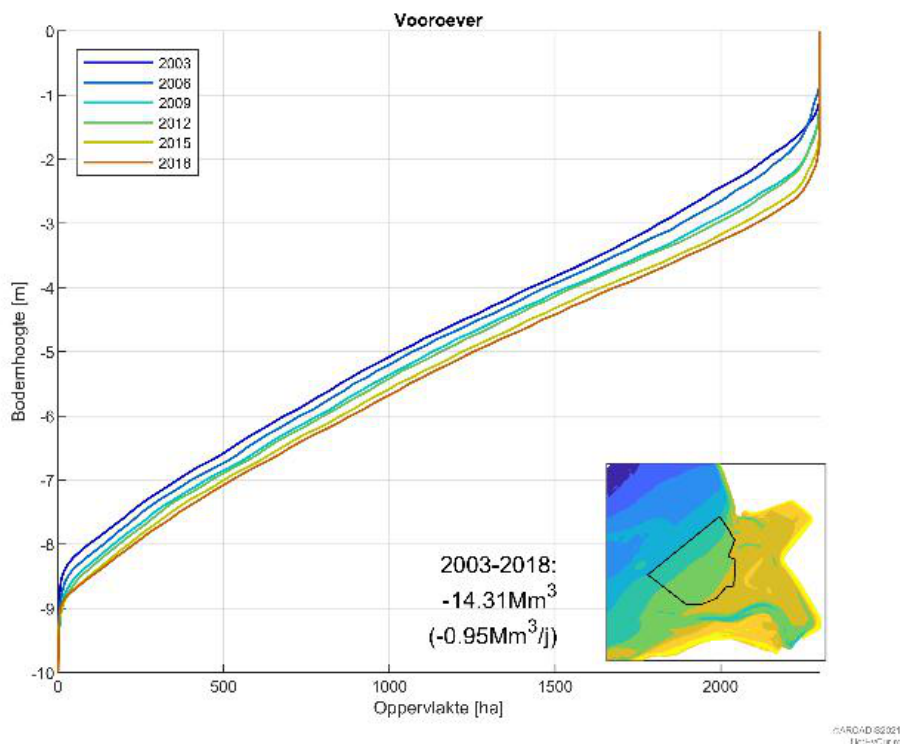
Onderstaande tabel geeft voor het hele gebied (totale oppervlakte 10000 ha), de veranderingen in de oppervlakte van enkele specifieke dieptezones. Ook hieruit blijkt dat de oppervlakte van de ondiepere zones gestaag zijn toegenomen. Het gebied boven NAP -1 m is in de hele periode 2003-2018 met maar liefst ongeveer 500 ha toegenomen, vooral van het intergetijde platenareaal (los van de kust).

Tabel 4: Oppervlakten in hectares per jaartal en voor verschillende dieptezones

Dieptezone	2003	2006	2009	2012	2015	2018
z<-10	331	370	393	386	380	359
-3>z>-10	4292	4171	4053	3923	3854	3789
-1>z>-3	2910	2900	2959	2911	2902	2801
+1>z>-1	1015	1063	1079	1203	1246	1418
+1>z>-1 (platen)	168	247	305	372	414	514
+1>z>-1 (strand)	848	817	775	830	832	904
+2>z>+1	506	439	519	555	550	567
z>+2	873	983	924	950	996	993

Detail van de vooroever

Er zijn hypsometrische curves gemaakt voor verschillende deelgebieden, zoals van de vooroever in Figuur 33. In dit gebied is de sedimentinhoud over de periode 2003-2018 met bijna 1 miljoen m³/j afgenomen. Deze grootschalige erosie vond plaats tussen ongeveer NAP -3 m en NAP -8 m, zijnde het gebied waar de golven die in een gemiddeld jaar voorkomen invloed hebben op de bodem. Dit betekent dat de vorm van de vooroeverbodem in deze dieptezone nauwelijks is veranderd. Vrijwel het hele vak is bijna 1 meter dieper geworden. Dit betekent niet dat de vooroever als "morfologische element" dieper is geworden. Het gebied waarover de sedimentinhoud is berekend heeft immers vaste grenzen voor elk meetjaar. Dit deel van de vooroever is feitelijk onvervormd oostwaarts opgeschoven. Dit gaat niet op voor het 'diepere deel van de actieve vooroever', ongeveer tussen NAP -8 m en NAP -12 m (Figuur 35), waar de invloed van de gevolgen kleiner is vanwege de grotere diepte. Alleen de meest hoge golven beroeren hier de bodem. Omdat die golven weinig voorkomen duurt het langer voordat dit deel van de onderwaterbodem ook mee opschuift richting het oosten.

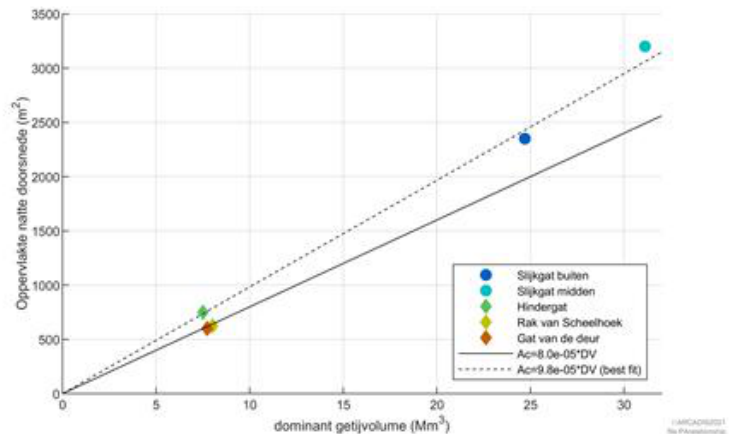


Figuur 33: Hypsometrische curves van de vooroever

2.5.4 Oppervlakte geulprofielen

Uit verschillende studies is gebleken dat de doorstroomoppervlakte van een getijgeul, A_c , ongeveer lineair evenredig is met het volume water, P , dat elk getij door die dwarsdoorsnede stroomt: $A_c = \text{constante} * P$ (Stive et.al., 2010). Het oppervlak wordt meestal onder het niveau van NAP bepaald (gemiddelde zeespiegelstand). De waarde van de constante is ongeveer $80 \cdot 10^{-6} \text{ m}^{-1}$. De aanwezigheid van golven of specifieke asymmetrieën in de getijstrooming hebben invloed op de constante en ook op de lineariteit van de relatie.

Voor de geulen in het Rijn/Maasmondgebied hebben Van de Kreeke en Haring (1979) veel onderzoek gedaan. Zij constateren dat de invloed van eventuele rivierafvoer op de waarde van de constante gering is (behalve voor typische getijrivieren, waar in het studiegebied geen sprake van is. Anderen, zoals Gerritsen et.al, (1990) hebben gekeken naar de invloed van golven op de evenwichtsoppervlakte. Zij constateren dat de oppervlakte van de doorsnede iets groter is (ongeveer 10%) bij geulen die onder invloed staan van golfwerking. Tenslotte blijkt uit een analyse van o.a. Steijn voor de Westerschelde dat geulen een iets grotere dwarsdoorsnede hebben als de vloed- en de ebstromen door de geul verschillende banen hebben (interne getijdominantie).



Figuur 34: Dominante getijvolume versus de gemeten oppervlakte van de geuldoorsnede onder NAP -2 m

Voor een vijftal geuldoorsneden zijn in nevenstaande figuur de waarden geplot van het dominante getijvolume (de grootste van vloed – of ebvolume) versus de gemeten oppervlakte van de geuldoorsnede onder NAP -2 m. Het voorgaande wordt daarin bevestigd: een lineair verband met een constante van $80 \cdot 10^{-6}$ en een ongeveer 10% groter oppervlak in situaties met golfwerking (Hindergat, Slijkgat-buiten) of interne getijdominantie (Slijkgat-midden). Het is ook opmerkelijk dat er kennelijk een evenwicht is tussen het dominante getijvolume door de geuldoorsnede bij de Groene Punt (Rak van Scheelhoek) en de natte doorsnede van die geuldoorsnede. Dat is geen vast (statisch) evenwicht: grootschalige veranderingen in de sedimentbalans kunnen nog steeds zowel oppervlakte doorsnede als maatgevend debiet veranderen.

In onderstaande tabel staan de oppervlakten van de vijf geuldoorsneden gegeven voor verschillende jaren (onder NAP -2 m).

Tabel 5: Oppervlakten van vijf geuldoorsneden voor 6 verschillende jaren (in m^2)

	2003	2006	2009	2012	2015	2018
Slijkgat buiten (S11)	1943	1887	1778	1803	2011	2165
Slijkgat binnen (S17)	3200	3000	2900	3300	3200	3200
Hindergat (bij Slufter)	962	872	596	793	831	750
Naamloze kortsluitgeul	414	134	607	630	691	580
Rak van Scheelhoek bij RSP 12 km kust van Voorne	1200	1235	1087	983	827	623

Het Rak van Scheelhoek mag in 2018 dan weliswaar in evenwicht zijn met het dominante ebvolume dat er doorheen stroomt, maar het oppervlak van de dwarsdoorsnede is hier sinds 2003 wel gehalveerd.

De getallen uit de tabel tonen verder dat er weinig is veranderd in het oppervlak van de geuldoorsneden van Hindergat en Naamloze geul. Uitgaande van een evenwicht tussen oppervlakte en dominante getijvolume, betekent dit dat hier dus al sinds 2003 min of meer hetzelfde getijvolume doorheen stroomt.

De geuldoorsneden van het Slijkgat nemen na 2009 met ruwweg 10-15% toe. Voor een deel komt dit door extra baggerwerk in het kader van het onderhoud van de vaargeul (ongeveer 100 m² - ongeveer een derde van de toename). De rest van de toename in doorsnede kan worden toegeschreven aan het verschijnsel 'interne getijdominantie'. Dit houdt in dat de vloed- en de ebstroom zich concentreren in verschillende delen van de geul. Dat kan verschillende oorzaken hebben, zoals een andere aanstroombichting, secundaire stromingsverschijnselen op- en afstroming van naastliggende platen, enz.

Dit verschijnsel is goed te zien in het middelste deel van het Slijkgat waar in 2018 duidelijk een rug in het dwarsprofiel te zien is. De geul bestaat nu uit twee geulen: een zuidelijke tak en een noordelijke tak, visueel gescheiden door voornoemde zandrug. Uit onderstaande tabel blijkt dat de vloedstroom in 2018 sterk dominant is in de zuidelijke tak van het Slijkgat (netto 8,15 miljoen m³/getij in vloedrichting). De vloed is ook nog wel dominant in de noordelijke tak maar al veel minder (1,75 miljoen m³/getij). Dat geldt voor de situatie zonder rivierafvoer. Bij een gemiddelde rivierafvoer door de Haringvlietsluizen blijkt nog duidelijker dat de zuidelijke tak vloed-dominant blijft en de noordelijke tak eb-dominant is geworden. De cijfers voor de situatie met gemiddelde rivierafvoer door de Haringvlietsluizen geven een nog duidelijker beeld: dan is de vloed nog steeds dominant in de zuidelijke tak (6,91 miljoen m³/getij), maar domineert de zeewaartse stroming (eb plus rivierafvoer: -2,36 miljoen m³/getij). Het is een fraai bewijs van het aanwezig zijn van interne getijdominantie en daarmee een goede verklaring voor de waargenomen toename in de oppervlakte van deze geuldoorsnede. Deze constatering is tevens een belangrijke aanwijzing voor de mogelijke toekomstige veranderingen in het Slijkgat (hoofdstuk 3). Wat de cijfers in de tabel ook aantoont is dat de vloedstroom voor een deel wordt tegengewerkt door de uitgaande rivierstroming.

Tabel 6: Getijvolumes voor de Zuidelijke tak, Noordelijke tak, en totale doorsnede

Getijvolume in miljoen m ³ /getij (+ is vloed; - is eb)		Zuidelijke tak (bij de kust)	Noordelijke tak	Totale doorsnede
0 (geen bovenafvoer, alleen getij)	vloedvolume	15,72	15,40	31,12
	ebvolume	-7,57	-13,65	-21,22
	netto	8,15	1,75	9,90
50% (getij plus gemiddelde rivierafvoer)	vloedvolume	14,94	13,81	28,75
	ebvolume	-8,03	-16,17	-24,20
	netto	6,91	-2,36	4,55

3 Synthese morfologie

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de bevindingen uit het vorige hoofdstuk in onderlinge samenhang beschouwd. Alles hangt immers met elkaar samen. Sommige morfologische reacties kunnen erg lang aanhouden, zoals die ten gevolge van de afsluiting van het Haringvliet (nog steeds) en andere reacties worden pas zichtbaar nadat een bepaalde grenswaarde wordt overschreden. Een voorbeeld van dit laatste is het opbreken van de Hinderplaat halverwege de jaren negentig in kleinere platen en met een nieuwe kortsluitgeul als gevolg van de extreme rivierafvoeren die toen plaatsvonden (beschreven in o.a. Elias en Van der Spek, 2019). Een ander voorbeeld betreft het aaneengroeien van Hinderplaat en Garnalenplaat na de opvulling van het Bokkegat na 2010. In de ontstane luwte achter dit grote platencomplex kon zich fijn sediment (slib afzetten wat tijdens de vloed met het zeewater werd en wordt aangevoerd).

De uitkomst van deze synthese is een zogenaamd conceptueel model. Dat is een weergave van de belangrijkste mechanismen achter sedimentverplaatsingen in het gebied. Een dergelijke beschrijving van de fysica vormt de basis voor het doen van morfologische voorspellingen in hoofdstuk 4.

Allereerst worden in paragraaf 3.2 de verschillende transportmechanismen in het gebied benoemd en qua grootte geschat door gebruik te maken van de berekende golf- en stroomvelden. Vervolgens wordt op basis van de waargenomen bodemveranderingen een inschatting gemaakt van de sedimentbalansen in het gebied. Daarna wordt gekeken of de geïdentificeerde sedimenttransporten de waargenomen sedimentverplaatsingen kunnen verklaren. Dit resulteert in een morfo-statische verklaring van de huidige situatie. Zoals in paragraaf 2.3 al werd aangegeven is morfologie echter nooit statisch maar dynamisch, dus met onderlinge interacties op verschillende tijd- en ruimteschalen. Daarom hoort bij elke synthese ook een beschrijving van hoe de huidige situatie ook het gevolg is van morfologische ontwikkelingen elders in het gebied en eerder in de tijd. Pas dan is een compleet beeld geschetst van hoe het gebied zich morfologisch heeft ontwikkeld.

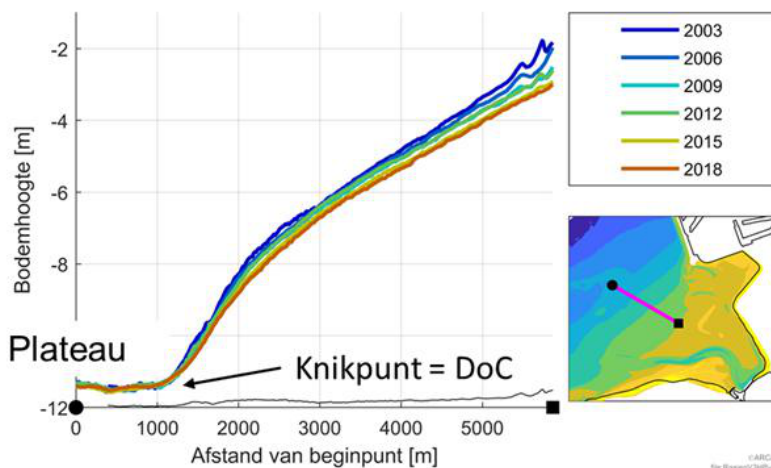
De synthese is gedaan voor een aantal kenmerkende morfologische deelgebieden (sub-paragrafen in 3.2). Deze gebieden zijn niet dezelfde als de door opdrachtgever geformuleerde deelgebieden (zoals genoemd in paragraaf 2.1), maar zijn morfologische eenheden waarbinnen een dominant morfologisch proces is te herkennen. Een doorvertaling naar de deelgebieden die in paragraaf 2.1 staan genoemd wordt gegeven in paragraaf 3.3.

3.2 Analyse van maatgevende fysische mechanismen

3.2.1 Vooroever

Typend morfologisch gedrag

Binnen vaste begrenzingen verdiept dit gebied al sinds de afsluiting van het Haringvliet en dat proces gaat nog steeds door. Alleen op de diepere vooroever (onder NAP -12m) en dichters langs de zuidkust van MV2 is wel sprake van enige lokale verondieping, maar die heeft geen invloed op de morfologie van het studiegebied. Onderstaande figuur toont de dwarsprofielen tot diep water. Hieruit blijkt dat de landwaartse verplaatsing van de dieptelijnen plaatsvinden tot een diepte van rond NAP-11 m. Dat heet in vaktermen de Depth of Closure (DoC) en geeft de zeewaartse grens aan van het "actieve kustprofiel". Het is de diepte waarboven de invloed van golven merkbaar wordt. Omdat op de grootste diepten alleen de hoogste golven gevoeld worden die veel minder vaak voorkomen dan kleinere golven, zijn de bodemveranderingen op dieper water per jaar kleiner dan hoger in het profiel. Ook dat is in de figuur goed te zien: de horizontale verplaatsing van de NAP-3 m lijn over de periode 2003-2018 is ongeveer 700 m; op NAP-6 m is dat 500 m en op NAP-9 m nog ongeveer 200 m.



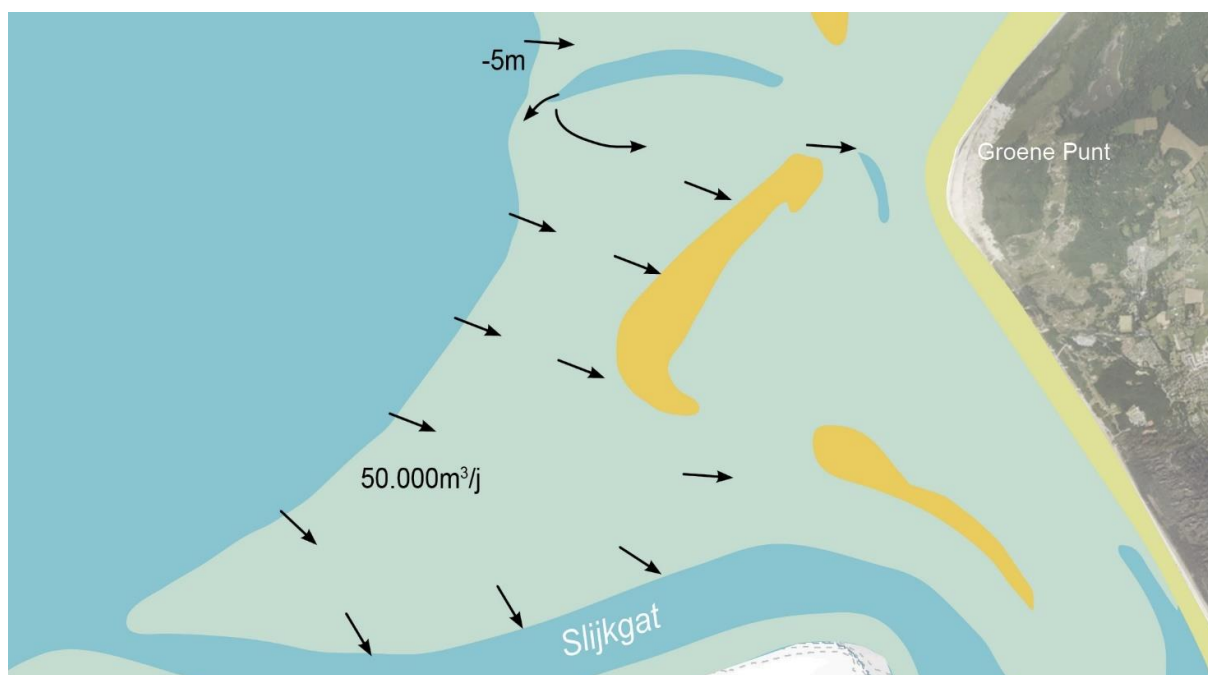
Figuur 35: actieve deel van de vooroever (profielen 2003 – 2018)

Sedimentbalans

Omdat er is gekozen voor vaste vakgrenzen is sprake van erosie op de vooroever. Dat zou niet zo zijn als de vakgrenzen met het opschuiven van de vooroever zouden meebewegen. Er is dus feitelijk alleen sprake van het opschuiven van de vooroever naar het oosten toe.

Kenmerkende sediment transportmechanismen

De netto oostwaartse sedimentverplaatsingen, zoals weergegeven in onderstaande figuur, zijn het gevolg van golfasymmetrie transport in combinatie met een op de Hinder (dat is de vooroever van de Hinderplaat) oostwaarts gericht overheersende getijstrooming (paragraaf 2.4). De grootte van de gecombineerde zandtransporten wordt hier geraamd op circa $20 \text{ m}^3/\text{m/j}$, waardoor over een afstand van 2,5 km dit transport wordt geraamd op $50,000 \text{ m}^3/\text{j}$. Er is weliswaar ook voeding met sediment vanuit bijvoorbeeld het Hindergat (paragraaf 3.2.2) en de naamloze geul (paragraaf 3.3.3), maar dit sediment wordt door de golfwerking en de getijstrooming weer opgepakt en oostwaarts (terug-) getransporteerd.



Figuur 36: Sedimentverplaatsingen vooroever

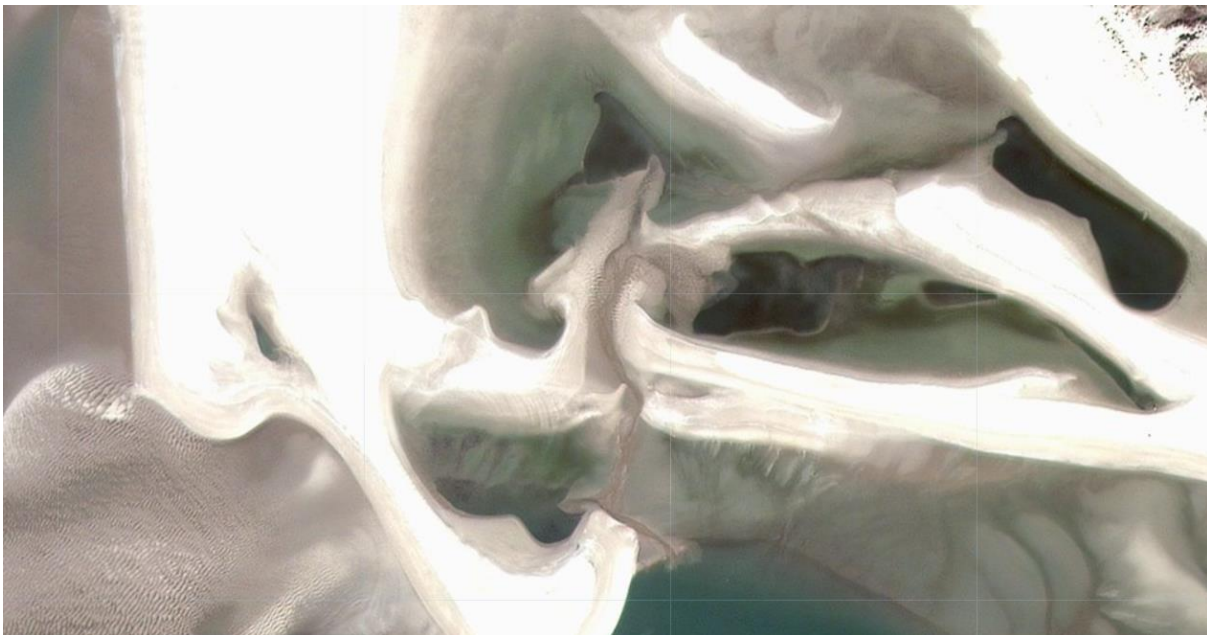
Relatie met morfologische ontwikkelingen elders

Aan de noordkant van dit morfologische deelgebied is de sediment-uitwisseling met het gebied tussen MV2 kust en hinderplaat relevant. In het middelste deel is met name de migratie van de Hinderplaat belangrijk en het vullen en ledigen van het kombergingsgebied tussen Hinderplaat en Haringvlietdam van belang. In het zuidelijke deel is de interactie met de stroming naar en vanuit het Slikgat belangrijk voor de morfologische ontwikkelingen op de vooroever.

3.2.2 Overgangsgebied MV2 - Hindergat

Typend morfologisch gedrag

Na de aanleg van het slufteerdepot in 1987 bouwde zich aan het zuidelijk uiteinde een strandhaak uit. Een strandhaak is een smalle (vaak tientallen meters brede en niet al te hoge) uitbouw van de kust die ontstaat als het - door de branding - aangevoerde zand niet 'het hoekje omgaat' maar min of meer 'rechtuit gaat' en daar wordt afgezet. Strandhaken ontstaan vaak op kusten waar de oriëntatie van de kustlijn een grote hoek maakt met de dominante golfrichtingen. Door de uitbouw van de strandhaak werd de monding van het Hindergat ook zuidwaarts verlegd en ontstond een gekromde geul. Deze kromming had weer tot gevolg dat bochtstromingseffecten belangrijker werden wat weer leidde tot lokale erosie aan de zuidzijde van de Slufteerkust. Omdat er tijdens stormen ook zand 'over de strandhaak' heen werd verplaatst ontstond hier een grillig patroon van bodemvormen zoals goed te zien in onderstaande foto (Figuur 37, luchtfoto 2 maart 2021). Er is bijvoorbeeld te zien hoe achter de strandhaak een lagune is ingesloten die weer een eigen kleine opening heeft. Dergelijke lokale fenomenen zijn niet relevant op de schaal van het hele studiegebied en worden verder in dit onderzoek dan ook niet behandeld.



Figuur 37: bovenaanzicht strandhaak. Luchtfoto 2 maart 2021

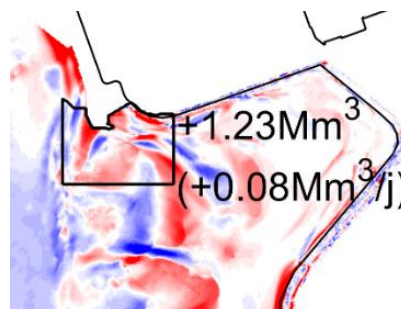
Belangrijk hier te melden is dat na de aanleg van MV2 het morfologische gedrag langs de zuidkust van de Slufteer niet wezenlijk anders is geworden. Na aanleg van MV2 werd het zand niet vanaf de slufteerkust aangevoerd maar vanaf de MV2 zuidkust. De oriëntatie van de strandhaak is daarbij wel veranderd, maar voor de sedimentbalans maakt dat waarschijnlijk niet veel uit. Er zijn gedetailleerde analyses (en metingen) nodig om te kunnen vaststellen of de fysische mechanismen die verantwoordelijk zijn voor de zand-doorvoer verder richting het gebied voor de Brielsche Gatdam, anders worden of niet. Vermoedelijk is het dan nodig dat eerst het Hindergat verzandt wat in de komende 5-10 jaar niet wordt verwacht.

Sedimentbalans

In onderstaand vastomlijnd gebied (van 230 ha) zijn alle kleinschalige volumeveranderingen bij elkaar opgeteld (gekubeerd). Over de periode 2003-2018 neemt het sedimentvolume in dit gebied jaarlijks met gemiddeld ongeveer 80,000 m³/j toe. In de periode voor aanleg van MV2 was dit 100,000 m³/j en daarna 70,000 m³/j (Tabel 7). Deze getallen zijn weliswaar bepaald door de gekozen vaste afbakening van het gebied maar geeft wel goed aan dat er geen majeure veranderingen zijn geweest sinds aanleg van MV2.

Tabel 7: Netto sedimentatie per periode van 2003-2018

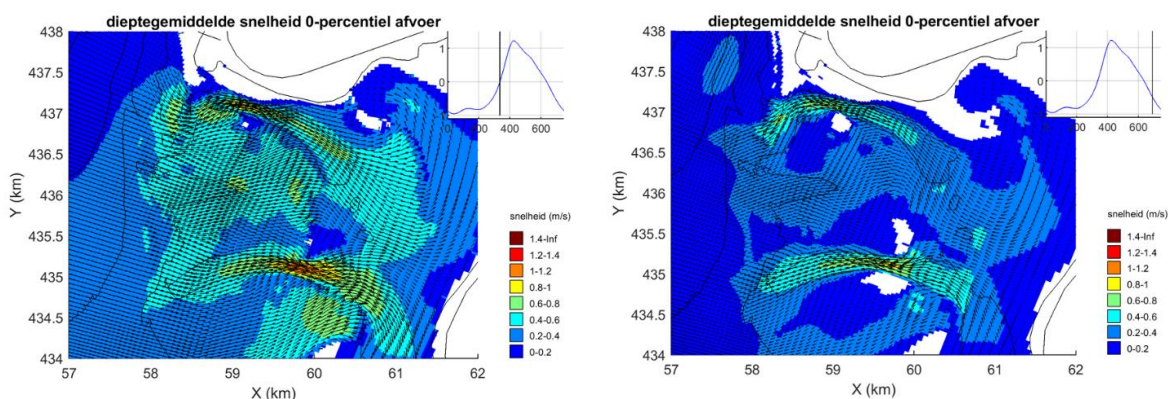
Periode	Netto sedimentatie in gebied (m ³ /j) gemiddeld
2003 - 2009	100.000
2009 - 2018	70.000
2003 - 2018	80.000



Figuur 38: Kleinschalige volumeveranderingen van vastomlijnd gebied

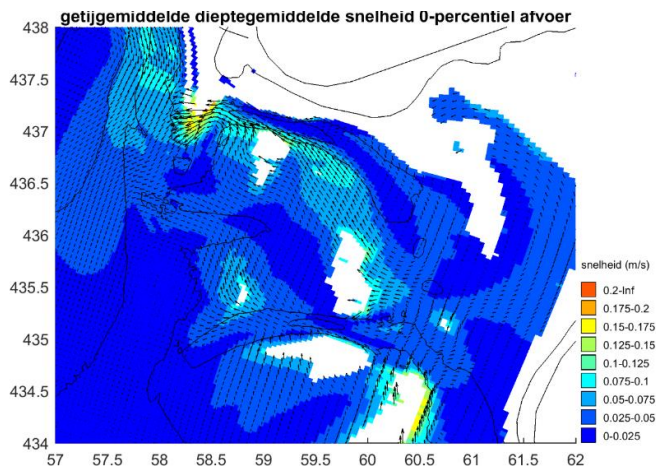
Kenmerkende sediment transportmechanismen

Uit de modelberekeningen blijkt dat het Hindergat een 'eigen' gebied met het getij vult en ledigt. Zo'n gebiedje heet een kombergingsgebied: het is een gebied, een 'kom' die tijdens de vloedfase van het getij vol loopt en tijdens eb weer leegstroomt. Dat er sprake is van een eigen achterliggend kombergingsgebied blijkt uit de uitgevoerde stromingsberekeningen. Onderstaande figuur toont links de berekende stroomsnelheden tijdens maximale vloed en rechts tijdens maximale eb (alleen getij; geen spuidebiet). Water dat via het Hindergat het kombergingsgebied in stroomt, stroomt ook zo weer uit via het Hindergat. De uitwisseling van water achterlangs de ondiepte die ligt tussen het Hindergat en de naamloze geul, is gering.



Figuur 39: Maximale vloedstroming (links) en maximale ebstroming (rechts) Hindergat en naamloze geul

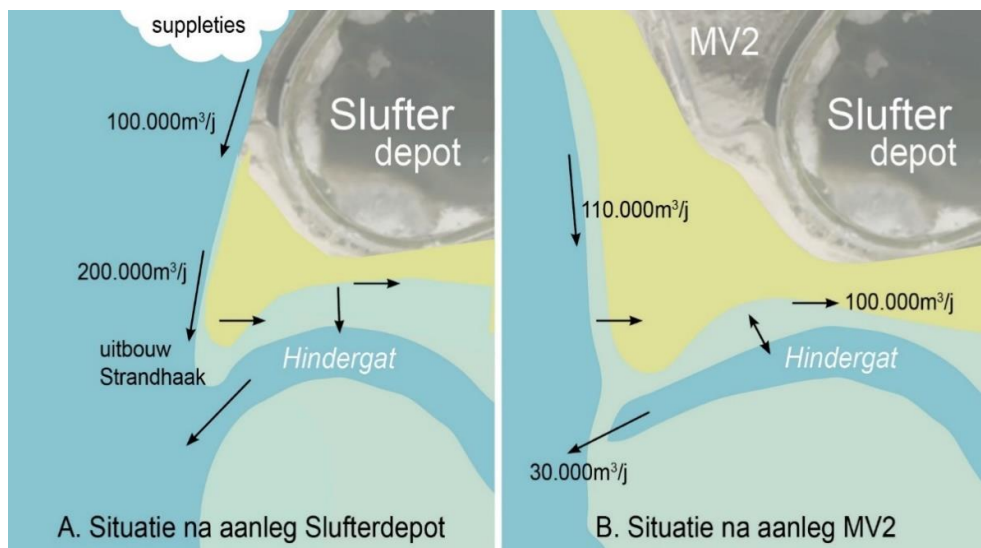
Het getij-gemiddelde stroombeeld geeft een indruk van hoe het fijne sediment in het gebied wordt verplaatst (Figuur 40). In de geul zelf is vrijwel geen reststroom te zien, behalve langs de zuidrand van het Hindergat waar de ebstroming die daar over de ondiepte heen de geul instroomt, een sterke reststroom geeft. Dit suggereert dat langs de zuidkant van het Hindergat gemiddeld over een getij fijner sediment over de ondiepte de geul inkomt en vandaaruit zeewaarts wordt getransporteerd. Omdat de maximale vloedstroomsnelheid in de geul groter is dan de maximale ebstroomsnelheid (ongeveer 1 m/s versus 0,6 m/s: Figuur 39) kan er sprake zijn van een netto oostwaarts transport van de wat grovere sedimentfracties.



Figuur 40: Getijgemiddelde stroming Hindergat en naamloze geul

In het kombergingsgebiedje van het Hindergat is de totale oppervlakte boven laag water relatief constant gebleven: de sedimentatie in dit gebied is relatief gering. Daardoor is ook de hoeveelheid water die door het Hindergat stroomt om het gebied te vullen en te ledigen weinig veranderd. En omdat er een lineair verband is tussen de inhoud van een geul en de hoeveelheid water die daardoorheen stroomt, is het Hindergat in de afgelopen 20 jaar maar weinig veranderd qua omvang.

Voordat MV2 werd aangelegd was langs de toenmalige sluftekust sprake van een dominant zuidwaarts gericht brandingstransport. Dat kwam door de oriëntatie van die sluftekust ten opzichte van de inkomende golven. Het zuidwaartse zandtransport ter hoogte van de zuidpunt van de Sluftekust was ongeveer $200,000 \text{ m}^3/\text{j}$ (linker figuur in Figuur 41). Iets noordelijker geeft deze figuur een zuidwaarts transport aan van $100,000 \text{ m}^3/\text{j}$. Dit betekent dat er tussen beide locaties een gradiënt is van $100,000 \text{ m}^3/\text{j}$ wat ongeveer overeenkomt met de onderhoudsbehoefte van dat stuk kust. De gegeven getallen voor de onderhoudsinspanning zijn schattingen. In werkelijkheid werd veel meer gesuppleerd langs de Sluftekdijk: tussen 1992 en 2005 is hier maar liefst 11 miljoen m^3 zand gesuppleerd ($800,000 \text{ m}^3/\text{j}$ gemiddeld), zie Tabel 3. Die grote hoeveelheid had te maken met het “uitgesteld aanleggen – principe” waarbij het uiteindelijk vereiste aanlegvolume in de loop der jaren pas werd aangebracht.



Figuur 41: Mogelijk maatgevende sedimenttransporten – gebied rondom Hindergat. A: Situatie na aanleg Sluftekdijk; B: Situatie na aanleg MV2

Na aanleg van MV2 was er geen zandaanvoer meer vanaf de sluftekust maar kwam het zand met de brandingsstroom vanaf de zuidkust van MV2. Het brandingsgedreven langtransport langs de MV2 zuidkust is overwegend naar het zuidoosten gericht en is berekend op $110,000 \text{ m}^3/\text{j}$ (gebaseerd op berekeningen uitgevoerd voor PUMA waarvan geen rapportages openbaar zijn). Dat is minder dan wat het was vòòr aanleg van MV2. Dat heeft te maken met de andere

oriëntatie van de MV2-zuidkust ten opzichte van het lokale golfklimaat. De oriëntatie van de Slufterdam was NNO-ZZW en bovendien lag die kust ook blootgesteld aan (hoge) golven uit NW richtingen. De MV2 zuidkust daarentegen is NW/ZO, zo'n 60 graden anders, en niet blootgesteld aan golven uit NW. Ondanks deze grote verschillen in golfafscherming en oriëntatie zijn de langstransporten weliswaar niet gelijk, maar ook wel weer van dezelfde orde van grootte. In zeker zin is dat een toevaligheid ingegeven door de relatie tussen langstransport en kust oriëntatie (de zogenaamde S-phi curves)

Het sedimentvolume in het gekozen deelvakje neemt sinds 2009 toe met 70,000 m³/j, wat betekent dat bij een aanvoer langs de MV2-kust van 110,000 m³/j er 40,000 m³/j wordt door-getransporteerd naar naastliggende gebieden. Het grootste deel hiervan (geschat op 30,000 m³/j) gaat via de uitgaande getijstrooming van het Hindergat naar de vooroever waar vandaan het uiteindelijk door golfwerking weer richting kust wordt getransporteerd. Een kleiner deel (orde 10,000 m³/j in schets B) gaat via brandingstransport langs de zuidkust van de Slufter verder richting het oosten. Dit is zo gering, omdat dit deel van de kust in de luwte ligt van de strandhaak. Bovenstaande cijfers betreffen inschattingen; er zijn geen berekeningen beschikbaar.

Relatie met morfologische ontwikkelingen elders

Omdat de zuidkust van MV2 niet is voorzien van strandhoofden of constructies die het zand kunnen tegenhouden, is deze zandaanvoer 'permanent'. Zolang er genoeg water via het Hindergat stroomt, zal de geul openblijven. Pas nadat het achterliggende kombergingsgebied voldoende is opgevuld, kan er een moment komen dat de geul instabiel wordt en verdwijnt uit het profiel. Dan kan ten zuidoosten van de Slufterkust een grotere strandvlakte met primaire duinvorming ontstaan. Het is onduidelijk welk effect Maasvlakte2 precies heeft op dit proces van dichtgaan van Hindergat en doortransporteren van zand naar het mondingsgebiedje van de Brielsche Maas (niet te verwarren met de sedimentatie van het mondingsgebied van de haringvliet wat primair bepaald wordt door de afsluiting van het Haringvliet).

3.2.3 Gebied ten zuiden van Brielsche Gatdam

Typerend morfologisch gedrag

Dit gebied wordt al lange tijd gekenmerkt door sedimentatie in alle diepteklassen, en door slik- en schorvorming. Primaire vegetatie heeft zich gevestigd op de hogere delen langs de afsluitdam. Kleinere geultjes die voorheen nog door de slikken liepen, zijn grotendeels opgevuld. In 2009/2010 is het duin en het strand tot RSP 9.2 km ter hoogte van de Groene Punt versterkt (paragraaf 2.2).

Sedimentbalans

Vóór 2009 was de sedimentatie in dit deelgebied gering. Het cijfer voor het kuberingsvak in Figuur 38 laat zelfs een kleine erosie zien, maar dat hangt erg af van de precieze keuze van de vakgrens. Na 2009 bedroeg de gemeten sedimentatie gemiddeld 230,000 m³/j dat voor een belangrijk deel te wijten is aan de uitgevoerde kustversterking bij de Groene Punt en het in het vakgebied 'schuiven' van zandplaten vanaf de vooroever.

Kenmerkende sediment transportmechanismen

De mogelijke kenmerkende sedimenttransporten zijn weergegeven in Figuur 42. Langs de Slufterkust is de zandaanvoer door brandingstroom op jaarbasis mogelijk 10,000 m³/j. Langs de kust van Voorne is deze bron van zandaanvoer naar schatting 30,000 m³/j, wat als volgt kan worden onderbouwd. Na de kustverzwaring van de Groene Punt in 2009/2010 is de landwaartse erosie ongeveer 5 m/j (dit blijkt uit de beschikbare Jarkus gegevens). Over een afstand van ongeveer 2000 m en met een actieve profielhoogte van 6 m, betekent dit dat er ongeveer 60,000 m³/j van de Groene Punt zowel naar het oosten (kust van Voorne) als naar het noorden (Brielsche Gatdam) is afgevoerd. Omdat beide kustvakken vergelijkbaar georiënteerd zijn ten opzichte van de inkomende golven zal ongeveer de helft hiervan, dus 30,000 m³/j langs de kust naar dit sedimentatiegebied wordt getransporteerd.



Figuur 42: Mogelijk maatgevende sedimenttransporten – gebied voor Brielsche Gatdam

Een ander transportmechanisme dat sediment het gebied in brengt is de migratie van zandbanken zoals dit te zien was op de dwarsprofielen in paragraaf 2.5.2. De verantwoordelijke fysische mechanismen zijn massatransport (water dat over de ondiepten spoelt) en golfasymetrie transport. Geschat wordt dat deze beide processen samen orde $50 \text{ m}^3/\text{m}/\text{j}$ verplaatsen. Over een breedte van enkele honderden meters geeft dit een extra zandaanvoer van ongeveer $20.000 \text{ m}^3/\text{j}$.

Het overige deel van de waargenomen sedimentatie ($170.000 \text{ m}^3/\text{j}$) kan worden verklaard uit het bezinken van fijnere sedimentdeeltjes (fijn zand en slib). Zeewater langs de hele Nederlandse kust bevat dergelijke fijne sedimentdeeltjes, en op plaatsen het water rustig genoeg is, kan het bezinken en blijven liggen. Met het rekenmodel is uitgerekend dat de maximale bodemschuifspanning in het gebied minder is dan $0,5 \text{ N/m}^2$ ligt, wat een indicatie is voor slib-depositie.

Relatie met morfologische ontwikkelingen elders

Er is een kleine relatie met de kusten van de Slufter/ MV2 en die van Voorne (Groene Punt), omdat daar vanaf een geringe aanvoer van zand plaatsvindt. De grootste impact echter zou een verandering van het stroombeeld zijn, maar daar is geen enkele aanleiding voor.

3.2.4 Gebied tussen Hinderplaat en MV2 kust

Typerend morfologisch gedrag

Dit gebied wordt gekenmerkt door platen en geulen (Hindergat en Naamloze Geul). De platen in het gebied schuiven oostwaarts op richting de Brielsche Gatdam met een snelheid van ongeveer $40 \text{ m}/\text{j}$ (paragraaf 2.5.3).

Tijdens grote rivierafvoer nemen de zeewaarts gerichte stroomsnelheden in dit gebied sterk toe, vooral via de naamloze geul (paragraaf 2.4). Ook de platen overstromen dan waardoor ze (tijdelijk) afvlakken. Pas na enige tijd en bij voldoende golfwerking kunnen de platen weer hoger worden. Het gebied is morfologisch gezien erg veranderlijk op de korte termijn (weken), maar over langere tijd beschouwd (jaren), veel minder.

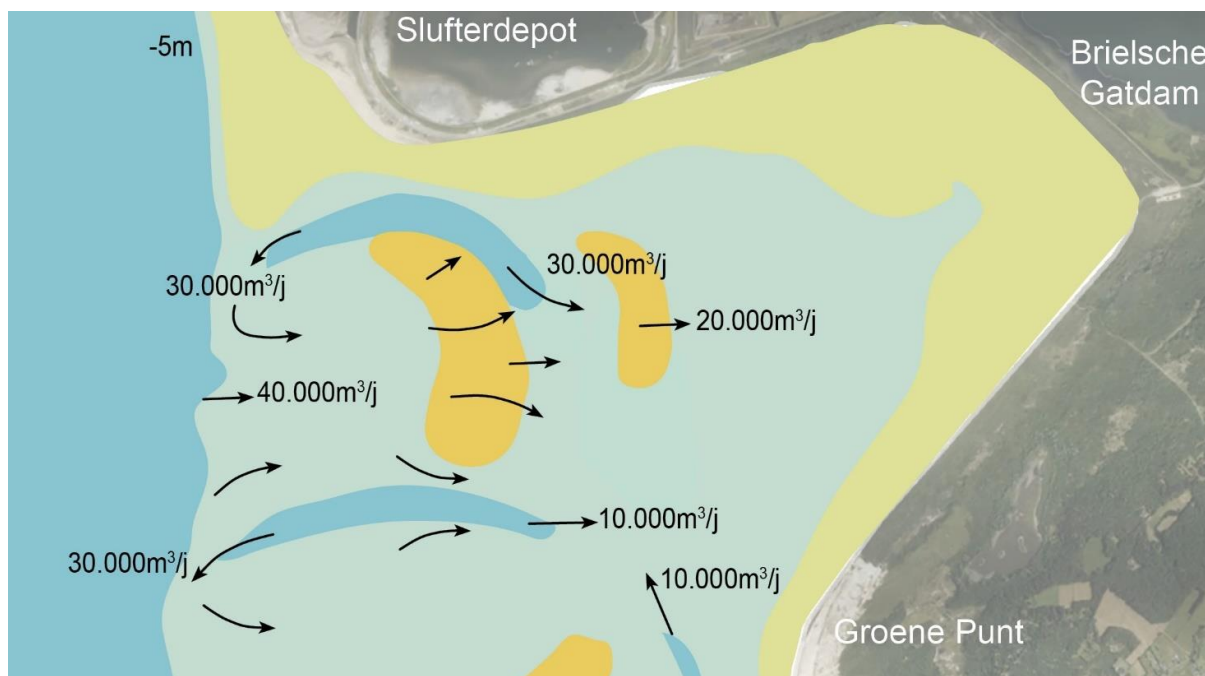
Sedimentbalans

Per saldo vindt er in dit gebied noch significante sedimentatie, noch significante erosie plaats. Om een indruk te krijgen van hoeveel zand er ruimtelijk wordt verplaatst, is op kleine schaal gekeken naar hoeveel zand er met het migreren van zandbanken gemoeid is.

Kenmerkende sediment transportmechanismen

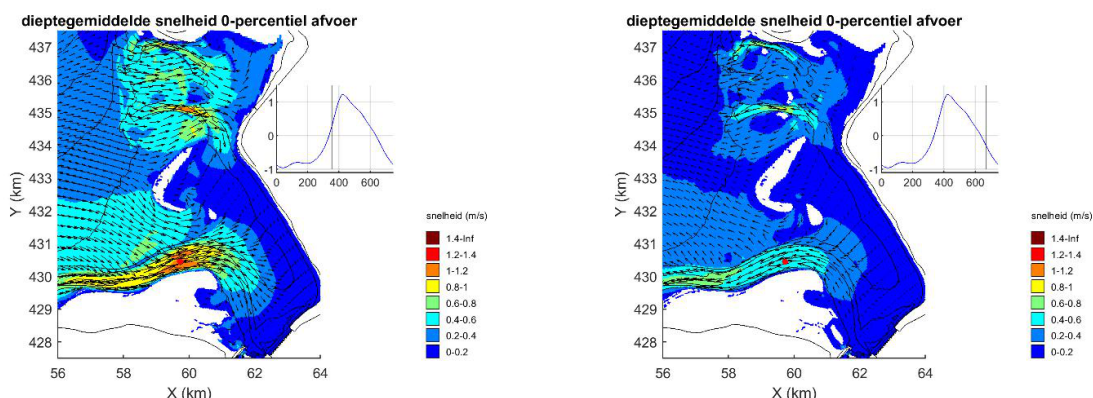
Figuur 43 toont de hypothesen ten aanzien van de dominante sedimenttransporten gebaseerd op lokale kuberingen en verwachte dominante transportprocessen. Voor het Hindergat is hierboven beredeneerd dat hier mogelijk $30.000 \text{ m}^3/\text{j}$

richting de vooroever wordt getransporteerd en daarvandaan weer wordt 'terug'-getransporteerd. Omdat de naamloze geul ongeveer dezelfde afmetingen heeft als het Hindergat en een minstens zo belangrijke rol speelt bij het vullen en ledigen van een achterliggend kombergingsgebied (zie hieronder), wordt aangenomen dat ook deze geul een netto zeewaarts transport geeft van 30,000 m³/j. Net als bij het Hindergat komt een deel van dit sediment via golfwerking weer terug.



Figuur 43: Mogelijk maatgevende sedimenttransporten – gebied tussen Slufterkust en Hinderplaat

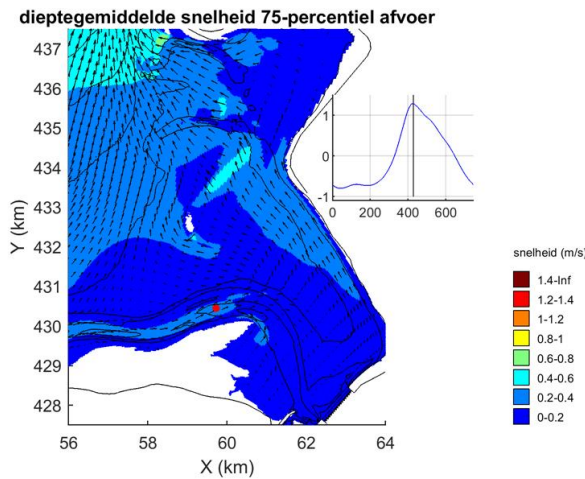
Onderstaande figuren tonen het berekende stroombeeld (dieptegemiddeld) tijdens maximale vloedstroming (links) en maximale ebstroming (rechts). De rode lijnen begrenzen ongeveer de kombergingsgebieden van Hindergat en naamloze Geul. Wat opvalt is dat de berekende maximale vloodsnelheden in de geulen groter zijn dan de maximale ebstroomsnelheden. De ebfase duurt wel langer, zodat al het inkomende vloedwater ook weer uitstroomt. Deze asymmetrie kan ertoe leiden dat door de geulen de wat grotere zandfracties naar het oosten worden verplaatst en daar worden afgezet. Dit kan een netto zandverplaatsing van naar schatting 10,000 m³/j tot gevolg hebben.



Figuur 44: Berekend stroombeeld maximale vloed (links) en maximale eb (rechts); rol van Naamloze Geul

Deze oostwaartse verplaatsing van sediment wordt weer deels tegengewerkt tijdens (hoge) spuidebieten door de Haringvlietsluizen. Een deel van dit spuiwater stroomt langs de kust van Voorne naar het noorden en bereikt uiteindelijk dit gebied. De berekeningen laten zien dat deze noordelijke 'uitweg' van het rivierwater vooral optreedt tijdens hoog water, wanneer er in het gebied sprake is van kentering van het getij. De uitstroming van het rivierwater is dan minder geconcentreerd in de Naamloze Geul, omdat de meeste platen in het gebied dan onder water staan. Dit is bijvoorbeeld

te zien in onderstaande figuur die de berekende diepte-gemiddelde stromingsvectoren laat zien voor het tijdstip van hoogwater en uitgaande van een spuidebiet die gemiddeld 25% van de tijd voorkomt.



Figuur 45: Berekende diepte-gemiddelde stromingsvectoren

Per saldo wordt in dit gebied sediment heen en weer verplaatst onder de wisselende omstandigheden van golfwerking, getijdenstromingen en rivierafvoer. Al met al maakt dit het aangeven van hoeveel sediment er precies van waar naar waar wordt verplaatst in beperkte mate mogelijk.

Relatie met morfologische ontwikkelingen elders

Omdat ook de Naamloze Geul min of meer een eigen kombergingsgebied heeft, zal ook deze geul pas wezenlijk van inhoud en vorm veranderen als het getijprisma van het gebied wezenlijk verandert. Dat kan zo zijn als de oppervlakte van het kombergingsgebied kleiner wordt als ontwikkelingen rondom de Groene Punt daar aanleiding toe geeft. Of als er sprake is van veel sedimentatie boven de laagwaterlijn (het getijprisma neemt dan af).

3.2.5 Hinderplaat-complex

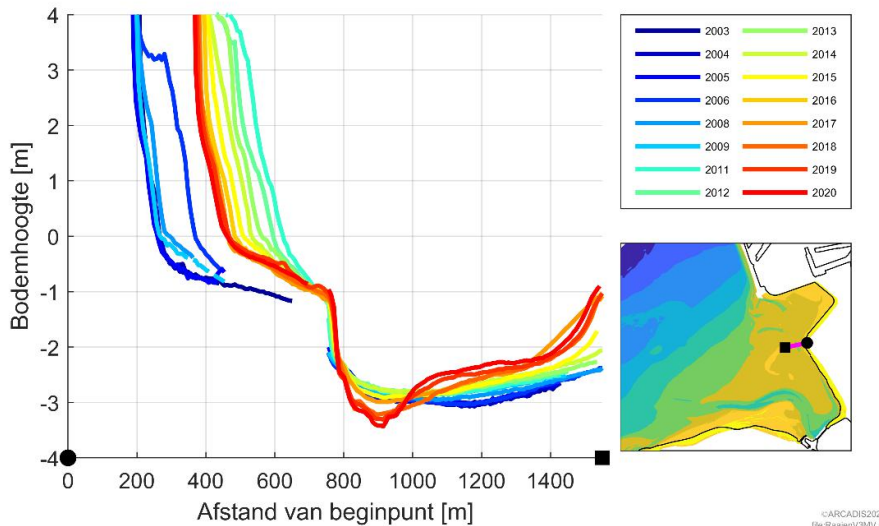
Typerend morfologisch gedrag

Sinds de afsluiting van het Haringvliet is sprake van een landwaarts opschuiven van de vooroever. Tegelijkertijd veranderde het stroombeeld van een overwegend west-oostwaartse getijdestroming naar een meer zuid-noord gaande 'rondstroming' in dit gebied. Tussen de voormalige hoofd (eb-)geulen Hindergat en Bokkegat, die vòòr de afsluiting het water vanuit het Rak van Scheelhoek zeewaarts voerden, lagen altijd al banken en platen. Na de afsluiting en de grote verandering in het stroombeeld, groeiden deze aan elkaar en migreerden als steeds langgerechter plaat naar het oosten. De gemiddelde snelheid was en is nog steeds ongeveer 50 m/j. Alleen in de jaren negentig brak de langgerechte Hinderplaat in kleinere delen uiteen. De oorzaak daarvoor was de afvlakking van de plaat en het ontstaan van kleinere geultjes door de plaat heen tijdens en na de extreme rivierafvoeren van 1994 en 1995.

Terwijl het Hindergat veranderde in een vrij stabiele kortsluitgeul ten zuiden van de Slufterkust, verdween na ruim 40 jaar het Bokkegat uit het bodemprofiel. Daarna groeiden het weer langgerechte Hinderplaat en het zuidelijker gelegen Garnalenplaat aan elkaar en was bovendien sprake van sterke sedimentatie in het gebied ten oosten van het platencomplex.

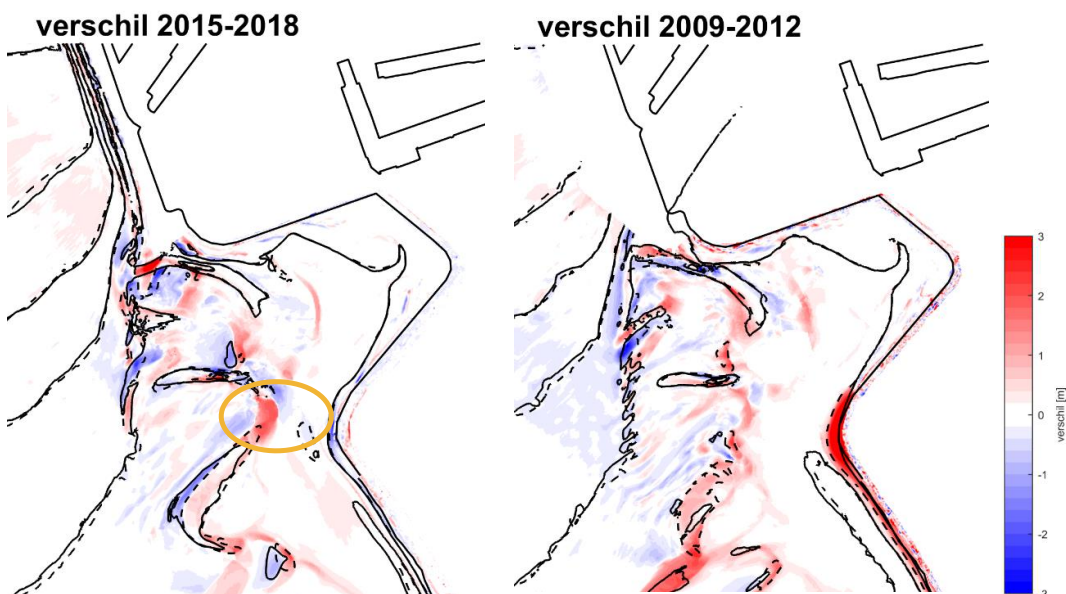
Twee observaties op kleinere schaal zijn hier interessant te noemen. Allereerst de vorm van het Hinderplaatcomplex. Die was tot enkele jaren geleden hoofdzakelijk 'langgerekt'. Dergelijke vormen doen zich meestal voor als er tijdens hoog water (bij vloed of stormopzet) water (en sediment) 'over' de plaat heen wordt verplaatst. Als een plaat hoog genoeg wordt, gebeurt dit minder vaak en wordt het door de branding opgewekte langstransport belangrijker. Sediment gaat dan naar één of beide uiteinden van de plaat waar het onderwater wordt afgezet. En vandaaruit wordt het sediment door golfwerking alsnog naar 'achteren' verplaatst. Zo ontstaat een sikkelvormige plaat, of in het geval van de Hinderplaat een hockeystick achtige vorm.

Ten tweede is de oppervlakte van de doorsnede tussen het noordelijk deel van de Hinderplaat en de Groene Punt interessant. Bij een gelijkblijvend volume water dat daar doorheen stroomt (rondstroming getij en rivierafvoer) nemen de stroomsnelheden lokaal dus toe. En dat resulteert meestal in lokale verdieping, oftewel lokale geulvorming. Dit is onder andere te zien in het verloop van de JARKUS profielen voor RSP 10.15 km:



Figuur 46: JARKUS profielen bij Groene Punt (RSP 10.15 km)

Afgezien van de zeewaartse verplaatsing van de duinvoet en het strand in 2010 (met ongeveer 350 m) en het nadien langzaam weer eroderen van het uitgebouwd strand en duin, is goed te zien dat de Hinderplaat naar de kust toe uitbouwt. Wat verder opvalt aan de getoonde profielen in Figuur 46 is dat er op 900 m vanaf het 'beginpunt', een 'geulvorm' in het profiel zichtbaar wordt na 2018. Weliswaar is dit 'geultje' in 2020 nog maar ongeveer 1 m diep, het is wel een aanwijzing dat door de zijwaartse aanvoer van zand vanaf het noordelijk deel van de Hinderplaat lokale erosie optreedt. Dat het noordelijk deel van de Hinderplaat hoger is geworden is ook goed te zien in de sedimentatie-erosiekaart van het gebied voor de periode 2015-2018 (Figuur 47: omcirkeld in linker figuur). Deze ontwikkeling is veel minder duidelijk te zien in de periode vòòr 2012 (Figuur 47: rechterfiguur).



Figuur 47: Detail van de sedimentatie / erosie van Hinderplaat-complex 2015-2018 (links) en 2009-2012 (rechts)

Sedimentbalans

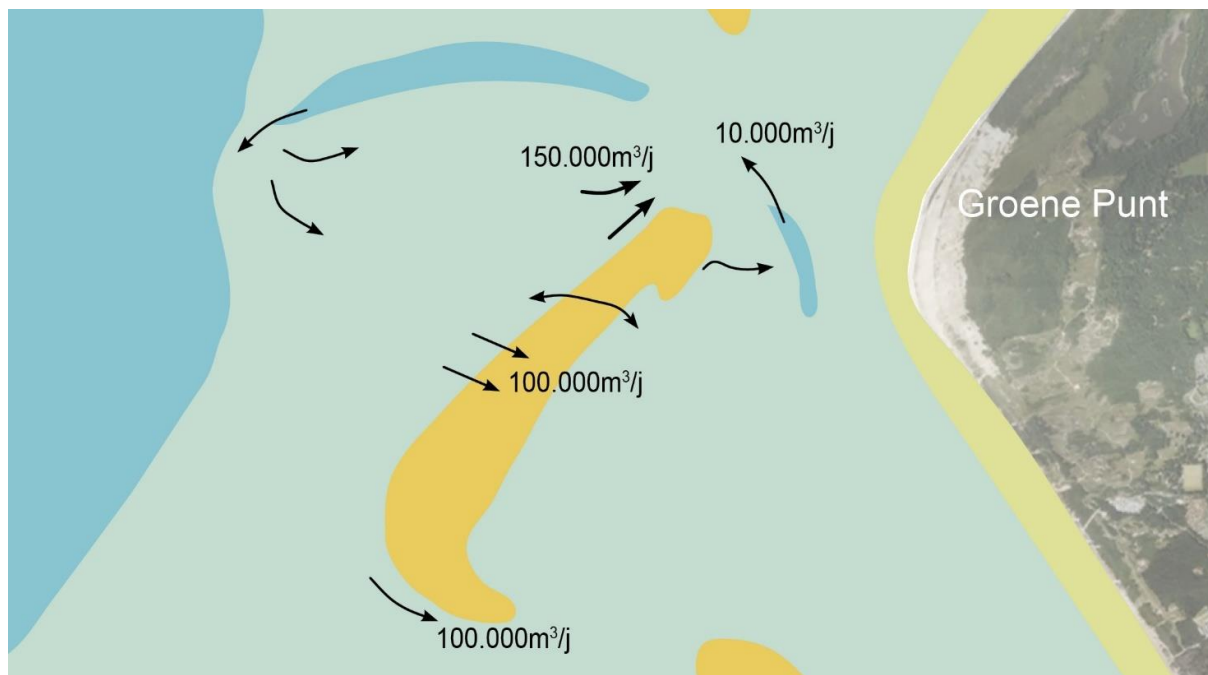
De sedimentinhoud van alle platen van het Hinderplaat-complex boven NAP -1 m is in de periode van 2003 tot 2018 toegenomen van 0,5 miljoen m³ naar 3 miljoen m³ (paragraaf 2.5.1).

De toename van het volume sediment in het noordelijk deel van de Hinderplaat (het omcirkelde “rode gebied” in de linker figuur hierboven) is ongeveer 450,000 m³ (gemiddeld 150,000 m³/j). De sedimentatie in het midden van de Hinderplaat (bovenop) is in de periode 2015-2018 ongeveer 150 m³ per strekkende meter, oftewel gemiddeld 50 m³/m/j.

Hier worden verder geen resultaten van kuberingen van het hele gebied gegeven, omdat de uitkomsten daarvan te veel zouden afhangen van de keuze van de te kiezen (voor alle jaren identieke) vakgrenzen.

Kenmerkende sediment transportmechanismen

Figuur 48 toont de hypothesen ten aanzien van de dominante sedimenttransporten. In het noordelijk deel van de Hinderplaat is de plaat zo hoog geworden dat de golven breken en als ze onder een hoek binnenvallen genereert dit een brandingstransport zoals die ook op kusten plaatsvindt. Dit brandingstransport wordt geschat op ongeveer 100,000 m³/j wat qua grootte overeenkomt met het langstransport langs de zuidkust van MV2. Dat is aannemelijk omdat de invalshoek van de gemiddelde golfenergieflux op de noord-“kust” van de Hinderplaat ongeveer gelijk is aan die van de zuidelijke MV2-kust. Opgemerkt wordt dat de aanwezigheid van de landaanwinning MV2 zelf slechts een uiterst kleine invloed heeft gehad op het golfveld ter hoogte van de Hinderplaat (zie paragraaf 2.4.1). De andere sedimentbron voor het noordelijk deel van de hinderplaat is vanaf de vooroever. Daar is waarschijnlijk golfasymmetrie het dominante transportmechanisme. Dit levert de resterende 50,000 m³/j naar dit gebied vanaf de vooroever (uitgaande van 50 m³/m/j over een lengte van 1000 m).



Figuur 48: Mogelijk maatgevende sedimenttransporten –Hinderplaat

Aan de zuidkant van de Hinderplaat treedt iets vergelijkbaars op. Vanwege verschillen in hoogten en oriëntaties wordt het totale door golfwerking aangedreven transport hier op 100,000 m³/j geraamd. Tenslotte treedt op de vooroever ongeveer vanaf een diepte van NAP-3 m (waar de invloed van golven op de bodem merkbaar wordt) een hoofdzakelijk door golfasymmetrie aangedreven transport op van 50 m³/m/j. Dit sediment gaat niet over de plaat heen maar wordt er bovenop afgezet. Over een lengte van bijna 2 km is dat ongeveer 100,000 m³/j.

Tenslotte spelen er nog andere transportprocessen rondom de Hinderplaat. Ten eerste een door de stroming (getij en rivierafvoer) gegenereerd noordwaarts transport voorlangs de Groene Punt. Het is niet duidelijk hoeveel dit is, maar mogelijk meer dan 10,000 m³/j. Dit sediment komt dan terecht in het gebied ten noorden van de Hinderplaat waarvandaan het waarschijnlijk wordt door-getransporteerd naar de vooroever (circulatiecellen). Tijdens extreme

spuidebieten kan dit door de stroming veroorzaakte sedimenttransport groter worden en bij zeer extreme spuidebieten is het ook niet ondenkbaar dat de stroming over en langs de Hinderplaat zo sterk worden dat er nieuwe geultjes ontstaan dwars door de Hinderplaat heen (zoals ook optrad in 1995 bij de toenmalige extreme spuidebieten).

Tenslotte stroomt er water over de lagere delen van de Hinderplaat heen tijdens hoog water (hoge vloed of stormopzet). Dat genereert een transport van sediment twee kanten op: naar het oosten toe als gevolg van massatransport en naar het westen toe als gevolg van het stroombeeld (getij en rivierafvoer). Het is mogelijk dat beide transportmechanismen gemiddeld orde 50,000 m³/j sediment verplaatsen, maar vanwege de tegengestelde richtingen blijft daar per saldo weinig van over.

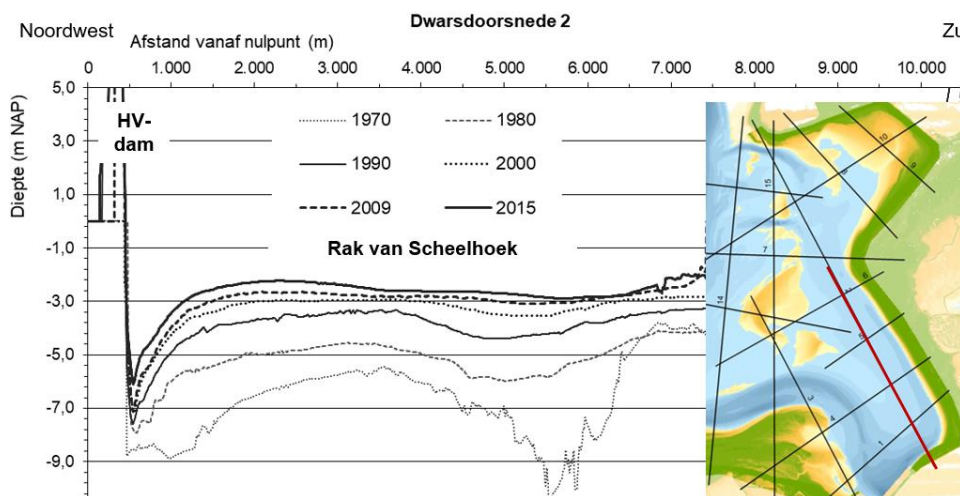
Relatie met morfologische ontwikkelingen elders

Voor de maatgevende sedimenttransport processen is de aanstroming van het gebied vanuit het oosten door getij en rivierafvoer van belang. Die aanstroming hangt mede af van morfologische ontwikkelingen in het Slijkpat omdat van daaruit het getij opkomt en het gebied vult. Ook belangrijk is de morfologische ontwikkeling van het gebied tussen de Hinderplaat en de Haringvlietdam. Dat heeft namelijk invloed op hoe de rivierafvoer (het spuidebiet) richting zee uitstroomt.

3.2.6 Gebied tussen Hinderplaatcomplex en Haringvlietdam

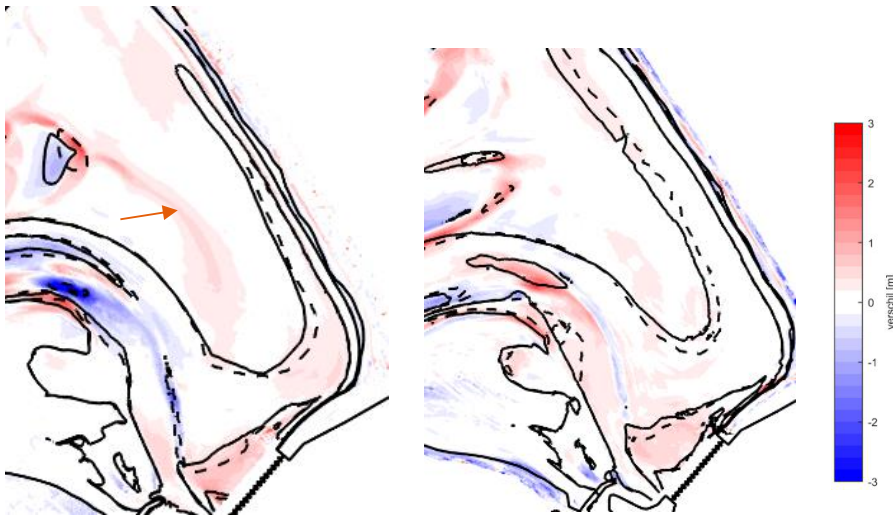
Typend morfologisch gedrag

In dit gebied vindt overwegend sedimentatie plaats. Dat is al zo vanaf de afsluiting van de Haringvliet. Onderstaande Figuur 49 laat duidelijk zien hoe deze sedimentatie over een bepaald traject verliep vanaf 1970 tot 2015. De sedimentatie in het Rak van Scheelhoek was het sterkst in de eerste decennia na de afsluiting maar gaat nog steeds door.



Figuur 49: Verondieping 1970 - 2015 over een raai getrokken door het Rak van Scheelhoek

Uit een vergelijking van de sedimentatie/erosie patronen 2006-2009 en 2015-2018 in Figuur 50 blijkt ook dat – met uitzondering van wat er in en rond het Slijkgat gebeurt, overal sprake is van sedimentatie in dit gebied. Wat opvalt is de langgerechte sedimentatie in de linker figuur die parallel loopt aan het Slijkgat (pijl). In dit gebied is in de periode 2015-2018 ongeveer 300.000 m³ sediment afgezet (100.000 m³/j). Vòòr 2015 was hier geen sprake van zo'n langgerekt sedimentatiegebied (vergelijk rechter figuur in Figuur 50). Uit de analyse van het berekende stroombeeld kan worden afgeleid dat de uitwaaiende vloedstroom vanuit het Slijkgat deze drempelvorming heeft veroorzaakt. En die recente manier van aanstromen van het gebied ontstond nadat het Bokkegat uit het bodemprofiel was verdwenen. Alles hangt met alles samen.



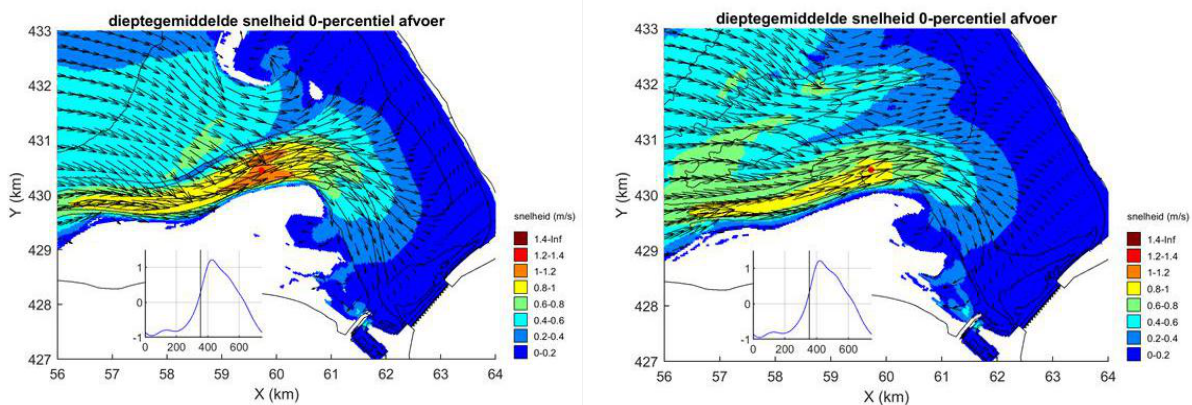
Figuur 50: Details van sedimentatie/erosiekaarten 2015-2018 (links) en 2006-2009 (rechts) – sedimentatiegebied

Sedimentbalans

De sedimentatie in het langgerekte gebied ten noorden van het Slijkgat (aangeduid met pijltje in Figuur 50) was in de periode 2015-2018 ongeveer 300,000 m³, dus gemiddeld 100,000 m³/j. De sedimentatie in het merendeel van het gebied is relatief klein: hooguit enkele cm's per jaar.

Kenmerkende sediment transportmechanismen

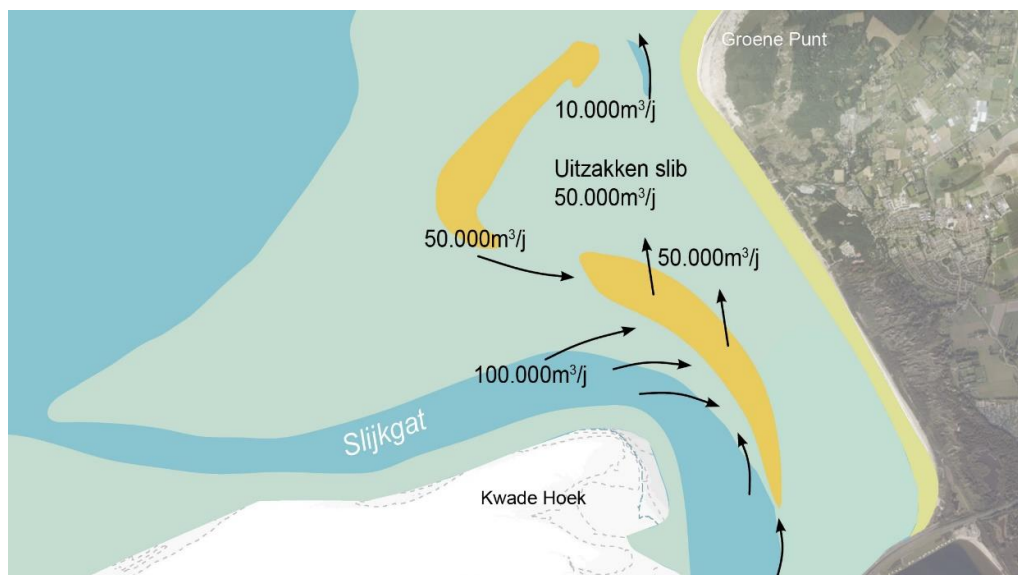
In dit gebied domineren sedimenttransporten als gevolg van grootschalige stroming. Getijstroomsnelheden zijn hier relatief gering omdat het vooral een gebied is dat zich tijdens vloed vult en daarna weer ledigt op het ritme van het getij (paragraaf 2.4.2). Als gevolg van de morfologische ontwikkelingen is dit stroombeeld weliswaar veranderd, maar dat heeft niet geleid tot grote veranderingen in het stroombeeld. De maximale getij-gedreven bodemschuifspanningen zijn al lange tijd dichtbij of onder de kritische waarde voor depositie van slib. Omdat zeewater slibdeeltjes bevat zal een deel hiervan uitzakken op de meest rustige plaatsen. Dit was na 1970 vooral in het Rak van Scheelhoek, maar kan nu op meer plaatsen in dit gebied optreden.



Figuur 51: Vloedstroming (geen rivierafvoer) bij Kwade Hoek 2018 (links) en 2003 (rechts)

De vorming van bovengenoemde smalle zandrug is mogelijk te verklaren aan de hand van de het berekende getijstroombeeld. Links in bovenstaande figuur staat het berekende stroombeeld tijdens maximale vloed met de 2018 bodem; de rechterfiguur toont hetzelfde voor 2003. Duidelijk is te zien dat de maximale vloedstroom in 2018 ter hoogte van de kwade hoek groter is en meer “recht door gaat”. Vervolgens verliest de vloedstroom zijn snelheid op de ondiepere delen waar het uitwaaiert (en meer bodemwrijving ondervindt). Met afnemende stroomsnelheden neemt ook het sedimenttransport af, waardoor juist op die plaats sediment wordt afgezet. Dat is terug te zien in de vorm van de zandrug. In 2003 was dit minder duidelijk en dat heeft waarschijnlijk te maken met de minder sterke kromming van het Slikgat ter hoogte van de Kwade Hoek. Het achterliggende mechanisme is dan de traagheid van het water, met als effect dat de massa water niet zo snel “het hoekje” om kan stromen.

Figuur 52 toont de hypothesen ten aanzien van de dominante sedimenttransporten. Het is denkbaar dat tijdens hoger rivierafvoeren, wanneer een deel van het uitstromende rivierwater uitstroomt via Rak van Scheelhoek richting Groene Punt, de hogere delen van de zandrug weer wat afvlakken. Sediment dat daarbij vrijkomt wordt dan richting sedimentatiegebied voor de kust van Voorne getransporteerd, waar het deels tot bezinking komt. Samengevat wordt jaarlijks ongeveer 100.000 m³ sediment vanaf de kust van Goeree via de uitwaaiende vloedstroom vanuit het Slikgat gedeponneerd op voornoemde ondiepe rug, waarvandaan het tijdens hoge spuidebieten voor de kust van Voorne wordt afgezet.



Figuur 52: Mogelijk maatgevende sedimenttransporten – vooroever kust van Voorne

Relatie met morfologische ontwikkelingen elders

Van belang is de aanstroming en doorstroming van het gebied. Die hangt onder andere af van de morfologische ontwikkelingen op en rondom de Hinderplaat (“kan het water er nog omheen blijven stromen?”). Het hangt ook af van de morfologische ontwikkelingen van het Slikgat die weer mede afhangt van de morfologische ontwikkelingen van de Kwade Hoek (of breder gesteld: de kust van Goeree).

3.2.7 Slikgat en kust van Goeree

Typerend morfologisch gedrag

De morfologische veranderingen van het Slikgat zijn in belangrijke mate bepaald door de uitbouw van de kust van Goeree. Die aangroei van de kustlijn gebeurde in het verleden vaak in ‘pulsen’ nadat een zandbank vanaf de vooroever van de Grevelingen via de Bollen van de Ooster aanlandde op de kust. Na ‘versmelting’ met de kust liep deze bank dan als een soort horizontale zandgolf langs de kust naar het oosten waar het uiteindelijk de Kwade Hoek heeft gevormd (in het landschap zijn deze golfsgewijze zandafzettingen nog zichtbaar).

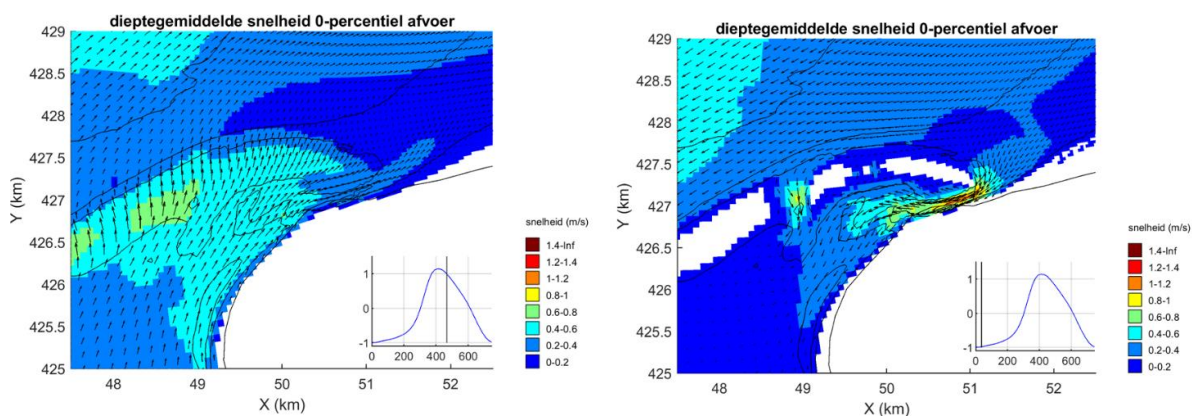
In het kader van de kustlijn zorg heeft Rijkswaterstaat sinds eind jaren zestig in totaal ruim 15 miljoen m³ zand gesuppleerd. Dit is een kunstmatige extra zandvoeding boven op de natuurlijke aanlanding van zandbanken. Onderstaande recente luchtfoto (Figuur 53, februari 2021), laat het actuele aanlandingsproces mooi zien: de punt van de Bollen is de kust inmiddels op minder dan 100 m genaderd. De kust erodeert lokaal, omdat er nog steeds getij door

de steeds smaller wordende opening stroomt. De strandhoofden die hier lang geleden zijn gebouwd en die al jaren 'onder het zand' lagen zijn daardoor weer bloot komen te liggen. Er zijn nieuwe geulen ontstaan dwars over de Bollen van de Ooster, zoals te zien in de figuur.



Figuur 53: Luchtfoto van aanlandingsproces Bollen van de Ooster op kust van Goeree (februari 2021)

Het hydrodynamisch model met modelbodem 2018 toont een stroombeeld waarbij de (zuidgaande) ebstrooming zich door het kortsluitgeultje bij de kust 'perst' en de (noordgaande) vloedstroom meer uitwaaiert (zie onderstaande figuur). Dit is een ander stroombeeld dan bijvoorbeeld 20 jaar geleden toen een kortsluitgeul "De Schaar" langs de westkop van Goeree liep. Met het geleidelijk steeds verder noordwaarts uitbouwen van de Bollen van de Ooster verdween ook deze geul en werd de aanlanding op de kust van Goeree meer een lokaal probleem waarbij een ontgrondingskuil ontstond tussen de plaat en de kust.



Figuur 54: Detail stroombeeld ter hoogte van de kop van Goeree (links: max vloed; rechts: max eb)

Dat in deze ontgrondingskuil de ebstroom sterk is, zoals te zien is in de rechter figuur in Figuur 54, kan als volgt worden verklaard. De vloedstroom treedt op tijdens hoog water en kan daardoor over (lagere) delen van de Bollen uitstromen. Tijdens de zuidgaande ebstrooming, die rond laag water plaatsvindt kan dat niet omdat een groter deel van de plaat dan droogvalt. Tijdens de eb fase moet het water dus door de uitschurende smalle opening stromen.

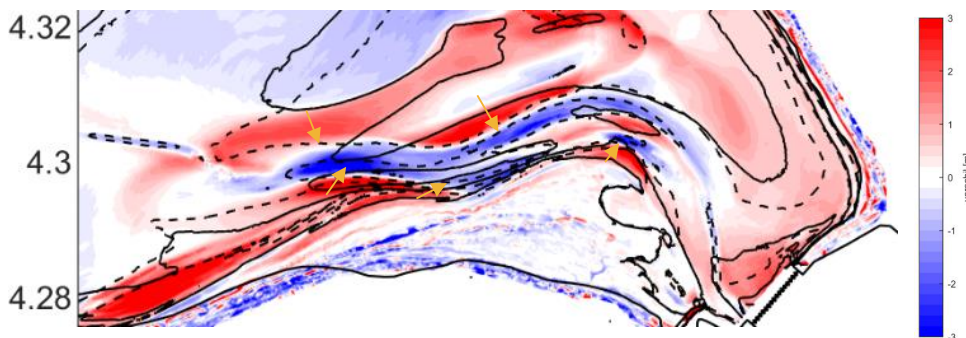
Met de toenemende aanvoer van zand naar de kust van Goeree zal het geultje bij de kust uiteindelijk wel dichtgaan. Dit proces wordt versterkt door de strandsuppletie die Rijkswaterstaat ter plekke uitvoert. Een deel van het suppletievolumen komt in het geultje (Elias, mei 2021, concept). Totdat het geultje dichtgaat zorgt de getijstrooming door het geultje nog voor lokale erosie. Hoe lang dit proces nog doorgaat is zonder nader onderzoek niet in te schatten. Bij de aanlanding

van een grote zandplaat op de kust van Ameland eind jaren tachtig (Bornrif) bleek een vergelijkbare geul langdurig tot kusterosie te kunnen leiden.

Met de kust is ook het Slijkgat met ongeveer dezelfde afstand naar het noorden toe opgeschoven. In deze geul wordt gebaggerd op de ondiepere delen (de drempels) om juist voldoende nautische diepte te garanderen. Sinds 2009 is de afspraak dat een vaargeuldiepte van NAP -5,5 m en een breedte van 100 m wordt gehandhaafd met aan beide zijden van het profiel zogenaamde ‘schouders’ van 50 m breed op NAP -4 m. Vanuit het zuiden wordt de geulwand als gevolg van de uitbouw van de kust van Goeree noordwaarts verplaatst. Na het verdwijnen van het Bokkegat en het daardoor aaneengroeien van diverse grote platen is er ook sprake van zandaanvoer naar het Slijkgat vanuit het noorden. Het gevolg is dat het Slijkgat op meerdere plaatsen van twee kanten wordt ‘geknepen’ (zie oranje pijltjes in Figuur 55). Desondanks blijft de geul op natuurlijke wijze in stand en vult het tijdens opkomend tij het achterliggende kombergingsgebied (voor de kust van Voorne). Daarnaast, zo lieten de modelberekeningen zien (paragraaf 2.4) een belangrijke rol bij het afvoeren van rivierwater tijdens spuien.

Sedimentbalans

Een detail van de berekende sedimentatie / erosie over de periode 2006 – 2018 staat hieronder weergegeven. Het is niet nuttig om één vast omkaderd vak te kiezen om daar de volumeveranderingen voor uit te rekenen (sedimentatie en erosievakken lopen te veel door elkaar heen). Uit een detailanalyse van dwarsprofielen kan worden afgeleid dat de sedimentatie aan de hele noordzijde van het Slijkgat ongeveer 300,000 m³/j bedroeg in de periode na 2012.

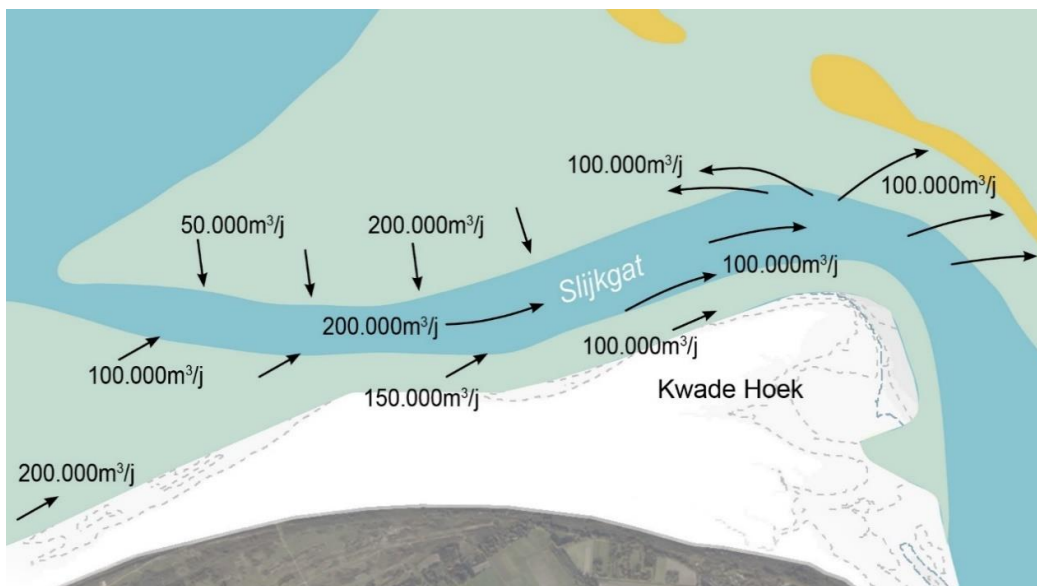


Figuur 55: Sedimentatie-erosie detail Kust van Goeree en Slijkgat 2006-2018

Kenmerkende sediment transport mechanismen

Onderstaande schets geeft de ingeschatte sedimenttransporten in dit gebied weer. Vanaf de westkop van Goeree is aanvoer gemiddeld 200,000 m³/j, een grootte die mede wordt ondersteund door een recente studie van Deltares naar de ontwikkeling van de Kwade Hoek (Elias, mei 2021, concept). De doorbrekende golven opgewekte oostwaartse brandingsstroom is hiervoor het aandrijvende mechanisme. De vloedstroom is in grote delen van het Slijkgat sterker dan de ebstroom omdat het getij snel op en langzamer uitstroomt (getijasymetrie). Dit genereert een netto oostwaarts gericht sedimenttransport in de geul zelf. Met de stroming meegevoerd sediment wordt uiteindelijk afgezet in het ondiepe gebied ten noorden van de Kwade Hoek, zoals beschreven in voorgaande paragraaf. Dit sediment is uiteindelijk afkomstig van de kust van Goeree wat wordt aangevuld met zand afkomstig van de kop van Goeree.

Door golfasymmetrie aangedreven sedimenttransport vanaf de vooroever wordt sediment langs de noordrand van het Slijkgat afgezet. Meer naar het oosten toe (de rechter bovenste pijl in Figuur 55) wordt ook sediment aangevoerd vanuit het Slijkgat zelf tijdens ebstroom aangevuld met (hoge) spuidebieten.



Figuur 56: Mogelijk maatgevende sedimenttransporten – Slikgat

Relatie met morfologische ontwikkelingen elders

Van belang voor de ontwikkelingen in dit gebied is de natuurlijke en kunstmatige zandaanvoer op de westkop van Goeree. Ook van belang is de uitstroming van het spuidebiet tijdens perioden met hoge rivierafvoer, wat weer afhangt van de sedimentatie in het gebied voor de kust van Voorne.

3.2.8 Samenvattend beeld – hele studiegebied

Figuur 57 toont een compilatie van de hiervoor geschetste fysische mechanismen die verantwoordelijk worden geacht voor de waargenomen sedimentverplaatsingen in het gebied. De schets laat zien:

- Het belang van golfwerking op de vooroever waardoor sediment oostwaarts wordt verplaatst. Dit is nog steeds een reactie op de afsluiting van Haringvliet. De invloed van MV2 op dit proces is gering.
- Het belang van golfwerking langs de kusten van MV2 en Goeree, waardoor zand verder het gebied 'in' wordt verplaatst.
- Het belang van golfwerking op hogere plaatdelen waardoor sediment verder oostwaarts kan worden getransporteerd (zowel het opschuiven van de uiteinden van de Hinderplaat als het opschuiven van platen naar de slikken van Voorne)
- Het belang van getijdenstroming in het Slikgat waardoor sediment verder naar het oosten wordt getransporteerd en uiteindelijk voor de kust van Voorne tot bezinking komt.
- Het belang van getijdenstroming en rivierafvoer bij het Hindergat en de naamloze geul waardoor lokale sediment circulatiecellen worden geïnitieerd. Voor het grotere zijn deze geheel overigens niet beeldbepalend.
- Het belang van uitzakken van in zeewater aanwezig slib en fijn sediment op plaatsen waar weinig golfenergie kan komen en waar de stroming beperkt is.



Figuur 57: Conceptueel model van de dominante sedimenttransporten

3.3 Beleidsrelevante deelgebieden

3.3.1 Slikken van Voorne

Dit is het gebied gelegen tussen de Slufterkust, de Brielsche gatdam en de kust van Voorne tot aan de Groene Punt. Voor een analyse van het 'natte' deel van dit gebied wordt verwezen naar paragraaf 3.2.2. Hier worden nog enkele opmerkingen gemaakt over het droge deel van het gebied.

Het slibgehalte van het strand is hoog. Dat komt omdat er weinig golfwerking is door het luwte-effect van de voorliggende platen. De 'verslibbing' is primair het gevolg van de afsluiting van de Brielsche Maas, waardoor getijdenstromen hier niet meer optraden. Een tweede oorzaak is de golfuwte die ontstond na de opbouw van de Hinderplaat en andere platen sinds de aanleg van de slufter.

Door de wind aangedreven zandtransport heet eolisch zandtransport. Het ontstaat door de energieoverdracht van wind op de bodem. Als het oppervlak niet begroeid en droog is leidt dit tot verstuiwing. De voorste duinen bij de Groene Punt zijn door de vrije werking van de wind sterk gekerfd (zie foto Figuur 58). Daardoor wordt er met de overheersende westenwind zand vanaf het strand en de voorste duinen verder het dungebied ingeblazen. Uit studies van onder andere Arens (2009) is gebleken dat dit zandtransport orde 10 - 25 m³/m/j kan bedragen. Over een afstand van ongeveer 500 m zou dit proces een landwaarts zandtransport van 5.000 – 12.500 m³/j kunnen veroorzaken. Daarbij komt nog het zandverlies vanaf de voorste duinenrij tijdens stormen (dat is dan zeewaarts gericht).



Figuur 58: Gekerfde duinen bij de Groene Punt

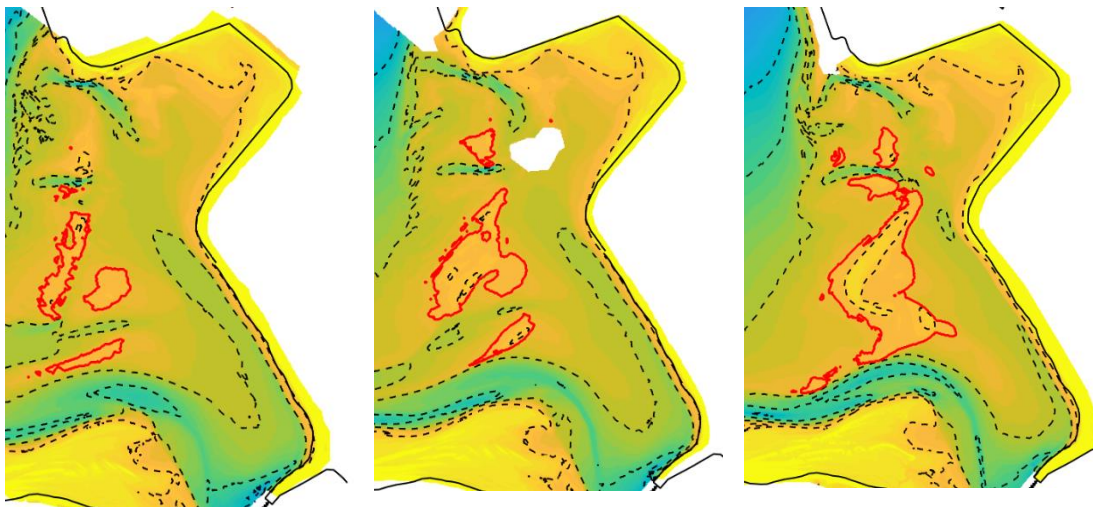
3.3.2 Kust van Voorne

Dit is het rechte stuk van de kust van Voorne tussen Groene Punt en de aanzet tot de Haringvlietdam: tussen RSP 10 km en RSP 16 km (Figuur 1 voor paalnummering). Aanvullend op hetgeen al is geschreven in paragraaf 3.2, is voor de natuur in het duingebied zoutspray van belang. Zoutspray wordt veroorzaakt door brekende golven die zoutaërosolen losmaken van het wateroppervlak. De aanwezige wind zorgt vervolgens voor het transport van deze aërosolen, die elders weer neerslaan. Zoutspray wordt algemeen gezien als een belangrijke randvoorwaarde bij de successie en variatie van duinvegetaties. De zoutdepositie in de duinen wordt bepaald door de hoeveelheid aërosolen die de duinen weten te bereiken. En dat hangt vooral af van de emissie van aërosolen door golfbreking direct op de kust voor het duin. Ook de golven die op de verder uit de kust gelegen platen breken kunnen wel bijdragen aan de zoutspray in de duinen, maar omdat de grotere deeltjes uitzakken voordat ze de duinen bereiken zijn het vooral de kleinere deeltjes die bij voldoende windsnelheid alsnog de duinen kunnen bereiken. De depositie van zoutspray hangt dus af van twee factoren: de mate van energiedissipatie door brekende golven, en de afstand daarvan tot de kust. Hoe hoger een plaat voor de kust, des te meer golven er breken en dus ook hoe groter de dissipatie. Als de afstand van golfbreking tot de kust meer dan 500 m is, dan is de bijdrage aan de jaarlijkse zoutspray gering. Als er weinig of lage platen voor een kust liggen dan treedt golfbreking dicht onder de kust plaats, waardoor een grotere zoutspray kan optreden. Er is dus een duidelijk verband tussen zoutspray en bodemveranderingen voor de kust.

Er is alleen kwantitatief iets over zoutspray te zeggen als de hele keten van zoutspray productie, transport en depositie wordt gevolgd. Dat is in dit onderzoek niet mogelijk en evenmin is dit in eerdere onderzoeken aan de orde geweest. Wat wel kan is het visualiseren van de veranderingen in de tijd van de ligging van de volgende dieptezones:

- Alles dieper dan NAP -4 m. Dit is niet interessant omdat hier (doorgaans) geen golven breken.
- Alles tussen NAP -4 m en NAP -1 m. Hier treedt weliswaar golfdissipatie op, maar dan vooral door bodemwrijving en minder door golfbreking.
- Alles tussen NAP -1 m en NAP +1 m. In deze zone breken de meeste golven.

Van links naar rechts is deze zone in onderstaande figuur getoond voor 2003, 2009 en 2018. Het plaatareaal is in oppervlakte en hoogteligging toegenomen en ligt op meer dan 500 m uit de kust. De golfbreking op het strand van Voorne zal dus zijn afgenomen en daarmee ook de zoutspray.



Figuur 59: Plaatareaal boven NAP -1 m voor 2003 (links), 2009 (midden) en 2018 (rechts)

De samenstelling van strandzand hangt mede af van de aanwezige golfwerking. Als er veel golven zijn, dan spoelen de fijnere korrelfracties makkelijker uit. Vanwege de afname van de golfenergie die de kust van Voorne kan bereiken is het strand slibbiger geworden. Dit is bijvoorbeeld goed te zien aan de voetafdrukken op het strand die dieper wegzakken dan gebruikelijk op een zandstrand (Figuur 60).



Figuur 60: Voetafdrukken in het slib op het strand van Voorne

3.3.3 Haringvlietdam

In een aantal fasen werd in de periode 1957-1970 gewerkt aan de bouw van de dichte dam (noordelijk deel) en het sluisencomplex (zuidelijk deel). Het spuien van rivierwater door het sluisencomplex is betrekkelijk gering (gemiddeld minder dan 1000 m³/s), uitgezonderd extreme situaties waarbij debieten van meer dan 10,000 m³/s kunnen optreden. Er wordt alleen tijdens de ebfase van het getij geloosd.

Aan beide kanten van de spuisluizen zijn na de bouw relatief diepe ontgrondingskuilen ontstaan, waarvan alleen de kuil aan de zeewaartse kant nog zichtbaar is in de bodemprofielen. Er is inmiddels sprake van een dynamische evenwichtsdiepte. Omdat de (betonnen) drempel van de spuisluizen hoger ligt dan de grootste diepte van de ontgrondingskuil treedt hier een ingewikkeld 3-dimensionaal stroombeeld op. Verwacht mag worden dat bij een gedeeltelijke geopende sluis er een horizontale straal uit een spleet schiet met boven en onder een dekneer (horizontale as) en onder de straal en in de woelkuil ook neren met veel turbulentieontwikkeling kunnen voorkomen. Verwacht mag worden dat door de hoge snelheden in de spuistraal zich naast de uitstroming uit de spuisluizen gebieden met neerstroming (verticale as) zouden ontwikkelen. Dit complexe lokale stroombeeld dat in hoge mate afhangt van welke schuiven wanneer en hoe worden bediend, leidt ertoe dat de relatieve diepte vlak voor de sluizen in stand blijft en ondanks de grootschalige sedimentatie in het studiegebied nagenoeg niet verder is opgevuld. De uitstroming van rivierwater is dus sinds de aanleg niet in het geding geweest.

Sinds 2019 is de Kier-variant van toepassing. In hoofdstuk 5 wordt nader ingegaan op de mogelijke invloed op de morfologie van het studiegebied.

3.3.4 Kust van Goeree

Dit deelgebied loopt vanaf het havenhoofd langs de strandvlakte de Kwade Hoek, langs de kust van Goeree tot en met de kop van Goeree. In paragraaf 3.2.6 is de interactie van dit deelgebied met het voorliggende Slijkgat beschreven.

De 'puls-gewijze' uitbouw van de kust na iedere aanlanding van een nieuwe zandbank vanaf de vooroever of na iedere strandsuppletie, heeft er ter hoogte van Ouddorp toe geleid dat het strand een iets dieper deel had waarin zich fijner materiaal afzette. Een vergelijkbaar proces trad op langs de kusten van Ameland en Schiermonnikoog na de (natuurlijke) aanlanding van grote zandbanken vanaf de daar voorliggende buitendelta's. Ter hoogte van Ouddorp leidde dit tot een wat slibbig stuk strand tussen de strandpaviljoens en de waterlijn. Pas na verder ophoging door verstuvend zand zal deze lokale drassigheid afnemen en ontstaat er een hoger liggend strand.

De Kwade Hoek is onderdeel van het duinlandschap van Goeree en is een omvangrijk beschermd natuurgebied beheerd (Natura2000). Sinds de afsluiting van het Haringvliet is dit gebied in oppervlakte aanzienlijk toegenomen. Daarvoor was het een gebied waar sterke stromingen en verplaatsende zandbanken tot menig schipbreuk heeft geleid (vandaar ook de naam: "Kwaaien Hoek"). Het gebied heeft een markant reliëf dat verband houdt met de wijze waarop de kust is uitgebouwd: in 'golven'. Zo zijn de zichtbare zee-repen en sluffers in het gebied ontstaan. In de waterhuishouding van het gebied spelen zout en zoet water een belangrijke rol. Zout water komt het gebied vanuit het oosten in op het ritme van de getijden. Het zoute water stroomt verder het gebied in via kleinere kreekjes. Regenwater brengt zoet water in het gebied dat in sommige duinen meer naar het westen heeft geresulteerd in zoetwaterbuffers.

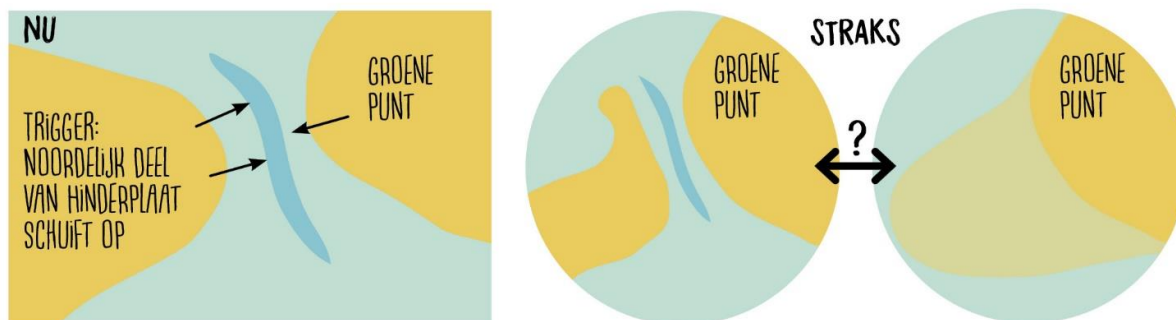
4 Toekomstige morfologische veranderingen

4.1 Inleiding

Net als het voorspellen van het weer is het maken van morfologische voorspellingen omgeven door onzekerheden. In het algemeen geldt dat hoe kleiner de ruimtelijke ontwikkelingen waarnaar wordt gekeken, des te korter is de termijn waarop voorspellingen enige realiteitswaarde hebben. Op de schaal van het hele studiegebied is het dus makkelijker voorspellen dan wanneer bijvoorbeeld naar de lokale veranderingen van het Hindergat wordt gekeken. Neem bijvoorbeeld het krachtspel tussen golven en getijden die na de afsluiting van het Haringvliet in 1970 wezenlijk anders werd. De 'getijdenkracht' verdween vrijwel geheel waardoor de golven vrij spel hadden om zand vanaf de vooroever landwaarts te verplaatsen. De aanwezige hoeveelheid golfenergie en de omvang van het mondingsgebied bepalen hoelang het duurt voordat er hier weer een nieuw evenwicht in kan worden bereikt. Gelet op de transportcapaciteit van de golven (orde $50 \text{ m}^3/\text{m}^1/\text{j}$) en hoe veel verder de vooroever nog richting Haringvlietdam en kust van Voorne (km's) is het de algemene verwachting dat dit nog wel 50 jaar kan duren. Dit betekent een aanpassingsduur van ongeveer een eeuw wat overeenkomt met vergelijkbare grootschalige aanpassingen elders langs de Nederlandse kust (zoals bijvoorbeeld de afsluiting van het Lauwersmeer met de daaropvolgende grootschalige morfologische veranderingen in de keel van het zeegat en de kust van Schiermonnikoog). Dit grootschalige doorgaande proces richting een nieuwe balans tussen golven en getijdenstroming is dus redelijk voorspelbaar, maar kleinschaliger veranderingen zijn dat op die termijn niet. Een voorbeeld van die kleinschalige dynamiek is te zien in Figuur 37 (zuidkust Slufterdam). Maar ook nadat de vooroever op termijn niet verder kan opschuiven zal er geen sprake zijn van een statische bodemligging. Er zullen altijd op een kleinere schaal bodemvariaties ontstaan en weer veranderen. Dat is inherent aan een dynamisch kuststelsel.

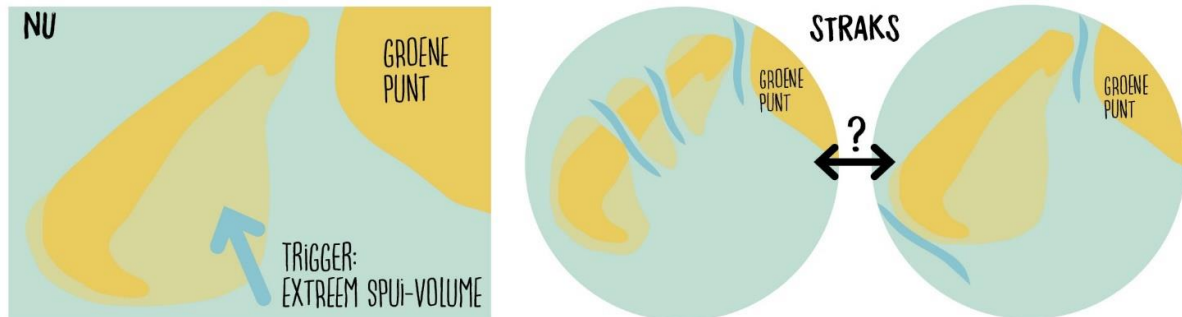
De realiteitswaarde van morfologische voorspellingen hangt - afgezien van de beschouwde ruimtelijke schaal en tijdshorizon - ook af van het optreden van mogelijke omslagpunten (tipping points). Dat is een situatie die - als het zich voordoet - de morfologie in een 'andere richting' uit laat gaan. Een voorbeeld hiervan is het moment dat het kortsluitgeultje tussen de kust van Goeree en het uiteinde van de Bollen van de Ooster dichtgaat (zie foto in Figuur 53). Pas daarna - dus na dat 'tipping point' - kan het zand vanaf de vooroever langs de kust van Goeree verder naar het oosten worden getransporteerd. Op basis van het opgestelde conceptuele model (Figuur 57) zijn drie mogelijke tipping points geïdentificeerd:

1. De aanlanding van het noordelijk deel van de Hinderplaat aan de kust van Voorne ter hoogte van de Groene Punt. Daar lag voorheen het Rak van Scheelhoek en momenteel nog het restant daarvan. Recente JARKUS metingen suggereren dat er lokaal uitschuring plaatsvindt ter hoogte van de Groene Punt (RSP 10.020 km - RSP 10.060 km), wat een teken kan zijn van lokale geulvorming. De vraag is nu wat hier gaat gebeuren: groeit hier een geul uit die een stukje kombergingsgebied voor de kust van Voorne verbindt met de Naamloze Geul? Of verzandst deze geul als gevolg van zandaanvoer vanaf het noordelijk deel van de Hinderplaat en wellicht op termijn ook vanaf het strand zelf mocht daar worden besloten tot een strandsuppletie (zie ook hoofdstuk 6). Als de geul niet stabiel blijft kan een grote hoeveelheid zand vanaf de Hinderplaat op natuurlijke wijze aanlanden op de kust van Voorne. Daardoor zal het strand snel veel breder kunnen worden en de sedimentatie voor de kust toenemen.

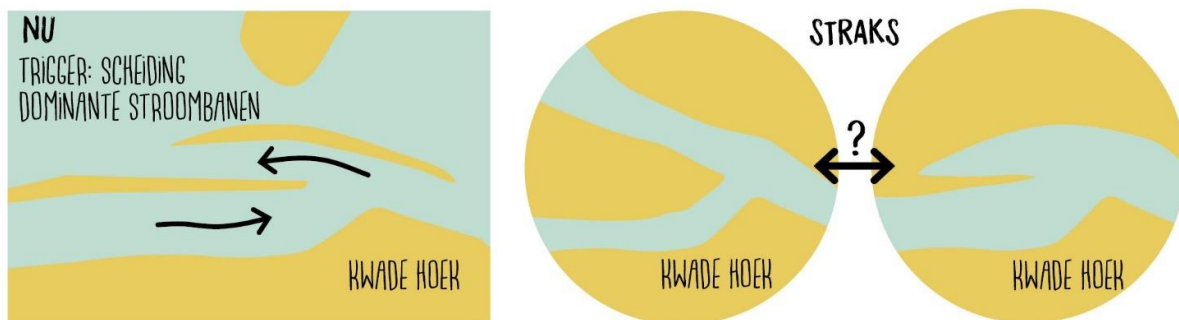


2. Een deel van het spuidebiet stroomt momenteel over het langgerekte Hinderplaatcomplex heen. In de jaren negentig brak de toenmalige Hinderplaat tijdens extreme spuivolumes uiteen (de extreme rivierafvoeren medio jaren negentig komen statistisch gezien ongeveer eens per 100 jaar voor). Door de hoge stroomsnelheden op de plaat ontstonden destijds diverse geultjes dwars door de langgerekte Hinderplaat heen. Dit kan in theorie nog steeds gebeuren bij een extreem spuidebiet maar de kans daarop is kleiner geworden. Dat komt omdat de plaat hoger en breder is dan destijds en het gebied ten oosten ervan (dus van waar het spuiwater komt) veel ondieper is geworden. Tijdens extreem hoge spuivolumes stroomt het rivierwater dan vermoedelijk vooral via het Slijkgat naar buiten zoals de uitgevoerde stromingsberekeningen voor de 99 percentiel situatie bevestigen. Toch is het niet uit te sluiten dat onder

extreme omstandigheden nieuwe geulen dwars over het huidige Hinderplaat-complex ontstaan. Voor de grootschalige sedimentatie betekent dit een “stap terug in de tijd”, omdat er dan immers weer sediment richting vooroever wordt verplaatst. Het zal dan weer jaren duren voordat de golven de eerdere situatie met aaneengesloten bankensysteem heeft hersteld.



3. Halverwege het Slijkgat is volgens de berekeningen al sprake van een splitsing in een vloedstroom-gedomineerde geul aan de zuidzijde (kust van Goeree) en een ebstroom-spuidebiet gedomineerde geul aan de noordzijde. Hiertussen ontwikkelt zich een langgerekte ondiepte die de beide dominante stroompatronen als het ware separeert. Op dit moment is nog sprake van één doorgaande geul maar het is theoretisch mogelijk dat de noordelijke tak een 'eigen' noordelijke uitstroming krijgt die bovendien beter aansluit op de hoofdrichting van de getijstrooming op zee tijdens de eb fase. Als zich een dergelijke geulsplitsing voordoet, dan zal de sedimentatie voor de kust van Voorne minder worden.



Figuur 61: Illustratieve schetsen van de drie tipping points

De trigger voor het eerste en derde tipping point zijn geleidelijke processen dus in theorie enigszins herleidbaar. Maar omdat het hier een instabiliteit op kleine ruimtelijke schaal betreft is het voorspellen van wat er precies gaat gebeuren niet goed mogelijk. De trigger voor de tweede mogelijke tipping point is het optreden van een extreem hoog spuivolume en dat wordt bepaald door het stochastische gedrag van het weer (namelijk rivierafvoer).

Hoe langer het duurt voordat een extreem spuidebiet optreedt van orde eens per 100 jaar of extremer, des te kleiner wordt de kans dat het Hinderplaat-complex uiteenvalt. Dat heeft dan te maken met de sedimentatie tussen Haringvlietdam en Hinderplaatcomplex dat naar alle verwachtingen gewoon doorgaat. Als die extreme rivierafvoer zich binnen enkele jaren voordoet, dan is het ontstaan van stroomgeulen over de Hinderplaat heen nog wel denkbaar. Hier rust dus een grote onzekerheid op.

De in dit hoofdstuk gegeven voorspellingen gaan uit van het huidige beleid (paragraaf 2.2):

- Handhaving van de basisKustLijn in kader van kustonderhoud (door middel van suppleties).
- Op minimaal NAP -5,5 m diepte houden van een 100 m brede vaargeul door het Slijkgat (door middel van baggeren). Hierbij wordt aangetekend dat de vaarroute zelf in de toekomst mogelijk verlegd zal moeten worden in een situatie waarbij duidelijk een nieuwe geul 'wil' ontstaan (tipping point 3).
- Vasthouden aan de vastgestelde normen voor kustveiligheid (door middel van duinsuppleties).
- Huidig spuiregime voor overtollig rivierwater in combinatie met de Kier-variant.

De onzekerheid of een tipping point zich op een bepaalde termijn nu wel of niet voordoet kan worden vertaald in een drietal scenarios. Het eerste scenario is het meest waarschijnlijk, omdat:

- De 'zanddruk' vanaf het noordelijk deel van de Hinderplaat op het geultje voor de Groene Punt groot is. Bovendien is het beleid dat eventuele kustachteruitgang hier als gevolg van het opschuiven van het geultje in de toekomst zal worden beperkt (met extra zandsuppleties).
- De omvangrijke sedimentatie in het gebied 'achter' de Hinderplaat (dus ten oosten ervan: voor de kust van Voorne) maakt het steeds lastiger voor de plaat om tijdens storm of hoge spuidebieten uiteen te vallen (zoals in de jaren negentig). Bovendien laten de stroomberekeningen zien dat het meeste rivierwater bij hoge spuidebieten via het Slijkgat naar zee stroomt (de 'weerstand' over en rondom de Hinderplaat is namelijk groot). Om deze reden is in elk van de drie scenario's de inschatting of het tweede tipping point zich voordoet "nee".
- Het Slijkgat zal via actief beheer langer in stand worden gehouden om de vaargeul naar de haven van Stellendam intact te houden. Ook is de geul van (toenemend) belang voor de uitstroom van rivierwater. Daarom is de verwachting dat zodra de geul zich dreigt te gaan splitsen, dat dan actief zal worden ingegrepen om de bestaande belangen te dienen (voortzetting staand beleid).

Scenario 1 : "brede kust van Voorne"

De geul onder de kust van Groene Punt gaat in dit scenario binnen 10 jaar dicht; het Hinderplaat-complex breekt niet door tijdens storm of hoge spuidebieten, en het Slijkgat splitst zich niet op in twee afzonderlijke geulen. De antwoorden op de vraag of de drie tipping points zich voordoen is in dit scenario dus: "nee – nee – nee".

Scenario 2 : "Geul langs Groene Punt"

De antwoorden op de vraag of de drie tipping points zich voordoen is in dit scenario: "ja – nee – nee". Er wordt aangenomen dat een landwaartse migratie van de stabiele getijgeul bij de Groene Punt niet wordt tegengegaan door een strandsuppletie. In hoofdstuk 6 wordt beargumenteerd dat omwille van het waarborgen van de kustveiligheid dergelijke suppleties ter hoogte van de groene Punt – afhankelijk van bepaalde aannames – wel noodzakelijk zou kunnen worden. In dat geval wordt dit scenario uiterst onwaarschijnlijk en wordt scenario 1 (geen geul) realiteit.

Stroming door de geul is overheersend noordwaarts (uitstroming spuidebiet en uitstromend eb-getij) wat in dit scenario sediment richting de slikken van Voorne afvoert. Het geultje blijft een stukje vloedkom vullen dat achter de Hinderplaat ligt zoals beschreven in paragraaf 2.4.2. Pas op lange termijn (na 2040), als dit kombergingsgebied voldoende is verondiept (tot boven gemiddeld water) zal de geul verder in omvang afnemen waarna het eerste scenario in werking treedt. Totdat dat zich voordoet is dit scenario op hoofdlijnen een continuering van de huidige morfologische processen in het gebied.

Scenario 3 : "twee-geulensstelsel"

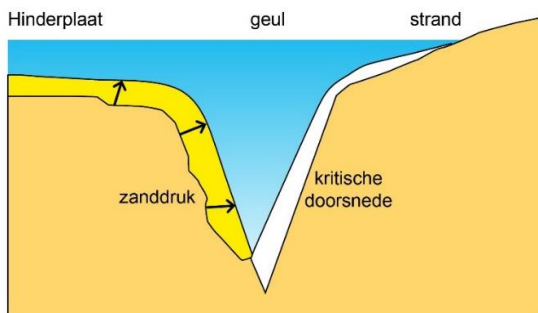
De antwoorden op de vraag of de drie tipping points zich voordoen is in dit scenario: "nee – nee – ja". In dit scenario is het uitgangspunt dat het oostelijk deel van het Slijkgat alsnog een eigen uitweg naar zee ontwikkelt. Bijvoorbeeld geleidelijk na verloop van tijd of abrupt tijdens een extreem spuidebiet. De vloed blijft vanuit het zuiden langs de kust van Goeree het gebied inkomen, terwijl de ebstroming dan de route van de meer centraal gelegen ebgeul volgt. Deze vul- en ledigingsstromen oriënteren zich dan op de grootschalige getijbeweging op open zee (getij-ordening). Beide geulen zijn dan wel kleiner (ondieper en smaller) dan het Slijkgat, wat betekent dat er in die situatie met twee geulen meer onderhoudsbaggerwerk nodig zal zijn. Omdat het gebied voor de kust van Voorne steeds ondieper wordt, zal de zogenaamde komberging ervan ook afnemen: er stroomt minder vloedwater naar toe. Dat zal ertoe leiden dat de beide geulen op de lange termijn verder in doorsnede afnemen (er is immers een lineair verband tussen oppervlakte doorsnede en hoeveelheid water dat er doorheen stroomt), totdat uiteindelijk alleen een afwateringsgeul van rivierwater door het gebied loopt. Het effect van zeespiegelstijging is precies omgekeerd: dan moet er juist meer water het gebied in stromen (het getijprisma neemt dan minder af) wat de geulen langer in stand kan houden. In dit scenario verzandt het geultje bij de Groene Punt (er stroomt te weinig water om nog een derde geul stabiel te houden) en blijft het Hinderplaat-complex aaneengesloten.

Het resultaat van een morfologische voorspelling is een schets van hoe de toekomstige bodem er in een bepaald jaar uit ziet. Het grote nadeel van zo'n schets is dat het een vast beeld geeft en daarmee een schijnzekerheid suggereert. Het is dan ook belangrijk om bij morfologische voorspellingen altijd bandbreedtes aan te geven waarbinnen bepaalde morfologische kenmerken zich bevinden. Voorkomen moet worden dat deze bandbreedtes te ruim worden ingeschat, waardoor de afgegeven voorspellingen beleidsmatig gezien minder bruikbaar worden. Morfologisch voorspellen is dus enerzijds het mee laten wegen van alle onzekerheden en anderzijds het inschatten van wat zou kunnen gebeuren. De ene morfoloog zal daarbij verder durven vooruitkijken en meer detail durven tekenen dan een andere.

Voor de effect-bepaling is het belangrijk om veranderingen in dieptezones te voorspellen. Veel van de effecten kunnen daar immers uit worden afgeleid. Het werken met concrete getallen maakt het bovendien beter mogelijk om bandbreedtes in de voorspellingen aan te geven dan het tekenen van één (of verschillende) toekomstbeelden. De verkennende aard van deze morfologische studie laat geen uitvoerig bandbreedte-onderzoek toe waarin bijvoorbeeld met rekenmodellen stapsgewijs input parameters worden gevarieerd. In plaats daarvan zijn de bandbreedtes zelf een professionele inschatting die gebaseerd is op waarnemingen en de hierboven beschreven onzekerheden.

4.2 Toekomstige morfologie bij “Brede kust van Voorne”

De verwachting is dat het dichtgaan van het geultje ter hoogte van de Groene Punt niet gebeurt vòòr 2025 en waarschijnlijk wel in periode daarna tot 2030. Deze veronderstelling is gebaseerd op de hoeveelheid zand die nog nodig is (en hoelang dat duurt) om de tegenover elkaar liggende geulwanden elkaar bij de teen te laten snijden (zie schets in Figuur 62), waardoor een soort “V-profiel” ontstaat. Dit kan in theorie al binnen 1 of 2 jaar het geval zijn, maar de verwachting is dat het geultje eerst nog zal opschuiven richting het strand en lokaal tot stranderosie zal leiden. Dit verschijnsel is vergelijkbaar met het aanlandingsproces van de noordelijke platen van de Bollen van de Ooster op de westkop van Goeree, waarbij op dit moment ook lokaal enige stranderosie is te zien die zal worden gelimiteerd door de aanwezige strandhoofden en de ter plaatse uitgevoerde strandsuppletie. Zou ter hoogte van de Groene Punt de komende jaren een strandsuppletie worden uitgevoerd, bijvoorbeeld in het kader van de kustveiligheid (Hoofdstuk 6), dan kan het geultje snel dichtgaan.

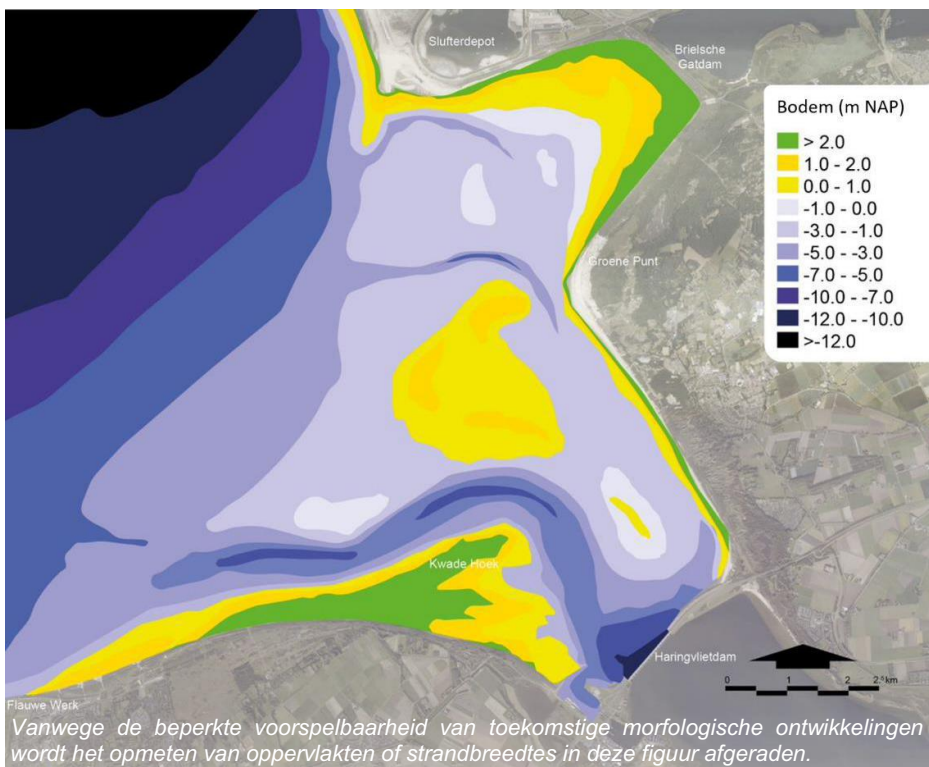


Figuur 62: schematische weergave geulwanden Groene Punt

In de situatie 2025 (Figuur 63) verandert er dus ten opzichte van de huidige situatie niets wezenlijks. De waargenomen sedimentatie van het gebied vòòr de slikken van Voorne gaat door, evenals de ruimtelijke uitbreiding van de ondiepe en droogvallende platen voor de kust van Voorne. De verwachting op basis van de geschetste sedimenttransporten is dat deze trend min of meer in dezelfde mate doorgaat. Alleen het optreden van extreme weersomstandigheden (stormen of spuidebieten die zich ruwweg minder dan eens per 50 jaar voordoen) kan dit proces wezenlijk verstoren. Bij het schetsen van de toekomstbodem S1-2025 (Scenario 1 – tijdhorizon 2025) is hier geen rekening mee gehouden.

Ook de kust van Goeree bouwt verder zeewaarts uit waarbij dit tot 2025 vooral in de westelijke helft zal gebeuren. Een deel van het zand dat nu op de westkop wordt gesuppleerd zal als een 'zandgolf' langs de kust naar het oosten worden verplaatst, zoals dit in het verleden al meermaals is gebeurd. Tot die tijd kan de scheiding van vloed- en ebstroming in het Slijkgat en hert daardoor zuidwaarts uitbochten van de zuidelijker vloedgeul leiden tot tijdelijke kusterosie.

Het scenario waarbij er geen geulen meer voorlangs de Groene Punt of over het Hinderplaatcomplex lopen, is volgens de verwachting in 2030 realiteit. Tipping point 1 is dan bereikt (aanlanding van de Hinderplaat op de kust van Voorne). Alleen zeer extreme weersomstandigheden (extreem spuidebiet of extreme storm) zouden dit moment in de tijd naar achteren kunnen schuiven of zelfs zo veranderen dat tipping point 2 ontstaat (uiteenvallen van Hinderplaatcomplex).

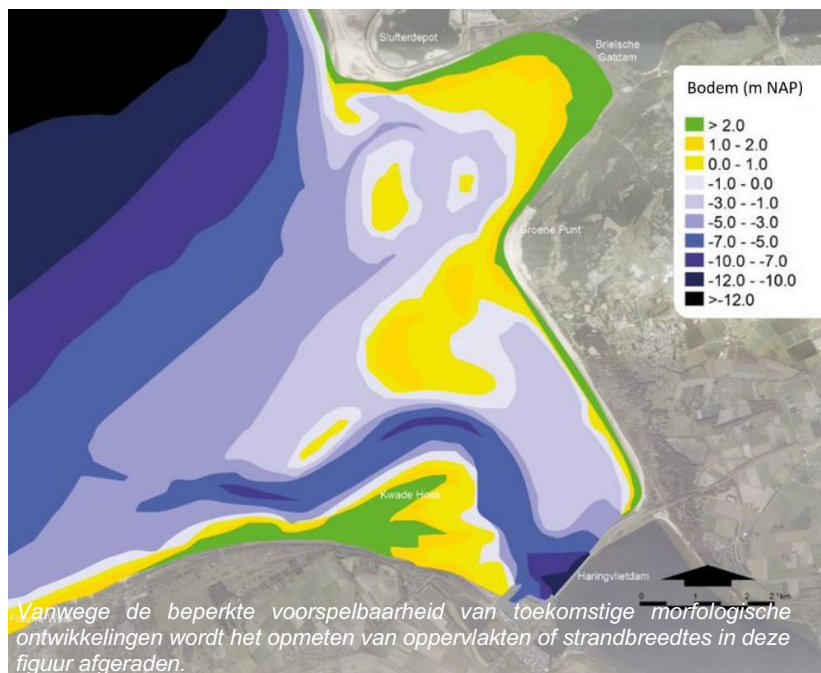


Figuur 63: Mogelijk toekomstige bodem anno 2025 - Scenario 1

In 2030 (Figuur 64) hebben zich feitelijk twee gescheiden kombergingsgebieden gevormd: één voor de Slikken van Voorne en één voor de kust van Voorne. De hydraulische scheiding tussen beide kommen wordt gevormd door de kustuitbouw bij de Groene Punt. Het tegen die tijd ongeveer 1 km verder oostwaarts liggende Hinderplaatcomplex is omvangrijker en hoger geworden. De toename van het sedimentvolume bedraagt ruim tien miljoen m³ dat neerkomt op lineaire extrapolatie van de ontwikkelingen in de afgelopen tien jaar. Van het voormalige Rak van Scheelhoek is in deze situatie (vrijwel) niets meer over. Het gebiedje voor de Slikken van Voorne zal met het getij vol- en leegstromen via vermoedelijk één hoofdgeultje die iets zuidelijker zal liggen dan het huidige Hindergat (in verband met de verdere uitgroei van de strandhaak met voeding vanaf de MV2 kust). Mogelijk dat er een kleiner geultje het zuidelijke stuk van dit gebied vult en ledigt, maar dat is op deze ruimtelijke schaal niet te voorspellen.

Langs de kust van Goeree en in het Slijkgat is in dit scenario een voortzetting voorzien van de huidige trends, dat wil zeggen: aangroei van de kust (nu verder naar het oosten tot aan de Kwade Hoek) en een aanzienlijke onderhoudsinspanning in de vaargeul waar in 2030 niet alleen in de huidige drempelgebieden moet worden gebaggerd maar ook op meerdere plekken in de geul.

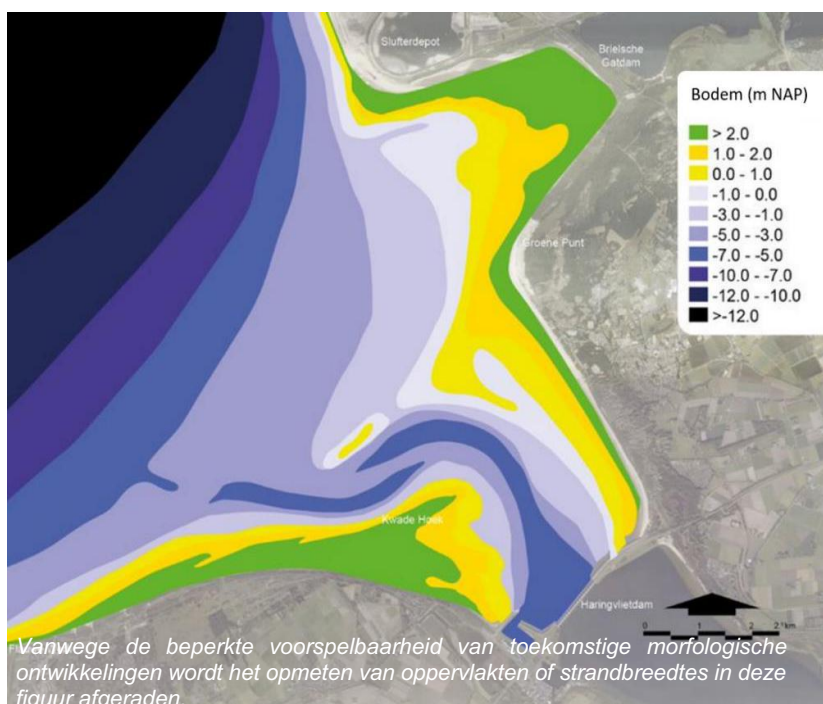
Met de nu ontstane morfologie en uitgaande van het conceptueel model, staan de morfologische ontwikkelingen in de jaren na 2030 in het teken van een gestage verondieping van de beide kombergingsgebieden voor de Slikken van Voorne en voor de kust van Voorne. De mate waarin, hangt af van de aanvoer van sediment, waarbij slib zich zal afzetten in de sedimentatiegebieden achter de platen en zand hoofdzakelijk zal worden afgezet langs de kusten en langs de hogere plaatranden. Op de lange termijn, zeg vanaf 2030 tot 2060 zal er een geleidelijke afname zijn van de sedimentatie in het gebied. Dat komt omdat de grootste aanpassing aan de afsluiting van het Haringvliet (het landwaarts opschuiven van de vooroever door golfwerking) dan naar een nieuw evenwicht is gegaan. De sedimentatie in het gebied gaat dan nog wel door, maar minder en voornamelijk als gevolg van zandtoevoer via de kusten van Goeree en MV2, en depositie van slib in golf- en stromingsluwe zones.



Figuur 64: Mogelijk toekomstige bodem anno 2030 - Scenario 1

Zeespiegelstijging werkt het proces van sedimentatie tegen: daardoor verdiept het gebied juist. Hoewel bij zeespiegelstijging de waterstand hoger komt te liggen, is de aanvoer van sediment dan vermoedelijk niet wezenlijk anders. Het effect van zeespiegelstijging is daarom naar verwachting tot 2060 kleiner dan het effect van sedimentatie. Alleen bij zeer snelle zeespiegelstijging (paragraaf 4.5), zou sprake kunnen zijn van onvoldoende sedimentatie in het gebied, waardoor per saldo het gebied weer dieper kan worden.

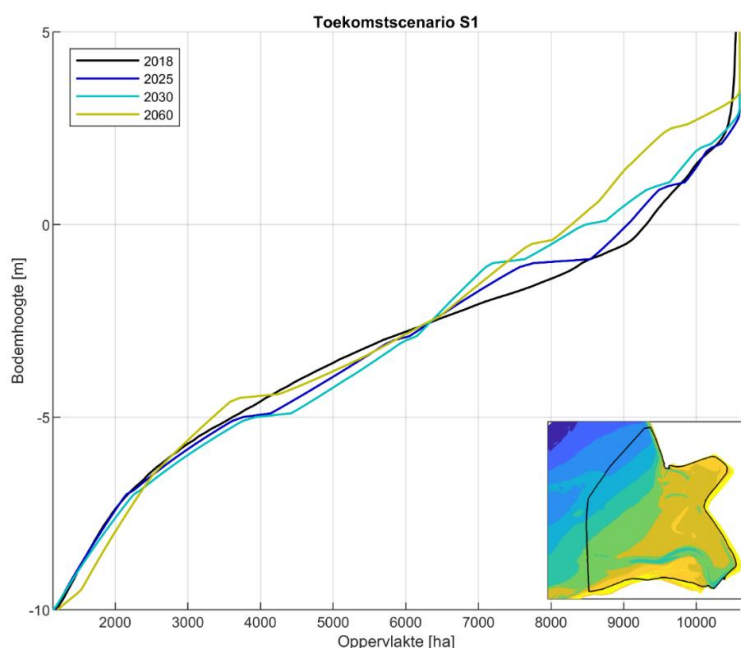
Bij het schetsen van de toekomstige bodem 2060 is geprobeerd om het netto-effect van zeespiegelstijging, de geleidelijk afnemende sedimentatie en de doorgaande zandtoevoer langs de aanpalende kustvakken te verdisconteren (Figuur 65). Er zijn geen toekomstbodems geschetst voor 2040 en 2050, omdat die schetsen weinig toevoegen aan de toekomstverwachtingen (ze liggen tussen die van 2030 en 2060 in).



Figuur 65: Mogelijk toekomstige bodem anno 2060 - Scenario 1

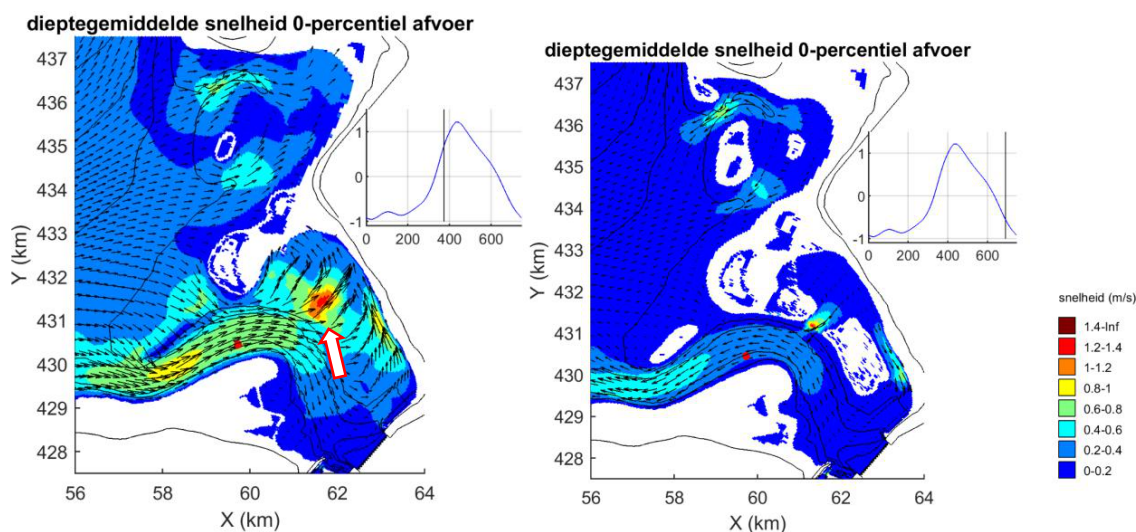
De geschetste toekomstbodems voor 2025, 2030 en 2060 hebben alleen als doel om te laten zien hoe de toekomstige morfologie van het gebied eruit kan komen te zien. Het is praktisch gezien niet goed mogelijk om bij het maken van dergelijke schetsen de sedimentbalans in alle deelgebieden precies goed te houden. Dat zou alleen kunnen door telkens na het maken van een schetsversie de schets te digitaliseren, te bewerken zoals de databewerking in paragraaf 2.5 en vervolgens de bodem weer te corrigeren net zolang totdat alles weer klopt. Een dergelijk bewerkelijke exercitie past niet bij de verkennende aard van deze opdracht en is ook niet nodig gelet op de verkennende fase waarin de besluitvorming van de meeste coalitiepartijen zich bevindt.

Een globale toets op de sedimentbalans van de voorspellingen is gedaan door middel van het berekenen van de hypsometrische curves voor de geschetste toekomstbodems. Daarmee wordt immers in één oogopslag duidelijk hoe de sedimentbalans over de verschillende dieptezones volgens de schets verandert. Het resultaat is te zien in onderstaande Figuur 66 voor het omkaderde gebied (dieptes onder NAP -10 m worden niet getoond). Dit deelgebied wijkt iets af van de figuur in paragraaf 2.5.3 en heeft een totaal oppervlak van bijna 10.600 ha. Uit de hypsometrische curves van de geschetste toekomstige bodems blijkt dat het oppervlakte van de dieptezones boven NAP -3 m gestaag toenemen. De diepere zones (onder NAP -5 m) nemen in eerste instantie nog toe qua oppervlakte, maar ook die sedimenteren op de lange termijn. De totale sedimenttoename boven NAP -3 m van 2018 tot 2060 is in de gemaakte schets ongeveer 30 miljoen m³. Deze waarde komt overeen met een verwachte gemiddelde sedimentatie van 1 miljoen m³/j (over 40 jaar is dat 40 miljoen m³) minus het effect van mogelijk 30 cm zeespiegelstijging (tot 2060) wat overeenkomt met een toename van het volume water van ongeveer 10 miljoen m³ in het gebied boven NAP-3m. Hieruit wordt geconcludeerd dat de sedimentbalans van de geschetste toekomstbodem redelijk bewaard is gebleven tijdens het handmatig schetsen.



Figuur 66: Hypsometrische curves van de geschetste toekomstbodem – scenario “Brede kust van Voorne”

Aanvullend op bovenstaande controle van de sedimentbalans, is een extra getijberekening gemaakt met de 2030-bodem (Figuur 67). Daarmee wordt een hydrodynamische check gedaan, omdat het aangeeft of er onrealistische stroompatronen ontstaan. Daartoe is het rekenmodel zoals beschreven in paragraaf 2.4 zodanig aangepast dat in het gebied waar de 2030 bodem is geschetst, deze de oorspronkelijke 2018-bodem vervangt. Uit een analyse van de berekende stroombeelden blijkt dat vooral het vullen (vloedstroom) en ledigen (ebstroom) van het kombergingsgebied voor de kust van Voorne niet realistisch is. De berekende maximale snelheden bedragen lokaal meer dan 1,3 m/s. Dat zijn snelheden waarbij normaal gesproken de bodem uitschuurt en een geul ontstaat. Een dergelijke geul is niet in de geschetste 2030-bodem ingetekend waardoor hier de geschetste toekomstbodem feitelijk te ondiep is ingeschat. Onderstaande figuren tonen het berekende stroombeeld tijdens maximale vloedstroom (links) en maximale ebstroom (rechts). Het gebiedje met onrealistisch hoge stroomsnelheden is aangegeven met de witte pijl. Elders doen zich deze extreme snelheden niet voor en ziet het stroombeeld er ruimtelijk gezien acceptabel uit. Vanuit hydrodynamisch perspectief is de geschetste 2030-toekomstbodem dus realistisch, met lokaal een uitzondering.



Figuur 67: Berekende stroomsnelheden 2030: links vloedstroom, rechts ebstroom

Ondanks dat de sedimentbalansen op orde zijn gebleven en het berekende stroombeeld overwegend realistisch oogt, dienen de toekomstbodems louter als ruimtelijke impressie. Het is niet de bedoeling dat op basis van deze schetsen oppervlakten worden bepaald van bepaalde dieptezones. Om dat te doen is het beter om uit te gaan van de gemeten oppervlakte van die dieptezones en die op basis van de geschetste ontwikkelingen te extrapoleren. Dit wordt hieronder gepresenteerd waarbij de keuze van de dieptezones is gebaseerd op voor de ecologie relevante habitats, zoals deze eerder gepresenteerd in paragraaf 2.5.3.

Bij de voorspellingen staan telkens drie getallen: het linker vetgedrukte getal is de 'meest waarschijnlijke waarde', terwijl de getallen tussen haakjes de bandbreedte in de voorspelling weergeven. De som van de vetgedrukte getallen is gelijk aan de totale oppervlakte van het deelgebied (10.600 ha). Het inschatten van de bandbreedtes is gebaseerd op ervaring, inzichten uit het conceptueel model en de eerder in paragraaf 2.5.3 geconstateerde trends en variaties. Tabel 8 geeft de waarden voor 2025 en 2030 met die van 2018 ter referentie.

Tabel 8: Scenario 1: verwachte verandering in arealen van bepaalde diepte-klassen - 2025 en 2030

Diepte-zones (m NAP)	2018	2025	2030
Dieper dan -10	1191 ²⁾	1160 (1100 – 1250)	1130 (1000 – 1300)
Tussen -10 en -3	4492	4200 (4000 – 4600) ¹⁾	4000 (3800 – 4600)
Tussen -3 en -1	2743	2350 (2200 – 2700)	2200 (2000 – 2600)
Tussen -1 en +1 (totaal)	1327	1900 (1750 – 2100)	2200 (1900 – 2300)
Tussen +1 en +2	489	600 (500 – 650)	650 (500 – 700)
Boven NAP +2	358	390 (350 – 450)	420 (400 – 530)
Totaal oppervlak	10600	10600	10600

¹⁾ Uit de geschetste toekomstbodems volgt dat het areaal tussen NAP -10 m en NAP -3 m juist iets zou toenemen. Dit is op basis van het conceptueel model echter niet waarschijnlijk, waardoor in de tabel een afnemende tendens staat. De geschetste toekomstbodems geven een 'omslagpunt' tussen verdiepen en verondiepen op ongeveer NAP -2,5 m, terwijl dit naar verwachting iets dieper ligt (rond NAP -4 of NAP -5 m - vergelijk met hypsometrische curves in paragraaf 2.5.3).

De afname van deze dieptezone komt vooral door de verwachte afname in oppervlakte van de dieptezone tussen NAP -3 m en (ongeveer) NAP -5 m. En dat komt weer door de algehele sedimentatie in het gebied die tot aan NAP -5 m en op lange termijn tot nog dieper water dominant is. Daaronder is juist sprake van een toename van de oppervlakte waardoor deze dieptezone-klasse wat ingewikkeld is vanuit morfologisch perspectief.

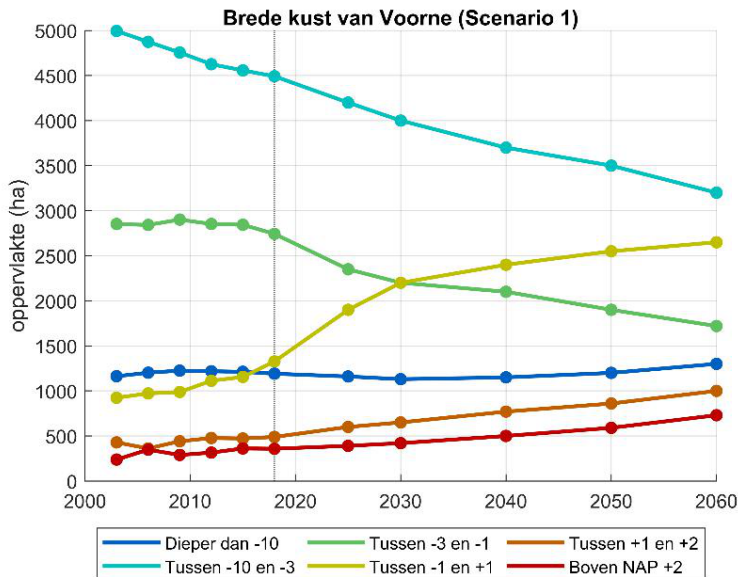
²⁾ De getallen voor het referentiejaar 2018 komen niet precies overeen met de getallen in tabel 4 uit paragraaf 2.5. Dat komt omdat de vakken waarbinnen de oppervlakten zijn bepaald niet precies overeenkomen. Voor de analyse maakt dat echter niet uit.

Onderstaande tabel geeft de lange-termijn voorspellingen voor 2040, 2050 en 2060, waarbij de linker kolom ter vergelijking de verwachtingswaarden voor 2030 geeft. De diepste zone neemt langzaam weer iets toe in totaaloppervlakte mede omdat het kustprofiel naar verwachting steiler wordt door de oostwaartse verplaatsing van sediment vanaf de (diepere) vooroever. De toename van de oppervlakte van de intergetijdenzone vlak naar verwachting af, omdat er op de eerder aangelande platen primaire duinvorming kan plaatsvinden. De toename van de hogere dieptezones neemt dan juist toe.

Tabel 9: Scenario 1: verwachte verandering in arealen van bepaalde diepte-klassen 2040, 2050 en 2060

Diepte-zones (m NAP)2030		2040	2050	2060
Dieper dan -10	1130	1150 (1000 – 1400)	1200 (1000 – 1500)	1300 (1000–1600)
Tussen -10 en -3	4000	3700 (3500 – 4100)	3500 (3300 – 4000)	3200 (2900–3800)
Tussen -3 en -1	2200	2100 (1900 – 2400)	1900 (1600 – 2400)	1720 (1500–2300)
Tussen -1 en +1 (totaal)	2200	2400 (1950 – 2400)	2550 (2000 – 2500)	2650 (2000–2600)
Tussen +1 en +2	650	770 (500 – 900)	860 (600 – 1000)	1000 (650-1100)
Boven NAP +2	420	500 (350 – 650)	590 (400 – 700)	730 (500-900)
Totaal oppervlak	10600	10600	10600	10600

De getallen uit voorgaande tabellen staan in Figuur 68 grafisch weergegeven. De getallen voor de periode 2003 tot en met 2018 zijn daarbij opgeschaald zodat er een doorgaande trendlijn ontstaat van het gemeten jaar 2018 en de eerste voorspeltermijn 2025.



Figuur 68: Waargenomen en voorspelde veranderingen in oppervlakten van bepaalde dieptezones – scenario 1

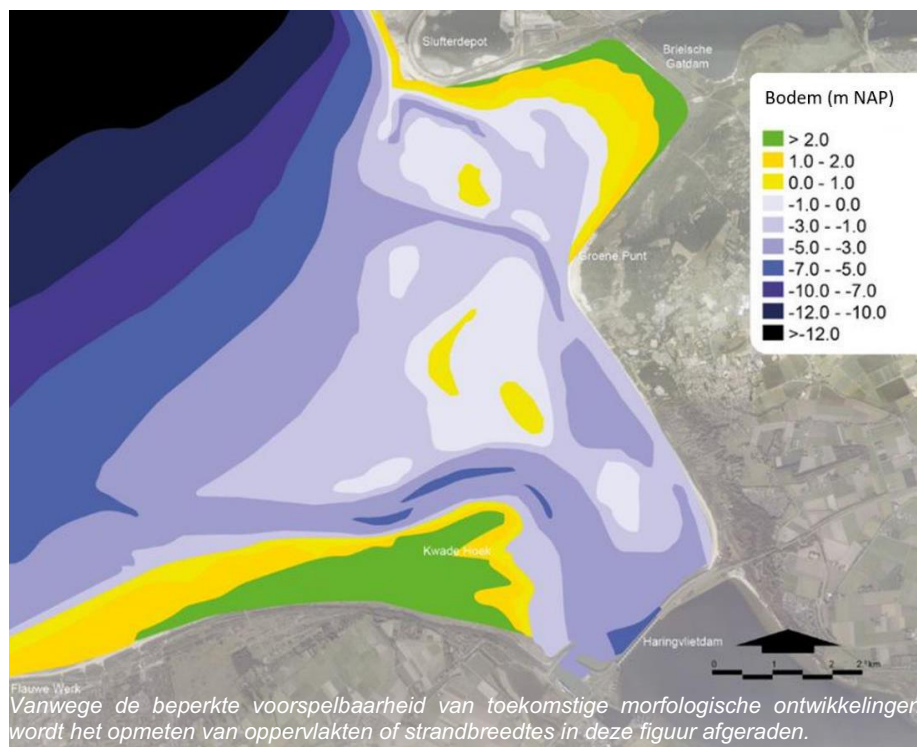
4.3 Toekomstige morfologie bij “Geul bij Groene Punt”

In deze variant gaan de huidige morfologische veranderingen een langere tijd onverminderd door. Er zijn drie min of meer hydraulisch gescheiden vloedkommen te onderscheiden. In het noorden stroomt het vloedwater naar het gebied voor de Brielsche Gatdam. De naamloze geul blijft het gebied met vloedwater vullen dat zich uitstrekt tot achter de Hinderplaat. De geul blijft ook rivierwater afvoeren tijdens spuien van de Haringvlietsluizen. Het Slijkgat aan de zuidzijde

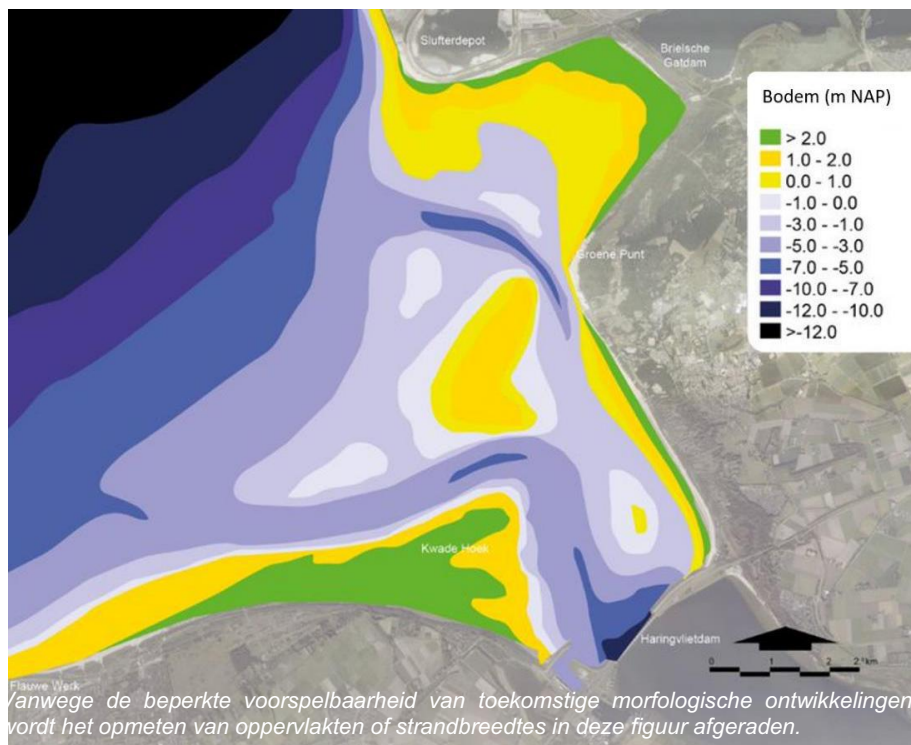
van het gebied vult en ledigt de vloedkom tussen de Hinderplaat en de haringvlietsluizen. Dit is een tamelijk stabiele situatie in dit scenario. Als gevolg van de doorgaande sedimentatie in elk van de drie vloedkommen zal het getijvolume dat door de drie geulen stroomt heel langzaam maar zeker kleiner worden en daarmee ook de geulen zelf. Dat vereist wel eerst sedimentatie boven de laagwaterlijn, omdat de sedimentatie anders geen invloed heeft op het getijprisma.

Onderstaande figuren 69, 70 en 71 tonen de gemaakte schetsen voor de toekomstbodems 2025, 2030 en 2060 voor dit scenario. Hoewel er totaal ongeveer 10 miljoen m³ sediment is bijgekomen in de ondiepe zones boven NAP-3 m, zijn de onderlinge verschillen nog niet groot. Het geultje voor de Groene Punt is in de voorspellingen met ongeveer 100 m (in 2030) opgeschoven wat lokaal een aanzienlijke achteruitgang van de kustlijn met zich meebrengt.

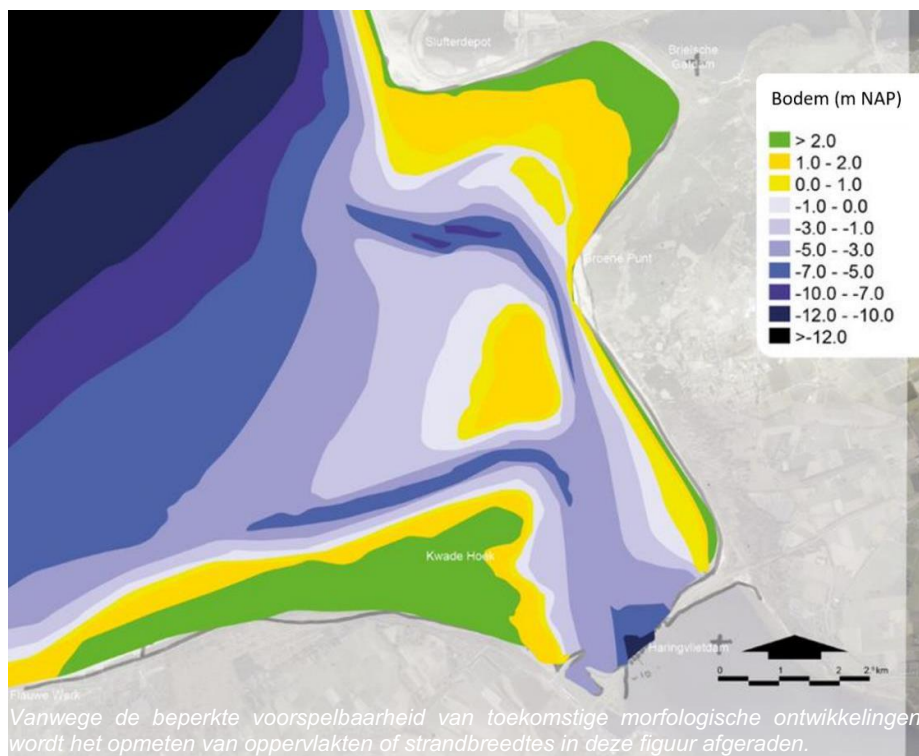
In dit toekomstige scenario is het uitgangspunt dat de geul voor de Groene Punt ook op lange termijn intact blijft. Het zal vermoedelijk verder landwaarts opschuiven en lokaal tot nog eens 100 m kustachteruitgang kunnen leiden tot 2060. Zo ontstaat het beeld in onderstaande figuur voor 2060: een twee geulenstelsel, waarbij de noordelijke (de nieuwe geul) en zuidelijke geul (het restant van het huidige Slijkgat) elk een eigen kombergingsgebied hebben met daartussen een ondiep gebied. Tevens is de verwachting dat een groot deel van het spuidebiet – ook bij hogere spuidebieten – door de noordelijke geul zal afstromen. Dit in verband met de noordgaande getijstrooming op zee tijdens de fase van het spuien (paragraaf 2.4.3). Vanwege de verwachte doorgaande sedimentatie in het gebied zal het getijprisma op termijn verder afnemen waardoor beide geulen tezamen een kleiner stroom voerend oppervlak krijgen dan thans het geval is. Mocht tegen die tijd al sprake zijn van het onderhouden van de huidige vaargeuldiepte, dan zal dat alleen kunnen met nagenoeg permanent baggeren



Figuur 69: Mogelijk toekomstige bodem anno 2025 - Scenario 2



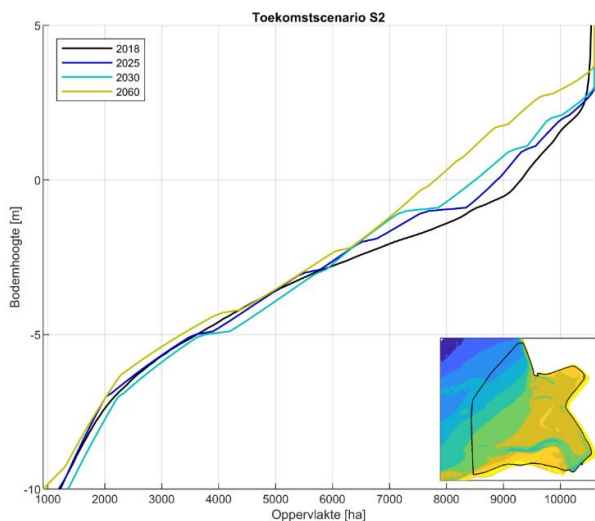
Figuur 70: Mogelijk toekomstige bodem anno 2030 - Scenario 2



Figuur 71: Mogelijk toekomstige bodem anno 2060 - Scenario 2

Als globale check op de sedimentbalans van de geschetste toekomstbodem zijn net als voor Scenario 1 hypsometrische curves gemaakt (Figuur 72). Daaruit blijkt dat de sedimentatie ongeveer 1 miljoen m³/j bedraagt wat redelijk goed in

overeenstemming is met de gemeten sedimentatie van de afgelopen jaren. . Ook is te zien dat de sedimentatie in de toekomst volgens de gemaakte schetsen, in eerste instantie boven NAP -3 m optreedt, wat in lijn is met de verwachtingen.



Figuur 72: Hypsometrische curves van de geschetste toekomstbodem – scenario “Geul bij Groene Punt”

Voor de hier toekomstige bodems is vervolgens kwantitatief ingeschat hoe de arealen van de gekozen dieptezones mogelijk veranderen. Tabel 10 geeft de waarden voor 2025 en 2030 met die van 2018 ter referentie en Tabel 11 doet hetzelfde voor de voorspellingen voor 2040, 2050 en 2060 met de verwachtingswaarde voor 2030 ter vergelijking. Figuur 73 toont tenslotte de ontwikkelingen terugkijkend vanaf 2003 (aangepast om ze kloppend te krijgen met de trendlijn) en vooruitkijkend tot 2060.

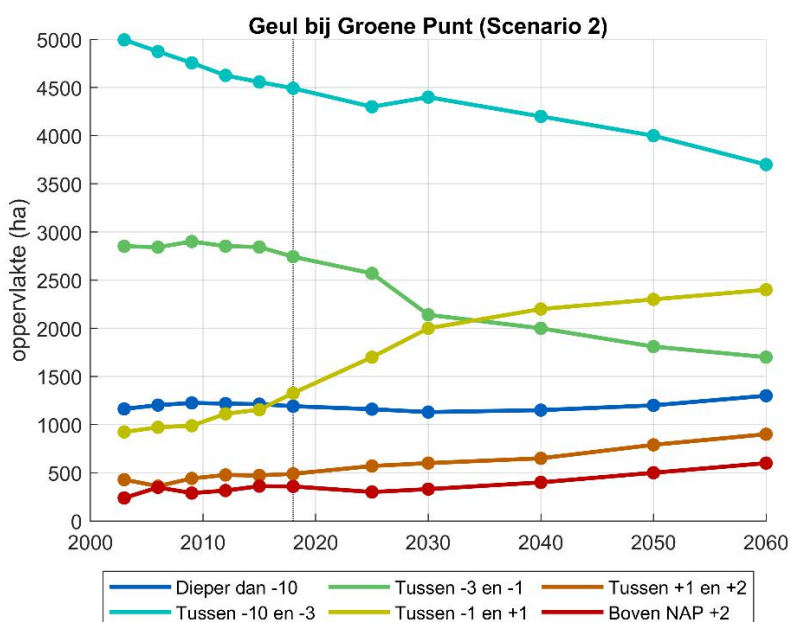
Tabel 10: Scenario 2: verwachte verandering in arealen van bepaalde diepte-klassen 2025 en 2030

Diepte-zones (m NAP)	2018	2025	2030
Dieper dan -10	1191	1160 (1100 – 1250)	1130 (1000 – 1300)
Tussen -10 en -3	4492	4300 (4000 – 4600) ¹⁾	4400 (3900 – 4700)
Tussen -3 en -1	2743	2570 (2400 – 2900)	2140 (1900 – 2500)
Tussen -1 en +1 (totaal)	1327	1700 (1550 – 2000)	2000 (1700 – 2300)
Tussen +1 en +2	489	570 (400 – 650)	600 (450 – 700)
Boven NAP +2	358	300 (250 – 400)	330 (250 – 450)
Totaal oppervlak	10600	10600	10600

De verschillen tussen de hier ingeschatte arealen en die voor Scenario 1 (“Brede kust van Voorne”) zijn niet heel groot. Vanwege de kustachteruitgang ter hoogte van de Groene Punt is er in dit scenario iets minder areaal boven NAP +2 m. Dat komt omdat er nu minder extra strandbreedte ontstaat waar primaire duinvorming sediment ‘hoger in het profiel’ kan vasthouden. Op de langere termijn wordt dit effect (minder hoog strand kust van Voorne) omgedraaid omdat de kust van Goeree verder kan uitbouwen (kleiner Slijk gat). Binnen de dieptezone NAP -10 m en NAP -3 m zijn er weliswaar verschillen tussen beide scenario’s (twee geulen in plaats van één geul geeft net iets minder diepte in het Slijk gat) maar dat vertaalt zich per saldo niet terug in de getallen voor de hele dieptezone. Omdat twee geulen iets meer ruimte innemen dan één geul, is er in dit scenario iets minder ruimte voor plaatareaal (NAP -1 tot NAP +1 m zone). Tenslotte is de onzekerheid in de voorspelling niet wezenlijk anders zodat de bandbreedtes rondom de voorspellingen (vrijwel) gelijk zijn gebleven.

Tabel 11: Scenario 2: verwachte verandering in arealen van bepaalde diepte-klassen 2040, 2050 en 2060

Diepte-zones (m NAP)2030	2040	2050	2060
Dieper dan -10	1130	1150 (1000 – 1400)	1200 (1000 – 1500)
Tussen -10 en -3	4400	4200 (3900 – 4600)	4000 (3600 – 4400)
Tussen -3 en -1	2140	2000 (1900 – 2400)	1810 (1600 – 2400)
Tussen -1 en +1 (totaal)	2000	2200 (1900 – 2500)	2300 (2000 – 2600)
Tussen +1 en +2	600	650 (500 – 900)	790 (550 – 1000)
Boven NAP +2	330	400 (300 – 500)	500 (350 – 600)
Totaal oppervlak	10600	10600	10600



Figuur 73: Waargenomen en voorspelde veranderingen in oppervlakten van bepaalde dieptezones – scenario 2

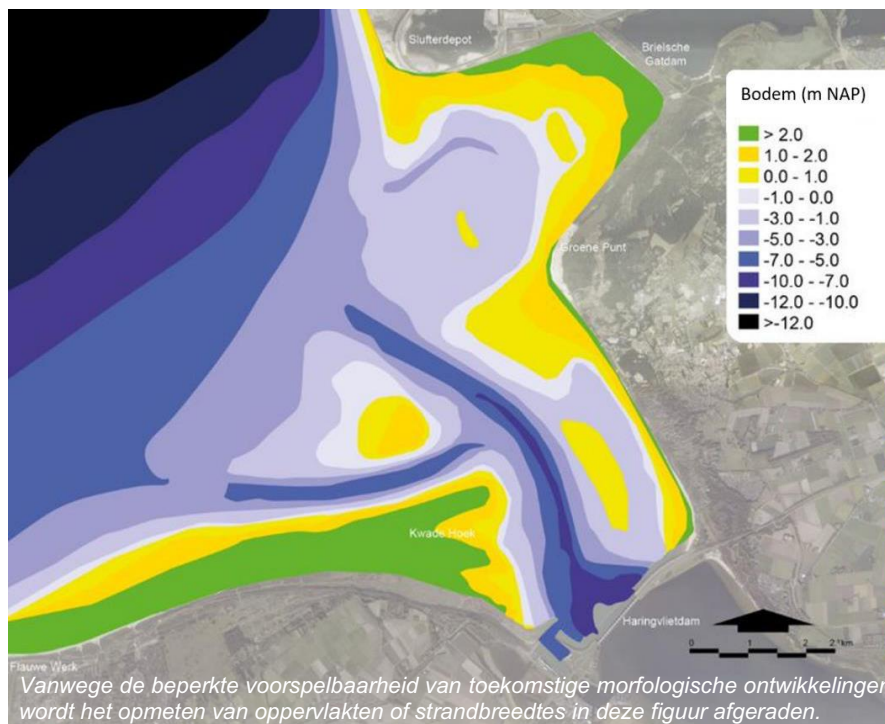
4.4 Toekomstige morfologie bij “Twee geulenstelsel”

In dit toekomstscenario komt er een moment dat het Slijkgat zich splitst in tweeën: een centraal door het gebied lopende ebgeul en een vloedgeul voorlangs de kust van Goeree. Dit is gerelateerd aan het derde tipping point beschreven in paragraaf 4.1 en komt voort uit het beeld dat het oostelijk deel van het Slijkgat steeds verder naar het noorden wordt gedwongen door de alsmaar uitbouwende kust van Goeree/Kwade Hoek. De uitgaande ebstream, versterkt door spuidebieten uit de Haringvlietsluizen, kunnen dan een keer een nieuwe meer centraal gelegen route volgen. De nieuwe centrale geul loopt dan ten zuiden van het dan aanwezige Hinderplaatcomplex en oriënteert zich op de op zee overheersende getijstromingen (getijordening: paragraaf 2.4). Het westelijk deel van het huidige Slijkgat blijft belangrijk voor het vullen en ledigen van het gebied achter de Hinderplaat. Dit deel van het huidige Slijkgat verandert met de vorming van de centrale ebgeul wel qua vorm in een kleiner wordende vloedschaar. Het spuidebiet vanuit de sluizen zal immers grotendeels uitstromen via de centrale ebgeul en veel minder door dit restant van het Slijkgat. Het westelijk deel van het Slijkgat wordt dan een vloedschaar. Kenmerkend voor dergelijke getijgeulen is een ondiepe vaak sikkelvormige drempel aan de uitstroomzijde, in dit geval ter hoogte van de Kwade Hoek. De geul is dan vrijwel niet meer te gebruiken voor scheepvaart die in dit scenario beter kan worden omgeleid door de nieuwe centrale ebgeul.

Nadat zich een dergelijk twee-geulenstelsel heeft gevormd is er geen bestaansrecht meer voor het geultje voor de Groene Punt. Die verdwijnt in dit scenario dan ook waarna de kust van Voorne vanaf het Hinderplaat-complex met (veel)

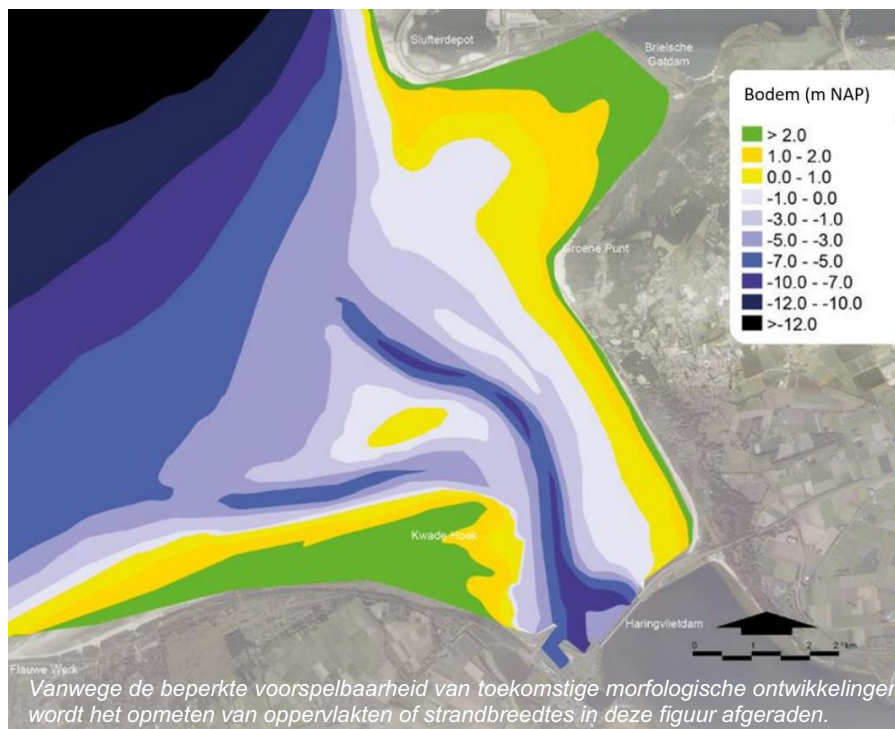
sediment wordt gevoed en steeds breder zal worden. Op de brede stranden en strandvlaktes die dan ontstaan zullen primaire duinen zich kunnen vormen.

De onderstaande twee schetsen laten zien hoe deze ontwikkelingen ruimtelijk vorm kunnen krijgen. Er zijn alleen schetsen gemaakt voor 2030 en 2060, omdat deze situatie niet vóór 2030 opportuun lijkt. Er moet namelijk eerst veel zand worden weggespoeld vanaf de nu nog ondiepe Hinder. Het optreden de komende jaren van zeer hoge rivierafvoeren kan de ontwikkeling bespoedigen. In de figuren is geprobeerd aan te geven dat de beide geulen in 2060 kleiner zijn qua inhoud dan in 2030. Dat komt omdat het getijprisma door de doorgaande sedimentatie in grote delen van de vloedkom doorgaat en er dus steeds minder getijvolume door de geulen wordt aangevoerd en afgevoerd.



Figuur 74: Mogelijk toekomstige bodem anno 2030 - Scenario 3

Net als bij de voorgaande twee scenario's is uitgerekend hoe de sedimentbalans verandert boven NAP-3 m. Dat blijkt in de geschetste bodems neer te komen op ongeveer 1 miljoen m³ per jaar, wat ongeveer overeenkomt met de verwachte sedimentatie in het gebied boven NAP-3 m. De globale sedimentinhoud van het gebied is in de schetsen dus goed bewaard gebleven.



Figuur 75: Mogelijk toekomstige bodem anno 2060 - Scenario 3

Voor de toekomstige bodems, met de tussenliggende jaartallen, is vervolgens kwantitatief ingeschat hoe de arealen van de gekozen dieptezones mogelijk veranderen. Tabel 12 geeft de waarden voor 2025 en 2030 met die van 2018 ter referentie. Tabel 13 doet hetzelfde voor de voorspellingen voor 2040, 2050 en 2060 met de verwachtingswaarde voor 2030 ter vergelijking. Figuur 76 toont tenslotte de ontwikkelingen terugkijkend vanaf 2003 (aangepast om ze kloppend te krijgen met de trendlijn) en vooruitkijkend tot 2060.

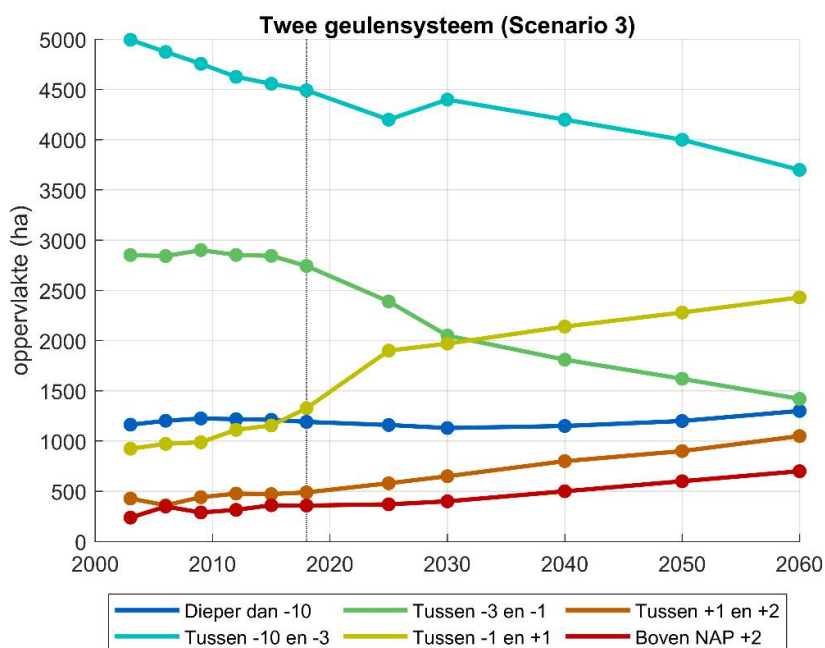
Tabel 12: Scenario 3: verwachte verandering in arealen van bepaalde diepte-klassen 2025 en 2030

Diepte-zones (m NAP)	2018	2025	2030
Dieper dan -10	1191	1160 (1100 – 1250)	1130 (1000 – 1300)
Tussen -10 en -3	4492	4200 (39000 – 4500) ¹⁾	4400 (4000 – 4750)
Tussen -3 en -1	2743	2390 (2200 – 2700)	2050 (1800 – 2350)
Tussen -1 en +1 (totaal)	1327	1900 (1550 – 2000)	1970 (1700 – 2300)
Tussen +1 en +2	489	580 (400 – 650)	650 (450 – 710)
Boven NAP +2	358	370 (280 – 450)	400 (280 – 480)
Totaal oppervlak	10600	10600	10600

De verschillen tussen de hier ingeschatte arealen ten opzichte van die van Scenario 1 (“Brede kust van Voorne”) zijn evenmin groot. Omdat de nieuwe geul in dit scenario niet voorlangs de kust van Voorne loopt, maar meer centraal door het mondingsgebied, is de verwachting dat er meer oppervlakte boven NAP +1 m en hoger zal ontstaan. Daar staat mogelijk tegenover (ten opzichte van Scenario 1) er lokaal iets minder kustuitbouw van de kust van Goeree ontstaat als gevolg van het “aan de kust plakken” van het Slikgat (vloedgeul). Binnen de dieptezone NAP -10 m en NAP -3 m zijn er weliswaar verschillen tussen de scenario's maar deze verschillen zijn het kleinst met het vorige scenario waarin ook sprake is van twee geulen in het gebied.

Tabel 13: Scenario 3: verwachte verandering in arealen van bepaalde diepte-klassen 2040, 2050 en 2060

Diepte-zones (m NAP)2030		2040	2050	2060
Dieper dan -10	1130	1150 (1000 – 1400)	1200 (1000 – 1500)	1300 (1000–1600)
Tussen -10 en -3	4400	4200 (3900 – 4600)	4000 (3600 – 4400)	3700 (3200–4100)
Tussen -3 en -1	2050	1810 (1500 – 2100)	1620 (1400 – 2100)	1420 (1200–2000)
Tussen -1 en +1 (totaal)	1970	2140 (1900 – 2500)	2280 (2000 – 2600)	2430 (2000–2700)
Tussen +1 en +2	620	800 (500 – 900)	900 (550 – 1000)	1050 (600-1100)
Boven NAP +2	400	500 (450 – 600)	600 (500 – 700)	700 (550-800)
Totaal oppervlak	10600	10600	10600	10600



© ARCADIS 2021
file: ArealenFiguur.m

Figuur 76: Waargenomen en voorspelde veranderingen in oppervlakten van bepaalde dieptezones – scenario 3

4.5 Effect zeespiegelstijging op zeer lange termijn (2100)

Voor het analyseren van de mogelijke gevolgen van een versnelde zeespiegelstijging wordt gebruik gemaakt van de gegevens die het KNMI daarover publiceert. Die dienen namelijk als basis van het Nederlandse beleid met betrekking tot klimaatadaptatie en kustvisie. Het KNMI maakt onderscheid tussen vier mogelijke klimaatscenario's: twee scenario's voor wereldwijde temperatuurstijging (gematigd of warm) en twee scenario's voor weinig of veel verandering in luchtstromingspatronen. Deze vier scenario's worden aangeduid als Gematigd-Laag (GL), Gematigd-Hoog (GH), Warm-Laag (WL) en Warm-Hoog (WH). Voor elk van deze scenario's is door het KNMI bepaald wat de te verwachten gevolgen zijn voor luchttemperatuur, neerslag, wind, zonnestraling, bewolking, mist en ook zeespiegelstijging. Als basis voor de in 2015 gepubliceerde klimaatscenario's is gebruik gemaakt van het vijfde klimaatrapport van het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Op basis van de meest recente rapporten van het IPCC zal het KNMI naar verwachting in 2023 met een update komen van haar eerder afgegeven scenario's.

De gemiddelde zeespiegel stijgt in 2050 volgens de huidige voorspellingen 15 - 40 cm. Voor 2085 is dat 25 – 80 cm. Dit is dan ten opzichte van de gemiddelde waterstand over de periode 1981-2010 dat als referentie is genomen (gemakshalve gesteld op 1990).

Recent heeft het onderzoeksinstituut Deltares gekeken of het mogelijk zou zijn of onder bijzondere omstandigheden er sprake zou kunnen zijn van nog extremer zeespiegelstijgingen. Er is daarbij onder andere gekeken naar het effect van afsmelten van het landijs op Groenland en Antarctica. Uit het onderzoek blijkt dat niet is uit te sluiten dat langs de Nederlandse kust in 2100 de zeespiegelstijging kan oplopen tot 3 m ten opzichte van nu. Belangrijke nuancering hierbij is dat dit wel de bovenkant is van de ingeschatte bandbreedte, dus een uitzonderlijk extreme situatie. Het bureau van de Deltacommissaris neemt deze extreme variant mee bij haar lange termijn verkenningen. Voor het formuleren van een kustvisie blijven de KNMI-voorspellingen echter vooralsnog vigerend.

Om een zeespiegelstijgingsnelheid van 5 mm/jaar te compenseren, is in het huidige sedimentatiegebied voor de kust van Vorne (ongeveer 10 km²) 50 duizend m³/j aan sediment nodig. Dit is een relatief klein effect afgemeten tegen de verwachte sedimentatie van op dit moment ongeveer 1 miljoen m³/j in dit gebied. In de komende decennia neemt de sedimentatiesnelheid wel af naar mogelijk de helft omdat het proces van landwaarts opschuiven van de vooroever afneemt naarmate een meer stabiel kustprofiel is gevormd. Pas op de zeer lange termijn, dat wil zeggen ergens in de tweede helft van deze eeuw en uitgaande van de KNMI-scenario's, kan de sedimentatie in het gebied omslaan in verdieping van delen van het mondingsgebied. De zeespiegelstijging gaat dan sneller dan de natuurlijke sedimentatie in die gebieden. Maar ook dan blijft sprake van zandtransport vanaf de westkop van Goeree en MV2 het gebied in. Daardoor is de verwachting dat als er sprake is van een omslagpunt van sedimentatie naar verdieping dat dit dan eerst merkbaar wordt in het mondingsgebied zelf en minder langs de kusten.

Bij een sterk versnelde zeespiegelstijging van bijvoorbeeld 30 mm/j (3 meter per eeuw) wat theoretisch gezien niet uit te sluiten is, komt het moment eerder in de tijd dat er onvoldoende aanvoer is van sediment om de zeespiegelstijging te kunnen compenseren. Dan zal sprake zijn van verdieping van het mondingsgebied en het ontstaan van andere morfologische dynamiek, waarbij het ontstaan van nieuwe geulen en platen waarschijnlijk is.

5 Antwoorden onderzoeksvragen morfologie

Voor de morfologische studie zijn door opdrachtgever zeven specifieke kennisvragen geformuleerd. Deze staan hieronder met aansluitend de beantwoording.

Vraag 1 - Morfologie

Wat is de trend (toekomstige verwachting en eventuele scenario's daarbinnen) in de autonome morfologische ontwikkeling van de kust? Hierbij zowel terugkijken als vooruitkijken tot 40 jaar vooruit met tijdvakken van bijvoorbeeld 10 jaar, zodat we weten hoe de situatie eruitziet in 2025, 2030, 2040, 2050 en 2060.

Antwoord 1

In de afgelopen 50 jaar is de morfologie van het studiegebied significant gewijzigd. De grote getijgeulen die vòòr 1970 vanuit het Haringvliet naar zee liepen, namelijk het Rak van Scheelhoek langs de kust van Voorne die zich zeewaarts opsplijste in het noordelijke Hindergat en het meer centraal gelegen Bokkegat, werden steeds kleiner. Het duurde tot ongeveer 2010 voordat het Bokkegat zelfs helemaal verdween. Het Hindergat is inmiddels een relatief kleine geul geworden met een eigen kombergingsgebiedje (het gebied voor de Brielsche Gatdam). Het Rak van Scheelhoek is grotendeels opgevuld met slib afgewisseld met dunnen zandlaagjes die daar zijn afgezet met zand vanaf de kust van Voorne tijdens stormen.

Een tweede markante trend van de afgelopen 50 jaar is het oostwaarts opschuiven van de vooroever. Hierdoor ontstond de Hinderplaat die tijdens grote spuidebieten door de Haringvlietssluisen weliswaar tijdelijk uiteen braken maar die uiteindelijk een platen complex vormden die we hier het Hinderplaatcomplex hebben genoemd. Door de oostwaartse verplaatsing van sediment werd het Bokkegat dermate 'geknepen' dat het zoals gezegd rond 2010 verdween. Daarna kon de Hinderplaat zich tot een nog groter platencomplex uitbouwen. Wat ook niet zonder gevolgen bleef, omdat het gebied voor de kust van Voorne vanaf ongeveer 2010 wezenlijk anders door het getij werd aangestroomd. Hoe dit precies is veranderd staat beschreven in paragraaf 2.4. In essentie komt het erop neer dat na 2010 er drie hydraulisch redelijk gescheiden vloedkommen ontstonden: slikken van Voorne met getijgeul het Hindergat, gebied zeewaarts van Groene Punt inclusief stukje vooroever kust van Voorne met getijgeul de Naamloze geul, en tenslotte het zeegebied voor de kust van Voorne met het Slijkgeul als getijgeul.

Een derde trend is de sterke uitbouw van de kust van Goeree met lokaal wel 300 meter. Eerst groeide vooral de Kwade Hoek sterk uit, mede omdat er minder sterke getijstroomen voor dit kustvak overbleven na de afsluiting van het Haringvliet. De kustuitbouw gebeurde in 'golven', die herkenbaar zijn in het landschap en de vorm van de kustuitbouw. Er groeiden op verschillende plaatsen zoals bij de Kwade Hoek en meer recent bij Ouddorp, strandhaken uit. Dit heeft te maken met het pulsgewijs aanlanden van zandbanken vanaf de Bollen van de Ooster op de westkop van Goeree. Naast deze natuurlijke aanvoer van zand vanaf de vooroever van de Grevelingen naar de kust is ook sprake geweest van zandtoevoer door uitgevoerde strandsuppleties.

Tenslotte is de vierde duidelijke trend het noordwaarts verplaatsen van het Slijkgeul. Dat is min of meer een gelijke trend met de uitbouw van de kust van Goeree. Met de morfologische veranderingen elders in het gebied verandert ook het stroombeeld in deze geul zelf en vanuit de geul naar het gebied voor de kust van Voorne. Er is een ondiepe richel aan het ontstaan ongeveer ter hoogte van RSP 11 km wat een aanwijzing kan zijn voor het splitsen van de geul op langere termijn. Lokaal is ook sprake van kusterosie wat duidt op het ontstaan van een vloedschaar.

De invloed van MV2 op deze ontwikkelingen is relatief beperkt geweest. Door de bewust gekozen stroomlijning van de landaanwinning is de invloed op het grootschalige getijverhangsysteem op zee gering. Evenmin is het golfklimaat in het studiegebied wezenlijk veranderd. Ook de sedimentbalans van het studiegebied is door MV2 weinig veranderd. Eerst kwam er zand vanaf de Slufterkust en nu vanaf de MV2 zuidkust het gebied in: in beide situaties ongeveer even veel. De grote sedimentatie die is waargenomen in het gebied na 2010 heeft meer te maken met het verdwijnen van het Bokkegat wat nog weer een reactie was op de afsluiting van het Haringvliet.

Samengevat laat de trend van de afgelopen 50 jaar zien dat het gebied veel ondieper is geworden en dat dit nog steeds een reactie is op de in de jaren zestig geplaatste afsluitingswerken. De bron van dit sediment is slib dat in zeewater zit en tot bezinking komt in golf- en stromingsluwe zones (achter platen), zand vanaf de oostwaarts opschuivende vooroever, zand vanaf de kusten van Voorne en (meer nog) Goeree.

In hoofdstuk 4 staan drie scenario's uitgewerkt hoe de bodem van het studiegebied zich zou kunnen ontwikkelen. Of het ene of het andere scenario zich ontvouwt valt op voorhand niet te voorspellen omdat dit van tipping points (omslagpunten) afhangt. Per definitie is het onzeker of en wanneer zich dergelijke omslagpunten voordoen. De

verwachting is dat het eerst geschetste scenario ("Brede kust van Voorne") het meest waarschijnlijk is, omdat de zanddruk vanaf het noordelijk deel van de Hinderplaat-complex richting Groene Punt hoog is (er komt meer zand dan dat er door de aanwezige stroming op termijn kan worden afgevoerd). Dit scenario van morfologische ontwikkelingen komt neer op een geleidelijke aanlanding van het noordelijk deel van de huidige Hinderplaat aan de kust van Voorne, waarna dit kustvak snel veel breder zal worden en er zich op diverse plaatsen primaire duinvorming kan gaan voordoen. Een indruk van hoe de bodem van het studiegebied er dan uit kan komen te zien staat in Figuur 63, Figuur 64 en Figuur 65 voor respectievelijk 2025, 2030 en 2060.

De geschetste toekomstbodems zijn gebaseerd op een analyse van de trends in de bodemveranderingen zoals gepresenteerd in hoofdstuk 2 en gediagnosticeerd in hoofdstuk 3. Bij deze analyse is gedetailleerd gekeken naar hoe het water door het gebied stroomt (paragraaf 2.4) en welke rol golven spelen bij het verplaatsen van sediment (conceptueel model in paragraaf 3.2).

Naast een impressie van hoe de toekomstige bodems er uit kunnen zien, is een inschatting gemaakt van de mogelijke veranderingen in oppervlakten van bepaalde dieptezones. Daarbij is een deelgebied gekozen van 10.600 ha dat het mondingsgebied goed dekt. Dit is voor elk van de drie mogelijke scenario's apart gedaan (Tabel 8-Tabel 13). Deze tabellen kunnen worden samengevoegd door rekening te houden met de ingeschatte waarschijnlijkheid van de drie onderscheiden scenario's. Het resultaat van die bewerking staat hieronder. Tabel 14 geeft de waarden voor 2025 en 2030 met die van 2018 ter referentie en Tabel 15 doet hetzelfde voor de voorspellingen voor 2040, 2050 en 2060 met de verwachtingswaarde voor 2030 ter vergelijking. Het vetgedrukte getal geeft de verwachtingswaarde aan, terwijl de range tussen haakjes de bijbehorende bandbreedte aangeeft.

Tabel 14: Verwachte verandering in arealen van bepaalde diepte-klassen 2025 en 2030

Diepte-zones (m NAP)	2018	2025	2030
Dieper dan -10	1191	1160 (1100 – 1250)	1130 (1000 – 1300)
Tussen -10 en -3	4492	4200 (3900 – 4600)	4300 (3800 – 4700)
Tussen -3 en -1	2743	2420 (2200 – 2700)	2130 (1800 – 2400)
Tussen -1 en +1 (totaal)	1327	1850 (1450 – 2000)	2030 (1700 – 2300)
Tussen +1 en +2	489	600 (400 – 650)	620 (450 – 710)
Boven NAP +2	358	370 (280 – 450)	390 (280 – 480)
Totaal oppervlak	10600	10600	10600

Tabel 15: Verwachte verandering in arealen van bepaalde diepte-klassen 2040, 2050 en 2060

Diepte-zones (m NAP)	2030	2040	2050	2060
Dieper dan -10	1130	1150 (1000 – 1400)	1200 (1000 – 1500)	1300 (1000–1600)
Tussen -10 en -3	4300	4000 (3500 – 4500)	3900 (3500 – 4400)	3400 (3000–4000)
Tussen -3 en -1	2130	2020 (1600 – 2300)	1700 (1500 – 2200)	1700 (1200–2000)
Tussen -1 en +1 (totaal)	2030	2200 (1900 – 2500)	2440 (2000 – 2600)	2500 (2000–2800)
Tussen +1 en +2	620	750 (500 – 900)	860 (550 – 1000)	1000 (600-1100)
Boven NAP +2	390	480 (450 – 600)	580 (500 – 700)	700 (550-800)
Totaal oppervlak	10600	10600	10600	10600

Vraag 2 - Morfologie

Is er verschil in toekomstige verzanding tussen deelgebieden of deeltrajecten in 2025, 2030, 2040, 2050 en 2060? Deelgebieden en deeltrajecten zijn bijvoorbeeld: 1) Slikken van Voorne (strand Maasvlakte – Groene Punt) 2) Groene Punt – Strand Quackjeswater 3) Haringvlietdam 4) Scheepvaartsluis – Duinen van Goeree. Wat is de verondiepingssnelheid per deeltraject?

Antwoord 2

In paragraaf 3.3 wordt op de hier genoemde vier deelgebieden ingegaan. Er zijn drie – hydrodynamisch gezien – verschillende deelgebieden ontstaan die elk een 'eigen getijgeul' hebben: het Hindergat met het gebied vòòr de Brielsche Gatdam; de Naamloze Geul inclusief het geultje voor de Groene Punt met gebied vòòr de Groene Punt, en tenslotte het

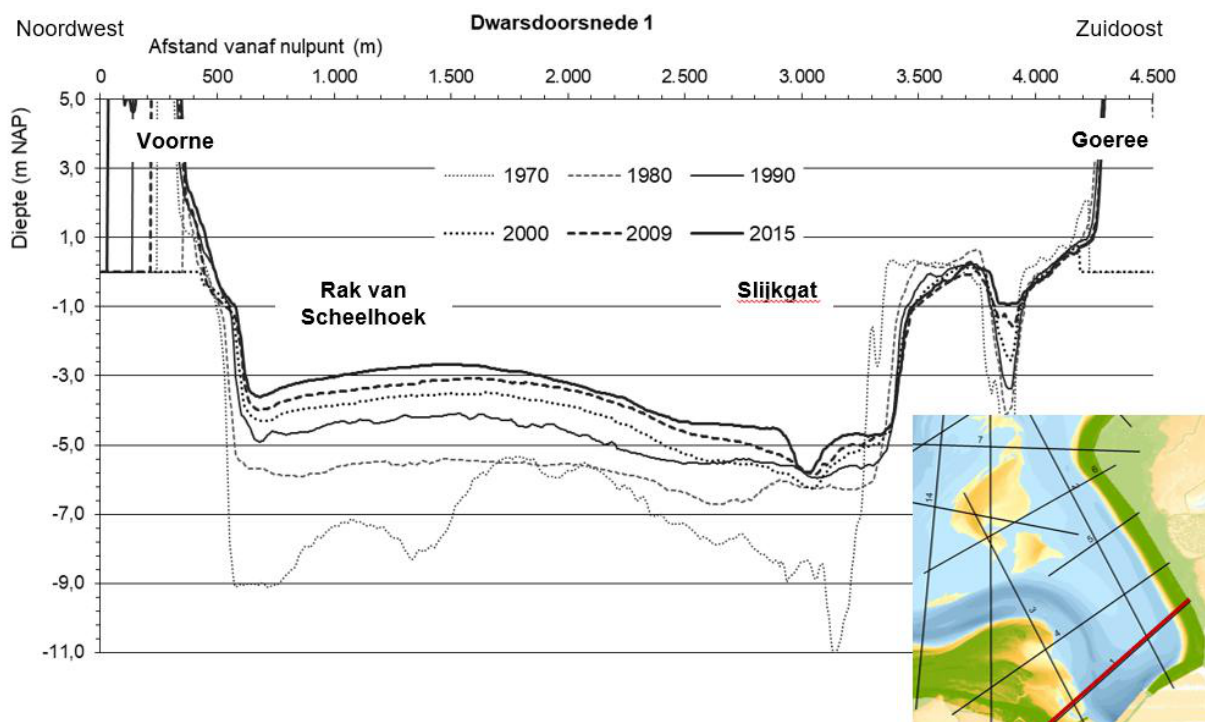
Slijkgat met het gebied ten oosten van Hinderplaat-complex. Deelgebied 1 komt globaal overeen met het “Hindergat-systeem” en deelgebieden 2 en 3 met het “Slijkgat-systeem”. De gevraagde verondiepingssnelheid van bovenstaand vierde deelgebied (Duinen van Goeree) houdt verband met de kustuitgroei van de kust van Goeree.

De snelheid van de verondieping in elk van deze vier gebieden hangt af van het aanbod van sediment. Over het hele gebied verspreid gaat het om een sedimentaanvoer van ongeveer 1 miljoen m³/j en dat zal pas over vele jaren afnemen totdat in het mondingsgebied de bodemprofielen in ‘evenwicht’ zijn (zie paragraaf 4.1).

Het sedimentatieproces in deelgebied 1 (strand Maasvlakte – Groene Punt) verloopt langzaam. De zandaanvoer vanaf de MV2 kust het gebied in, gaat via zandplaten en die schuiven onder invloed van golfwerking maar langzaam op. In de luwtegebieden slaat slib neer. De onderliggende fysische mechanismen die dit proces sturen veranderen niet in de toekomst. Het afvangen van extra (fijn) sediment op de begroeide schorren kan het sedimentatieproces iets versnellen, maar dit is niet of nauwelijks in de voorspellingen aan te geven.

Voor het tweede deelgebied (Groene Punt – Strand Quackjeswater) hangt het ervan af of het eerste of het tweede toekomstscenario optreedt. Als in de komende tien jaar het aanvankelijk nog groter wordende geultje voor de kust van de Groene Punt daadwerkelijk dichtgaat, dan komt er veel zand aan de kust dat zich vervolgens langs de kust tot aan het Quackjeswater zal verspreiden. Gebeurt dit niet, dan zal de kust van Voorne minder aangroeien. De verwachting voor het gebied tussen Hinderplaat en afsluitdam is dat daar de sedimentatie gestaag doorgaat zonder grote trendbreuk met de afgelopen tien jaar. Dat komt omdat de aanvoer van sediment met de vloedstroom het gebied in, tezamen met het uitzakken van zwevend sediment uit de waterkolom in de luwe gebieden niet veel verandert. Hierbij geldt wel dat als scenario 3 zich ontwikkelt, dat dan in dit sedimentatiegebied een nieuwe geul ontstaat waardoor er niet meer sprake is van één aaneengesloten sedimentatiegebied. De werkelijkheid is hier dus ingewikkelder dan voor het eerste deelgebied omdat er niet per se in het hele deelgebied louter sprake hoeft te zijn van sedimentatie.

Ten aanzien van het derde deelgebied (Haringvlietdam) is het interessant te kijken naar de waargenomen bodemveranderingen op enige afstand van de dam. Figuur 77 toont de opgemeten bodemliggingen vanaf 1970 (dwarsdoorsnede “1” is de rode lijn in de figuur rechtsonder). Duidelijk is te zien hoe met name de bodem van het Rak van Scheelhoek en het Slijkgat hier ondieper is geworden: met lokaal 3 meter in de eerste tien jaar na de afsluiting. De sedimentatie in dit gebied gaat wel steeds langzamer en deze trend van steeds langzamere sedimentatie zet zich naar verwachting door. De aanvoer van sediment naar het gebied voor de dichte afsluitdam is beperkt en hier is nog steeds sprake van een ingewikkeld stroombeeld, zeker tijdens perioden met relatief hoge spuidebieten.



Figuur 77: Gemeten bodemveranderingen op ongeveer 1 km afstand van de Haringvlietdam

Tenslotte de sedimentatie in het vierde deelgebied: de kust van Goeree. Hier is sprake van een doorgaande uitbouw van de kust met zand afkomstig vanaf de westkop van Goeree. Zolang er zandsuppleties worden uitgevoerd op de westkop en er zandbanken vanaf de Bollen van de Ooster blijven aanlanden, gaat de kustuitbouw onveranderlijk door. Wel zijn er locaties langs de kust waar gedurende een periode van meerdere jaren sprake kan zijn van kustachteruitgang. Dat heeft dan te maken met morfologische veranderingen in het Slikgat, zoals een kustwaarts insnoerende vloedschaar. De geschetste toekomstbodems in hoofdstuk 4 laten zien hoe de kustuitbouw afhangt van het toekomstscenario.

Vraag 3 - Morfologie

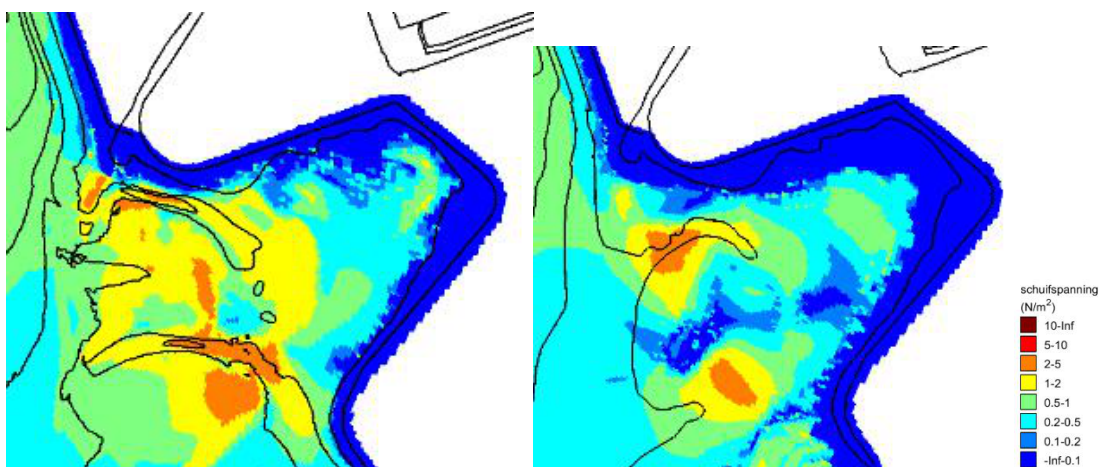
Leidt de autonome morfologische ontwikkeling naar verwachting tot het ontstaan van slib of zand? Wanneer (en bij welke waterstanden of bodemligging) verandert het slib in zand of andersom?

Antwoord 3

Een zandige bodem wordt slibbiger zodra er relatief meer slibdeeltjes worden afgezet. Dit proces heeft plaatsgevonden op de bodem van het Rak van Scheelhoek en in het grootschalige sedimentatiegebied ten oosten van het huidige Hinderplaatcomplex. Een van oorsprong zandige bodem kan slibbig worden (mediane korreldiameter kleiner dan ongeveer 0,06 mm) als er gedurende een langere tijd fijn sediment bezinkt en blijft liggen. Dat kan gebeuren als de stroomsnelheden in het gebied tot onder een kritische waarde afnemen (zoals in het Rak van Scheelhoek na de afsluiting van het Haringvliet), of wanneer een gebied in de luwte komt te liggen van wind en golven (zoals het gebied ten oosten van het hinderplaat-complex). Omgekeerd geldt dit ook: als er in een slibbig gebied meer stroming komt of juist meer golfwerking, dan spoelt het fijne sediment als eerste uit en blijven de grovere korrels achter. Dat leidt dan tot een toename van de mediane korreldiameter waardoor uiteindelijk een bestaande bodem zandig kan worden. Hier zijn in het studiegebied geen voorbeelden van te geven.

De 'bodemschuifspanning' in een gebied is een indicatie of er slib op de bodem kan worden afgezet of dat slib uit de bodem kan worden uitgespoeld. In paragraaf 2.4 is de berekende bodemschuifspanning gepresenteerd voor de gemodelleerde situatie van 2018. Om een eerste indruk te krijgen van hoe dat zou kunnen veranderen, is een vergelijking gemaakt met de berekende bodemschuifspanningen voor 2030. In onderstaande figuur staan de resultaten van beide getijberekeningen (zonder rivierafvoer) naast elkaar weergegeven: links de maximale bodemschuifspanningen gedurende één moment op ieder rekenpunt voor 2018; rechts die voor 2030. De kanttekeningen bij de methodiek die in paragraaf 2.4 zijn gemaakt gelden hier ook, maar als eerste indicatie voor wat er zou kunnen gebeuren zijn beide figuren bruikbaar.

De modelresultaten laten zien dat de maximale bodemschuifspanningen in dit specifieke deelgebied kleiner worden (scenario 1 - 2030). Op meerdere plaatsen in het gebied komt de maximale bodemschuifspanning in 2030 niet meer boven 0,5 N/m², waar dit in de 2018-situatie nog wel het geval is. Op die plaatsen kan de bodem dus inderdaad "slibbiger" worden. Daarbij speelt mee dat het gebied ook meer afgeschermd wordt van golven omdat deze wegbreken op de ondieper wordende vooroever.



Figuur 78: Berekende maximale bodemschuifspanning in deelgebied Brielsche Gat: 2018 (link) en 2030 (rechts)

Elders in het gemodelleerde gebied is een dergelijke afname van de bodemschuifspanning niet aangetoond. Toch is het waarschijnlijk dat de verslibbing van de zeebodem voor de kust van Voorne in de komende tien jaar verder zal doorgaan. Het is immers een gebied dat steeds meer in de golfuwte komt te liggen van de aaneengesloten Hinderplaat, en waar de stromingen als gevolg van getij en rivierafvoer relatief klein blijven. Het gebied is op termijn in zekere zin te vergelijken met een wad-achtig systeem waarbij relatief slibbige platen door geulen en kreken worden doorsneden. Dat zal ook gelden voor het strand van Voorne, waar de laatste jaren al sprake is geweest van een toenemend slibgehalte. Die trend lijkt zich de komende tien jaar voort te zetten.

Het regelmatig nemen van bodemon monsters in het gebied is een voorwaarde om een beter beeld te krijgen van de bodemsamenstelling en de toekomstige veranderingen daarin.

Slibbige secties langs de kust van Goeree

Na aanlanding van zandbanken vanaf de Bollen van de Ooster op de westkop van Goeree verplaatst deze zandbank als een soort 'horizontale golf' naar het oosten. Dit geldt ook voor strandsuppleties waarvan een deel zich als "golf" langs de waterlijn richting de Kwade Hoek verplaatst. Eerder in dit rapport is dit proces wel aangeduid als een pulsmatige uitbouw van de kust. Deze zandgolven in de waterlijn hebben de neiging om lokaal een strandhaak te vormen. In de luwte daarvan, dus tussen de strandhaak en het oorspronkelijke zand ligt dan een soort vallei: een gebiedje waar met de vloed zeewater naartoe stroomt. Door de hoge natuurlijke slibconcentratie wordt tijdens rustig weer in de luwte achter de strandhaak slib afgezet. Bij stormachtig weer kan de bovenste sliblaag worden opgeruimd. Na enkele jaren wordt een sliblaag compacter en spoelt deze minder makkelijk weg. Deze situatie heeft zich 10 jaar geleden voorgedaan bij het strand van Ouddorp (ongeveer tussen RSP 10 km en RSP 12 km). Zodra de strandhaak verder oostwaarts opschuift komt dit slibbige stranddeel weer meer open te liggen voor golfinvloeden en zal de slibbigheid weer afnemen. Maar het proces van verslibbing schuift dan wel mee met de voortbewegende strandhaak. Het is een cyclisch proces waar weinig tegen te doen is. Uit de geanalyseerde gegevens blijkt dat het verschijnsel zich in het verleden hoofdzakelijk heeft voorgedaan bij het strand van Ouddorp. Verder oostwaarts is de uitbouw van een strandhaak ook in de toekomst minder waarschijnlijk in verband met de interactie met het Slijkgat die lokaal de neiging heeft iets van de kust af te slijten als gevolg van de dominante vloedstroom.

Vraag 4 - Morfologie

Wat is de relatie tussen verzanding en zeespiegelstijging, hoe verhouden deze beide zich tot elkaar in tempo, snelheid, jaartallen en cumulatief effect op de gemiddelde bodemligging onder het wateroppervlak (per deelgebied)?

Antwoord 4

Een relatieve stijging van de zeespiegel heeft het omgekeerde effect van sedimentatie: het wordt dieper. In paragraaf 4.5 wordt hier specifiek op ingegaan. In de afgelopen eeuw is langs de Nederlandse kust de zeespiegel met ongeveer 20 cm gestegen, ofwel: 2 mm/j. Op de ruimtelijke schaal van het studiegebied is er geen verschil in deze waarde, dus er is geen verschil per deelgebied. Langs de Nederlandse kust heeft het zeeniveau de afgelopen eeuw een gelijke trend gehouden met het wereldgemiddelde. Er is geen tempoversnelling geconstateerd in de laatste decennia. Dat neemt niet weg dat de verschillende klimaatmodellen van het KNMI een versnelling van de zeespiegelstijging verwachten. Volgens de klimaatscenario's uit 2014 van het KNMI kan de zeespiegelstijging in 2100 langs de Nederlandse kust oplopen tot maar liefst 10 mm/j. Omdat de processen die van invloed zijn op het afsmelten van het landijs op Groenland en Antarctica veel sneller kunnen verlopen dan voorheen werd aangenomen, kan volgens de Signaalgroep van het Deltaprogramma een nog snellere stijging van de zeespiegel niet worden uitgesloten.

Een zeespiegelstijging van 5 mm/j, wat ergens medio deze eeuw kan optreden, heeft een beperkt effect op de netto sedimentatie van het studiegebied. Alleen kijkend naar het sedimentatiegebied tussen Hinderplaat en haringvlietdam (10 km²) is 50,000 m³ sediment nodig om de stijging in het wateroppervlak te kunnen compenseren. Dat is weinig ten opzichte van de huidige sedimentatie van ongeveer 1 miljoen m³/j en ook weinig ten opzichte van een sedimentatie van bijvoorbeeld de helft in 2060 (als gevolg van de verwachting dat dan de vooroever niet verder kan opschuiven).

Maar ook de vooroever en de aanpalende gebieden hebben een sediment-'vraag' als de zeespiegel stijgt. Uitgaande van een totaal oppervlak van 100 km² van het studiegebied is er bij 5 mm/j zeespiegelstijging een sedimentvolume van 0,5 miljoen m³/j nodig om geen netto verdieping van het hele gebied te krijgen. Dit betekent dat eerst bij deze snellere zeespiegelstijging de sedimentatie in het sedimentatiegebied (10 km²) zoals hierboven besproken vrijwel ongestoord doorgaat, maar dat op termijn er onvoldoende sediment zal zijn om de zeespiegelstijging in het hele gebied te kunnen 'compenseren'. Dat heeft dan ook weerslag op de sedimentatie in het sedimentatiegebied waar immers minder sediment beschikbaar voor is. Als 5 mm/j de zeespiegelstijging de maximale waarde zou blijven, dan is de verwachting dat het kantelpunt tussen sedimentatie en verdieping ergens tweede helft van deze eeuw kan plaatsvinden. Mogelijk al rond 2050. De dieper wordende vooroever gaat dan namelijk steeds meer sediment 'vragen' ten koste van de sedimentatie

achter de Hinderplaat. Bij nog snellere zeespiegelstijgingen van bijvoorbeeld 10 mm/j of zelfs 30 mm/j welke niet onmogelijk worden geacht, kan er al eerder sprake zijn van het omdraaien van sedimentatie in verdieping. Dit wordt echter niet vòòr 2050 verwacht.

Vraag 5 - Morfologie

Welke invloed heeft de beoogde doorlaat in de Brouwersdam bij de Grevelingen, op de morfologie in het studiegebied? We verwachten een kwalitatieve beschrijving op basis van expert judgement en bestaande rapporten.

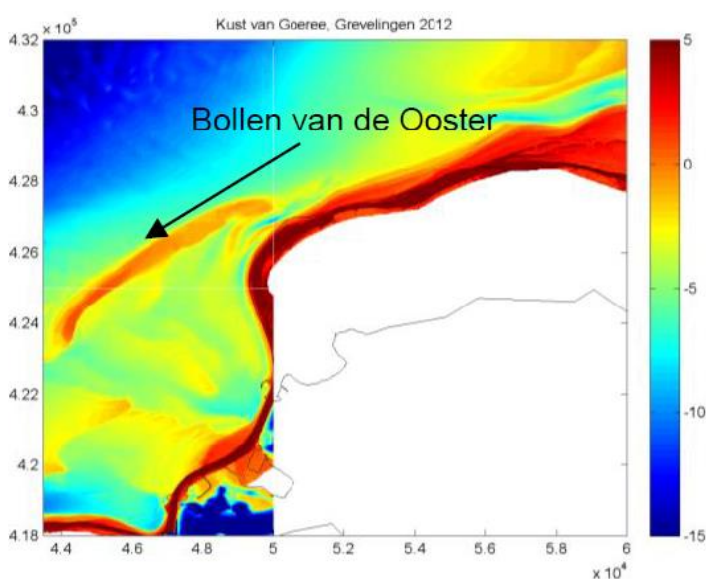
Antwoord 5

Om de waterkwaliteit op de Grevelingen te verbeteren is een betere verversing met zeewater noodzakelijk. Dat kan alleen middel van een nieuw te realiseren doorlaatmiddel in de Brouwersdam. In de kokers van dat doorlaatmiddel kunnen ook laag-verval turbines worden geplaatst waarmee getijdenenergie kan worden opgewekt. Deze turbines kunnen duurzame elektriciteit opwekken en op de lange termijn ook worden ingezet om bij extreme rivierafvoer en hoge zeespiegelstanden overtollig rivierwater uit te slaan (turbineren en pompen met dezelfde faciliteit). Omdat turbines in het nieuwe doorlaatmiddel een kleine weerstand veroorzaken zal de totale opening iets groter moeten worden.

De eerste verkenningen naar een doorlaatmiddel in de Brouwersdam dateren van eind jaren negentig toen Alkyon in het kader van de prijsvraag "Waterlandschap van de Toekomst" een inzending deed, genaamd "Delta-synergie". Later volgden de Grevelingendebatten en na 2008 werden er verschillende studies uitgevoerd voor verschillende afmetingen van het doorlaatmiddel. Die hebben uiteindelijk geleid tot een Rijksstructuurvisie waarin aanvankelijk werd uitgegaan van een voorkeursgetijslag van 50 cm op de Grevelingen bij een gemiddeld waterpeil van NAP – 0,20 m ("Gedempt getij"). De getijslag aan de zeezijde van de Brouwersdam is ter vergelijking 2,5 m. Voor de planuitwerkingsfase gaat het project "Getij Grevelingen" volgens de website nu uit van een getijslag van 40 cm rondom een middenpeil van NAP -30 cm. Dat is 10 cm lager dan het huidige middenpeil op de Grevelingen.

Er is op dit moment al een opening in de Brouwersdam: de Brouwerssluis. Dit bestaande doorlaatmiddel bestaat uit twee kokers die tezamen een getij-gemiddelde capaciteit hebben van 140 m³/s bij inlaten en 120 m³/s bij spuien. In geval van een eerder beoogde getijslag van 50 cm zou een getijgemiddelde instroom nodig zijn van 1000 m³/s, dus ongeveer 8 keer zoveel. Bij een getijslag van 40 cm is dit weliswaar iets minder (orde 800 m³/s) maar ook daarvoor is een groter doorlaatmiddel vereist.

Zodra er iets meer getij op de Grevelingen komt veranderen de in- en uitgaande getijstromingen ook het stroombeeld en daarmee de morfologie van het mondingsgebied van de Grevelingen (i.c. het gebied zeewaarts van de Brouwersdam). Dat wordt voor de sedimentuitwisseling met het Haringvliet mondingsgebied relevant als het de aanvoer van zand vanaf de Bollen van de Ooster verandert.



Figuur 79: Morfologie mondingsgebied Grevelingen anno 2012

In het afstudeeronderzoek van Groenewegen (2019) wordt ingegaan op de morfologische ontwikkelingen van deze zandbanken. De Bollen van de Ooster (locatie weergegeven in Figuur 79) zijn een langgerekte zandplaat die is ontstaan na de afsluiting van de Grevelingen in 1971. Qua genese lijkt deze plaat op de Hinderplaat. In beide gevallen was het de 'golfkracht' die de overhand kreeg na de afsluitingen waardoor zand vanaf de vooroever kustwaarts opschoof. De vraag hier is of de Bollen van de Ooster qua vorm en dynamiek wezenlijk zal veranderen na het in gebruik nemen van het nieuwe doorlaatmiddel in de brouwersdam.

Een eerste inschatting van het mogelijke effect wordt verkregen door het getijvolume door het nieuwe doorlaatmiddel te vergelijken met het getijvolume van vòòr de afsluiting van de Grevelingen. Als dat van dezelfde orde zou zijn, dan is het denkbaar dat de Bollen van de Ooster weer grotendeels zouden verdwijnen waardoor de zanddoorvoer naar het Haringvliet mondingsgebied zou veranderen. Uitgaande van de bovengenoemde maximale uitstroom van 800 m³/s bedraagt het getijvolume naar schatting 10 miljoen m³/getij (800 m³/s * 3,5 uur/getij * 3600 s/uur). Vòòr de afsluiting van het Grevelingen estuarium was dit ongeveer 400 miljoen m³/getij (situatie 1959, Zicht op de Grevelingen, 2008). Deze cijfers tonen aan dat de stroming door het beoogde doorlaatmiddel in de directe aanstroom- en uitstroomzones weliswaar enig lokaal effect zal hebben, maar dat van een terugkeer naar de oude situatie geen sprake zal zijn. Daarmee is de verwachting ook gerechtvaardigd dat er geen significante veranderingen zullen optreden in de morfologische ontwikkelingen rondom de Bollen van de Ooster. En daarmee ook niet op de zandtoevoer richting kust van Goeree en het mondingsgebied van het Haringvliet.

Vraag 6 - Morfologie

Kan er een relatie zijn tussen de aanzanding in de Haringvlietmonding en de zandhonger in de Grevelingenmonding? We verwachten een kwalitatieve beschrijving op basis van expert judgement.

Antwoord 6

Er is sprake van 'zandhonger' als een bepaald gebied van nature ondieper zou worden maar dat niet doet door gebrek aan sedimentaanvoer. Dit is bijvoorbeeld het geval in de Grevelingen waar de oude geulstructuren van vòòr de afsluiting nog aanwezig zijn die na de afsluiting nauwelijks meer stroming voerden. Die geulen zijn dan te groot en willen sedimenteren. In hoofdstuk 2 is de lineaire relatie tussen geuldoorsnede en getijdebiet toegelicht. Deze situatie deed zich ook voor bij het Rak van Scheelhoek voor de kust van Voorne, maar daar was wel sprake van sedimentaanvoer waardoor deze geul kon sedimenteren.

Locale 'zandhonger' wordt dus niet altijd gestild. "De gebraden kippetjes komen niet zomaar aanvliegen", zei kustprofessor Eco Bijker ooit. Dat geldt ook voor het stillen van de zandhonger in de Grevelingen als daar op termijn "Gedempt Getij" zou worden geïntroduceerd. Het meeste sediment dat met de vloedstroom de Grevelingen dan in gaat zal vermoedelijk achterblijven. Het uitstromende ebwater bevat dan per saldo minder sediment dan het instromende vloedwater.

Het sediment dat door het nieuwe doorlaatmiddel met de vloedstroom richting Grevelingen mee stroomt is vermoedelijk fijn qua samenstelling. Er zal een (betonnen) drempel komen in het doorlaatmiddel, waardoor de uitwisseling van zand beperkt blijft (grovere zandkorrels worden door de stroming vaak rollend over de bodem verplaatst). Het richting Grevelingen meegevoerde sediment bestaat dan uit de fijnere zandfracties en slibdeeltjes die zwevend in de waterkolom met de stroming worden meegevoerd. Dat is niet het sediment waar de Bollen van de Ooster mee zijn opgebouwd (zand) en daarom wordt er geen effect verwacht van de voornoemde zandhonger op de morfologische ontwikkelingen in het mondingsgebied van het Haringvliet. Zoals eerder aangegeven is slib alom aanwezig in zeewater en zal een netto import hiervan richting de Grevelingen geen merkbaar effect hebben op de sedimentconcentratie in het zeewater op de Voordelta.

Vraag 7 - Morfologie

Welke effecten heeft het kierbesluit op de morfologie in het studiegebied? We verwachten een kwalitatieve beschrijving op basis van expert judgement en bestaande rapporten.

Antwoord 7

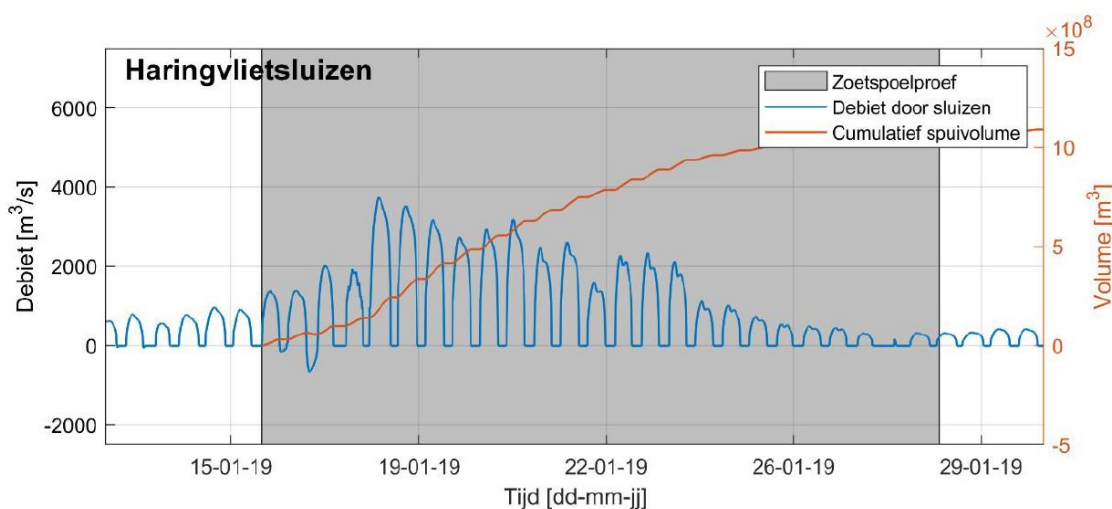
De Haringvlietdam met spuisluizen vormen een harde barrière tussen zoet en zout water. Hierdoor kunnen trekvisen zoals paling, zalm en zeeforel niet naar hun paaigebieden zwemmen die stroomopwaarts liggen of op zee. Door de Haringvlietssluisen bij vloed op een kier te zetten, kunnen trekvisen met het zoute water mee het Haringvliet op zwemmen. Het operationeel beheer van de sluisen moet wel zodanig zijn dat het water bij zoetwaterinnamepunten voor de landbouw en het drinkwater zoet blijft. Dat vergt nog enige tijd van uitproberen en meten wat er gebeurt. Rijkswaterstaat heeft daarvoor een onderzoeksprogramma gestart met de naam 'Lerend Implementeren'. In de

komende jaren zal op basis van de opgedane ervaringen duidelijk worden welk getijvolume daadwerkelijk uitgewisseld kan worden.

In de MER Beheer Haringvlietsluizen zijn indertijd een aantal scenario's gepresenteerd waarmee de visintrek door de Haringvlietsluizen mogelijk zou worden. Door de sluizen tijdens hoog water open te zetten, stroomt er water vanaf de Noordzee naar het Haringvliet. Hierdoor is het ook mogelijk voor vissen om de Haringvlietsluizen te passeren. Het gekozen sluisbeheer "Getemd Getij", waarbij de sluizen vrijwel permanent open staan, heeft echter als nadeel dat er zoveel zout water naar het Haringvliet stroomt dat dit gevolgen kan hebben op de zoutgehalten in het binnengebied.

Als tijdelijk alternatief is gekozen voor een aangepast sluisbeheer "De Kier". Hierbij wordt het ingelaten volume water beperkt, zodat de zoutgehalten binnen beheersbaar blijven, maar vissen wel het Haringvliet kunnen bereiken.

Er zijn de afgelopen jaren (sinds de eerste opening op 16 januari 2019) een aantal Kierproeven uitgevoerd, waarbij het effect van het inlaten van zout water in detail wordt gemonitord en geanalyseerd (Figuur 80, Deltares verslag 31 mei 2019).



Figuur 80: Debiet door spuisluizen tijdens Kier-variant proef januari 2019 (Deltares, 2019)

Het geschatte gesommeerde hoeveelheid ingelaten water tijdens de twee opeenvolgende hoog waters op 16 januari bedroeg 10 miljoen m³ (5 miljoen m³ per hoog water), terwijl de hoeveelheid gespuid water tijdens 11 spuiperioden wordt geschat op 700 miljoen m³ (63 miljoen m³ per laag water). Het verschil (58 miljoen m³/getij) is het volume rivierwater dat werd gespuid in die periode. Dit komt overeen met een spuidebiet die orde 10% van de tijd wordt overschreden.

Het getijvolume van de Haringvlietmond bedraagt ongeveer 100 miljoen m³. Dat is het watervolume van het mondingsgebied dat ligt tussen laag water en hoog water. Het is het volume water dat vanuit zee met de vloed wordt aangevoerd en met de eb weer wordt afgevoerd. De proef uit januari 2019 toont aan dat door het openen van de sluizen het getijvolume in dit gebied dus met ongeveer 5% toeneemt. Het neemt iets toe omdat een stukje van het Haringvliet dan immers ook onderdeel wordt van het kombergingsgebied. Een dergelijke kleine procentuele toename heeft geen significant effect op de geschetste morfologische ontwikkelingen in het gebied. Noch op de toekomstvoorspellingen. Bij lagere spuidebieten zal het volume ingelaten water nog minder zijn. Bij hogere spuidebieten (die minder vaak dan 10% van de tijd voorkomen) is het meer, maar omdat dit weer minder vaak voorkomt, is het effect op de lange termijn morfologie zeer beperkt.

Op de lange termijn, indien er wordt over gegaan op het "Getemd Getij" sluisbeheer, zal het volume dat per hoog water wordt ingelaten op het Haringvliet groter zijn, en zal het effect op de morfologie daardoor niet meer beperkt zijn. Volgens het MER zou het 20 tot 30 jaar duren voordat de morfologie van de Haringvlietmonding zich daar weer op heeft ingesteld.

6 Effectstudie kustveiligheid

6.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de effecten van de geschetste autonome morfologische ontwikkelingen geanalyseerd en uitgelegd met betrekking tot kustveiligheid. Hiervoor wordt eerst de huidige situatie beschreven, gevolgd door een beschrijving van de morfologische veranderingen met accent op scenario 1 van de mogelijke veranderingen. Doel van dit rapport is antwoord te geven op onderstaande onderzoeksvragen.

Tabel 16 geeft een overzicht van de onderzoeksvragen zoals opgesteld door de coalitie en gerelateerd aan waterveiligheid.

Tabel 16. Overzicht van onderzoeksvragen kustveiligheid

Onderzoeksvragen kustveiligheid

Vraag 1

Wat is het effect van de autonome morfologische ontwikkeling op vooroever (mate van aanzanding en/of erosie), strand (hoogte en breedte) en duinen (hoogte en breedte) in 2025, 2030, 2040, 2050 en 2060. We verwachten een kwantitatieve inschatting.

Vraag 2

Welk effect heeft de autonome morfologische ontwikkeling op de natuurlijke duinaangroei met zand, zowel in de hoogte als in de breedte? We verwachten een kwalitatieve beschrijving die volgt uit de voorgaande vraag.

Vraag 3

Wanneer is er vanuit waterveiligheid een opgave aan de kust, en hoe ziet deze opgave eruit? Hierbij gaat het om een second opinion van de eerste inschatting van de beheerder WSHD die we beschikbaar stellen. We verwachten een kwalitatieve beschrijving (eerste beeld is immers dat er voor de komende 40 jaar geen opgave te verwachten is, en dat deze opgave pas veel verder dan over 40 jaar gaat ontstaan).

Vraag 4

Welke gevolgen heeft de autonome morfologische ontwikkeling voor de beheerinspanning en waterveiligheidskosten voor zowel de vooroever/suppleties als duinen/versterking (meerkosten of juist kostenbesparing)? We verwachten een kwalitatieve beschrijving met cijfermatige onderbouwing in euro's.

6.2 Huidige situatie

Onder waterveiligheid wordt verstaan de situatie waarbij de primaire waterkeringen in het gebied voldoen aan de vigerende veiligheidsnormen. Zodra een onderdeel van de waterkering niet meer voldoet aan de norm, dan zal deze moeten worden versterkt en is er een 'versterkingsopgave'. In dit gebied is het waterschap daar dan voor verantwoordelijk.

Naast het borgen van de waterveiligheid is kustlijn zorg van belang. Het doel daarvan is om trendmatig zandverlies in eroderende kustvakken door middel van zandsuppleties te compenseren. Hoeveel zandverlies er jaarlijks plaatsvindt en waar precies, wordt door Rijkswaterstaat berekend op basis van jaarlijkse kustlijnmetingen (Jarkus) en gepresenteerd in de jaarlijkse rapportages Kustlijnkaarten. Bij het vaststellen van het zandverlies wordt een speciaal daarvoor ontwikkelde rekenmethodiek gehanteerd waarbij wordt gekeken naar veranderingen in het zandvolume tussen ongeveer NAP +2 m en een zekere diepte op de vooroever (verschilt per kustvak, maar ongeveer NAP -4 m). De informatie uit de Kustlijnkaarten wordt gebruikt bij de bestuurlijke keuze waar precies in het volgende jaar suppleties worden uitgevoerd. Dit is onderdeel van landelijk beleid.

Waterveiligheid en kustlijn zorg hebben dus een verschillende benadering en doel. Bij zandige kustvakken is het evident dat goede kustlijn zorg helpt om ook de duinwaterkering sterk genoeg te houden. Rijkswaterstaat en regionale waterschappen werken daarom samen bij het maken van keuzes waar wel of nog geen suppleties worden uitgevoerd.

In dit hoofdstuk wordt voornamelijk gekeken de waterveiligheid en minder naar kustlijn zorg.

De waterkering

Voorne

De primaire waterkering aan de zeewaartse zijde van Voorne bestaat uit het zogenaamde 'dijktraject 20-1' wat loopt vanaf de Haringvlietdam tot aan de Brielsche Gatdam (rode lijn in Figuur 81). De overstromingskans van 1/30.000 per jaar ('signaalwaarde') die in de legenda bij de figuur is aangegeven, is sinds 2017 als norm in de wet opgenomen. Dit dijktraject beschermt het westelijke deel van Voorne-Putten tegen de invloed van de Noordzee. Het is 16 km lang en bestaat voornamelijk uit duinen. In het deel van het dijktraject dat grenst aan het mondingsgebied van de Haringvliet liggen geen kunstwerken.



Figuur 81 Dijktraject Brouwersdam - Stellendam



Goeree

Dijktraject 25.1 "Brouwersdam – Stellendam" beschermt Goeree-Overflakkee tegen de Noordzee (rechterfiguur in Figuur 81). Sinds 1 januari 2017 is de wettelijke overstromingsnorm van dit dijktraject 1/3.000 per jaar (signaalwaarde). Dit dijktraject is 16,7 km lang en bestaat voornamelijk uit duinen. Bij Ouddorp bevat het dijktraject een inmiddels onder het zand liggende zeedijk (het "Flaauwe Werk"). Ter hoogte van de visafslag ligt één kunstwerk (spuisluis Zuiderdiep).

Toetsen van duinveiligheid

Volgens het waterschap (WSHD) voldoen beide trajecten 20.1 (Voorne) en 25.1 (Goeree) op dit moment aan de sinds 2017 gestelde veiligheidsnorm (signaleringskans). Dit is gebaseerd op de Beoordelingen veiligheid primaire waterkeringen 2017-2023 (WSHD, 2018) & (WSHD, 2019) en sluit aan op de vorige toetsing van de waterkeringen op de 'oude' veiligheidsnormen en de uitkomsten van een verkennende studie naar de invloed van de nieuwe veiligheidsnormen (Arcadis, 2016).

De vigerende rekenmethodiek voor duinafslag (DUROS+) is voor het gebied rondom de Groene Punt – om meerdere redenen – beperkt toepasbaar. In het recent gestarte project BOI Zandige Waterkeringen wordt door Arcadis in samenwerking met Deltares en in opdracht van Rijkswaterstaat, gewerkt aan de ontwikkeling van een nieuw toetsingsinstrumentarium. Daarbij zal gebruik worden gemaakt van een proces-gebaseerd rekenmodel, genaamd XBeach. Met dit rekenmodel kan bijvoorbeeld de invloed van de voorliggende bodem (ondiepten/geulen) beter worden meegenomen. Resultaten worden pas later dit jaar verwacht, waarna de feitelijke veiligheidssituatie door middel van een formele toetsing beter kan worden vastgesteld.

De uitkomsten van de veiligheidsberekeningen hangen ook sterk af van de opgelegde hydraulische randvoorwaarden. En die hangen weer af van de grootschalige morfologische ontwikkelingen in het gebied. Als gevolg van de gestage verondieping die al heeft plaatsgevonden en waarvan wordt verwacht dat die doorgaat, zijn de thans vigerende hydraulische randvoorwaarden vermoedelijk te zwaar. Indien uit nader onderzoek zou blijken dat de hydraulische randvoorwaarden waarmee voor elke duindwarsdoorsnede de sterkte wordt getoetst, minder zwaar zou zijn, dan neemt de feitelijke kustveiligheid toe.

Bij beantwoording van de onderzoeksvragen worden berekeningen gepresenteerd om het effect van de grootschalige morfologische veranderingen op de kustveiligheid te kunnen bepalen. Daarvoor wordt het rekenmodel MorpAn gebruikt

dat speciaal is ontwikkeld voor waterschappen en gebaseerd op de DUROS+ rekenmethodiek. Die berekeningen dienen louter ter indicatie: het is geen toetsing van de waterkering, noch een speurtocht naar de zwakste schakel.

Terugkijkend: kust van Voorne

Langs de kust van Voorne waren twee kwetsbare gedeelten in de duinwaterkering: de Groene Punt en het rechte kustvak vanaf de Groene Punt tot aan de Haringvlietdam. Beiden zijn in 2009/2010 versterkt met strand- en duinsuppleties die een beoogde levensduur hadden van minimaal 20 jaar.

Langs de kust van Voorne vond na de afsluiting van het Haringvliet erosie plaats als gevolg van dwarstransport tijdens stormen. Zand afkomstig van het strand en het voorste duin werd verplaatst door golfwerking naar de diepere delen van de voormalige getijgeul Rak van Scheelhoek die dicht onder de kust ligt. Populair gezegd was er lange tijd 'zandhonger' die gestild werd met slib tijdens rustig weer en met zand vanaf de kust tijdens stormen. Naarmate de geul verder opvulde nam dit proces van netto zeewaarts dwarstransport af. Pas nadat de restanten van de geul overal uit de kustprofielen zijn verdwenen als gevolg van deze opvulling, ontstaat er weer een natuurlijke balans tussen zeewaartse en landwaartse zandtransporten. Dit lijkt inmiddels het geval te zijn in het kustvak vanaf de Groene Punt tot aan ongeveer RSP 13 km (nabij Rockanje). Iets verder richting de Haringvlietdam is vermoedelijk nog wel sprake van geulrestanten en daar is in theorie nog wel wat zandverlies vanaf het strand te verwachten.

Bij de Groene Punt is de situatie iets anders omdat daar zandverlies optreedt langs de kust en veel minder dwars op de kust. Door de sterke kromming in de kustlijn nemen de langstransporten vanaf een zeker "nulpunt" in twee richtingen toe. Juist ter hoogte van de Groene Punt leidt dit ertoe dat er meer zand het kustvak *uit* wordt getransporteerd dan dat er aan zand *in* komt. Het strand, de ondiepe vooroever en uiteindelijk ook het voorste duin 'leveren' het verschil in zandvolume, wat zichtbaar wordt als kustlijnachteruitgang.

Bovenstaande twee oorzaken van erosie en duinafslag bij de Groene Punt, namelijk "dwars" op de kust door depositie in de voormalige getijgeul en "langs" de kust als gevolg van de kustkromming, noodzaakten Rijkswaterstaat en het Waterschap in 2009 / 2010 tot kustversterking. Over een lengte van 4 km werd toen aan de zeezijde een brede duinenrij van 130 meter aangebracht (duinsuppletie) en het strand verhoogd (strandsuppletie).

Bij een eerdere kustverdediging in 1987 was het duin ter hoogte van de Groene Punt nog versterkt met slibrijk zand. Door deze voedselrijke sedimentbron ontwikkelde zich in snel tempo een dicht en hoog duindoornstruweel wat niet de bedoeling was. Het verhinderde namelijk het inwaaien van meer kalkrijk zand vanaf het droge strand, wat gunstig is voor de verjonging van de vegetatie (zie foto hiernaast). Daarom werd tijdens de laatste versterking in 2010 over een oppervlakte van ongeveer 15 ha de duindoornvegetatie verwijderd en de voedselrijke bovenlaag met een halve meter afgegraven en weer aangevuld met 50 cm kwalitatief beter zand.



Terugkijkend: kust van Goeree

Langs de kust van Goeree was de zwakste schakel in de waterkering lange tijd het "Flaauwe Werk". Dat is een zeedijk bij Ouddorp met een lengte van 2,75 kilometer, gelegen tussen RSP 10,5 km en RSP 13,25 km. De kruin van de zeedijk ligt op NAP+9,7m. Het buitentalud en de kruin zijn voorzien van een deklaag van asfalt. Vòòr de zeedijk liggen negen strandhoofden waarvan er inmiddels enkele aan de westzijde weer zichtbaar zijn geworden door de lokale erosie die daar recent plaatsvindt als gevolg van een opschuivende kortsluitgeul (Figuur 53).

Het Flauwe Werk bleek aan het begin van de eeuw niet te voldoen aan de toenmalige veiligheidsnorm, waarna deze in 2007/2008 werd versterkt. Over een afstand van 1,5 km werd de dijk 3 meter hoger en landinwaarts met 30 meter verbreed. De asfaltdijk is nu niet meer zichtbaar doordat de dijk is overdekt met zand en één geheel vormt met de duinen eromheen. Ook het strand ervoor is in de laatste jaren breder geworden, met recent een uitzondering aan de westzijde waar als gevolg van een opschuivende kortsluitgeul erosie heeft plaatsgevonden (zie ook Elias, 2021). De verwachting is wel dat deze geul op korte termijn (maanden - jaren) zal verzanden door aanvoer van zand vanaf de aanlandende platen en de in het voorjaar van 2021 ter hoogte van de westkop uitgevoerde strandsuppletie.



Zolang de basiskustlijn (BKL) langs de westkop van Goeree blijft gehandhaafd in het kader van kustlijninzorg, zijn er langs de kust van Goeree geen versterkingsopgaven te verwachten. Het hele dijktraject 25.1 is veilig. De verwachte morfologische veranderingen in de toekomst, zoals in dit rapport beschreven, impliceren dat er meer zand langs de kust accumuleert. Dat geeft bredere stranden en daarmee een nog veiliger situatie. Een mogelijke uitzondering hierop is het gedeelte van de kust waar het Slijkgat landwaarts kan migreren. Als zich dat voordoet dan zal dat ongeveer tussen RSP 6 km en RSP 8 km zijn. Hier is de afgelopen jaren de kust met honderden meters breder geworden dus zelfs al zou daar 50 m van uitschuren, dan nog leidt dat niet tot een versterkingsopgave van de achterliggende waterkering. Evenmin zal dit leiden tot de noodzaak voor een strandsuppletie in het kader van kustlijninzorg.

6.3 Effecten op kustveiligheid

Door opdrachtgever zijn de volgende vragen over de toekomstige kustveiligheid gesteld:

Vraag 1 - kustveiligheid

Wat is het effect van de autonome morfologische ontwikkeling op vooroever (mate van aanzanding en/of erosie), strand (hoogte en breedte) en duinen (hoogte en breedte) in 2025, 2030, 2040, 2050 en 2060. We verwachten een kwantitatieve inschatting.

Antwoord 1

In hoofdstuk 4 zijn aan de hand van drie mogelijke scenario's de verwachte morfologische veranderingen in het gebied gepresenteerd. De meest waarschijnlijke ontwikkeling is die van scenario "brede kust van Voorne", waarbij na 2025 sprake is van aanlanding van de Hinderplaat op de kust van Voorne, vermoedelijk op of direct ten oosten van de Groene Punt. Ook de mogelijke veranderingen in de oppervlakten van bepaalde diepte- en hoogtezones is met bandbreedte ingeschat en beschreven in hoofdstuk 4, waarnaar hier wordt verwezen.

Bij het onderzoek naar de invloed van de grootschalige morfologische veranderingen op de waterveiligheid is vooral gekeken naar de zwakste schakel: de Groene Punt. Dat is zo'n zwakke schakel omdat juist daar zand via de brandingsgedreven stroming wordt afgevoerd wat tot erosie leidt. En juist op die locatie lijkt zich een geul te ontwikkelen die nog meer kustafslag kan veroorzaken. Langs alle overige kustvakken in het gebied speelt dit niet of veel minder. Zo is het mogelijk dat er langs de kust van Goeree, aan de westflank van de Kwade Hoek, ook tijdelijk (enkele jaren) erosie kan optreden als daar het Slijkgat kustwaarts opschuift. Omdat de waterkering daar nog vele honderden meters verder landwaarts ligt, zal dit echter niet leiden tot de noodzaak om daar de duinwaterkering te moeten versterken. Ook de erosie aan de westzijde van het Flauwe Werk wat heeft geresulteerd in het blootspoelen van de eerder onder het zand verdwenen strandhoofden, geeft geen versterkingsopgave. Feitelijk is de NW kust van Goeree sinds de afsluiting van het Haringvliet dermate zeewaarts verbreed, dat hier geen versterkingsopgave wordt verwacht tot aan 2060. Dat geldt ook voor de tussenliggende jaartallen zoals gesteld in de vraag. Hierbij wordt wel aangetekend dat het belangrijk blijft om de kustlijnligging ter hoogte van de westkop van Goeree te blijven onderhouden conform het huidig beleid.

Vanaf de Groene Punt tot aan de aansluiting met de Haringvlietdam wordt de kust en de vooroever naar verwachting tot 2060 breder. Er zijn hier tot 2060 geen morfologische ontwikkelingen voorzien die een versterkingsopgave van de duinwaterkering nodig zou kunnen maken.

Tenslotte blijft de verondieping van het kustvak voor de Brielsche Gatdam doorgaan, waardoor ook daar tot 2060 geen versterkingsopgave wordt verwacht. De conclusie is dat vanuit het perspectief van kustveiligheid vooral de situatie ter hoogte van de Groene Punt nader moet worden beschouwd. Dit wordt hieronder nader uitgewerkt, waarbij drie situaties worden bekeken:

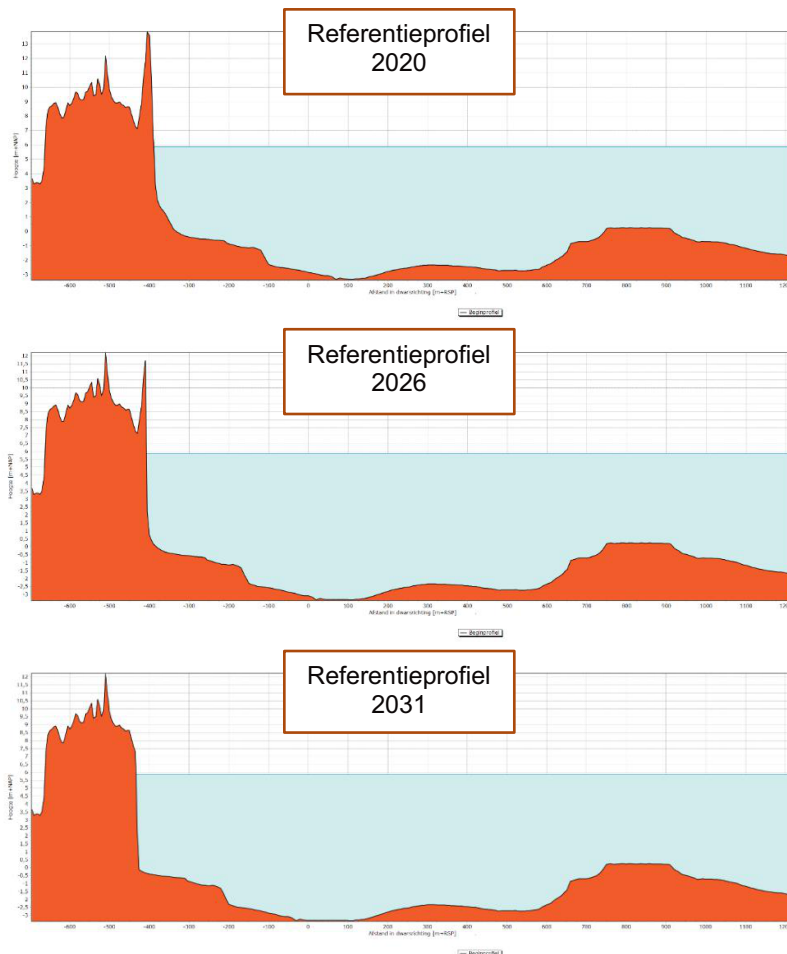
1. Geen grootschalige morfologische veranderingen. Deze situatie wordt meegenomen om de invloed van de grootschalige morfologische ontwikkelingen – die wel degelijk worden verwacht - mee te kunnen vergelijken. Er wordt in deze situatie wel rekening gehouden met een doorgaande kustlijnachteruitgang van 5 meter per jaar als gevolg van brandingsgedreven zandtransporten. Deze waarde is gebaseerd op de waargenomen trend in de kustlijnachteruitgang ter hoogte van de Groene Punt (kustlijnkaarten, 2021). In de berekeningen worden eerst twee tijdshorizonnen beschouwd: 2026 (25 m achteruitgang) en 2031 (50 m kustlijnachteruitgang). Verder vooruitkijken heeft weinig zin, omdat tegen die tijd vermoedelijk de kust in het kader van Kustlijn zorg al weer is aangevuld.
2. Een groter wordende getijgeul voor de kust die landwaarts opschuift. Dit is het toekomstscenario “Geul voor Groene Punt” en vormt in theorie de grootste bedreiging voor de kustveiligheid. Ook in het meer waarschijnlijk geachte toekomstscenario “Brede kust van Voorne”, is de verwachting dat er rond 2025 nog wel een geul ligt voor dit kustvak, maar dat die daarna verzandt. Bij “Geul voor de Groene Punt” verzandt die geul niet maar verplaatst juist landwaarts ten koste van het strand en de achterliggende duinen. De geulmigratie zorgt voor extra kustlijnachteruitgang bovenop de 5 m/j reguliere kustlijnachteruitgang, omdat het twee nagenoeg onafhankelijke processen zijn (golven en getijstroming). In de berekeningen die hierna worden gepresenteerd worden verschillende uitgangspunten gehanteerd voor hoeveel de kust als gevolg van deze geuldynamiek precies achteruitgaat.
3. Een breder wordende kust – ook ter hoogte van de Groene Punt - omdat delen van het Hinderplaatcomplex aanlanden op de kust van Voorne, ter hoogte van de Groene Punt. Deze situatie is voor de kustveiligheid gunstig, omdat het strand breder wordt en de vooroever ondieper en flauwer. Het kan zijn dat er dan tot aan 2060 geen versterking van de duinwaterkering meer nodig is wat mogelijk een kostenbesparing oplevert.

Ad 1: geen grootschalige morfologische veranderingen

De gehanteerde uitgangspunten bij het vaststellen van het rekenprofiel (ter hoogte van RSP 10.020 km) zijn:

- Horizontaal schuift het profiel per jaar met 5 m op, dus 25 m tot 2026 en 50 m tot 2031.
- Niet het hele kustprofiel schuift op, omdat deze erosie wordt veroorzaakt door het brandingsgedreven langstransport. Als ondergrens wordt aangehouden NAP -3 m wat relatief ondiep is vanwege de daar weer voor liggende ondieptes van het hinderplaatcomplex.

Deze uitgangspunten resulteren in de drie kustprofielen zoals getoond in onderstaande figuur. Deze profielen worden enkel weergegeven voor vergelijking. Ze worden bijvoorbeeld gebruikt bij de beantwoording van vraag 3.



Figuur 82: Referentieprofielen voor 2020, 2026 (25 meter kustachteruitgang) en 2031 (50 meter kustachteruitgang)

Ad 2: de negatieve situatie: getijgeul voor de kust

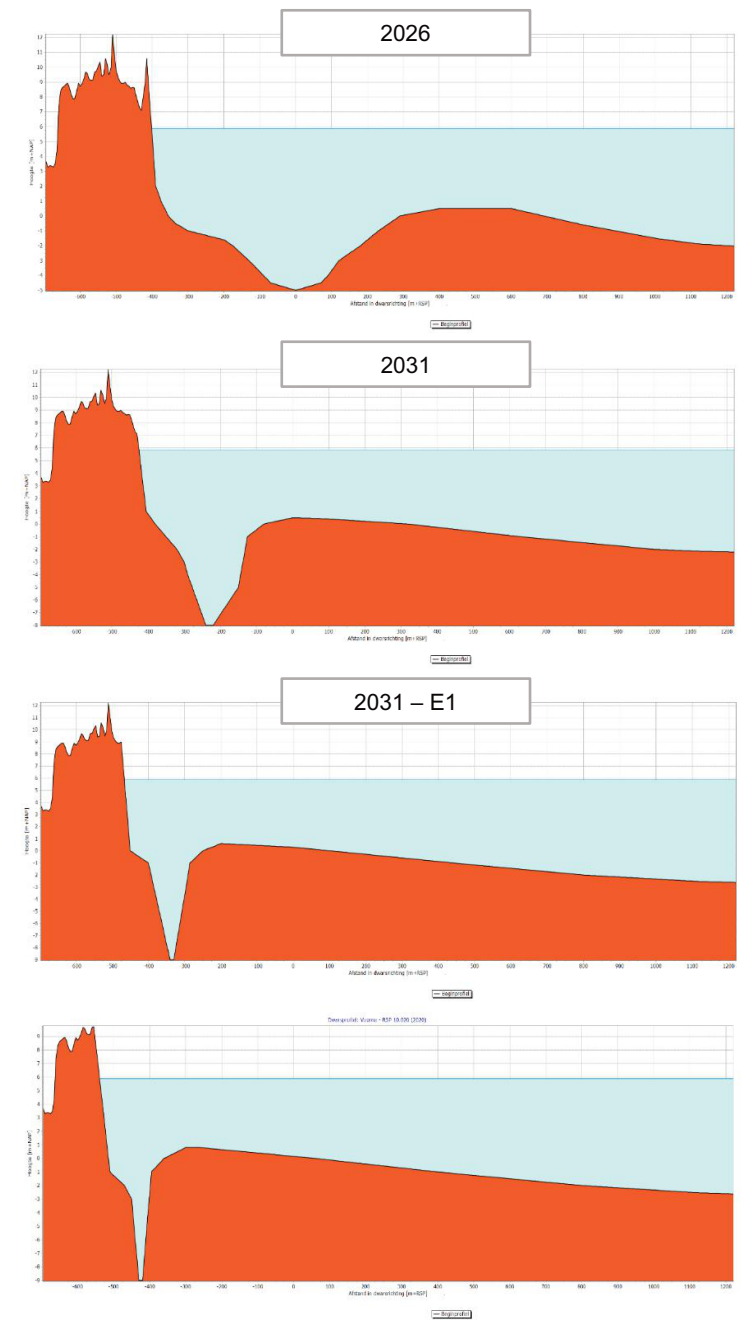
Het gevaar komt hier vanuit een nieuwe getijgeul die zich dicht onder de kust aan het ontwikkelen lijkt te zijn. In de meest recente Jarkus-profielen (2019, 2020) is ter hoogte van RSP 10.020 km tot RSP 10.060 km namelijk al een ontgrondingskuil te zien. Deze lokale ontgraving kan zich op korte termijn (jaren) verder uitstrekken waardoor een geul-achtige vorm ontstaat. Deze geul loopt dan door tot aan de Naamloze Geul waarmee het één geheel kan vormen. Uiteindelijk zal de 'zanddruk' vanaf de Hinderplaat en vanaf de kust zelf, naar verwachting zo groot worden dat deze geul wel weer opvult, maar of, hoe en wanneer dat gebeurt is niet goed te voorspellen. Als er wel een stabiele geul ontstaat die de 'zanddruk' kan weerstaan omdat er voldoende getijwater doorheen stroomt, dan zal die geul niet plaatsvast zijn. De geul zal door de zanddruk vanaf de Hinderplaat kustwaarts migreren en mogelijk ook gaan uitbochten. Het is die situatie die voor de kustveiligheid het meest negatief kan uitpakken en mogelijk tot een snellere kustversterking aanleiding geeft. De kans daarop is weliswaar klein maar niet nul.

Om te kunnen inschatten wat deze geulvorming en geulmigratie betekent voor de waterveiligheid, is het nodig om gedetailleerde dwarsprofielen te bepalen. Dat vraagt een voorspelling op een schaal van meters, wat feitelijk door de beperkte voorspelbaarheid van morfologische veranderingen niet betrouwbaar is. De onderstaande voorspelling van morfologische veranderingen op vooroever, strand en duinen - ter hoogte van de Groene Punt en voor deze situatie - zijn dan ook alleen bedoeld om te kunnen vaststellen of er op termijn een extra versterkingsopgave kan ontstaan of niet.

Onderstaande figuur toont het dwarsprofiel ter hoogte van RSP 10.020 km voor de gemeten situatie in 2020 en voor de situatie over 5 jaar (2026) en 10 jaar (2031). Bij het bepalen van de dwarsprofielen zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De natte oppervlakte van de geul onder NAP-1 m (gemiddeld laagwater) blijft gelijk. Dat is gerechtvaardigd zolang het maatgevende getijvolume door de geul niet verandert. En dat is het geval zolang het getijprisma van het achterliggende kombergingsgebied niet verandert. Omdat het achterliggende kombergingsgebied naar verwachting verder zal opvullen (ook boven laagwater waar het getijprisma is), neemt in werkelijkheid na verloop van jaren dat getijprisma wel af. Door hier tot aan 2031 geen rekening mee te houden wordt een voorzichtige keuze gemaakt. De verwachte opvulling van het kombergingsgebied zal er na 2031 wel toe leiden dat het getijvolume door de nieuwe geul afneemt. En dat zal uiteindelijk leiden tot het verdwijnen van de geul, omdat er dan te weinig water doorheen stroomt om zandafzettingen af te kunnen voeren. De verwachting is dan ook dat de Geul voor de Groene Punt – als het zich al voordoet – een tijdelijk fenomeen zal zijn. Voor de gevraagde jaartallen 2040, 2050 en 2060 is de verwachting dan ook dat de kust – ook bij de Groene Punt dermate is aangezand dat de dan aanwezige duinwaterkering zal voldoen aan de huidige veiligheidsnorm.
- De Hinderplaat schuift ter hoogte van de Groene Punt de laatste jaren met ongeveer 80 m/j landwaarts op. Dat is de gemiddelde migratiesnelheid van de landwaartse rand van deze plaat na 2013 (bron: Jarkus-profielen; Figuur 46).
- De helft van de 'nieuwe' natte oppervlakte die als gevolg van uitschuring ontstaat, wordt 'geleverd' door verdieping van de geul. De andere helft wordt 'geleverd' door versnelde kustlijn-achteruitgang en teruggang van het duinfront.
- Er bevinden zich geen harde lagen in het kustprofiel.
- De profielen schuiven net als in de referentie-situatie met 5 m/j extra landwaarts op als gevolg van kustlangs brandingstransport.

Met deze uitgangspunten zijn twee toekomstige dwarsprofielen voor raai RSP 10.020 km geconstrueerd (2026 en 2031). De situatie kan 'erger' worden als de geul niet alleen migreert richting kust maar daarbij ook nog eens gaat uitbochten (meanderen). Bochtstromingsverschijnselen kunnen dan zorgen voor extra afslag van strand en duinen. Of dit gaat gebeuren is niet te voorspellen, maar als het gebeurt dan is de bochtstraal van een dergelijke meander al snel in de orde van enkele keren de breedte van de geul zelf. Dat zou betekenen dat de geul in 2031 ook 80 meter of zelfs 150 m verder duinwaarts kan komen te liggen. De figuur toont de dwarsprofielen van deze twee extreem ongunstige situaties (profielen 2031-E1 en 2031-E2).



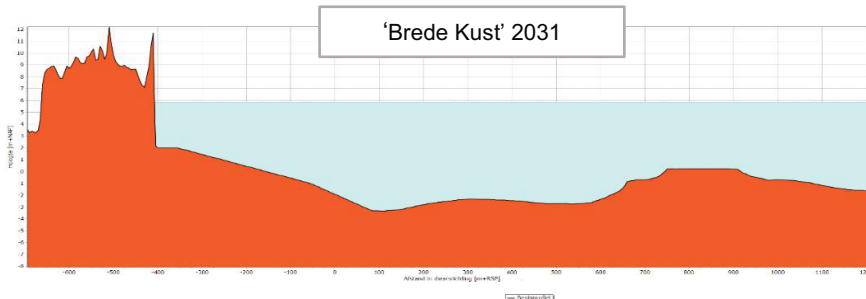
Figuur 83: Mogelijke toekomstige veranderingen in kustprofiel RSP 10.020 (Voorne) voor 2020, 2026 en 2031. Voor 2031 zijn er twee extreme situaties: 'E1' en 'E2'.

Ad 3: De positieve situatie: brede kust

De gehanteerde uitgangspunten bij het schetsen van het toekomstige profiel (2031) zijn:

- De aanlanding van de zandplaat gebeurt niet binnen 5 jaar. In die tijd is nog wel sprake van de 5 m/j reguliere kustachteruitgang.
- Na 2026 is er wel sprake van aanlanding van de Hinderplaat. Hoe dat precies gaat en hoeveel zand er precies op welke hoogte en in welk volume bij komt, is niet goed te voorspellen. Omwille van de effect-bepaling wordt uitgegaan van een 50 m breed droog strand op NAP +2 m, een flauw voorliggend strand tot NAP-1m en daaronder een flauw profiel tot aan de bestaande bodem. Deze 50 m lijkt relatief weinig bij het toekomstbeeld van een brede kust van Voorne, maar de aanlanding na 2026 wordt ter hoogte van de Groene Punt nog steeds gecompenseerd door een

kustlijnachteruitgang van 5 m/j die het gevolg is en blijft van brandingsgedreven langstransport. De kust van Voorne verder richting Brielsche Gatdam en richting Haringvlietdam wordt juist wel aanzienlijk breder (honderden meters tot aan 2060).



Figuur 84: Mogelijke toekomstige veranderingen voor 'Brede kust' in kustprofiel RSP 10.020 (Voorne) voor 2031.

Vraag 2 - kustveiligheid

Welk effect heeft de autonome morfologische ontwikkeling op de natuurlijke duinaangroei met zand, zowel in de hoogte als in de breedte? We verwachten een kwalitatieve beschrijving die volgt uit de voorgaande vraag.

Antwoord 2

Zoals bij de inleiding van vraag 1 aangegeven is vanuit het perspectief van waterveiligheid feitelijk alleen de situatie ter hoogte van de Groene Punt van belang. Langs de andere kustvakken was en komt naar verwachting geen nieuwe versterkingsopgave van de duinwaterkeringen tot 2060 juist vanwege de aangroei van vrijwel alle kustvakken. Bij de beantwoording van vraag 1 is daarom louter gekeken naar de toekomstscenario's met extra kustafslag ter hoogte van de Groene Punt (RSP 10.020 km). In die situatie is geen sprake van natuurlijke duinaangroei, maar juist van afslag als gevolg van het landwaarts opschuiven van de nieuwe geul voor de Groene Punt. Op de wat langere termijn, dat wil zeggen of al na 5 jaar (positieve situatie) of pas tussen 2030 en 2040 (negatieve situatie), is het echter de verwachting dat de Hinderplaat gaat aanlanden op de kust van Voorne, waardoor de droge strandbreedte toeneemt.

Deze natuurlijke zandtoevoer naar de duinen is belangrijk om de duinen mee te laten groeien met een stijgende zeespiegel. Daarom wordt op steeds meer plekken langs de Nederlandse duinenkust dynamisch duinbeheer toegepast wat zandinstuiving bevordert. Helmgras en vegetatie wordt dan verwijderd waardoor stuifkuilen kunnen ontstaan. Vanuit die lokale verdiepingen in het (voorste) duin wordt bij aanlandige wind zand de duinen in geblazen. Een voorbeeld van dynamisch duinbeheer is te vinden langs de westkop van Goeree.



De breedte en hoogte van duinen hangt onder andere af van de hoeveelheid zand die vanaf het strand voorbij de voorste duinenrij kan stuiven. Op de westkop van Goeree wordt hier door het waterschap al mee geëxperimenteerd (dynamisch duinbeheer). Dit type zandtransport, ook wel eolisch zandtransport genoemd, is wind-gedreven en is het grootst als de win over brede stukken droog strand kan blazen richting de duinen. Dit betekent dat overal waar de stranden breder en hoger (boven de vloedlijn want droog) worden, de kans op natuurlijke duinaangroei toeneemt.

In sommige studies (Arens, 2009) wordt geconcludeerd dat eolisch zandtransport vanaf een droog breed strand naar de achterliggende duinen jaarlijks 25 m³ per strekkende meter kust kan zijn (kust van Delfland). Hoe ver dit zand de duinen inwaait hangt van veel factoren af waaronder de lokaal aanwezige vegetatie en micro-reliëf (natte zones). Omdat de kust van Voorne luwer ligt dan de open kust van Delfland is de verwachting dat het eolisch zandtransport richting duinen beperkt zal blijven tot 5 -10 m³/m/j. Dit is een schatting van ons die gestaafd zou kunnen worden door in detail zandbalansen op te stellen van de experimenten die thans op de westkop van Goeree worden uitgevoerd. Over een kustlengte van 1 km zou dit dus een landwaarts zandtransport van 5,000 – 10,000 m³/j kunnen veroorzaken. Ter hoogte van de meer wind vangende westkop van Goeree, zou het duinwaarts gerichte eolisch transport vermoedelijk groter zijn en misschien wel de waarden van de kust van Delfland evenaren.

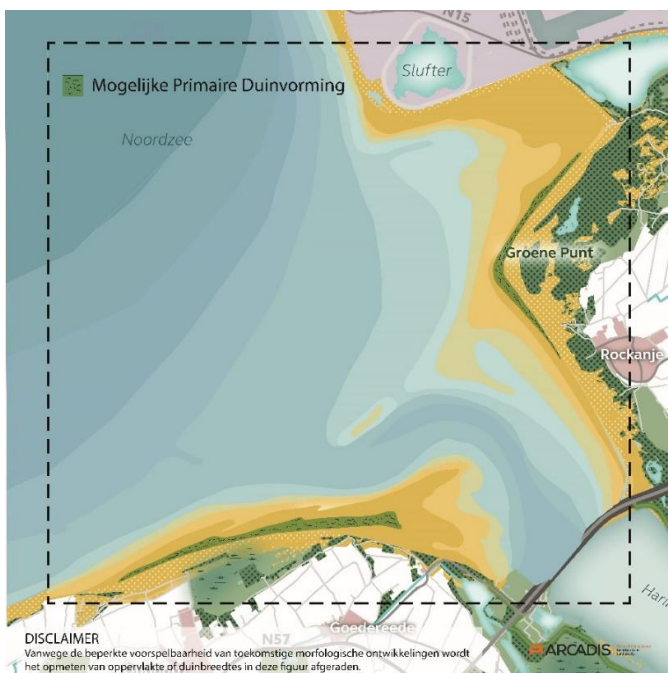
In dwarsprofiel gezien betekent een gemiddelde zandinstuiving van 10 m³/m/j dat de voorste duinenrij met 10 cm per jaar hoger kan worden over een breedte van 100 m. In werkelijkheid zal het beeld veel complexer zijn en meer drie-dimensionaal met lokaal mogelijke stuifkuilen en elders ophopingen van zand. Een mooi voorbeeld van hoe dat er uit kan zien is thans te aanschouwen op de Groene Punt waar de vegetatie destijds is weggehaald om juist die verstuiving van zand verder landinwaarts mogelijk te maken.

Het eolisch transport richting de oude duinen op Goeree is – afgezien van de westkop – zeer beperkt en zal dat blijven. Dat komt omdat door de honderden meters zeewaartse verplaatsing van de waterlijn, waardoor de afstand tot aan de duinen te groot is geworden. Op het nieuwe en brede strand kunnen wel primaire duinen vormen wat feitelijk ook een vorm van natuurlijke duinverzwaring is.

Langs de kust van Voorne is sprake van een verslibbend strand waardoor de verstuiving van zand naar het achterland minder zal zijn. Daar staat tegenover dat de verwachting is dat het strand breder zal worden na aanlanding van de Hinderplaat en de verplaatsing van zand richting de Haringvlietdam. Bredere stranden geven dan in theorie de mogelijkheid voor meer zandverstuiving richting de achterliggende duinen. Op dit moment echter is de voorste duinenrij van Voorne beplant en in die situatie zal stuivend zand niet verder komen dan de eerste duinenrij. Het biedt wel mogelijkheden op de lange termijn (10, 20 jaar) om ook hier te experimenteren met dynamisch duinbeheer.

Op de Groene Punt zelf zal naar verwachting het strandzand zandig blijven in verband met de blootstelling aan golven. Daar heeft dynamisch duinbeheer dus mogelijk wel zin, zoals dat de afgelopen tien jaar ook heeft plaatsgevonden. In het verwachte toekomstscenario “Brede kust van Voorne” is sprake van de aanlanding van (grote delen van) de Hinderplaat op de kust van Voorne. Deze grote strandvlakte zal ook deels boven gemiddeld hoog water komen te liggen waardoor verstuiving van droog zand mogelijk wordt. Dit eolisch zandtransport kan leiden tot primaire duinvorming voor de huidige duinwaterkering. Het zand waait dan niet verder de ‘oude’ duinen in omdat het eerder wordt afgevangen. Ook hier geldt weer dat het terreinbeheer medebepalend zal zijn voor hoeveel verstuiving kan plaatsvinden en waarnaartoe.

De mate van slibbigheid van het strand zal ook invloed hebben op het eolisch transport. Hoe slibbiger, des te minder zand kan verstuiven richting duinen. Dit is naar verwachting de komende (5-10) jaren de situatie langs de kust van Voorne oostwaarts van de Groene Punt (ruwweg voorbij paal 11). Dynamisch duinbeheer heeft hier dan ook vermoedelijk minder zin. Hoe veel zand er van het strand de duinen in kan waaien hangt dus af van de precieze hoogte van het breder wordende strand, de zand/slib verhouding, de aanwezigheid van micro reliëf (zoals de lokale lagere strandsectie langs de kust van Goeree) waarachter het stuifzand kan neerslaan en de mate waarin het gebied toegankelijk is voor mens en dier.



Figuur 85: Weergave van mogelijk te verwachten primaire duinontwikkeling naar 2060

Vraag 3 - kustveiligheid

Wanneer is er vanuit waterveiligheid een opgave aan de kust, en hoe ziet deze opgave eruit? Hierbij gaat het om een second opinion van de eerste inschatting van de beheerder WSHD die we beschikbaar stellen. We verwachten een kwalitatieve beschrijving (eerste beeld is immers dat er voor de komende 40 jaar geen opgave te verwachten is, en dat deze opgave pas veel verder dan over 40 jaar gaat ontstaan).

Antwoord 3

Second opinion

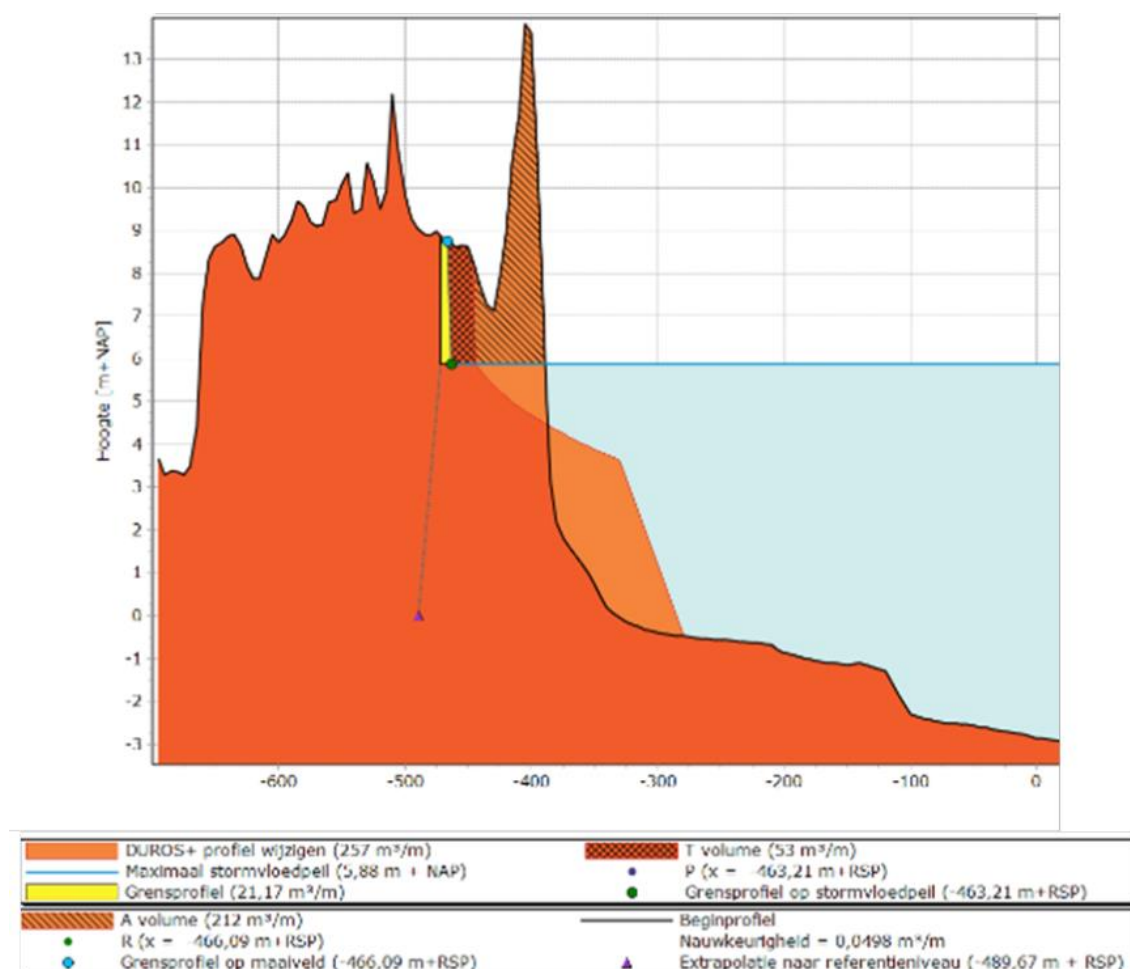
De suggestie bij de vraag dat er geen versterkingsopgave wordt verwacht in de komende 40 jaar strookt niet met het ontwerp van de laatste kustversterking bij de Groene Punt. Bij dat ontwerp werd namelijk uitgegaan van voldoende veiligheid tot aan 2030. Het waterschap heeft een verkenning uitgevoerd naar de gevolgen van zeespiegelstijging. Daarbij zijn met het rekenprogramma Morphan de vigerende hydraulische randvoorwaarden gebruikt bij huidig toetspeil, toetspeil +1 m en toetspeil + 2m. Uit die berekeningen bleek dat de meeste raaien nog steeds voldoen. Op basis daarvan is de verwachting uitgesproken dat de komende 40 jaar vermoedelijk geen versterking nodig zal zijn, omdat immers op dat termijn geen zeespiegelstijgingen van meer dan 2 meter worden verwacht. Experts van het waterschap geven echter zelf aan dat er veel aannames moesten worden gedaan en dat Morphan als rekenmodel feitelijk niet geschikt is voor dergelijke extrapolaties. De volgende kanttekeningen zijn ook te maken bij de uitgevoerde verkenning:

- De opgelegde hydraulische randvoorwaarden gelden voor de huidige zeespiegelstand. Bij 1 a 2 m zeespiegelstijging zullen onherroepelijk andere hydraulische randvoorwaarden van toepassing zijn, die op dit moment niet bekend zijn. Waarschijnlijk zijn dat zwaardere golfbelastingen, waardoor alsnog de duinwaterkering op sommige locaties niet zou kunnen blijken te voldoen.
- In de door het waterschap uitgevoerde berekeningen is geen rekening gehouden met de autonome morfologische veranderingen in het gebied. Dat is immers het onderwerp van de huidige studie. Het is niet uit te sluiten dat er meer kusterosie gaat plaatsvinden ter hoogte van de Groene Punt als gevolg van een nieuwe getijgeul met landwaartse migratie en uitbochting. Het is juist die situatie die waarschijnlijke maatgevender is dan het kiezen van een hogere waterstand, zoals experts van het waterschap zelf ook aangeven. Dit aspect wordt hieronder kwantitatief uitgewerkt door middel van aanvullende berekeningen. Die berekeningen zijn nodig om te kunnen inschatten of en wanneer er alsnog duinversterking nodig is ter hoogte van de Groene Punt. Zoals aangegeven bij de beantwoording van vraag 1 worden de berekeningen alleen gedaan voor dit specifieke kustvak en niet voor andere raaien in het projectgebied. Voor de andere kustvakken geldt dat die nu veilig zijn en als gevolg van de grootschalige morfologische veranderingen niet minder veilig worden. Besparen op 'niets' levert dan geen besparing meer op.

1: situatie zonder grootschalige morfologische veranderingen

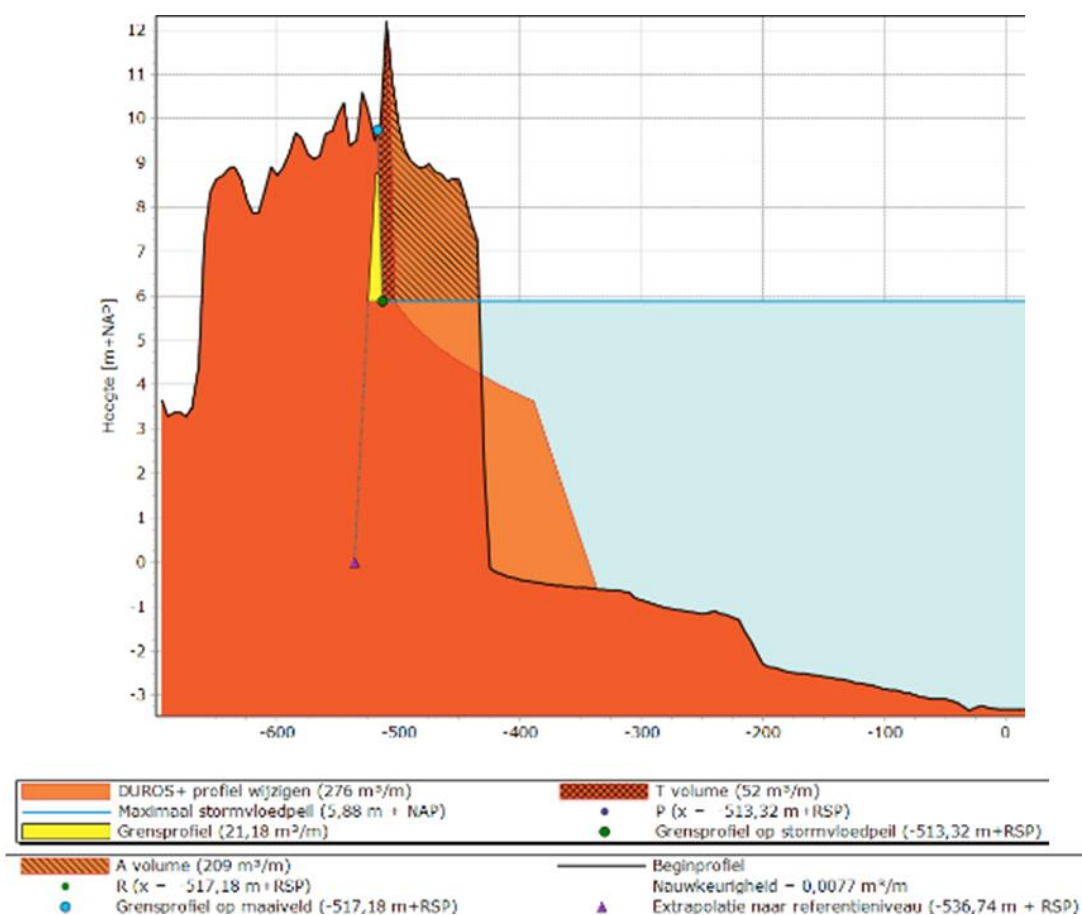
In deze situatie is geen rekening gehouden met de grootschalige morfologische veranderingen die nog worden verwacht (Figuur 82). Het is de referentie-situatie die gebruikt wordt om het effect van die veranderingen te kunnen bepalen.

Figuur 86 laat het berekende afslagprofiel zien voor het huidige kustprofiel (2020). De standaard hydraulische randvoorwaarden zijn in de berekeningen gebruikt met een waterstand van bijna NAP+6m. Dat zijn zeer uitzonderlijke stormvloedstanden die we hopelijk niet meemaken. Bij het analyseren van de waterveiligheid is het wel noodzakelijk om juist te kijken naar die zeer uitzonderlijke omstandigheden. Het licht oranje deel in de figuur is de feitelijke duinafslag. Het steile voorfront van de duinen is vervormd tot een glooiend profiel waarbij er zand vanuit de duinen op het strand en de vooroever terecht komt. De blauwe stip in de figuur laat zien tot waar het 'toeslagprofiel' op maaiveld reikt (volgens deze berekening is dat RSP -466 m). Volgens de rekenmethodiek moet daarachter nog een minimaal volume aan zand overblijven: het zogenaamde grensprofiel (het gele vlakje in de figuur). De conclusie is dat er in de huidige situatie (2020; RSP 10.020 km) ruim voldoende zand in het profiel aanwezig is om de maatgevende storm veilig te kunnen weerstaan.



Figuur 86: Berekend afslagprofiel - huidige situatie 2020

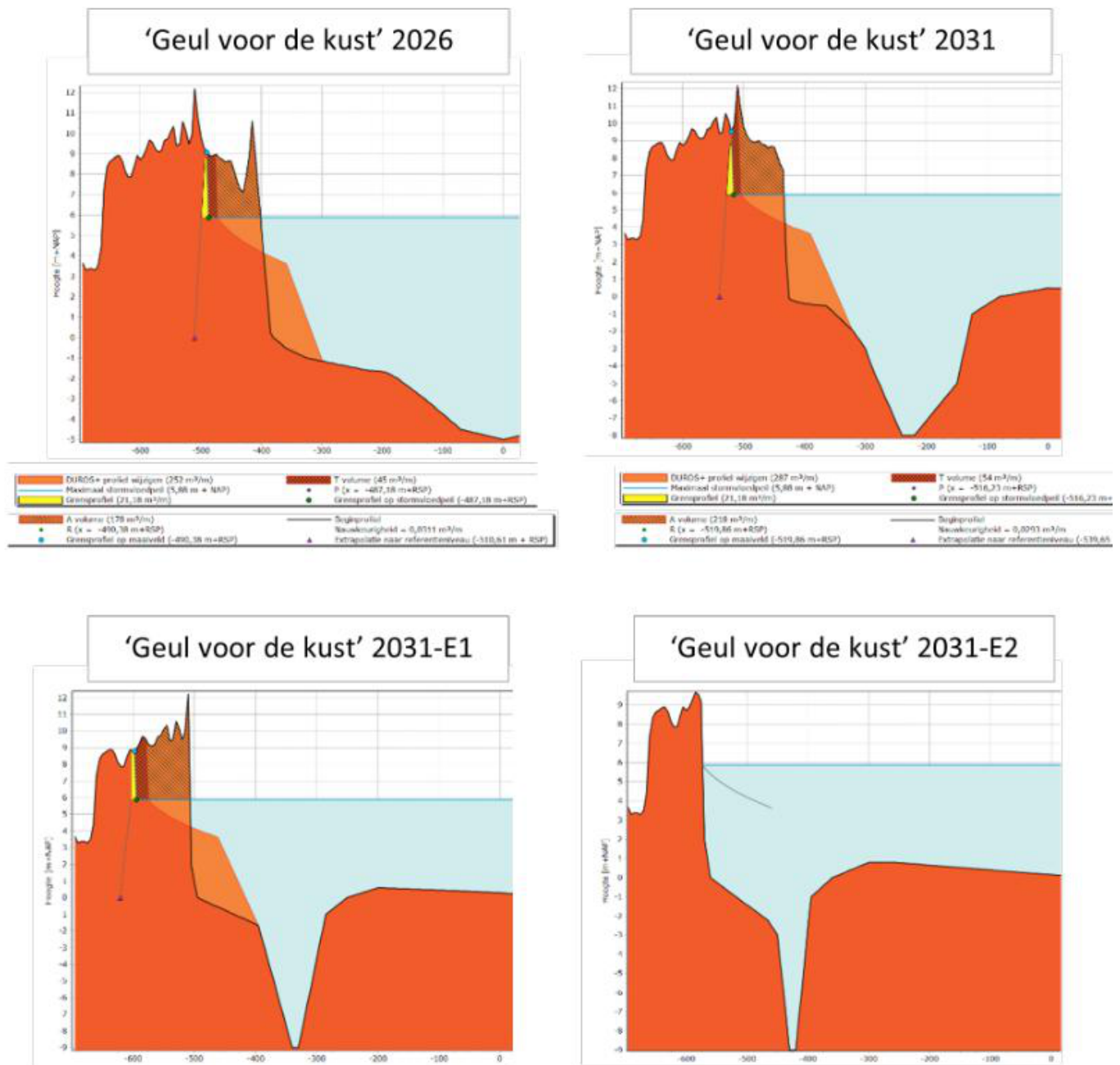
Dat geldt ook voor de referentie-situatie in 2026 en 2031 (Figuur 87). Hoewel het grensprofiel verder landinwaarts ligt dan bij het referentieprofiel 2020, als gevolg van de aangenomen erosie van 5 m/j, is er nog steeds ruim voldoende zand aanwezig.



Figuur 87: Berekend afslagprofiel - referentie situatie 2031

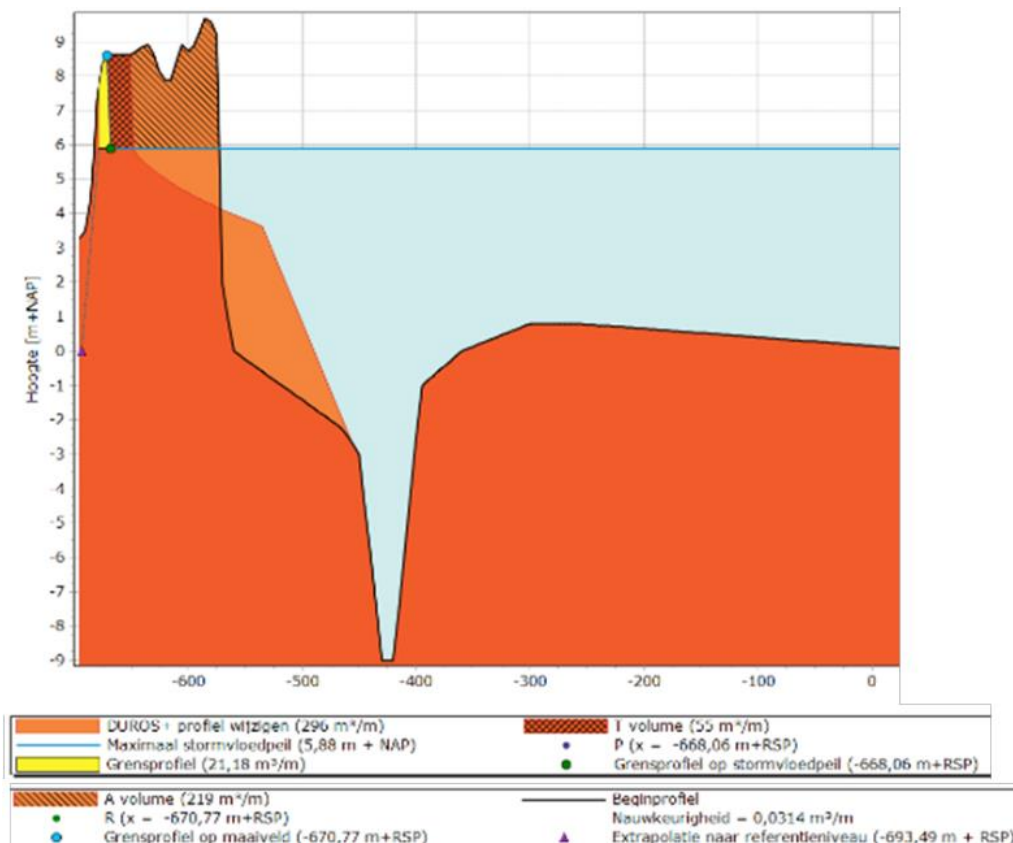
2: de negatieve situatie: nieuwe geul voor de kust

Onderstaande figuren tonen de berekende duinafslag voor 2026 en voor 2031 (standaard en twee extreem landwaartse posities van de getijgeul). De resultaten laten zien dat in het geval de geul geen extreme uitbocht richting de kust heeft, dat dan onder de uitgangspunten van de berekeningen voldoende zand in het duinprofiel zit. Alleen in de uitzonderlijke situatie van een extreme uitbocht volgens de uitgangspunten van 2031-E2 blijkt uit de berekening dat het grensprofiel niet meer past in het profiel en er dus versterkt moet worden. In de figuur rechtsonder is dat in de standaard computeruitvoer niet terug te zien, maar wel laat de figuur zien dat er geen afslagprofiel meer 'past' in de dwarsraai.



Figuur 88: Berekende afslagprofielen – geul voor de kust 2026 en 2031 met twee extreme varianten

Er zijn aanvullende berekeningen uitgevoerd om te bepalen met hoeveel zand de waterkering in het geval van 2031-E2 zou moeten worden versterkt. Daarbij is in stappen van telkens 5 m (horizontaal) het duinmassief aan de landwaartse zijde verbreed. Opgemerkt wordt dat als deze situatie op termijn al noodzakelijk wordt er meer aspecten meespelen om te bepalen hoe en waar precies het duinmassief het beste kan worden versterkt. Voor nu zijn die overwegingen niet relevant omdat het hier gaat om een eerste inschatting van wat een dergelijke versterking qua zandvolume zou vragen.



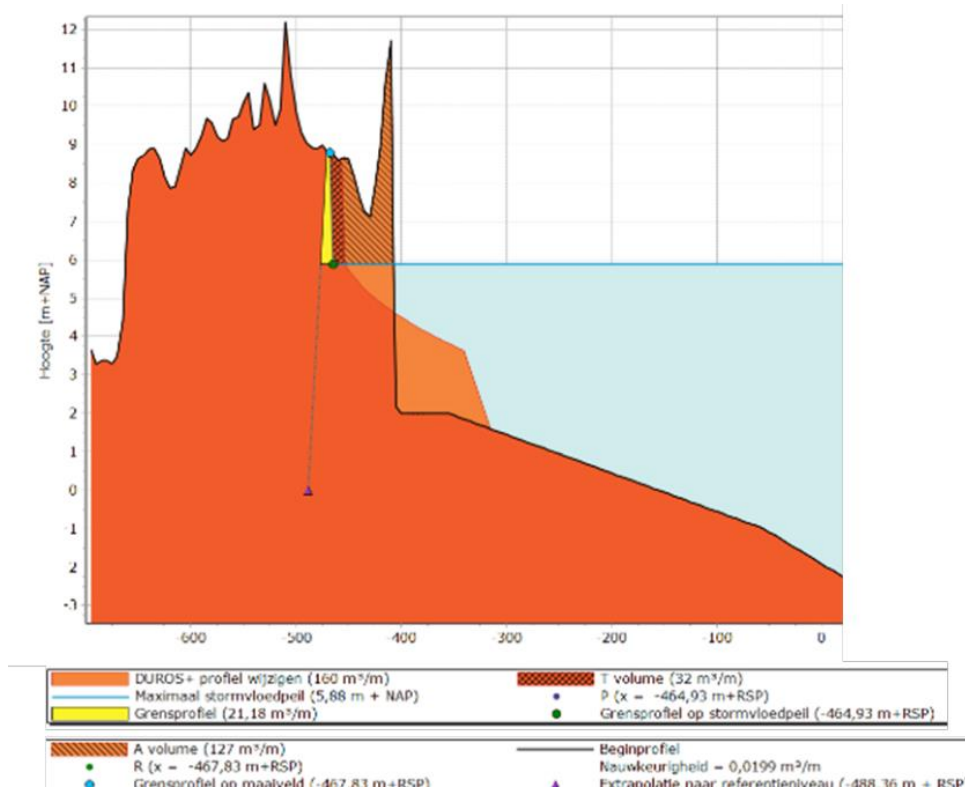
Figuur 89: Duinversterking bij situatie 2031-E2

Uit de berekeningen met landwaartse duinverzwaring blijkt dat - in deze extreme situatie - een landwaartse versterking van minimaal 20 meter nodig is met een laagdikte van 5,5 m: in totaal 110 m³/m (Figuur 89).

3: de positieve situatie: brede kust van Voorne

Als de geul voor de Groene punt zich niet ontwikkelt en er in plaats daarvan aanlanding plaatsvindt van een deel van de Hinderplaat, dan helpt dat vanzelfsprekend de kustveiligheid. Er wordt dan immers meer golfenergie gedissipeerd op de ondiepere vooroever waardoor de duinafslag afneemt. In theorie levert dat een voordeel op, omdat dan de eventuele noodzaak om de kust te versterken verder naar de toekomst wordt verlegd. Met de uitgangspunten zoals beschreven bij vraag 1 zijn afslagberekeningen voor deze situatie gemaakt (Figuur 90).

Zoals te verwachten is er geen noodzaak om deze bredere kust op termijn te versterken. Dat was ook de verwachting voor de situatie zonder grootschalige morfologische veranderingen (situatie 1 hierboven), zodat er geen sprake is van een te behalen voordeel. Dit geldt naar verwachting voor tenminste de komende 20 jaar en vermoedelijk ook voor de situatie daarna tot de gevraagde tijdshorizon van 2060. Op die lange termijn van meer dan 20 jaar is echter de invloed van de te maken aannames zo groot dat de betrouwbaarheid van de rekenresultaten te klein is om daar dergelijke uitspraken over te kunnen doen. Daarbij speelt mee dat in de vergelijkingssituatie ook na 2040 strandsuppleties zullen worden uitgevoerd in het kader van Kustlijnzorg. Daardoor gaat de vergelijking tussen situaties 1 en 3 op een termijn van meer dan 20 jaar niet meer op en kunnen er dus geen gefundeerde uitspraken worden gedaan over een eventuele "baat" van de geschetste morfologische veranderingen.



Figuur 90: Berekende afslagprofielen – positieve situatie met bredere kust 2031

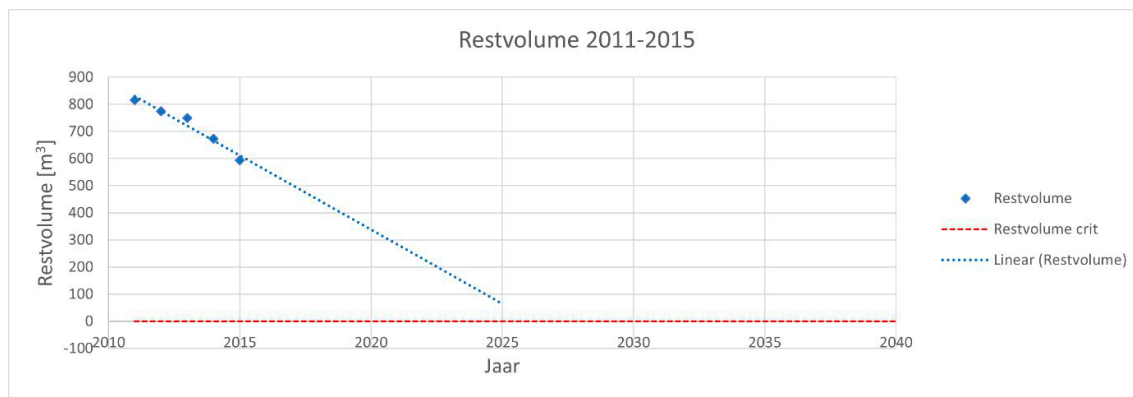
Samenvattend

Volgens de hier uitgevoerde verkennende berekeningen is de kans klein dat er binnen tien jaar een versterkingsopgave voor het kustvak bij de Groene Punt komt. Desondanks kan dit niet geheel worden uitgesloten. Het advies is dan ook om de morfologische ontwikkelingen voor de kust goed te blijven monitoren, bijvoorbeeld door jaarlijkse vaklodingen toe te voegen aan de jaarlijkse kustlijnmetingen. Langs de andere kustvakken in het studiegebied is blijkens de toetsing door het waterschap op dit moment geen versterkingsopgave (de duinwaterkering voldoet aan de norm). Vanwege het aanzappende karakter van die kustvakken, of vanwege de extra veiligheid veroorzaakt door eerdere aanzandingen, is daar geen sprake van een extra versterkingsopgave. Evenmin kan daar van een "baat" worden gesproken, omdat er al geen versterkingsopgave ligt.

Vergelijking met eerdere studies

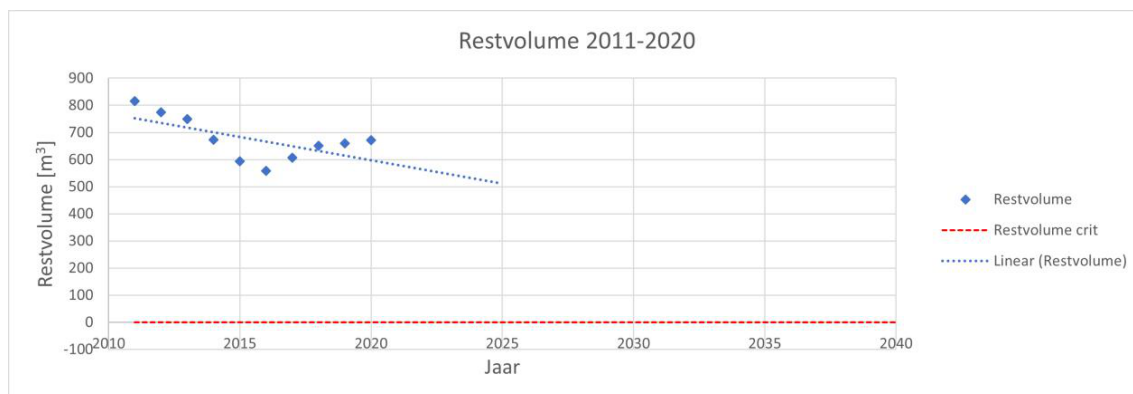
In Arcadis 2016 werd geconcludeerd dat de duinwaterkering ter hoogte van de Groene Punt vanaf 2030 vermoedelijk wederom versterkt zou moeten worden. Uit de berekeningen die hierboven zijn gepresenteerd voor de referentie-situatie blijkt dat echter niet zo te zijn. De vraag is waar die discrepantie door komt.

Het doel van de eerdere studie (Arcadis, 2016) was om het effect van de nieuwe normering te onderzoeken. Dat effect bleek klein te zijn: de nieuwe normering gaf geen aanleiding om eerder of later een nieuwe duinversterking te moeten realiseren. Om dit te onderbouwen werden afslagberekeningen gemaakt voor de kustprofielen van 2011 tot 2015 (jarkus, vaklodingen, hoogte-informatie uit AHN2). Het had geen zin om ook berekeningen te maken voor de voorafgaande periodes omdat in 2009 / 2010 de kust was versterkt. Vervolgens werd in het onderzoek gekeken of er voldoende zand in het duin overbleef (restvolume) om de waterkeringsfunctie te kunnen garanderen. In Figuur 91 is een lineaire trendlijn door de berekende punten getrokken, waaruit zou blijken dat al ruim voor 2030 een nieuwe versterking nodig zou kunnen zijn.



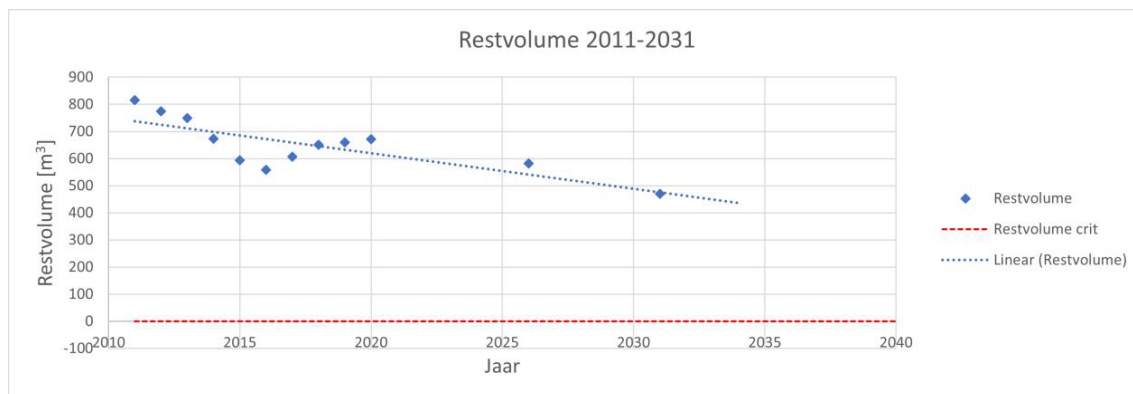
Figuur 91: Tijdsverloop van het restvolume voor gemeten profielen 2011 – 2015

Het doel van de huidige studie is om eerst de toekomstige kustprofielen te bepalen om vervolgens daarvoor te bepalen of er voldoende veiligheid overblijft. Dat blijkt in de referentiesituatie het geval te zijn tot ruim na 2030. Om dit verschil in uitkomst te kunnen verklaren zijn extra berekeningen uitgevoerd voor de gemeten kustprofielen uit 2016 tot en met 2020 (RSP 10.020 km). Het resultaat staat in Figuur 92, waaruit blijkt dat de lineaire trend voor de periode 2011 – 2015 geen goed beeld gaf. Bij nadere beschouwing blijkt dat de duinprofielen na 2016 verder landwaarts doorlopen zodat er in die profielen meer zand zit dan in de profielen tot 2016. Ook blijkt dat sommige stukken van het duinprofiel in de jaren 2018 - 2020 iets hoger ligt (0,37 - 1,17 m) dan in de oude profielen van voor 2016. Ook dat geeft meer restvolume en dus een iets grotere veiligheid.



Figuur 92: Tijdsverloop van het restvolume voor gemeten profielen 2011 – 2020

Tenslotte toont Figuur 93 de resultaten inclusief die voor 2026 en 2031 (referentiesituatie). De dalende trendlijn suggereert dat na 2040 weer een versterkingsopgave te verwachten is. In het voorgaande is aangetoond dat dit al eerder te verwachten is als de geul voor de Groene Punt groeit, migreert en gaat uitbochten (2031-E2). Het effect van de grootschalige morfologische ontwikkelingen is dan feitelijk dat - in het ongunstigste geval - de versterkingsopgave al rond 2030 moet worden uitgevoerd, dus meer dan tien jaar eerder.



Figuur 93: Tijdsverloop van het restvolume voor gemeten profielen 2011 - 2031

Vraag 4 - kustveiligheid

Welke gevolgen heeft de autonome morfologische ontwikkeling voor de beheerinspanning en waterveiligheidskosten voor zowel de vooroever/suppleties als duinen/versterking (meerkosten of juist kostenbesparing)? We verwachten een kwalitatieve beschrijving met cijfermatige onderbouwing in euro's.

Antwoord 4

Voor de beantwoording van deze vraag is informatie nodig over de hoeveelheid zand en de prijs per geplaatste kuub zand.

De hoeveelheid zand die nodig is om de kust veilig te houden hangt onder andere af van de geplande levensduur van de toekomstige kustversterking. In 2010 ging men uit van een levensduur van 20 jaar. Ten tweede is het van belang welk toekomstig scenario zich gaat onvouwen. Immers: als de geul voor de kust alsnog verzand – wat de verwachting is – dan hoeft er geen kustversterking plaats te vinden (de “positieve situatie”). Ook als er geen aanlanding plaatsvindt (de referentie-situatie) is er in de komende pakweg 20 jaar geen versterkingsopgave. Als de nieuwe geul voor de kust zich wel ontwikkelt en bovendien ongunstig uitbocht (de “negatieve situatie E2”), dan is er wel een versterkingsopgave binnen 10 jaar.

Uit de berekeningen bleek dat er in de meest ongunstige situatie een versterkingsopgave in 2031 kan zijn van 110 m³/m. Als het eenmaal tot een ontwerp komt spelen er veel meer aspecten mee dan hier kunnen worden beschouwd, maar het geeft een eerste indicatie. Over een te versterken kustlengte van zeg eens 1 km vraagt dit een zandvolume van 110.000 m³.

Tegen die tijd zal de versterking van de waterveiligheid moeten worden beschouwd in samenhang met de kustlijnzorg. Dat was ook het geval bij de laatste kustversterking uit 2009/2010, waarbij de kust zeewaarts werd uitgebouwd wat bedoeld was (en is) als slijtlaag tegen erosie. Kustlijnzorg is onderdeel van landelijk beleid. Het is mogelijk dat er binnen tien jaar in het kader van kustlijnzorg een strandsuppletie wordt uitgevoerd op de Groene Punt. Als dat zo is, dan zal de “negatieve situatie E2” zich niet voordoen.

Vanwege de verwevenheid van kustlijnzorg en veiligheidswaarborging is het lastig om die twee los van elkaar te beschouwen. Als daartoe dan toch een poging moet worden gedaan, dan geven de uitgevoerde afslagberekeningen aan dat er alleen in de meest negatieve situatie (E2) een versterkingsopgave ligt van 110.000 m³. De kans hierop is, zoals herhaaldelijk aangegeven, erg klein op basis van de ingeschatte morfologische veranderingen en zelfs nog kleiner als in het kader van kustlijnzorg suppleties ter plaatse worden uitgevoerd.

Voor wat betreft de kosten per geplaatste kuub zand gelden commerciële markttarieven die pas duidelijk zijn op het moment van aanbesteding. Naast te betalen kosten aan een aannemer zijn er bijkomende kosten voor berekeningen, ontwerp, conditionering waaronder vergunningen, omgevingsmanagement en toezicht. Deze categorie aan kosten wordt hier buiten beschouwing gelaten omdat dit erg afhangt van de interne kostenberekening van de aanbestedende overheidspartij.



De kosten voor het werk van een aannemer hangen af van de plaats waar de zandsuppletie moet plaatsvinden (bereikbaarheid) en de vraag of er veel geprofileerd moet worden. Het storten van zand op een goed met varend materieel toegankelijke vooroever is per kubieke meter in-situ aanzienlijk goedkoper dan zand dat onder profiel in een duin moet worden geplaatst. De kosten voor een in-situ geplaatste hoeveelheid zand op het strand zit daar meestal tussenin.

Rijkswaterstaat is opdrachtgever van de meeste strand- en vooroeversuppleties langs de Nederlandse kust. Het waterschap zorgt ervoor dat de duinwaterkering blijft voldoen aan de veiligheidsnorm. Vaak zijn dat zandsuppleties boven de duinvoet.

Rijkswaterstaat geeft aan dat de kuubsprijs voor de nu in uitvoering zijnde strandsuppletie bij de kop van Goeree ongeveer 10 €/m³ bedroeg (1,1 miljoen m³). Dit betreft de zogenaamde bedrijfseconomische raming (BE-raming), dat wil zeggen een schatting van de integrale kostprijs rekening houdend met overhead en winst. Het is ons niet bekend wat de werkelijke prijs is geworden en hoeveel kosten Rijkswaterstaat en mogelijk anderen zelf hebben moeten maken om dit project te kunnen realiseren. In 2016 is op de westkop van Goeree een strandsuppletie gedaan van 500.000 m³. Daarvan was de BE-raming van Rijkswaterstaat 6 €/m³.

Op basis van deze beperkte gegevens nemen wij als richtbedrag 20 €/m³ aan voor een eventuele duinversterking ter hoogte van de Groene Punt. Als die op een termijn van 10 jaar nodig blijkt te zijn over een totale kustlengte van 1000 m (RSP 10 tot RSP 11 km), en uitgaande van de meest ongunstige situatie, dan zijn de daarmee gemoeide kosten voor het waterschap: $1000 \text{ m} * 110 \text{ m}^3/\text{m} * 20 \text{ €/m}^3 = 2,2 \text{ miljoen euro}$. In verband met alle onzekerheden ten aanzien van de eenheidsprijs, mogelijk bijkomende kosten en vorm en precieze locatie van de versterking, lijkt een bandbreedte van 100% op zijn plaats. Dat resulteert dan in een mogelijke kostenpost van circa 1 - 4 miljoen Euro.

Het antwoord op de vraag is dat als gevolg van de geschetste morfologische veranderingen er een kleine kans bestaat dat er in tegenstelling tot de situatie zonder die morfologische veranderingen, binnen tien jaar een investering van 1 tot 4 miljoen euro nodig is. Hoe groot die kans precies is, valt niet te zeggen gegeven alle onzekerheden, maar ter indicatie kleiner dan 10%. Het is veel waarschijnlijker dat er de komende tientallen jaren geen enkele versterkingsopgave komt.

7 Effectstudie ecologie

7.1 Inleiding

Het Haringvliet is onderdeel van het mondingsgebied van Rijn en Maas. Grote ingrepen vanaf 1950 hebben veel invloed gehad op de morfologie in het gebied. In dit onderzoek worden de morfologische veranderingen in kaart gebracht en hoe de morfologische situatie zich ontwikkelt in de toekomst. Het meest kenmerkende van deze aanpassingen is dat het gebied ondieper is geworden en dat de bodemsamenstelling op veel plaatsen ingrijpend is veranderd. Al deze morfologische veranderingen kunnen de natuur, waterveiligheid, economie en leefbaarheid beïnvloeden.

In dit hoofdstuk worden de effecten van de in hoofdstuk 4 geschetste autonome morfologische ontwikkelingen geanalyseerd en uitgelegd met betrekking tot ecologie. Hiervoor wordt eerst de referentiesituatie beschreven, gevolgd door een beschrijving van de morfologische veranderingen met accent op scenario 1 van de mogelijke veranderingen. Dit hoofdstuk biedt inzicht in de invloed van de morfologische ontwikkelingen op o.a. ecologische natuurwaarden, natuurtypen, functiebehoud, beheerinspanningen, Natura2000 wetgeving en vismigratie. Doel van dit hoofdstuk is antwoord te geven op onderstaande onderzoeksvragen. De basis voor het beantwoorden ligt in de morfologische studie die verricht is en uitgebreid beschreven is in eerdere hoofdstukken.

Tabel 17 geeft een overzicht van de onderzoeksvragen gerelateerd aan ecologie.

Tabel 17: Overzicht van onderzoeksvragen ecologie

Onderzoeksvragen

Vraag 1

Welke gevolgen heeft de autonome morfologische ontwikkeling voor Voordelta (boven- en onderwater), Slikken van Voorne, Voornes Duin en Kwade Hoek? Gevolgen moeten gerelateerd worden aan natuurtypen, soorten en bijhorende natuurdoelen zoals beschreven in het Natura2000 aanwijzingsbesluit, zodat per type of soort een beeld ontstaat of de effecten groot of klein zijn. Ontwikkelingen moeten in beeld worden gebracht tot 40 jaar in de toekomst, met tijdvakken van bijvoorbeeld 10 jaar (In 2025, 2030, 2040, 2050 en 2060).

Vraag 2

Welke (nieuwe) natuurwaarden en natuurtypen ontstaan als gevolg van de autonome morfologische ontwikkeling, en wanneer ontstaan deze?

Vraag 3

- Leidt de autonome morfologische ontwikkeling tot een andere of grotere beheerinspanning voor de bestaande natuur (denk bijvoorbeeld aan het streven om bestaande duinen open te houden en dichtgroeien te voorkomen)?
- En hoe groot is deze extra inspanning (in m2, % of kosten)?
- En als er nieuwe natuur ontstaat: welke beheerinspanning (in m2, % of kosten) is daarmee gemoeid?

Vraag 4

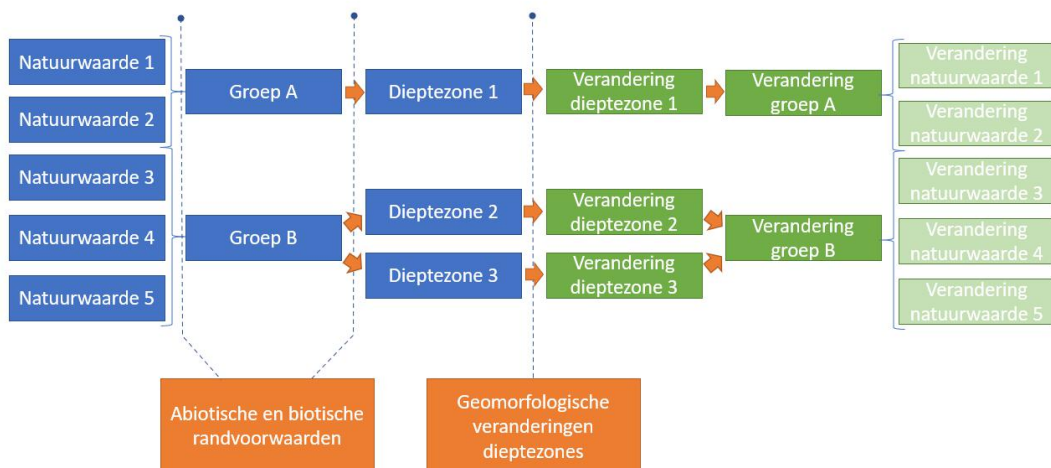
Welke gevolgen heeft de N2000-regelgeving op zowel de bestaande natuur en de verandering daarvan, als de eventuele nieuwe natuur die ontstaat bij de autonome morfologische ontwikkeling? Hierbij kunnen ook zaken betrokken worden als eventueel noodzakelijke herbegrenzing van (N2000)-gebieden, de locatie van de legger van het waterschap, en het noodzakelijke beheer en handhaving in het kader van de wet natuurbescherming.

Vraag 5

Heeft de autonome morfologische ontwikkeling effecten op de vismigratie (die juist gestimuleerd zou moeten worden) door de op een kier gezette Haringvlietsluizen? We verwachten een kwalitatief onderbouwde inschatting.

De gevolgen voor ecologie van de voorspelde morfologische veranderingen in de Haringvlietmonding worden onderzocht door het doorlopen van de volgende stappen:

- Afbakening studiegebied. Waar wordt gekeken?
- Vertalen van de voorspelde geomorfologische effecten naar mogelijke ecologische effecten. Figuur 94 geeft de stappen daarvoor weer:
 - Clustering van natuurwaarden in groepen met vergelijkbare abiotische randvoorwaarden. Deze groepen zijn ook gebonden aan vergelijkbare dieptezones.
 - Toewijzen van de groepen aan geomorfologische zones. Op basis van de ecologische beschrijving worden de groepen aan dieptezones aangewezen.
 - Op basis van de geomorfologische veranderingen wordt voor de groepen een effectbeschrijving gemaakt.
- Beantwoording onderzoeksvragen.



Figuur 94: Schematische weergave van de gevolgde methodiek.

Uit de morfologische studie volgt waar de veranderingen zijn voorzien, dit is het effectgebied. Het gebied waar de ontwikkelingen plaatsvinden ligt voornamelijk binnen de begrenzing van het Natura-2000 gebied Voordelta, maar de ontwikkelingen hebben daarnaast direct en indirect invloed op de Natura-2000 gebieden Voornes Duin en Duinen Goeree & Kwade Hoek (Figuur 95).

Het Natura 2000-gebied Haringvliet ligt voor een klein deel westelijk van de Haringvlietsluizen (zie zwarte pijl in figuur 94), maar aangezien dit gebied binnendijs ligt worden hier geen effecten verwacht en daarom worden de effecten op dit Natura 2000-gebied verder niet behandeld, met uitzondering van de onderzoeksvraag 5 (vismigratie).

In het kader van de Wet natuurbescherming is niet alleen het effect binnen de Haringvlietmonding relevant. De effecten voor het volledige Natura 2000-gebied zijn relevant. Het studiegebied voor ecologie bestaat daarom uit de volledige Natura 2000-gebieden die binnen het effectgebied zijn gelegen. De beoordeling richt zich in principe op de kwalificerende natuurwaarde van de drie gebieden. Daar waar duidelijke ontwikkelingen mogelijk zijn voor een habitatype of soort waarvoor het gebied momenteel nog geen instandhoudingsdoelstelling heeft, maar omliggende gebieden wel, wordt dat wel gesignaleerd.



Figuur 95: Ligging van Natura 2000-gebieden (groen) in het effectgebied.

7.2 Afbakening en morfologische ontwikkelingen in relatie tot ecologie

In deze paragraaf wordt de afbakening van het ecologisch onderzoek nader ingevuld. De morfologische ontwikkeling voor de scenario's vormen input voor de verandering van de dieptezones waarmee de beoordeling wordt gemaakt.

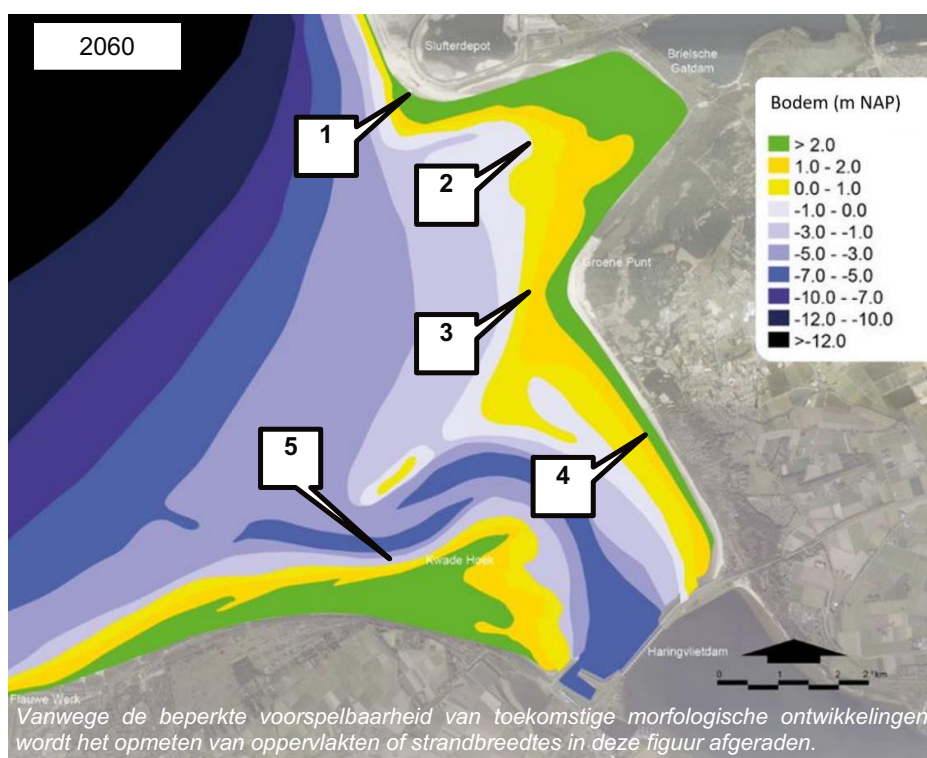
7.2.1 Scenario 1 Brede kust van Voorne

In hoofdstuk 4 is aangegeven dat scenario 1 het meest waarschijnlijke scenario betreft. Dit scenario vormt het uitgangspunt voor de ecologische kansen en bedreigingen en wordt hieronder kort toegelicht. Tabel 18 geeft inzicht in de verwachte oppervlaktes van verschillende diepteklassen door de jaren heen, inclusief de bijbehorende bandbreedtes. Verwachting is dat met name de arealen in de verschillende diepteklassen dieper dan -10 en -1 m NAP in omvang af zullen nemen ten gunste van de verschillende diepteklassen tussen -1 en boven +2 m NAP. Daarbij gelden behoorlijke onzekerheidsmarges, waardoor uitspraken over absolute arealen lastig blijven, maar de trend wel deze richting op wijst.

De verwachte (gemodelleerde) ligging van deze diepteklassen is aangegeven in Figuur 63 voor 2025 Figuur 64 voor 2030 in hoofdstuk 4 en in onderstaande figuur 96 voor 2060. Verwachting is dat de zandplaten die nu nog voor de kust van Westvoorne liggen aan gaan landen ter hoogte van de Groene Punt. Daarnaast breiden de slikken van Voorne zich verder zeewaarts uit. In de loop van de tijd zal zand en slib zich (vanaf de Groene Punt) langs de kustlijn verplaatsen.

Tabel 18: Scenario 1: verwachte verandering in oppervlakte van bepaalde diepte-klassen – 2025, 2030, 2040, 2050 en 2060.

Diepte-zones (m NAP)	2018	2025	2030	2040	2050	2060
Dieper dan -10	1191	1160 (1100 – 1250)	1130 (1000 – 1300)	1150 (1000 – 1400)	1200 (1000 – 1500)	1300 (1000–1600)
Tussen -10 en -3	4492	4200 (4000 – 4600)1)	4000 (3800 – 4600)	3700 (3500 – 4100)	3500 (3300 – 4000)	3200 (2900–3800)
Tussen -3 en -1	2743	2350 (2200 – 2700)	2200 (2000 – 2600)	2100 (1900 – 2400)	1900 (1600 – 2400)	1720 (1500–2300)
Tussen -1 en +1 (totaal)	1327	1900 (1750 – 2100)	2200 (1900 – 2300)	2400 (1950 – 2400)	2550 (2000 – 2500)	2650 (2000–2600)
Tussen +1 en +2	489	600 (500 – 650)	650 (500 – 700)	770 (500 – 900)	860 (600 – 1000)	1000 (650–1100)
Boven NAP +2	358	390 (350 – 450)	420 (400 – 530)	500 (350 – 650)	590 (400 – 700)	730 (500–900)
Totaal oppervlak	10600	10600	10600	10600	10600	10600



Figuur 96: Mogelijke toekomstige bodem anno 2060 voor scenario 1.

Aan de hand van bovenstaande morfologische ontwikkelingen wordt voor de beoordeling uitgegaan van de ontwikkeling als beschreven in Tabel 19.

Tabel 19: Morfologische ontwikkelingen voor de verschillende locaties die zijn weergegeven in figuur 96 (scenario 1).

Locatie	Ontwikkeling tot 2025	Ontwikkeling tot 2030	Ontwikkeling tot 2060
1	Vanuit het noorden wordt zand aangevoerd dat zich verspreidt langs de Slufterkust en richting het oosten. Hindergat nog intact.	Door aangroei van de zuidpunt van de Slufter groeit een strandhaak richting het oosten. Kans is groot dat Hindergat in huidige vorm niet meer bestaat.	Door sedimentatie en kustuitbouw lopen de dieptelijnen vloeiend door naar het oosten; mogelijk een strandhaak; geen Hindergat meer.
2	Slikken, schorren en plaatareaal is toegenomen. Waterbodembodem is slibbiger geworden, hoewel de platen aan de zeezijde zandig blijven.	Doorgaand proces van verondieping. Reliëf-rijke waterbodembodem met slibrijke en meer zandrijke delen.	Het gebied is verder verondiept en ook het areaal dat permanent droog valt is sterk toegenomen langs de randen van het gebied. Witte duinen en grijze duinen zijn erbij gekomen. Er is minder reliëf omdat het hele gebied hoger is komen te liggen met minder krekken en geulen.
3	Ter hoogte van de Groene Punt ligt op korte afstand (100-200 m) voor de kust een zandplaat (Hinderplaat) die van de kust wordt gescheiden door een getijgeul.	Ter hoogte van de Groene Punt is de zandplaat aangeland. Er is geen geul meer die de plaat van de kust scheidt.	Het zand van de aangelande zandplaat heeft zich verspreidt langs de kust van Voorne. De kust van Voorne is breder geworden.
4	De veranderingen in strandbreedte zijn nog beperkt hoewel de vooroever wel ondieper en slibbiger is geworden.	Na aanlanding van de Hinderplaat zal er meer zand langs de kust worden verspreid. De kust wordt daardoor breder. Zeewaarts van de laagwaterlijn gaat de sedimentatie ook door en wordt de onderwaterbodembodem nog slibbiger. Tijdens hoge rivierafvoeren kan het zeewater in dit gebied vrij lang zoet of brak blijven omdat de verversing relatief beperkt is	Het zand vanaf de ontstane strandvlakte wordt door golfwerking langs de kust verspreid. Het strand is veel bredere geworden en er zijn afwisselend slibbige en relatief zandige stukken strand. De vooroever loopt zeer flauw af en voelt slibbig aan. Omdat het gebied iets meer open is komen te liggen voor golven, wind en getij, zal zoet water vanuit de Haringvliet weer wat minder lang voor de kust blijven hangen vermoedelijk.
5	De strandvlakte Kwade Hoek groeit in oppervlakte door. Vooral eerst aan de westzijde.	Doorgaande aangroei van Kwade Hoek die in vorm mogelijk iets verandert. Nu ook weer iets meer aangroei aan de oostzijde.	Kwade Hoek nog weer iets groter in oppervlakte. Vorm vast anders dan nu, maar onduidelijk hoe precies.

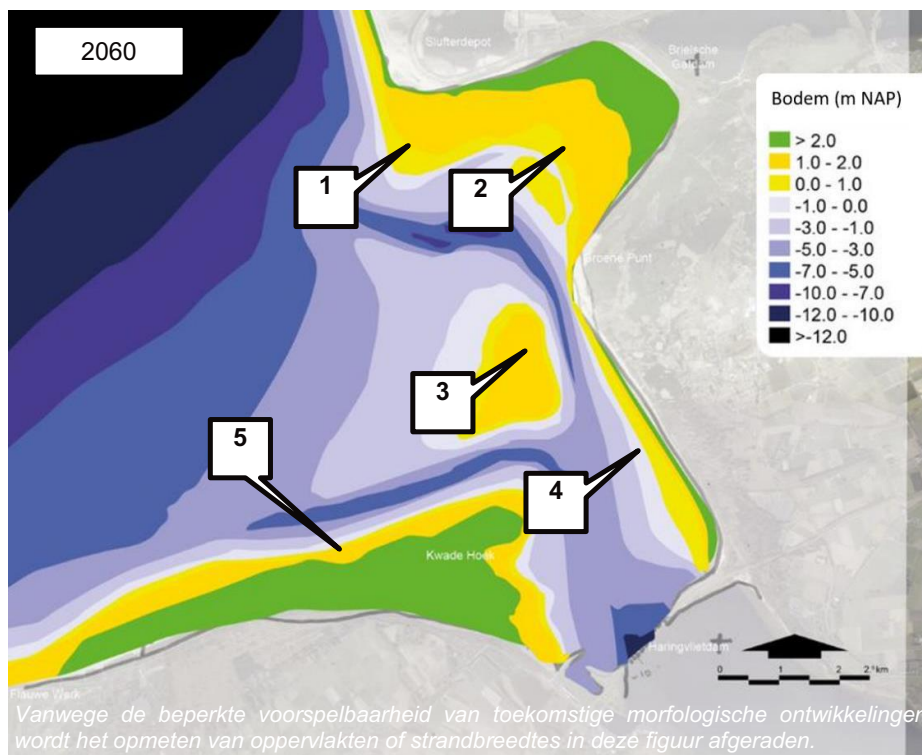
7.2.2 Scenario 2 Geul bij Groene Punt

Tabel 20 geeft voor scenario 2 de verwachte verandering van de oppervlakte van diepteklassen. De ruimtelijk spreiding van deze diepteklassen is aangegeven in Figuur 69 en Figuur 70 voor respectievelijk 2025 en 2030 in hoofdstuk 4 en Figuur 97 voor 2060. Verwachting is dat de zandplaten voor de kust van Westvoorne niet aanlanden. Daarnaast breiden de slikken van Voorne zich verder zeewaarts uit. In de loop van de tijd zal zand en slib zich langs de kustlijn verplaatsen.

Aan de hand van bovenstaande morfologische ontwikkelingen wordt voor de beoordeling uitgegaan van de ontwikkeling als beschreven in Tabel 21.

Tabel 20: Scenario 2: verwachte verandering in oppervlakte van bepaalde diepte-klassen – 2025, 2030, 2040, 2050 en 2060.

Diepte-zones (m NAP)	2018	2025	2030	2040	2050	2060
Dieper dan -10	1191	1160 (1100 – 1250)	1130 (1000 – 1300)	1150 (1000 – 1400)	1200 (1000 – 1500)	1300 (1000–1600)
Tussen -10 en -3	4492	4300 (4000 – 4600) ¹⁾	4400 (3900 – 4700)	4200 (3900 – 4600)	4000 (3600 – 4400)	3700 (3200–4100)
Tussen -3 en -1	2743	2570 (2400 – 2900)	2140 (1900 – 2500)	2000 (1900 – 2400)	1810 (1600 – 2400)	1700 (1500–2300)
Tussen -1 en +1 (totaal)	1327	1700 (1550 – 2000)	2000 (1700 – 2300)	2200 (1900 – 2500)	2300 (2000 – 2600)	2400 (2000–2700)
Tussen +1 en +2	489	570 (400 – 650)	600 (450 – 700)	650 (500 – 900)	790 (550 – 1000)	900 (600–1100)
Boven NAP +2	358	300 (250 – 400)	330 (250 – 450)	400 (300 – 500)	500 (350 – 600)	600 (400–700)
Totaal oppervlak	10600	10600	10600	10600	10600	10600



Figuur 97: Mogelijke toekomstige bodem anno 2060 voor scenario 2.

Tabel 21: Verschillen morfologische ontwikkelingen ten opzichte van scenario 1 in 7.2.1

Locatie	Ontwikkeling tot 2025	Ontwikkeling tot 2030	Ontwikkeling tot 2060
1	Geen grote verschillen	Geen grote verschillen	Geen grote verschillen
2	Geen grote verschillen	Geen grote verschillen behalve dat er voorlangs een wat diepere geul ligt	Geen grote verschillen
3	Geen grote verschillen	De zandplaat blijft gescheiden van de kust via een stabiele geul. Die geul erodeert een stuk van de kust waardoor een smal strand en een smallere duinenrij voor de Groene Punt ligt.	Tegen deze tijd is de geul vermoedelijk wel verzandt en ontstaat een situatie die vergelijkbaar is met scenario 1. Maar mocht de geul in stand zijn gebleven, dan is een deel van de Groene Punt weg-geërodeerd.
4	Weinig verschillen De veranderingen aan de kust zijn beperkt. Aan de noordkant van de Groene Punt blijft sprake van duinvorming.	Richting Groene Punt is het strand smaller omdat de geul daar iets insnoert.	Als de geul verder de kust in verplaatst (en er niet is ingegrepen bijvoorbeeld in het kader van kustveiligheid – Hoofdstuk 6), dan is de vorm van de kust anders geworden. De huidige kop (Groene Punt) is dan verdwenen en de dieptelijnen lopen in een vloeiende bocht voorlangs gebied 2 richting Maasvlakte-2 zuidkust.
5	Geen grote verschillen	Geen grote verschillen	Geen grote verschillen

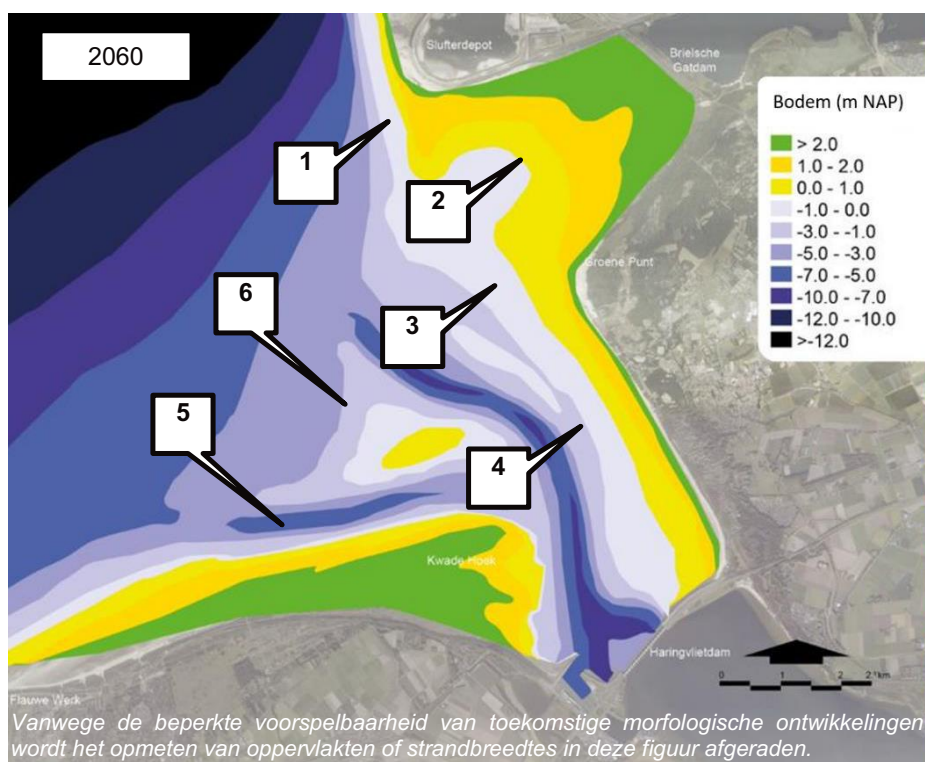
7.2.3 Scenario 3 Twee geulenstelsel

Tabel 22 geeft voor scenario 3 de verwachte verandering van de oppervlakte van diepteklassen. De ruimtelijk spreiding van deze diepteklassen is aangegeven in Figuur 74 voor 2030 in hoofdstuk 4 en onderstaande Figuur 98 voor 2060. Verwachting is dat de zandplaten die nu nog voor de kust van Westvoorne liggen, net als in scenario 1, aan gaan landen ter hoogte van de Groene Punt. Daarnaast breiden de slikken van Voorne zich verder zeewaarts uit. In de loop van de tijd zal zand en slib zich langs de kustlijn verplaatsen.

Aan de hand van bovenstaande morfologische ontwikkelingen wordt voor de beoordeling uitgegaan van de ontwikkeling als beschreven in Tabel 23.

Tabel 22: Scenario 3: verwachte verandering in oppervlakte van bepaalde diepte-klassen – 2025, 2030, 2040, 2050 en 2060.

Diepte-zones (m NAP)	2018	2025	2030	2040	2050	2060
Dieper dan -10	1191	1160 (1100 – 1250)	1130 (1000 – 1300)	1150 (1000 – 1400)	1200 (1000 – 1500)	1300 (1000–1600)
Tussen -10 en -3	4492	4200 (39000 – 4500)1)	4400 (4000 – 4750)	4200 (3900 – 4600)	4000 (3600 – 4400)	3700 (3200–4100)
Tussen -3 en -1	2743	2390 (2200 – 2700)	2050 (1800 – 2350)	1810 (1500 – 2100)	1620 (1400 – 2100)	1420 (1200–2000)
Tussen -1 en +1 (totaal)	1327	1900 (1550 – 2000)	1970 (1700 – 2300)	2140 (1900 – 2500)	2280 (2000 – 2600)	2430 (2000–2700)
Tussen +1 en +2	489	580 (400 – 650)	650 (450 – 710)	800 (500 – 900)	900 (550 – 1000)	1050 (600–1100)
Boven NAP +2	358	370 (280 – 450)	400 (280 – 480)	500 (450 – 600)	600 (500 – 700)	700 (550–800)
Totaal oppervlak	10600	10600	10600	10600	10600	10600



Figuur 98: Mogelijke toekomstige bodem anno 2060 voor scenario 3.

Tabel 23: Verschillen morfologische ontwikkelingen ten opzichte van scenario 1 in 7.2.1.

Locatie	Ontwikkeling tot 2025	Ontwikkeling tot 2030	Ontwikkeling tot 2060
1	Geen grote verschillen	Geen grote verschillen	Geen grote verschillen
2	Geen grote verschillen	Geen grote verschillen	Geen grote verschillen
3	Geen grote verschillen	Geen grote verschillen	Geen grote verschillen
4	Geen grote verschillen	Het is mogelijk dat de nieuwe centrale getijgeul voor wat meer dynamiek voor dit kustvak zorgt. Iets minder slibbige waterbodem en iets minder lang zoet/brak water bij hoger rivierafvoeren.	De nieuwe centrale getijgeul zorgt voor wat dynamiek voor dit kustvak. Iets minder slibbige waterbodem en iets minder lang zoet/brak water bij hoger rivierafvoeren.
5	Nu nog weinig verschillen	De vloodschar zal iets kustwaarts kunnen verplaatsen waardoor de kwade hoek aan de westzijde iets kan uitschuren.	De vorm van de Kwade Hoek zal anders worden. Omdat de vloodschar (het huidige Slijkgat) kleiner is geworden kan de Kwade Hoek aan de westzijde fors zijn uitgegroeid.
6	Dit centrale deel van het mondingsgebied ziet er anders uit. Uitgebreid bankengebied tussen beide geulen.	Dit centrale deel van het mondingsgebied ziet er anders uit. Uitgebreid bankengebied tussen beide geulen.	Dit centrale deel van het mondingsgebied ziet er anders uit. Uitgebreid bankengebied tussen beide geulen.

7.2.4 Clustering van natuurwaarden

De in de vorige paragraaf genoemde drie Natura 2000-gebieden hebben elk eigen instandhoudingsdoelstellingen voor bepaalde natuurwaarden. Deze zogenoemde kwalificerende natuurwaarden zijn de relevante natuurwaarden waarop de effectbeoordeling is gericht. Op basis van vergelijkbare geomorfologische vereisten zijn deze natuurwaarden samengenomen in groepen. Dit laatste is gebeurd aan de hand van de beschikbare informatie en de details zijn te lezen in de beschrijving van de huidige situatie in 7.3. Tabel 24 geeft aan hoe de verschillende natuurwaarden voor de effectanalyse zijn geclusterd.

Het onderzoek beperkt zich tot de kwalificerende natuurwaarden van de Natura 2000-gebieden. Het is mogelijk dat ontwikkelingen ook gevolgen hebben voor andere natuurwaarden, bijvoorbeeld die niet kwalificeren voor het Natura 2000-gebied of andere beschermde en/of bedreigde soorten. Gezien de vraagstelling is gekozen om niet verder te kijken dan de waarden van Natura 2000-gebieden van het studiegebied. Als voor een kwalificerende natuurwaarde uit het ene

Natura 2000-gebied in het andere Natura 2000-gebied echter geen doelstelling geldt maar wel een kans, dan wordt dat waar mogelijk aangegeven.

Tabel 24: Overzicht van de relevante natuurwaarden voor relevante Natura 2000-gebieden. X = kwalificeert voor dit Natura 2000-gebied. Aanwijzingsbesluiten en veegbesluit zijn hierin meegenomen.

Groep	Kwalificerende natuurwaarde	Voordelta	Voornes Duin	Duinen Goeree & Kwade Hoek
Permanent overstromde habitattypen	H1110A - Permanent overstromde zandbanken (getijdengebied)	X		
	H1110B - Permanent overstromde zandbanken (Noordzee-kustzone)	X		X
Dagelijks overstromde habitattypen	H1140A - Slik- en zandplaten (getijdengebied)	X		X
	H1140B - Slik- en zandplaten	X		X
	H1310A - Zilte pionierbegroeiingen (zeekraal)	X		X
Periodiek overstromde habitattypen	H1310B - Zilte pionierbegroeiingen (zeevetmuur)	X		X
	H1320 - Schorren met slijkgrasvegetaties	X		
	H1330A - Schorren en zilte graslanden (buitendijks)	X		X
	H6430B - Ruigten en zomen (harig wilgenroosje - brakke variant)		(X)*	X
Duinen	H2110 - Embryonale duinen	X		X
	H2120 - Witte duinen	X	X	X
	H2130A - Grijze duinen (kalkrijk)		X	X
	H2130B - Grijze duinen (kalkarm)		X	X
	H2130C - Grijze duinen (heischraal)		X	X
	H2160 - Duindoornstruwelen		X	X
Overige habitattypen	H2170 - Kruipwilgstruwelen		X	X
	H2180A - Duinbossen (droog)		X	
	H2180B - Duinbossen (vochtig)		X	
	H2180C - Duinbossen (binnenduintrand)		X	X
	H2190A - Vochtige duinvalleien (open water)		X	X
	H2190B - Vochtige duinvalleien (kalkrijk)		X	X
	H2190C - Vochtige duinvalleien (ontkalkt)		X	X
	H2190D - Vochtige duinvalleien (hoge moerasplanten)		X	X
	H6430B - Ruigten en zomen (harig wilgenroosje - niet brakke variant)		X	X
	H6430C - Ruigten en zomen (droge bosranden)			X
	H7210 - Galigaanmoerassen		X	
Anadrome vissen	H1095 - Zeeprik	X		
	H1099 - Rivierprik	X		
	H1102 - Elft	X		
	H1103 - Fint	X		
Zeehonden	H1364 - Grijze zeehond	X		X
	H1365 - Gewone zeehond	X		X
Overige zeezoogdieren	H1351 - Bruinviss	X		
Overige Habitatrichtlijnsoorten	H1014 - Nauwe korfslak		X	X
	H1340 - Noordse woelmuis		X	X
	H1903 - Groenknolorchis		X	
Broedvogels van oevers en moerassen	A008 - Geoorde fuut		X	
Broedvogels van bomen en struweel	A017 - Aalscholver		X	
	A026 - Kleine zilverreiger		X	
	A034 - Lepelaar		X	
Broedvogels van kale grond	A138 - Strandplevier			X
Niet-broedvogels: viseters en duikende vogels	A001 - Roodkeelduiker	X		
	A005 - Fuut	X		X
	A007 - Kuifduiker	X		
	A017 - Aalscholver	X		X
	A069 - Middelste zaagbek	X		
Niet-broedvogels: waadvogels	A034 - Lepelaar	X		X
	A043 - Grauwe gans	X		X

Groep	Kwalificerende natuurwaarde	Voordelta	Voornes Duin	Duinen Goeree & Kwade Hoek
Niet-broedvogels: watervogels (planteters en alleseters)	A045 - Brandgans			X
	A050 - Smient	X		
	A051 - Krakeend	X		
Niet-broedvogels: vogels van zandplaten en slikken (waaronder steltlopers)	A048 - Bergeend	X		X
	A054 - Pijlstaart	X		X
	A130 - Scholekster	X		X
	A132 - Kluut	X		X
	A137 - Bontbekplevier	X		X
	A141 - Zilverplevier	X		X
	A144 - Drieteenstrandloper	X		X
	A149 - Bonte strandloper	X		X
	A157 - Rosse grutto	X		X
	A160 - Wulp	X		X
	A162 - Tureluur	X		X
	A169 - Steenloper	X		
Niet-broedvogels: benthoseters	A062 - Toppereend	X		
	A063 - Eider	X		
	A065 - Zwarte zee-eend	X		
	A067 - Brilduiker	X		
Niet-broedvogels: grondelende eenden	A052 - Wintertaling	X		X
	A056 - Slobeend	X		X
Niet-broedvogels: vogels die vooral aan het oppervlak van het water foerageren	A177 - Dwergmeeuw	X		
	A191 - Grote stern	X		
	A193 - Visdief	X		

* Wel aangewezen voor dit habitatype, maar brakke variant kan hier niet ontstaan

7.2.5 Overige uitgangspunten en aannames

Verder is bij de effectstudie voor ecologie uitgegaan van de volgende punten en aannames:

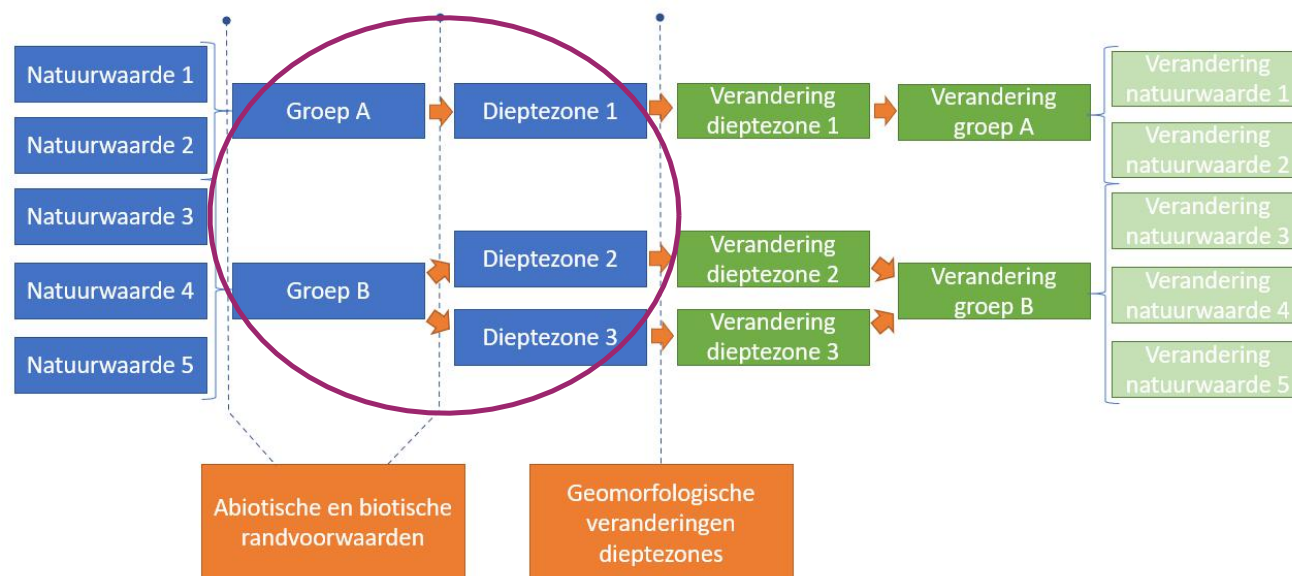
- Voor alle scenario's is het uitgangspunt dat op de stranden gerecreëerd wordt volgens de nu geldende zonering (er is dus uitgegaan van bestaand beleid).
- Deze studie gaat over de potentieontwikkeling voor zover dit mogelijk is. Het is op het detailniveau waarop het onderzoek wordt uitgevoerd niet mogelijk om uitspraken te doen over concrete natuurontwikkeling in termen van oppervlakte. De oppervlaktes liggen ergens binnen de marge voor de oppervlaktes die zijn gegeven voor de scenario's.
- Niet voor alle soorten is, met name ten aanzien van de huidige aanwezigheid, recente informatie beschikbaar. In deze ecologische beoordeling wordt echter geen voorspelling gegeven over de toekomstige aanwezigheid van soorten. Deze beoordeling richt zich op de ontwikkeling van potenties. Of soorten daadwerkelijk deze potenties gaan benutten hangt af van verschillende zaken zoals (maar niet uitsluitend) de omvang van populaties in het gebied en de omgeving, de mogelijkheden voor migratie, maatregelen die in het kader van natuurontwikkeling of projecten worden genomen, meteorologische omstandigheden en reeds bestaande of toekomstige knelpunten die buiten de reikwijdte van dit onderzoek vallen. Voor het bepalen van de potenties is het niet noodzakelijk om de meest recente soortinformatie beschikbaar te hebben. De beoordeling van potenties is mogelijk aan de hand van de beschikbare informatie.
- De situatie zoals weergegeven op de habitatkaart is niet de actuele situatie, maar de situatie ten tijde van het opstellen van de verschillende habitatkaarten voor de gebieden. Aangezien het in deze studie om toekomstige potenties gaat, is deze informatie voldoende accuraat voor de beoordeling.
- Als beschreven in paragraaf 3.3.2 is het niet mogelijk om uitspraken te doen over reikwijdte en kwantiteit van zoutspray. In het algemeen is te zeggen dat als het oppervlak aan platen voor de kust toeneemt, dat hierdoor de golfbreking op het strand afneemt. Dit zorgt vervolgens dat de zoutspray afneemt. Omgekeerd kan zoutspray toenemen als platen uiteindelijk aanlanden of afnemen, en golfbreking op het strand toeneemt. Wat dit betekent voor kwantiteit en reikwijdte is echter niet onderzocht omdat de productie, transport en depositie van zoutspray niet onderzocht zijn. In de volgende tekst is daar waar relevant wel aangegeven welke habitattypen en leefgebieden



profiteren van zoutspray, maar in hoeverre deze als gevolg van zoutspray verbeteren of juist verslechteren is niet aangegeven.

7.3 Referentiesituatie en staat van instandhouding

In deze paragraaf is de huidige situatie, referentiesituatie en staat van instandhouding beschreven. In de toelichting is ecologische informatie per natuurwaarde opgenomen. Aan de hand van deze beschrijvingen zijn de dieptezones gekoppeld aan de groepen (dit is weergegeven binnen de cirkel).



Figuur 99: Schematische weergave methodiek met daarin aangegeven welke delen in deze paragraaf worden behandeld (deel binnen de cirkel).

In de beschrijving van de referentiesituatie voor de verschillende kwalificerende natuurwaarden is niet zozeer de huidige situatie omschreven, maar de situatie waarvoor op dit moment de relevante informatie beschikbaar is. Voor vogels bijvoorbeeld is de informatie recent en geeft grotendeels de huidige situatie weer, maar voor bijvoorbeeld de vegetatie is de informatie verouderd en zegt de beschikbare informatie weinig over de huidige situatie.

Aan de hand van de ecologische omschrijving zijn de groepen gekoppeld aan de dieptezones die uit het morfologische onderzoek naar voren zijn gekomen. In de volgende tabel is een beschrijving van de groepen, relevante dieptezones en de toelichting waarom deze zones relevant zijn gegeven. Verder is in de tabel de landelijke staat van instandhouding gegeven op basis van de meest recente profieldocumenten. Dit is met name van belang voor onderzoeksvraag 4: Welke gevolgen heeft de N2000-regelgeving op zowel de bestaande natuur en de verandering daarvan. Negatieve ontwikkelingen voor natuurwaarden met een ongunstige staat van instandhouding kunnen leiden tot een inspanningsverplichting om soorten in het Natura 2000-gebied te houden. In Figuur 100 staan de habitattypen die in de verschillende Natura 2000-gebieden aanwezig waren ten tijde van het opstellen van deze kaarten.

Tabel 25: Beschrijving van de relevante dieptezones voor de groepen aan de hand van de huidige situatie.

Groep	Landelijke staat van instandhouding	Ecologische beschrijving (referentiesituatie)	Relevante dieptezones (m)
Habitattypen (voor ligging zie Figuur 100)			
Permanent overstroomde habitattypen	H1110A: Matig ongunstig H1110B: Matig ongunstig	- H1110A/B - Permanent overstroomde zandbanken zijn zandbanken in ondiepe delen van de zee die voortdurend onder water staan. Hierbij gaat het over het algemeen over die delen in zee waarbij de waterdiepte minder dan 20 meter is. Het gaat niet altijd om een zandige bodem maar op de bodem liggen ook substraten als schelpenbanken, een ondergrond van veen, keileem of stenen en door organismen gevormde structuren (oesterbanken) (Ministerie van Economische Zaken, 2014a). Voor dit habitatype is het van belang dat deze niet droogvallen. De getijdeamplitude in het studiegebied is gemiddeld 2 meter. Gemiddeld laagwater ligt rond de -1 NAP en gemiddeld hoog water rond de +1 NAP. Het permanent overstroomde habitatype H1110B komt zodoende voor in de zones tussen -1 en -3, tussen -3 en -10 en dieper dan -10 NAP. - Het habitatype komt voornamelijk voor in de vorm van permanent overstroomde zandbanken, Noordzeekustzone (subtype B), in een buitendelta. De Voordelta is een van de belangrijkste gebieden in ons land voor dit subtype. In het noordelijk deel van het gebied (onder andere nabij de Kwade Hoek) komen over een geringe oppervlakte ook permanent overstroomde banken, getijdengebied (subtype A) voor.	Dieper dan -10 Tussen -10 en -3 Tussen -3 en -1
Dagelijks overstroomde habitattypen	H1140A: Matig ongunstig H1140B: Gunstig H1310A: Matig ongunstig	De volgende habitattypen komen voor in de delen die wel onder directe invloed van zeewater staan maar niet permanent overstromen: - H1140 - Slik- en zandplaten zijn de ondiepe kustgebieden die door de werking van eb en vloed droogvallen en weer onder water komen te staan. Plaatselijk komen harde substraten als schelpenbanken en door organismen gevormde, zogenoemde biogene structuren voor. Het habitatype ligt tussen de hoog- en laagwatergrens. De bovengrens is de gemiddelde hoogwaterlijn of de aanwezigheid van kweldervegetatie (Ministerie van LNV, 2008p). Het habitatype komt in het studiegebied voor in de vorm van hoogdynamische zandplaten (subtype B) en in de vorm van laagdynamische platen (subtype A). Het gebied is vooral van belang voor slik- en zandplaten, Noordzeekustzone (subtype B). Het subtype slik- en zandplaten, getijdengebied (subtype A) komt voor bij de Kwade Hoek in de overgangszone naar de schorren. - H1310A - Zilte pioniersbegroeiingen zijn pioniersbegroeiingen op zilte gronden in het kustgebied. Overstroming met zout water zorgt voor dynamische en open standplaatsen. Het gaat om groeiplaatsen die ieder jaar opnieuw ontwikkelen op kale, meestal opdrogende bodem. Zeekraal komt vooral voor op de lagere delen van de groeiplaatsen (Ministerie van LNV, 2008at). Hoewel niet in het profiel opgenomen, is de inschatting dat dit habitatype meer op slibbige dan op zandige ondergrond voorkomt. Het habitatype wordt aangetroffen op de slikken van Voorne. Hier komen omvangrijke zeekraalbegroeiingen voor. Ook op de Kwade Hoek komt het habitatype voor. Dagelijks overstroomde habitattypen komen voor tussen gemiddeld laagwater en gemiddeld hoog water. Gezien het gemiddeld hoogwaterniveau van rond de +1 NAP en het gemiddelde laagwaterniveau van -1 NAP, vallen de dagelijks overstroomde habitattypen in de zone tussen -1 NAP en +1 NAP.	Tussen -1 en +1

Groep	Landelijke staat van instandhouding	Ecologische beschrijving (referentiesituatie)	Relevante dieptezones (m)
Periodiek overstroomde habitattypen	H1310B: Gunstig H1320: Zeer ongunstig H1330A: Matig ongunstig H6430B: Matig ongunstig	De periodiek overstroomde habitattypen worden niet dagelijks, maar wel frequent overstroomd met zout water: - H1310B- Zilte pioniersbegroeiingen zijn pioniersbegroeiingen op zilte gronden in het kustgebied. Overstroming met zout water zorgt voor dynamische en open standplaatsen. Het gaat om groeiplaatsen die ieder jaar opnieuw ontwikkelen op kale, meestal opdrogende bodem. Zeevetmuur, een plant die kenmerkend is voor dit subtype, groeit op de hogere delen die de overgang naar de kwelder markeert (Ministerie van LNV, 2008at). Hoewel niet in het profiel opgenomen, is de inschatting dat dit habitatype meer op slibbige dan op zandige ondergrond voorkomt. Het habitatype wordt aangetroffen op de slikken van Voorne. Hier komen aan de randen van het gebied op kleine schaal zeevetmuurbegroeiingen voor (subtype B). Op de kwelder van de Kwade Hoek komt dit subtype ook voor. - H1320 – Schorren met slijkgrasvegetaties betreft pioniersbegroeiingen waarin slijkgrassoorten domineren op periodiek met zout water overspoelde slikken. Slijkgrasvelden komen van nature voor op zilte wadvlakten en in slibrijke kommen en prielen van kwelders. Het habitatype komt vooral voor op slibrijke bodems (Ministerie van LNV, 2008y). Het habitatype komt in kleine oppervlakten voor op de slikken van Voorne. Het betreft uitsluitend een vorm met Engels slijkgras. - H1330A – Schorren en zilte graslanden omvatten de als gevolg van het getij periodiek overstroomde graslanden van het Getijdengebied en van de Duinen. Deze begroeiingen worden door het zeewater overstroomd vanuit de (tot soms ver in de kwelders doordringende) getijdenkreken (Ministerie van LNV, 2009). Hoewel niet in het profieldocument van H1330A opgenomen, is de inschatting dat dit habitatype meer op slibbige dan op zandige ondergrond voorkomt. Van dit habitatype zijn zowel op de slikken van Voorne als op de Kwade Hoek grote arealen aanwezig. Op de slikken van Voorne betreft het een vrij jong schor met een goede afwisseling van verschillende begroeiingstypen. De Schorren en zilte graslanden, buitendijks (subtype A) van de Kwade Hoek behoren binnen de Zeeuwse en Zuid-Hollandse eilanden tot de weinige voorbeelden van het type op zandige bodem. - H6430B - Ruigten en zomen. Dit type betreft enerzijds natte, veel biomassa producerende strooiselruigten op voedselrijke standplaatsen en anderzijds zomen langs vochtige tot droge bossen. Daarbij gaat het alleen om relatief soortenrijke ruigten met bijzondere soorten (Ministerie van LNV, 2008w). Van dit habitatype bestaat zowel een brakke (periodiek overstroomd met zeewater) als niet brakke variant. Het habitatype wordt aangetroffen op veen- en kleibodems, binnen het overstromingsbereik van rivierwater of brak boezemwater, langs heggen en langs bosranden. Op de Kwade Hoek komt een relatief groot oppervlak van dit de brakwater variant van het habitatype voor, hier wordt het type periodiek overstroomd met zeewater. Voor de bovengenoemde habitattypen in de Voordelta en op de Kwade Hoek geldt dat deze voorkomen buiten het bereik van gemiddeld hoogwater (+1 NAP) in de zone tussen +1 en +2. Habitatype 1330A en H6430B kunnen ook voorkomen bij	H1310B & H1320: Tussen +1 en +2 H1330A: Tussen +1 en +2 Hoger dan NAP +2

Groep	Landelijke staat van instandhouding	Ecologische beschrijving (referentiesituatie)	Relevante dieptezones (m)
Duinen	H2110: Gunstig H2120: Matig ongunstig H2130A: Zeer ongunstig H2130B: Zeer ongunstig H2130C: Zeer ongunstig H2160: Gunstig	incidentele overstroming en komt in de Voordelta en de Kwade Hoek ook voor in de zone hoger dan NAP +2. De duinen vormen een systeem van jonge naar oude duinen. In volgorde van ontwikkeling is het volgende relevant: - H2110 - Embryonale duinen: Dit is het habitatype van soortenarme pioniersduintjes met begroeiingen van vooral Biestarwegras. Het habitatype komt voor op het strand aan de voet van de zeereep, maar ook wel langs de randen van sluffers (laagten waar incidenteel zeewater overheen spoelt) en op achterduinse strandvlakten. Overstroming met zeewater vindt incidenteel tot regelmatig plaats (Ministerie van LNV, 2008q). Belangrijk voor de ontwikkeling is enige aanzanding vanuit zee, omdat dit zand uiteindelijk kan opblazen tot duinen. Embryonaal duin komt, gezien de gemiddelde hoogwaterlijn in het gebied van NAP +1, hoofdzakelijk voor in de zone tussen +1 en +2 en de zone boven NAP +2. In de hoger gelegen gebieden zal het middels successie overgaan naar witte duinen. Hoewel niet in de profielbeschrijving opgenomen, is de inschatting dat dit habitatype meer op slibbige dan op zandige ondergrond voorkomt. Bij de Kwade Hoek ligt één van de weinige aangroeiende duingebieden in Zuidwest-Nederland waarvan dit habitatype een onderdeel vormt. Het habitatype komt in de Voordelta voor op diverse plekken zoals locaties langs de duinen van Goeree ten westen van de Kwade hoek en aan de zuidzijde van de Slikken van Voorne. Ook vindt ten noorden van de Groene Punt al duinvorming plaats op de slikken van Voorne. - H2120 - Witte duinen bestaat uit door helm, noordse helm of duinzwenkgras gedomineerde buitenduinen. Witte duinen ontstaan van nature daar waar H2110 Embryonale duinen zo ver aanstuiven dat de plantengroei buiten het bereik van zout grondwater en overstromend zeewater komt. De invloed van zeewater is wel aanwezig in de vorm van 'salt spray'. Zoutinwaai en stuivend zand zorgen voor een extreem milieu waarin slechts weinig plantensoorten overleven (Ministerie van LNV, 2008r). Aangezien witte duinen vormen waar embryonaal duin aanstuift, liggen ze gemiddeld hoger dan de embryonale duinen. Witte duinen kunnen ook in de zone tussen +1 en +1 NAP voorkomen mits buiten bereik van zout grondwater. Daarnaast komen Witte duinen ook voor op hogere locaties in de zone boven NAP +2. In hoger gelegen delen zullen oudere witte duinen middels successie overgaan in grijze duinen. Het habitatype komt in de Voordelta met goede kwaliteit voor ten zuiden van de Maasvlakte. Het betreft dus relatief jonge duinbegroeiingen, ontstaan door opstuiving van zand na de aanleg van de Maasvlakte. Bij de Kwade Hoek ligt één van de weinige aangroeiende duingebieden in Zuidwest-Nederland met een dynamische zeereep. De aanwezigheid van dit habitatype is ook van groot belang voor het instuiven van kalkrijk zand in aangrenzende overige habitattypen. In Voornes Duin komt het habitatype ten dele voor op opgespoten slibrijk zand. - H2130 - Grijze duinen bestaat uit de droge graslanden van het duingebied. Het habitatype ontstaat achter de zeereep op plekken waar de door de wind veroorzaakte dynamiek voldoende laag is voor het ontstaan van gesloten begroeiingen. Dynamiek door lichte overstuiving, neerslag en begrazing door	Tussen -1 en +1 Tussen +1 en +2 Boven NAP +2 Plus: aanlanding van zandplaten voor toekomstige duinontwikkeling

Groep	Landelijke staat van instandhouding	Ecologische beschrijving (referentiesituatie)	Relevante dieptezones (m)
		konijnen zorgt voor de instandhouding van het type (Ministerie van LNV, 2008s). De begroeiing van laagblijvende grassen, kruiden, mossen en/of korstmossen vermengd met kruidenrijke zoombegroeiingen graslanden met dominantie van de dwergstruik duinroos hebben baat bij zoet grondwater. Het ontstaan van grijze duinen wordt zodoende niet bepaald door een hoogteklaas maar door afstand tot de zeereep en de aanwezigheid van eerdere successiestadia. Het habitatype wordt echter wel in deze categorie meegenomen, omdat de ontwikkeling van dit habitatype wel afhankelijk is van de ontwikkeling van de andere duinhabitattypen. De duinen van Goeree en Kwade Hoek leveren een zeer grote bijdrage aan het landelijke doel voor Grijze duinen, kalkarm (subtype B) en Grijze duinen, heischraal (subtype C). Subtype B en C komen vooral voor buiten het effectgebied op de Vroongronden. In Voornes Duin komt het habitatype verspreid voor in het gebied, vooral als subtype kalkrijk (subtype A) en in veel mindere mate als subtype heischraal (subtype C). Het subtype kalkarm (subtype B) komt slechts voor op twee locaties binnen het effectgebied. H2160 – Duindoornstruwelen bestaan uit door duindoorn gedomineerde duinen (Ministerie van LNV, 2008o). Het habitatype ontstaat door successie van grijze duinen wanneer deze niet actief beheerd of begraaasd worden of witte duinen bij gebrek aan voldoende dynamiek. Op minder beschutte delen ontstaan soortenarme begroeiingen. Bij voldoende overstuiving met kalkrijk zand, handhaaft duindoorn zich. Als de bodem ontkalkt verdwijnt duindoorn op termijn. Ook voor dit type geldt dat het ontstaan niet wordt bepaald door het aanwezige oppervlak van een bepaalde hoogteklaas maar dat andere factoren hierin een rol spelen. Zodoende wordt duindoornstruweel net als grijze duinen niet gekoppeld aan een hoogteklaas. Het habitatype wordt echter wel in deze categorie meegenomen, omdat daar waar dynamiek in de duinen beperkt is, kalk aanwezig is en beheer beperkt is, dit habitatype kan ontstaan. In Voornes Duin en de Kwade Hoek komt dit type lokaal in goede kwaliteit (met veel struweelsoorten) voor op locaties die niet conflicteren met de doelstellingen voor type H2130 Grijze duinen of H2190 Vochtige duinvalleien.	
Overige habitattypen	H2170: Gunstig H2180A: Matig ongunstig H2180B: Matig ongunstig H2190A: Matig ongunstig H2190B: Matig ongunstig H2190C: Matig ongunstig H2190D: Matig ongunstig	- H2170 – Kruiwilgstruwelen. Dit habitatype betreft door Kruiwilg gedomineerde begroeiingen in de duinen (of verwante plaatsen in het kustgebied), op vochtige of natte plaatsen. Ze vormen een successiestadium dat volgt op vegetaties die behoren tot de Vochtige duinvalleien (H2190) (Ministerie van LNV, 2008t). In Voornes Duin is dit habitatype slechts in kleine oppervlaktes aanwezig in matige kwaliteit. Ook in de Kwade Hoek komt dit habitatype slechts voor in geringe oppervlaktes. - H2180- Duinbossen. Dit habitatype betreft natuurlijke of half-natuurlijke loofbossen in de kustduinen, met sterk uiteenlopende kenmerken. Vaak is de zomereik de dominante boomsoort, maar met name in duinvalleien en in de meest landinwaarts gelegen gedeelten spelen andere boomsoorten een belangrijke rol. Vanwege de dynamiek en salt spray ontstaan duinbossen over het algemeen wat verder van zee of in de luwte (Ministerie van LNV, 2008u). In de Kwade Hoek komt het habitatype verspreid voor, met een vrij beperkte	Buiten het bereik van morfologische ontwikkelingen, mogelijk wel indirecte veranderingen.

Groep	Landelijke staat van instandhouding	Ecologische beschrijving (referentiesituatie)	Relevante dieptezones (m)
	H6430B: Matig ongunstig H6430C: Matig ongunstig H7210: Matig ongunstig	oppervlakte en een matige kwaliteit. Voornes Duin herbergt een breed scala aan duinbossen over een groot oppervlakte. Voor het habitatype Duinbossen, droog (subtype A) bestaat aan de rand van het gebied goede mogelijkheden voor verbetering kwaliteit. Habitatype Duinbossen, vochtig (subtype B) komt met een dusdanig grote oppervlakte voor dat het gebied een zeer grote bijdrage levert aan het landelijke doel voor dit subtype. - H2190 Vochtige duinvalleien. Dit habitatype is veelomvattend: het betreft open water, vochtige graslanden, lage moerasvegetaties en rietlanden, alle voor zover voorkomend in (min of meer natuurlijke) laagten in de duinen (Ministerie van LNV, 2008v). Het habitatype komt voor in de open wateren in de laagste delen van het duingebied, in geheel of vrijwel geheel verzoete primaire duinvalleien en in secundaire duinvalleien die zijn ontstaan door uitstuiving. Kenmerkend zijn de natte omstandigheden, waarbij water permanent of periodiek boven het maaiveld staat. Voornes Duin herbergt de beste voorbeelden van Vochtige duinvalleien, kalkrijk (subtype B) in Zuidwest-Nederland. Vanwege de grote oppervlakte en de bijzondere kwaliteit levert het gebied van oudsher een zeer grote bijdrage aan het landelijke doel voor dit subtype. Op de Kwade Hoek komen enkele goed ontwikkelde Vochtige duinvalleien voor. - H6430B - Ruigten en zomen. Dit type betreft enerzijds natte, veel biomassa producerende strooiselruigten op voedselrijke standplaatsen en anderzijds zomen langs vochtige tot droge bossen. Daarbij gaat het alleen om relatief soortenrijke ruigten met bijzondere soorten (Ministerie van LNV, 2008s). Van dit habitatype is zowel een brakke (periodiek overstroomd met zeewater) als niet brakke variant aanwezig. Het habitatype wordt aangetroffen op veen- en kleibodems, binnen het overstromingsbereik van rivierwater of brak boezemwater, langs heggen en langs bosranden. In Voornes Duin is een klein oppervlakte van de niet brakke variant aanwezig bij het groene strand langs het Oostvoornse meer. Hier heeft het geen potentie voor ontwikkeling naar de brakke variant. - H6430C - Ruigten en zomen. Dit type betreft enerzijds natte, veel biomassa producerende strooiselruigten op voedselrijke standplaatsen en anderzijds zomen langs vochtige tot droge bossen. Daarbij gaat het alleen om relatief soortenrijke ruigten met bijzondere soorten (Ministerie van LNV, 2008w). Het habitatype wordt aangetroffen op veen- en kleibodems, binnen het overstromingsbereik van rivierwater of brak boezemwater, langs heggen en langs bosranden. In Voornes Duin komt het habitatype met een klein oppervlak voor in deelgebied Groene Strand (langs het Oostvoornse Meer) - H7210 – Galigaanmoerassen. Dit habitatype betreft alle door Galigaan (<i>Cladium mariscus</i>) gedomineerde moerassen in ons land, behalve die onderdeel uitmaken van een hoogveenlandschap. Essentieel voor het habitatype is de aanvoer van basenrijk water (Ministerie van LNV, 2008x). Dit habitatype komt in Voornes Duin met een klein oppervlak voor aan de rand van het Waterbosch, waar recent bos is verwijderd ten behoeve van het herstellen van duinvalleien.	

Groep	Landelijke staat van instandhouding	Ecologische beschrijving (referentiesituatie)	Relevante dieptezones (m)
		Voor alle bovengenoemde habitattypen geldt dat deze ontstaan achter de duinenrij of binnendijks. Geen van deze typen zijn direct afhankelijk van de morfologische ontwikkelingen in het studiegebied. Zodoende wordt aan deze habitattypen geen hoogtezone toegekend. Het ontstaan van deze typen wordt door andere factoren gestuurd dan areaal van specifieke hoogteklassen (grondwater, begrazing, beheer, successie, duinvorming etc.). In het volgende hoofdstuk wordt ingegaan op mogelijke indirecte effecten.	
Habitatrichtlijnsoorten			
Anadrome vissen	H1095: Matig ongunstig H1099: Matig ongunstig H1102: Zeer ongunstig H1103: Zeer ongunstig	- H1095 – Zeepril: deze soort paait in rivieren of in bovenstroomse meren. Opgroeien gebeurt voornamelijk op open zee. Voor deze soort geldt dat de diepere wateren en de doorgang naar de Haringvliet van belang zijn (Ministerie van Economische Zaken, 2008c; Ministerie van LNV, 2008as). Voor de zeepril is de Voordelta van groot belang. - H1099 – Rivierpril, H1102 – Elft en H1103 – Fint: Deze soorten paaien in rivieren of in bovenstroomse meren. Opgroeien gebeurt voornamelijk op zee in de deltagebieden. Deze soorten komen (hoofdzakelijk in het voorjaar) vaak in scholen voor de kust voor. Voor deze soorten zijn naast de diepere delen en de doorgang naar de haringvliet ook de ondiepere permanent overstroomde delen van belang (Ministerie van Economische Zaken, 2008b, 2008a; Ministerie van LNV, 2008b). Voor elft en fint is de Voordelta van groot belang, voor de rivierpril is de Voordelta van gemiddeld belang. Voor de bovengenoemde vissen geldt dat zij gebonden zijn aan de dieptezones dieper dan -1. De functie van de voordelta als doortrekgebied voor trekvis is ook voor andere vissen dan de bovengenoemde van belang.	Dieper dan -10 Tussen -10 en -3 Tussen -3 en -1
Zeehonden	H1365: Matig ongunstig H1364: Matig ongunstig	H1365 – Gewone zeehond. Het leefgebied van de gewone zeehond bestaat uit ligplaatsen en aquatisch milieu. Ligplaatsen liggen bij de rand van getijdenplaten, vaak grenzend aan dieper water, maar kunnen ook op stranden of rotskusten liggen. Deze ligplaatsen worden het hele jaar door gebruikt om te rusten. Tijdens de verharingsperiode worden ze frequenter gebruikt. Gewone zeehonden krijgen hun jongen in de zomermaanden (mei, juni, juli). Na de geboorte kunnen de jongen vrijwel direct zwemmen waardoor jonge zeehonden bij hoog water van de platen af kunnen. Wel worden ze de eerste drie weken na de geboorte elke laagwaterperiode op een droogvallende plaat gezoogd (Ministerie van LNV, 2015). De Haringvlietmonding is zowel voor jonge als volwassen gewone zeehonden een belangrijke ligplaats in de Voordelta (Hoekstein et al., 2020). De open zee vormt foerageergebied voor gewone zeehonden (Ministerie van LNV, 2015). Voor gewone zeehonden geldt dat in het seizoen 2018/2019 grote aantallen gebruikmaakten van de droogvallende platen in de Haringvlietmonding. Naast onder meer de Bollen van het Nieuwe Zand, de Verkliekersplaat en de Platen voor het Watergat vormen de droogvallende platen in de Haringvlietmonding een belangrijke lichtplaats voor volwassen gewone zeehonden in de Voordelta (Hoekstein et al., 2020). Ook voor jonge gewone	Gewone zeehond: Ligplaatsen, tussen -1 en +1 (als plaat) Gewone en grijze zeehond: Ligplaatsen, tussen +1 en +2 (als plaat) Foorageergebied: Dieper dan -10 Tussen -10 en -3 Tussen -3 en -1

Groep	Landelijke staat van instandhouding	Ecologische beschrijving (referentiesituatie)	Relevante dieptezones (m)
		zeehonden vormen de droogvallende platen in de Haringvlietmonding een belangrijke ligplaats. In het seizoen 2018/2019 werden alleen op de Platen voor het Watergat meer jonge gewone zeehonden waargenomen (Hoekstein et al., 2020). H1364 – Grijs zeehond. Het leefgebied van de grijze zeehond is vergelijkbaar met dat van de gewone zeehond met het verschil dat deze soort een voorkeur heeft voor zandplaten die met normaal hoogwater niet onderlopen. Dit is met name het geval in de verharings- en zoogperiode. Grijs zeehonden krijgen hun jongen in de wintermaanden (vanaf half november). Na de geboorte kunnen de pups van de grijze zeehond slecht zwemmen en blijven ten minste drie weken op de ligplaats waar ze geboren zijn om daar gespeend te worden. Na het spenen blijven zij soms tot 40 dagen op de kant voordat ze zelfstandig te water gaan. Net als bij de gewone zeehond zijn ook stranden en duinen bij het ontbreken van verstoring geschikt (Ministerie van Economische Zaken, 2014b). Grijs zeehonden zijn waargenomen op de Hinderplaat en langs de stranden van de tweede Maasvlakte maar ligplaatsen van grijze zeehonden (met name van jongen) bevinden zich hoofdzakelijk elders in de Voordelta (Hoekstein et al., 2020). In het seizoen 2018/2019 werden verreweg de meeste volwassen grijze zeehonden waargenomen op de Platen voor het Watergat en de Bollen van de Ooster. Dit geldt tevens ook voor jonge grijze zeehonden, in het seizoen 2018/2019 werden slechts één of twee waarnemingen gedaan van jonge grijze zeehonden in de Haringvlietmonding (Hoekstein et al., 2020). Droogvallende platen bevinden zich hoofdzakelijk in de zone tussen -1 en +1 NAP. Een deel van de Hinderplaat valt bij normaal hoogwater niet droog. Deze plaat ligt in de zone tussen +1 en +2 (maximaal 1,3 m boven NAP). De stranden en duinen aan de kust van Voorne zijn vanwege de hoge recreatiedruk nauwelijks van waarde voor zeehonden. De stranden van de Kwade Hoek zijn in het broedseizoen (15 maart t/m 15 augustus afgesloten voor recreanten. Het broedseizoen overlapt met de werp- en zoogperiode van gewone zeehond. Zij bevinden zich in deze periode ook van tijd tot tijd op de stranden van de Kwade Hoek. Uit bovenstaande volgt dat voor zeehonden de zone tussen -1 en +1 en de zone tussen +1 en +2 van waarde zijn onder de voorwaarde dat het losliggende platen betreft of stranden zonder recreatiedruk. De foerageergebieden liggen in de overstroomde zones (< -10 tot -1 NAP).	
Overige zeezoogdieren	H1351: Matig ongunstig	H1351 – Bruinvis. Vermoedelijk komen enkele honderden bruinvissen voor in de Voordelta. Van het terreingebruik is nog weinig bekend maar bruinvissen lijken in de ondiepere delen de geulen te volgen (Roomen et al., 2020). Hieruit volgt dat hoofdzakelijk de <-10 NAP en de -10 tot -3 NAP zone van belang zijn voor de bruinvis.	Dieper dan -10 Tussen -10 en -3
Overige Habitatrichtlijnsoorten	H1014: Matig ongunstig H1340: Zeer ongunstig H1903: Zeer ongunstig	H1014 - Nauwe korfslak. De nauwe korfslak is een klein landslakje dat leeft in en onder het bodemstrooisel en tussen de begroeiing op vochtige, vaak min of meer kalkrijke terreinen en duingebieden (Ministerie van LNV, 2008a). In het Voornes Duin kom de nauwe korfslak met een groot aantal populaties verspreid door het gebied voor. Ook in de duingebieden en op het schor van het Natura 2000-	Buiten het bereik van morfologische ontwikkelingen, mogelijk wel indirecte veranderingen.

Groep	Landelijke staat van instandhouding	Ecologische beschrijving (referentiesituatie)	Relevante dieptezones (m)
		gebied Duinen van Goeree en Kwade Hoek komt deze soort veelvuldig voor. Het betreft één van de gebieden die de grootste bijdrage leveren voor deze soort. - H1340 - Noordse woelmuis. De noordse woelmuis is een vrij forse woelmuis met een bruine tot zwarte vacht en een lange staart. De soort is kenmerkend voor vochtige tot uitgesproken natte vegetaties in laagveen en kleigebieden (Ministerie van LNV, 2008af). In het Voornes Duin komt de soort nog voor in de duinvalleien tussen paal 6 en paal 7. Niet zo lang geleden kwam hij ook nog voor op het Groene Strand van het Oostvoornse Meer en in de oeverlanden van het Quakjeswater. In Natura 2000-gebied Duinen van Goeree en Kwade Hoek komt de soort verspreid voor door het hele gebied. - H1903 – Groenknolorchis. De groenknolorchis is een laag blijvende, geelgroene orchidee met een ijle tros van vier tot acht weinig opvallende bloemen. De groenknolorchis is gebonden aan standplaatsen met zonnige tot licht beschaduwde, onbemeste grond die onder invloed staan van basenrijk grondwater (Ministerie van LNV, 2008m). De soort komt voor in duinvalleien en massaal op verschillende eilanden in de Grevelingen en de soort is ook gebonden aan het habitatype H2190. In het Voornes Duin komt de groenknolorchis voor in verschillende delen van het Natura 2000-gebied maar met name in het Breede Water en het Groene Strand. Voor de bovengenoemde Habitatrichtlijnsoorten geldt dat de leefgebieden niet direct onder invloed staan van de morfologische ontwikkelingen in het studiegebied. Zodoende wordt aan deze soorten geen relevante dieptezone toegekend. In het volgende hoofdstuk wordt alleen ingegaan op mogelijke indirecte effecten.	
Vogelrichtlijnsoorten: broedvogels			
Broedvogels van oevers en moerassen	A008: Gunstig	A008 - Geoorde fuut. De geoorde fuut is een broedvogel van ondiepe wateren, die vaak broedt in duinmeren (Ministerie van LNV, 2008k). Voor de geoorde fuut geldt dat deze broedt in het Voornes Duin langs de oevers van het Breede water en het Quakjeswater (den Held et al., 2016). Van 2014 t/m 2018 werden gemiddeld 2 broedparen geteld in Voornes Duin (Sovon.nl, 2020b). Deze vogels zijn tijdens het broedseizoen afhankelijk van duinmeren en komen voor buiten het bereik van morfologische ontwikkelingen in de Voordelta.	Geoorde fuut: Buiten het bereik van morfologische ontwikkelingen, mogelijk wel indirecte veranderingen.
Broedvogel van bomen en struweel	A017: Gunstig A034: Gunstig A026: Gunstig	A017 – Aalscholver: De aalscholver is een koloniebroeder die broedt met uitgestrekte visrijke wateren binnen vliegafstand. In de omgeving van het studiegebied broedt de aalscholver in het Quakjeswater en Breede water in Voornes duin. De kolonie aalscholwers in het Breede Water vestigde zich in 1984. Het aantal paren nam snel toe tot een maximum in 1998 (1.510 paren). Sederdien beweegt het aantal paren zich tussen de 1.000 en 1.300; gemiddeld over de periode 1999-2003 circa 1.150. Tussen 2014 en 2018 lag het aantal gemiddeld op 1382 broedparen (Sovon.nl, 2020b). Tijdens het broedseizoen foerageren de aalscholwers in de kustwateren van onder meer de Voordelta (den Held et al., 2016). Aalscholwers kunnen tot grote diepte duiken maar blijven meestal in de zone tussen de 1 en 3 meter diep en maximaal 9 meter diep	Aalscholver: Tussen -1 en -3 Tussen -3 en -10 Tussen -1 en +1 Lepelaar en kleine zilverreiger: Tussen -1 en +1

Groep	Landelijke staat van instandhouding	Ecologische beschrijving (referentiesituatie)	Relevante dieptezones (m)
		(Ministerie van LNV, 2008b). Ook gebruikt de aalscholver de slikken van Voorne en de Hinderplaat als rustgebied. - A034 – Lepelaar. De lepelaar is een vogel van ondiepe wateren, zowel zoute als zoete en hij leeft van kleine vissen en garnalen. De lepelaar is een koloniebroeder van moerassen en op eilanden. Er bevindt zich een lepelaarskolonie in het Quackjeswater (den Held et al., 2016). De kolonie lepelaars in het Quackjeswater vestigde zich in het rietmoeras in 1989. De aantallen namen snel toe tot een maximum van 230 paren in 1998. Gemiddeld over de jaren 1999-2003 bedroeg het aantal circa 100 paren (minimaal 82 paren in 2001 en maximaal 137 paren in 2002). Tussen 2014 en 2019 kwamen gemiddeld 227 paren tot broeden in het gebied met een maximum van 277 paren in 2018 (Sovon.nl, 2020b). Voor de lepelaar geldt dat zowel ondiep zoet als zoutwater en droogvallende platen tot het foerageergebied behoren (Ministerie van LNV, 2008ad), onder andere Kwade Hoek is als foerageergebied van belang voor de vogels uit de kolonie op het Quackjeswater. In de kustgebieden beslaat het foerageergebied hoofdzakelijk de zone tussen -1 en +1 NAP. - A026 – Kleine zilverreiger. De kleine zilverreiger is gebonden aan waterrijke milieus, zoals zoet-, brak- en zoutwatermeren, moerassen en getijdengebieden. Deze vogelsoort zoekt zijn voedsel in ondiep, helder water, doorgaans met weinig begroeiing (Ministerie van LNV, 2008z). De kleine zilverreiger komt tot broeden tussen de lepelaars in het Quackjeswater. De kolonie Kleine zilverreiger in Voornes vormt de grootste broedpopulatie van deze soort Nederland. Sinds 1999 laat de populatie een gestage groei zien, met gemiddeld 14 broedparen over de periode 1999-2003. Ook na 2004 zet deze positieve trend zich door naar 55 broedparen in 2006. Tussen 2014 en 2019 was echter een afname zichtbaar van 18 paren in 2014 tot 2 paren in 2018 en 0 paren in 2019 (Sovon.nl, 2020b). Ook de kleine zilverreiger kan gedurende het broedseizoen foerageren in ondiepe zoute wateren en foerageert onder andere op de Westplaat in de zone tussen -1 en +1 NAP (NDFF, 2021).	
Broedvogels van kale grond	A138: Zeer ongunstig	A138 – Strandplevier nestelt op zand- en schelpenstranden en andere kale, beschutte plekken, meestal in de nabijheid van zoute en brakke wateren. Buiten de broedtijd is hij vooral aan te treffen op zandige platen (Ministerie van LNV, 2008an). Strandplevieren zijn al tientallen jaren jaarlijkse broedvogels op de Kwade Hoek. In het verleden was de Kwade Hoek een bolwerk van (inter)nationaal belang met tot 1960 40 tot 45 broedparen. De aantallen namen geleidelijk af tot vijf à tien broedparen in de jaren '80 van de vorige eeuw en enkele broedparen in de jaren '90 van de vorige eeuw. In 2005 zijn zeven broedparen geteld op de Kwade Hoek. Bij het Flaauwe Werk, net buiten het Natura 2000-gebied, kwam nog twee paar tot broeden. In de periode 2006-2010 waren gemiddeld 11 broedparen aanwezig. In het broedseizoen van 2010 is sprake van een stijging naar 17 broedparen. In het broedseizoen van 2011 was er sprake van een terugval naar 2 territoria op de Kwade Hoek. Tussen 2014 en 2019 kwamen gemiddeld nog 6 paren tot broeden in het gebied (Sovon.nl, 2020a).	Broedlocaties: Tussen +1 en +2 Boven NAP +2 Foerageergebied: Dieper dan -10 Tussen -10 en -3 Tussen -3 en -1 Tussen -1 en +1

Groep	Landelijke staat van instandhouding	Ecologische beschrijving (referentiesituatie)	Relevante dieptezones (m)
		De broedvogels van de schorren, stranden en gerelateerde habitatten broeden op permanent droogliggende delen van strand, kwelder en duingebieden. Hierdoor is de zone tussen -1 en +1 niet geschikt als broedgebied. Daarnaast is een voorwaarde voor deze broedvogels dat de stranden en kwelders niet verstoord worden door recreanten. In de Voordelta is sprake van recreatie op de slikken en stranden, in de Duinen Goeree en Kwade Hoek zijn delen in het broedseizoen afgesloten. De broedgebieden voor de bovengenoemde vogels bevinden zich zodoende in de zone tussen +1 en +2 en in de zone boven NAP +2 mits deze gebieden vrij zijn van recreatie. Het foerageergebied van de strandplevier bevindt zich op het strand langs de vloedlijn en op droogvallende platen (Ministerie van LNV, 2008an, 2008aa, 2008d).	
Vogelrichtlijnsoorten: niet-broedvogels			
Niet-broedvogels: viseters en duikende vogels	A001: Matig ongunstig A005: Matig ongunstig A007: Gunstig A017: Gunstig A069: Gunstig	- A001 - Roodkeelduiker is een doortrekker en wintergast in kleine tot vrij grote aantallen in de kustwateren van de Noordzee. Roodkeelduikers zijn in de winter kustgebonden zeevogels die het binnenland en het zoete water mijden (Ministerie van LNV, 2008ah). Roodkeelduiker duikt naar vis tussen de twee en de tien meter (Birdimage, 2010; Vogelwacht Uden, 2021). In de Voordelta zijn aantallen roodkeelduikers van grote nationale betekenis. Het gebied heeft onder meer een functie als foerageergebied. Daarnaast hebben de droogvallende platen (met name in het rustgebied Slikken van Voorne en de Hinderplaat) een functie als rustgebied voor deze soort. - A005 - Fuut is in Nederland het gehele jaar aanwezig. Buiten de broedtijd is het leefgebied van de fuut vooral geconcentreerd op grote, onbeschutte open wateren (Ministerie van LNV, 2008j). De fuut duikt tussen de 0,5 en ongeveer 4 a 5 meter diepte (Vogelbescherming, 2021). In de Voordelta en het water boven de Kwade Hoek is de fuut het hele jaar present, met lage aantallen in maart-mei en een piek in oktober, net als in de Oosterschelde. 's Zomers komen futen vooral voor in het water voor de Haringvlietsluizen, later in het seizoen ook voor de Brouwersdam. - A007 - Kuifduiker is in de winter te vinden op de grote open wateren. In ons land overwintert hij voornamelijk in mariene kustwateren en grote meren aan de kust (Ministerie van LNV, 2008ac). Het voedsel bestaat vermoedelijk voornamelijk uit kleine vis. Van kuifduikers is bekend dat ze tot dieper dan drie meter kunnen duiken (Haasnoot, 2009). Voor deze soort zijn geen maximale duikdieptes bekend. In de Voordelta zijn aantallen kuifduikers van nationale betekenis. Het gebied heeft onder meer een functie als foerageergebied. Het betreft het belangrijkste gebied na Grevelingen en Oosterschelde. Recent is de populatie sterk toegenomen, net als in andere delen van de regio. - A017 – Aalscholver: Veel van de vogels die in Nederland zijn buiten het broedseizoen zijn Nederlandse broedvogels. In het winterhalfjaar is echter een deel van de aalscholers van buitenlandse herkomst. Aalscholers kunnen tot grote diepte duiken maar blijven meestal in de zone tussen de 1 en 3 meter diep en maximaal 9 meter diep (Ministerie van LNV, 2008b). De Voordelta en Duinen	Foerageergebied: Tussen -10 en -3 Tussen -3 en -1 Rustgebied: Tussen -1 en +1

Groep	Landelijke staat van instandhouding	Ecologische beschrijving (referentiesituatie)	Relevante dieptezones (m)
		Goeree & Kwade Hoek zijn voor de Aalscholver zowel foerageergebied als slaappleaats. De soort is het hele jaar present, met lage aantallen in februari/maart en een piek in augustus, net als in de rest van de zoute delta. Naast de functie als foerageer en slaapgebied worden de Slikken van Voorne en de Hinderplaat gebruikt als rustgebied. A069 - Middelste zaagbek verblijft vooral in estuaria, maar 's nachts ook op de aangrenzende binnenwateren. De soort foerageert voornamelijk in ondiepe wateren en tot op 3,5- 7,0 m diepte, en rust/slaapt in beschutte bochten of in de luwte van eilanden en dijken (Ministerie van LNV, 2008ae). Aantallen middelste zaagbek in de Voordelta zijn van nationale betekenis. Het gebied heeft onder meer een functie als foerageergebied. Het belang van het gebied is sterk ondergeschikt aan dat van de Grevelingen, maar is niettemin één van de belangrijkste gebieden in Nederland. Het fluctuatiepatroon binnen de significante toename is overeenkomstig met dat van de Grevelingen Voor de bovengenoemde vogels geldt dat gezien de duikdieptes tijdens het foerageren de zones tussen -1 en -3 en tussen -3 en -10 het meest relevant zijn. Als rustgebied zijn voornamelijk de slikken en platen relevant in de zone tussen -1 en +1 NAP.	
Niet-broedvogels: waadvogels	A034: Gunstig	A034 – Lepelaar. De lepelaar is een vogel van ondiepe wateren, zowel zoute als zoete en hij leeft van kleine vissen en garnalen. Het merendeel van de lepelaars buiten de broedtijd in Nederland zijn vogels die horen bij onze eigen broedpopulatie. Voor de lepelaar geldt dat zowel ondiep zoet als zoutwater en droogvallende platen tot het foerageergebied behoren (Ministerie van LNV, 2008ad). Vooral in de nazomer zijn de slikken van de Westplaat van belang, waarbij uitwisseling bestaat met de Kwade Hoek, waar de aantallen vaak nog hoger zijn. Er is sprake van een populatietoename, net als in andere delen van de regio. In de kustgebieden beslaat het foerageergebied hoofdzakelijk de zone tussen -1 en +1 NAP.	Tussen -1 en +1
Niet-broedvogels: watervogels (planteters en alleseter)	A043: Gunstig A045: Gunstig A050: Gunstig A051: Gunstig	- A043 - Grauwe gans. De grauwe gans verblijft overwegend in agrarisch gebied. Meer dan andere ganzensoorten is de grauwe gans ook in moerassen en estuaria te zien. Ze leven gedurende het grootste deel van het jaar voornamelijk van gras (Ministerie van LNV, 2008I). In de Duinen Goeree & Kwade Hoek heeft in de jaren negentig een daling plaatsgevonden die zich inmiddels heeft hersteld. - A045 – Brandgans komt vanouds vooral voor op kwelders en schorren in wadgebieden en estuaria (Waddenzee, Deltagebied). Tegenwoordig, na toename van de populatie en een aangepaste winterstrategie, verblijven ze ook in grote aantallen in open agrarisch gebied, vooral op cultuurgrasland (Ministerie van LNV, 2008e). Aantallen brandganzen binnen Natura 2000-gebied Duinen Goeree & Kwade Hoek zijn van nationale en internationale betekenis. Het gebied heeft voor de soort onder meer een functie als foerageergebied en als slaappleaats. De aantallen zijn laag en fluctueren sterk. Er is geen toename van de aantallen brandganzen zoals in de Oosterschelde. - A050 – Smient. De smienten verblijven in estuaria, 'wetlands' en graslanden die in de nabijheid van vaarten, plassen en meren liggen. Vooral in het eerste deel	Rustgebied: Dieper dan -10 Tussen -10 en -3 Tussen -3 en -1

Groep	Landelijke staat van instandhouding	Ecologische beschrijving (referentiesituatie)	Relevante dieptezones (m)
		van het najaar/winterseizoen is hij veel te zien in estuaria en getijdengebieden. Daarna zoekt de soort steeds meer het open agrarische gebied in het binnenland op (Ministerie van LNV, 2008al). De soort is in de Voordelta een wintergast en een doortrekker, vooral aanwezig in september-maart, maar anders dan in de rest van de Delta. De Voordelta herbergt echter een fractie van de totale aantallen, met een doortrekpiek rond oktober. A051 – Krakeend. De krakeend heeft een voorkeur voor ondiepe, voedselrijke (eutrofe) zoete wateren. Het kan stilstaand water zijn of zwakstromend water. De soort komt voor in brak water, maar mijdt over het algemeen zoute wateren. In de Voordelta gelden de Slikken van Voorne als rustgebied voor deze eend (Ministerie van LNV, 2008ab). De soort is het hele jaar present, maar is vooral aanwezig in november-maart, net als de rest van de zoute delta. De krakeend komt met name voor in de buitenhaven van Stellendam, foeragerend op algen en wieren tussen het basalt. Overdag verblijven plantetende en allesetende watervogels in de regel hoofdzakelijk in agrarisch gebied en de grauwe gans en brandgans ook in estuaria. Gras-etende watervogels rusten op grote open wateren die roofdiervrij zijn. De Slikken van Voorne en de kust bij Kwade Hoek vormen rustgebieden voor deze soorten (Ministerie van Infrastructuur en Milieu Rijkswaterstaat, 2016; Provincie Zuid Holland, 2015). Als rust- en slaapplek zijn hoofdzakelijk de delen dieper dan -1 NAP van belang.	
Niet-broedvogels: vogels van zandplaten en slikken (waaronder steltlopers)	A048: Gunstig A054: Matig ongunstig A130: Zeer ongunstig A132: Matig ongunstig A137: Gunstig A141: Gunstig A144: Matig ongunstig A149: Gunstig A157: Gunstig A160: Gunstig A162: Matig ongunstig A169: Zeer ongunstig	- A048 – Bergeend. De bergeend leeft voornamelijk in zoute wateren in estuaria en wadgebieden. De bergeend foerageert voornamelijk op bodemdieren (benthos). De soort heeft een voorkeur voor kleine slakjes, slijkgarnalen, wormen, schelpdieren en kreeftachtigen (Ministerie van LNV, 2008c). De soort is vooral in de zomer aanwezig, met lage aantallen in november-januari en hoge in juni-september (met een ruidip in augustus), net als in de Westerschelde (in de rest van de Delta winterpieken in januari-maart). Bergeenden komen vooral voor op de Westplaat. Samen met de Kwade Hoek vormt deze plaat ook een verzamelplek voor de ruitrek. - A054 – Pijlstaart. De pijlstaart leeft in zowel zoete als zoute wateren. De soort bezoekt vooral in het najaar kwelders, zandplaten en slikken in estuaria, evenals akkerland (stoppelvelden) in het agrarische gebied. Hij voedt zich vooral met zaden en worteldelen van (pionier)planten en ondergedoken waterplanten zoals fonteinkruiden en kranswieren (Ministerie van LNV, 2008ag). De pleisterende aantallen pijlstaarten in de Kwade Hoek en de Voordelta zijn van nationale en internationale betekenis. De soort komt geconcentreerd in de intergetijdengebieden voor. - A130 – Scholekster. Buiten de broedtijd is de scholekster gebonden aan wadgebieden en estuaria. De meeste scholeksters foerageren gewoonlijk bij eb op droogvallende platen in het intergetijdengebied en voedt zich vooral met schelpdieren (Ministerie van LNV, 2008aj). De Voordelta is het belangrijkste gebied na de Waddenzee en de Ooster- en Westerschelde. Terwijl de aantallen in de Oosterschelde afnemen en die in de Kwade Hoek fluctuaties vertoonden	Foerageergebied: Tussen -1 en +1 Hoogwatervluchtplaats: Tussen +1 en +2 Boven NAP +2

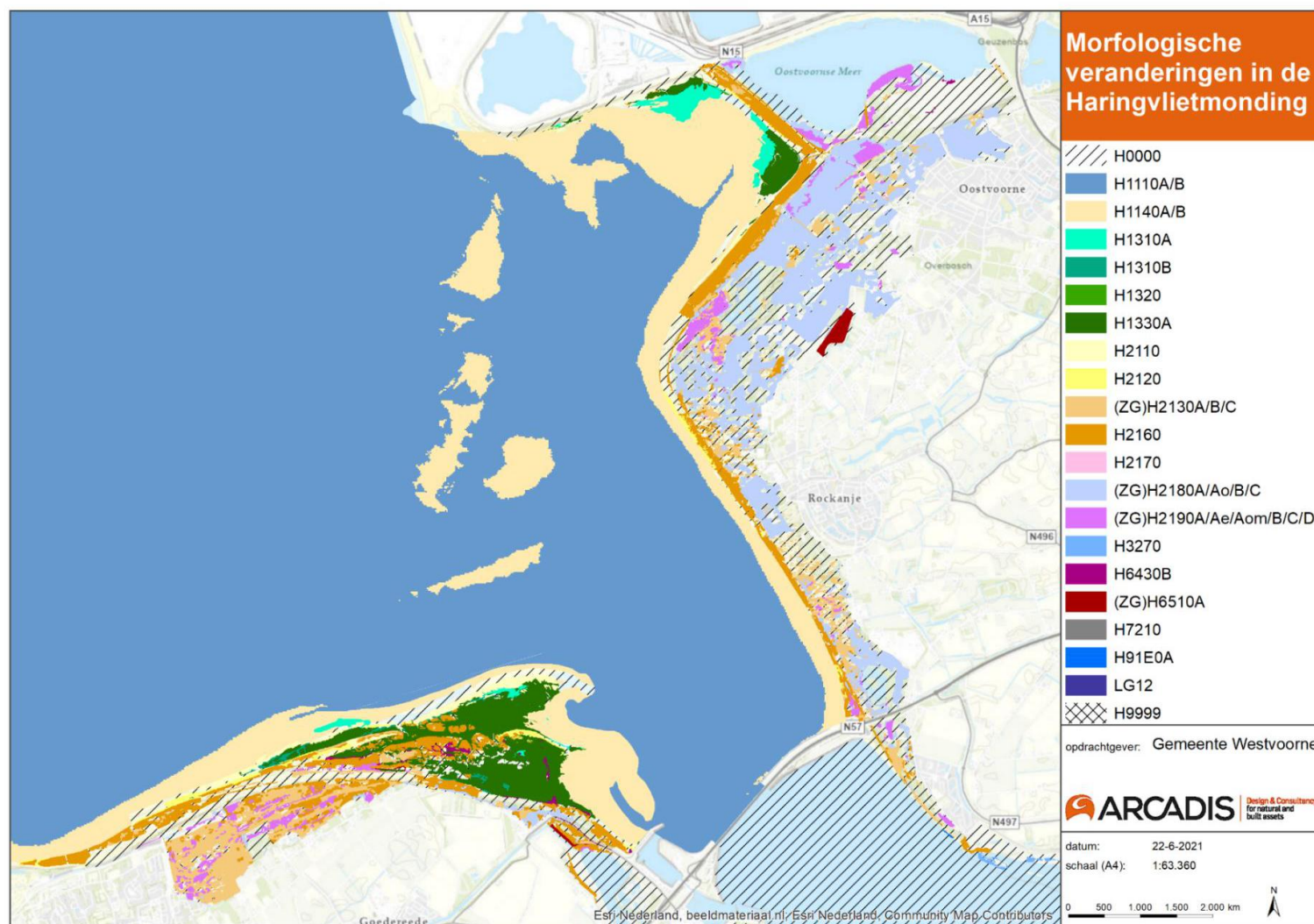
Groep	Landelijke staat van instandhouding	Ecologische beschrijving (referentiesituatie)	Relevante dieptezones (m)
		die overeenkomen met die in de Westerschelde, zijn de aantallen in de Voordelta (Westplaat) min of meer constant gebleven. • A132 – Kluut is een steltloper van schaars begroeide terreinen nabij ondiepe (vooral zoute) wateren met een zachte slibrijke bodem. Kluten zoeken in ondiep water en losse, slikkige bodems naar kleine kreeftachtigen, insecten en wormen. In intergetijdengebieden staan hoofdzakelijk zeeduizendpoten op het menu, en wordt het aangevuld met kleine kreeftachtigen (Ministerie van LNV, 2008aa). Voor de kluut vormt de Kwade Hoek (buitenste strand-haak) een belangrijk ruigebied, waar soms meer dan 1000 vogels gebruik van maken. • A137 - Bontbekplevier is sterk gebonden aan intergetijdengebieden. De meeste vogels volgen het getijdenritme, al foerageert een deel van de vogels ook op de rustplaatsen tijdens hoogwater. Het voedsel van de bontbekplevier bestaat uit zeeduizendpoten, kleine krabben en andere kreeftachtigen, insecten en wadslakjes (Ministerie van LNV, 2008d). Aantallen bontbekplevieren in de Voordelta en de Kwade Hoek zijn van nationale betekenis. De aantallen zijn eind jaren tachtig sterk afgenomen, sinds begin jaren negentig constant. De afname gaat gepaard met een toename op de Kwade Hoek, net als bij andere steltlopers van de intergetijdengebieden en houdt wellicht verband met verschuivingen in het aanbod aan intergetijdengebied in de regio, als gevolg van erosie en sedimentatiepatronen. • A141 – Zilverplevier. De rui-, doortrek- en overwinteringsgebieden van de zilverplevier zijn vrijwel uitsluitend zoutwatermilieus. De zilverplevier zoekt zijn voedsel op drooggevalen getijdenplaten, die kunnen zowel slibrijk als zandig zijn. Hij eet vooral zeeduizendpoten en in mindere mate andere soorten wormen en wadslakjes (Ministerie van LNV, 2008au). De Voordelta is voor de zilverplevier het belangrijkste gebied na de Waddenzee en de Ooster- en Westerschelde. De aantallen zijn sinds eind jaren tachtig afgenomen. De afname gaat gepaard met een toename op de Kwade Hoek, net als bij andere steltlopers van de intergetijdengebieden en houdt wellicht verband met verschuivingen in het aanbod aan intergetijdengebied in de regio, als gevolg van erosie en sedimentatiepatronen. • A144 – Drieteenstrandloper. De drieteenstrandloper is in ons land voornamelijk aan de Noordzeestranden te zien. Drieteenstrandlopers foerageren in kleine groepjes van hooguit enkele tientallen exemplaren langs de vloedlijn. Ze jagen op ingegraven wormen, diertjes die door de golven uit hun schuilplaatsen worden gerukt of op het strand achterblijven als de zeegolven wegtrekken (Ministerie van LNV, 2008g). Aantallen drieteenstrandlopers in de Voordelta zijn van nationale betekenis. Het betreft het belangrijkste gebied na de Waddenzee, de Noordzeekustzone en de Westerschelde. • A149 - Bonte strandloper. De bonte strandloper komt vooral voor in getijdengebieden en estuaria. De voedselbiotopen zijn zandige maar ook zeer slikkige platen in getijdengebieden en alle gradaties daar tussenin (Ministerie van LNV, 2008a). In de Kwade Hoek zijn pleisterende en doortrekkende aantallen van regionale betekenis in de periode oktober-mei. In de Voordelta zijn de aantallen sinds eind jaren tachtig afgenomen. De afname gaat gepaard met	

Groep	Landelijke staat van instandhouding	Ecologische beschrijving (referentiesituatie)	Relevante dieptezones (m)
		een toename op de Kwade Hoek, net als bij andere steltlopers van de intergetijdengebieden en houdt wellicht verband met verschuivingen in het aanbod aan intergetijdengebied in de regio, als gevolg van erosie en sedimentatiepatronen. • A157 - Rosse grotto. De rosse grutto's verblijven in ons land vrijwel uitsluitend in intergetijdengebieden in estuaria, waarbij ze zowel zandige als slikkige wadplaten als voedselgebied gebruiken. De rosse grutto foerageert op bodemfauna. Zijn voornaamste voedselbronnen zijn diverse wormensoorten zoals wadpier, zeeduizendpoot en schelpkokerworm (Ministerie van LNV, 2008ai). De Voordelta is voor de rosse grutto het belangrijkste gebied na de Waddenzee en de Ooster- en Westerschelde. De aantallen vertonen sinds eind jaren tachtig een afnemende tendens, hoewel de trend door fluctuaties niet significant is. De afname gaat gepaard met een toename op de Kwade Hoek, net als bij andere steltlopers van de intergetijdengebieden en houdt wellicht verband met verschuivingen in het aanbod aan intergetijdengebied in de regio, als gevolg van erosie en sedimentatiepatronen. • A160 – Wulp. De grootste aantallen wulpen komen voor in intergetijdengebieden, zowel op zandige platen als op slikkige bodems, op en langs de randen van mossel- en oesterbanken of op platen met veel geulen. De soort volgt in het kustgebied het getijdenritme, maar foerageert bij vloed ook in tot 20 km ver van de kust gelegen graslanden (Ministerie van LNV, 2008ar). De Voordelta is voor de wulp het belangrijkste gebied na de Waddenzee en de Ooster- en Westerschelde. De aantallen leken begin jaren negentig wat af te nemen, maar namen recent toe net als in de Kwade Hoek en de Oosterschelde, in tegenstelling tot die van ander steltlopersoorten. • A162 – Tureluur. In de getijdengebieden zoeken tureluurs voedsel op drooggevallen getijdenplaten, met name langs de randen van geulen en prielen, op slikkige platen, in achtergebleven ondiepe plassen en langs de randen van mossel- en oesterbanken (Ministerie van LNV, 2008ap). Aantallen tureluurs zijn van nationale betekenis. De Voordelta is voor de tureluur het belangrijkste gebied na de Waddenzee en de Ooster- en Westerschelde. De aantallen zijn sinds eind jaren tachtig afgenomen. De afname gaat gepaard met een toename op de Kwade Hoek, net als bij andere steltlopers van de intergetijdengebieden en houdt wellicht verband met verschuivingen in het aanbod aan intergetijdengebied in de regio, als gevolg van erosie en sedimentatiepatronen. • A169 – Steenloper. De steenloper is gebonden aan de getijdengebieden van de kust. Zijn voedselbiotoop zijn de stranden en drooggevallen slikken en platen en in het bijzonder de vloedmerken, wervelden, mosselbanken, stenige taluds van dijken en havens en pieren, vooral als deze begroeid zijn met wieren (Ministerie van LNV, 2008am). Aantallen steenlopers in de Voordelta zijn van nationale betekenis. Het gebied heeft onder meer een functie als foerageergebied en als slaapplek. De Voordelta is één van de belangrijkste gebieden in Nederland, hoewel veruit ondergeschikt aan met name de Waddenzee.	

Groep	Landelijke staat van instandhouding	Ecologische beschrijving (referentiesituatie)	Relevante dieptezones (m)
		Alle bovengenoemde vogels van zandplaten en slikken foerageren tijdens eb op droogvallende delen in het intergetijdengebied. Zodoende is voornamelijk de zone tussen -1 en +1 voor deze soorten relevant. Naast foerageergebied vervult het studiegebied ook een belangrijke functie als hoogwatervluchtplaats voor deze vogels. Een hoogwatervluchtplaats is een plek die bij gemiddeld hoogwater niet overstroomd. Hiervoor zijn zodoende de zone tussen +1 en +2 en de zone boven NAP +2 van belang.	
Niet-broedvogels: benthoseters	A062: Zeer ongunstig A063: Zeer ongunstig A065: Matig ongunstig A067: Gunstig	- A062 – Toppereend. De topper zoekt de minder dan 15 m diepe wateren op die rijk zijn aan schelpdieren. Toppers duiken doorgaans tot op 5 m diepte en is gespecialiseerd op het eten van tweekleppigen (Ministerie van LNV, 2008ao). De toppereend is een wintergast. Voorheen was de Voordelta het belangrijkste gebied in de Delta, maar tegenwoordig is het ondergeschikt aan het Haringvliet. - A063 – Eider. De eiders volgen meestal het getijdenritme. Tijdens hoog water verzamelen ze zich op gemeenschappelijke rustplaatsen, zoals stranden, kwelders, dijken en op open water. De voedselgebieden zijn de schelpenbanken in ondiepe wateren van de kust (litoraal en sublitoraal). De prooien worden doorgaans tot op een diepte van 0-5 m opgevist en in zijn geheel doorgeslikt. De eiders duiken ook wel tot op 15 of 20 m diepte, maar in ons land is dat minder gebruikelijk (Ministerie van LNV, 2008i). Aantallen eiders in de Voordelta zijn van nationale betekenis. Aantallen liggen weliswaar in de schaduw van die van het Waddengebied, maar de Voordelta is belangrijk binnen het Deltagebied met drie kwart van de eiders. De trend in aantallen heeft een negatieve tendens maar is niet significant door fluctuatie in relatie tot lage aantallen. De recente afname zou, net als die in de Noordzeekustzone, een teken kunnen zijn van herstel van de voedselsituatie in de Waddenzee. - A065 - Zwarte zee-eend. De zwarte zee-eend zoekt als hij te gast is in Nederland alleen de zoute wateren op. Zijn voedselbiotoop bestaat hier uit ondiepe kustwateren met een rijk voorkomen aan schelpenbanken. De zwarte zee-eend duikt gewoonlijk tussen een diepte van 5 en 15 meter naar onder meer halfgeknotte strandschelpen en mesheften (Ministerie van LNV, 2008av). Aantallen zwarte zee-eenden zijn in de Voordelta van nationale betekenis. De soort is een wintergast. De hoogst bekende aantallen stammen uit de jaren tachtig, sindsdien sterk fluctuerende, maar aanzienlijk lagere aantallen. - A067 – Brilduiker. De brilduiker is in ons land zowel op zoete als zoute wateren te vinden. In het deltagebied trekken brilduikers tussen voedsel- en slaapgebieden heen en weer. Ze foerageren overdag op de zoute wateren en slapen 's nachts op zoet water. Het voedsel van de brilduiker is zeer gevarieerd maar bestaat hoofdzakelijk uit schelpdieren en kleine kreeftachtigen (Ministerie van LNV, 2008f). Aantallen brilduikers in de Voordelta zijn van nationale betekenis. Het gebied heeft onder meer een functie als foerageergebied, vooral bij de Westplaat en bij de Brouwersdam. De Voordelta is één van de belangrijkste gebieden in Nederland. Populatieaantallen zijn significant toegenomen, ondanks fluctuaties.	Topper, eider, zwarte zee-eend, brilduiker; foerageergebied: Dieper dan -10 Tussen -10 en -3 Tussen -3 en -1 Meerkoet en kuifeend: Buiten het bereik van morfologische ontwikkelingen, mogelijk wel indirecte veranderingen.

Groep	Landelijke staat van instandhouding	Ecologische beschrijving (referentiesituatie)	Relevante dieptezones (m)
		Voor de topper, eider, zwarte zee-eend en brilduiker geldt dat het foerageergebied de zones tussen -1 en -3, tussen -3 en -10 en dieper dan -10 bevat. De buitendijkse gebieden hebben voor meerkoet en kuifeend een beperkte functie en deze soorten zijn dan ook niet gebonden aan getijdenzones.	
Niet-broedvogels: grondelende eenden	A052: Matig ongunstig A056: Gunstig	- A052 – Wintertaling. Het leefgebied van de wintertaling bestaat zowel zoete als zoute wateren. Belangrijke voorwaarde is dynamiek in de water-landovergangen, bijvoorbeeld door getij in slikken, kwelders en schorren (Ministerie van LNV, 2008aq). De Wintertaling heeft in de Voordelta een vroeger en korter verblijf dan elders in de zoute delta. Rond midden jaren negentig was er sprake van lage aantallen, net als bij andere grondeleenden, daarna heeft herstel plaatsgevonden. Het dal in de jaren negentig die de trends van de meeste grondeleenden in de Voordelta vertonen, ontbreekt bij de Kwade Hoek. - A056 – Slobbeend. Over het algemeen komt de slobbeend hoofdzakelijk in zoet water voor. Echter komt deze eend in de Voordelta ook voor waar hij de slikken van Voorne gebruikt als rustplaats (Ministerie van LNV, 2008ak). De Voordelta heeft voor de slobbeend onder meer een functie als foerageergebied, onder andere op Slufter en Sluftermeer op de Maasvlakte (deels buiten de begrenzing). In de eerste helft van de jaren negentig waren er relatief lage aantallen, vergelijkbaar met de patronen van andere grondeleenden. Het dal in de jaren negentig die de trends van de meeste grondeleenden in de Voordelta vertonen, ontbreekt bij de Kwade Hoek. Bovengenoemde eenden foerageren in ondiep water. In het studiegebied is de zone tussen -1 en +1 van belang. Naast foerageergebied vormt het studiegebied voor wintertaling en slobbeend een rustgebieden (Ministerie van Infrastructuur en Milieu Rijkswaterstaat, 2016). Als rust en slaapplek zijn hoofdzakelijk de delen dieper dan -1 NAP van belang.	Foerageergebied: Tussen -1 en +1 Rustgebied: Dieper dan -10 Tussen -10 en -3 Tussen -3 en -1
Niet-broedvogels: vogels die vooral aan het oppervlak van het water foerageren	A177: Matig ongunstig A191: Zeer ongunstig A193: Matig ongunstig	- A177 – Dwergmeeuw. De dwergmeeuw eet vis. Dwergmeeuwen zoeken voedsel terwijl ze boven het wateroppervlak vliegen en ze pakken hun prooi al vliegend van het wateroppervlak op (Ministerie van LNV, 2008h). In de Voordelta zijn aantallen dwergmeeuwen van (grote) nationale betekenis. Het gebied heeft onder meer een functie als foerageergebied met name gedurende enkele weken tijdens de doortrekperiode. - A191 - Grote stern foerageert in zoute, visrijke wateren. Hierbij duiken de vogels tussen de 0,5 en 1,5 meter diep bij volle onderdompeling door een duikvlucht (Ministerie van LNV, 2008n). In de Voordelta is de grote stern opgenomen vanwege de compensatieopgave voor de Tweede Maasvlakte. Deze compensatieopgave bestond uit het instellen van rustgebieden bij droogvallende platen, halverwege de vliegroute tussen foerageergebieden en broedlocaties (Hinderplaat & Bollen van de Ooster). Het idee hierachter was dat verlies van foerageergebied door aanleg van de Maasvlakte 2 werd gecompenseerd omdat met een extra rustgebied halverwege, foerageergebieden op grotere afstand geëxploiteerd konden worden. De Voordelta heeft voor de grote stern dus een	Foerageergebied: Tussen -1 en +1 (wanneer onderwater) Tussen -1 en -3 Tussen -3 en -10 Dieper dan NAP -10 Rustgebied: Tussen -1 en +1 (wanneer drooggevallen)

Groep	Landelijke staat van instandhouding	Ecologische beschrijving (referentiesituatie)	Relevante dieptezones (m)
		belangrijke functie als foerageergebied van de broedkolonies in de aangrenzende Natura 2000-gebieden c.q. Deltawateren. De droogvallende platen (met name in het rustgebied Slikken van Voorne en de Hinderplaat) vervullen een functie als rustgebied tussen broedlocatie en foerageergebieden. • A193 – Visdief. De visdief voedt zich bij voorkeur met 'rondvis', die duikend wordt gevangen. Bij gebrek aan rondvis wordt overgeschakeld op kleine platvis, kreeftachtigen, wormen en insecten (Ministerie van LNV, 2008bg). De foerageervluchten, waarbij gezocht wordt naar kleine vissen, strekken zich voor het merendeel uit tot op 5-10 km van de kolonie, maar soms zoekt de visdief zijn prooi ook op meer dan 30 km van zijn broedplaats. In de Voordelta is de visdief opgenomen vanwege de compensatieopgave voor de Tweede Maasvlakte. Deze compensatieopgave bestond uit het instellen van een rustgebieden op de Hinderplaat, halverwege de vliegroute tussen foerageergebieden en broedlocaties. Het idee hierachter was dat verlies van foerageergebied door aanleg van de Maasvlakte 2 werd gecompenseerd omdat met een extra rustgebied halverwege, foerageergebieden op grotere afstand geëxploiteerd konden worden. De Voordelta heeft voor de visdief zodoende een belangrijke functie als foerageergebied van de broedkolonies in de aangrenzende Natura 2000-gebieden c.q. Deltawateren. De droogvallende platen (met name in het rustgebied Slikken van Voorne en de Hinderplaat) vervullen een functie als rustgebied voor deze soort. Als foerageergebied zijn voor deze soorten de zones tussen -1 en +1 (wanneer onderwater) tussen -1 en -3, tussen -3 en -10 en dieper dan NAP -10 van belang.	

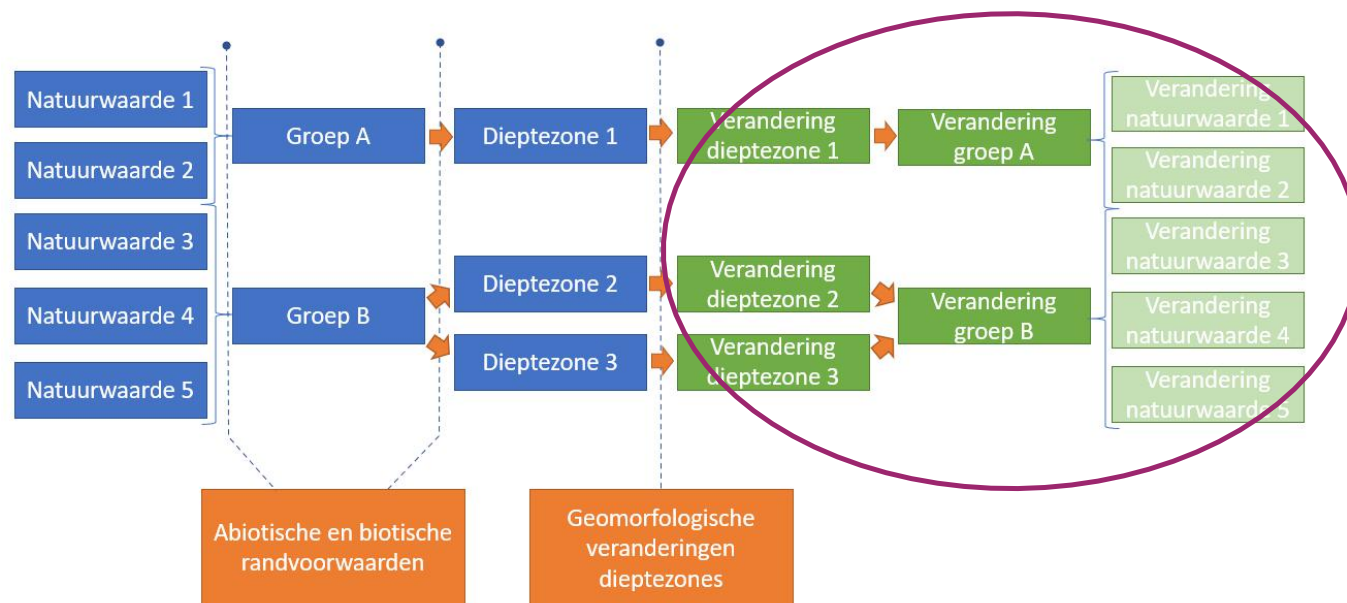


Figuur 100: Habitattypenkaart van de Natura 2000-gebieden Duinen Goeree & Kwade Hoek, Voordelta en Voornes Duin.

Databron: Voordelta (N2K_HK_113_Voordelta_T1_20191113) & Haringvliet (N2K_HK_109_Haringvliet_T0_20200417), (Rijkswaterstaat, 2020); Duinen Goeree & Kwade Hoek, (N2K_HK_101_DuinenGoereeEnKwadeHoek_v10) & Voornes Duin, (N2K_HK_100_VoornesDuin_v4_20180425).

7.4 Effecten op ecologie

In dit hoofdstuk zijn de effecten beschreven voor Scenario 1 “Brede kust van Voorne”.



Figuur 101: Schematische weergave methodiek met daarin aangegeven welke delen in paragraaf 7.4 worden behandeld (deel binnen de cirkel).

In het vorige hoofdstuk is de huidige situatie beschreven aan de hand van de dieptezones die uit het morfologische onderzoek volgen. In scenario 1 is te zien dat aanlanding van de zandbank plaatsvindt en dat het zand zich langs de kust verspreidt. Hierdoor komt vanuit de kust meer zand in het systeem dat leidt tot aangroei van stranden, slikken, schorren en duinen, terwijl de geïsoleerde zandbanken verdwijnen. Voor de natuur betekent dit dat de slikken, duinen en stranden meer onder de invloed staan van een natuurlijke dynamiek.

Dit betekent dat meer aan de kust pioniersomstandigheden ontstaan terwijl verder van de kust meer successie naar eindstadia plaatsvinden. Dit heeft effecten op de aanwezige natuurwaarden en die zijn in de volgende tekst in meer detail beschreven. Hieronder is per relevant Natura 2000-gebied aangegeven welke veranderingen zijn voorzien en wat dit betekent voor die groep. De morfologische ontwikkelingen zijn gecombineerd met relevante dieptezones om op die manier per Natura 2000-gebied tot een beschrijving van de verandering te komen in de volgende tabel. Beantwoording van de onderzoeksvragen op basis van de informatie in de tabel staat na de tabel.

Scenario 2 en 3 zijn niet separaat uitgewerkt, omdat de effecten grotendeels overeenkomen met de effecten van scenario 1. In paragraaf 7.6 wordt een doorkijk gegeven naar scenario 2 en/of 3 afwijken van de beoordeling van scenario 1, daar waar dat relevant is.

Tabel 26: Scenario 1: beschrijving van de mogelijke veranderingen als gevolg van de ontwikkelingen van de morfologie.

Groep	Relevante zones (m)	Natura 2000-gebied	Beschrijving van de verandering
Permanent overstroomde habitattypen	Dieper dan -10 Tussen -10 en -3 Tussen -3 en -1	Voordelta	In het algemeen neemt tot 2060 het oppervlak aan permanent overstroomde delen af. Alleen de diepste zones nemen in oppervlakte toe. Dit betekent dat het oppervlak van permanent overstroomde habitattypen afneemt binnen de begrenzing van dit Natura 2000-gebied. Dit betekent dat de potentie voor de ontwikkeling van dit habitatype afneemt, maar als naar de totale oppervlakte van het Natura 2000-gebied wordt gekeken, dan is dit een verwaarloosbaar klein.
		Duinen Goeree & Kwade Hoek	In het algemeen neemt tot 2060 het oppervlak aan permanent overstroomde wateren af. Dit gebeurt echter met name binnen het Natura 2000-gebied Voordelta. Binnen Natura 2000-gebied Duinen Goeree & Kwade Hoek schuift de bocht in het Slijkpat met de vaargeul enigszins op naar het oosten waardoor het oppervlak permanent overstroomde wateren binnen de Kwade Hoek minimaal toeneemt. Het effect hiervan is marginaal.
Dagelijks overstroomde habitattypen	Tussen -1 en +1	Voordelta Duinen Goeree & Kwade Hoek	In het algemeen neemt tot 2060 het oppervlak van de zone waarin dagelijkse overstroming plaatsvindt toe. Dit geldt voor beide Natura 2000-gebieden. Dit betekent dat de potentie voor de ontwikkeling van dit habitatype toeneemt.
Periodiek overstroomde habitattypen	H1310A/B & H1320: Tussen +1 en +2 H1330A & H6430B: Tussen +1 en +2 Hoger dan NAP +2	Voordelta	In het algemeen neemt tot 2060 het oppervlak aan periodiek overstroomde delen toe. Vooral bij de Slikken van Voorne en tussen de groene punt en het strand van Rockanje (het huidige Rak van Scheelhoek) neemt dit areaal toe. Dit betekent verhoogde potentie tot ontwikkeling van de habitattypen H1310 A&B, H1320 en H1330A. Gezien de minder dynamische situatie bij de Slikken van Voorne is de potentie voor deze habitattypen hier het grootst. Het deel tussen de groene punt en het strand van Rockanje heeft door de hoge dynamiek en daarmee het zandige karakter weinig potentie voor deze habitattypen. Ook het areaal van de zone hoger dan +2 NAP (H1330A) neemt aanzienlijk toe bij de Slikken van Voorne. Voor alle periodiek overstroomde habitattypen hebben de morfologische veranderingen zodoende in potentie een positief effect.
		Duinen Goeree & Kwade Hoek	Het oppervlak van de zone tussen +1 en +2 en de zone hoger dan NAP +2 neemt tot 2060 enigszins toe rond de Kwade Hoek. Het effect hiervan voor periodiek overstroomde habitattypen is positief maar naar verwachting marginaal.
Duinen	- Tussen -1 en +1 - Tussen +1 en +2 - Boven NAP +2 - Plus: aanlanding van zandplaten voor toekomstige duinontwikkeling	Voordelta Voornes Duin	Als de zandplaat aanlandt, dan vindt aanzanding plaats. Welke effecten dit exact gaat hebben is niet bekend. De volgende aspecten spelen mee: - In principe is aanzanding gunstig voor duinvorming. Aan de noordkant van de Groene Punt is duinvorming in de huidige situatie al zichtbaar. Dit kan door aanzanding en verstuiving verder toenemen, maar deze verandering is niet goed te voorspellen. Ontwikkeling van de nieuwe duinen vinden plaats aan de zeezijde, buiten de begrenzing van het Voornes Duin (binnen de begrenzing van de Voordelta). Bij voldoende aanzanding en toename van de (wind)dynamiek neemt de invloed van zee en zand naar het binnenland naar Voornes Duin ook toe. - Zoals in het punt hiervoor is beschreven kan de omvang van het duingebied toenemen. Op het moment dat de duinenrij in de breedte toeneemt, heeft dat gevolgen voor de aanwezige zoetwaterbel: deze neemt ook toe maar de omvang is afhankelijk van de duinontwikkeling. - Op het moment dat de duinenrij in omvang aanzienlijk toeneemt en de zoetwaterbel ook, dan kan dat gevolgen hebben voor de omgeving. Op het moment dat aan de buitenzijde zoet water uittreedt, dan belemmert dat de verstuiving. Dit remt de duinvorming. Ook aan de binnenzijde van het duin is het mogelijk dat gebieden vernatten door uittredend water, dit

Groep	Relevante zones (m)	Natura 2000-gebied	Beschrijving van de verandering
			kan duinvegetaties aan de binnenzijde beïnvloeden (vernatting/verdrinking). Op voorhand is echter niet aan de geven waar en in welke mate dit gebeurt. Als beschreven hiervoor bestaat de mogelijkheid ter hoogte van de Groene Punt dat het duingebied meer richting de zee verschuift en dat zowel aan de binnenzijde als de buitenzijde vernatting plaats kan vinden door uittredend zoetwater. Voor beide Natura 2000-gebieden zijn de ontwikkelingen naar verwachting positief, maar dit is niet met zekerheid te zeggen.
		Duinen Goeree & Kwade Hoek	Binnen dit Natura 2000-gebied neemt het oppervlak van de relevante zones ter hoogte van de bestaande duinen toe. Hiermee ontstaan potenties voor de ontwikkeling van het duingebied. Dit is positief voor de ontwikkeling van de habitattypen van duingebieden. Daarnaast is in de huidige situatie zichtbaar dat door het ontstaan van een nieuwe duinregel uiteindelijk kan leiden tot het ontstaan van nieuwe, primaire duinvalleien.
Overige habitattypen	Buiten het bereik van morfologische ontwikkelingen, mogelijk wel indirecte veranderingen.	Voornes Duin	Wanneer de zandbank aanlandt ter hoogte van de Groene Punt schuift de zeereep westwaarts. Zoals hierboven genoemd heeft dit een positief effect voor een aantal van de eerste pioniersstadia van het duingebied. Hiermee kan ook een positief effect optreden voor de overige duinhabitattypen (H2180 & H2190) wanneer successie vanuit de pioniersstadia hiervoor ruimte creëert en als aan de binnenzijde zoetwater uittreedt als gevolg van de groeiende zoetwaterbel. Deze ontwikkeling is onzeker en hangt met veel andere factoren als grondwater en dynamiek samen.
		Duinen Goeree & Kwade Hoek	Gezien het positieve effect van de morfologische effecten op habitattypen van duingebieden kan ook in potentie een positief effect optreden voor het habitatype H2190 in Duinen Goeree & Kwade Hoek, in het bijzonder als een primaire duinvallei verder ontwikkelt. Deze ontwikkeling is een reële mogelijkheid op deze locatie.
Habitatrichtlijnsoorten			
Anadrome vissen	Dieper dan -10 Tussen -10 en -3 Tussen -3 en -1	Voordelta	Het oppervlak van het open water neemt af door morfologische ontwikkelingen. Het studiegebied vormt voor een aantal vissen slechts een klein onderdeel van een veel groter leefgebied. Voor deze vissen is het vooral belangrijk dat de zoete wateren bereikt kunnen worden. Er treedt zodoende geen effect op van de marginale afname van het leefgebied. De doorgang richting het Haringvliet blijft aanwezig. De trek richting de rivieren blijft hiermee mogelijk. Dit geldt tevens voor de vissoorten die vanuit het Rijnsysteem naar de Noordzee kunnen trekken sinds de sluizen op een kier zijn gezet. Dit zijn onder andere steur, zalm, forel en paling. Ook voor deze soorten geldt dat de verbinding met de Noordzee intact blijft door de afvoer van rivierwater de zee in. Ook blijft de zoete lokstroom aanwezig wanneer deze vissen de rivier weer optrekken.
Zeehonden	Gewone zeehond: Ligplaatsen, tussen -1 en +1 (als plaat) Gewone en grijze zeehond: Ligplaatsen, tussen +1 en +2 (als plaat) Foerageergebied: Dieper dan -10 Tussen -10 en -3 Tussen -3 en -1	Voordelta	Ligplaatsen: In de komende 40 jaar zullen de platen voor de kust van Voorne aan gaan landen. Op dat moment zijn de platen waarschijnlijk niet meer geschikt voor zeehonden, omdat de verwachting is dat deze dan door recreatie verstoord worden. Mogelijk dat de brede stranden die ontstaan tijdelijk minder toegankelijk zijn of zo breed dat recreatie op delen beperkt blijven, maar de geïsoleerde platen die ontoegankelijk zijn, verdwijnen. Voordat dit gebeurt is er een periode waarin het oppervlak van ligplaatsen voor zeehonden niet wezenlijk verandert. Wanneer de Hinderplaat aanlandt verdwijnt een relatief groot oppervlak aan potentiële ligplaten voor zowel gewone als grijze zeehond. Er ontstaat naar verwachting een kleinere droogvallende plaat ten noorden van de kwade Hoek maar deze is kleiner en minder geschikt voor grijze zeehonden omdat deze tijdens hoogwater overstroomt. Voor de zandhaak die ontstaat aan de zuidkant van

Groep	Relevante zones (m)	Natura 2000-gebied	Beschrijving van de verandering
			Maasvlakte geldt ook dat deze verstoord wordt door recreatie en daarom niet geschikt is voor zeehonden. - Effecten ligplaatsen gewone zeehond: Als gevolg van de afname van geschikte (onverstoorde) ligplaatsen voor de gewone zeehond (zowel jong als volwassen) neemt de potentie van de Haringvlietmonding als ligplaats op de lange termijn (~40 jaar) mogelijk af. Als de rust op de aangelande Hinderplaat gegarandeerd kan worden in de verharings- en zoogperiode, treden echter geen negatieve effecten op. Wanneer de rust op de aangelande Hinderplaat niet gewaarborgd wordt, is geen uitspraak te doen over het effect op de draagkracht van de Voordelta voor de gewone zeehond. Ook in overige delen van de Voordelta treden veranderingen op in oppervlak van de droogvallende platen. Mogelijk zijn er voldoende alternatieve ligplaatsen in het gebied. Veranderingen buiten het effectgebied vallen echter buiten de scope van het huidige onderzoek, waardoor niet met zekerheid een uitspraak te doen is over het effect binnen het studiegebied. - Effecten ligplaatsen grijze zeehond: Aangezien de Haringvlietmonding in de huidige situatie al geen belangrijke ligplaats is voor grijze zeehonden is de verwachting dat de potentie van de Haringvlietmonding als ligplaats in de Voordelta ook niet wezenlijk afneemt op de lange termijn. Los daarvan profiteren grijze zeehonden naar verwachting van de aangelande Hinderplaat als rust wordt gegarandeerd in de zoogperiode. Wel is hierbij belangrijk dat de zoogperiode van de grijze zeehond en gewone zeehond niet overlappen (zie paragraaf 7.3). - Effecten foerageergebied: Het oppervlak open water in de Voordelta neemt af door de morfologische ontwikkelingen. Gezien het grote gebied waarin zeehonden foerageren (tot soms honderden kilometers uit de kust) is het effect hiervan marginaal.
		Duinen Goeree & Kwade Hoek	Het oppervlak van de zone tussen -1 en +1 en de zone tussen +1 en +2 in de Kwade Hoek neemt toe tot 2060. In tijden dat dit deel van het strand afgesloten is voor recreanten is dit een geschikte ligplaats voor zeehonden. Aangezien op dit strand weinig zeehonden worden waargenomen is dit effect naar verwachting echter marginaal. Mogelijk kan dit veranderen wanneer meer geschikte ligplaatsen in de omgeving verdwijnen.
Overige zeezoogdieren	Dieper dan -10 Tussen -10 en -3	Voordelta	Het oppervlak van de zone tussen -3 en -10 en de zone dieper dan -10 NAP neemt af. Daarnaast verdwijnt het huidige Rak van Scheelhoek dat in de huidige situatie geschikt leefgebied vormt voor de bruinvis. In verhouding tot het volledige oppervlak van de Voordelta neemt het leefgebied van de bruinvis niet wezenlijk af waardoor er geen effecten op deze soort zullen optreden.
Overige Habitatrichtlijnsoorten	Buiten het bereik van morfologische ontwikkelingen, mogelijk wel indirecte veranderingen.	Voornes Duin	Wanneer als gevolg van de morfologische veranderingen een indirect positief effect optreedt voor vochtige duinvalleien (H2190) kunnen de habitatrichtlijnsoorten nauwe korfslak, groenknolorchis en noordse woelmuis hiervan profiteren. Deze ontwikkeling van H2190 is onzeker en hangt met veel andere factoren als grondwater en dynamiek samen. Hierdoor is de potentie ook voor de genoemde habitatrichtlijnsoorten neutraal.
		Duinen Goeree & Kwade Hoek	Ook voor de Duinen van Goeree & Kwade Hoek kunnen noordse woelmuis en nauwe korfslak in potentie profiteren van een uitbreiding van het habitattypen H2190. Echter gezien de onzekerheid van de ontwikkeling wordt ook hier de potentie als neutraal beoordeeld. Verder is het wel mogelijk dat door ontwikkeling van duinvalleien nieuwe groeiplaatsen voor de groenknolorchis ontstaan. Deze soort kwalificeert (nog) niet voor dit Natura 2000-gebied.

Groep	Relevante zones (m)	Natura 2000-gebied	Beschrijving van de verandering
Broedvogels van oevers en moerassen	Geoorde fuut: Buiten het bereik van morfologische ontwikkelingen, mogelijk wel indirecte veranderingen.	Voornes Duin	Voor de geoorde fuut geldt dat zowel het broedgebied als het foerageergebied tijdens het broedseizoen niet worden beïnvloed door de morfologische veranderingen. De geoorde fuut ondervindt geen (indirecte) effecten van de morfologische veranderingen.
Broedvogel van bomen en struweel	Aalscholver: Tussen -1 en -3 Tussen -3 en -10 Lepelaar en kleine zilverreiger: Tussen -1 en +1	Voornes Duin	- Broedlocaties: Het broedgebied van deze vogels wordt niet aangetast door de morfologische veranderingen in het studiegebied. - Foerageergebied: De zone tussen -3 en -10 en de zone dieper dan -10 die relevant zijn als foerageergebied voor de aalscholver nemen in oppervlakte af. Dit effect op de voedselvoorraad is gezien het grote foerageergebied van de aalscholver echter marginaal. De zone in de Voordelta tussen -1 en +1 die relevant is als foerageergebied voor lepelaar en kleine zilverreiger tijdens het broedseizoen en als rustgebied voor de aalscholver neemt in oppervlakte toe.
Broedvogels van kale grond	Broedlocaties: Tussen +1 en +2 Boven NAP +2 Foerageergebied: Dieper dan -10 Tussen -10 en -3 Tussen -3 en -1 Tussen -1 en +1	Duinen Goeree & Kwade Hoek	- Broedlocaties: Aangezien een positief effect optreedt van de morfologische veranderingen in het duingebied kunnen ook de broedmogelijkheden van strandplevieren toenemen (+)¹. - Foerageergebied: in het algemeen neemt het oppervlak van de zone tussen -1 en +1 tot 2060 toe. Hiermee wordt het foerageergebied voor strandplevier in het studiegebied vergroot. Met name de Slikken van Voorne vormen geschikt leefgebied. Dit geldt in mindere mate voor zandplaten voor kust van Rockanje, omdat hier sprake is van recreatie en periodieke verzoeting door uitlaat vanuit het Haringvliet.
Niet-broedvogels: viseters en duikende vogels	Tussen -10 en -3 Tussen -3 en -1	Voordelta	Foerageergebied: In het algemeen neemt tot 2060 het oppervlak aan permanent overstroomde wateren af. Alleen de diepste zones nemen in oppervlakte toe. Dit leidt niet tot een wezenlijke afname van de foerageergebieden: het studiegebied is slechts een deel van de grotere foerageergebieden waar soorten voorkomen.
		Duinen Goeree & Kwade Hoek	Foerageergebied: In het algemeen neemt tot 2060 het oppervlak aan permanent overstroomde wateren af. Alleen de diepste zones nemen in oppervlakte toe. Dit leidt niet tot een wezenlijke afname van de foerageergebieden: het studiegebied is slechts een deel van de grotere foerageergebieden waar soorten voorkomen.
Niet-broedvogels: waadvogels	Tussen -1 en +1	Voordelta	Foerageergebied: in het algemeen neemt het oppervlak van de zone tussen -1 en +1 tot 2060 toe. Hiermee wordt het foerageergebied voor waadvogels in het studiegebied vergroot.
		Duinen Goeree & Kwade Hoek	Foerageergebied: in het algemeen neemt het oppervlak van de zone tussen -1 en +1 tot 2060 toe. Hiermee wordt het foerageergebied voor waadvogels in het studiegebied vergroot.
Niet-broedvogels: watervogels (planteters en alleseters)	Rustgebied: Dieper dan -10 Tussen -10 en -3	Voordelta	In het algemeen neemt tot 2060 het oppervlak aan permanent overstroomde wateren af. Alleen de diepste zones nemen in oppervlakte toe. Netto vindt er geen wezenlijk verandering plaats in geschikt rustgebied voor watervogels (planteters en alleseters).

¹ Mogelijk kan ook geschikt broedgebied ontstaan in de Voordelta voor de strandplevier, alleen kwalificeert de strandplevier niet voor het Natura 2000-gebied Voordelta. Hierbij gaat het echter alleen om delen waar recreatie beperkt of zelfs afwezig is.

Groep	Relevante zones (m)	Natura 2000-gebied	Beschrijving van de verandering
	Tussen -3 en -1	Duinen Goeree & Kwade Hoek	In het algemeen neemt tot 2060 het oppervlak aan permanent overstroomde wateren af. Alleen de diepste zones nemen in oppervlakte toe. Netto vindt er geen wezenlijk verandering plaats in geschikt rustgebied voor watervogels (planteters en alleseters).
		Haringvliet	De open wateren in het Haringvliet veranderen niet door de morfologische ontwikkelingen in het Haringvliet. Effecten op rustplaatsen van watervogels (planteters en alleseters) zijn uitgesloten.
Niet-broedvogels: vogels van zandplaten en slikken (waaronder steltlopers)	Foerageergebied: Tussen -1 en +1 Hoogwatervluchtplaats: Tussen +1 en +2 Boven NAP +2	Voordelta	Foerageergebied: in het algemeen neemt het oppervlak van de zone tussen -1 en +1 tot 2060 toe. Hiermee wordt het foerageergebied voor vogels van zandplaten en slikken in het studiegebied vergroot. Met name de Slikken van Voorne vormen geschikt leefgebied. Dit geldt in mindere mate voor zandplaten voor kust van Rockanje, omdat hier sprake is van recreatie en periodieke verzoeting door uitlaat vanuit het Haringvliet.
		Duinen Goeree & Kwade Hoek	Foerageergebied: in het algemeen neemt het oppervlak van de zone tussen -1 en +1 tot 2060 toe. Hiermee wordt het foerageergebied voor vogels van zandplaten en slikken in het studiegebied vergroot.
Niet-broedvogels: benthoseters	Topper, eider, zwarte zee-eend, brilduiker; foerageergebied: Dieper dan -10 Tussen -10 en -3 Tussen -3 en -1 Meerkoet en kuifeend: Buiten het bereik van morfologische ontwikkelingen, mogelijk wel indirecte veranderingen.	Voordelta	Foerageergebied: In het algemeen neemt tot 2060 het oppervlak aan permanent overstroomde wateren af. Alleen de diepste zones nemen in oppervlakte toe. Voor de topper, eider, zwarte zee-eend en brilduiker wordt het geschikte foerageergebied daarmee kleiner. Verder kan door periodieke verzoeting het bodemleven nabij de haringvlietdam afsterven. Voorgaande betreft geen wezenlijke afname: het studiegebied is slechts een deel van de grotere foerageergebieden waar soorten voorkomen.
Niet-broedvogels: grondelende eenden	Foerageergebied: Tussen -1 en +1 Rustgebied: Dieper dan -10 Tussen -10 en -3 Tussen -3 en -1	Voordelta	- Rustgebieden: In het algemeen neemt tot 2060 het oppervlak aan permanent overstroomde wateren af. Alleen de diepste zones nemen in oppervlakte toe. Netto vindt er geen wezenlijk verandering plaats in geschikt rustgebied voor wintertaling en slobbeend. - Foerageergebied: in het algemeen neemt het oppervlak van de zone tussen -1 en +1 tot 2060 toe. Hiermee wordt het foerageergebied voor grondelende eenden vergroot.
		Duinen Goeree & Kwade Hoek	Foerageergebied: het oppervlak van de zone tussen -1 en +1 neemt tot 2060 enigszins toe bij de Kwade Hoek. Mogelijk heeft dit een licht positief effect voor wintertaling en slobbeend. Dit effect is naar verwachting marginaal.
Niet-broedvogels: vogels die vooral aan het oppervlak van het water foerageren	Foerageergebied: Tussen -1 en +1 (wanneer onderwater) Tussen -1 en -3 Tussen -3 en -10 Dieper dan NAP -10 Rustgebied: Tussen -1 en +1	Voordelta	Foerageergebied: In het algemeen neemt tot 2060 het oppervlak aan permanent overstroomde wateren af. Alleen de diepste zones nemen in oppervlakte toe. Dit leidt niet tot een wezenlijke afname van de foerageergebieden van dwergmeeuw, visdief en grote stern: het studiegebied is slechts een deel van het grotere gebied waar deze soorten foerageren. Rustgebied: De compensatieopgave van de tweede Maasvlakte bestond uit het instellen van rustgebieden voor grote stern en visdief op de droogvallende platen, halverwege de vliegroue tussen foerageergebieden en broedlocaties. Dit waren voor de grote stern de Hinderplaat en de Bollen van de Ooster en voor de visdief was dit enkel de Hinderplaat. In de komende 40 jaar zal de Hinderplaat aan gaan landen. Voordat de platen over ~40 jaar aanlanden is er een periode waarin het oppervlak van de platen, en dus van de rustgebieden voor grote stern en visdief, niet wezenlijk verandert.

Groep	Relevante zones (m)	Natura 2000-gebied	Beschrijving van de verandering
			Na ongeveer 40 jaar zal de Hinderplaat in de hoedanigheid zoals deze is aangewezen als rustgebied dus niet langer bestaan. De aangelande platen zijn minder geschikt als rustgebied voor grote stern en visdief, omdat de verwachting is dat deze door recreatie vanaf het land verstoord zullen worden. Voor de zandhaak die ontstaat aan de zuidkant van Maasvlakte geldt ook dat deze verstoord wordt door recreatie en daarom minder geschikt is als rustplaats voor grote stern en visdief. Er ontstaat naar verwachting een kleinere droogvallende plaat ten noorden van de kwade Hoek maar deze is een stuk kleiner en compenseert daarmee niet het verdwijnen van de Hinderplaat. Wanneer de aangewezen rustgebieden verdwijnen als gevolg van de morfologische ontwikkelingen kan dit er mogelijk voor zorgen dat de verder gelegen foerageergebieden, die door de rusteilanden bereikbaar zijn geworden, niet meer bereikt kunnen worden door de grote sterns en visdief. Hiermee neemt de potentie van het gebied af voor deze soorten. Daarnaast wordt niet langer voldaan aan de compensatieopgave. Zie ook de toelichting in Tabel 25 met betrekking tot niet broedvogels: vogels die vooral aan het oppervlak van het water foerageren, zoals de grote stern in de Voordelta. Of een negatief effect op sterns en visdief in de Natura 2000-gebieden optreedt bij het wegvallen van de rustgebieden is niet zeker. Uit de monitoring van de rustgebieden kan, mede dankzij de grote jaar-op-jaar variatie in koloniekeuze van grote stern en variatie in gebruikte rustgebieden door visdief, niet worden afgeleid of de ingestelde rustgebieden onvervangbare functie hebben voor voorgenoemde soorten (Prins et al., 2020). De gebieden worden wel gebruikt maar ook wanneer zij nauwelijks worden gebruikt door visdief en stern blijft het broedsucces vergelijkbaar. Wel wordt uit de monitoring duidelijk dat geen aantoonbare negatieve effecten zijn opgetreden op aantallen visdief en stern in het gebied. In zijn algemeenheid kan worden gesteld dat wanneer de rust op de aangelande Hinderplaat gegarandeerd kan worden in het broedseizoen van de stern en visdief deze vogels kunnen rusten op het nieuw ontstane droogvallende gebied aan de kust van Voorne. In dit geval zal naar verwachting de potentie van het studiegebied als rustgebied voor grote stern en visdief niet afnemen.
		Duinen Goeree en Kwade Hoek	Het oppervlak van de zone tussen -1 en +1 en de zone tussen +1 en +2 in de Kwade Hoek neemt toe tot 2060. In het broedseizoen, wanneer dit deel van het strand afgesloten is voor recreanten, is dit mogelijk een geschikte rustplaats voor grote stern en visdief. Ook in de huidige situatie wordt het gebied hiervoor gebruikt (Prins et al., 2020). Mogelijk wordt dit gebied waardevoller als rustgebied wanneer andere plekken in de vorm van platen uit de omgeving verdwijnen.

Vraag 1 - Ecologie

Welke gevolgen heeft de autonome morfologische ontwikkeling voor Voordelta (boven- en onderwater), Slikken van Voorne, Voornes Duin en Kwade Hoek? Gevolgen moeten gerelateerd worden aan natuurtypen, soorten en bijhorende natuurdoelen zoals beschreven in het Natura2000 aanwijzingsbesluit, zodat per type of soort een beeld ontstaat of de effecten groot of klein zijn. Ontwikkelingen moeten in beeld worden gebracht tot 40 jaar in de toekomst, met tijdvakken van bijvoorbeeld 10 jaar (In 2025, 2030, 2040, 2050 en 2060).

Antwoord 1

Het antwoord op bovenstaande vraag hangt samen met de detaillering van het morfologisch onderzoek. In grote lijnen is in Tabel 26 beschreven welke ontwikkelingen zijn voorzien tot 2060. Deze beschrijving is gecombineerd met de uitgangspunten in Tabel 19 om aan te geven wanneer ontwikkelingen ongeveer in gaan zetten (rond 2025, 2030 of 2060).

In Tabel 27 is aangegeven wanneer de ontwikkelingen ongeveer voorzien zijn (als ontwikkelingen voorzien zijn). Uit de tabel volgt dat voor veel natuurwaarden sprake is van een geleidelijk positief effect. Voor habitattypen van duinen treden de positieve effecten voornamelijk op wanneer de zandplaten aanlanden. Uitzondering zijn de effecten op zeehonden. Voor de zeehonden geldt dat op het moment dan zandplaten aanlanden, de rustplaatsen verdwijnen, vooral voor de gewone zeehond, waarvoor het gebied relatief van grotere waarde is dan voor de grijze zeehond, is dit effect uitgesproken. Deze ontwikkelingen vinden op langere termijn plaats.

Tabel 27: Overzicht van de relevante natuurwaarden voor relevante Natura 2000-gebieden en de verwachte ontwikkeling in tijd voor scenario's 1, 2 en 3. Voor Natura 2000-gebieden: V = Voordelta, VD = Voornes Duin, DG = Duinen Goeree en Kwade Hoek. Symbolen: >: toename van potentie in oppervlakte en/of kwaliteit, <: afname van potentie in oppervlakte en/of kwaliteit, 0 = potentie is vergelijkbaar met huidige situatie; ?: het effect van de ontwikkeling is niet bekend, want kan afhankelijk van verschillende factoren nog anders uitpakken. De cijfers 1, 2 en 3 refereren naar de scenario's. Staat van Instandhouding (Svl).

Groep	Kwalificerende natuurwaarde	Voordelta	Voornes Duin	Duinen Goeree & Kwade Hoek					
					2025	2030	2060	Opmerkingen	Is dit gezien de Svl een gunstige ontwikkeling?
Permanent overstromde habitattypen	H1110A - Permanent overstromde zandbanken getijdengebied	X			1, 2, 3: V: < DG: <	1, 2, 3: V: < DG: <	1, 2, 3: V: < DG: <	Scenario's hebben vergelijkbare ontwikkeling.	Landelijke staat van instandhouding is "matig ongunstig". Vanuit dit oogpunt is de ontwikkeling niet gunstig. Het gaat hier echter wel om een beperkte afname gezien de totale oppervlakte aan zee, die bovendien het gevolg is van natuurlijke ontwikkelingen. Het is nog niet voorzien om maatregelen te nemen.
	H1110B - Permanent overstromde zandbanken Noordzee-kustzone	X		X					
Dagelijks overstromde habitattypen	H1140A - Slik- en zandplaten getijdengebied	X		X	1, 2, 3: V: > DG: >	1, 2, 3: V: > DG: >	1, 2, 3: V: > DG: >	Scenario's hebben vergelijkbare ontwikkeling.	Landelijke staat van instandhouding is vooral "matig ongunstig". Vanuit dit oogpunt is de ontwikkeling gunstig.
	H1140B - Slik- en zandplaten	X		X					

Groep	Kwalificerende natuurwaarde	Voordelta	Voornes Duin	Duinen Goeree & Kwade Hoek	2025	2030	2060	Opmerkingen	Is dit gezien de Svl een gunstige ontwikkeling?
	H1310A - Zilte pionierbegroeiingen zeekraal	X		X					
Periodiek overstroomde habitattypen	H1310B - Zilte pionierbegroeiingen zeevetmuur	X		X	1, 2, 3: V: > DG: >	1, 2, 3: V: > DG: >	1, 2, 3: V: > DG: >	Scenario's hebben vergelijkbare ontwikkeling.	Landelijke staat van instandhouding is vooral "matig ongunstig". Vanuit dit oogpunt is de ontwikkeling gunstig.
	H1320 – Schorren met slijkgrasvegetaties	X							
	H1330A - Schorren en zilte graslanden buitendijks	X		X					
Duinen	H2110 - Embryonale duinen	X		X	1, 2, 3: V: >? VD: >?	1, 2, 3: V: >? VD: >?	1, 2, 3: V: >? VD: >?	In scenario 2 is enerzijds sprake van zandaanvoer door erosie van de Groene Punt, anderzijds is mogelijk sprake van een binnenwaartse versterking die ten koste zal gaan van aanwezige natuurwaarden. Deze is naar verwachting wat minder positief dan de andere scenario's voor Voornes Duin.	Landelijke staat van instandhouding is vooral "zeer ongunstig". Mogelijk zijn de ontwikkelingen gunstig, maar dit is niet met zekerheid te zeggen. Dit is namelijk afhankelijk van de mate van verstuing en uitbreiding van de zoetwaterbel. Een binnenwaartse versterking (scenario 2) gaat ten koste van aanwezige natuurwaarden en is dus onwenselijk gezien vanuit het oogpunt van natuur.
	H2120 - Witte duinen	X	X	X	VD: >?	VD: >?	VD: >?		
	H2130A - Grijze duinen kalkrijk		X	X	DG: >	DG: >	DG: >		
	H2130B - Grijze duinen kalkarm		X	X					
	H2130C - Grijze duinen heischraal		X	X					
	H2160 - Duindoornstruwelen		X	X					
Overige habitattypen	H2170 - Kruipwilgstruwelen		X	X	1, 2, 3: VD: 0 DG: 0	1, 3: VD: 0 DG: 0	1, 3: VD: 0 DG: 0	In scenario 2 is mogelijk sprake van een binnenwaartse versterking die ten koste zal gaan van	Landelijke staat van instandhouding is vooral "matig ongunstig". De morfologische veranderingen hebben beperkt gevolgen voor deze habitattypen. Een binnenwaartse versterking (scenario 2) gaat ten koste van aanwezige natuurwaarden en is dus onwenselijk gezien vanuit het oogpunt van natuur.
	H2180A - Duinbossen droog		X						
	H2180B - Duinbossen vochtig		X			2: VD: <? DG: 0	2: VD: <? DG: 0		
	H2180C - Duinbossen binnenduinrand		X	X					

Groep	Kwalificerende natuurwaarde	Voordelta	Voornes Duin	Duinen Goeree & Kwade Hoek	2025	2030	2060	Opmerkingen	Is dit gezien de Svl een gunstige ontwikkeling?
	H6430B - Ruigten en zomen harig wilgenroosje		X	X				aanwezige natuurwaarden.	Landelijke staat van instandhouding is “matig ongunstig”. De ontwikkeling van duinvalleien in Duinen Goeree en Kwade Hoek is wenselijk vanuit dit oogpunt.
	H6430C - Ruigten en zomen droge bosranden			X					
	H7210 - Galigaanmoerassen		X						
	H2190A - Vochtige duinvalleien open water		X	X	1, 2, 3: VD: 0 DG: >?	1, 2, 3: VD: 0 DG: >?	1, 2, 3: VD: 0 DG: >?	Scenario's hebben vergelijkbare ontwikkeling.	
	H2190B - Vochtige duinvalleien kalkrijk		X	X					
	H2190C - Vochtige duinvalleien ontkalkt		X	X					
	H2190D - Vochtige duinvalleien hoge moerasplanten		X	X					
Anadrome vissen	H1095 - Zeeprrik	X			1, 2, 3: V: 0	1, 2, 3: V: 0	1, 2, 3: V: 0	Scenario's hebben vergelijkbare ontwikkeling.	Niet relevant, want als gevolg van de ontwikkeling is geen verandering voorzien.
	H1099 - Rivierprrik	X							
	H1102 - Elft	X							
	H1103 - Fint	X							
Zeehonden	H1364 - Grijze zeehond	X		X	1, 2, 3: V: 0 DG: 0	1, 2, 3: V: 0 DG: 0	1, 2, 3: V: 0 DG: 0	Scenario 1 en 3 hebben een vergelijkbare ontwikkeling. In scenario 2 blijft de losliggende droogvallende plaat bestaan.	Ondanks de positieve ontwikkeling in aantallen is de SVI voor grijze zeehond matig ongunstig. Binnen het effectgebied zijn geen belangrijke ligplaatsen gelegen. Het is niet noodzakelijk om maatregelen te nemen.
	H1365 - Gewone zeehond	X		X	1, 2, 3: V: 0 DG: 0	1, 2, 3: V: 0 DG: 0	1, 3: V: < (?) 2: V: 0 DG: 0	Scenario 1 en 3 hebben een vergelijkbare ontwikkeling. In scenario 2 blijft de losliggende droogvallende plaat bestaan en treedt geen negatief effect op voor gewone zeehonden.	Ondanks de positieve ontwikkeling in aantallen is de SVI voor gewone zeehond matig ongunstig. Wanneer losliggende droogvallende platen uit het effectgebied verdwijnen in scenario 1 en 3 nemen geschikte ligplaatsen voor gewone zeehonden mogelijk af, dit is echter nog niet duidelijk omdat er in de omgeving mogelijk ook andere ligplaatsen aanwezig zijn of zich ontwikkelen. Als er geen alternatieven zijn, dan is onwenselijk gezien de svi. Wanneer de rust op de aangelande Hinderplaat kan worden gewaarborgd, of de zeehonden zonder problemen op rustplaatsen

Groep	Kwalificerende natuurwaarde	Voordelta	Voornes Duin	Duinen Goeree & Kwade Hoek	2025	2030	2060	Opmerkingen	Is dit gezien de Svl een gunstige ontwikkeling?
									elders in de Voordelta terecht kunnen, hoeven geen maatregelen genomen om de doelstellingen te halen. In scenario 2 is het niet nodig om maatregelen te nemen.
Overige zeezoogdieren	H1351 - Bruinvis	X			1, 2, 3: V: 0	1, 2, 3: V: 0	1, 2, 3: V: 0	Scenario's hebben vergelijkbare ontwikkeling.	Niet relevant, want als gevolg van de ontwikkeling is geen verandering voorzien.
Overige Habitatrichtlijnsoorten	H1014 - Nauwe korfslak		X	X	1, 2, 3: VD: 0 DG: 0	1, 2, 3: VD: 0 DG: 0	1, 2, 3: VD: 0 DG: 0	Scenario's hebben vergelijkbare ontwikkeling.	Niet relevant, want als gevolg van de ontwikkeling is geen verandering voorzien.
	H1340 - Noordse woelmuis		X	X					
	H1903 - Groenknolorchis		X		1, 2, 3: VD: 0 (DG: >?)	1, 2, 3: VD: 0 (DG: >?)	1, 2, 3: VD: 0 (DG: >?)		Primaire duinvalleien vormen geschikte groeiplaatsen voor groenknolorchissen. Daar waar de soort zich op termijn vestigt kan het nodig zijn om groeiplaatsen te beschermen, zeker gezien de zeer ongunstige svi.
Broedvogels van oevers en moerassen	A008 - Geoorde fuut		X		1, 2, 3: VD: 0	1, 2, 3: VD: 0	1, 2, 3: VD: 0	Scenario's hebben vergelijkbare ontwikkeling.	Niet relevant, want als gevolg van de ontwikkeling is geen verandering voorzien.
Broedvogels van bomen en struweel	A017 - Aalscholver		X		1, 2, 3: VD: >	1, 2, 3: VD: >	1, 2, 3: VD: >	Scenario's hebben vergelijkbare ontwikkeling.	Voor alle drie de vogels is de landelijke staat van instandhouding gunstig. Vanuit dit oogpunt is de ontwikkeling gunstig.
	A026 - Kleine zilverreiger		X						
	A034 - Lepelaar		X						
Broedvogels van kale grond	A138 - Strandplevier			X	1, 2, 3: DG: >	1, 2, 3: DG: >	1, 2, 3: DG: >	Scenario's hebben vergelijkbare ontwikkeling.	De landelijke staat van instandhouding van deze soort is zeer ongunstig. Een positieve potentie ontwikkeling voor zowel broedlocaties als foerageergebied is vanuit dit oogpunt dus zeer wenselijk.
Niet-broedvogels: viseters en duikende vogels	A001 - Roodkeelduiker	X			1, 2, 3: V: 0	1, 2, 3: V: 0	1, 2, 3: V: 0	Scenario's hebben vergelijkbare ontwikkeling.	Niet relevant, want als gevolg van de ontwikkeling is geen verandering voorzien.
	A005 - Fuut	X		X					
	A007 - Kuifduiker	X			DG: 0	DG: 0	DG: 0		
	A017 - Aalscholver	X		X					
	A069 - Middelste zaagbek	X							
Niet-broedvogels: waadvogels	A034 - Lepelaar	X		X	1, 2, 3: V: > DG: >	1, 2, 3: V: > DG: >	1, 2, 3: V: > DG: >	Scenario's hebben vergelijkbare ontwikkeling.	De staat van instandhouding voor deze soort is gunstig. Vanuit dit oogpunt is een toename aan foerageergebied een gunstige ontwikkeling.
Niet-broedvogels: watervogels	A043 - Grauwe gans	X		X	1, 2, 3: V: 0	1, 2, 3: V: 0	1, 2, 3: V: 0	Scenario's hebben	Niet relevant, want als gevolg van de ontwikkeling is geen verandering voorzien.
	A045 - Brandgans			X					

Groep	Kwalificerende natuurwaarde	Voordelta	Voornes Duin	Duinen Goeree & Kwade Hoek					
					2025	2030	2060	Opmerkingen	Is dit gezien de Svl een gunstige ontwikkeling?
(planteters en alleseters)	A050 - Smient	X			DG: 0	DG: 0	DG: 0	vergelijkbare ontwikkeling.	
	A051 - Krakeend	X							
Niet-broedvogels: vogels van zandplaten en slikken (waaronder steltlopers)	A048 - Bergeend	X		X	1, 2, 3:	1, 2, 3:	1, 2, 3:	Scenario's hebben vergelijkbare ontwikkeling.	De landelijke staat van instandhouding voor deze groep varieert van zeer ongunstig tot gunstig. Vooral voor de soorten met een zeer ongunstige of matig ongunstige svi (pijlstaart, scholekster, kluut, drieteenstrandloper, tureluur en steenloper) is de positieve ontwikkeling in foerageergebied een gunstige ontwikkeling.
	A054 - Pijlstaart	X		X	V: >	V: >	V: >		
	A130 - Scholekster	X		X	DG: >	DG: >	DG: >		
	A132 - Kluut	X		X					
	A137 - Bontbekplevier	X		X					
	A141 - Zilverplevier	X		X					
	A144 - Drieteenstrandloper	X		X					
	A149 - Bonte strandloper	X		X					
	A157 - Rosse grutto	X		X					
	A160 - Wulp	X		X					
Niet-broedvogels: benthoeters	A162 - Tureluur	X		X				Scenario's hebben vergelijkbare ontwikkeling.	Niet relevant, want als gevolg van de ontwikkeling is geen verandering voorzien.
	A169 - Steenloper	X							
	A062 - Toppereend	X			1, 2, 3: V: 0	1, 2, 3: V: 0	1, 2, 3: V: 0		
	A063 - Eider	X							
Niet-broedvogels: grondelende eenden	A065 - Zwarte zee-eend	X						Scenario's hebben vergelijkbare ontwikkeling.	De svi voor wintertaling is matig ongunstig, die van de slobbeend gunstig. Vanuit dit oogpunt is de ontwikkeling gunstig.
	A067 - Brilduiker	X							
	A052 - Wintertaling	X		X	1, 2, 3: V: > DG: 0	1, 2, 3: V: > DG: 0	1, 2, 3: V: > DG: 0		
Niet-broedvogels: vogels die vooral aan het oppervlak van het water foerageren	A056 - Slobbeend	X		X				Scenario's hebben vergelijkbare ontwikkeling.	Niet relevant, want als gevolg van de ontwikkeling is geen verandering voorzien.
	A177 - Dwergmeeuw	X			1, 2, 3: V: 0	1, 2, 3: V: 0	1, 2, 3: V: 0		
	A191 - Grote stern	X			1, 2, 3: V: 0	1, 2, 3: V: 0	1, 3: V: <		
	A193 - Visdief	X			(DG: ->)	(DG: >)	(DG: >) 2: V: 0 (DG: >)		

Vraag 2 - Ecologie

Welke (nieuwe) natuurwaarden en natuurtypen ontstaan als gevolg van de autonome morfologische ontwikkeling, en wanneer ontstaan deze?

Antwoord 2

De geomorfologische ontwikkelingen leiden niet tot het ontstaan van nieuwe natuurwaarden. Wel breiden bestaande habitattypen en leefgebieden (voornamelijk van zandplaten) zich uit ten koste van andere bestaande habitattypen en leefgebieden (van het open water). Het antwoord op vraag 1 geeft hier inzicht in.

Nieuw is dat op het moment dat zandplaten aanlanden ter hoogte van de Groene Punt de mogelijkheid voor een natuurlijk dynamisch systeem ontstaat, wat gunstig kan zijn voor de ontwikkeling van nieuwe en bestaande duinen, maar wat ook voor vernatting aan de binnen- en buitenzijde van de duinen kan leiden. Wanneer dit systeem ontstaat hangt af van wanneer en of de zandplaten aanlanden. Voor het verwachte scenario (scenario 1) zal dit binnen tien jaar (2030) plaats vinden, zoals aangegeven in Tabel 19. Na de aanlanding vinden de ontwikkelingen tot een dynamisch systeem vermoedelijk op de langere termijn plaats.

Als de morfologische ontwikkeling zich voortzet zoals verwacht zullen de huidige zandplaten verdwijnen en daarmee ook de ligplaatsen voor zeehonden en rustplaatsen voor vogels. Dit vindt vermoedelijk plaats op de langere termijn als de zandplaten aanlanden.

Vraag 3 - Ecologie

a. Leidt de autonome morfologische ontwikkeling tot een **andere of grotere beheerinspanning** voor de bestaande natuur (denk bijvoorbeeld aan het streven om bestaande duinen open te houden en dichtgroeien te voorkomen)? b. En hoe groot is deze extra inspanning (in m2, % of kosten)? c. En als er nieuwe natuur ontstaat: welke beheerinspanning (in m2, % of kosten) is daarmee gemoeid?

Antwoord 3

a. In het beheer van Natura 2000-gebieden staan doelstellingen centraal (zie ook antwoord op de volgende vraag). In hoeverre sprake is van een beheerinspanning is afhankelijk van de uiteindelijke doelen van de Natura 2000-gebieden en of aanvullend doelen voor bijvoorbeeld de Voordelta worden gesteld, omdat de natuurwaarden van Voornes Duin en Duinen Goeree & Kwade Hoek dit gebied in "groeien".

Zodra het Hinderplaatcomplex vastgroeit aan de kust van Voorne zal de locatie van de branding nog verder af komen te liggen van de huidige duinen. Daar is op dit moment al weinig dynamiek wat dus als gevolg van de grootschalige morfologische veranderingen niet anders wordt. Daar staat tegenover dat primaire duinen die zich mogelijk op de strandvlakte ontwikkelen wel te maken krijgen met salt spray. Meer achtergrond over salt spray staat in paragraaf 3.3.2.

Als na verloop van tijd (vele jaren) het zand van de de aangelande Hinderplaat door golven en getij langs de kust van Voorne wordt verdeeld, dan wordt de afstand van de huidige Groene Punt tot de brandingszone weer wat kleiner. Tegen die tijd zal er dan weer wat meer zoutspray tot in de huidige duinen kunnen komen. Na aanlanding van de zandplaat is sprake van aanvoer van zand dat richting het binnenland geblazen kan worden. Dit is positief voor de ontwikkeling van witte duinen en houdt mogelijk de groei van duindoornstruwelen tegen aan de buitenzijde van de zeereep. Dit leidt vermoedelijk niet tot een wezenlijke wijziging van de beheerinspanning. Meer landinwaarts zal de beheerinspanning ook niet wezenlijk veranderen. Nu is er ook weinig tot geen invloed van wind en zout en dat zal niet veranderen. Wel kunnen de huidige witte duinen op de Groene Punt op termijn doorontwikkelen naar grijze duinen, maar als de winddynamiek op de Punt toeneemt en er doorstuiving naar de nieuwe grijze duinen mogelijk blijft, leidt dit niet tot extra beheerinspanningen.

Door uitbreiding van de slikken en schorren zal er ter plaatse een grotere beheerinspanning ontstaan. De schorren worden nu begraaasd en dat zal mogelijk in de toekomst iets uitgebreid moeten worden.

Voor Duinen Goeree en Kwade Hoek is het mogelijk dat een nieuwe primaire duinvallei ontstaat. Het in stand houden van een dergelijk habitatype heeft doorgaans een grotere beheerinspanning dan bijvoorbeeld een duin.

b. Op de korte termijn zijn kosten beperkt en gaat het om aankoop en onderhoud van extra begrazers. Dit is niet uit te drukken in m², percentages of kosten. Bovendien is de daadwerkelijke beheerinspanning ook afhankelijk van de doelstellingen die voor de Natura 2000-gebieden worden gesteld.

c. Het ontstaan van nieuwe natuur is niet voorzien. Het is wel mogelijk dat kwalificerende natuurwaarden uit Voornes Duin zich uitbreiden de Voordelta in. Het is de vraag of de doelstelling van Voordelta hierop aangepast gaat worden en dat is leidend voor de beheerinspanning. Indien er zich op termijn een nieuwe vochtige duinvallei ontwikkelt in Duinen Goeree & Kwade Hoek, dan leidt dit tot grotere beheerinspanning, omdat zonder beheer dit habitatype niet in stand zal blijven.

Vraag 4 - Ecologie

Welke gevolgen heeft de **N2000-regelgeving** op zowel de bestaande natuur en de verandering daarvan, als de eventuele nieuwe natuur die ontstaat bij de autonome morfologische ontwikkeling? Hierbij kunnen ook zaken betrokken worden als eventueel noodzakelijke herbegrenzing van (N2000-) gebieden, de locatie van de legger van het waterschap, en het noodzakelijke beheer en handhaving in het kader van de wet natuurbescherming.

Antwoord 4

Art. 6 lid 2 van de Habitatrichtlijn (HRL) geeft aan dat de kwaliteit van een Natura 2000-gebied niet mag verslechteren ten opzichte van de situatie zoals deze was op het moment dat het gebied onder het beschermingsregime van de HRL is komen te vallen. Deze datum verschilt per gebied, maar is in de meeste gevallen 2004. Dat betekent dat de aanwezige habitattypen en (leefgebieden van) soorten vanaf dat moment niet in omvang en kwaliteit achteruit mogen gaan. Indien er zich een de loop van de tijd een betere situatie ontwikkelt dan dient die situatie als nieuwe referentiesituatie.

In voorliggende situatie gaat binnen het gebied een toename van het ene habitatype altijd ten koste van een andere habitatype. Dat is dus volgens het eerste punt in principe onwenselijk. Aangezien het hier een natuurlijke ontwikkeling betreft waarvan het onwenselijk (en onmogelijk) is om deze volledig vast te leggen zijn er voldoende argumenten voor het ministerie van LNV om, in overleg met de Europese Commissie, de instandhoudingsdoelstellingen (op termijn) aan te passen. In Tabel 27 staan de instandhoudingsdoelstellingen die mogelijk op termijn aangepast moeten worden. Bijvoorbeeld: een instandhoudingsdoelstelling voor groenknolorchis in Duinen Goeree en Kwade Hoek of het bijstellen van de instandhoudingsdoelstellingen voor de duinhabitattypen in de Voordelta.

Het samenvoegen of herbegrenzen van verschillende Natura 2000-gebieden tot één Natura 2000-gebied is mogelijk zonder dat hiervoor vooraf instemming/toestemming van de Europese Commissie wordt verkregen. Een eerste voorwaarde is dan wel dat het samengevoegde Natura 2000-gebied qua omvang en de te beschermen habitattypen en soorten niet minder omvat dan de optelsom van het huidige beschermingsregime van de samen te voegen Natura 2000-gebieden. Samenvoeging dient daarnaast gebaseerd te zijn op ecologische criteria, omdat op grond van de HRL alleen ecologische criteria de basis kunnen vormen voor het kunnen aanwijzen van een Natura 2000-gebied en voor het bepalen van de begrenzing van dit Natura 2000-gebied. Samenvoeging dient dus een ecologische meerwaarde te hebben ten opzichte van de oorspronkelijke, los van elkaar bestaande Natura 2000-gebieden. Er moet richting de EU gemotiveerd² worden waarom, anders dan voorheen, de eerdere begrenzing van de twee, of meerdere, Natura 2000-gebieden niet meer toereikend is om de doelstellingen van de HRL na te streven of samenvoegen van gebieden ecologisch betere kansen biedt, bijvoorbeeld voor een hoger of robuuster doelbereik of omdat minder beheermaatregelen noodzakelijk zijn doordat natuurlijke processen beter benut kunnen worden. Op basis van voorliggende analyse zijn er voldoende argumenten om dit te ondersteunen.

De legger is een kaart waarop aangegeven is welke regels gelden in beheer en onderhoud voor bijvoorbeeld dijken. De legger van het waterschap heeft in principe geen effect op de ecologische potenties, tenzij de waterveiligheid zodanig verbetert dat het toestaan van eventueel nieuw optredende dynamiek toegestaan kan worden. Of de legger daarop aangepast moet worden gaat buiten de reikwijdte van dit onderzoek en is aan het waterschap.

² Gebieden kunnen in principe zonder toestemming vooraf worden samengevoegd. Maar als dit is gebeurd en de Europese Commissie van mening is dat onvoldoende gemotiveerd is dat samenvoegen een meerwaarde heeft dan kan de EC Nederland "in gebreke stellen" en moet Nederland de motivatie verbeteren of de in het uiterste geval de samenvoeging/herbegrenzing ongedaan maken.

Belangrijk is dat de landelijke gunstige staat van instandhouding niet in gevaar gebracht mag komen en dat zodra dit wel het geval is, bijvoorbeeld door het verdwijnen van de zandbanken voor zeehonden, er aanvullende instandhoudingsmaatregelen getroffen moeten worden. Eventueel in andere gebieden als het in de betreffende gebieden niet haalbaar is, maar dit moet wel met het ministerie worden afgestemd. In het kader van handhaving kan de toekomstige situatie leiden tot een grotere handhavingsinspanning indien op de aangelande Hinderplaat of andere delen van het gebied rustgebieden ingesteld moeten worden om de instandhoudingsdoelen blijvend te halen.

Vraag 5 - Ecologie

Heeft de autonome morfologische ontwikkeling effecten op de **vismigratie** (die juist gestimuleerd zou moeten worden) door de op een kier gezette Haringvlietsluizen?

Antwoord 5

Nee, de zoete lokstroom vanuit het Haringvliet blijft bestaan en er blijft een migratieroute bestaan tussen de zee en het Haringvliet. Een eventueel iets langere route door het verleggen van geulen is voor trekvis geen enkel probleem.

7.5 Doorkijk naar scenario's 2 en 3

Ondanks dat de verwachting zeer groot is dat scenario 1 zal plaatsvinden, is er wel gekeken wat het betekent voor de effecten in scenario's 2 en 3 ten opzichte van scenario 1.

7.5.1 Scenario 2: Geul bij Groene Punt

In scenario 2 is te zien dat aanzanding langs de kust plaatsvindt en dat het zand zich langs de kust verspreidt. Hierdoor komt vanuit de kust meer zand in het systeem dat leidt tot aangroei van stranden, slikken, schorren en duinen. Het verschil tussen scenario 1 en 2 is dat in scenario 2 de zandplaat ter hoogte van de Groene Punt niet aanlandt en dat er hoogte van locatie 1 (zie Figuur 96) meer aanzanding plaatsvindt. Hierdoor blijft de zandplaat voor de kust van de Groene Punt wel bestaan. In het algemeen betekent dat voor de aanwezige natuurwaarden het volgende:

- In dit scenario 2 vindt voortgaande erosie plaats aan de Groene Punt. Dit zorgt mogelijk voor zandaanvoer op de Slikken van Voorne, waardoor mogelijk sprake is van vorming van de habitattypen H2110 Embryonale duinen en H2120 Witte duinen op de Slikken van Voorne (Voordelta). Erosie leidt echter wel tot een afname van de natuurwaarden in Voornes Duin.
- Voor de habitattypen van de duingebieden treedt geen verbetering op voor de Natura 2000-gebieden Voordelta en Voornes Delta.
- De negatieve ontwikkeling van scenario 1 treedt niet op. Voor zeehonden blijven rustplaatsen zoals deze in de huidige situatie aanwezig zijn, in vergelijkbare mate en functie aanwezig.

7.5.2 Scenario 3: Twee geulen systeem

In scenario 3 is ook te zien dat aanzanding langs de kust plaatsvindt en dat het zand zich langs de kust verspreidt. Hierdoor komt vanuit de kust meer zand in het systeem dat leidt tot aangroei van stranden, slikken, schorren en duinen. Het verschil tussen scenario 1 en 3 is dat in scenario 3 het Slikgat zich splitst in tweeën: een centraal door het gebied lopende ebgeul en een vloedgeul voorlangs de kust van Goeree. In scenario 3 zijn deze eb- en vloedgeul van elkaar gescheiden door een droogvallende plaat. Wel is de droogvallende plaat die ontstaat in het gebied is iets groter dan de zandplaat die ontstaat in scenario 1. Dit betekent dat de afname van de potentie van het gebied als ligplaats voor gewone zeehond minder uitgesproken is. Voor de ontwikkeling in potentie voor de aanwezige kwalificerende natuurwaarden zijn de effecten van dit scenario niet wezenlijk verschillend met de effecten van scenario 1.

8 Effectstudie economie & leefbaarheid

8.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de effecten van de geschetste autonome morfologische ontwikkelingen geanalyseerd met betrekking tot economie en leefbaarheid. Hiervoor wordt eerst de huidige situatie beschreven, gevolgd door een beschrijving van de morfologische veranderingen met accent op scenario 1 van de mogelijke veranderingen. Het rapport biedt inzicht in de invloed van de morfologische ontwikkelingen op economische sectoren zoals toerisme en recreatie, scheepvaart en visserij alsmede de leefbaarheid in het gebied, met name het woon- en leefklimaat en het vestigingsklimaat voor bedrijven.

Doel van dit hoofdstuk is antwoord te geven op onderstaande onderzoeksvragen. Tabel 28 geeft een overzicht van de onderzoeksvragen gerelateerd aan economie en leefbaarheid.

Tabel 28: Overzicht van onderzoeksvragen

Onderzoeksvragen

Algemeen – Vraag 1

Welke categorieën toeristen/recreanten kunnen nu worden onderscheiden (o.a. badstrand, natuur, cultuur), welk % vormen zij en om welke aantallen per jaar gaat het? En welke economische waarde vertegenwoordigen zij? Hoe verhoudt in de huidige situatie de economische waarde van het badstrand zich tot andere sectoren?

Algemeen – vraag 2

Wat is in de huidige situatie de motivatie van recreanten en toeristen om naar de kust van de Zuid-Hollandse eilanden te komen?

Algemeen – vraag 3

Wat is het effect (in aantallen recreanten, % en economische waarde in euro's) van de autonome morfologische ontwikkeling op de verschillende categorieën recreanten (o.a. badstrand, natuur, cultuur) in 2025, 2030, 2040, 2050 en 2060?

Badstrand gerelateerd – vraag 4

Welke verschillende doelgroepen horen bij de badstrandfunctie (diep en ondiep water)? Welke waterdieptes zijn aantrekkelijk voor welke doelgroepen (o.a. zwemmers, mensen met kleine kinderen, (kite)surfers, zeilers)?

Badstrand gerelateerd – vraag 5

In welke mate kan er als gevolg van de autonome morfologische ontwikkeling stank ontstaan, en bij welke waterstanden en onder welke omstandigheden (slib/ondiep water) kan dat optreden?

Badstrand gerelateerd – vraag 6

Hoe zullen de risico's voor de fysieke veiligheid van de recreant bij het zwemmen, wandelen of recreëren zich ontwikkelen onder invloed van de autonome morfologische ontwikkeling?

Scheepvaart en visserij – vraag 7

Wat zijn de economische gevolgen van de autonome morfologische ontwikkeling voor de jachthavens Hellevoetsluis en Stellendam, en de recreatievaart in 2025, 2030, 2040, 2050 en 2060?

Scheepvaart en visserij – vraag 8

Wat is de huidige economische waarde van de visserij?

Scheepvaart en visserij – vraag 9

Wat zijn de economische gevolgen van de autonome morfologische ontwikkeling voor visserij en andere beroepsgroepen zoals scheepsbouw en visafslag in 2025, 2030, 2040, 2050 en 2060?

Scheepvaart en visserij – vraag 10

Welke kosten hangen samen met het op diepte houden van het Slijkgat met baggeren? En welke kosten bij de autonome morfologische ontwikkeling?

Leefbaarheid gerelateerd – vraag 11

Welke effecten heeft de autonome morfologische ontwikkeling op het woon- en leefklimaat in de regio in 2025, 2030, 2040, 2050 en 2060?

Leefbaarheid gerelateerd – vraag 12

Heeft de autonome morfologische ontwikkeling invloed op het vestigingsklimaat voor bedrijven? Kan deze een rol spelen bij wel of niet vestigen in de regio?

Leefbaarheid gerelateerd – vraag 13

Onderzoeksvragen

Heeft de autonome morfologische ontwikkelingen ook kansen voor nieuwe economische sectoren (zoals wellicht versterking van het natuurtoerisme), en welke kansen zijn dat? Kunnen er nieuwe doelgroepen aangeboord worden? Kan deze meerwaarde gekwantificeerd worden?

Leefbaarheid gerelateerd – vraag 14

Welke effecten heeft de autonome morfologische ontwikkeling op de waterkwaliteit in het studiegebied?

Leefbaarheid gerelateerd – vraag 15

Kan de autonome morfologische ontwikkeling leiden tot een verandering van de grondwaterstand en het zoutgehalte in het achterland?

8.2 Huidige situatie

Dit hoofdstuk beantwoordt de onderzoeksvragen 1, 2, 4, 8 en 10 met betrekking tot de huidige situatie in het projectgebied voor wat betreft toerisme en recreatie, scheepvaart en visserij. Ook wordt de huidige situatie met betrekking tot de leefbaarheid geschetst.

8.2.1 Toerisme en recreatie

Aard en omvang toerisme en recreatie

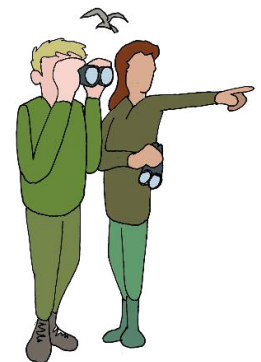
Vraag 1 - Economie

a. Welke categorieën toeristen/recreanten kunnen nu worden onderscheiden (o.a. badstrand, natuur, cultuur), welk % vormen zij en om welke aantallen per jaar gaat het? b. Welke economische waarde vertegenwoordigen zij? c. Hoe verhoudt in de huidige situatie de economische waarde van het badstrand zich tot andere sectoren?



Antwoord 1a

In de vrijetijdssector worden categorieën toeristen/recreanten niet langer onderscheiden op basis van demografische kenmerken, zoals leeftijd of levensfase (gezinnen met kinderen). De huidige consument is een leefstijlconsument en de invulling van vrijetijd wordt veel meer bepaald door intrinsieke wensen en motivaties. Deze verschillen per leefstijl en uit zich in een specifiek vrijetijdsprofiel, met deels kenmerkende activiteiten (natuur, cultuur, strand, etc.). Belangrijker nog dan het type activiteit is de manier waarop hieraan invulling wordt gegeven en de gewenste beleving. Iedereen gaat wel eens uit eten, maar de een kiest voor luxe, de ander voor Hollandse pot, hippe gerechten of juist wokken met een groep vrienden. Leefstijlen geven hier inzicht in. Daarom worden categorieën toeristen/recreanten onderscheiden op basis van leefstijlen.



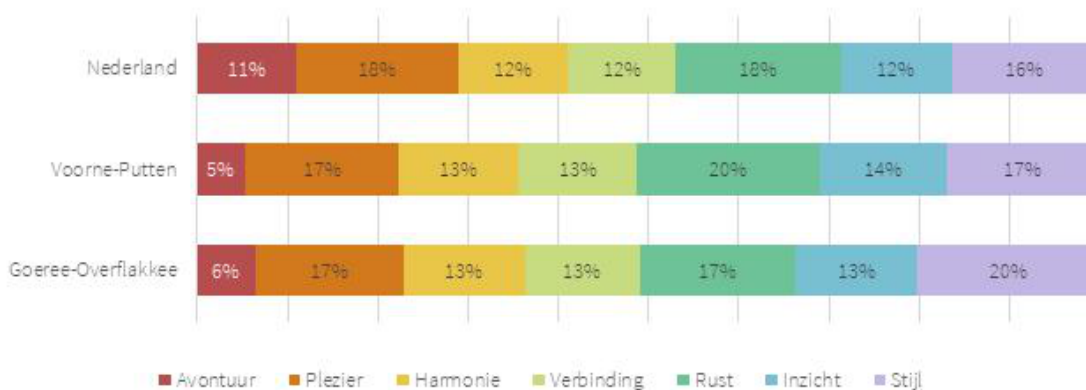
De Leefstijlvinder geeft inzicht in het gedrag, waarden en behoeften van recreanten en toeristen op basis van psychologische en sociologische kenmerken. Deze methode maakt het mogelijk om beter in te spelen op de gewenste beleving van inwoners en bezoekers. De leefstijlsegmentatie onderscheidt zeven doelgroepen, ook wel leefstijlen genoemd, met allemaal een eigen vrijetijdsprofiel. De zeven leefstijlen zijn: Avontuur-, Plezier-, Harmonie-, Verbindings-, Rust-, Inzicht- en Stijlzoekers. Bijlage B bevat meer informatie en een uitgebreide toelichting van de leefstijlen (SAMR, 2020).



Type bezoekers: recreanten

Over het algemeen onderneemt men een groot deel van de vrijetijdsactiviteiten in de eigen gemeente. De inwoners zijn een zeer belangrijke groep recreanten. Ook inwoners uit de omliggende gemeenten zijn potentiële recreanten van het gebied voor een dagbezoek (wandelen, fietsen, museum) of voor regionaal-recreatieve functies, zoals theater, bioscoop, kinderboerderij. Voor de inwoners van de gemeenten is het leefstijlprofiel bekend waarin de verdeling van de (dominante) leefstijlen van de inwoners wordt weergegeven.

Figuur 102 laat het aandeel van elk van de zeven leefstijlen onder de inwoners van Voorne-Putten en Goeree-Overflakkee zien, in vergelijking met het gemiddelde in Nederland. Voor het leefstijlprofiel van Voorne-Putten is een gewogen gemiddelde genomen van de vier gemeenten (Perspectief natuur en recreatie Voorne-Putten, 2021).



Figuur 102: Aandeel leefstijlen onder de inwoners van Voorne-Putten

Uit de figuur blijkt dat:

- De rustzoeker (20%) vormt het grootste aandeel op Voorne-Putten, gevolgd door de plezierzoeker en de stijlzoeker (beide 17%).
- Op Goeree-Overflakkee is dit vergelijkbaar. Hier vormt alleen de stijlzoeker de grootste leefstijlgroep met 20%, gevolgd door de plezierzoeker en rustzoeker (beide 17%).
- De avontuurzoeker is zowel op Voorne-Putten als Goeree-Overflakkee duidelijk minder omvangrijk dan het gemiddelde in Nederland.
- De harmoniezoeker, verbindingszoeker en inzichtzoeker vormen ongeveer een even groot aandeel (13/14%) op zowel Voorne-Putten als Goeree-Overflakkee. Dit is vergelijkbaar met het gemiddelde in Nederland.

De echte strandbeleving (het recreëren, zonnen, luieren, afkoelen in het water) is het meest aantrekkelijk voor de leefstijlen plezierzoeker en harmoniezoeker en deels ook voor de verbindingszoeker. Dit zijn de voornaamste doelgroepen die horen bij de badstrandfunctie.

Daarnaast bestaat een badstrandfunctie vaak uit aanvullende activiteiten, onderstaand ingedeeld op basis van de drie belevingen:

- Natuurbeleving
 - Vogels kijken
 - Strandwandeling
 - Fietsen, wandelen, paardrijden door de duinen of over het strand
- Cultuurbeleving
 - Cultuurhistorische waarden van het landschap
 - Kunst en cultuur op het strand
- Bad/strand- en waterbeleving
 - In of op het water
 - Zwemmen
 - Watersport (zeilen, wind-, golf-, kitesurfen, kanoën, suppen, etc.)
 - Aan het water
 - Strandsporten (kitebuggen, vliegeren, etc.)
 - Evenementen
 - Horecabezoek (strandtent of restaurant)

De strand- en waterbeleving is verreweg de belangrijkste toeristisch-recreatieve bezoekenredenen, gevolgd door natuurbeleving en cultuurbeleving. Op basis van expert judgement is het relatieve belang van deze bezoeksredenen naar het gebied bepaald:

- Bad/strand/water: 65%
- Natuur: 25%
- Cultuur (en overig): 10%

Type bezoekers: toeristen

Voor de toeristen is het leefstijlprofiel op gemeenteniveau (nog) niet bekend. In 2021 wordt een bezoekers- en imago-onderzoek uitgevoerd naar de bezoekers van Voorne-Putten, Goeree-Overflakkee en Hoeksche Waard. Dit onderzoek zal ook inzicht geven in de leefstijlen van de bezoekers (toeristen en dagbezoekers) per eiland. Naar verwachting wordt dit eind 2021 opgeleverd. Vanaf eind 2021 zullen de leefstijlprofielen bekend zijn waardoor ze niet meegenomen kunnen worden in de resultaten van deze effectstudie. In dit onderzoek wordt er zoveel mogelijk inzicht gegeven in de aantallen toeristen, het onderscheiden van categorieën toeristen vindt plaats in eerdergenoemd onderzoek dat eind 2021 gereed zal zijn. Voor toekomstige keuzes is het aan te raden om het betreffende onderzoek óók mee te nemen in de afwegingen.

Een indicatie van de omvang van het aantal toeristen is als volgt:

- De gemeente Westvoorne telde in 2018 ruim 213.700 overnachtingen, verdeeld over 50 verblijfsaccommodaties.
- Het totale aantal overnachtingen (toeristisch verblijf en vaste gasten) in de gemeente Goeree-Overflakkee bedroeg bijna 2,6 miljoen in 2018. Verreweg het grootste aantal nachten (56%) wordt doorgebracht in vakantiewoningen.
- Daarnaast is voor Goeree-Overflakkee bekend hoeveel dagbezoeken er in 2017 waren in de gemeente. In totaal zijn er in 2017 1,5 miljoen dagbezoeken geweest, onderverdeeld in verschillende categorieën. Het aantal dagbezoeken gerelateerd aan strandrecreatie is 700.000 bezoeken. De sportieve vrijetijdsbesteding, o.a. kite/surfscholen, is bepaald om 90.000 dagbezoeken in 2017. Het aantal dagbezoeken voor rondvaarten kwam in 2017 uit op 20.000 (ZKA Leisure Consultants, 2017).

Van Voorne-Putten is bekend dat de verblijfsrecreatie voornamelijk gericht is op de vaste gast³. De vaste gast is een verblijfs gast (particulier) die regelmatig verblijft in een verblijfsaccommodatie (chalet, tweede woning, (sta)caravan, boot, etc.) voor recreatieve doeleinden. De verblijfsaccommodatie staat voor minimaal één seizoen op een vaste plek. Een aantal verblijfsaccommodaties op Voorne-Putten zijn volledig ingericht op de vaste gast, zoals bijvoorbeeld Molecaten Park Kruiningen Gors.

Met name gasten uit de buurlanden (Duitsland, België) verblijven graag aan de Nederlandse kust (Perspectief 2030, NBTC, 2019). Op Goeree-Overflakkee zijn de Nederlandse en Duitse markt al jaren de grootste en belangrijkste markten. De meerderheid van de accommodatie-aanbieders in Goeree-Overflakkee geeft aan dat de Belgische markt in opmars is (Korteweg Maris & Goedegebuure, 2019). Marketing Op Voorne-Putten, de Marketingorganisatie van Voorne-Putten, benoemt ook de Nederlandse, Duitse en Belgische markt als belangrijkste herkomstmarkten (Toeristische marketingstrategie 2019-2024 Voorne-Putten).

Het exacte aantal verblijfs gasten per herkomstmarkt of de verdeling van het aantal Nederlandse, Duitse en Belgische verblijfs gasten naar Goeree-Overflakkee en Voorne-Putten is niet bekend. Van de Duitse en Belgische gasten naar kustregio's is o.b.v. de Kustmonitor 2019 bekend dat van degenen die de afgelopen drie jaar de Nederlandse kust bezocht hebben, zij vooral naar de Zeeuwse kust zijn geweest. Bij de Belgen staat de Zuid-Hollandse kust op de tweede plek en bij de Duitsers staat de Noord Hollandse kust op de tweede plek. Bij een bezoek aan de Zuid-Hollandse kust, verblijven Duitsers en Belgen het meest in Scheveningen, Den Haag of Noordwijk. Van de Zuid-Hollandse eilanden, is met name Ouddorp een populaire badplaats voor Duitse en Belgische gasten om te verblijven.

De huidige toeristen en recreanten komen uit heel Nederland. Met name in de zomerperiode, komen er ook veel toeristen uit Duitsland en België, waarbij verschillende vormen van toeristische en recreatieve activiteiten van belang zijn:

- De volgende locaties of dagrecreatieactiviteiten worden met name bezocht op Goeree-Overflakkee: bezoekerscentra Ouddorp: De Flipjes, Inspiratiepunt, Mekkerstee, Informatiecentrum, Zeil- en Surfcentrum, Zeeland Buitenland, RTM Museum Stellendam: A Seal, Sommelsdijk: Streekmuseum Middelharnis: Menheerste Werf Nieuwe Tonge: Faunapark Flakkee.
 - Verder kunnen de volgende evenementen genoemd worden: Havendag Middelharnis, Vlaggetjesdag Stellendam, Dam-X Brouwersdam, Concert at Sea (net buiten gemeentegrens).
 - Cultuur: op Goeree-Overflakkee zijn meerder culturele en erfgoed gerelateerde attracties, onder andere de volgende Vuurtoren Westhoofd, Molen "De Hoop", Ouddorpse Toren, Molen "De Zwaan", Duinboerderij 't Blauwe Huus, Cichoreidrogerij 'Ceres' Ouddorp, Kasteelberg Spreeuwenstein, Goedereede-Havenhoofd en Kunstwerk Visserman.
- Op Voorne-Putten zijn onder andere de volgende locaties interessant voor recreatieve doeleinden: Kitesurf Rockanje, Catamaranvereniging Hellecat, Happy Boats, Challenge Kitesurfing, Kitesurfschool Loops and Barrels, Openluchtmuseum De Duinhuisjes, De Koffieleut, Jumping at Sea, Escaperoom the Butcher, Bezoekerscentrum Tenellaplas, Biberbunker, Het duinmeer Breede Water, Voornes Duin, badstrand Rockanje en Duinen van Voorne.
- Cultuur: De musea met de hoogste bezoekersaantallen op Voorne-Putten zijn het Historisch Museum Den Briel, Droogdok Jan Blanken en het Nationaal Brandweermuseum (Toerisme en recreatie Voorne-Putten 2020). Ook

³ Dit geldt voor het aanbod dat in ons onderzoek is meegenomen. Dit is geen volledig dekkend beeld, de verhouding vaste gast – toeristische gast is een inschatting.

Verblijf in vakantiewoning/appartementen/strandhuisjes, (mini-)campings, hotels, B&B's, pensions, groepsaccommodaties en jachthavens.

De antwoorden op vraag 1b (economische waarden) en 1c (verhouding tot andere sectoren) volgen na het beantwoorden van vraag 2 (motivatie bezoek) en 4 (doelgroepen).

Motivatie toerisme en recreatie

Vraag 2 - Economie

Wat is in de huidige situatie de motivatie van recreanten en toeristen om naar de kust van de Zuid-Hollandse eilanden te komen?

Antwoord 2

Eerst wordt de aantrekkingskracht beschreven, gevolgd door de motivatie van bezoekers. Ook wordt specifiek ingezoomd op bad- en strandbeleving en natuurbeleving, de twee belangrijkste bezoekmotieven. Dit is belangrijk omdat de aantrekkingskracht als gevolg van de morfologische veranderingen in de toekomst gaat veranderen.



Aantrekkingskracht

De kust vormt allereerst een belangrijk onderdeel van de aantrekkingskracht van de Zuid-Hollandse eilanden. De motivatie van recreanten en toeristen om de vrije tijd door te brengen verschilt per leefstijl. Zo is voor een avontuurzoeker zelfontwikkeling een belangrijk motief, terwijl voor bijvoorbeeld een harmoniezoeker de tijd voor het gezin, familie of vrienden centraal staat. Wel heeft de Zuid-Hollandse kust vanwege haar fysieke kenmerken een bepaalde aantrekkingskracht. Bezoekers naar Westvoorne en Goeree-Overflakkee komen over het algemeen voor de kust en het strand, zie hieronder:

Westvoorne

De bezoekers van Westvoorne komen over het algemeen voor:

- De kust en het strand (met bijbehorend duingebied), met name populair onder gezinnen met jonge kinderen.
- Voor de watersportmogelijkheden (o.a. wind- en kitesurfen, duiken)
- Voor de natuur en bijbehorende recreatieve infrastructuur: fiets-, wandel- en ruiterroutes
- De cultuurhistorie

Goeree-Overflakkee

Uit het imago-onderzoek blijkt dat de volgende redenen het belangrijkste te zijn geweest bij de keuze voor een vakantie of dagje uit naar Goeree-Overflakkee. Het percentage geeft weer in welke mate het door respondenten als belangrijkste reden is aangevinkt:

- De kust/ het strand (46%)
- De rust (20%)
- Familie/vrienden die er wonen of verblijven (18%)
- Accommodatie / mooie huisjes / mooi park (17%)
- Dichtbij / goed bereikbaar (14%)
- Fietsmogelijkheden (13%)
- Watersport/recreatie (13%)

De kust/het strand is daarmee duidelijk de belangrijkste bezoekredenen. Daarnaast is het imago van Goeree-Overflakkee met name dat het een eiland is met veel fietsmogelijkheden, om tot rust te komen, met veel watersportmogelijkheden en met een natuurlijke kust/strand. (Effectmeting toeristisch imago-onderzoek Goeree-Overflakkee, Right Marktonderzoek, Right Marktonderzoek 2018)

Motivatie gebiedsbezoeken

Het gebied trekt recreanten en toeristen die voor deze beleving komen. Verschillende belevingen en leefstijlen passen bij deze kenmerken en aantrekkingskracht. Een bezoeker kan namelijk voor de aantrekkingskracht van de kust/het strand komen, maar met verschillende drijfveren de locatie bezoeken: bijvoorbeeld beleven van de kust gerelateerde natuur, luieren op het strand, of juist vogels spotten. De leefstijlvinder geeft daarom beter inzicht in de motivatie van recreanten en toeristen omdat hier drijfveren en motieven naar boven komen. Er zijn drie dominante motieven om naar de Zuid-Hollandse eilanden te komen, gebaseerd op de aantrekkingskracht van het gebied:

- De natuurbeleving
- De cultuurbeleving
- De strand- en waterbeleving
 - In of op het water (zwemmen, watersport)
 - Aan het water (luieren, zonnen, picknicken, spelen, etc.)

Hieronder beschrijven we de fysieke omstandigheden, eerst voor natuurbeleving, gevolgd door strand- en waterbeleving.

Natuurbeleving

De fysieke omstandigheden voor natuurbeleving verschillen per leefstijl. De een geeft de voorkeur aan fysieke omstandigheden als verharde fiets- en wandelpaden, terwijl de andere leefstijl de voorkeur geeft aan juist van de gebaande paden af. In onderstaande tabel hebben we de fysieke omstandigheden voor natuurbeleving. Eerst geven we de fysieke omstandigheden weer voor de drie natuurliefhebbers die specifiek komen voor de natuurbeleving: de avontuurzoeker, verbindingszoeker en inzichtzoeker. Vervolgens geven we de voorkeuren voor de overige leefstijlen, die ook de natuur in gaan maar een andere beleving zoeken.

Tabel 29: Voorkeuren fysieke omstandigheden natuurbeleving per functie en gebruikersgroep

Leefstijlen	Voorkeuren voor natuurbeleving (faciliteiten, inrichting, activiteiten)
Avontuurzoeker	• Omvangrijke gebieden • Ongerepte natuur • Struinen • Zonder voorzieningen (tenzij voorzieningen om de natuur te ontdekken zoals vogelschermen of uitzichtpunten) • Van de gebaande paden af, onverharde paden • Drukke vermijden (zoning van een gebied: druk-rustig) • Activiteiten met vrijheid en verrassingen, nieuwe dingen zien en meemaken / actief bezig zijn
Verbindingszoeker	• In de natuur zijn • Goede faciliteiten • Gezelligheid, met vrienden en familie, samen op pad • Fiets- en wandelmogelijkheden in de natuur • Nuttig bezig kunnen zijn in de vrije tijd • Voorzieningen als een museum of theater
Inzichtzoeker	• Weg van de drukte • In de natuur en natuureducatie • Vogels en dieren, geïnteresseerd in bijzondere soorten • Natuur met voorzieningen (observatiepunten, uitkijkposten, bezoekerscentrum, lezingen)
Plezierzoeker	• Natuur met voorzieningen • Struinen • Sportieve activiteiten • Mogelijkheid tot horecabezoek • Faciliteiten als klimbos of speelbos, waterspeelplaats, zwemplek
Harmoniezoeker	• 'Onderhouden' natuur • Verharde paden • Faciliteiten als klimbos of speelbos, waterspeelplaats, zwemplek • Ruimte voor luieren en zonnen • Activiteiten met hoge mate van entertainment en interactieve vormen van beleving
Rustzoeker	• Privacy • Rust en ruimte • Geen grote wensen • Drukke vermijden • In eigen omgeving • Goed toegankelijk • Nodige voorzieningen • Voorkeur voor natuurlijk bos/heide/duinen • Niet te ongerept
Stijlzoeker	• Uitdagende trails • Prestatie neerzetten • Actief buiten zijn • Geprikkeld worden • Zon-, zee- en strandvakanties • Exclusieve feesten en activiteiten

Samenvattend overzicht van relevante leefstijlgroepen

Op basis van de huidige fysieke omstandigheden in het studiegebied is onderstaand een samenvattend overzicht gegeven van de relevante leefstijlgroepen per type beleving.

Strand- en waterbeleving

- In of op het water / Actieve watersport: (avontuurzoeker, stijlzoeker, plezierzoeker)
- Aan het water / Strandbeleving (plezierzoeker, harmoniezoeker)

Strand- en waterbeleving is de belangrijkste bezoekenredenen. De motieven om te recreëren op het strand en aan het water verschillen per leefstijl. Voor de avontuurzoeker, stijlzoeker en plezierzoeker is de actieve watersport een belangrijk motief. Zij houden namelijk van sportieve activiteiten, uitdaging, geprikkeld worden. De strandbeleving (het luieren, zonnen, zwemmen) is met name voor de plezierzoeker en harmoniezoeker. Zij zoeken in hun vrije tijd reuring, gezelligheid, veel te beleven, erop uit met vrienden en familie en voor ieder wat wils. Voorzieningen (zoals strandtenten en horecabezook) zijn voor hen belangrijk.



Natuurbeleving

Het beleven van natuur is een motief om naar de Zuid-Hollandse eilanden te komen. Met name de avontuurzoeker, inzichtzoeker en verbindingszoeker komen voor de natuurbeleving. Dit zijn de echte natuurliefhebbers en brengen meer dan andere leefstijlen een vakantie of dagje uit door in de natuur. Dat betekent niet dat de overige vier leefstijlen geen gebruikmaken van de natuur. Ook zij gaan de natuur in, weliswaar minder, maar zijn op zoek naar een andere beleving. De avontuurzoeker, inzichtzoeker en verbindingszoeker zoeken wel elk hun eigen beleving in de natuur.

- De avontuurzoeker wil graag nieuwe dingen beleven, houdt van avontuurlijke outdoor activiteiten en wil graag struinen en ongerepte gebieden bezoeken.
- De inzichtzoeker vermijdt het liefst drukke plekken en wil kennis en inzichten opdoen over de natuur, flora en fauna en regio of streek. Nuttig bezig zijn is belangrijk.
- De verbindingszoeker gaat daarentegen juist graag samen op pad. Zij zijn naast gezelligheid ook op zoek naar rust en ontspanning en dat doen ze graag in de natuur, bijvoorbeeld door middel van fietsen en wandelen en het beleven van erfgoed.

Cultuurbeleving

Over het algemeen zijn de verbindingszoeker, inzichtzoeker en avontuurzoeker de echte cultuurliefhebbers. Kijkende naar het culturele aanbod op Voorne-Putten en Goeree-Overflakkee zien we dat dit voornamelijk uit erfgoed en historie bestaat (o.a. Ruïne Ravesteyn, Droogdok Jan Blanken, Stenen Baak, Sint-Catharijnekkerk, De Burcht van Voorne, Historisch Museum, vestingsteden Brielle en Hellevoetsluis, etc.). Dit heeft duidelijk de meeste aantrekkingskracht op de echte cultuurliefhebbers, dus de verbindingszoeker en inzichtzoeker en onder de juiste omstandigheden kan dit ook voor de rustzoeker interessant zijn. Ook andere leefstijlen komen voor cultuurbeleving, maar zoeken dit op een andere manier. De plezierzoeker en harmoniezoeker beleven cultuur op een laagdrempelige en toegankelijke manier. Ze zijn op zoek naar gezelligheid, vermaakt worden en een leuk dagje uit. De beleving staat centraal, denk aan het interactief beleven, eigentijds, optimale prikkeling van zintuigen. De cultuurbeleving is een duidelijk andere motivatie dan de strandbeleving en natuurbeleving. Alhoewel de cultuurliefhebbers uiteraard ook het strand kunnen bezoeken, zal dit niet het hoofdmotief voor het bezoek zijn. De omliggende natuur zal ook zeker voor hen interessant zijn, maar dan nog is het bezoek aan het strand niet het hoofdmotief. Deze bezoeker zal zich voornamelijk op Voorne-Putten of Goeree-Overflakkee bevinden vanwege de cultuur, en niet direct vanwege de kust.

Bezoekmotieven internationale gasten

Bezoekmotieven van internationale, met name Duitse en Belgische gasten om naar de Nederlandse kust te gaan zijn: uitrusten en relaxen, natuur beleven en uitwaaien. Belgen noemen daarnaast ook relatief vaak genieten van het goede leven en lekker eten. Duitsers komen daarnaast ook vaak voor gezondheid. Het maken van wandelingen is bij zowel Duitsers als Belgen de meest ondernomen activiteit. Belgen gaan daarnaast relatief vaak uit eten en bezoeken terrasjes. Duitsers bezoeken relatief vaak het strand om uit te waaien en te zonnen / zwemmen.

Vraag 4 - Economie

Welke verschillende doelgroepen horen bij de badstrandfunctie (diep en ondiep water)? Welke waterdieptes zijn aantrekkelijk voor welke doelgroepen (o.a. zwemmers, mensen met kleine kinderen, (kite)surfers, zeilers)?

Antwoord 4

Strand- en waterbeleving en waterdieptes

Voor de strand- en waterbeleving verschillen de fysieke omstandigheden voor de verschillende gebruikersgroepen en specifieke functies. Dit wordt in mindere mate bepaald door de beleving die de leefstijlen zoeken, maar sterker door de fysieke omstandigheden van het water en het strand. Tabel 30 geeft de benodigde waterdieptes weer per functie.

Tabel 30: Fysieke omstandigheden water- en strandbeleving per functie en gebruikersgroep (o.b.v. expert judgement)

Funcities	Benodigde fysieke omstandigheden water- en strandbeleving	Specifieke golf- en/of waterdiepte, eventueel per niveau
Zwemmen	Dynamiek voor beleving (golven, 'spelen' in het water) Lage golven Veiligheid	Minimaal 1m Een té sterke stroming en hoge golven kunnen gevaarlijk zijn.
Suppen	Vlak water Geen sterke stroming	Voor een beginnend supper is een lage stroomsnelheid belangrijk. Voor een ervaren supper is een sterkere stroming uitdagender. Echter, een té sterke stroming is weer gevaarlijk. Suppen kan al vanaf een kleine waterdiepte van ongeveer 0.5m
Kanoën/ zeekajakken	Geen sterke stroming	Voor een beginnend kanoër is een lage stroomsnelheid belangrijk. Voor een ervaren kanoër is een sterkere stroming uitdagender. Echter, een té sterke stroming is weer gevaarlijk. Kanoën heeft een minimale diepte van 0.5m nodig, waarbij kajaks iets meer diepgang nodig hebben 0.6m
Pleziervaart	Voldoende waterdiepte voor de vloot	Markering vaargeul Minimaal benodigde diepte voor een fluisterboot is 1m (voor motorboten zal deze diepgang groter zijn 1,5m) Max 2m voor recreatieboten bij normale deining
Golfsurfen	Golven	Voor een beginnend golfsurfer is een lage golfhoogte een ideale situatie Een minimale waterdiepte van 1-1,5m is nodig om te golfsurfen
Kitesurfen	Goede en stabiele wind Juiste windrichting	Voor een beginnend kitesurfer is vlak water en constante wind belangrijk. Voor een ervaren kitesurfer zijn golven, stroming van belang; Minimaal benodigde waterdiepte is rond 0,5m, hoewel een beginner mogelijk 1m nodig heeft
Foilen	Weinig wind	De draagvleugel steekt in het water waardoor een minimale waterdiepte van 1m (afhankelijk van het gebruik golfsurfen of kitesurfen, zal een kleiner of grotere minimale waterdiepte noodzakelijk zijn) nodig is
Windsurfen	Wind Vlak water (weinig golven)	Minimaal benodigde waterdiepte is rond 0,5m, hoewel een beginner mogelijk 1m nodig heeft
Recreëren op het strand	Zandstrand (m.a.w.: geen slibbig strand) Geen stank Weinig verstuing Lage waterdiepte vanwege veiligheid voor kinderen Lage golven	Afhankelijk van de activiteiten kan de gewenste golfhoogte en diepgang variëren

De kust van Goeree heeft een diepere waterstand aan de kustlijn wat meer mogelijkheden biedt voor meer ervaren surfers, terwijl Voorne vlakke stranden heeft. Op Voorne-Putten worden voor strandbeleving met name de Slikken van Voorne bij Oostvoorne, Badstrand Rockanje, Strand Haringvlietdam en het Quackstrand bezocht.

Recreatiestranden op Goeree-Overflakkee zijn: Brouwersdam⁴, Strand Stellendam, Strand Kwade Hoek, Strand Waterleiding, Strand Oosterduinpad, Strand Westerduinpad, Strand Flaauwe werk/Strand Westerweg, Strand Noordweg, Strand 3e Blok en Strand Vuurtoren.

Huidige economische waarde

Vraag 1 - Economie

a. Welke categorieën toeristen/recreanten kunnen nu worden onderscheiden (o.a. badstrand, natuur, cultuur), welk % vormen zij en om welke aantallen per jaar gaat het? b. En welke economische waarde vertegenwoordigen zij? c. Hoe verhoudt in de huidige situatie de economische waarde van het badstrand zich tot andere sectoren?

Antwoorden 1b en 1c

De economische waarde van toerisme en recreatie vertaalt zich in de structuur van aanbod en de daarmee gerelateerde werkgelegenheid, bestedingen en toegevoegde waarde.

Aanbod

- Voorne-Putten telde in 2019 ruim 870 vestigingen in de toerisme- en recreatiesector (LISA, 2021). In Goeree-Overflakkee waren dit 360 vestigingen.
- Badstrand Rockanje telt 5 strandtenten met daarnaast nog enkele horecagelegenheden op de parkeerplaats bij Eerste Slag en op de parkeerplaats bij de Tweede Slag (bij beide parkeerplaatsen 2 eet- en drinkgelegenheden).
- In het Perspectief Natuur en Recreatie Voorne-Putten (2021) is de aantrekkingskracht van deze voorzieningen op leefstijlen bepaald. Deze aantrekkingskracht verschilt per voorziening, maar voor de plezierzoeker en harmoniezoeker zijn er de meeste keuzemogelijkheden aan aantrekkelijke voorzieningen in Badstrand Rockanje. Ook voor de stijlzoeker is er een aantrekkelijke vestiging, hetzelfde geldt voor de rustzoeker en verbindingszoeker, maar voor de overige leefstijlen is dit beperkt.
- Daarnaast zijn er in Rockanje twee verblijfsaccommodaties op loopafstand van het badstrand gevestigd: Molecaten Park Van Iterson en Badhotel Rockanje. Het Molecaten Park Van Iterson is een vakantiepark voor vaste staanplaatsen.
- Op het Badstrand Rockanje is er momenteel één aanbieder van watersport: Kitesurf Rockanje.
- Op Goeree zitten er meerdere: o.a. Natural High, Beware Beach, Zeil en Surfcentrum Brouwersdam en surfschool surfkaravaan Ouddorp, Alohallo
- Op Goeree-Overflakkee zijn er 7 strandpaviljoens.
- Stellendam is een belangrijk regionaal watersportcentrum met jacht- en visserijhavens.

Bestedingen en toegevoegde waarde

Voor Goeree-Overflakkee bedragen de totale bestedingen door verblijfstoeristen en jaaruitgaven van vaste gasten € 98,3 miljoen in 2018. De totale toeristisch-recreatieve bestedingen voor Voorne-Putten komen naar schatting uit op € 286 miljoen, inclusief bestedingen door buitenlandse toeristen en inwoners van Voorne-Putten zelf.⁵

De verdeling van deze bestedingen in het studiegebied (totaal circa € 400 miljoen) is in lijn verondersteld met het relatieve belang van de toeristisch-recreatieve bezoeken:

- Bad/strand/water: € 260 miljoen (65%)
- Natuur: € 100 miljoen (25%)
- Cultuur (en overig): € 40 miljoen (10%)

De toegevoegde waarde⁶ van de toerisme en recreatieve sector bedroeg in 2019 € 111 miljoen voor Voorne-Putten. Dit is een stijging van 11 procent ten opzichte van 2014 (€ 100 miljoen). De sector beslaat 3,8% van de totale economische waarde op Voorne-Putten. In 2014 was dit nog 3,3% (Economische monitor Voorne-Putten, 2019). Deze ontwikkeling is vergelijkbaar met de landelijke ontwikkeling. Tussen 2014 en 2019 steeg het aandeel van de toegevoegde waarde

⁴ De Brouwersdam ligt aan 'de andere kant' van Goeree-Overflakkee en hoort in die zin meer bij de Grevelingen dan bij het Haringvliet.

⁵ Opgemerkt wordt dat de basis van de toeristisch-recreatieve bestedingen voor Goeree-Overflakkee (GO) en Voorne-Putten (VP) niet dezelfde is. Bij GO zijn alleen de verblijfsrecreatie gerelateerde bestedingen inbegrepen, bij VP gaat het om alle toeristisch-recreatieve bestedingen. Daarmee is bij GO sprake van een onderschatting (immers de dagrecreatie ontbreekt), terwijl bij VP er juist een overschatting is, bijvoorbeeld vanwege de aanwezigheid van niet- kust gerelateerde horecabestedingen in o.a. gemeente Nissewaard.

⁶ Toegevoegde waarde is het verschil tussen de marktwaarde van productie en de daarvoor ingekochte grondstoffen. Het is gelijk aan de omzet (bestedingen) minus het inkoopbedrag.

van de T&R-sector in Nederland van 3,4 procent naar 3,8 procent. In Zuid-Holland was de toename van het aandeel in dezelfde periode minder groot: van 3,3 procent tot 3,4 procent. Met name de horeca en logiesverstreking zorgde in de toeristisch-recreatieve sector voor de groei op Voorne-Putten (Toerisme en Recreatie Voorne-Putten, 2020). In 2019 was de horeca goed voor de helft van de toegevoegde waarde in de toerisme- en recreatiesector (49 procent), het cluster logiesverstreking voor ruim een vijfde.

Werkgelegenheid

De toeristisch-recreatieve sector op Voorne-Putten telt 2.890 banen, op Goeree-Overflakkee was dit aantal 1.580. (2019). Het belang van de sector toerisme en recreatie in 2020 is vergelijkbaar met het landelijke beeld: 6,8 op de 100 banen behoren tot de T&R-sector (in Nederland 7,1, in Zuid-Holland 6,0 procent).

Binnen Voorne-Putten is het aandeel van de T&R-sector het grootst in Westvoorne (13 procent). In absolute zin is de sector vooral belangrijk in Nissewaard, namelijk 1.300 banen (45 % van het totaal op Voorne-Putten). Over de afgelopen vijf jaar blijft Voorne-Putten echter wel achter bij het landelijke gemiddelde. Op Voorne-Putten was de groei 7,5 procent tussen 2014 en 2019 terwijl de landelijke toeristisch-recreatieve sector in die periode fors hoger was (17 procent; in Zuid-Holland 15 procent) (Monitor Toerisme en Recreatie op Voorne-Putten, 2020).

Op Goeree-Overflakkee steeg het aantal banen in de recreatie en toerisme sector van 34,1 aantal per 1.000 inwoners in 2012 naar 42,8 per 1.000 inwoners.

De verschillende sub-sectoren binnen toerisme en recreatie laten zien dat sport met name in Hellevoetsluis een verhoudingsgewijs sterk cluster is (14% van de totale toeristisch-recreatieve banen). Het aandeel vestigingen en banen in het cluster cultuur, recreatie en amusement zijn in alle vier de gemeenten juist minder sterk vertegenwoordigd. Water vormt een belangrijk element in de toeristisch-recreatieve beleving van Voorne-Putten, maar het werkgelegenheidsaandeel van watersport in de sector is vergelijkbaar met het landelijke aandeel. Het aandeel vestigingen in deze branche is wel groter dan het landelijk gemiddelde.

Het bredere economisch belang van de recreatievaart (bestedingen) komt aan bod onder 8.2.2 scheepvaart en visserij.

8.2.2 Scheepvaart en visserij

Het aantal scheepspassages bij de Goereesluis (jaren 2015-2020), de maritieme toegangspoort tot de Haringvliet, geeft een beeld van de intensiteit van scheepvaart en visserij in het gebied zoals weergegeven in Tabel 31. De tabel is gebaseerd op gegevens van Rijkswaterstaat. Qua aantal passages is recreatievaart dominant, met gemiddeld 70% van de passages. Daarbinnen zijn zeiljachten weer de belangrijkste categorie. Hierbij is het belangrijk om te vermelden dat het jaar 2019 een uitbijter was, dit heeft volgens Rijkswaterstaat naar verwachting te maken met het grotere aantal stremmingen wat mede heeft geleid tot een minder dan gemiddeld aantal passages. Vandaar dat het jaar 2020 als representatief is aangenomen voor de verdere inschattingen van het effect op economie en leefbaarheid.

Tabel 31: Scheepspassages bij de Goereesluis in de jaren 2015-2020.

Goereesluis	Aantal passages 2015	Aantal passages 2016	Aantal passages 2017	Aantal passages 2018	Aantal passages 2019	Aantal passages 2020
Visserij schepen	749 (13%)	747 (13%)	596 (12%)	712 (12%)	283 (22%)	348 (6%)
Zeevisser	727	710	558	667	261	332
Binnenvaartvisser	22	37	38	45	22	16
Vrachtschepen	515 (9%)	495 (9%)	516 (10%)	602 (11%)	449 (36%)	498 (10%)
Vrachtschepen (binnenvaart)	472	445	475	557	431	475
Vrachtschepen (zeevaart)	20	12	14	26	0	1
Overige vrachtschepen (zeevaart)	23	38	27	19	18	22
Recreatieschepen	4117 (71%)	4098 (72%)	3483 (70%)	4031 (71%)	211 (17%)	3630 (71%)
Visser	133	164	123	187	111	22
Passagiersschepen / rondvaartboot / veerboot etc.	0	1	3	17	3	9
Motorjacht	421	401	405	497	13	648
Speedboot	0	0	0	0	0	0
Zeiljacht	2850	2845	2424	2707	28	2246
Roeiboot/kano etc.	608	627	454	544	40	507
Grote recreatievaart >20m	105	60	74	79	16	198
Overige schepen	399 (7%)	367 (6%)	360 (8%)	316 (6%)	318 (25%)	647 (13%)
Dienstvaartuig (politie etc.): (binnenvaart) en (zeevaart)	164	155	155	234	82	122
Baggerschepen	35	6	7	27	19	24
Zeevaart passagiersschip	0	0	0	0	6	5
Overige zeevaart schepen	174	188	196	51	31	20
Vaartuig type onbekend	0	0	0	0	178	440
Overige binnenvaart/ bijzonder transport	26	18	2	4	2	3
Snel draagvleugelboot/catamaran	0	0	0	0	0	33
Totaal (100%)	5780	5707	4955	5661	1261	5123

Economisch belang recreatievaart

Het economisch belang van recreatievaart in termen van bestedingen en toegevoegde waarde maakt onderdeel uit van de gepresenteerde totalen voor toerisme en recreatie in het studiegebied.

De binnenhaven van Stellendam heeft 18 ligplaatsen en de buitenhaven 26. Naast de ligplaatsen voor vissersschepen zijn er nog ligplaatsen voor jachten in de binnenhaven van St. Anchelon (29 ligplaatsen) en Marina Stellendam (420 ligplaatsen). Tot het invloedsgebied van het Haringvliet behoren ook andere havens, waaronder Hellevoetsluis, Middelharnis en Atlantica (t/o Tiengemeten). Stellendam, Hellevoetsluis, Middelharnis en Stad aan het Haringvliet (Atlantica) hebben jachthavens die afhankelijk zijn van de een goede doorgang door de vaargeul (Slijkgat). Ook voor verder stroomopwaarts gelegen jachthavens is het Slijkgat een belangrijke vaarweg.

Verhuur van ligplaatsen en aanleg van passanten vormen belangrijke inkomsten voor deze havens. Ter indicatie: voor Marina Stellendam variëren de jaarlijkse tarieven voor ligplaatsen tussen circa € 2.000- €7.000, afhankelijk van scheepslengte. Passanten betalen € 2,75 per meter bootlengte per nacht (Regattacenter.com, 2021). De inkomsten resp. toegevoegde waarde zijn inbegrepen in de totalen voor de T&R-sector.

Uit 'Cijfermateriaal boven water, Inventarisatie feiten en cijfers waterrecreatie' (Tuunter, E., Schmeink, H. Veer, M., 2002) wordt verwezen naar een weliswaar oud, maar wel zeer breed en gedetailleerd onderzoek, namelijk 'Recreatietoervaart; de moeite waard' van de Bruin en Klinkers. Aan de hand van dit onderzoek hebben enkele vergelijkbare regionale onderzoeken plaatsgevonden. Ook komen de gegevens uit dit onderzoek in veel recentere rapporten voor als globale basis voor bestedingen van toervaarders.

Tabel 32 Overzicht per regio van de gemiddelde dagelijkse bestedingen (zeilboot (ZB) of motorboot (MB)) per boot, en de totale gemiddelde dagelijkse bestedingen per boot en per opvarende (de Bruin, A.H. en Klinkers, P.M.A., 1994)

Activiteiten/ Bestedings- categorieën	Ooster- schelde ZB n=143	Wadden- zee ZB n=142	IJssel- meer ZB n=147	Friese Meren ZB n=152	Friese Meren MB n=142	Hollandse plassen MB n=139	Gr.Dr. kanalen MB n=142	Maas MB n=143	Totaal n= 1151
Dagelijkse boodschappen	46,6	43,00	48,40	33,50	47,80	33,90	42,60	41,50	42,10
Recreatief winkelen	19,4	30,00	19,20	8,60	7,70	15,60	8,90	44,40	19,20
Brandstof e.a. scheepv. art.	17,6	22,70	16,80	19,10	11,40	8,10	16,90	36,00	18,60
Brug- en sluisgelden	0,50	0,50	1,60	1,60	3,00	4,20	0,80	0,80	1,60
Horeca	34,70	38,10	33,70	38,10	29,60	11,60	17,40	30,80	29,30
Cultuurbezoek	0,70	2,70	3,00	0,20	0,10	0,60	1,10	1,60	1,30
Overige recr. act.	2,00	3,90	0,70	1,10	0,50	1,20	1,70	1,40	1,50
Tot. Gemiddelde bestedingen per vaardag, per boot	121,50	140,90	123,80	102,20	100,10	75,20	89,40	156,50	113,60
Tot. Gemiddelde bestedingen per vaardag, per opvarende	40,30	46,30	43,30	32,00	33,20	28,00	33,50	52,90	38,80

Bovengenoemd onderzoek geeft aan dat de bestedingen door waterrecreanten in de dichtbijgelegen Zeeuwse wateren iets bovengemiddeld zijn t.o.v. het nationale gemiddelde. Ruim 80% van de bestedingen valt in de categorieën horeca (28%), winkelen (16%) en boodschappen (38%).

Volgens onderzoek van NBTC-NIPO (2009) werden in Nederland met eigen kajuitjachten 4.600.000 vaardagen gemaakt. Huurders van kajuitjachten maken in totaal 500.000 vaardagen. Dit zijn schattingen op basis van een steekproef (Botenpanel). In 1994 en 2002 is door Alterra in verschillende delen van Nederland onderzoek gedaan naar de bestedingen van watersporters. De opvarenden van zeilboten in Nederland besteedden in 2002 gemiddeld € 71,93 per dag incl. passantengeld, voor motorboten was dit € 77,49. Op basis van deze getallen kunnen de bestedingen per passant (boot) per dag in 2002 worden afgerond op € 75. Als rekening wordt gehouden met prijsstijgingen (inflatie) sinds 2002 dan bedragen de gemiddelde bestedingen in 2020 € 100 per boot per dag.

Ook ligplaatshouders geven geld uit tijdens hun verblijf op de haven of tijdens dagtochten in de buurt. Als kerngetal kan worden aangehouden dat zij gemiddeld 20 dagen al dan niet met een overnachting op of rond de eigen haven verblijven. In tegenstelling tot bezoekende passanten geven zij noch geld uit aan lig- of passantengeld, noch aan cultuurbezoek (omdat aangenomen mag worden dat zij de lokale musea al een keer bezocht hebben en niet als „watersporter“ maar als „bewoner“ cultureel actief zijn). Op basis hiervan kunnen de bestedingen van ligplaatshouders in de haven en bij de plaatselijke middenstand worden geschat op € 90 per dag (2020).

De gemiddelde bestedingen van andere vormen van waterrecreatie (bootvissen, surfen) zijn gemiddeld de helft van die van zeil- en motorbootrecreanten (Tuunter, E., Schmeink, H. Veer, M., 2002).

Beroepsvaart en visserij

Vraag 8 - Economie

Wat is de huidige economische waarde van de visserij?

Antwoord 8

Onderstaand wordt de waarde van de belangrijkste componenten toegelicht, namelijk de vissersvloot, de visafslag en de scheepswerven. Hierbij is geen rekening gehouden met de mogelijke impact van aanpassingen in (Europese) wet- en regelgeving (bijv. pulsvisserij) alsmede de Brexit.

Visserstvloot

De vloot in Stellendam bestaat uit 25 kotters, waarvan 15 pulskor- en 10 garnalenkotters, waarbij voornamelijk op tong, schol, griet, kabeljauw, tarbot, wijting, poon, schar, bot, tongschar en garnalen wordt gevist (United Fish Auctions, 2021). De vissers vertrekken op zondag en komen op vrijdag terug. Tijdens de stilligperiode als het visquotum gehaald is liggen de kotters in zowel de binnen- als de buitenhaven van Stellendam.

In eerder onderzoek door Ecorys (2016) en Arcadis (2016) naar de financieel-economische waarde van het Slijkgat werd ervan uitgegaan dat op een kotter 5 à 6 mensen werken, in totaal derhalve 125/150 arbeidsplaatsen in de visserijvloot van Stellendam. Volgens informatie van het Landelijk Informatiesysteem van Arbeidsplaatsen (LISA, 2021) zijn in de primaire sector (visserij en landbouw) 422 banen in Voorne-Putten, die een toegevoegde waarde van € 38 mln. euro opleverden in 2019. Zie Tabel 33 (Economische monitor Voorne-Putten). In Goeree-Overflakkee zijn 42 vestigingen in de visserij en kweken van vis en schaaldieren sector, wat 128 banen oplevert.

Tabel 33: Werk en economie cijfers Gemeentes Brielle, Hellevoetsluis, Nissewaard en Westvoorne

	Werk en economie - Gemeenten											
	Brielle			Hellevoetsluis			Nissewaard			Westvoorne		
	Vestigingen: Landbouw en visserij [aantal]	Toegevoegde waarde (x 1.000): landbouw/visserij [€]	Banen: Landbouw & Visserij [aantal]	Vestigingen: Landbouw en visserij [aantal]	Toegevoegde waarde (x 1.000): landbouw/visserij [€]	Banen: Landbouw & Visserij [aantal]	Vestigingen: Landbouw en visserij [aantal]	Toegevoegde waarde (x 1.000): landbouw/visserij [€]	Banen: Landbouw & Visserij [aantal]	Vestigingen: Landbouw en visserij [aantal]	Toegevoegde waarde (x 1.000): landbouw/visserij [€]	Banen: Landbouw & Visserij [aantal]
2005	76		310	40		86	105		226	115		574
2006	71		301	36		75	105		226	113		551
2007	73		392	35		76	102		207	107		730
2008	74		360	36		80	102		206	109		711
2009	77		350	40		86	97		206	108		500
2010	80	46.000	409	38	9.000	83	103	23.000	199	109	53.000	474
2011	94	32.000	376	67	12.000	134	104	17.000	194	118	44.000	506
2012	91	32.000	366	67	12.000	131	104	18.000	197	119	47.000	525
2013	92	35.000	401	71	15.000	158	100	17.000	187	113	44.000	487
2014	90	34.000	399	72	15.000	156	95	16.000	177	104	42.000	479
2015	88	36.000	362	70	17.000	158	91	18.000	176	102	46.000	450
2016	85	40.000	410	70	17.000	165	88	18.000	180	95	43.000	428
2017	82	40.000	409	68	15.000	144	88	17.000	176	92	38.000	377
2018	85	35.000	403	66	15.000	170	89	16.000	179	93	34.000	376
2019	87	38.000	422	68	14.000	153	89	16.000	178	90	33.000	354

Op basis van het aantal arbeidsplaatsen op de kotters komt dit neer op een toegevoegde waarde tussen € 11-13,5 mln. in 2019 voor de vissersvloot. De totale economische waarde van de visserij gerelateerde sector is echter hoger. Daarbij zijn vooral de visafslag en scheepswerven van belang, naast een innovatiecentrum, zeevaartschool en toeleveranciers.

Visafslag

Inzoomend op de visafslag zien we het volgende beeld (Visserijnieuws.nl, 2021) en zie Tabel 34 en Tabel 35:

- Er worden circa 400-500 ton garnalen verhandeld in Stellendam, met een waarde van circa € 3 mln. Stellendam is een bescheiden speler t.o.v. andere visafslagen (circa 5%);
- De afslag van vis in Stellendam is 4000-5000 ton met een waarde van circa € 23 mln. Hier bevindt Stellendam zich in de midden categorie.

Tabel 34: NOVA-Afslagcijfers garnalen 2013-2017

NOVA-AFSLAGCIJFERS GARNALEN 2013-2017

	OMZET 2013	AANVOER 2013	OMZET 2014	AANVOER 2014	OMZET 2015	AANVOER 2015	OMZET 2016	AANVOER 2016	OMZET 2017	AANVOER 2017
	x 1000 €	x 1000 kg	x 1000 €	x 1000 kg	x 1000 €	x 1000 kg	x 1000 €	x 1000 kg	x 1000 €	x 1000 kg
BRESKENS	€ 5.942	1.415	€ 7.078	2.146	€ 6.086	1.530	€ 12.295	1.641	€ 8.233	1.197
COLIJNSPLAAT	€ 1.914	450	€ 2.083	627	€ 1.267	317	€ 3.946	506	€ 4.890	665
DEN OEVER	€ 13.457	3.633	€ 11.588	3.476	€ 10.802	3.119	€ 25.176	3.332	€ 17.281	2.217
STELLENDAM	€ 1.678	410	€ 2.460	738	€ 2.139	534	€ 3.828	484	€ 3.316	500
HARLINGEN	€ 19.995	5.143	€ 19.200	5.968	€ 12.700	3.793	€ 24.300	3.105	€ 18.900	2.728
LAUWERSOOG	€ 15.765	3.520	€ 13.474	3.825	€ 11.561	2.998	€ 19.786	2.563	€ 11.082	1.380
TOTAAL	€ 58.751	14.571	€ 55.883	16.780	€ 44.555	12.291	€ 89.331	11.631	€ 63.702	8.687

Tabel 35: Visafslagcijfers 2013-2017

VISAFSLAGCIJFERS 2013-2017

	OMZET 2013	AANVOER 2013	OMZET 2014	AANVOER 2014	OMZET 2015	AANVOER 2015	OMZET 2016	AANVOER 2016	OMZET 2017	AANVOER 2017
	mio €	x 1000	mio €	x 1000	mio €	x 1000	mio €	x 1000	mio €	x 1000
BRESKENS	7,3	1.956	8,8	2.706	7,0	1.869	13,1	2.332	8,6	1.591
COLIJNSPLAAT	2,2	482	2,4	651	1,6	333	4,3	523	5,3	682
DEN HELDER	19,3	5.422	20,3	5.748	21,8	6.192	20,4	5.258	17,1	3.770
DEN OEVER	19,1	5.102	18,2	5.107	19,8	5.400	36,6	5.993	28,2	4.775
STELLENDAM	19,3	5.253	21,5	5.098	23,5	5.002	25,8	4.706	23,3	3.999
HARLINGEN	20,0	5.143	19,2	5.968	12,7	3.793	24,3	3.105	18,9	2.728
LAUWERSOOG	21,5	6.822	18,2	6.493	17,0	5.768	25,7	5.134	15,6	2.943
URK	95,2	48.742	86,4	40.070	101,3	42.236	126,0	49.527	116,7	42.176
VIJSSINGEN	25,2	6.893	24,3	5.732	25,6	5.510	22,9	5.119	22,3	4.425
IJMUIDEN	48,2	15.773	51,8	15.311	57,9	16.671	68,1	17.261	70,9	16.661
SCHEVENINGEN	22,4	7.127	22,3	6.810	28,4	7.989	33,9	8.515	36,1	8.473
TOTAAL	299,7	108.715	293,4	99.694	316,6	100.763	401,1	107.473	363,0	92.223

Scheepswerven

In Stellendam zijn twee scheepswerven actief: Padmos en Maaskant Shipyards Stellendam. Beide werven richten zich op het ontwerp en de nieuwbouw van voornamelijk visserij schepen, maar ook van sleepboten, werkschepen, rijksvaartuigen en (delen van) binnenvaartschepen, allen met de bijbehorende uitrusting. Daarnaast heeft men de reparatie, renovatie en het onderhoud van de genoemde schepen en zijn beide werven dealer van scheepsdieselmotoren met de daarbij behorende werkzaamheden.

Volgens onderzoek (Ecorys, 2016) bedroeg het aantal arbeidsplaatsen van beide werven samen circa 165 fte. De werkgelegenheid bedraagt momenteel ongeveer 200 fte exclusief toeleveranciers en personeel van uitzendbureaus (informatie Padmos, 2021). Gemiddeld over de jaren 2008 – 2018 hadden de twee werven een jaarlijks omzet van circa € 43 tot 58 miljoen. Vanaf 2019 is de gezamenlijke omzet verder gestegen tot boven de € 60 miljoen (informatie Padmos, 2021), 50-75% van deze omzet is visserij gerelateerd. In deze omzet is ten dele ook de omzet verwerkt van een aantal toeleveranciers (zoals Wetec, Ijtama, Redert en Coöperatie Westvoorrie) die ook gesitueerd zijn aan de havens van Stellendam. Buiten de leveringen die zij rechtstreeks aan de scheepswerven doen, hebben deze toeleveranciers ook andere omzet waarbij zij afhankelijk zijn van de havens van Stellendam.

Diepte van het Slijkgat

Het op deze diepte houden van de vaargeul is vooral van belang voor de beroepsvaart (inclusief visserij) die tot 4 meter diep kunnen steken. Voor de recreatievaart is de diepte in beginsel minder cruciaal, gezien de beperkte diepgang (tot ca. 2 meter). Plezierjachten kunnen echter in zwaar weer flink op en neer bewegen door de deining en dan eerder de bodem aantikken. Dit heeft invloed op de veiligheid van de opvarenden en schade aan de vaartuigen. Ervaring en bewustzijn van de risico's van varen in het gebied en een goede voorbereiding op de vaargeulligging en de weersverwachtingen zijn noodzakelijk.

Het Slijkgat is een grillige geul waarvan de diepte snel kan teruglopen als gevolg van snelle aanzanding of de ligging van de vaargeul snel kan veranderen. In februari 2021 bijvoorbeeld is de vissershaven van Stellendam daardoor korte tijd niet goed bereikbaar geweest waarbij schepen moesten uitwijken naar andere havens. Dit veroorzaakt gederfde

inkomsten voor de visafslag en extra kosten voor de vissersschepen vanwege uitwijken naar andere havens. Ook bij watersporters staat het Slijk gat bekend om zijn wispelturigheid qua dimensionering.

Vraag 10 - Economie

a. Welke kosten hangen samen met het op diepte houden van het Slijk gat met baggeren? b. En welke kosten bij de autonome morfologische ontwikkeling?

Antwoord 10a

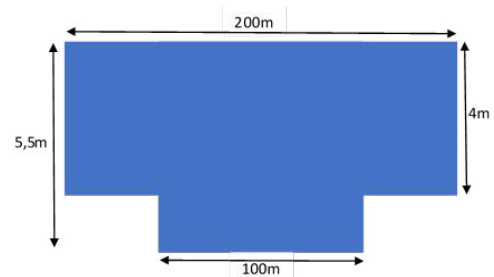
Het Slijk gat is de vaarroute die de havens aan het Haringvliet verbindt met open zee en is daarmee van groot belang voor de visserij, werven en de toerisme- en recreatiesector. Volgens de Visserijvereniging Zuid-West zijn er ongeveer 6000 scheepsbewegingen elk jaar in het Slijk gat. De vaargeul wordt beïnvloed door het getij waardoor schippers van schepen met grote diepgang hun passages goed moeten afstemmen om gedurende hoogtij te kunnen passeren.

Naar aanleiding van de zienswijzen op de PKB deel 1 voor het project Mainportontwikkeling Rotterdam is door meerdere partijen waaronder de Gemeente Rotterdam het akkoord 'Natuurcompensatie Landaanwinning & Leefbaarheidspakket Voorne en Goeree' gesloten ter compensatie van effecten op de natuur en verbetering van de leefbaarheid in de regio.

Garantie bevaarbaarheid Slijk gat: 5,5 m diepte

Het Slijk gat is de levensader voor de visserij van Stellendam, maar wordt ook gebruikt door schepen met het achterland als bestemming. Met Rijkswaterstaat is destijds afgesproken dat het Slijk gat de hoofdgeul is, de overige geulen slibben dicht. Door de kieropenstelling van de Haringvlietdam en de landaanwinning verandert er mogelijk een en ander in de kustmorfologie. De gemeente Rotterdam geeft de garantie aan de gemeente Goedereede dat het Slijk gat op 5,5 m diepte zal houden. Dit kan door jaarlijks met een toegewijde zuiger over een lengte van nu ca. 1800 m onderhoudsbaggerwerk te laten verrichten. Dit op basis van de meest recente peilingen die (nu al) 4 maal per jaar door Rijkswaterstaat plaatsvinden. Dit alles op basis van de huidige gegevens. Het betreft hier een structurele verplichting. Het wordt meegenomen in de onderhoudsbaggerwerkzaamheden voor de Eurogeul.

Naast het havenbedrijf heeft Rijkswaterstaat ook een baggeropgave vanuit de Deltaschadewet in het Slijk gat. Bij de behandeling van het ontwerp Deltaschadewet in 1970 zijn door het Rijk toezeggingen gedaan inzake de bevaarbaarheid van het Goereese Gat, het huidige Slijk gat. Deze toezegging is in een brief bevestigd (Rijkswaterstaat, 1980). Hierin wordt medegedeeld dat het Rijk ook in de toekomst een vaargeul zal blijven onderhouden op een diepte van NAP -4,0 m en een breedte van 200 m, zolang de gemeentelijke en de visserijbelangen de kosten van het onderhoud van de vaargeul rechtvaardigen ([Overheid.nl, 2011](https://overheid.nl/2011)). Hierdoor ontstaat een theoretische geul, waarbij 100m in de midden van de 200m liggen, zie Figuur 103. De kosten zijn evenredig verdeeld tussen het Havenbedrijf Rotterdam en Rijkswaterstaat.



Figuur 103: Theoretische vaargeul in het Slijk gat

Op basis van door het Havenbedrijf Rotterdam (HbR) verstrekte informatie bedroeg de baggerinspanning t.b.v. een vaargeul van 5,5 meter diepte en 100 meter breedte in 2017 481.000 beun m³ en de bijbehorende kosten € 1,05 mln. (exclusief BTW en inclusief overheadkosten). De kostprijs inclusief BTW was in 2017 daarmee € 2,64 / m³ in beun. Daarbij is door HbR opgemerkt dat 2017 een jaar was met relatief weinig benodigde inzet t.o.v. het gemiddelde en ook een relatief lage kostprijs per m³. De gemiddelde kostprijs per m³ in beun over de laatste 5 jaar bedraagt ca. € 2,46 (exclusief BTW, inclusief overhead), dit komt neer op €2,98 per m³ in beun inclusief BTW. In hoofdstuk 2.2.2 wordt nader uitleg gegeven over de veranderende baggervolumes in de tijd (1985-2020), zie Figuur 3.

Het antwoord op 10b staat in paragraaf 8.4.2.

8.2.3 Leefbaarheid

Ten behoeve van de effectbepaling op leefbaarheid bevat deze paragraaf inzichten met betrekking tot de huidige situatie op het gebied van het woon- en leefklimaat in de regio, het vestigingsklimaat voor bedrijven en de waterkwaliteit en grondwaterstanden.

Huidige woon- en leefklimaat

Op Voorne-Putten leven 156.654 mensen, Goeree-Overflakkee zijn het 50.049 (2020), zie Tabel 36. Meest recente cijfers voor Voorne-Putten wijzen op een positief migratiesaldo. De toename van het aantal inwoners is ook te zien in het aantal geregistreerde woningen (ABF, 2021). Ook de gemiddelde vraagprijs van aangeboden woningen is over de laatste drie jaar sterk gestegen, echter net iets lager dan het Nederlandse gemiddelde. Alhoewel het aantal inwoners aan het groeien is, is dit met name het geval voor het aantal mensen boven de 65 jaar. Dit leidt tot een krimp in de beroepsbevolking op Voorne-Putten. Door deze demografische ontwikkelingen zal het woon- en leefklimaat op Voorne-Putten veranderen. In een recent onderzoek uitgevoerd door Bureau voor Ruimte en Vrije Tijd wordt aangegeven dat meer dan de helft één of vaker dan één keer per week een natuur- of recreatiegebied bezoeken, waarbij ontspanning van groot belang is. Verder wordt in het onderzoek duidelijk dat inwoners met name behoefte hebben aan voorzieningen voor rustige natuurbeleving en in kleine mate voor evenementen. Inwoners gaven aan tevreden te zijn met het huidige aanbod en de omgeving.

Tabel 36: Inwoners Voorne-Putten en Goeree-Overflakkee (LISA & CBS)

	Voorne-Putten				Goeree-Overflakkee	
	Brielle	Hellevoetsluis	Nissewaard	Westvoorne		Totaal
2010	15.759	39.756	84.000	14.057	48.174	153.572
2011	15.978	39.739	84.648	13.992	48.273	154.357
2012	16.072	39.442	84.597	13.901	48.321	154.012
2013	16.320	39.086	84.773	13.890	48.259	202.328
2014	16.312	38.953	84.929	13.964	48.245	202.403
2015	16.467	38.882	85.121	14.083	48.206	202.759
2016	16.640	38.634	85.293	14.197	48.321	203.085
2017	16.833	38.722	85.401	14.257	48.653	203.866
2018	17.040	39.992	84.593	14.508	49.129	205.262
2019	17.182	40.049	84.797	14.626	49.611	206.265
2020	17.271	40.142	85.219	14.731	50.049	207.412

Vestigingsklimaat

Goeree-Overflakkee en Voorne-Putten zijn eilanden tussen de Randstad en de Zuidwestelijke Delta, dit beïnvloedt het woon- en leefklimaat. Van oudsher heeft het havengebied invloed op de vestigingen en mogelijke werkgelegenheid, ook vandaag zijn nog 158 personen werkzaam in de visserij en schelpdieren sector. In Tabel 37 is te zien dat het aantal bedrijfsvestigingen toeneemt, zowel op Voorne-Putten als Goeree-Overflakkee. Het aantal arbeidsplaatsen is met name toegenomen op Goeree-Overflakkee. De groei is iets hoger dan landelijk gemiddeld en betreft voornamelijk zzp-ers (bedrijven met één persoon), terwijl de grotere bedrijven in aantal afnamen. Binnen de verschillende sectoren kan een onderscheid gemaakt worden tussen de industrie (sterkere groei) en onderwijs, zorg en logistiek (minder sterke groei). Op Voorne-Putten is het laatste jaar het aantal banen iets gedaald (LISA, 2021).

Tabel 37: Ontwikkeling bedrijfsvestigingen en arbeidsplaatsen Voorne-Putten en Goeree-Overflakkee (LISA, 2021)

	Voorne-Putten		Goeree-Overflakkee	
	Vestigingen	Banen	Vestigingen	Banen
2015	8.211	42.977	3.600	18750
2016	8.553	43.581	4.170	19510
2017	8.942	43.956	4.250	19710
2018	9.232	43.848	4.470	20290
2019	9.737	43.152	4.670	20830

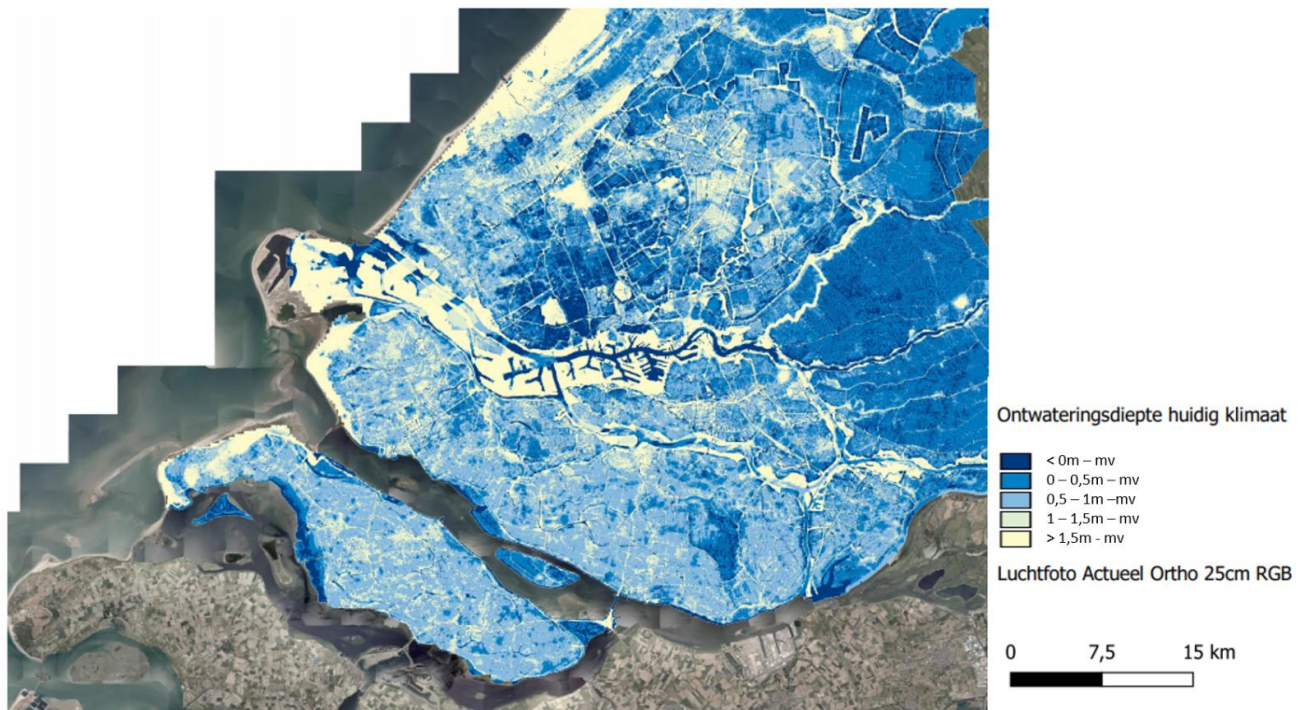
Stellendam heeft een bedrijventerrein met veel water/visserij gerelateerde bedrijven, duidelijk verbonden met de aanwezigheid van de visserijvloot, visafslag en jachthavens. Ouddorp kenmerkt zich door tientallen bedrijven met name gericht op verblijfsrecreatie, daardoor zijn horeca en detailhandel bovengemiddeld aanwezig.

Op Goeree-Overflakkee overweegt een aantal aanbieders om hun capaciteit uit te breiden door de toenemende vraag naar toeristische verblijfsaccommodaties (met name camperplaatsen). Volgens onderzoek uit 2018, worden ze hierbij geconfronteerd met hoge eisen bij het verkrijgen van vergunningen (Korteweg Maris & Goedegebuure, 2019).

Waterkwaliteit en grondwaterstanden

De gemiddelde grondwaterstand in het duingebied van Voorne varieert op de meeste locaties tussen ca. NAP +2 en +4 m (Grondwatermonitoring Dinoloket, 2021). Op het strand vindt een overgang plaats van het duingebied tot het intergetijdengebied, waarbij de grondwaterstanden steeds sterker beïnvloed worden door het zeewaterpeil en het getij. Nabij Rockanje en in de achtergelegen polders is de gemiddelde grondwaterstand ook lager, en varieert tussen NAP -2 en +1 m. Het zoutgehalte van het grondwater volgen eenzelfde patroon: in grote lijnen is in het duingebied zoet grondwater aanwezig tot een maximale diepte van 25 tot 50 m onder maaiveld, en op het strand en in de lageregelegen delen direct achter het duingebied neemt deze diepte af naar 0 tot 5 meter onder maaiveld ('Signaleringskaart Voorraad Drink- en Grondwater', 2021).

Ontwateringsdiepte huidig klimaat Provincie Zuid-Holland



Figuur 104: Ontwateringsdiepte huidig klimaat Provincie Zuid-Holland (Provincie Zuid-Holland, 2019)

Bij de kust van Goeree treedt ten aanzien van de grondwaterstanden een vergelijkbaar patroon op: Op de meeste locaties varieert de gemiddelde grondwaterstand in het duingebied van Goeree (excl. Ouddorp) tussen ca. NAP +2 en +4 m (Grondwatermonitoring Dinoloket, 2021). Dichter bij het intergetijdengebied (e.g. het strand) worden de grondwaterstanden steeds sterker gedomineerd door het zeewaterpeil en het getij. Nabij Ouddorp en in de achtergelegen polders is de gemiddelde grondwaterstand ook lager, en varieert tussen NAP -2 en +1 m.

In het duingebied van Goeree (incl. Ouddorp) is – in grote lijnen – zoet grondwater aanwezig van 25 tot 50 meter onder maaiveld. Op een enkele locatie bevindt het zoet-brak grensvlak zich zelfs dieper dan 50 meter onder maaiveld. Op het strand en in de lageregelegen delen direct achter het duingebied neemt deze diepte af naar 0 tot 5 meter onder maaiveld ('Signaleringskaart Voorraad Drink- en Grondwater', 2021).

8.3 Morfologische ontwikkelingen en indicatoren economie & leefbaarheid

8.3.1 Scenario 1 Brede kust van Voorne

Scenario 1, ook wel beschreven als “Brede kust van Voorne”, wordt als meest waarschijnlijk scenario gezien. In dit scenario verandert tot 2025 niets wezenlijk in de huidige situatie. De momentele sedimentatie van het gebied vòòr de Slikken van Voorne gaat door, evenals de ruimtelijke uitbreiding van de ondiepe en droogvallende platen voor de kust van Voorne. In 2030 zullen zich twee kombergingsgebieden gevormd hebben, èèn voor de Slikken van Voorne en èèn voor de kust van Voorne, gescheiden door de kustuitbouw bij de Groene Punt. Deze kombergingsgebieden zullen na 2030 continue verondiepen. De verwachte verondieping in het gebied leidt tot verdere aangroei van de kust met verhoogde onderhoudsinspanningen voor het Slijkgat. Verwacht wordt dat tot 2060 de aanzanding tot een verdere verondieping zal leiden, waarbij oppervlaktes met waterdieptes tussen -10 en -1 m NAP zullen verkleinen.

De verwachte aangroei van de kust zal de mogelijkheden voor economie en leefbaarheid veranderen. De recreatieve functies worden met name beïnvloed door de toenemende beheerinspanning van de vaarroute, grote droge vlaktes voor de kust van Voorne die op lange termijn aangroeien aan de kust en verslibbing die leidt tot een meer wad-achtig gebied. Deze veranderingen kunnen ertoe leiden dat de natuur verandert, de kust niet meer als kust wordt waargenomen en de motivatie van recreanten en toeristen om de kust te bezoeken zich wijzigt. Relevante morfologische indicatoren om de gevraagde kennisvragen met betrekking tot economie en leefbaarheid te beantwoorden zijn te zien in Tabel 38. De tabel geeft een overzicht van de morfologische veranderingen voor scenario 1 ten opzichte van de huidige situatie. De effectbepaling richt zich primair op scenario 1.

Tabel 38 Relevante morfologische indicatoren en de veranderingen in scenario 1 ten opzichte van de huidige situatie

Indicatoren	Verandering
Waterdiepte	Verondieping
Stroomsnelheid	In geulen is maximaal 1 meter per seconde.
Dynamiek	Mogelijk iets meer dynamiek in de duinen en golfdynamiek bij de geul voor het Groene Punt
Aangroei kustzone	Voor al bij het Groene Punt
Zandbankvorming	Zandbanken zullen verder aanlanden en de Slikken van Voorne zullen zich verder zeewaarts uitbreiden
Verstuiving / zand spray	In de toekomst zal duinvegetatie afnemen. Bij Groene Punt kan nog wel enige salt spray plaatsvinden (heeft invloed op de duinvegetatie), bij de rest van de kust van Voorne niet. Hele duinvegetatie verandert dus in een bosachtige omgeving, en heeft daarmee weer invloed op de natuurbeleving. De hele kust van Voorne kan behoorlijk stuiven (maar het is een wat slibbig strand, dus die voorkomen dat het kan gaan stuiven) op de strandvlakte zelf kan het gaan stuiven. Op de hogere delen krijg je zandverstuivingen.
Ligging, diepte en breedte vaargeul	Veranderingen treden steeds sneller op.
Baggeropgave	Baggerinspanningen nemen toe

8.3.2 Scenario's 2 en 3

Scenario 2 ("Geul bij Groene Punt") en scenario 3 ("Twee geulensetel") worden als minder waarschijnlijk ingeschat. Hierbij een samenvatting van de twee scenario's en hun relatie tot economie en leefbaarheid.

Scenario 2, of wel de "Geul bij Groene Punt" genoemd, wordt gekenmerkt door drie vloedkommen die gedurende de tijd kleiner worden door sedimentatie net als de geulen. Desondanks blijft de geul voor de Groene Punt intact en zal vermoedelijk verder landwaarts opschuiven en lokaal tot nog eens 100 m kustachteruitgang kunnen leiden tot 2060. Hierbij ontstaat twee geulen, de noordelijke (de nieuwe geul) en de zuidelijke geul (het restant van het huidige Slijkpat) met daartussen een ondiep gebied. Het wordt verwacht dat door sedimentatie deze twee geulen verkleinen wat het onderhouden van de huidige vaargeuldiepte vermoeilijkt en vermoedelijk tot nagenoeg continue baggerinspanningen leidt. Ook in dit scenario zal de natuur veranderen en de recreatieve activiteiten beïnvloeden.

In scenario 3 of wel het "Twee geulensetel" genoemd, wordt verwacht dat het Slijkpat zich in tweeën zal splitsen: een centraal door het gebied lopende ebgeul en een vloedgeul voorlangs de kust van Goeree. Deze tweesplitsing zal niet vòòr 2030 ontstaan, maar de geul van het Slijkpat zal dan vrijwel niet meer voor scheepvaart te gebruiken zijn. Ook in dit scenario zal door de morfologische veranderingen veel sediment het gebied in komen, hierdoor wordt verwacht dat brede stranden en strandvlaktes ontstaan die dan tot primaire duinvorming leiden. In scenario 3 zullen de oppervlaktes van waterdieptes tussen -10 en -1 m NAP dalen en mogelijke recreatieve functies in het gebied veranderen. Relevante morfologische indicatoren om de gevraagde kennisvragen met betrekking tot economie en leefbaarheid te beantwoorden zijn te zien in Tabel 39. De tabel geeft een overzicht van de morfologische veranderingen voor scenario 2 en 3 ten opzichte van de huidige situatie.

Tabel 39: Relevante morfologische indicatoren en de veranderingen in scenario 2 en 3 ten opzichte van de huidige situatie.

Indicatoren	Verandering scenario 2	Verandering scenario 3
Waterdiepte	Verondieping	Verondieping
Dynamiek	Lokaal iets meer dynamiek in de duinen	
Aangroei kustzone	Eerst erosie en achteruitgang van de kustlijn bij het Groene Punt. Op andere plekken zal het gebied verondiepen	De kust van Voorne wordt vanaf het Hinderplaatcomplex gevoed met sediment en wordt breder Primaire duinvorming zou op de strandvlakte kunnen ontstaan
Zandbankvorming	Grootschalig en droogvallend plaatsysteem tussen de twee geulen dat op een mini-eilandje voor de kust lijkt	
Verstuiving / zand spray	Op het droogvallende plaatsysteem zou verstuiving van droge zand mogelijk worden	Op het droogvallende plaatsysteem zou verstuiving van droge zand mogelijk worden
Ligging, diepte en breedte vaargeul	Twee geulen in plaats van één geul geeft net iets minder diepte in het Slijkpat	Vaarroute moet wezenlijk worden verlegd
Baggeropgave	Baggerinspanningen nemen toe ('permanent baggeren')	In verband met het verleggen van de vaarroute stijgt de beheerinspanningen, omdat het nog maar een restant is van het huidige Slijkpat en dus kleiner is

8.4 Effecten op economie en leefbaarheid

8.4.1 Effecten toerisme en recreatie

Vraag 3 - Economie

Wat is het effect (in aantallen recreanten, % en economische waarde in euro's) van de autonome morfologische ontwikkeling op de verschillende categorieën recreanten (o.a. badstrand, natuur, cultuur) in 2025, 2030, 2040, 2050 en 2060?

Antwoord 3

In paragraaf 8.2.1 en bijlage B zijn verschillende typen recreanten en toeristen onderscheiden, elk met eigen motieven, voorkeuren, wensen en behoeftes. Er zijn drie dominante bezoekredenen voor toeristen om naar Goeree-Overflakkee en Voorne-Putten te komen: strand- en waterbeleving, natuurbeleving en cultuurbeleving. De morfologische veranderingen beïnvloeden natuurbeleving (positief) en strand- en waterbeleving (negatief) (Bijlage B). Cultuurbeleving wordt niet of nauwelijks beïnvloed. De huidige aantrekkingskracht van de strand- en waterbeleving gaat in belangrijke mate verdwijnen en er vindt een transitie plaats naar natuurbeleving. Als we uitgaan van de leefstijlen, heeft de huidige recreatieve functie de meeste aantrekkingskracht op de plezierzoeker en harmoniezoeker (de strandbeleving) en de actieve watersport (avontuurzoeker, plezierzoeker, stijlzoeker). In de toekomst zal het beeld gaan verschuiven met meer aantrekkingskracht voor de doelgroepen avontuurzoeker, inzichtzoeker en verbindingsoeker:

- Er is op Voorne minder ruimte voor een klassieke strandbeleving in de zin van “zandige oevers en brekende golven”. Wel neemt de totale oppervlakte aan strand toe met uitzondering van het strand bij de Groene Punt waar een nieuwe getijgeul de komende jaren tot erosie kan leiden. Vanwege de verandering in bodemsamenstelling en de afscherming van golfwerking, verandert de strandbeleving. Het water ingaan voelt minder prettig aan door de sliblaag. Verschuiving naar Zeeland en andere delen van Zuid-Holland van strandbezoek (bijv. zuidkant van Goeree-Overflakkee / Brouwersdam) is dan te verwachten.
- Afhankelijk van de bereikbaarheid van de aangegroeide platen/strandvlaktes ontstaat er mogelijk meer ruimte voor actieve waterrecreatie aan het water, zoals (kite)surfen.
- Ook ontstaat (meer) ruimte voor natuurbeleving door het uitbreiden van natuurwaarden uit Voornes Duin in de Voordelta.

De verwachting op basis van expert judgement is dat de transitie van een badstrand naar een (meer) slibbiger profiel, economische implicaties zal hebben. Dit heeft twee oorzaken:

- Een verschuiving binnen de bezoekmotieven, zoals hierboven aangegeven. Daarbij zou de verdeling 65% bad/strand, 25% natuur en 10% cultuur uiteindelijk kunnen verschuiven naar 25% bad/strand, 65% natuur en 10% cultuur.
- Gegeven dat bad/strandbeleving momenteel de dominante bezoekreden is (65%), zal naar verwachting ook het absolute aantal bezoekers dalen met mogelijk 25%.

Voor dagrecreatie wordt aan natuurbeleving gemiddeld minder uitgegeven dan aan strandbeleving (NBTC, 2018). Ter indicatie: aan een wandeling wordt per persoon gemiddeld € 1,80 per keer uitgegeven, aan fietsen circa € 3,30 p.p. en aan zwemrecreatie/duiken gemiddeld € 4,90 p.p. Wat betreft de verblijfsrecreatie (vakanties) is er een minder groot verschil in motieven, waarbij aan natuur zelfs iets meer wordt uitgegeven. Zo wordt volgens CBS (Kerncijfers Vakanties van Nederlanders, 2020) gemiddeld per persoon per vakantiedag in Nederland € 27 uitgegeven voor vakanties met een bad/strand signatuur en € 32 voor natuur.

Gegeven deze kengetallen, hoeft een verschuiving tussen bezoekmotieven als zodanig geen grote economische impact te hebben. Dit geldt wel voor de verwachte absolute daling van het aantal bezoekers. Zo komt een daling van 25% overeen met € 100 miljoen/jaar voor het totale studiegebied.



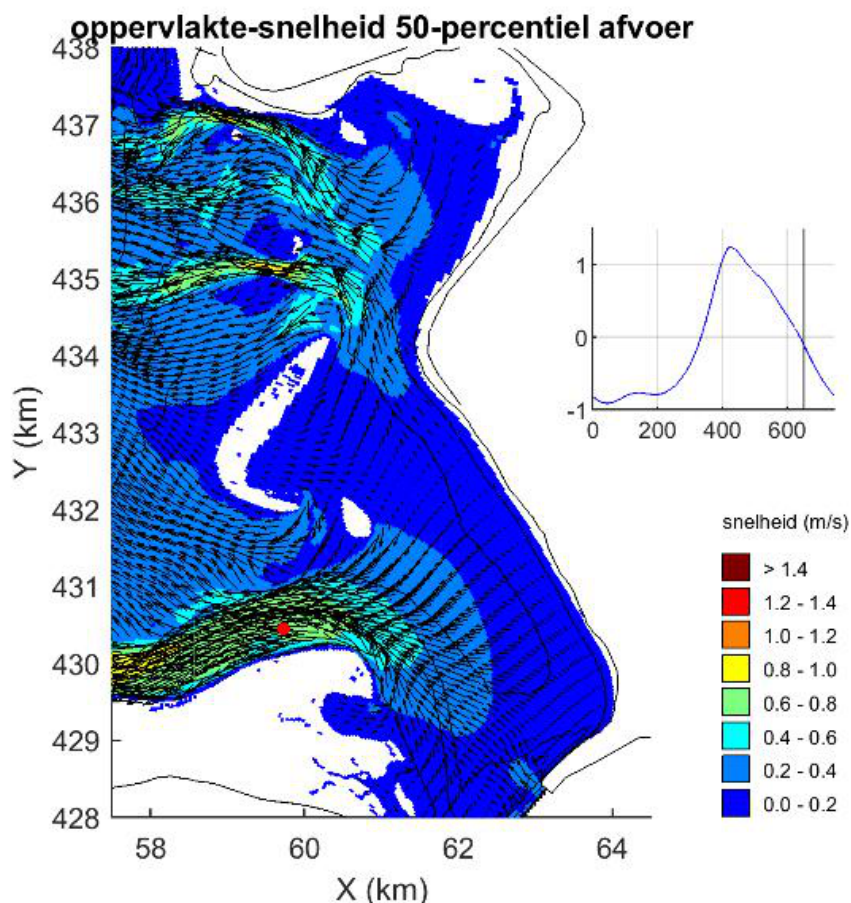
Vraag 6 – Economie

Hoe zullen de risico's voor de fysieke veiligheid van de recreant bij het zwemmen, wandelen of recreëren zich ontwikkelen onder invloed van de autonome morfologische ontwikkeling?

Antwoord 6

De morfologische veranderingen zullen effect hebben op de vorm en kwaliteit van de kust vanuit het perspectief van toerisme en recreatie. Zo zullen er eerst grotere vlaktes voor de kust van Voorne ontstaan die droogvallen en uiteindelijk bij de kust aangroeien. De kust wordt breder en kwelderachtig, slibbig. Dit is te vergelijken met de natuur van de Wadden (Zuidwest Texel). Dit is het eindbeeld (2060) van een proces dat zich over meerdere decennia voltrekt.

Vanwege de morfologische ontwikkelingen is het mogelijk dat er op sommige plaatsen – nabij opschuivende zandplaten waar het getij langs stroomt – op bepaalde tijdstippen vrij hoge stroomsnelheden vóórkomen. Zwemmers, maar ook (onervaren) suppers kunnen daardoor in de problemen komen. Onderstaande figuur geeft ter illustratie het berekende stroombeeld (2018 modelbodem) voor een tijdstip met afgaand water (ebstroom) en met een 50 percentiel spuidebiet. De weergegeven stroomvectoren gelden voor de bovenste rekenlaag uit de 3D berekening (wateroppervlak). Vooral ter hoogte van de Groene Punt richting de bunkers en aan de zuidoostzijde van het Hinderplaatcomplex komen stroomsnelheden voor van meer dan 50 cm/s wat onveilig is voor onervaren suppers.



Figuur 105: Gedetailleerd stroombeeld aan de oppervlakte voor afgaand tij in combinatie met 50 percentiel spuidebiet

Het is de verwachting dat het noordelijk deel van de Hinderplaat richting de kust ter hoogte van Groene Punt opschuift. Omdat het water dan door een smallere doorgang moet stromen nemen de stroomsnelheden dicht bij de kust daardoor toe, wat een waterveiligheidsrisico voor zwemmers oplevert. Het is ook mogelijk dat op een termijn van 10 jaar zonder kustlijnhandhaving het strand zo smal wordt dat hier de voorste duinenrij afkalft. Dat kan een gevaar opleveren voor strandrecreanten die onder aan het steile duin vertoeven (instortingsgevaar).

In het grootschalige aanzandingsgebied voor de kust van Voorne kan een variabel stroomveld ontstaan. Dat kan voor zwemmers of mensen die op drijvende objecten recreëren gevaarlijk zijn. Zwemmers zouden onverwacht in een sterke stroming terecht kunnen komen en vermoeid raken. Dat geldt ook voor platen voor de kust die bij laag water nog bereikbaar zijn, maar die dat niet meer zijn tijdens hoog water. Recreanten die daar geen rekening mee hebben gehouden kunnen daardoor in de problemen komen, bijvoorbeeld kunnen recreanten op die wijze mogelijk op een plaat vast komen te zitten of de stroming tussen de platen onderschatten bij een verandering in getij. Er wordt niet verwacht dat in het gebied gevaarlijke drijfzand ontstaat, desondanks is het belangrijk dat recreanten op de hoogte zijn van de veranderingen die door het getij ontstaan.

Over het algemeen en verder in de toekomst wordt het strand van Voorne vooral slibbiger, waardoor de klassieke zwembeleving achteruitgaat. Net als op de Wadden zal het van belang zijn om wandelingen te plannen volgens het getij om veiligheidsrisico's te voorkomen.

Langs de kust van Goeree verandert er in essentie niets wat niet ook al de afgelopen tientallen jaren is waargenomen. Ruwweg tussen paal 6 en paal 8 kan wel tijdelijk het strand smaller worden omdat daar het Slijkgat richting de kust kan uitbochten. Omdat de stroomsnelheden in het Slijkgat relatief hoog zijn (maximaal ongeveer 1 m/s) kan dat, in combinatie met vaartuibewegingen, tot potentieel gevaarlijke situaties leiden voor zwemmers.

8.4.2 Effecten scheepvaart en visserij

Recreatievaart

Vraag 7 - Economie

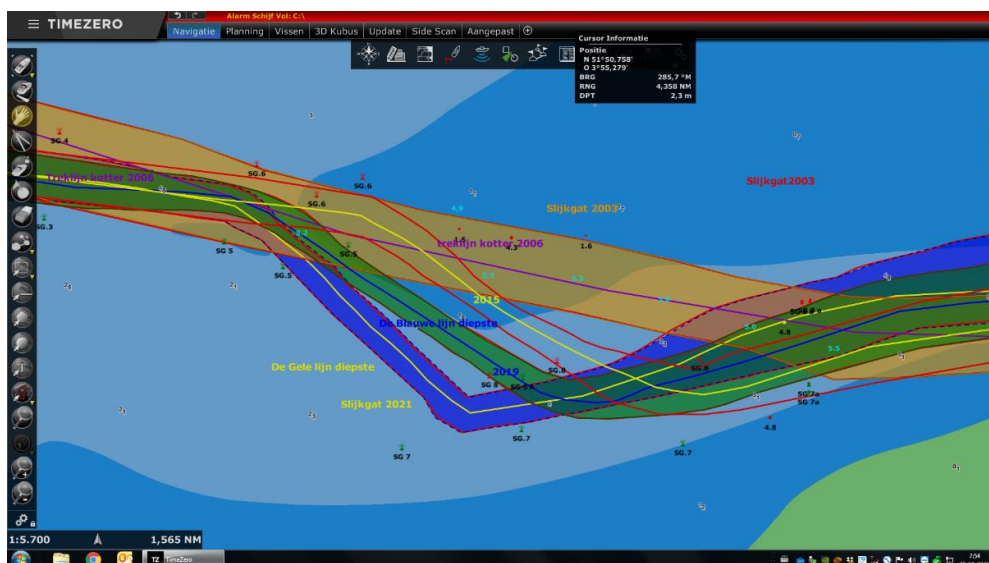
Wat zijn de economische gevolgen van de autonome morfologische ontwikkeling voor de jachthavens Hellevoetsluis en Stellendam, en de recreatievaart in 2025, 2030, 2040, 2050 en 2060?

Antwoord 7

In het voorliggende onderzoek wordt uitgegaan van bestaand beleid en zal de vaargeuldiepte in de toekomst niet veranderen. Uit het onderzoek omtrent de morfologische ontwikkelingen blijkt dat de onderhoudsbehoefte om de geul op diepte en breedte te houden zullen toenemen, zie hoofdstuk 2.2.2 en hoofdstuk 8.4.2 antwoord op vraag 10b.

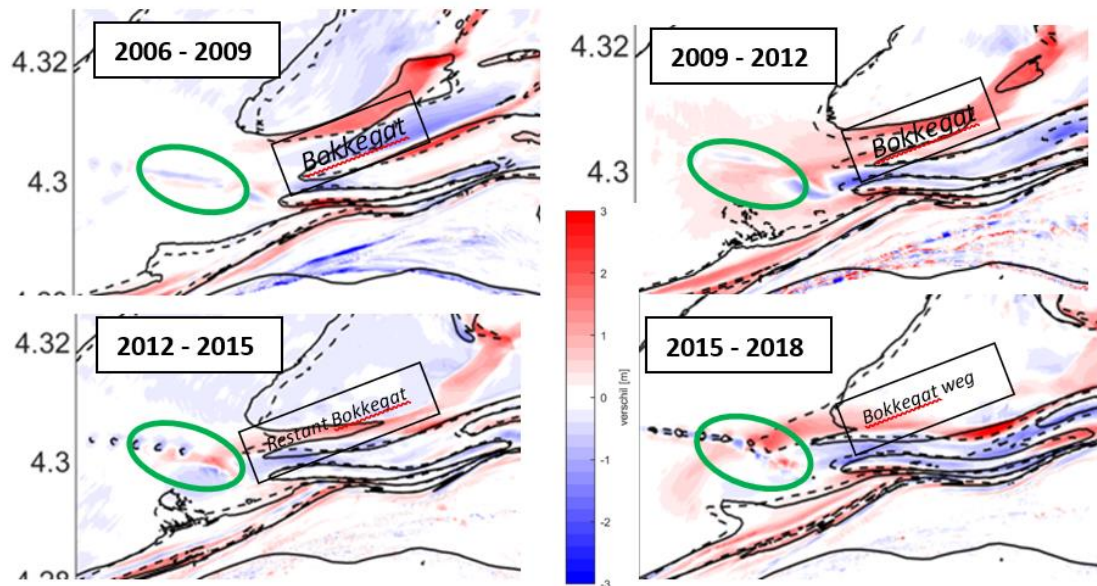
Indien er niet gebaggerd zou worden, zal het Slijkgat niet meer toegankelijk zijn als vaarweg vanwege dieptebeperkingen. De haven van Stellendam en andere (recreatie)havens van het Haringvliet zijn dan niet of nauwelijks meer bereikbaar vanaf de zeezijde (en omgekeerd). Hierbij zij opgemerkt dat ook jachten die doorgaans minder diep steken dan 2 m onder bepaalde omstandigheden veel meer diepte nodig hebben om veilig te kunnen varen. Dat komt door de scheepsbewegingen als gevolg van golfwerking (dompen, stampen en slingeren). Vooral tijdens noordwestenwind kunnen de golfcondities in het zeewaartse deel stuk van het Slijkgat gevaarlijk worden omdat de golven uit zee door de aanwezige ondieptes hoger en steiler worden (grondzee). Daarnaast is de betrouwbaarheid van de vaargeulmarkering, een goede voorbereiding en de ervaring van de schippers van belang.

Specifieke aandacht is nodig voor het meest zeewaartse deel van de vaargeul. Omdat de morfologische studie zich primair heeft gericht op het begrijpen en voorspellen van de grootschalige sedimentatie in het Haringvliet mondingsgebied is niet specifiek ingezoomd op de morfologie van dit deelgebied. Onderstaande figuur laat echter zien hoe hier de vaarroute in de afgelopen 20 jaar naar het zuiden toe is verlegd. Rond 2006 was er nog sprake van een relatief brede vaargeul en een min of meer recht traject. Sinds ongeveer 2010 ontstaat er een kink in de vaarroute en wordt de vaargeul bovendien smaller. De situatie in 2021 laat een smalle vaargeul zien met twee scherpe knikken. De gebruikers van de vaargeul geven aan dat dit al enkele jaren tot gevaarlijke situaties leidt en men maakt zich grote zorgen over de nautische veiligheid. De vraag is opportuun of de huidige situatie vanuit veiligheidsperspectief wel voldoet. Gedetailleerd onderzoek is nodig om de nautische veiligheid op deze specifieke locatie te kunnen vaststellen. Daarbij kan ook verkend worden hoe de situatie is te verbeteren, bijvoorbeeld door de vaargeul recht te trekken en te verbreden bijvoorbeeld conform de situatie rond 2006.



Figuur 106 Verlegging van de vaargeul aan de zeewaartse rand van het Slijkgat na 2006 (Demaritime, 2011)

Hoewel dus niet specifiek onderzocht is het interessant te weten welke morfologische processen verantwoordelijk zijn voor de zuidwaartse verschuiving van dit deel van het Slijkgat (Figuur 106). In onderstaande figuur staan de erosie-sedimentatiepatronen (blauw = erosie, rood = sedimentatie) zoals deze blijken door de gemeten bodemliggingen in het gebied van elkaar 'af te trekken'. Het betreft vier perioden van telkens drie jaar: 2006-2009 (linksboven), 2009-2012 (rechtsboven), 2012-2015 (linksonder) en 2015-2018 (rechtsonder). Uit onderstaande Figuur 107 blijkt op dat er tot circa 2012 weinig verandert aan de randen van dit deel van het Slijkgat. De dieptelijnen die in elk van de figuren te zien is geeft de NAP -5 m dieptelijn weer (getrokken lijn voor het eerste jaartal, gestippelde lijn voor het tweede jaartal). Pas daarna is er aan de noordkant sprake van sedimentatie waardoor de vaargeul steeds verder naar het zuiden is 'gedrukt' in overeenstemming met de vaargeulmarkeringen in Figuur 106.



Figuur 107 tijdsverloop sedimentatie - erosie (rood – blauw) aan de zeewaartse kant van het Slijkgat.

Het verdwijnen van het Bokkegat heeft de getijstrooming in het gebied ten noorden van dit deel van het Slijkgat sterk beïnvloed. Pas nadat die getijstrooming wegviel door het verliezen van de hydraulische functie van het Bokkegat, kon de sedimentatie de vormen aannemen die te zien zijn sinds ongeveer 2015. De vaargeulmarkering van 2021 laat zien dat dit proces van sedimentatie na 2018 is doorgegaan. Het is te verwachten dat deze 'zanddruk vanuit het noorden' ook de komende jaren zal doorgaan wat de nautische veiligheid verder zal verslechteren.

De economische gevolgen van de autonome morfologische ontwikkeling voor de jachthavens in relatie tot de recreatievaart zullen beperkt zijn door het openhouden van het Slijkgat. Met de kanttekening dat de nautische veiligheid aan de zeewaartse zijde van het Slijkgat op korte termijn aandacht behoeft.

Wat betreft andere populaire vormen van strandgebonden recreatievaart (kanoën en suppen), kan verwacht worden dat de getijdenstroming op sommige locaties sterk kunnen worden en daarmee gevaarlijker. Reeds nu is er gedurende maximale ebstroming nabij de bunkers voor de Groene Punt al sprake van zeewaarts gerichte stroomsnelheden in de orde van 1 m/s. Daar valt dan niet meer tegen in te paddelen. Op andere locaties waar het getij zich langs ondieptes heen verplaatst kunnen dergelijke hoge stroomsnelheden gedurende korte tijd in het getij ook optreden. Dat is nu al zo en zal de komende jaren naar verwachting niet verbeteren. Uitoefenen van deze sporten blijft dus mogelijk, maar met nog wat meer voorzorgsmaatregelen dan momenteel het geval is.

Specificeren van de effecten voor de in de vraagstelling genoemde tijdsperiodes is niet goed mogelijk voor recreatievaart omdat de effecten – afgezien van de nautische situatie bij de ingang) beperkt zijn.

Beroepsvaart en visserij

Vraag 9 - Economie

Wat zijn de economische gevolgen van de autonome morfologische ontwikkeling voor visserij en andere beroepsgroepen zoals scheepsbouw en visafslag in 2025, 2030, 2040, 2050 en 2060?

Antwoord 9

Voor de beroepsvaart en visserij gelden dezelfde conclusies als voor recreatievaart. De economische gevolgen van de autonome morfologische ontwikkeling voor visserijhaven Stellendam en de hiermee gerelateerde activiteiten (o.a. werven, visafslag, toeleveranciers) zijn vermoedelijk beperkt voor de in de vraagstelling genoemde jaartallen. Hierbij is uitgegaan van het bestaande beleid met betrekking tot de huidige afspraken rond het op diepte en breedte houden van de vaargeul zoals vastgelegd in het Alders Akkoord én van een goede markering van de vaargeul. Ook hierbij moet worden opgemerkt dat de nautische situatie bij de zeewaartse invaart van het Slijkgat wel degelijk op zeer korte termijn tot een onhoudbare situatie kan leiden. Over mogelijke oorzaken en oplossingen wordt hier verwezen naar Figuur 107 met bijbehorende toelichting.



Diepte van het Slijkgat

Vraag 10 - Economie

a. Welke kosten hangen samen met het op diepte houden van het Slijkgat met baggeren? b. En welke kosten bij de autonome morfologische ontwikkeling?

Antwoord 10b

De baggerinspanningen worden uitgevoerd in de vaargeul naar de haven van Stellendam voor de beroepsvaart. Figuur 3 toont het verloop in de tijd van het uitgevoerde baggerwerk.

Om een indruk te krijgen van de toekomstige kosten die gemoeid zijn met het op diepte houden van de vaarroute is een inschatting nodig van de totale baggerinspanning (in m^3/j) en de eenheidsprijzen (in EUR/ m^3).

Gezien de autonome morfologische ontwikkelingen zal de onderhoudsinspanning groter worden:

- er zal steeds minder water door de geul gaan stromen, omdat het achterliggende kombergingsgebied verder blijft sedimenteren. Minder debiet door een geul betekent een kleinere natte dwarsdoorsnede, dus een ondiepere evenwichtsbodem;
- daarbij komt het effect van morfologische dynamiek zoals verplaatsende banken en de scheiding tussen vloed- en ebstroom;

de evenwichtsdiepte verandert en daarmee neemt het verschil tussen de evenwichtsdiepte en de gehandhaafde diepte toe. En daardoor neemt de benodigde inzet toe. Dit zijn langzame processen en het is niet exact te bepalen waar, wanneer en hoeveel baggerinspanning nodig is om de vaargeul op de afgesproken breedte en diepte te houden.

Uit beschikbare gegevens over de hoeveelheid baggervolume uit het Slijkgat (Figuur 3) kan worden opgemaakt dat sinds er een grotere vaardiepte wordt onderhouden, het baggervolume trendmatig is toegenomen. Dat is ook logisch, omdat in de natuur een grotere afwijking van het evenwicht altijd een sterkere respons oproept. Hier kan die respons ook plaatsvinden omdat er voldoende sedimentaanvoer is.

Daarnaast speelt mee dat de stromingspatronen door het Slijkgat in de afgelopen jaren is veranderd. Aan de westkant van de Kwade Hoek (SG 11/12) ontstaat daardoor een nieuwe ondiepte die de scheiding markeert tussen de dominante vloed- en dominante ebstroom. In de figuur linksonder in Figuur 30 is te zien dat deze zandrug in 2018 ongeveer 200 m breed is en 1 meter hoog. Het is de verwachting dat deze drempelvorming doorgaat omdat de vloed- en ebstroom als gevolg van de grootschalige morfologische ontwikkelingen een steeds meer gescheiden route volgen. De drempel wordt

dan zo hoog (misschien wel tot NAP -3 m) dat ook hier meer gebaggerd zal moeten worden om de afgesproken vaardiepte te behouden.

Een andere ontwikkeling is de zeewaarts gerichte ebstroom die soms versterkt door het spuidebiet door de Haringvlietssluisen, meer uitwaaiert over de ondiepte ten westen van de Hinderplaat. Dit stroombeeld leidt tot bankvorming en zandafzettingen aan de noordkant van het Slijkgat (SG4-SG8). Tijdens en na noordwestenwinden komt een deel van dit afgezette zand richting het Slijkgat, waar dan snelle en lokale aanzanding tot problemen voor de recreatie en beroepsvaart kan leiden. Ook dit zal naar verwachting in de komende jaren tot meer onderhoudsbaggerwerk leiden.

De autonome morfologische veranderingen (nieuwe drempel, zandaanvoer vanuit het noordwesten) leiden naar verwachting dus tot een verdere stijging van het baggervolume. Daarbij komt nog de vermoedelijke noodzaak om de vaargeul aan de westzijde 'terug te leggen' naar de situatie voor 2012 in verband met nautische veiligheid. Ook daarna zal als gevolg van de doorgaande aanvoer van zand vanuit het noorden een grotere baggerinspanning nodig zijn.

Hoeveel precies is niet goed in te schatten op basis van het verkennende karakter van de hier uitgevoerde morfologische studie. Als 'schot voor de boeg' kan de volgende redenering worden aangehouden:

- Lineaire extrapolatie van de waargenomen trend in figuur 3 suggereert een toename tot 1 miljoen m³/j in 2030.
- Daar komt bij een mogelijke extra lokale onderhoudsinspanning ter hoogte van de nieuwe drempel van 0,25 miljoen m³/j. Dat is relatief veel gelet op de beperkte breedte en hoogte van de door te graven drempel, maar omdat de lokale zandtransporten hier groot zullen zijn door de sterke getijstromingen, zal er ter plaatse zeer frequent gebaggerd moeten worden.
- Een extra aanzanding is te verwachten door zandafzettingen aan de noordkant van het Slijkgat die tijdens noordwestenwinden in de geul worden afgezet. Gegeven de transportcapaciteit van de aanwezige stroming en golven (zie tekst box in paragraaf 2.3) kan ook dit een extra baggerinspanning met zich meebrengen van 0,25 miljoen m³/j.

Al met al is het dus niet uit te sluiten dat het totale baggervolume tegen 2030 zal oplopen tot 1,5 miljoen m³/jaar. Dat is bijna drie keer zoveel als het gemiddelde van de afgelopen jaren. Vermoedelijk is dit wel een bovengrens, omdat in de lineaire extrapolatie van de trend uit de afgelopen jaren ook al deels de beide andere morfologische effecten zijn verwerkt. Als ondergrens kan 1 miljoen m³/j worden aangehouden voor 2030 (lineaire trend door waarnemingen).

Zoals toegelicht bij de beantwoording van vraag 10b, op basis van door het HbR verstrekte informatie bedroeg de kostprijs inclusief BTW in 2017 € 2,64 / m³ in beun. Daarbij is door HbR opgemerkt dat 2017 een jaar was met relatief weinig benodigde inzet t.o.v. het gemiddelde en ook een relatief lage kostprijs per m³. De gemiddelde kostprijs per m³ in beun over de laatste 5 jaar bedraagt ca. € 2,46 (exclusief BTW, inclusief overhead), dit komt neer op €2,98 per m³ in beun inclusief BTW.

Het is niet bekend welke overige kosten gemoeid zijn met het baggerwerk, omdat naast de kosten voor de uitvoerende aannemer ook interne kosten zijn gemoeid. Ook de manier van aanbesteden is bepalend voor de kosten. Prestatiegerichte contracten bijvoorbeeld, waarbij voor een langere periode een aannemer gevraagd wordt om een specifiek profiel te garanderen kunnen leiden tot lagere kosten in vergelijking met een aanbesteding op basis van bestekken.

In de berekening wordt uitgegaan van een kuubsprijs van 3 – 4,5 euro per m³ uit het profiel gebaggerd volume sediment. Het is namelijk denkbaar dat deze eenheidsprijs in de toekomst zal toenemen, bijvoorbeeld als gevolg van een toenemende brandstofprijs of stijgende personeelskosten. Hoeveel dit gaat worden is nu niet aan te geven, maar een stijging met 50% in 2030 ten opzichte van de huidige eenheidsprijs, lijkt gevoelsmatig niet onrealistisch.

Met een eenheidsprijs in de bandbreedte van 3 – 4,5 euro per kuub verplaatst sediment en een inschatting van een onderhoudsvolume in 2030 van 1 - 1,5 miljoen m³/j, geeft deze analyse een schatting voor de baggerkosten in 2030 van 3 - 6 miljoen euro per jaar.

Dit is een grote bandbreedte in verband met de verschillende aannames die hier moesten worden gedaan. Mogelijk kunnen de kosten worden verlaagd door de gehele keten van het baggerproces, inclusief contractvorming, te optimaliseren.

8.4.3 Effecten leefbaarheid

Woon- en leefklimaat

Vraag 11 - Leefbaarheid

Welke effecten heeft de autonome morfologische ontwikkeling op het woon- en leefklimaat in de regio in 2025, 2030, 2040, 2050 en 2060?

Antwoord 11

Door de morfologische ontwikkelingen zullen met name op Voorne-Putten meer kansen ontstaan voor natuurbeleving, waarmee aangesloten wordt op deze behoeften. Uit het onderzoek van Lycklama & Meekes, 2021 blijkt dat de huidige bevolking behoefte heeft aan een uitgebreider aanbod voor recreatieve natuurgebieden en ongerepte natuurgebieden. De autonome morfologische veranderingen kunnen aan dit soort behoeftes tegemoet komen, door natuurbeleving, informatie & educatie, sport en bewegen meer ruimte te geven. Zoals in hoofdstuk 3 en 4 beschreven is, zullen de morfologische veranderingen op Goeree-Overflakkee (inclusief Brouwersdam) anders zijn. Op Goeree-Overflakkee zal het strand niet slibbiger worden, waardoor de strandbeleving relevant(er) blijft.

Het is ingewikkeld om de effecten van de autonome morfologische ontwikkeling op het woon- en leefklimaat te voorspellen en te koppelen aan een tijdperiode, omdat meerdere factoren een rol hierbij spelen (economie, veiligheid, omgeving, etc.). Daarom is het niet mogelijk om aan te geven wat het specifieke effect van toekomstige morfologische ontwikkelingen is op bijvoorbeeld de woningmarkt of op de zorgkosten van de inwoners. Enerzijds kunnen de morfologische veranderingen een beperkt positief effect op het woon- en leefklimaat kan hebben. Het gebied is in trek en het aantal inwoners groeit, vooral met mensen boven de 65 jaar. Verder bleek uit onderzoek dat de inwoners bovengemiddeld behoefte hebben aan voorzieningen voor rustige natuurbeleving (Lycklama & Meekes, 2021). Anderzijds kan de afname van strandbeleving een drukkend effect hebben en doorwerken op de leefbaarheid in de toekomst.

Vestigingsklimaat

Vraag 12 - Leefbaarheid

Heeft de autonome morfologische ontwikkeling invloed op het vestigingsklimaat voor bedrijven? Kan deze een rol spelen bij wel of niet vestigen in de regio?

Antwoord 12

De huidige bedrijvigheid en werkgelegenheid is nadrukkelijk verbonden met visserij, (strand)toerisme en -recreatie. Mits de vaargeul van het Slikgat gehandhaafd blijft conform de bestaande afspraken, is de impact voor de visserij van de morfologische verandering beperkt tot een iets lastiger bereikbaarheid van de haven van Stellendam vanwege toenemende baggeractiviteiten. Voor recreatievaart door het Slikgat en de jachthavens in het Haringvlietgebied geldt hetzelfde.

Het gebied wordt minder aantrekkelijk voor vestiging of uitbreiding van 'klassieke' badstrand gerelateerde voorzieningen. Toerisme en recreatie krijgen wel te maken met veranderende bezoekmotieven. De huidige aantrekkingskracht van de strand- en waterbeleving gaat in belangrijke mate verdwijnen vooral op Voorne-Putten door het verzanden en het slibbige gebied wat voor de kust ontstaat.

Het huidige strand van Voorne wordt minder aantrekkelijk voor vestiging of uitbreiding van de huidige badstrand gerelateerde voorzieningen. Op termijn van 5 tot 10 jaar kan aan de westzijde van de dan aangelande zandplaat wel weer ruimte komen voor badstrand gerelateerde voorzieningen. Daar zal het strand immers zandig zijn en breken de golven als die er zijn. Deze voorzieningen zullen tijdelijk van aard moeten zijn, omdat de nieuwe strandvlakte wel in de tijd blijft vervormen waardoor eventuele vaste infrastructuur het gevaar loopt in de golven te verdwijnen.

Vraag 13 - Leefbaarheid

Heeft de autonome morfologische ontwikkelingen ook kansen voor nieuwe economische sectoren (zoals wellicht versterking van het natuurtoerisme), en welke kansen zijn dat? Kunnen er nieuwe doelgroepen aangeboord worden? Kan deze meerwaarde gekwantificeerd worden?

Antwoord 13

De aantrekkingskracht van het gebied zal verschuiven naar natuurbeleving in combinatie met mogelijk meer ruimte voor actieve waterrecreatie aan het water, zoals (kite)surfen. De mogelijk toenemende ruimte voor waterrecreatie op de aangegroeide platen en strandvlakte is afhankelijk van de bereikbaarheid van deze nieuwe locaties.

Als de strandbeleving verdwijnt en natuurbeleving belangrijker wordt, is er een transformatie van aanbieders van *verblijfsrecreatie*voorzieningen naar de nieuwe doelgroepen noodzakelijk. Hetzelfde geldt ook voor de strandtenten: de verschuiving in dominante bezoekersprofielen maakt een aanpassing noodzakelijk in het aanbod, zodat deze (beter) aansluit op de toekomstige natuurbeleving doelgroepen (profielen 'verbindingzoeker' en 'rustzoeker'). Dit is vooral een *herschikking* van aanbieders, waarbij naar verwachting sprake zal zijn van blijvers (met aanpassingen), uittrekters en toetreders tot deze markt.

Voor de *dagrecreatie* ontstaan kansen voor aanbieders die zich richten op de verwachte dominante bezoekersprofielen, dus met (aangepaste) horeca, excursies (zeehonden spotten), buitensporten en watersporten. Dit betreft vooral de doelgroep met profiel 'avontuurzoeker'. Voor deze groep is de aantrekkingskracht van het huidige aanbod van voorzieningen beperkt. Dit is dan ook het profiel waar de meeste kansen liggen voor een *toename* van economische activiteiten.

Een exacte kwantificering van deze kansen is niet mogelijk zonder aanvullend onderzoek. Op basis van de onderstaande redeneerregels is desalniettemin de volgende, *zeer tentatieve benadering* gemaakt:

- Circa 11% van alle Nederlanders heeft een profiel 'avontuurzoeker' (bron: Bureau Ruimte en Vrijtijd).
- Deze groep is in het *huidige aanbod* van het studiegebied sterk ondervertegenwoordigd. De aanname is dat maximaal 5% van de huidige toeristisch-recreatieve omzet en werkgelegenheid (€ 400 miljoen, 4.500 banen) gerelateerd is aan deze groep. Dit komt dan neer op € 20 miljoen per jaar en 225 banen in de huidige situatie.
- De mate waarin aanbieders kunnen en willen inspelen op deze doelgroep in de *nieuwe situatie* is de basis voor de berekening van de verandering van het betreffende economisch belang. Dit wordt uitgedrukt in het aandeel van de doelgroep in het gebied in verhouding tot het bovengenoemde nationaal gemiddelde (11%):
 - Groei naar minder dan evenredig aandeel (5% > 8%): + €12 miljoen omzet/jaar, + 135 banen;
 - Groei tot evenredig aandeel (5% > 11%): + € 24 miljoen omzet/jaar, + 270 banen;
 - Groei naar meer dan evenredig aandeel (5% > 14%): + € 36 miljoen omzet/jaar, + 405 banen.

Stank, waterkwaliteit en grondwaterstanden

Vraag 5 – Economie

In welke mate kan er als gevolg van de autonome morfologische ontwikkeling stank ontstaan, en bij welke waterstanden en onder welke omstandigheden (slib/ondiep water) kan dat optreden?

Antwoord 5

De autonome morfologische ontwikkelingen duiden op een mogelijk slibbiger, wad-achtiger systeem, dit zal vermoedelijk een "wad-geur" met zich meebrengen. Er zijn twee processen denkbaar die tot geuroverlast kunnen leiden: processen in de droogvallende waterbodem en processen in het water zelf.

Als de lagune-achtige gebieden door zoet water, rijk aan voedingsstoffen opgewarmd worden in de zomer, zou dit tot algenbloei kunnen leiden, dit heeft een bepaalde geur. Blauwalgen kunnen bijvoorbeeld in zoet, brak en zout water voorkomen (Dionisio Pires, 2010). De hoeveelheid zoet water in het gebied is afhankelijk van het spuiregime. Als het gebied zouter blijft, zonder instroom van zoet water met veel voedingsstoffen, zullen zoutwaterpoelen onderdeel zijn van een natuurlijke overgang van land naar de zee. Door sommige mensen zal die geur als stank worden ervaren. Een andere mogelijkheid is dat er extreem veel gespuid wordt, dit zou tot een zoetwaterschok voor de normaal zoutere platen zijn. Hierdoor zou bodemleven kunnen afsterven en mogelijk vervolgens aanspoelen en tot stank leiden.

Als gevolg van de morfologische veranderingen voor de kust van Voorne is het waarschijnlijk dat de verversingstijd van het zeewater kleiner wordt. Dat wil zeggen dat het water langer blijft hangen voor de kust en dat kan op zichzelf ook weer een verandering van de waterkwaliteit met zich meebrengen en daar aan gekoppeld mogelijk stankoverlast. Hoe vaak en onder welke omstandigheden dit gaat plaatsvinden, is op voorhand niet in te schatten. Het is evenmin uit te sluiten dat zich in de golfwut van de Hinderplaat, voor de kust van Voorne, op sommige momenten losgeslagen zeewier, kwallen, of drijvend materiaal verzamelt en aanspoelt op het strand. In die gevallen kan ook dat tot overlast leiden.

Vraag 14 - Leefbaarheid

Welke effecten heeft de autonome morfologische ontwikkeling op de waterkwaliteit in het studiegebied?

Antwoord 14

De huidige waterkwaliteit van de stranden in het studiegebied wordt gecontroleerd aan de hand van een aantal criteria, met name de mogelijke bronnen van verontreiniging en de kans op blauwalgen. Voor vijf strandgebieden in het studiegebied (Ouddorp, Quackstrand, Rockanje, Stellendam en West Nieuwland) heeft RWS onderzoeken uitgevoerd van het zwemwaterprofiel, waarbij alle vijf gebieden met uitstekend beoordeeld werden (Zwemwater.nl, 2021). Mogelijke bronnen van verontreiniging zouden bezoekers, huisdieren en watervogels kunnen zijn. Blauwalgen worden door twee aspecten beïnvloed: de hydromorfologie (inrichting van de locatie) en de voedselrijkdom of aanwezigheid van nutriënten in het water. Door de autonome morfologische ontwikkelingen zouden beide genoemde aspecten de waterkwaliteit kunnen verslechteren.

De autonome morfologische ontwikkelingen leiden bij de kust van Voorne tot het ontstaan van een lagune-achtig gebied, met een slechte verbinding met de open zee, waardoor het water minder mogelijkheden heeft om zich te verversen. Meer stilstaand water zou de waterkwaliteit nadelig kunnen beïnvloeden, daarnaast zal de bodem slibbiger worden. Deze twee veranderingen kunnen ertoe leiden dat algenbloei sneller en vaker ontstaat en ook stankoverlast ontstaat, zoals beschreven in vraag 5. Nu al ontstaan af en toe blauwalgen op het Quackstrand en het strand van Stellendam. Door de aanleg van de Haringvliet is de hydromorfologie veranderd en is de zoutintrusie afgenomen en wordt het fytoplankton door het zoete water beïnvloed. Een zoetwater fytoplanktonsoort zijn de blauwalgen. Verder kan het zoet water rijk aan nutriënten zijn, wat bevorderlijk is voor algenbloei. Een grote rivierafvoer zou ertoe kunnen leiden dat er wat langer brak of zoet water voor de kust van Voorne blijft. Ook in dit geval zou het brak of zoet water voor een verhoogde kans voor blauwalgen kunnen zorgen. Op Goeree-Overflakkee (Ouddorp en West Nieuwland) zijn die verschillen kleiner en zal de waterkwaliteit nauwelijks veranderen in vergelijking met de laatste jaren. Andere mogelijke bronnen van verontreiniging zouden een mogelijke reactie kunnen zijn op een veranderd recreatiepatroon. Als er meer menselijke of dierlijke uitwerpselen in het gebied komen zou dat de waterkwaliteit kunnen beïnvloeden. Voor de Blauwe Vlag bijvoorbeeld worden twee bacteriële bemonsteringen gemeten E-coli en Intestinale Entrococci, deze worden allebei beïnvloed door de uitwerpselen van mensen en dieren.

Vraag 15 - Leefbaarheid

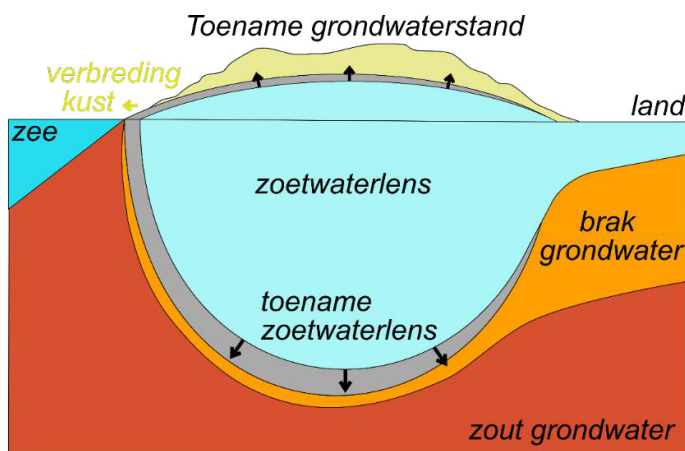
Kan de autonome morfologische ontwikkeling leiden tot een verandering van de grondwaterstand en het zoutgehalte in het achterland?

Antwoord 15

In het kustgebied van Voorne en Goeree leidt het proces van sedimentatie tot een kleinere invloed of zeewaartse verplaatsing van het getij, golfwerking, inundaties en salt spray ten opzichte van de huidige situatie. Met name bij Voorne verplaatst het intergetijdengebied zich langzaam zeewaarts, en in mindere mate ook bij Goeree. Oftewel de kustlijn verplaatst zich, en het strand en duingebied worden langzaam breder. Hierdoor zullen de grondwaterstanden in het kustgebied stijgen, en kan ook de zoetwaterbel in het duingebied groeien.

Voor het achterland van de kust van Voorne en Goeree – i.e. het lager gelegen polder- en stedelijk gebied achter de duinen – kan de autonome morfologische ontwikkeling leiden tot lagere zoutgehalten van het grondwater. Door de zeewaartse verschuiving van het intergetijdengebied en de mogelijke groei van de zoetwaterlens (Figuur 108) in het

duingebied zal de invloed van bijvoorbeeld zoute kwel en salt spray afnemen. Dit geldt met name voor het nabijgelegen achterland, op grotere afstand is de invloed op de zoutgehalten naar verwachting klein tot verwaarloosbaar.



Figuur 108: Schematische weergave van een groeiende zoetwaterlens

Op korte afstand van het duingebied kunnen de grondwaterstanden ook stijgen. Dit is echter afhankelijk van de mate waarin de (lokale) grondwaterstanden beheerst worden door het oppervlaktewatersysteem. Uit meetgegevens in Dinoloket volgt dat de gemiddelde grondwaterstand in de duingebieden op de meeste locaties varieert tussen ca. NAP +2 en +4 m. De vaste (streef)peilen van het waterschap Hollandse delta direct achter de duinen varieert tussen NAP -1 en +1 m. Oftewel, in sommige delen sluit de 'natuurlijke' grondwaterstand goed aan bij de oppervlaktewaterpeilen, in een andere delen ligt de grondwaterstand boven het oppervlaktewaterpeil. Naar verwachting betekent dit dat eventuele veranderingen in de grondwaterstanden aan de polderzijde van de duingebieden gedeeltelijk worden opgevangen door het oppervlaktewatersysteem. Op grotere afstand is de invloed op de grondwaterstand naar verwachting klein tot verwaarloosbaar.

Voor de komende decennia geldt dat het effect van zeespiegelstijging naar verwachting kleiner is dan het effect van sedimentatie. Echter, vanaf ca. 2060 kan zeespiegelstijging leiden tot een omkering van dit proces, waardoor bijvoorbeeld de zoute kwel naar het achterland toeneemt.

8.5 Doorkijk naar scenario's 2 en 3

Ondanks dat de verwachting zeer groot is dat scenario 1 zal plaatsvinden, is er wel gekeken wat het betekent voor de effecten in scenario's 2 en 3 ten opzichte van scenario 1. De mogelijke effecten in scenario's 2 en 3 worden onderstaand indicatief en kwalitatief (in + en –) geduid ten opzichte van de verwachte effecten in scenario 1.

8.5.1 Scenario 2: Geul bij Groene Punt

Het belangrijkste verschil tussen scenario 1 en 2 is dat in scenario 2 mogelijk een geul bij het Groene Punt ontstaat, waardoor de zandplaat ter hoogte van de Groene Punt voorlopig niet aanlandt.

Tabel 40 geeft een overzicht en een doorkijk naar mogelijke effecten op de economie. De (potentieel) negatieve tendens in scenario 1 voor de badstrandfunctie, scheepvaart en visserij en de benodigde baggerinspanning is sterker in scenario 2. De geul voor de Groene Punt zal op lange termijn intact blijven, hierdoor ontstaat een veiligheidsrisico voor zwemmers. Verder zal de baggerinspanning toenemen om de vaargeul in het Slijk gat op diepte te kunnen houden, dit omdat er twee geulen ontstaan, een noordelijke (de nieuwe geul) en een zuidelijke geul (het restant van het huidige Slijk gat) met daartussen een ondiep gebied. Het restant van het huidige Slijk gat zal smaller zijn dan het huidige Slijk gat waardoor meer gebaggerd moet worden en de juiste markering van de vaarroute nog belangrijker is.

Tabel 40: Doorkijk naar scenario 2 (indicatieve score t.o.v. scenario 1)

	Gebied	2025	2030	2060
Economie-algemeen	Voorne-Putten	0	-/0	-/0
	Goeree-Overflakkee	0	-/0	-/0
Badstrand en recreatie	Voorne-Putten	0	-/0	-
	Goeree-Overflakkee	0	0	0
Recreatievaart	Voorne-Putten	0	0	-/0
	Goeree-Overflakkee	0	0	-/0
Beroepsvaart en visserij	Voorne-Putten	0	-/0	-/0
	Goeree-Overflakkee	0	-/0	-/0
Baggerinspanning van het Slijkgat	Voorne-Putten	-/0	-/0	-
	Goeree-Overflakkee	-/0	-/0	-
Woon- en leefklimaat	Voorne-Putten	0	0/+	+
	Goeree-Overflakkee	0	0/+	+
Vestigingsklimaat	Voorne-Putten	0	-/0	-/0
	Goeree-Overflakkee	0	0	0
Waterkwaliteit en grondwaterstanden	Voorne-Putten	0	-/0	-/0
	Goeree-Overflakkee	0	0	0

8.5.2 Scenario 3: Twee geulen systeem

Het verschil tussen scenario 1 en 3 is dat in scenario 3 mogelijk een twee geulen systeem zou kunnen ontstaan.

Tabel 41 geeft een overzicht en een doorkijk naar mogelijke effecten op de economie. Ook in scenario 3 geldt dat de (potentieel) negatieve tendens voor badstrandfunctie, scheepvaart en visserij en benodigde baggerinspanning groter is ten opzichte van scenario 1. In scenario 3 zal zich het Slijkgat in tweeën splitsen, hierdoor moet de vaarroute verlegd worden. Het verleggen van de vaarroute zal tot een groeiende baggeropgave leiden, hierdoor kan de beroepsvaart en visserij negatief beïnvloed worden. Een groter areaal nieuwe natuur sluit wel beter aan bij de behoeftes van de inwoners.

Tabel 41: Doorkijk naar scenario 3 (indicatieve score t.o.v. scenario 1)

	Gebied	2025	2030	2060
Economie-algemeen	Voorne-Putten	0	-/0	-/0
	Goeree-Overflakkee	0	-/0	-/0
Badstrand en recreatie	Voorne-Putten	0	-/0	-
	Goeree-Overflakkee	0	0	0
Recreatievaart	Voorne-Putten	0	-/0	-/0
	Goeree-Overflakkee	0	-/0	-/0
Beroepsvaart en visserij	Voorne-Putten	0	-/0	-/0
	Goeree-Overflakkee	0	-/0	-/0
Baggerinspanning van het Slijkgat	Voorne-Putten	0	-	-
	Goeree-Overflakkee	0	-	-
Woon- en leefklimaat	Voorne-Putten	0	0/+	+
	Goeree-Overflakkee	0	0/+	+
Vestigingsklimaat	Voorne-Putten	0	0	
	Goeree-Overflakkee	0	0	
Waterkwaliteit en grondwaterstanden	Voorne-Putten	0	0/+	+
	Goeree-Overflakkee	0	0	0

Referenties

Inleiding, morfologie en waterveiligheid

Arens, B., 2009 Effecten van suppleties op duinontwikkeling: geomorfologie rapport Arens BSDO Rapportnummer: RAP2009.02

Cleveringa, J.C., 2006 Morfologische ontwikkelingen Voordelta – samenvatting en analyse rustgebieden conceptplan mei 2006. Alkyon rapport A1698, juli 2006

Colina Alonso. Morphodynamics of the Haringvliet ebb-tidal delta Unravelling the mechanisms behind its morphological evolution TUDelft. M.Sc thesis, 2018

Deltares, 2014, Beheerbibliotheek Voorne en Goeree - Feiten en cijfers ter ondersteuning van de jaarlijkse toetsing van de kustlijn

Deltares, 2019 Data-analyse Kierproef Haringvliet: ZS2019_1 Zoetspoelen (16-1-2019 – 28-1-2019), memo aan Rijkswaterstaat 31 mei 2019

Elias, E.P.L., Morfologische analyse Noordzeekust Goeree. Rapport 11206794-004, Deltares, Delft, p. 89

Elias, E.P.L., Van der Spek, A.J.F., Lazar, M., (2017). The 'Voordelta', the contiguous ebb-tidal deltas in the SW Netherlands; Large-scale morphological changes and sediment budget 1965-2013; Impacts of large-scale engineering. Netherlands Journal of Geosciences 96 (3), 233-259. On-line version (2016): <https://doi.org/10.1017/njg.2016.37>.

Erkens, G., Cohen, K.M., (2009). Quantification of intra-Holocene sedimentation in the Rhine-Meuse delta: A record of variable sediment delivery. In: Erkens, G., Sediment Dynamics in the Rhine Catchment. Quantification of Fluvial Response to Climate Change and Human Impact. PhD thesis Utrecht University, pp. 117-171. <https://dspace.library.uu.nl/handle/1874/36680>

Groenewegen, M.Q.T., (2019). Morphological Development of the Bollen van de Ooster.

Haasnoot, M, F. Diermanse, J. Kwadijk, R. de Winter, G. Winter, 2019, Strategieën voor adaptatie aan hoge en versnelde zeespiegelstijging. Een verkenning. Deltares rapport 11203724-004

Haring, J., (1955). Zandbalansen van de zuidwestelijke wateren van Nederland over de perioden 1872-1933 en 1933-1952. Report nr. 3, Rijkswaterstaat, Benedenrivieren Directorate, Study Department, The Hague.

Haring, J., (1978). De geschiedenis van de ontwikkeling van de waterbeweging en van het profiel van de getijwateren en zeegaten van het zuidelijk deltabekken en van het hierbij aansluitende gebied voor de kust gedurende de perioden 1872-1933-1952-1968-1974. Report K77M031E, Rijkswaterstaat, Deltadienst, The Hague.

Meyer, H., (2017). The State of the Delta. Engineering, Urban Development and Nation Building in the Netherlands. Vantilt Publishers, Nijmegen.

Ministerie van Infrastructuur en Waterbeheer (2015). Beleidslijn kust 2015, Den Haag juni 2015

Pierik, H.J., Stouthamer, E., Cohen, K.M., (2017). Natural levee evolution in the Rhine-Meuse delta, the Netherlands, during the first millennium CE. Geomorphology 295, 215-234.

Rijkswaterstaat, (1970b). Voorspel (van het Delta Plan). Driemaandelijks Bericht Deltawerken 54, 172-177. Rijkswaterstaat Deltadienst, The Hague.

Rijkswaterstaat, (1978). De oorsprongen van het Deltaplan. Driemaandelijks Bericht Deltawerken 83, 114-123.

Stam, J.M.T. e.a., 2002 Haringvlietmonding: reconstructie van een afsluiting - Beschrijving, verklaring en modelaanpak van de effecten van de sluiting van de Haringvlietmonding 1970-2000 Rapport RIKZ/2002.028

Smit N.G.A., (2020). The Impact of Coastal Development on the Societal and Ecological System

Stouthamer, E., Cohen, K.M., Hoek, W.Z., (2015). De Vorming van het Land. Geologie en Geomorfologie. Perspectief Publishers, Utrecht.

Terwindt, J.H.J., (1964). De veranderingen in de mond van het Brielse Gat als gevolg van de afdamming. Tijdschrift Koninklijk Nederlands Aardrijkskundig Genootschap 81, 329-334.

Van der Spek, A. & Elias, E., (2019). The Long-term Impact of Closing of an Estuary Mouth / Tidal Inlet at its Ebb-tidal Delta – A Conceptual Model

Winter, W. de. (2014)., Morphological Development of the Haringvliet Ebb Tidal Delta Since 1970. A Study Based on the Morphological Development of Individual Morphological Units.

Economie en leefbaarheid

ABF (2021) Basis registraties adressen en gebouwen.

<https://www.waarstaatjegemeente.nl/dashboard/dashboard/Bouwen-en-wonen/> (Datum benaderd 2021, juni 3)

de Bruin, A.H., Klinkers, P.M.A. (1994) Recreatietoervaart: De Moeite Waard. DLO-Staring Centrum, Wageningen.

Demaritime (2021), kaart ontwikkeld op basis van gegevens van het havenbedrijf

Dionisio Pires, M. (2010) Gezondheidsrisico's van blauwalgen. Deltares

Economische monitor Voorne-Putten 2019. (2019) I&Q Research. 8e Editie. Regiegroep Voorne-Putten.

Economische monitor Voorne-Putten. (2021) [Jive - Nieuw \(incijfers.nl\)](https://www.jive-nieuw.nl/) (Date benaderd 15 mei 2021)

Ecorys (2016), Financieel-economische betekenis Slikgat. Ecorys. Gemeente Goeree-Overflakkee

Gerritsen, F., and Louters, T, 1990. Morphological stability of inlets and channels in the Western Wadden sea. Rijkswaterstaat, Report GWA0-90.019.

Grondwatermonitoring Dinoloket (2021) Data en Informatie van de Nederlandse Ondergrond, DINOloket. <https://www.dinoloket.nl/aanleveren-grondwatermonitoring> (Datum benaderd 2 juni 2021)

Homma, H. (2018) Effectmeting toeristisch imago-onderzoek Goeree-Overflakkee. Right Marktonderzoek.

Korteweg Maris, D., Goedegebuure, E. (2019) Verblijfstoerisme op Goeree-Overflakkee, Omvang en economisch belang 2018. Kenniscentrum Kusttoerisme

LISA (2021) Het werkgelegenheidsregister van Nederland, Lisa. <https://www.lisa.nl/data/gratis-data-recreatie-toerisme/overzicht-lisa-data-r-t-sector-per-gemeente> (Datum benaderd 1 juni 2021)

Lycklama, T., Meekes, S. (2021). Perspectief natuur en recreatie Voorne-Putten. Bureau voor Ruimte & Vrije Tijd.

NBTC (2018) ContinuVrijeTijdsOnderzoek, Kerncijfers 2018 Gastvrijheidseconomie. <https://kerncijfers.nbtc.nl/nl/magazine/12053/825051/cover.html> (Datum benaderd 15 juni 2021)

NBTC (2019) Perspectief 2030, bestemming Nederland.

[Overheid.nl](https://overheid.nl) (2011) Kamervragen – officiële bekendmakingen, Aanhangsel van de Handelingen, 2010-2011, nr. 2134

Padmos (2021), gedeelde informatie over scheepswerven (e-mailcommunicatie)

Provincie Zuid-Holland (2019) Ontwateringsdiepte huidig klimaat, Provincie Zuid-Holland. [Opendata-portaal - Provincie Zuid-Holland](https://opendata-portaal-provincie-zuid-holland.nl) (Datum benaderd 1 juni 2021)

Regattacenter.com (2021), <https://www.regattacenter.com/>

Signaleringskaart Voorraad Drink- en Grondwater (2021) <https://data.overheid.nl/dataset/10410-signaleringskaart-voorraad-drink--en-grondwater> (Datum benaderd 10 mei 2021)

SAMR (2020), Model Leefstijlvinder

Stive (2010) Empirical relationship between inlet cross section and tidal prism: A re-evaluation. Proceedings of the International Conference on coastal Engineering (ICCE) At: Shanghai, China. June 2010

Toerisme en Recreatie Voorne-Putten 2020. (2020) I&O Research. 6e editie. Regiegroep Voorne-Putten.

Toeristische marketingstrategie 2019-2024 Voorne-Putten. (2019) Marketing OP Voorne-Putten

Tuunter, E., Schmeink, H. Veer, M. (2002) Cijfermateriaal boven water, Inventarisatie feiten en cijfers waterrecreatie. Stichting Recreatie

United Fish Actions (2021). <https://unitedfishauctions.com/stellendam> (Datum benaderd 13 juli 2021)

Van de Kreeke, J. (2004). Equilibrium and cross-sectional stability of tidal inlets: application to the Frisian Inlet before and after basin reduction. Coastal Engineering, 51: 337-350

Van Vessem, P. (1996) Morfologische ontwikkeling Nw-kust en strand van Voorne. Ministerie van verkeer en waterstaat Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat Werkdocument RI KZIAB-96. 1 05x

Visserijnieuws.nl (2018) <https://www.visserijnieuws.nl/nieuws/gros-nederlandse-visafslagen-in-de-min> (20 mei 2021)

Zwemwater.nl (2021). Zwemmen in natuurwater, zwemwater.nl. <https://www.zwemwater.nl/> (Datum benaderd 13 juli 2021)

ZKA Leisure Consultants en Verheijden Concepten (2017) Ontdek jouw kustverhaal op ons eiland, Samenvatting toeristisch-recreatieve visie Goeree-Overflakkee 2025

Ecologie

Birdimage. (2010). Roodkeelduiker – Red throated Diver. <https://www.birdimage.nl/2010/07/roodkeelduiker-red-throated-diver/>

den Held, S. L. M., Grootjans, K. H., & van den Broek, T. (2016). Beheerplan bijzondere natuurwaarden Voornes Duin.

Haasnoot, M. (2009). Algemeen - Bodemfauna-etende vogels. <https://publicwiki.deltares.nl/display/HBTHOME/Algemeen+-+Bodemfauna-etende+vogels>

Hoekstein, M. S. J., Arts, F. A., Lilipaly, S. J., Straalen, K. D. van, Sluijter, M., & Wolf, P. A. (2020). Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta 2018/ 2019. Deltamilieu Projecten, 240.

Ministerie van Economische Zaken. (2008a). Profiel: Fint (*Alosa fallax*) H1103.

Ministerie van Economische Zaken. (2008b). Profiel: Rivierprik (*Lampetra fluviatilis*) H1099.

Ministerie van Economische Zaken. (2008c). Profiel: Zeeprik (*Petromyzon marinus*) H1095.

Ministerie van Economische Zaken. (2014a). Profiel: Habitatype H1110 - Permanent overstroomde zandbanken. <http://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/gebiedendatabase.aspx?sub=profielen>

Ministerie van Economische Zaken. (2014b). Profielschets Grijze zeehond (*Halichoerus grypus*) H1364.

Ministerie van Infrastructuur en Milieu | Rijkswaterstaat. (2016). Beheerplan Natura 2000 gebied Voordelta.

Ministerie van LNV. (2008a). Proefiel: Nauwe korfslak (*Vertigo angustior*) H1014.

Ministerie van LNV. (2008b). Profiel: Aalscholver (*Phalacrocorax carbo*) A017.

- Ministerie van LNV. (2008c). Profiel: Bergeend (*Tadorna tadorna*) A048.
- Ministerie van LNV. (2008d). Profiel: Bontbekplevier (*Charadrius hiaticula*) A137.
- Ministerie van LNV. (2008e). Profiel: Brandgans (*Branta leucopsis*) A045.
- Ministerie van LNV. (2008f). Profiel: Brilduiker (*Bucephala clangula*) A067.
- Ministerie van LNV. (2008g). Profiel: Drieteenstrandloper (*Calidris alba*) A144.
- Ministerie van LNV. (2008h). Profiel: Dwergmeeuw (*Larus minutus*) A177.
- Ministerie van LNV. (2008i). Profiel: Eider (*Somateria mollissima*) (A063).
- Ministerie van LNV. (2008j). Profiel: Fuut (*Podiceps cristatus*) A005.
- Ministerie van LNV. (2008k). Profiel: Geoorde Fuut.
- Ministerie van LNV. (2008l). Profiel: Grauwe gans (*Anser anser*) A043.
- Ministerie van LNV. (2008m). Profiel: Groenknolorchis (*Liparis loeselii*) H1903.
- Ministerie van LNV. (2008n). Profiel: Grote stern (*Sterna sandvicensis*) A191.
- Ministerie van LNV. (2008o). Profiel: Habitatype Duindoornstruwelen (H2160).
- Ministerie van LNV. (2008p). Profiel: Habitatype H1140.
- Ministerie van LNV. (2008q). Profiel: Habitatype H2110.
- Ministerie van LNV. (2008r). Profiel: Habitatype H2120.
- Ministerie van LNV. (2008s). Profiel: habitatype H2130.
- Ministerie van LNV. (2008t). Profiel: Habitatype H2170, Kruiwilgstruwelen.
- Ministerie van LNV. (2008u). Profiel: Habitatype H2180, Duinbossen.
- Ministerie van LNV. (2008v). Profiel: Habitatype H2190, Vochtige duinvalleien.
- Ministerie van LNV. (2008w). Profiel: Habitatype H6430, Ruigten en zomen.
- Ministerie van LNV. (2008x). Profiel: Habitatype H7210, Galigaanmoerassen. In Ministerie voor Landbouw, Natuur en Voedselvoorziening.
- Ministerie van LNV. (2008y). Profiel: Habitatype Schorren met slijkgrasvegetaties (H1320).
- Ministerie van LNV. (2008z). Profiel: Kleine zilverreiger (*Egretta garzetta*) A026.
- Ministerie van LNV. (2008aa). Profiel: Kluut (*Recurvirostra avosetta*) A132.
- Ministerie van LNV. (2008ab). Profiel: Krakeend (*Anas strepera*) A051.
- Ministerie van LNV. (2008ac). Profiel: Kuifduiker (*Podiceps auritus*) A007.
- Ministerie van LNV. (2008ad). Profiel: Lepelaar (*Platalea leucorodia*) A034.
- Ministerie van LNV. (2008ae). Profiel: Middelste zaagbek (*Mergus serrator*) A069.
- Ministerie van LNV. (2008af). Profiel: Noordse woelmuis (*Microtus oeconomus arenicola*) H1340.

- Ministerie van LNV. (2008ag). Profiel: Pijlstaart (*Anas acuta*) A054.
- Ministerie van LNV. (2008ah). Profiel: Roodkeelduiker (*Gavia stellata*) A001.
- Ministerie van LNV. (2008ai). Profiel: Rosse grutto (*Limosa lapponica*) A157.
- Ministerie van LNV. (2008aj). Profiel: Scholekster (*Haematopus ostralegus*) A130.
- Ministerie van LNV. (2008ak). Profiel: Slobbeend (*Anas clypeata*) A056.
- Ministerie van LNV. (2008al). Profiel: Smient (*Mareca Penelope*) A050.
- Ministerie van LNV. (2008am). Profiel: Steenloper (*Arenaria interpres*) A169.
- Ministerie van LNV. (2008an). Profiel: Strandplevier (*Charadrius alexandrinus*) A138.
- Ministerie van LNV. (2008ao). Profiel: Topper (*Aythya marila*) A062.
- Ministerie van LNV. (2008ap). Profiel: Tureluur (*Tringa totanus*) A162.
- Ministerie van LNV. (2008aq). Profiel: Wintertaling (*Anas crecca*) A052.
- Ministerie van LNV. (2008ar). Profiel: Wulp (*Numenius arquata*) A160.
- Ministerie van LNV. (2008as). Profiel: Zalm (*Salmo salar*) H1106.
- Ministerie van LNV. (2008at). Profiel: Zilte pioniersbegroeiingen (H1310).
- Ministerie van LNV. (2008au). Profiel: Zilverplevier (*Pluvialis squatarola*) A141.
- Ministerie van LNV. (2008av). Profiel: Zwarte zee-eend (*Melanitta nigra*) A065.
- Ministerie van LNV. (2009). Profiel: habitattypen H1330, Atlantische schorren. 1–13.
- Ministerie van LNV. (2015). Profiel: Gewone zeehond H1365. 1–7.
- Ministerie van LNV. (2008a). Profiel: Bonte strandloper (*Calidris alpina*) (A149).
- Ministerie van LNV. (2008b). Profiel: Elft (H1102).
- NDFF. (2021). Nationale Databank Flora en Fauna. <https://www.ndff-ecogrid.nl/uitvoerportaal>
- Prins, T., van der Meer, J., & Herman, P. M. . (2020). Eindrapportage monitoring- en onderzoeksprogramma Natuurcompensatie Voordelta.
- Provincie Zuid Holland. (2015). Beheerplan bijzondere natuurwaarden Duinen Goeree & Kwade Hoek.
- Rijkswaterstaat. (2020). RWS N2000 Habitatkaarten. <https://data.overheid.nl/dataset/14902-rws-n2000-habitatkaarten>
- Roomen, M. van, Arts, F., Kleunen, A. van, Winden, E. van, Roodbergen, M., & Schekkerman, H. (2020). Status en trends van watervogels en zeezoogdieren in het open water van de Voordelta.
- Sovon.nl. (2020a). Natura 2000-gebied Duinen Goeree & Kwade Hoek. <https://stats.sovon.nl/stats/gebied/1000101>
- Sovon.nl. (2020b). Natura 2000-gebied Voornes Duin. <https://stats.sovon.nl/stats/gebied/1000100>
- Vogelbescherming. (2021). Fuut. <https://www.vogelbescherming.nl/ontdek-vogels/kennis-over-vogels/vogelgids/vogel/fuut>
- Vogelwacht Uden. (2021). Roodkeelduiker. <https://www.vogelwachtuden.nl/index.php/roodkeelduiker>

Bijlage A Samenvatting bestaande literatuur: morfologie

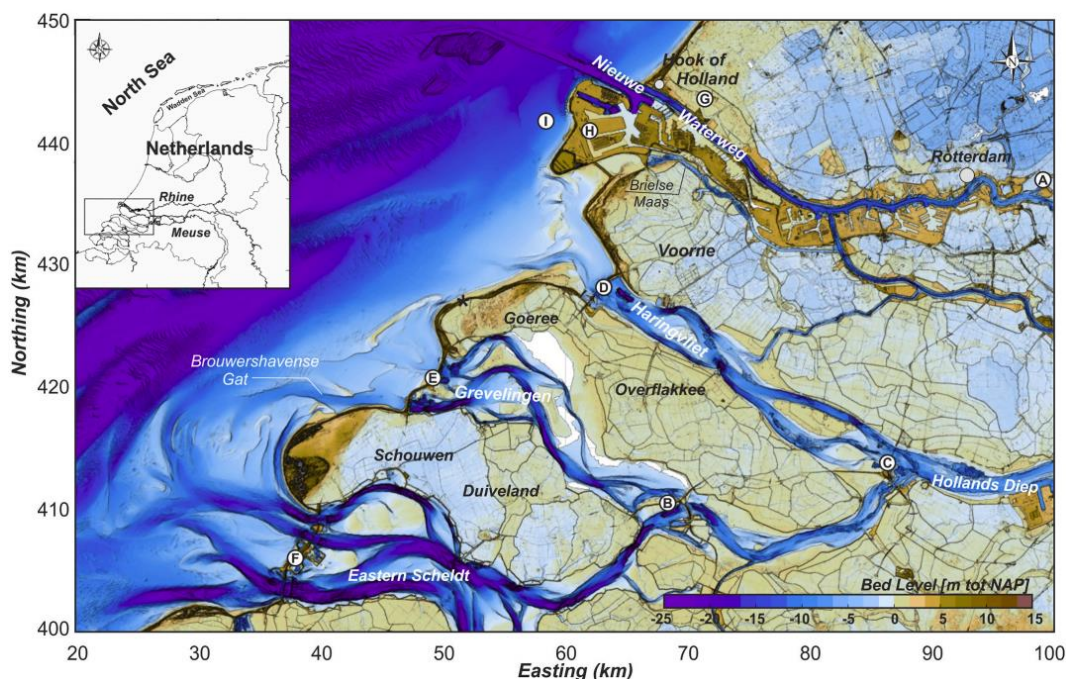
Beschrijvingen van de morfologische ontwikkelingen in de bestaande literatuur.

1. Onderzoeksgebied

De gemeente Westvoorne ligt aan de westkust van het eiland Voorne-Putten. De kust is onderdeel van de voormalige monding van het Haringvliet. Historisch is de monding onderworpen aan de krachten van de natuur. In het kader van de Deltawerken zijn de mondingen van het Haringvliet en de Grevelingen afgesloten van de zee. Voor de scheepvaart werd de Goereese sluis aangelegd en in gebruik genomen.

Het onderzoeksgebied bestaat uit zes (voormalige) riviermondingen en estuaria. Van noord naar zuid zijn dit de Nieuwe Waterweg, de Brielse Maas, het Haringvliet, de Grevelingen, de Oosterschelde en de Westerschelde (Figuur A). Allen, behalve de Westerschelde, zijn vertakkingen van de Rijn en de Maas. De Westerschelde is de monding van de Schelde. De nieuwe waterweg is een kanaal dat de Rijn en Maas met de Noordzee verbindt. De estuaria, met uitzondering van de Nieuwe Waterweg, komen uit in een getijdedelta dat is samengesmolten tot een omvangrijk gebied van ondieptes met getijdengeulen, de Voordelta. Door de afnemende stroomsnelheden wordt zand in dit gebied afgezet en worden ondieptes gevormd.

Aan de westkust van Nederland is sprake van een dubbeldaags getij en dat zich noordwaarts voortplant langs de kust. Het gemiddelde getijdeverschil verschilt tussen 2.5 m in de monding van de Grevelingen tot 1.75 m in de monding van de Nieuwe Waterweg (Rijkswaterstaat, 2013). Golven komen voornamelijk uit het westzuidwesten en hebben een gemiddelde hoogte van 1.3 m. De instromen verschillen ook van een golf-gedomineerd systeem in het noorden en getij-gedomineerd in het zuiden (Davis and Hayes, 1984). Toch laten de inlaten getij-gedomineerde morfologische karakteristieken zien die veroorzaakt worden door een groot getijdeverschil en relatief lage golfenergie.



Figuur A: Overzicht van het noordelijke gedeelte van de Nederlandse delta. Te zien zijn de afgedamde aftakkingen van de Rijn en Maas, de Voordelta en verschillende onderdelen van de Deltawerken: (A) Stormvloedkering Hollandse IJssel, (B) de Grevelingendam, (C) de Volkerakdam, (D) de Haringvlietdam, (E) de Brouwersdam, (F) de Oosterscheldekering, (G) Maeslantkering (Nieuwe Waterweg), (H) Maasvlakte I, (I) Maasvlakte II

2. Morfologische veranderingen en ontwikkelingen in het onderzoeksgebied

De morfologische ontwikkelingen in de mondingen van de Brielsche Maas, het Haringvliet en de Grevelingen sinds de 19^e eeuw worden grotendeels toegeschreven aan grootschalige menselijke ingrepen in het gebied. De aanleg van kanalen, landaanwinning en de bouw van waterkeringen zoals de Brielsche Maasdam, de Haringvlietdam, de Grevelingendam en de Brouwersdam hebben de geomorfologie in het gebied significant veranderd.

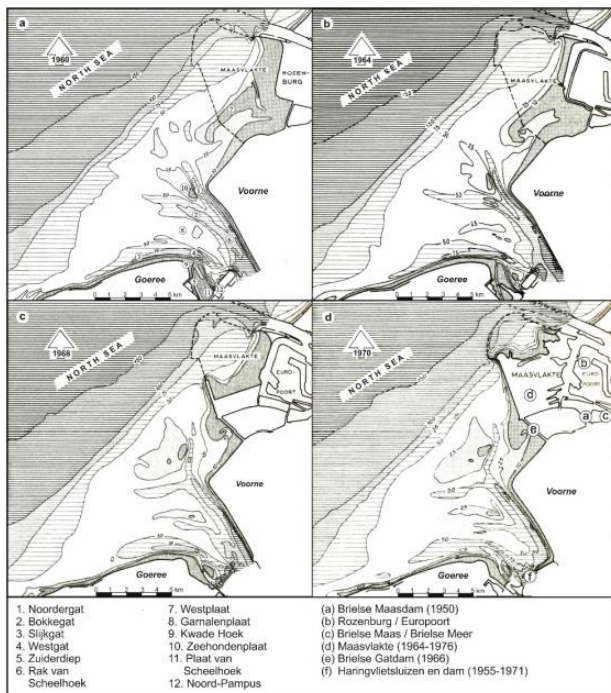
2.1 Afsluiting van de Brielsche Maas (1950)

In de monding van het Haringvliet estuarium lag ook het kleinere estuarium van de Brielsche Maas, een aftakking van de gecombineerde Rijn en Maas. De beide estuaria worden gescheiden door het eiland Voorne en hebben zich afzonderlijk ontwikkeld. De Brielsche Maas was een aftakking van de Nieuwe en de Oude Maas. De Oude Maas werd sinds het graven van de Bergse Maas en het afsluiten van de Afgedamde Maas volledig afgesneden van de Maas. De Brielsche Maas is het overblijfsel van de eens wijde monding van de gecombineerde Rijn en Maas en was historisch een belangrijke scheepvaartroute naar de Rotterdamse haven. Studies van Stouthamer et al. (2015) en Erkens en Cohen (2009) laten een toename zien in het sedimenttransport en het versneld dichtslibben van de rivier door ontbossing sinds de 16^e eeuw. Daarnaast werd de afzetting van sediment in de uiterwaarden verhinderd door de vorming van oeverwallen en de aanleg van dijken langs de rivier. Hierdoor werd sediment verder benedenstrooms vervoerd naar de estuaria. (Pierik et al., 2017). Sedimentatie werd gevolgd door inpoldering langs de noordelijke oevers en de uitbreidende getijdenvlaktes in het midden van het estuarium werden omdijkt om het eiland Rosenberg te vormen. Hierdoor nam de ruimte om sediment af te zetten verder af en werd het dichtslibben versneld (Meyer, 2017).

Omdat de Brielse Maas dichtslibde, werd besloten om de rivier af te sluiten. Het afsluiten van dergelijke kleinere estuaria verminderde de totale lengte van de kustlijn en daarmee de totale lengte van de zeedijken. Hierdoor kon het risico van overstromingen tijdens stormvloed worden gereduceerd (Rijkswaterstaat 1970b, 1978). Daarnaast konden de afgesloten kleinere estuaria als de Brielsche Maas worden gebruikt als grote zoetwater reservoirs om de toenemende schadelijke gevolgen van verzilting in de naastgelegen polders tegen te gaan.

Het afdammen van de Brielsche Maas in juni 1950 resulteerde in drastische veranderingen in de morfologie van de delta. De stroomprofielen en voornamelijk de golfbewegingen als gevolg van de getijdebewegingen werden hierdoor beïnvloed. Rond 1960 hadden de geulen zich gevuld met modder en was hun oriëntatie verschoven van oost-west naar noord-zuid. Daarbovenop werd de door golven gestuurde erosie van de delta niet langer gecompenseerd door het zand dat door het getij werd getransporteerd. Dit resulteerde tot een kleinere delta en uitbreiding van de Westplaat tot een zandbank. De Westplaat breidde zich snel uit, zowel in hoogte als in oppervlakte, roteerde parallel aan de kustlijn en migreerde richting de kust (Terwindt, 1964; 1960). De ontwikkelingen van de Westplaat tussen 1960 en 1970 worden weergegeven in figuur B.

De westwaartse uitbreiding van de Rotterdamse haven heeft de morfologie in het gebied verder veranderd. De bouw van de Europoort (1964-1966), de Maasvlakte (1964-1976), de Slufterdam (1986-1987) en de Maasvlakte 2 (2008-2013) hebben ervoor gezorgd dat de kustlijn van Rozenburg 8 km zeewaarts is verschoven omdat de stapsgewijze landwinning de monding van het Haringvliet steeds meer afschermd van golven uit het noorden en het noordwesten (Figuur B).

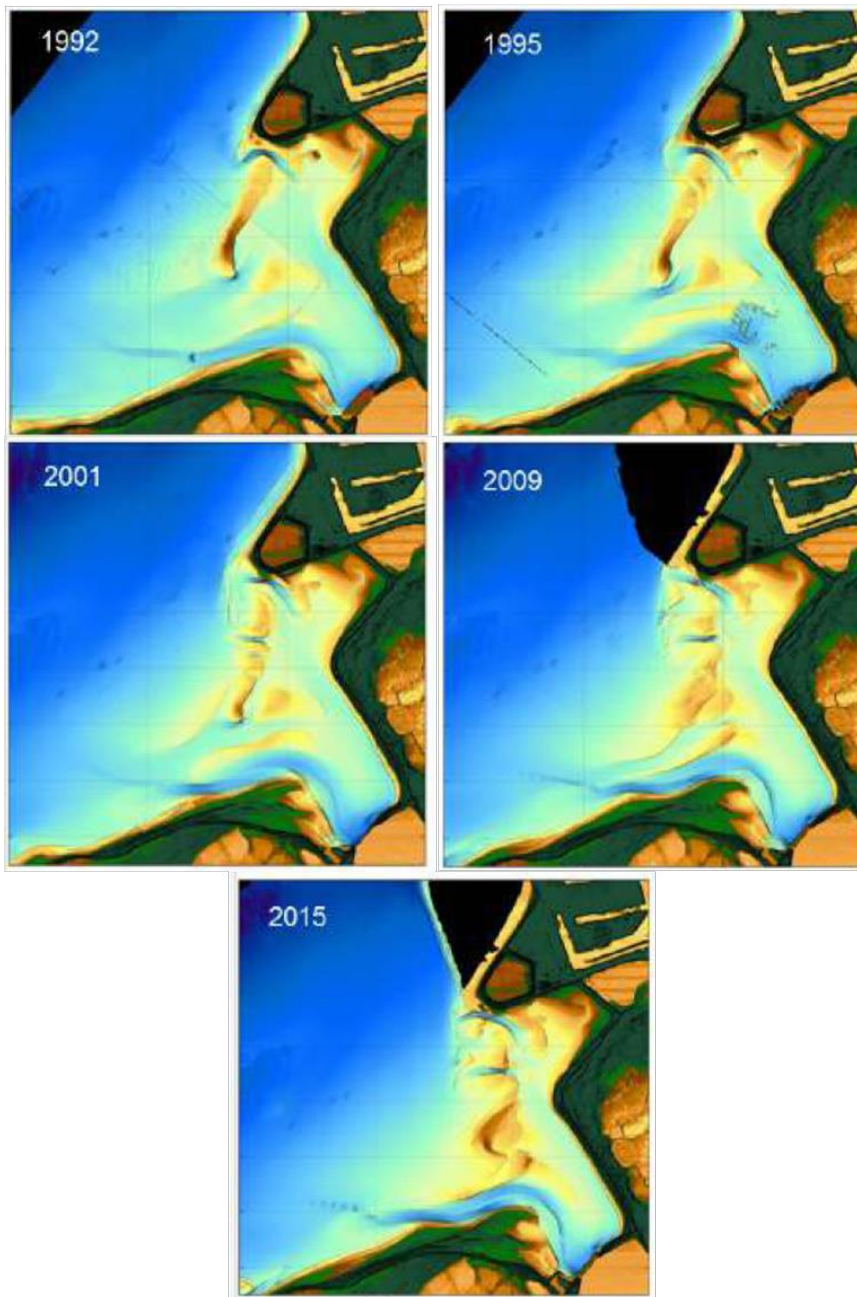


Figuur B: Ontwikkelingen in de monding van de Brielse Maas en het Haringvliet tussen 1960 en 1970. De kaarten tonen de ontwikkelingen van de geulen en de ondieptes veroorzaakt door de aanleg van de Europort en de Maasvlakte in het noordelijke gedeelte van de delta. Dieptes in meter (Rijkswaterstaat Deltadienst, 1970).

2.2 Afsluiting van het Haringvliet (1957)

Het afsluiten van het Haringvliet door middel van de Haringvlietdam is het zesde bouwwerk in het kader van de Deltawerken. Omdat zowel de Rijn als de Maas uitkomen in het Haringvliet kon deze niet zomaar worden afgesloten. De haringvlietdam is daarom aangelegd als een sluzencomplex met 17 sluzen die gezamenlijk 25.000 kubieke meter water per seconde kunnen doorlaten. De Goereese sluis is aangelegd voor het scheepvaartverkeer.

De aanleg van de Haringvlietdam zorgde, net als bij de Brielsche Maas, voor een afname in het getijdeverschil waardoor het golfgedomineerde systeem bij de kust bijna verdween. De kustlijn erodeerde door de golfbewegingen en de Hinderplaat, parallel gelegen aan de kust, nam snel toe in hoogte en lengte en nam af in breedte. De verlengde Hinderplaat creëerde tijdelijk een relatief stabiele situatie en beschermde het achtergelegen gebied. Zowel het oppervlak van de delta als de gemiddelde waterdiepte namen hierdoor af. Vanuit het zuidwesten kwam een grote toevoer van sediment. Deze werd gevoed door de erosie van de kustlijn voor de Grevelingen en zandsuppletie aan de kust van Goeree en zorgde voor aangroei aan de kustlijn van Goeree en uitbreiding van de schoorwal van Kwade Hoek (Calona Alonso, 2018). De enige overgebleven geul is het Slijkpat, waardoor het water van de sluzen voornamelijk afgevoerd wordt. Het is ook de toegang naar de haven van Stellendam waardoor hij regelmatig gebaggerd moet worden. Figuur C geeft de veranderingen weer in de monding van het Haringvliet tussen 1992 en 2015.



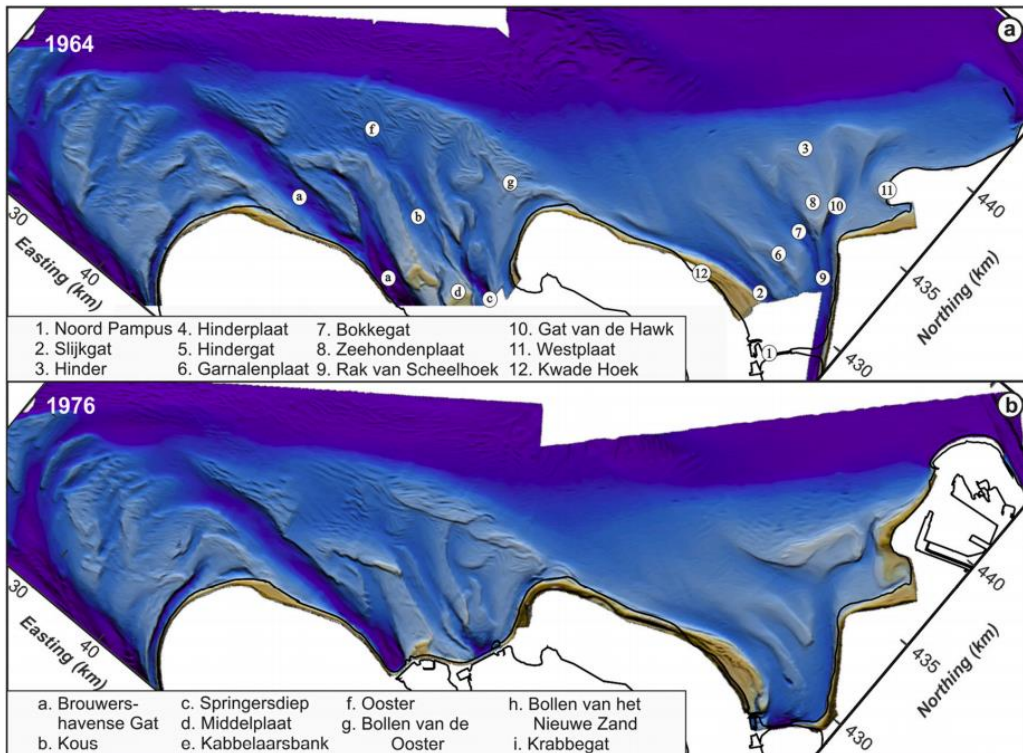
Figuur C: Ontwikkeling van de monding van het Haringvliet tussen 1992 en 2015 (Rijkswaterstaat)

2.3 Afsluiting van de Grevelingen (1971)

De monding van de Grevelingen bestond uit twee geulen. De hoofdgeul, het Brouwershavense Gat, lag in het zuidelijke deel langs de kust van Schouwen. De geulen en de ontwikkelingen in de monding van de Grevelingen worden weergegeven in figuur D. Sinds 1872 slibde de monding van de Grevelingen langzaam dicht terwijl de noordoostelijk georiënteerde geulen van de Oosterschelde sterk erodeerden door de toegenomen getijdebewegingen (Haring, 1955). De geulen in de monding van de Grevelingen werden smaller en dieper en de intergetijdengebieden breidden zich verder uit (Haring, 1978). Na 1933 werd de sedimentatie in de monding versterkt door de afname van het getijdeverschil.

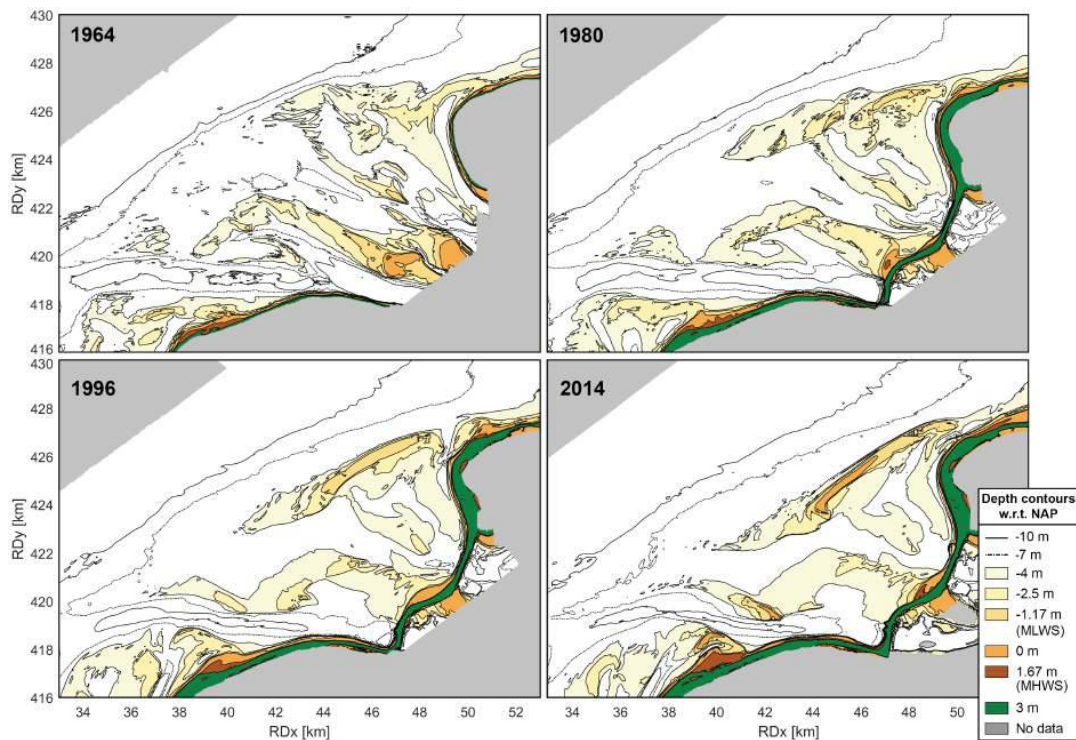
Als zevende bouwwerk van de Deltawerken werd de Brouwersdam aangelegd om het Brouwershavense Gat af te sluiten en ontstond het Grevelingenmeer. In 1965 werd het eerste deel van de Brouwersdam over de Middelpaalt en de Kabbelaarsbank afgerond. Hierdoor werden de kleinere geulen in de monding afgesloten. Dit zorgde voor een

verhoogde druk op de overgebleven geulen als het Brouwershavense Gat in het zuidelijke gedeelte en het Springersdiep/Kous in het noordelijke gedeelte. In 1965 werd ook de oostelijk gelegen Grevelingendam afgerond.



Figuur D: Ontwikkeling van de mondingen van het Haringvliet en de Grevelingen voor de afsluiting (1964) en na de afsluiting (1976).

In 1971 werd de Brouwersdam afgerond en waren de grote geulen volledig afgesloten. De getijdestroom nam hierdoor sterk af waardoor de golfbewegingen de kustlijn begonnen te eroderen tot -10m NAP. Dit zand werd verplaatst naar de Bollen van de Ooster, een noordelijke zandbank (van der Spek, 1987; Kohsiek, 1988). De ontwikkeling van de Bollen van de Ooster is vergelijkbaar met de formatie van de Hinderplaat in het Haringvliet. Het oppervlak van de monding nam af en de voormalige ondieptes erodeerden door de golfbewegingen en de geulen vulden zich. Rond 1996 werd de Ooster een duidelijke zandplaat nadat de onstabiele directe geul die gevormd was door de golven op de ondiepte was verdwenen. In de jaren die hierop volgden werd de Bollen van de Ooster steeds hoger en breidde deze zich parallel aan de kust uit. Figuur E laat de ontwikkelingen van de monding zien van 1964 tot 2014. De golfbewegingen erodeerde ook de Middelpaai en transporteerde het zand richting de kust waardoor een breed strand werd gevormd (Groenewegen, 2019).



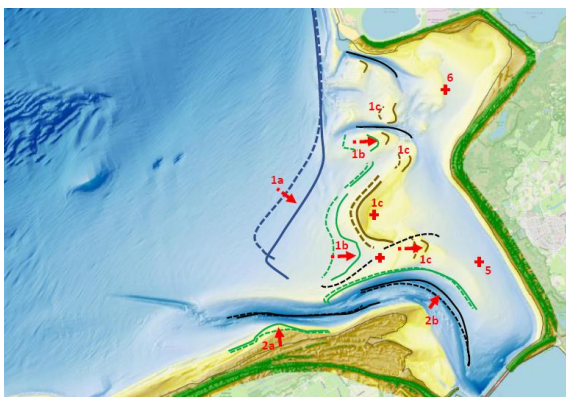
Figuur E: Ontwikkelingen in de monding van de Grevelingen van 1964 tot 2014 (Rijkswaterstaat)

3 Toekomstige ontwikkelingen

Hiervoor zijn de veranderingen in de delta beschreven na het afsluiten van de estuaria. In dit deel wordt gekeken naar de toekomstige verwachte ontwikkelingen van de delta zoals deze is beschreven in de literatuur. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat de hydraulische randvoorwaarden niet significant zullen veranderen.

3.1 Ontwikkeling van de Hinderplaat

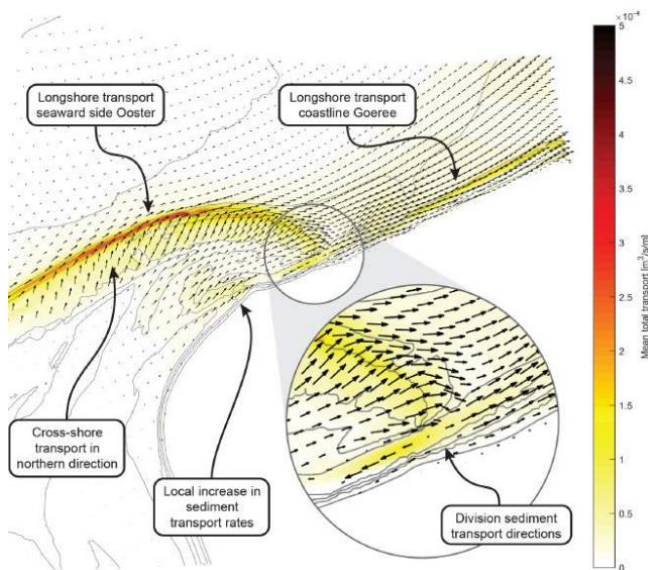
In de toekomst wordt verwacht dat golfbewegingen langs de kust van Goeree en Maasvlakte 2 zullen zorgen voor transport van sedimenten richting dat de monding van het Haringvliet. Het getij zal door de geulen richting het land stromen waarbij golven zorgen voor sedimenttransport vanaf de intergetijdengebieden naar de ontstane ondieptes. Daarnaast zal het noordelijke gedeelte van de Hinderplaat zich verder noordwaarts uitbreiden en zich samenvoegen met de Slufter (De Winter, 2014). De verwachting voor het gebied is dat het langzaam dicht zal slibben als er niet wordt ingegrepen (Smit, 2020). Figuur F geeft de bovengenoemde processen weer.



Figuur F: Ontwikkelingen van morfologische elementen in het studiegebied (groen: ondieptes en strand, zwart: geul, bruin: intergetijdengebied).

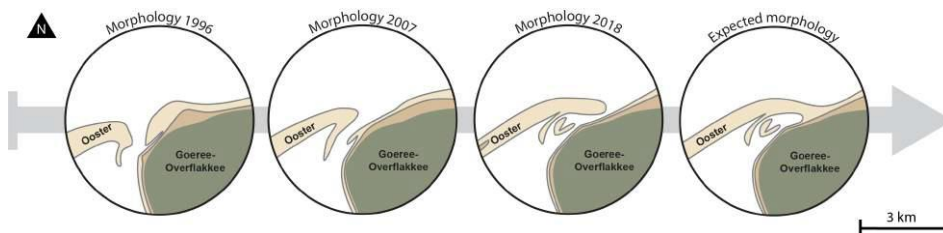
3.2 Ontwikkeling van de Bollen van de Ooster

Figuur F laat zien dat er significant sedimenttransport optreedt aan de zeewaartse kant van de Bollen van de Ooster in noordoostelijke richting. Dit sedimenttransport wordt veroorzaakt door stroming als gevolg van golfbewegingen parallel aan de kust waardoor het sediment richting de geul getransporteerd wordt. Hieruit kan worden opgemaakt dat in dit gebied erosie plaatsvindt als gevolg van een combinatie van lokale toename in stroomsnelheden van het getij en morfologische ontwikkelingen van de Ooster. Daarnaast heeft de snelle verplaatsing van de Ooster in oostelijke richting gezorgd dat de erosie op nieuwe plaatsen in het noorden toeneemt. Achter de Ooster is het netto sedimenttransport parallel aan de kust significant afgenomen omdat het getransporteerde volume richting de Brouwersdam afneemt. Het sedimenttransport loodrecht op de kust bevordert het sedimenttransport parallel aan de kust aan de zeewaartse kant en zorgt ervoor dat er sedimentatie plaatsvindt aan de zeewaartse kant van de Ooster (Groenewegen, 2019).



Figuur G: Gemiddelde gesimuleerde sedimenttransport na een getijdecyclus voor een laag scenario. (Groenewegen, 2019)

Zoals te zien in figuur H wordt ook verwacht dat de geulen tussen de Ooster en de kust zullen verdwijnen waardoor de Ooster zich in de toekomst zal verbinden met de kust. Nadat de Ooster en de kust verbonden zijn zal de eroderende getijdebeweging verdwijnen en de resulterende kustlijn zal worden gevormd door het sedimenttransport parallel aan de kust zoals te zien in figuur G.

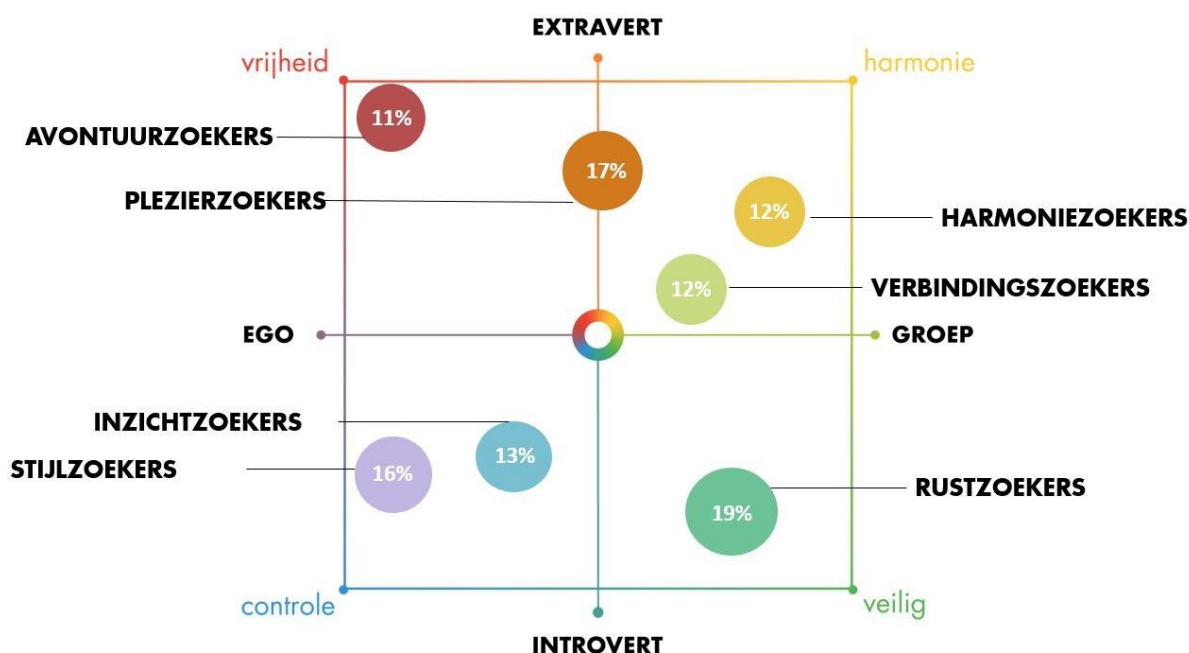


Figuur H: Schematisatie van de morfologische ontwikkelingen van de Ooster op basis van vaklodingen en JarKus (Rijkswaterstaat)

Bijlage B Leefstijlvindermethode

Leefstijlvinder

Voor het in kaart brengen van de categorieën toeristen en recreanten maken we gebruik van de **Leefstijlvinder**, ontwikkeld door SAMR Marktvinders in opdracht van acht provincies. De leefstijlen geven inzicht in het gedrag, waarden en behoeften van recreanten en toeristen op basis van psychologische en sociologische kenmerken. De leefstijlsegmentatie onderscheidt zeven doelgroepen, ook wel leefstijlen genoemd, met allemaal een eigen vrijetijdsprofiel. Dit zijn de zeven leefstijlen: Avontuur-, Plezier-, Harmonie-, Verbindings-, Rust-, Inzicht en Stijlzoekers. De zeven leefstijlen zijn weergegeven in onderstaande figuur.



Model Leefstijlvinder, SAMR 2020

Harmoniezoekers

Harmoniezoekers zijn hartelijke, gezellige mensen, met veel interesse in anderen. Ze omschrijven zichzelf als gemoedelijk, vrolijk en zachtaardig. In het leven hechten ze veel belang aan geborgenheid, gastvrijheid en vriendschap. Ze nemen de tijd voor het gezin, trekken er graag op uit met (of naar) familie, vrienden en kennissen, en vinden een goede relatie met burens en familie heel belangrijk. Het hoeft voor hen allemaal niet zo vreemd; doe maar normaal, dan doe je al gek genoeg.

Verbindingszoekers

Verbindingszoekers zijn, bovenal, geïnteresseerd in anderen. Het zijn behulpzame, evenwichtige mensen die zichzelf omschrijven zichzelf als 'gewoon' en hartelijk. Voor Verbindingszoekers zijn gastvrijheid, sociale verbondenheid en 'doe maar gewoon' belangrijke waarden. Ze vinden het dan ook belangrijk om een goede relatie te onderhouden met burens en familie, met harmonie en gezelligheid. Er voor elkaar zijn, dat is toch hartstikke normaal?

Rustzoekers

Rustzoekers vinden zichzelf hele gewone mensen. Ze omschrijven zichzelf als kalm, behulpzaam, bedachtzaam en zachtaardig. Ze houden van rust en regelmaat, en voelen zich het meest op hun gemak in hun eigen, vertrouwde omgeving. Ze vinden het fijn als ze lekker hun eigen gang kunnen gaan, en vinden het

dan ook niet erg om alleen te zijn. Ze houden ervan om op hun gemak thuis te zijn, een beetje te tuinieren, te klussen en tv te kijken. Doe maar gewoon, dan doe je al gek genoeg.

Inzichtzoekers

Inzichtzoekers zijn bedachtzame, serieuze en intelligente mensen. Ook omschrijven zij zichzelf als evenwichtig en zakelijk. Ze vinden het niet erg om alleen te zijn, want dan kunnen ze mooi hun eigen gang gaan. De rust en ruimte om hen heen die ze daardoor verkrijgen vinden ze fijn. Belangrijke waarden voor Inzichtzoekers zijn rationaliteit, daadkracht, privacy/rust en 'doe maar gewoon'. Maar ook vrijheid om te doen wat ze willen is erg belangrijk voor ze. Als ze niet op pad gaan naar culturele activiteiten of natuur, dan vinden ze het ook heerlijk om rustig thuis te zijn, een beetje te klussen, TV te kijken en het nieuws te volgen. Ze houden van informatie; 'meten is weten'!

Stijlzoekers

Stijlzoekers zijn intelligent, zelfverzekerd en doelgericht. Ze hebben een sterk karakter, en omschrijven zichzelf ook wel als zakelijk, ondernemend en leidinggevend. Stijlzoekers zijn graag onder gelijkgestemden, die waarden als ambitie, uitdaging en daadkracht met hen delen. En die waarderen dat de Stijlzoekers zeggen waar het op staat, ook als anderen het daar misschien niet mee eens zijn. Stijlzoekers gaan ervoor in het leven: zowel in hun werk, als in hun vrije tijd worden ze graag geprikkeld, en zoeken ze de uitdaging op. Verveling is niet aan hen besteed. Liever besteden ze hun tijd aan sporten en feesten. Gáán!

Avontuurzoekers

Deze recreanten zijn creatief, avontuurlijk, eigenwijs en geïnteresseerd in anderen. Ook omschrijven ze zichzelf als intelligent en ondernemend. Ze vinden het lekker om hun eigen gang te gaan, en vinden het dan ook niet erg om alleen te zijn. Als ze met anderen optrekken, dan zijn dat het liefst creatieve en vernieuwende denkers, of mensen die weten wat ze willen. Ze hechten veel waarde aan vrijheid, uniek zijn en genieten van het leven.

Plezierzoekers

Plezierzoekers zijn spontaan, vrolijk en gezellig. Ook omschrijven ze zichzelf als avontuurlijk, impulsief en eigenwijs. Waarden die ze belangrijk vinden zijn uitdaging, uniek zijn en succes in het leven. Ze hebben het liefst veel mensen om zich heen, en trekken er dan ook graag op uit met familie, vrienden en kennissen. Ze houden van leuke dingen ondernemen: voor hen staat plezier hebben in het leven op nummer één. Een dag niet gelachen, is een dag niet geleefd!

Voorkeuren ten aanzien van natuur- en recreatiegebieden

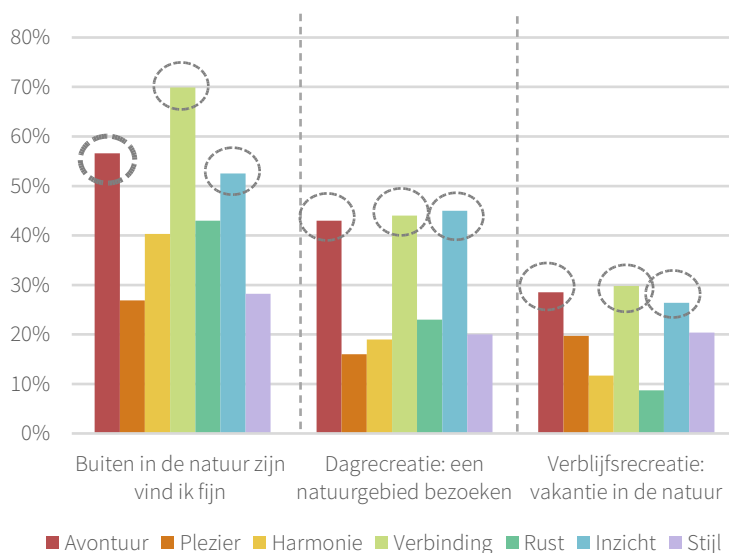
Wanneer we specifiek kijken naar achterliggende waarden, wensen en behoeftes ten aanzien van natuurbeleving en recreatie, zien we een aantal belangrijke verschillen per leefstijl. In onderstaande tabel is weergegeven welke activiteiten vaker of minder vaak dan gemiddeld worden ondernomen.

Activiteiten per leefstijl die vaker of minder vaak dan gemiddeld worden ondernomen

Leefstijl	Vaker dan gemiddeld	Minder vaak dan gemiddeld
Avontuurzoeker	Wandeling maken, Museum, Natuurgebied bezoeken, Strand bezoeken, Stad bezoeken, Outdoor activiteiten	Professionele sportwedstrijd bezoeken
Plezierzoeker	Evenement, Picknicken, Strand bezoeken	Fietsen, Wandeling maken, Museum, Natuurgebied bezoeken
Harmoniezoeker	Picknicken	Evenement, Museum, Outdoor activiteiten
Verbindingszoeker	Fietsen, Wandeling maken, Natuurgebied bezoeken	
Rustzoeker		Sporten, Museum, Picknicken, Strand bezoeken, Stad bezoeken, Outdoor activiteiten
Inzichtzoeker	Wandeling maken, Museum, Natuurgebied bezoeken	Evenement, Picknicken
Stijlzoeker	Professionele sportwedstrijd bezoeken, Sporten, Picknicken	Wandeling maken

Voorkeuren Leefstijlen natuur en recreatie

Elk van de leefstijlen heeft haar eigen wensen en behoeftes ten aanzien van vrije tijd. Dat betekent ook dat er verschillende voorkeuren bestaan ten aanzien van natuur- en recreatiegebieden. Het valt op dat de avontuurzoeker, verbindingszoeker en inzichtzoeker duidelijk het liefst buiten in de natuur zijn en hier een dagje uit en vakantie doorbrengen.



Voorkeuren ten aanzien van natuur per leefstijl

Deze drie leefstijlen zijn daarmee de natuurliefhebbers, de beleving die de leefstijlen zoeken in de natuur is echter wel heel verschillend. De avontuurzoeker wil graag nieuwe dingen beleven, houdt van avontuurlijke outdoor activiteiten en wil graag struinen en ongerepte gebieden bezoeken.

De inzichtzoeker vermijdt het liefst drukke plekken en wil kennis en inzichten opdoen over de natuur, flora en fauna en regio of streek. Nuttig bezig zijn is belangrijk. De verbindingszoeker gaat daarentegen juist graag samen op pad. Zij zijn

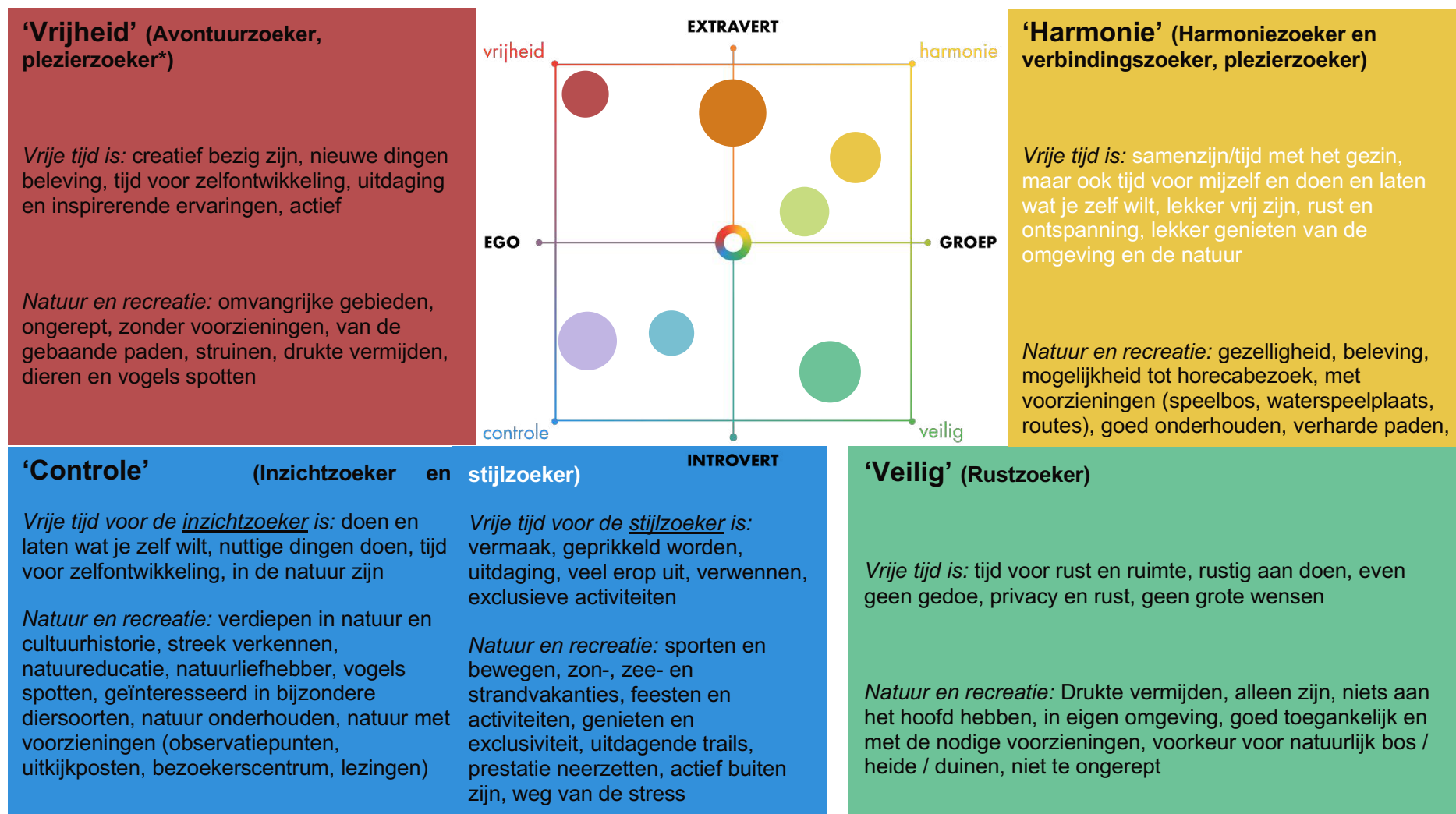
naast gezelligheid ook op zoek naar rust en ontspanning en dat doen ze graag in de natuur, bijvoorbeeld door middel van fietsen en wandelen en het beleven van erfgoed.

Er zijn dus duidelijke verschillen in de manier van natuurbeleving voor deze drie natuurliefhebbers. Maar, dat betekent niet dat de overige vier leefstijlen geen gebruikmaken van de natuur. Ook zij gaan de natuur in (zie bovenstaande figuur), weliswaar minder, maar zijn op zoek naar een andere beleving.

Samenvattend kunnen we zeggen dat het voor plezier- en harmoniezoekers op het gebied van natuur en recreatie belangrijk is dat er gezelligheid is en dat er voor iedereen wat te doen en te beleven is. Zij geven bijvoorbeeld de voorkeur aan een strand of aan een natuurgebied met veel voorzieningen en activiteiten als (water)speelplaatsen en interactie). Waar de plezierzoeker en harmoniezoeker (en verbindingszoeker) graag samen op pad gaan, vindt de rustzoeker het geen enkel probleem om er alleen op uit te trekken. De rustzoeker geniet van de rust en stilte en hoeft niet per se nieuwe dingen te doen of ver weg te gaan. Dichtbij huis en in de eigen vertrouwde omgeving, bijvoorbeeld een dagje vissen, fietsen of wandelen. Stijlzoekers bezoeken minder vaak dan de andere leefstijlen een natuurgebied om te wandelen en te fietsen. Dit kan overigens onder de juiste omstandigheden voor hen wel aantrekkelijk zijn. Wel gaan ze zelf graag actief sporten en zoeken ze de uitdaging op (denk aan uitdagende en prestatiegerichte mountainbike trails en watersport). Ze willen graag geprikkeld worden en uitgedaagd worden en gaan relatief veel op zon, zee en strandvakanties.

Belangrijk om te beseffen is dat niet alleen de stijlzoekers actief sporten, of dat alleen plezierzoekers naar het strand gaan en andere leefstijlen niet. In de tabel, hebben we weergegeven welke activiteiten door welke leefstijlen vaker of minder vaak dan gemiddeld worden gedaan.

In 2016 is een Toolkit Natuurbeleving gepubliceerd. Hierin staan de verschillende voorkeuren per leefstijl weergegeven als het gaat om natuurbeleving. De leefstijlen zijn opgebouwd uit vier belevingswerelden. Ter illustratie hebben we de voorkeuren van de vier belevingswerelden weergegeven, met de daarbij behorende leefstijlen: vrijheid (avontuurzoeker en plezierzoeker), harmonie (harmoniezoeker, verbindingszoeker en plezierzoeker), veilig (rustzoeker) en controle (stijlzoeker en inzichtzoeker). Het blijkt dat er aanzienlijke verschillen zijn in de voorkeuren als het gaat om voorzieningen, activiteiten, routes en landschappen, zie onderstaande figuur.



Toolkit Natuurbeleving

Colofon

ONDERZOEK AANZANDING KUST HARINGVLIETMONDING ACHTERGRONDRAPPORT

AUTEUR

Robbert C. Steijn, Tanya Huizer, Jeroen Klooster, Gijs Kos, Mirjam de Boer, Jolijn Posma, Leonie Koenders, Bernd van Kuijk, Jelmer Cleveringa, Diederik Spaans, Jeroen Adema, Jessica Bergsma, Sophie van Rijn, Sebastiaan Huizer

PROJECTNUMMER

30073403

DOCUMENTNUMMER

D10045985AB

DATUM

27 januari 2022

STATUS

Eindversie blok A en B

GECONTROLEERD DOOR

Rob Steijn
Hoofdmorfoloog

VRIJGEGEVEN DOOR

Tanya Huizer
Senior projectleider

Over Arcadis

Arcadis is een toonaangevend wereldwijd ontwerp- en consultancybureau voor de natuurlijke en gebouwde omgeving. Wij maken het verschil voor onze klanten en de maatschappij met doeltreffende, duurzame en digitale oplossingen. Met 27.000 mensen in meer dan 70 landen genereerden we in 2020 een omzet van €3,3 miljard. Wij ondersteunen UN-Habitat met kennis en expertise om leefomstandigheden te verbeteren in gebieden getroffen door de gevolgen van de klimaatverandering.

www.arcadis.com

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 4205
3006 AE Rotterdam
Nederland

T +31 (0)88 4261 261