



Ecologisch onderzoek Getij Grevelingen

Onderzoek naar de historische ontwikkeling van het watersysteem en inschatting van de autonome ontwikkeling vergeleken met getijscenario's en effecten op Natura 2000-soorten en habitats bij gedempt getij

Auteur(s):

Marijn Tangelder (1), Tom Ysebaert (1,3,4), Jeroen Wijsman (1), John Janssen (2), Ingeborg Mulder (1) Arno Nolte (5), Willem Stolte (5), Nils van Rooijen (2) & Lisanne van den Bogaart (1)

Wageningen University
& Research rapport
C089/19

Ecologisch onderzoek Getij Grevelingen

Onderzoek naar de historische ontwikkeling van het watersysteem en inschatting van de autonome ontwikkeling vergeleken met getijscenario's en effecten op Natura 2000-soorten en habitats bij gedempt getij

Auteur(s): Marijn Tangelder (1), Tom Ysebaert (1,3,4), Jeroen Wijsman (1), John Janssen (2), Ingeborg Mulder (1) Arno Nolte (5), Willem Stolte (5), Nils van Rooijen (2) & Lisanne van den Bogaart (1)

1 = Wageningen Marine Research

2 = Wageningen Environmental Research

3 = Koninklijk Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee

4 = Universiteit van Antwerpen

5 = Deltares

Met bijdragen van Delta Project Management (Floor Arts, Mark Hoekstein & Maarten Sluijter) en Bureau Waardenburg (Helga van der Jagt & Edwin Kardinaal)

Wageningen Marine Research
Yerseke, september 2019

VERTROUWELIJK Nee

Wageningen Marine Research rapport C089/19

Keywords: Grevelingen, systeem analyse, trendanalyse, waterkwaliteit, watersysteem, Natura 2000, KRW, modellering, intergetijdengebieden, gedempt getij, ecologisch functioneren

Opdrachtgever: Rijkswaterstaat Zee en Delta
T.a.v. de heer Paul Paulus
Poelendaelesingel 18,
4335 JA Middelburg

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/506617>
Wageningen Marine Research verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

Wageningen Marine Research is ISO 9001:2015 gecertificeerd.

© Wageningen Marine Research

Wageningen Marine Research, instituut
binnen de rechtspersoon Stichting
Wageningen Research, hierbij
vertegenwoordigd door Dr. M.C.Th.
Scholten, Algemeen directeur

KvK nr. 09098104,
WMR BTW nr. NL 8113.83.696.B16.
Code BIC/SWIFT address: RABONL2U
IBAN code: NL 73 RABO 0373599285

Wageningen Marine Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor
gevolgschade, noch voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de
resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van Wageningen
Marine Research. Opdrachtgever vrijwaart Wageningen Marine Research van
aanspraken van derden in verband met deze toepassing.
Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag weergegeven en/of
gepubliceerd worden, gefotokopieerd of op enige andere manier gebruikt worden
zonder schriftelijke toestemming van de uitgever of auteur.

Inhoud

Samenvatting	7
Inleiding	14
Doel	15
Afbakening	15
Uitvoering en samenwerking	17
Leeswijzer	18
1 Ecologische ontwikkeling watersysteem op basis van soorten(groepen) - historisch, autonoom en bij gedempt getij	19
1.1 Samenvatting historische ecologische ontwikkeling van het Grevelingenmeer watersysteem	19
1.2 Beschrijving van het waterbeheer sinds de afsluiting	20
1.3 Historische ontwikkeling van de algemene waterkwaliteit (Deltares)	22
1.3.1 Gebruikte databronnen	22
1.3.2 Nutriënten	22
1.3.3 Zuurstof	28
1.3.4 Lichtuitdoving in de waterkolom.	30
1.3.5 Fytoplankton	32
1.4 Historische ontwikkeling soortengroepen: trendanalyses	33
1.4.1 Macrobenthos	34
1.4.2 Vissen	41
1.4.3 Zeegras	60
1.4.4 Vogelsoorten	60
1.4.5 Zeezoogdieren	61
1.5 Inschatten toekomstige ontwikkeling waterkwaliteit en soorten in de autonome ontwikkeling en met gedempt getij	62
1.5.1 Gebruikte gegevens en aanpak	62
1.5.2 Prognose waterkwaliteit (modelberekeningen 3D DELWAQ) (Deltares)	63
1.5.3 Prognose macrobenthos	70
1.5.4 Prognose vissen	71
1.5.5 Prognose vogels (Delta Project Management)	73
1.5.6 Prognose zeezoogdieren (Delta Project Management)	78
1.6 Kaderrichtlijn Water 2018 & prognose autonome ontwikkeling en getij (Bureau Waardenburg)	79
2 Potentiële effecten op de huidige (terrestrische) Natura 2000 waarden	80
2.1 Materiaal en methodes	80
2.1.1 Habitatkaarten	80
2.1.2 Berekening directe verliezen	80
2.1.3 Leefgebied Natura 2000-soorten	81
2.1.4 Overige data en bronnen	82
2.1.5 Effect beoordeling	83
2.2 Actuele oppervlakte habitattypen en leefgebieden	83
2.3 Historische ontwikkeling Natura 2000 habitats en soorten	85
2.3.1 Situatie voor de afsluiting	85

2.3.2	Vegetatie ontwikkeling sinds de afsluiting	85
2.3.3	Ontwikkeling Groenknolorchis	92
2.3.4	Ontwikkeling Noordse woelmuis	92
2.4	Autonome ontwikkeling tot circa 2050	93
2.4.1	Zilte pioniervegetatie met zeekraal (1310A)	93
2.4.2	Zilte pioniervegetatie met zeevetmuur (1310B)	93
2.4.3	Zilte graslanden (1330B)	93
2.4.4	Kalkrijke duinvalleien (2190B)	93
2.4.5	Leefgebied Groenknolorchis	94
2.4.6	Leefgebied Noordse woelmuis	94
2.5	Effecten op Natura 2000 bij getijscenario's	95
2.5.1	Effecten op zilte habitattypen	96
2.5.2	Effecten op vochtige duinvalleien en leefgebieden soorten Groenknolorchis en Noordse Woelmuis	99
3	Vooruitblik Grevelingenmeer met getij - potentieel Natura 2000 gebied en potentie als foerageergebied	105
	Ecologische potentie Grevelingenmeer H1160 "Grote, ondiepe krek en baaien"	105
3.1.1	Beschrijving, afbakening en definiëring van H1160	105
3.1.2	Aanpak	106
3.1.3	Vergelijking H1160 en Grevelingenmeer met gedempt getij	109
3.2	Ontwikkeling en kwaliteit intergetijdengebieden bij 30-50 cm getij	112
3.2.1	Areaal intergetijdengebied bij getijscenario's	112
3.2.2	Ontwikkeling als foerageergebied voor vogels	115
3.2.3	Droogvalduur	116
3.2.4	Ontwikkeling van de in het broedseizoen droogvallende zone	117
3.2.5	Verwachting ontwikkeling 'begroeid' intergetijdengebied onverdedigde oevers	117
3.2.6	Huidige situatie laaglitoraal	121
	Conclusie	122
	Ecologische ontwikkeling watersysteem	122
	Potentiële effecten op Natura 2000	126
	Potentie H1160 en foerageergebied bij gedempt getij	128
	Discussie	130
	Ontwikkeling Grevelingen ecosysteem als geheel	130
	Ontwikkeling van het watersysteem historisch, autonoom en bij getijscenario's	130
	Potentiële effecten op Natura 2000	132
	Potentie H1160 en foerageergebieden bij gedempt getij	134
4	Kwaliteitsborging	136
	Literatuur	137
	Verantwoording	141
	Bijlagen	142
	Lijst van bijlagen	142
	Bijlage 1 Beschrijving huidig peilbeheer, peil bij autonome ontwikkeling, getijscenario's en optimalisaties in peilbeheer van het Grevelingenmeer	143

Bijlage 2 Natura 2000 habitats en soorten Grevelingenmeer	145
Bijlage 3 Tabel 1 - Vaas (1978)	146
Bijlage 4 Tabel 2 - Vaas (1978)	148
Bijlage 5 Frequentie van voorkomen in vangsten per soort, boomkortrekken in 1982, 1988 en 1994 in het Grevelingenmeer.	149
Bijlage 6 Vissoorten gevangen in Grevelingen tijdens visstandonderzoek 1960-1989	150
Bijlage 7 Soortenlijst DFS (1970)/FGRA (2008, 2011, 2013, 2017)	151
Bijlage 8 DPM Rapportage vogels en zeezoogdieren	152
Bijlage 9 Update status beschrijving KRW Grevelingenmeer en verwachting autonome ontwikkeling en K2 water	153
Bijlage 10 Habitatkaart-2011 van geselecteerde habitats	163
Bijlage 11. Correcties in de 2011-habitatkaart	165
Bijlage 12. Hoogte-diepte kaart van het Grevelingenmeer	169
Bijlage 13. Gemodelleerde waterstanden per getijscenario en autonome ontwikkeling	170
Bijlage 14. Leefgebied Noordse Woelmuis en Groenknolorchis	182
Bijlage 15. Kaarten directe effecten Natura 2000 habitattypen en leefgebied van soorten (excl. indirecte effecten)	186
Bijlage 16. Verslag expertsessie indirecte effecten op Natura 2000 als gevolg van getij (B2 Consultancy en Houtekamer&Van Kleef)	219
Bijlage 17. Indirecte effecten door zoutspray en verdroging (exclusief drainage door peilverlaging)	220
Bijlage 18 Aanwezigheid typische soorten H1160 in het Grevelingenmeer	221
Bijlage 19. Ruimtelijke kaarten van ligging intergetijdengebieden en andere ecotopen voor getijscenario's.	222
Bijlage 20. Cumulatief voorkomen van habitats en gevoeligheids analyse i.r.t. waterstanden	228

Samenvatting

Het project Getij Grevelingen bereidt de beslissing voor over het al dan niet introduceren van gedempt getij in het Grevelingenmeer via een doorlaat in de Brouwersdam. Dit doorlaatmiddel, met geplande ingebruikname in 2025, moet leiden tot een verbetering van de waterkwaliteit en ecologie van het meer. Rijkswaterstaat streeft er naar om de ecologische ontwikkeling van het meer, zowel boven als onder water (ecosysteem als geheel), beter te begrijpen en de potentiële toekomstige ontwikkeling van het meer (zowel bij gedempt getij als in de autonome ontwikkeling) beter in beeld te brengen. Daarom heeft Rijkswaterstaat aan Wageningen Marine Research gevraagd om de ecologische gevolgen van vijf verschillende door Rijkswaterstaat gedefinieerde peilbeheer scenario's (getijscenario's) te onderzoeken voor. Dit onderzoek heeft tot doel om:

- De ontwikkeling van het watersysteem aan de hand van trends van KRW en Natura 2000 soorten (macrobenthos, vissen, vogels en zeezoogdieren) nader te beschrijven: (1) historisch sinds de afsluiting, (2) bij autonome ontwikkeling rekening houdend met klimaatverandering en (3) bij getijscenario's.
- De potentiële effecten op terrestrische Natura 2000 habitattypen en –soorten zo nauwkeurig mogelijk in kaart te brengen met (1) een beschrijving van de historische ontwikkeling na de afsluiting, (2) de autonome ontwikkeling en (3) bij getijscenario's voor habitattypen H1310A - Zilte pionierbegroeiingen (zeekraal), H1310B - Zilte pionierbegroeiingen (zeevetmuur), H1330B - Schorren en zilte graslanden (binnendijks), H2190B Vochtige duinvalleien – kalkrijk en habitatsoorten Groenknolorchis en Noordse Woelmuis.
- De mogelijke kwalificering van het Grevelingenmeer met gedempt getij als Habitatype 1160 'Grote baaien en ondiepe krekens' te bespreken.
- De ontwikkeling van het bodemleven bij gedempt getij in het ontstane intergetijdengebied en de geschiktheid van dit intergetijdengebied als foerageergebied voor vogels te onderzoeken.

De vijf getijscenario's zijn gedefinieerd door verschil in getijslag van 30, 40 en 50 cm (met een minimale en maximale waterstand), middenstand en bij sommigen met onderscheid in peil optimalisaties met peilverlaging in het broedseizoen, opzet in de winter en compensatie voor scheefstand.

Tijdens de uitvoering van dit onderzoek is intensief overlegd met Rijkswaterstaat waarbij ook het ministerie van LNV en Staatsbosbeheer nauw betrokken waren. Het onderzoek is uitgevoerd door onderzoekers van Wageningen Marine Research en Wageningen Environmental Research (potentiële effecten op Natura 2000). Analyse van broedvogels, niet-broedvogels en zeezoogdieren en het maken van een prognose voor getijscenario's en autonome ontwikkeling is uitgevoerd door Delta Project Management in opdracht van Wageningen Marine Research. Daarnaast zijn tijdens de uitvoering van dit onderzoek op verzoek van Rijkswaterstaat uitkomsten van parallel lopende onderzoeken die worden uitgevoerd vanuit Getij Grevelingen geïntegreerd:

- Deltares heeft hydrodynamische modellering en waterkwaliteitsmodellering van de getijscenario's en autonome ontwikkeling uitgevoerd. De gegevens die hieruit voort kwamen zijn gebruikt om ontwikkeling van soortengroepen en potentiële effecten op Natura 2000 te onderzoeken. Ook zijn door Deltares uitgevoerde analyses van de historische ontwikkeling en prognoses voor waterkwaliteit meegenomen in dit rapport. Hoewel dit geen onderdeel was van de opdracht was, is dit gedaan omdat het gezamenlijke streven was om een zo integraal mogelijk beeld te kunnen geven van de (toekomstige) ontwikkeling van het Grevelingenmeer.
- Bureau Waardenburg heeft een update gemaakt van de Kaderrichtlijn Water (KRW) maatlatten in 2018 en een prognose voor autonome ontwikkeling (zonder ingreep) en getijscenario's. De uitkomsten hiervan zijn ook in voorliggend rapport meegenomen.

Ecologische ontwikkeling watersysteem sinds de afsluiting

Het Grevelingenmeer is sinds de afsluiting van de Brouwersdam (1971) continu in verandering geweest, in belangrijke mate bepaald door veranderingen in het sluisbeheer met de opening van de Brouwerssluis in 1978 en het opheffen van de zomersluiting van de sluis in 1999. Het sluisbeheer had gevolgen voor o.a. het zoutgehalte, het inspoelen van organisch materiaal en nutriënten vanuit de Noordzee (en daarmee op de primaire productie), de mate van zout- en temperatuurstratificatie en optreden van zuurstofloze condities nabij de bodem en de connectiviteit met de Noordzee (migratie mogelijkheden). In 2017 en 2018 heeft de Flakkeese Spuisluis open gestaan (daarna weer voor bepaalde tijd gesloten) die invloed heeft op de verblijftijden in het oostelijk deel van het meer.

De ecologische ontwikkeling van het Grevelingenmeer kenmerkt zich door grote temporele veranderingen in de biodiversiteit en het voorkomen van soorten, welke ook gevolgen hebben voor de structuur en het functioneren van het meer en zijn oevers. De belangrijkste ontwikkelingen van de geanalyseerde soortengroepen in relatie tot het waterbeheer zijn:

1. De waterkwaliteit in het Grevelingenmeer is na de opening van de Brouwerssluis in 1978 en instellen van een zomersluiting in 1980 veranderd. De winterconcentratie van fosfaat nam af, maar die van nitraat nam toe. Fosfaat is in de jaren daarna verder afgenomen, waar nitraat ongeveer gelijk is gebleven. Silicaatconcentraties namen ook af, maar relatief minder sterk dan fosfaat. Dit heeft geleid tot een sterk stijgende anorganisch N/P verhouding. In de huidige situatie is de voorjaarsbloei van fytoplankton beperkt door de beschikbaarheid van fosfaat, en voor diatomeeën door silicaat. Door nalevering van fosfaat en silicaat uit de bodem en het diepe water in de zomer treedt stikstoflimitatie op in de zomer.
Sinds 1980 wordt ook de zuurstofconcentratie in de waterkolom gemeten. De maandgemiddelde diepte waarop zuurstofarm water wordt aangetroffen is gebruikt om het oppervlakte zuurstofarm (< 3 mg/l) water uit te rekenen. Rond 2000, dus nadat de Brouwersdam het hele jaar geopend werd, is het maximale oppervlak zuurstofarm water per jaar significant toegenomen.
Het doorzicht in het Grevelingenmeer is tussen 1990 en 2000 afgenomen. Dit lijkt niet veroorzaakt te zijn door verandering in slib en/of humusmateriaal, maar eerder door een toename van chlorofyl-A en dus fytoplankton. Dit bevestigt de bevinding dat fytoplankton niet licht-, maar nutriënt gelimiteerd is. Waar de toename van chlorofyl-A door veroorzaakt wordt is niet direct vast te stellen. De toename valt niet samen met een verandering in beheer, maar kan hier wel een indirect gevolg van zijn. Na de jaarrond openstelling van de Brouwerssluis neemt het slibgehalte in het water licht toe, maar dit heeft geen aantoonbaar effect op het doorzicht.
Fytoplankton tellingen zijn consistent met het bovenstaande beeld. Chlorofyl-A/fytoplankton suggereert dat het Grevelingenmeer over de hele periode dat er metingen zijn (1990 - heden) geleidelijk steeds meer nutriënt (stikstof) gelimiteerd wordt. Het aandeel diatomeeën neemt over deze periode toe.
2. Het macrobenthos onderging grote wijzigingen in de tijd, mede door veranderingen in het sluisbeheer. Na de afsluiting is het Grevelingenmeer armer geworden in soorten aantal. Het inlaten van zout Noordzeewater door de opening van de Brouwerssluis leidde in het eerste jaar tot stratificatie waardoor vrijwel alle macrobenthos beneden de 8 m zou zijn doodgegaan. Een volgende ontwikkeling die plaatsvond, was het ophopen van organisch materiaal in de diepere delen van het meer door het wegvallen van het getij, waardoor de leefomstandigheden voor het macrobenthos hier verslechterde. De biomassa van het macrobenthos in het Grevelingenmeer wordt gedomineerd door filtrerende schelpdieren, maar de dominante soorten veranderden in de loop der tijd. Sinds 1990 wordt de biomassa in belangrijke mate bepaald door exoten: het muiltje en de laatste jaren de Japanse oester. De benthosgemeenschappen zijn in de periode 1992 – 2016 veranderd, en dit in zowel de diepe als ondiepe zones van het meer. Dit suggereert dat de macrobenthos gemeenschappen 50 jaar na afsluiten nog steeds in ontwikkeling zijn in reactie op het afsluiten van het meer en het gevoerde waterbeheer en niet alleen beïnvloed worden door het optreden van zuurstofloosheid in het meer. Er is sprake van een systeem brede ontwikkeling waarbij op alle diepten (dus ook in de ondiepe zone) veranderingen optreden.
3. De visfauna is niet zeer rijk, en is in sterke mate beïnvloed geweest door het sluisbeheer. Na de afsluiting zaten vissen opgesloten, was in- en uittrek niet meer

mogelijk en verouderde de platvispopulatie. Na de opening van de Brouwerssluis (1978) en de jaarrond openstelling (1999) was seizoensgebonden trekgedrag weer mogelijk, m.n. uitwisseling van mariene juveniele soorten en zomergasten. De laatste jaren bestaat het visbestand voornamelijk uit kleine vis met een relatief lage totale biomassa tot gevolg. De soorten die nu met regelmaat in het Grevelingenmeer worden aangetroffen zijn het dikkopje, brakwatergrondel, zwarte grondel, haring, sprout, botervis, zeedonderpad en koornaarvissen. De soortenrijkdom is het hoogst in het westen en neemt naar het oosten toe af. De opening van de Flakkeese spuisluis (winter 2017) lijkt een positief effect te hebben op de visstand in het oostelijk deel van het meer echter zijn hierover maar beperkte gegevens beschikbaar.

4. Het Grevelingenmeer herbergde tijdelijk een enorme oppervlakte aan zeegrasvelden, tot max. 4600 ha in 1978. Daarna nam het zeegras areaal af na gewijzigd sluisbeheer en in 2000 was het zeegras verdwenen in het Grevelingenmeer.
5. Het Grevelingenmeer wordt gekenmerkt door een groot aantal exoten en sommige exoten spelen een belangrijke rol in het ecologisch functioneren zoals de explosieve opkomst in de jaren '80 van het Japans bessenwier en, de Japanse oester in de jaren '00, die als rifvormende en filtrerende soort invloed heeft op de biodiversiteit en de benthopelagische koppeling, en de Amerikaanse ribkwal waarvan de ecologische impact onbekend is maar vermoedelijk de zoöplankton samenstelling beïnvloedt (o.a. vislarven).
6. Sinds de afsluiting hebben de eilanden en de oevers van het Grevelingenmeer zich ontwikkeld als waardevolle broedgebieden voor kustbroedvogels zoals grote stern, visdief, dwergstern, kluut, bontbek- en strandplevier. Aantallen broedvogels op de eilanden van het Grevelingenmeer fluctueren en beheersmaatregelen zijn nodig om geschikt broedhabitat te behouden. Voor de strandplevier vormt het Grevelingenmeer het belangrijkste broedgebied van Nederland.
7. Van de niet-broedvogels is het Grevelingenmeer sinds de afsluiting van bijzondere betekenis voor visetende vogels en herbergt grote aantallen van soorten zoals fuut, geoorde fuut en middelste zaagbek, maar de aantallen fluctueren sterk in de tijd en de trends verschillen van soort tot soort. Het voedselaanbod lijkt hier sterk bepalend te zijn. De laatste jaren zijn de aantallen van bijna alle viseters sterk afgenomen. Voor bodemdiereters is het Grevelingenmeer van beperkt belang vanwege het geringe oppervlak foerageerhabitat. Wel overtijen steltlopers uit de Oosterschelde in het Grevelingenmeer. Plantenetende vogelsoorten zijn talrijk op de buitendijkse graslanden en ondiepe oevers. De trend wijkt in de meeste gevallen niet af van de trend in het Deltagebied. Het Grevelingenmeer is broedgebied en overwinteringsgebied voor diverse soorten roofvogels. Voor deze roofvogels geldt dat de trend niet afwijkt van de trend in het Deltagebied.
8. Zeezoogdieren: De gewone (vele tientallen) en de veel schaarsere grijze zeehond nemen in het Grevelingenmeer toe als uitvloeisel van de sterke toenames in de getijdewateren van het Deltagebied. Dit proces zal waarschijnlijk nog enige tijd doorzetten, al is sterfte als gevolg van verdrinking in fuiken mogelijk een beperkende factor.

Autonome ontwikkeling en ontwikkeling bij gedempt getij rekening houdend met klimaatverandering

De autonome ontwikkeling van de waterbeweging, waterkwaliteit en primaire productie is ingeschat met behulp van 3D modellering met Delft3D. Voor de inschatting van de autonome ontwikkeling van soortengroepen is rekening gehouden met klimaatverandering (uitgaande van het moment dat 40 cm zeespiegelstijging optreedt t.o.v. 1995) en voor getijscenario's de ontwikkeling na 2025 (geplande ingebruikname doorlaatmiddel). De resultaten zijn samengevat in Tabel 1 en voor de inschattingen is geput uit de inzichten uit de historische analyses en gebruik gemaakt van expert oordeel.

Klimaatverandering zal leiden tot complexe veranderingen in het Grevelingenmeer bijvoorbeeld door vervroeging van het groeiseizoen, toename temperatuur en verandering in stratificatie, afname van de pH door verzuring etc. Dit kan allerlei complexe gevolgen hebben die doorwerken in het voedselweb. Hoe dit precies gaat verlopen is onzeker en lastig te voorspellen.

Tabel 1. Inschatting van de ontwikkeling van het Grevelingenmeer zowel autonoom (links) als bij 30-50cm gedempt getij. De voorspelling van autonome ontwikkeling is gericht op het moment dat 40cm zeespiegelstijging optreedt.

	Autonome ontwikkeling uitgaande van 40cm zeespiegelstijging.	Ontwikkeling bij 30-50 cm getij na 2025
Waterkwaliteit	<ul style="list-style-type: none"> De wateruitwisseling via de Brouwerssluis neemt circa 25% af. De verandering in waterkwaliteit is relatief gering. De nutriëntenbelasting waarvan stikstof de limiterende factor is, neemt af waardoor primaire productie iets afneemt. De modelberekening laat een kleine afname van het areaal met langdurig lage zuurstofconcentratie zien, vermoedelijk door een afname in de import en de lokale productie van organisch materiaal. Het effect van toenemende temperatuur op (o.a.) stratificatie is nog niet meegenomen, maar zou door een sterkere stratificatie de berekende kleine afname van het zuurstofarme areaal teniet kunnen doen. 	<ul style="list-style-type: none"> De wateruitwisseling met de Voordelta neemt een factor 6 tot 8 toe. Hoewel stikstof het limiterende nutriënt blijft, op een korte fosfaatlimitatie in het voorjaar na, zorgt de grotere wateruitwisseling voor een grotere beschikbaarheid van stikstof, waardoor de primaire productie toeneemt. De getijdynamiek zorgt ervoor dat stratificatie afneemt. Ondanks de hogere import van organisch materiaal en de hogere lokale productie, neemt het areaal met langdurig lage zuurstofconcentratie af. De menging zorgt voor zuurstofaanvoer die de grotere zuurstofvraag meer dan compenseert.
Macrobenthos	<ul style="list-style-type: none"> Gemeenschap zal zich verder aanpassen als gevolg van ingrepen in het waterbeheer van het Grevelingenmeer en klimaatverandering. De verwachting is dat ook in de toekomst exoten een belangrijke rol zullen spelen, net zoals het multtje en de Japanse oester in de huidige situatie. 	<ul style="list-style-type: none"> Er ontstaat een groter areaal (permanent) geschikt leefgebied voor macrobenthos door afname van het areaal met langdurig lage zuurstofconcentraties. Toename in primaire productie en waterbeweging zorgt voor verspreiding van het voedsel ten gunste van filtrerende soorten (o.a. schelpdieren zoals mossel, oester, kokkel). Stroomminnende soorten zoals zakpijpen, anemonen, sponzen etc. zullen naar alle waarschijnlijkheid toenemen. Op het ontstane intergetijdengebied zal naar alle waarschijnlijkheid een bodemdiergemeenschap ontwikkelen die vergelijkbaar is met de Oosterschelde, zoals ontwikkeling van meer stroomminnende soorten. De verwachting is dat ook in de toekomst nieuwe exoten zich kunnen vestigen die invloed kunnen hebben op de samenstelling en het functioneren van het macrobenthos.
Vissen	<ul style="list-style-type: none"> De verwachting is dat de visgemeenschap in biomassa ongeveer gelijk zal blijven maar qua samenstelling mogelijk verandert door sluisbeheer en klimaatverandering. Het vaker sluiten van de sluisen bij een stijgende zeespiegel zal trekgedrag van vissen beïnvloeden (minder uitwisseling mogelijk). Het vaker en grootschaliger optreden van langdurig lage zuurstofconcentraties op de bodem a.g.v. hete zomers hebben nadelige gevolgen voor met name bodemvissen. Klimaatverandering kan leiden tot veranderingen op populatieniveau door invloed op migratie gedrag, verschuiving van habitats en veranderingen in foerageer- en paigedrag. 	<ul style="list-style-type: none"> De ontwikkeling van het visbestand bij gedempt getij is voornamelijk afhankelijk van het voedselaanbod, zuurstofcondities en de in- en uittrekmogelijkheden. Pelagische vissen zullen naar alle waarschijnlijkheid kunnen profiteren van de toename in primaire productie. Ook bodemvissen profiteren door verbeterde zuurstofcondities en ontwikkeling van het bodemleven en beschikken daarmee over een groter areaal leef- en foerageergebied. Een grotere uitwisseling met de Voordelta leidt tot meer intrek van vissen, omdat dit voornamelijk kleine vissen betreft zal dit maar beperkt bijdragen aan de biomassa.
Broedvogels	<ul style="list-style-type: none"> Bij autonome ontwikkeling is over het algemeen een afname van kustbroedvogels te verwachten door verdere vegetatiesuccessie. De mate waarin hangt sterk af van de inspanningen van de beheerders om deze successie tegen te gaan en bijkomend geschikt broedhabitat aan te bieden. Klimaatverandering kan leiden tot veranderingen op (meta)populatieniveau en veranderingen in trekgedrag en verspreiding. 	<ul style="list-style-type: none"> Alle scenario's met getij zijn negatief voor kustbroedvogels omdat het broedhabitat grotendeels verdwijnt. Het zogenoemde '40/-30 scenario' (Tussenscenario+B+W) valt daarbij het minst ongunstig uit. Bij het toepassen van de peiloptimalisatie met peil verlaging in het broedseizoen en peilopzet in de winter zijn effecten minder negatief.
Niet-broedvogels	<ul style="list-style-type: none"> Viseters zijn afhankelijk van een goede visstand. Hun aantal zal variëren al naargelang het bestand van de verschillende vissoorten en is ook afhankelijk van klimaatverandering. Bodemdiereters, planteneters en roofvogels (slechtvalk) is de verwachting dat aantallen relatief stabiel zullen blijven in de autonome ontwikkeling met uitzondering van enkele soorten. Klimaatverandering kan leiden tot veranderingen op (meta)populatieniveau en is ook afhankelijk van veranderingen op (inter)continentale schaal. 	<ul style="list-style-type: none"> Viseters - De verwachting is dat viseters zullen profiteren van de verbeterde visstand. Bodemdiereters - het ontstaan van intergetijdengebied zal leiden tot een toename in steltlopers die bij laag water op de slikken en zandplaten foerageren. Bij 50 cm ontstaat er een groter oppervlakte intergetijdengebied dan bij 40 en 30 cm, wat naar alle waarschijnlijkheid tot grotere aantallen zal leiden bij 50 cm. Een getijslag naar boven heeft waarschijnlijk wel een negatieve invloed op de huidige hoogwatervluchtplaatsen. Een getijslag zou positief uit kunnen pakken voor planteneters van oevervegetaties en zal weinig invloed hebben op roofvogels.
zgd	<ul style="list-style-type: none"> De verwachting is dat de aantallen gewone en grijze zeehond in het Grevelingenmeer in de autonome ontwikkeling volgend zullen zijn op de aantallen in de Voordelta en dat sprake zal zijn van een stijgende trend. 	<ul style="list-style-type: none"> Net als bij autonome ontwikkeling is de verwachting dat aantallen gewone en grijze zeehond volgend zullen zijn op de trend in de Voordelta.

Potentiële effecten op terrestrische Natura 2000 waarden

Na het droogvallen van het voormalige intergetijdengebied traden verschillende ontwikkelingen op (successie-reeksen), afhankelijk van (1) de uitgangssituatie (schor of zandplaat), (2) de hoogteligging, (3) de bodem (zandig of kleiig) en (4) het gevoerde beheer. Naast successie zijn inklinking, erosie, gevoerde peilbeheer en het vegetatiebeheer (maaieren, begrazing etc.) van belang geweest voor de ontwikkeling van vegetatie. Oude schorren verruigde en op de niet beheerde zandplaten vond snel verzoeting en successie naar struweel en wilgenbos plaats. Aan de randen blijft onder invloed van zout een smalle rand met pioniervegetatie met zeekraal, zilt en brak grasland bestaan. Op de beheerde zandplaten handhaaft zich op de meeste locaties een korte grasmat met duinvallei-begroeiingen die onder invloed staan van kalkrijk grondwater. Alleen op de laagste oeverdelen vindt nog steeds verzoeting plaats. De Groenknolorchis werd ontdekt rond 1990 en nam sindsdien gestaag toe met de grootste populatie op de Veermansplaat, en kleinere populaties op de Slikken Flakkee Zuid, Hompelvoet, Stampersplaat en Dwars in de Weg. Door seizoensinvloeden kunnen aantallen sterk fluctueren. De Noordse Woelmuis heeft zich na de afsluiting kunnen vestigen en komt wijdverspreid voor, echter met de hoogste dichtheden op de Slikken van Flakkee Noord en het vogeleiland Markenje.

Inschatting autonome ontwikkeling van terrestrische habitattypen en soorten:

- Zilte pionierbegroeiingen met zeekraal (H1310A) zullen naar verwachting 10-20% in oppervlakte afnemen als gevolg van (voortgaande) erosie.
- Zilte pioniervegetatie met zeevetmuur (1310B) zullen naar verwachting verder afnemen door verzoeting, waarbij duinvallei-vegetatie (2190B) ontstaat, m.u.v. plekken met incidentele overstroming en zoutspray.
- Zilte graslanden (1330B) zullen naar verwachting maximaal 10% verder in oppervlakte afnemen door verzoeting en dan overgaan in brak grasland of mogelijk kalkrijke duinvalleien (H2190B)
- Vochtige duinvalleien - kalkrijk (2190B) zal naar verwachting 20% afnemen:
 - In dynamische delen, met een dunne zoetwaterlaag, treedt waarschijnlijk sneller ophoping van organisch materiaal, humusvorming en verzuring van de bodem op, waardoor successie naar andere vegetatietypen zal optreden.
 - Op de plekken met diepe zandige ondergrond zal aan de randen van de zoetwaterbel het habitatype 2190B naar verwachting vele decennia kunnen standhouden en treedt op de hogere delen mogelijk enige ontkalking op en ontwikkeling naar heischraal grasland. Geïsoleerd liggende delen, meer centraal op de platen en eilanden, zullen eerder last hebben van stagnerend water en daarmee van verzuring. Hier kunnen zuurdere duinvalleien gevormd worden (2190C).
- Groenknolorchis kan duurzaam blijven voorkomen aan de randen van de stabiele hydrologische systemen waar nu kalkrijke duinvallei vegetaties aanwezig zijn en kan zich iets lager in de zonering vestigen door verzoeting. Op de relatief hogere delen zal het leefgebied naar schatting met 30% afnemen. Het perspectief voor de soort is daarmee vergelijkbaar met dat van H2190B.
- Noordse woelmuis – het leefgebied zal grotendeels verloren gaan op het moment dat concurrerende soorten (veldmuis, aardmuis) deze gebieden weten te bereiken. Dit zal naar verwachting binnen 10 tot 40 jaar het geval zijn. Mogelijk kan de soort wel op kleine delen van de oeverlanden standhouden, zoals op de Slikken van Flakkee waar relatief natte omstandigheden optreden, met regelmatig periodes van stagnerend water. Ook op de eilanden zijn de perspectieven relatief goed, omdat de concurrerende soorten niet goed kunnen zwemmen.

De inschatting van potentiële effecten op terrestrische Natura 2000 habitats en soorten door introductie van 30-50 cm getij en een middenpeil van NAP -0,20m of NAP -0,30m is als volgt:

- Zilte habitattypen (H1310A/H1310B/H1330B). Als gevolg van overspoeling door getij zullen in alle getijsscenario's zilte vegetaties verloren gaan. Deze effecten zijn het grootst bij de getijsscenario's met 50cm getij en gelijkblijvend peil en kleiner voor de andere scenario's. Een geoptimaliseerd peilbeheer (verlaging in het broedseizoen en opzet in de winter) is (relatief) gunstig voor deze habitats. Optimaliseren voor scheefstand leidt maar tot zeer beperkte vermindering van de effecten op Schorren en zilte graslanden (H1330B) en maakt geen verschil voor de andere zilte habitattypen, omdat incidentele overspoeling voor die typen juist gunstig is. Naast de directe effecten door overspoeling en windopzet wordt ook bediscussieerd in welke mate zilte habitats kunnen opschuiven.
- Het leefgebied van de Noordse Woelmuis zal enigszins afnemen als gevolg van introductie van getij. De verwachting is echter dat concurrentie met andere muizensoorten en het gevoerde beheer op de langere termijn bepalender zal zijn voor het duurzaam voortbestaan (en halen van de instandhoudingsdoelen) van deze soort in het Grevelingenmeer.
- Voor de effecten op vochtige duinvalleivegetaties (H2190B) zijn naast de effecten door directe overspoeling als gevolg van getij ook indirecte effecten van belang; deze zijn het gevolg van zoutspray en veranderingen in grondwaterstand met vernatting (en daardoor verzuring) of verdroging tot gevolg. Dit kan ook gunstig uitpakken voor H2190B. Ingeschat wordt dat vochtige duinvalleien (H2190B) in de scenario's met een verlaagd peil ('40/-30' (Tussenscenario+B+W) en Verlaagd middenpeil(+B+W)) netto profiteren en hun oppervlakte iets zal toenemen, waarbij echter wel de kwaliteit van het type kan achteruitgaan over een grote oppervlakte (door verdroging). In de andere scenario's treedt verlies van dit habitatype op die het grootst is voor de scenario's met 50 cm getij. Peiloptimalisatie met een verlaging in het broedseizoen en winteropzet zijn ongunstig, aangezien dit ook enigszins verdrogend werkt.
- Voor de effecten op het leefgebied van de Groenknolorchis zijn dezelfde directe en indirecte effecten van belang als bij de vochtige duinvalleivegetaties (H2190B). Omdat deze soort gevoelig is voor verdroging is er in de scenario's met een verlaagd peil geen sprake van netto toename van het oppervlakte leefgebied en zullen in deze scenario's de grootste verliezen optreden. Ook hier zijn peiloptimalisatie in het broedseizoen en de winter enigszins ongunstig en leidt scheefstandcorrectie niet tot een beperking van de effecten.
- Van belang is te benadrukken dat de inschatting van de effecten op Natura 2000 deels zijn gebaseerd op berekeningen en deels op basis van expert oordeel waarvoor aannames zijn gedaan.

Potentie Habitatype 1160 'Grote baaien en ondiepe krekens'

Het Grevelingenmeer, met uitzondering van de terrestrische delen, is in de huidige situatie niet aangewezen als een Natura 2000 habitatype. Bediscussieerd wordt of het Grevelingenmeer met 30-50 cm gedempt getij zou kunnen kwalificeren als Habitatype 1160 'Grote baaien en ondiepe krekens' zoals de Oosterschelde. Geconcludeerd wordt dat:

- Ten eerste, de uiteindelijke peilsturing en resulterende getijslag bepalend zal zijn of het Grevelingenmeer kan kwalificeren als H1160, omdat er sprake moet zijn van een 'Getijdenlandschap' waarbij >40 cm getij een vereiste is (volgens definitie ministerie LNV). Dit betekent dat van de getijsscenario's die hier beschouwd zijn alleen de getijsscenario's met 50 cm getij zouden kunnen kwalificeren. Een getijslag van 41 cm zal echter niet tot een substantieel kwaliteitsverschil leiden vergeleken met 39 cm. Het gaat dus om een definitiekwestie: waar legt men de grens.

- Ten tweede, de scenario's waarbij sprake is van een 'Getijdenlandschap' kunnen kwalificeren als H1160 omdat de verwachting is dat aan de meeste ecologische kwaliteitseisen voldaan kan worden.

Ontwikkeling intergetijdengebieden en potentie als foerageergebied voor vogels

Het volgende wordt geconcludeerd:

- Afhankelijk van de getijslag en het peilbeheer zullen getijscenario's leiden tot het ontstaan van 340-900 ha intergetijdengebied. Dit is een gering oppervlak in vergelijking met de Oosterschelde. Echter zal naar verwachting een rijke bodemdiergemeenschap ontwikkelen die vergelijkbaar is met de Oosterschelde, en met name gekenmerkt zal worden door wormen, schelpdieren en kreeftachtigen.
- Droogvalduur is van grote invloed op de samenstelling van de bodemdiergemeenschappen en bepaalt ook de tijd die vogels hebben om te kunnen foerageren. De delen met een droogvalduur van 40-80% zijn het belangrijkste voor steltlopers. Het areaal met 40-80% droogvalduur is afhankelijk van de getijslag en het middenpeil. Dit pakt het gunstigst uit bij de getijscenario's met 50 cm getijslag en een middenpeil van NAP -0,20 cm.
- Ontwikkeling van intergetijdengebieden tot waardevol foerageergebied voor vogels op delen die nu begroeid zijn zal anders verlopen dan onbegroeide, kale delen door tragere ontwikkeling van het bodemleven. Omdat de begroeiing schrale, - ondiep gewortelde vegetaties betreft is de verwachting dat deze op termijn (aantal jaren) zullen uitspoelen en dat het bodemleven zich volwaardig zal ontwikkelen.

Tot slot

Deze studie heeft ertoe geleid dat veranderingen in waterbeheer in het Grevelingenmeer in relatie tot ecologie beter begrepen worden en een inschatting voor toekomstige ontwikkeling kon worden gemaakt. Daarnaast konden potentiële effecten op Natura 2000 waarden nauwkeuriger worden ingeschat.

Inleiding

Medio 2018 is het project Getij Grevelingen gestart dat wordt getrokken door Rijkswaterstaat, Ministeries I&W, LNV en EZK, Staatsbosbeheer, provincies Zeeland en Zuid-Holland en de gemeenten Schouwen-Duiveland en Goeree-Overflakkee en waarin de aanleg van een doorlaatmiddel in de Brouwersdam wordt voorbereid. Dit doorlaatmiddel moet leiden tot een verbetering van de waterkwaliteit en ecologie in het Grevelingenmeer. Het projectteam Getij Grevelingen bereidt de beslissing over de Planuitwerkingsfase voor over het al dan niet introduceren van gedempt getij in het Grevelingenmeer via een doorlaat in de Brouwersdam (MIRT2 beslissing). Rijkswaterstaat streeft er naar om de ecologische ontwikkeling van het meer, zowel boven als onder water (ecosysteem als geheel), beter te begrijpen en de potentiële toekomstige ontwikkeling van het meer (zowel bij gedempt getij als in de autonome ontwikkeling) beter in beeld te brengen. Daarom heeft Rijkswaterstaat aan Wageningen Marine Research gevraagd om beantwoording van deze belangrijke ecologische vragen gericht op de ecologische ontwikkeling van het watersysteem en effecten op Natura 2000 (N2000) waarden bij verschillende scenario's van gedempt getij (hierna 'getijscenario's', zie omschrijving in Bijlage 1). Wageningen Marine Research is gevraagd om allereerst de trends van soorten in het verleden te onderzoeken (historische ontwikkeling), om een completer beeld te krijgen van de ecologische ontwikkelingen van het watersysteem in relatie tot het waterbeheer. Deze analyses waren gericht op de soortengroepen die van belang zijn vanuit de Kaderrichtlijn Water (KRW) en N2000. Dit vormde de basis om een prognose te maken voor ontwikkeling in de toekomst zowel bij getijscenario's als in de autonome ontwikkeling (dus zonder 'nieuw' doorlaatmiddel en bij voortzetting van huidig peilbeheer) en rekening houdend met klimaatverandering. Daarnaast is getracht om effecten op een aantal N2000 habitattypen en -soorten die aanwezig zijn op de oevers en eilanden als gevolg van gedempt getij zo nauwkeurig mogelijk vast te stellen. Ook hier is naast de effecten per getijscenario ook onderzocht hoe de ontwikkeling van N2000 habitattypen en -soorten in het verleden verliep en een prognose gedaan voor de autonome ontwikkeling. Als laatste is ook een inschatting gemaakt voor mogelijke toekomstig N2000 habitat als Habitatype 1160 'Grote baaien en ondiepe krekken' en de potentie van intergetijdengebieden als foerageergebied voor vogels. Het onderzoeken van deze onderwerpen is van groot belang om inzicht te krijgen in de mogelijke meerwaarde van de introductie van gedempt getij en voor de nadere detaillering van de N2000 mitigatie/compensatie opgave. Voorliggende rapportage is het resultaat van dit onderzoek.

Aan de totstandkoming van deze rapportage hebben meerdere partijen meegewerkt (voor uitgebreide uitleg zie paragraaf 'Uitvoering en samenwerking'). Het analyseren van de ontwikkeling van de waterkwaliteit (uitgevoerd door Deltares) evenals een update en prognose van de status van de Kaderrichtlijn Water (uitgevoerd door Bureau Waardenburg) waren geen onderdeel van de opdracht aan Wageningen Marine Research. Omwille van de nauwe onderlinge verbondenheid van deze onderwerpen en omdat het waardevol is om een zo volledig mogelijk beeld te kunnen geven van de ontwikkeling van het Grevelingenmeer is deze informatie wel opgenomen in dit rapport. Dit was tevens de wens van Rijkswaterstaat.

De kennis en inzichten uit dit onderzoek zijn niet alleen van belang t.b.v. Getij Grevelingen maar leveren ook belangrijke bouwstenen voor de 'Systeemrapportage Grevelingenmeer' die als doel heeft om veranderingen in het watersysteem en de terrestrische delen in relatie tot het gevoerde (water)beheer te begrijpen. De ontwikkeling van de systeemrapportage is gestart in 2018 door samenwerkende partijen Rijkswaterstaat, Staatsbosbeheer, Deltares en Wageningen Marine Research. Daarnaast is in 2016-2018 is ook een scenariostudie uitgevoerd door Tangelder et al. (2018) gericht op gevolgen van gedempt getij in het

Grevelingenmeer. Hoewel doel en focus verschillen borduurt dit onderzoek voor een deel voort op de toen gehanteerde methodiek en behaalde inzichten.

Doel

In overleg met Rijkswaterstaat zijn de volgende doelen geformuleerd voor de opdracht aan Wageningen Marine Research:

- 1. Ontwikkeling watersysteem voor KRW en Natura 2000 soorten in het verleden en in de toekomst:**
 - a. Het beschrijven van de historische ontwikkeling van het watersysteem op basis van trends van macrofauna, vissen, vogels en zeezoogdieren in relatie tot het waterbeheer, op basis van beschikbare data.
 - b. Het inschatten van de autonome ontwikkeling van macrofauna, vissen, vogels en zeezoogdieren bij gelijkblijvend waterbeheer en uitgaande van klimaatverandering (bij 40 cm zeespiegelstijging).
 - c. Het inschatten van de ontwikkeling van macrofauna, vissen, vogels en zeezoogdieren bij getijsscenario's na 2025 (geplande opening van het doorlaatmiddel).

- 2. Potentiële effecten op Natura 2000 habitattypen en -soorten:**
 - a. Het beschrijven van de historische ontwikkeling van geselecteerde Natura 2000-habitattypen en soorten (H2190B, H1330B, H1310A+B, Groenknolorchis en Noordse Woelmuis) op basis van beschikbare data.
 - b. Het inschatten van de autonome ontwikkeling van geselecteerde habitattypen en -soorten op basis van hun ontwikkeling in de afgelopen jaren uitgaande van klimaatverandering (bij 40 cm zeespiegelstijging).
 - c. Het berekenen en inschatten van de kwantitatieve effecten op geselecteerde habitattypen en -soorten bij getijsscenario's in 2025 (voorgenomen van de opening doorlaatmiddel) op basis van beschikbare data.

- 3. Grevelingenmeer met getij - potentieel Natura 2000 gebied en potentie als foerageergebied**
 - a. Het inschatten van de mogelijke kwalificering van het Grevelingenmeer met gedempt getij als Habitatype 1160 'Grote baaien en ondiepe krekens' op basis van ecologische kwaliteitseisen.
 - b. Het inschatten van de ontwikkeling van het bodemleven in het potentiële intergetijdengebied in relatie tot potentie als foerageergebied voor vogels in relatie tot droogvalduur en huidige begroeide oevers.

Afbakening

Dit onderzoek richt zich op een aantal geselecteerde soortengroepen: de in Tabel 2 weergegeven KRW biologische kwaliteitselementen en de in Tabel 3 weergegeven Natura 2000-habitats en -soorten, zoals overeengekomen met het projectteam Getij Grevelingen. Voor deze selectie is gekeken naar de historische ontwikkeling, de autonome ontwikkeling (situatie op het moment 40 cm zeespiegelstijging) en het directe effect van getijsscenario's (na 2025). Voor een volledig overzicht van alle Natura 2000-soorten en -habitats waarvoor het Grevelingenmeer is aangewezen zie Bijlage 2.

Tabel 2. Afbakening onderzoek dat zich richt op de biologische kwaliteitselementen vanuit de KRW-maatlatten. BuWa = Bureau Waardenburg, WMR = Wageningen Marine Research.

Soortengroepen vanuit de KRW maatlatten	Historische ontwikkeling	Autonome ontwikkeling (type M32)	Getijsscenario's (type K2)
fytoplankton	Nadere waterkwaliteitsanalyse is door Deltares uitgevoerd en in dit rapport gerapporteerd (geen onderdeel van de opdracht aan WMR).	KRW-beoordeling via opdracht aan BuWa en door WMR gerapporteerd. Nadere waterkwaliteitsanalyse is door Deltares uitgevoerd, zie Maarse et al., 2019 en in dit rapport is een beschrijving opgenomen (geen onderdeel van de opdracht aan WMR).	KRW-beoordeling via opdracht aan BuWa en door WMR gerapporteerd. Nadere waterkwaliteitsanalyse wordt door Deltares uitgevoerd, zie Maarse et al., 2019, en in dit rapport is een beschrijving opgenomen (geen onderdeel van de opdracht aan WMR).
Overige waterflora zeegras	Wordt niet meegenomen vanwege apart onderzoekstraject uitgevoerd door RWS. Wel wordt een beschrijving aangeleverd over de ontwikkeling van zeegras. KRW beoordeling via opdracht aan BuWa en door WMR gerapporteerd.	Wordt niet meegenomen vanwege apart onderzoekstraject uitgevoerd door RWS. KRW beoordeling via opdracht aan BuWa en door WMR gerapporteerd.	Wordt niet meegenomen vanwege apart onderzoekstraject uitgevoerd door RWS. KRW beoordeling via opdracht aan BuWa en door WMR gerapporteerd.
macrofauna	Wordt wel meegenomen via opdracht WMR en KRW beoordeling via BuWa en door WMR gerapporteerd	Wordt wel meegenomen via opdracht WMR en KRW beoordeling via BuWa en door WMR gerapporteerd	Wordt wel meegenomen via opdracht WMR en KRW beoordeling via BuWa en door WMR gerapporteerd
vis	Wordt meegenomen via opdracht WMR en KRW beoordeling via BuWa en door WMR gerapporteerd	Wordt wel meegenomen via opdracht WMR en KRW beoordeling via BuWa en door WMR gerapporteerd	Wordt wel meegenomen via opdracht WMR en KRW beoordeling via BuWa en door WMR gerapporteerd

Tabel 3. Onderzoek dat zich richt op de habitattypen, habitatsoorten en vogelsoorten waarvoor het Grevelingenmeer is aangewezen vanuit Natura 2000 (voor een volledig overzicht zie [Natura 2000 website, LNV](#)). Voor een volledig overzicht van alle Natura 2000 soorten en habitats zie Bijlage 2.

Natura 2000 habitats en soorten	Meenemen ja/nee
Habitattypen	Gedeeltelijk
H1310A - Zilte pionierbegroeiingen (zeekraal)	Ja
H1310B - Zilte pionierbegroeiingen (zeevetmuur)	Ja
H1330B - Schorren en zilte graslanden (binnendijks)	Ja
H2130A - *Grijze duinen (kalkrijk)	Nee
H2160 - Duindoornstruwelen	Nee
H2170 - Kruiwilgstruwelen	Nee
H2190B - Vochtige duinvalleien (kalkrijk)	Ja
H6430B - Ruitgen en zomen (harig wilgenroosje)	Nee
Habitatsoorten	Alle soorten
Broedvogel soorten	Alle soorten
Niet-broedvogelsoorten	Alle soorten

In Bijlage 1 is een beschrijving opgenomen van het peilbeheer in de huidige situatie volgens peilbesluit van het Grevelingenmeer (2013), de autonome ontwikkeling en de getijsscenario's en peiloptimalisaties. In Tabel 4 staat aangegeven welke scenario's in deze studie zijn meegenomen.

Tabel 4. Overzicht van de autonome ontwikkeling, getijsscenario's en peiloptimalisaties die in deze studie zijn onderzocht. X = Modelleren door Deltares en inschatting ecologische ontwikkeling en effecten door WMR/WEnR. Voor een beschrijving van de scenario's en optimalisaties zie Bijlage 1 en Maarse et al., 2019.

Getijsscenario's	Optimalisaties		
	Geen	Broedseizoen (B)/winteropzet (W) (gecombineerd)	Scheefstand (S) compensatie
<i>Rijksstructuurvisie 50 cm getij</i>	X		
<i>Basis 50 cm getij</i>	X	X	X
<i>Verlaagd middenpeil 50 cm getij</i>	X	X	
<i>Kleinere getijslag 30 cm getij</i>	X	X	X
<i>Tussenscenario 40 cm getij*</i>		X	
<i>Autonome ontwikkeling</i>		X	

*Ook wel '40/-30' scenario genoemd (40 cm getijslag, middenpeil NAP -30cm).

Uitvoering en samenwerking

Tijdens de uitvoering van dit onderzoek is meerdere malen intensief overlegd met Rijkswaterstaat. In deze overleggen waren ook het ministerie van LNV en Staatsbosbeheer nauw betrokken. Ook is samengewerkt met Deltares omdat zij als onderdeel van hun opdracht voor Rijkswaterstaat hydrodynamische modellering en waterkwaliteitsmodellering van alle getijsscenario's en de modellering van de autonome ontwikkeling hebben uitgevoerd. Op basis de hydrodynamische modellering konden waterstandsfluctuaties worden afgeleid voor ieder scenario en met deze gegevens zijn effecten op terrestrische Natura 2000-habitats en -soorten berekend en ingeschat door Wageningen Marine Research en Wageningen Environmental Research. Met de gegevens van de waterkwaliteitsmodellering is een prognose gemaakt voor de ontwikkeling van de geselecteerde mariene soortengroepen in de autonome ontwikkeling en bij de verschillende getijsscenario's. De studie van Deltares is gerapporteerd door Maarse et al. (2019).

Het maken van een up-to -date beschrijving van de status volgens de KRW-maatlatten en een prognose voor autonome ontwikkeling (zonder ingreep) en getijsscenario's voor KRW is geen onderdeel van deze studie en is door Rijkswaterstaat uitbesteed aan Bureau Waardeburg. Met Bureau Waardeburg heeft afstemming plaatsgevonden over de resultaten. Ook heeft Bureau Waardeburg toestemming verleend om hun resultaten in dit rapport te rapporteren (paragraaf 1.6).

De historische analyse van broedvogels, niet-broedvogels en zeezoogdieren en het maken van een prognose voor getijsscenario's en autonome ontwikkeling is door Delta Project Management (DPM) uitgevoerd in opdracht van WMR. De resultaten zijn door WMR en DPM bediscussieerd en verwerkt in deze rapportage (paragrafen 1.4.4, 1.4.5, 1.5.5 en 1.5.6).

De invoering van gedempt getij leidt naast directe effecten door overspoeling ook tot indirecte effecten op terrestrische Natura 2000-habitats en -soorten, bijvoorbeeld door veranderingen in grondwaterstanden. Omdat er nog veel onzeker en onbekend was over deze indirecte effecten heeft Rijkswaterstaat opdracht gegeven aan B2 Consultancy en Houtekamer & Van Kleef om een expertsessie te organiseren om met experts deze indirecte effecten te bediscussiëren. De uitkomsten hiervan zijn benut voor de inschatting van de effecten op Natura 2000 doelstellingen in dit rapport. Deze expertsessie heeft op 15 april 2019 plaatsgevonden.

Leeswijzer

De nummers van de hoofdstukken corresponderen met de nummers van de doelen en zijn om praktische redenen onderverdeeld in ontwikkeling van het watersysteem (H1), ontwikkeling van de oevers en eilanden en potentiële effecten op Natura 2000 (H2) en potentie van het Grevelingenmeer als Natura2000 en foerageergebied (H3). Voor iedere vraag wordt de methodiek toegelicht, en worden de gebruikte gegevens besproken en de resultaten weergegeven.

1 Ecologische ontwikkeling watersysteem op basis van soorten(groepen) - historisch, autonoom en bij gedempt getij

1.1 Samenvatting historische ecologische ontwikkeling van het Grevelingenmeer watersysteem

Door analyse van gegevens over waterkwaliteit en soortengroepen in combinatie met discussie sessies met kennispartners en gebruik van gegevens uit (oude) rapporten wordt een eerste aanzet gedaan om de hoofdkenmerken van de ontwikkeling van het Grevelingenmeer te beschrijven:

Met de aanleg van de Grevelingendam en de Brouwersdam werd de Grevelingen, toen onderdeel van het Rijn-Maas-Schelde estuarium, afgesloten van de Noordzee, Oosterschelde en het Volkerak. In 1971 veranderde de Grevelingen van een estuarium in een afgesloten zoutwatermeer, dat vervolgens door de bouw van de Brouwerssluis in 1978 weer in verbinding kwam met de Noordzee. Sindsdien is het beheer van de sluis meermaals aangepast en staat het Grevelingenmeer sinds 1999 continu in open verbinding met de Noordzee (Figuur 1).

1. Het sluisbeheer van de Brouwerssluis zorgde voor een aantal opmerkelijke ontwikkelingen:
 - a. Het Grevelingenmeer is tegenwoordig een zout meer met een constant hoog zoutgehalte en een grote helderheid. Het doorzicht van het water is sinds 1990 wel afgenomen.
 - b. Het Grevelingenmeer is nu een gestratificeerd watersysteem en het inlaten van zout Noordzeewater via de Brouwerssluis vergroot de stabiliteit van de stratificatie in de zomermaanden. Na 1979 is de oppervlakte zuurstofloos en zuurstofarm areaal toegenomen, en na 1999 is dit nog een keer toegenomen door het jaarrond openzetten van de Brouwerssluis.
 - c. De verbinding met de Noordzee zorgde ook voor een uitwisseling van allerlei organismen. Vooral vissen lijken hiervan te profiteren, met een hogere biodiversiteit tot gevolg.
2. Het Grevelingenmeer kent een relatief hoge primaire productie. Filterende bodemfauna vergroot de turnoversnelheid van stikstof en andere mineralen. Hierdoor komen nutriënten snel beschikbaar voor het fytoplankton. Door de hoge turnoversnelheid wordt ondanks de relatief lage nutriëntenconcentratie een relatief hoge primaire productie mogelijk. Het aandeel van het microphytobenthos (algen op de bodem) in de primaire productie is relatief hoog, omwille van het helder karakter van het meer en de grote oppervlaktes aan ondiepe zones.
3. Het ecosysteem kenmerkt zich door grote temporele veranderingen in structuur en functioneren, wat zich ook uit in de biodiversiteit en het voorkomen van soorten. Enkele opmerkelijke waarnemingen:
 - a. Het Grevelingenmeer herbergde tijdelijk een enorme oppervlakte aan zeegrasvelden, tot max. 4400 ha in 1978. Daarna nam het zeegras areaal af en in 2000 was het zeegras verdwenen in het Grevelingenmeer.
 - b. De bodemfauna onderging grote wijzigingen in de tijd. De biomassa wordt gedomineerd door filterende schelpdieren, maar de dominante soorten veranderden in de loop der tijd. Sinds 1990 wordt de biomassa in belangrijke mate bepaald door exoten: het muiltje en de laatste jaren de Japanse oester. De macrobenthosgemeenschap is bijna 50 jaar na afsluiting nog steeds in ontwikkeling.

- c. De visfauna is niet zeer rijk, en is in sterke mate beïnvloed geweest door het sluisbeheer. De laatste jaren bestaat het visbestand voornamelijk uit kleine vis met een relatief lage totale biomassa tot gevolg.
 - d. Het Grevelingenmeer herbergt grote aantallen visetende vogels, maar de aantallen fluctueren sterk in de tijd en de trends verschillen van soort tot soort. Het voedselaanbod lijkt hier sterk bepalend te zijn.
 - e. Het Grevelingenmeer wordt gekenmerkt door een groot aantal exoten en sommige exoten spelen een belangrijke rol in het ecologisch functioneren. Bij de macrowieren zien we bijv. het Japanse bessenwier explosief ontwikkelen. Voor het eerst waargenomen in 1980, bereikt het areaal een maximum van bijna 60 ha in 1989. Daarna neemt het areaal weer af, de oorzaak hiervan is onbekend. Bij de bodemfauna zien we dat muiltje en Japanse oester de biomassa in sterke mate bepalen. Als rifvormende, epibenthische soort heeft de Japanse oester een invloed op de biodiversiteit doordat allerlei andere soorten op de oesters kunnen groeien en in de riffen allerlei mobiele soorten kunnen foerageren dan wel schuilen. Sinds 2005 wordt de Amerikaanse ribkwal in toenemende mate waargenomen in het Grevelingenmeer. De ecologische impact is onbekend, maar van andere gebieden is bekend dat de impact groot is, bijv. op het visbestand door het massaal opeten van vislarven.
4. Concluderend kan gesteld worden dat het Grevelingenmeer sinds de afsluiting continu in verandering is geweest, in belangrijke mate bepaald door veranderingen in het sluisbeheer. Het Grevelingenmeer is zich waarschijnlijk nog steeds aan het aanpassen aan deze veranderingen. Daarmee is het lastig om voorspellingen te doen naar de toekomst, mede ook door de mogelijke opkomst van nieuwe exoten die een vergaande invloed op de bodemdier samenstelling kunnen hebben zoals gebleken is bij bv. de Japanse oester en het muiltje. Daarnaast is ook het verloop van klimaatverandering en de complexe ecologische gevolgen die dit zal hebben nog met onzekerheden omgeven.

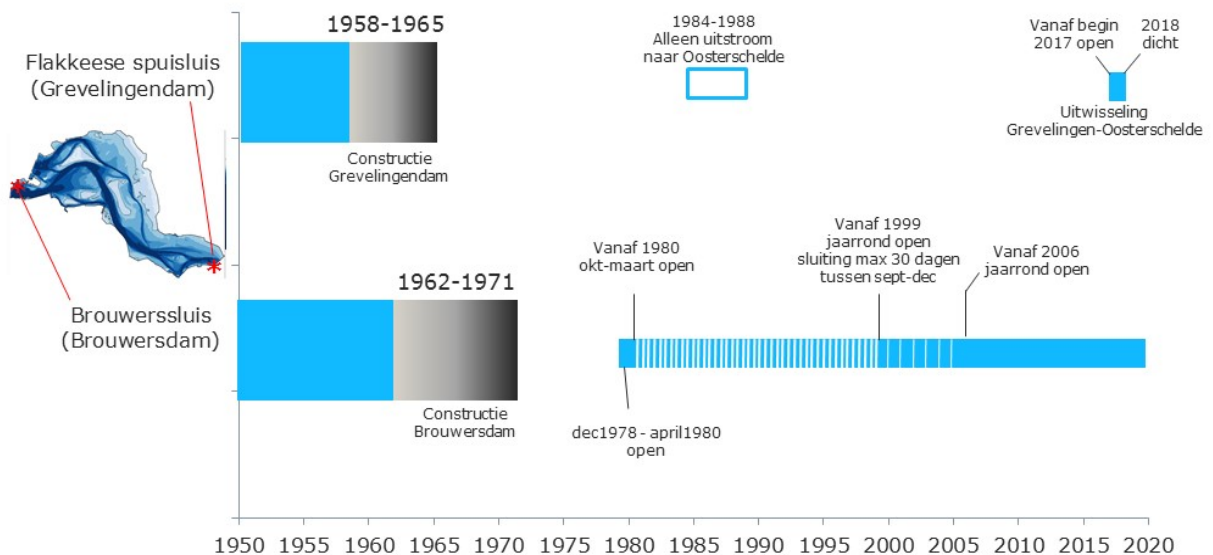
1.2 Beschrijving van het waterbeheer sinds de afsluiting

De Grevelingen stond tussen 1960 en 1964 nog in open verbinding met de Noordzee in het westen en met het rivierwater van de Rijn en Maas in het oosten. In december 1964 werd de Grevelingen in het oosten afgesloten door de aanleg van een dam (Grevelingendam) bij Bruinisse en in mei 1971 kwam ook een tweede dam gereed (Brouwersdam) in het westen vlakbij Scharendijke met als gevolg dat de Grevelingen een stagnant zoutwater meer werd (Vaas 1978).

Met het afsluiten van de Grevelingen viel in mei 1971 ca. 29 km² intergetijdengebied permanent droog. In het tijdsbestek van twee maanden stierven miljarden wadpieren, kokkels, zandkokerworpjes, wadslakjes, roeipootkreeftjes en aalwormen (Nienhuis 1978). Ook onderwater vond sterfte plaats. Met het wegvallen van het getij zakte veel organisch materiaal naar de bodem wat daar werd afgebroken waarbij veel zuurstof nodig was. Omdat de aanvoer van zuurstof geringer was geworden daalde het zuurstofgehalte nabij de bodem wat grote gevolgen had voor kwetsbare soorten zoals anemonen en sponzen (Nienhuis 1978, Lambeck 1986). Daarnaast werd het Grevelingenmeer na 1971 steeds zoeter (van 16 g Cl/L naar 12 g Cl/L) door neerslagoverschot en lozing van relatief zoet polderwater.

Om de aanwezige zoutwaterlevensgemeenschappen te redden, werd er besloten om spui- en verversingsluizen te bouwen in de dammen om zo het meer te kunnen verversen met Noordzeewater. In de Brouwersdam werden sluiskokers gebouwd die in december 1978 in gebruik zijn genomen, de Brouwerssluis. In 1979 stond de spuisluis het gehele jaar open om het zoutgehalte in het Grevelingenmeer te verhogen. Vanaf 1980 (tot 1999) werd de spuisluis vanaf april tot er met september gesloten en in de periode oktober tot en met maart geopend om de kans op stratificatie en zuurstofloosheid in de zomer in de diepere delen van het Grevelingenmeer te verminderen (Wetsteijn 2011). Door het inlaten van Noordzeewater is de primaire productie sinds 1979 aanzienlijk hoger dan daarvoor (Bakker 1985). Daarnaast lijken de diepere delen minder geschikt te worden voor macrobenthos door sedimentatie van fijn materiaal (Lambeck 1986).

Toch bleek de beperkte doorspoeling nog steeds een groot zorgpunt (Wattel 1996). Tegelijkertijd werden de inzichten in het proces van stratificatie genuanceerder en leek het jaarrond openzetten van de spuisluis een goed alternatief (Wetsteijn 2011). Vanaf april 1999 staat de spuisluis permanent open. Tot 2006 kon/werd de sluis nog maximaal 30 dagen gesloten op verzoek van de palingvissers, om het uittrekken van de schieraal te voorkomen. Sinds 2006 is de regeling van het sluiten van de spuisluis voor een periode van 30 dagen ten behoeve van de palingvissers herzien en staat de sluis nu jaarrond open en kan de schieraal vrijuit migreren (Wetsteijn, 2011). Verder is in januari 2017 de Flakkeese Spuisluis in de Grevelingendam geopend om de verblijftijden in het oostelijk deel van het meer te verkorten. De Brouwerssluis zorgt nu voor daggemiddeld circa 100 tot 125 m³/s uitwisseling met de Noordzee door middel van de getijstroming. Het debiet vanuit de Oosterschelde naar het Grevelingenmeer bedraagt ongeveer 110m³/s en van het Grevelingenmeer naar de Oosterschelde circa 65-70 m³/s (dit heeft te maken met een hoger peil in de Oosterschelde). Ten behoeve van de bouw van een testcentrum voor turbines is de spuisluis weer gesloten in 2018 en tijdelijk niet functioneel.



Figuur 1. Schematische weergave van bouw en beheer Brouwerssluis en Flakkeese spuisluis.

Er lozen vijf poldergemalen (Battenoord, Dreischor, Herkingen, de Kille en Den Osse) op het Grevelingenmeer die in beheer zijn bij Waterschap Scheldestromen en Waterschap Hollandse Delta. Het gemiddelde debiet betreft circa 1-1,5 m³/s overslag van brak polderwater met een zoutgehalte van circa 2-6 psu (Spiteri & Nolte 2010). Het jaargemiddelde zoutgehalte in het Grevelingenmeer varieert tussen ca. 27,7 en 31,6 psu gemeten bij Dreischor (Wetsteyn 2010) (zeewater = circa 35 psu).

1.3 Historische ontwikkeling van de algemene waterkwaliteit (Deltares)

Het analyseren en beschrijven van de historische ontwikkeling van de waterkwaliteit is uitgevoerd door Deltares.

In dit hoofdstuk wordt de waterkwaliteit beschreven vanaf ongeveer midden jaren '70, omdat vanaf die tijd veel data beschikbaar zijn. Hiermee kan een beeld worden verkregen van het openen van de Brouwerssluis (1978), en van de verschuiving van alleen open in de winter naar het jaarrond open stellen (1999, m.u.v. maximaal 30 dagen sluiting in het najaar). Voor het effect van de Flakkeese spuisluis, die in 2017 gedurende ongeveer een jaar is geopend, is nog te weinig data beschikbaar om een uitspraak te doen over een eventuele verandering van de algemene waterkwaliteit. Deze periode wordt derhalve niet apart onderscheiden.

1.3.1 Gebruikte databronnen

Het langlopende monitoringsprogramma voor waterkwaliteit in de Rijkswateren door Rijkswaterstaat (Landelijk Meetnet Water of LMW) heeft een aantal locaties in het Grevelingenmeer. De resultaten hiervan worden beschikbaar gemaakt door Rijkswaterstaat. Additioneel worden regelmatig verticale profielen gemeten om de stratificatie en het zuurstofgehalte in de diepe delen van de Grevelingen te monitoren. Voor de huidige analyse zijn meetdata op de volgende manier verkregen:

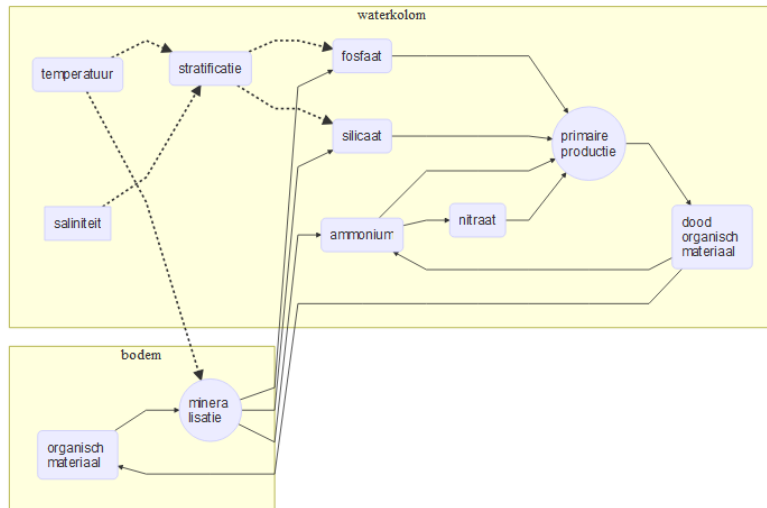
- nutriënten, chlorofyl-a, extinctiecoëfficiënt, secchidisk, saliniteit aan de oppervlakte vanaf het begin van het monitoringsprogramma tot en met oktober 2018 via live.waterbase.nl. Deze service is sinds oktober 2018 niet meer actief en is vervangen door waterinfo.rws.nl. Echter, in deze laatste service zitten nog niet alle parameters voor alle jaren.
- metingen van verticale profielen van saliniteit, temperatuur, en zuurstofconcentratie (gtso – Grevelingen Temperatuur Saliniteit Oxygen) in de Grevelingen via een file transfer van Rijkswaterstaat.
- phytoplanktontellingen ter beschikking gesteld door Rijkswaterstaat. Hiervan zijn in deze analyse alleen de niet-heterotrofen beschouwd.

1.3.2 Nutriënten

Beknopte effectketen

De waterkwaliteit in Grevelingenmeer kan aan de hand van een effectketen geanalyseerd worden. Mogelijke verbanden tussen hydrologie, biogeochemie in de diepere waterlaag, en primaire productieprocessen in de fotsische zone zoals te zien in

Figuur 2 kunnen ingevuld worden door een beschrijvende analyse van de bestaande metingen.



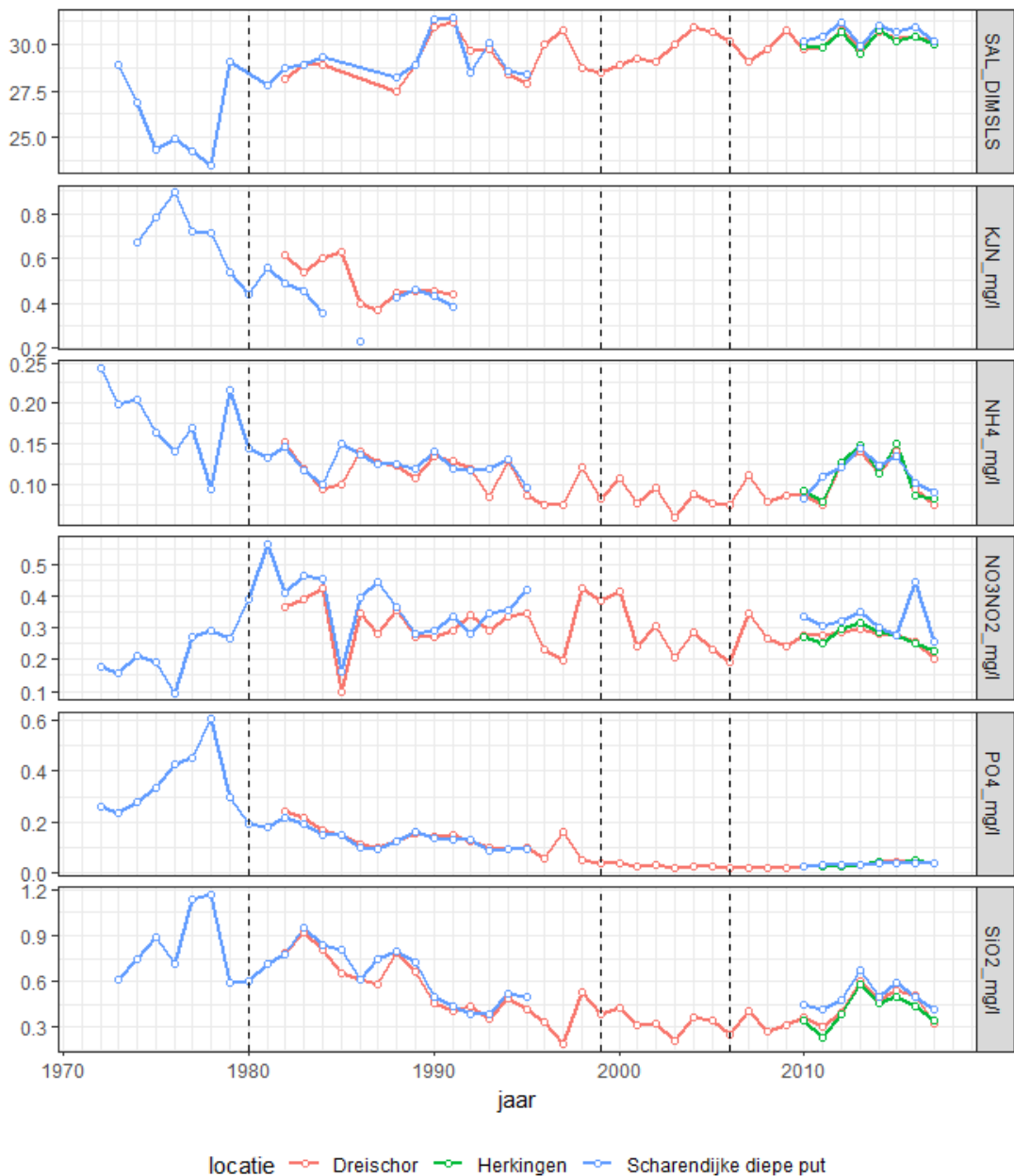
Figuur 2. Effectketen voor beschikbaarheid van nutriënten voor fytoplankton

Lange termijn nutriëntenconcentraties

Voor de onderstaande analyse zijn jaargemiddelden bepaald door de gemeten waarden eerst per maand te middelen, en daarna per jaar, waarbij voor de winterwaarden alleen de maanden buiten het groeiseizoen (januari, februari, november, december) zijn beschouwd. De concentratie is dan een maat voor de totale hoeveelheid voor fytoplankton bruikbare nutriënten en geeft een potentieel aan voor de te verwachten voorjaarsbloei. De resultaten voor de verschillende stations worden getoond (Figuur 3). Er is helaas niet 1 station waarbij de hele tijdreeks beschikbaar is, en de variatie tussen de stations is, hoewel meestal erg klein, niet altijd te verwaarlozen.

Over de hele periode 1970 tot 2018 is vooral de concentratie van fosfaat sterk afgenomen. Deze afname loopt gelijk met een toename van het zoutgehalte (en dus verdunning met zeewater) vanaf 1978 (opening Brouwersdam), en wordt verder (en waarschijnlijk vooral) verklaard door maatregelen die de fosfaatbelasting vanaf land in het Rijn-Maasstroomgebied beperkten. In dezelfde periode is ook de Silicaatconcentratie afgenomen. Net als fosfaat, komt een groot deel van het silicaat van land of zoetwaterbronnen en de afname kan dus verklaard worden door een grotere uitwisseling met de Noordzee vanaf 1978.

De laatste jaren (vanaf 2011) neemt de zomerconcentratie voor fosfaat, ammonium en silicaat weer licht toe. Het is niet duidelijk waardoor dit komt. Een mogelijke oorzaak is een verhoogde nalevering vanuit het sediment, maar niet duidelijk is waardoor dit veroorzaakt kan worden.



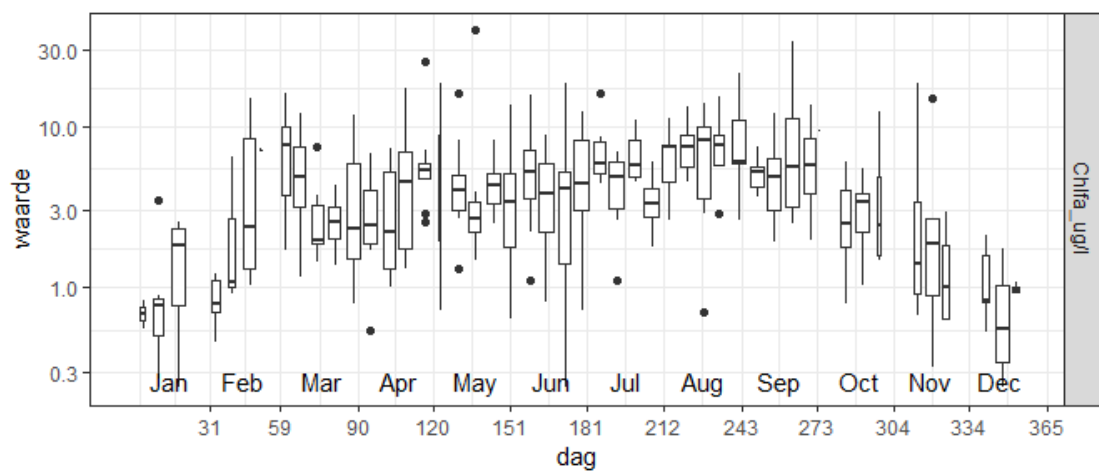
Figuur 3. Wintergemiddelde voor beschikbare metingen voor nutriëntenconcentraties aan de oppervlakte. De verticale lijnen geven de jaren 1980, 1999 en 2006 aan, toen veranderingen in het sluisbeheer plaatsvonden.

Seizoensvariatie van nutriënten

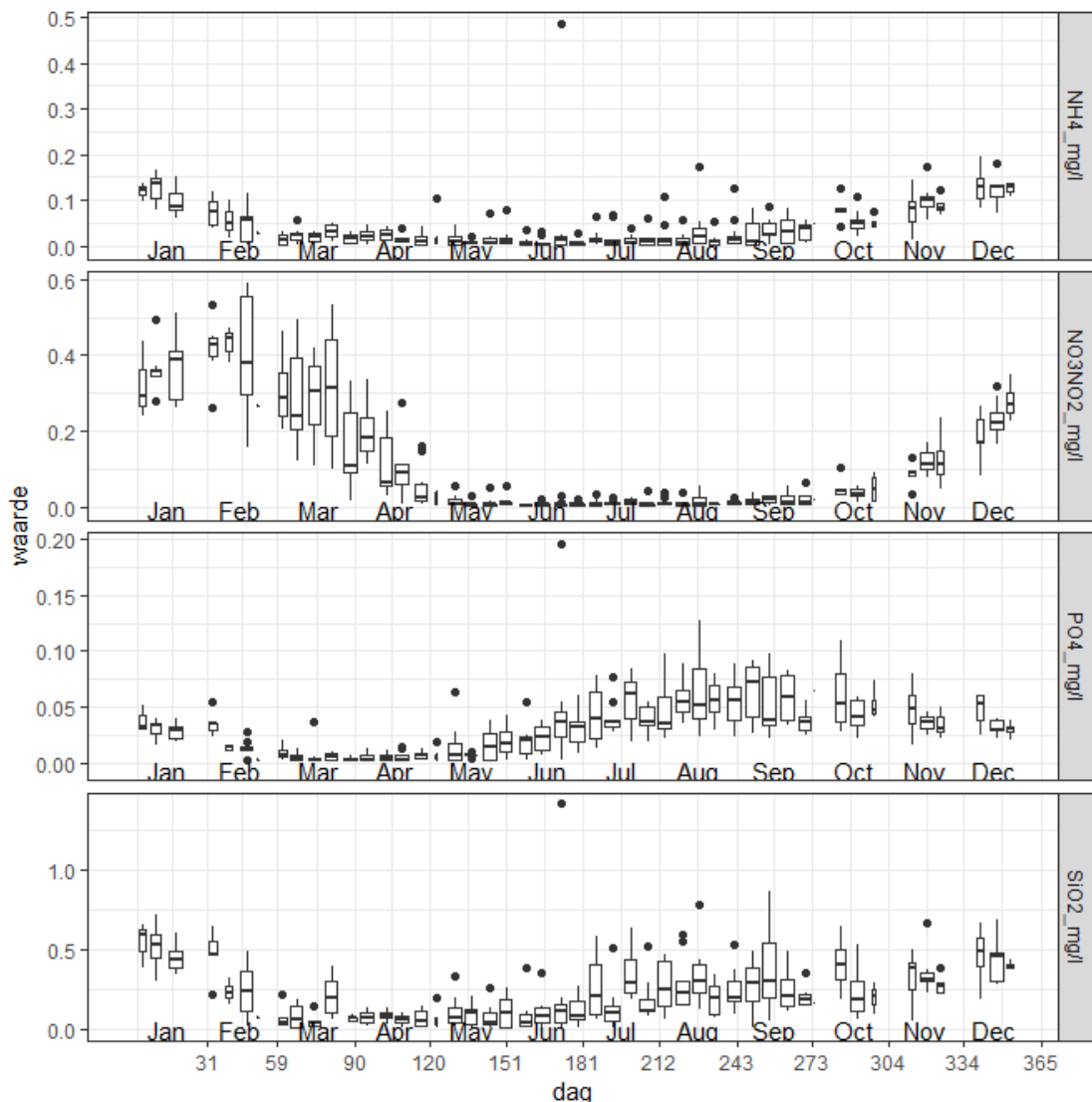
Een gemiddeld seizoen (vanaf 2000) laat zien dat een relatief korte en lage voorjaarsbloei (8 $\mu\text{g/l}$ chlorofyl-a) gevolgd wordt door een afname in maart, waarschijnlijk doordat fosfaat beperkend wordt voor de groei (Figuur 4). Silicaat is dan ook al erg laag. Een korte periode met laag chlorofyl wordt dan vanaf juni gevolgd door een lange periode (mei/juni - september) waarbij fosfaat niet meer beperkend is, en chlorofyl ongeveer even hoog is als gedurende de voorjaarsbloei. Gedurende de groeiperiode in de zomer is het anorganisch stikstof erg laag en is er silicaat in overvloed (Figuur 5). Fosfaat en silicaat bereiken de hoogste concentraties gedurende de late zomer/herfst.

Dit is te verklaren door remineralisatie van fosfaat en silicaat tijdens de warme periode in de zomer, waarbij het organisch materiaal van de voorjaarsbloei gedeeltelijk weer terugkomt in het water.

Ook kan er in die periode teruglevering plaatsvinden van al eerder in het sediment opgeslagen nutriënten. Met name voor fosfaat is dit belangrijk, omdat fosfaat aan geoxideerd ijzer in de bodem wordt vastgelegd. Bij zuurstofloosheid in het sediment wordt ijzer gereduceerd en komt het fosfaat vrij. Zuurstofloosheid in het sediment komt ook voor als er nog zuurstof in de waterkolom aanwezig is. In het zomerhalfjaar wordt de zuurstofrijke bovenlaag van de bodem, die over het algemeen enkele centimeters dik kan zijn en sterk door bioturbatie wordt beïnvloed, dunner door hogere temperatuur waardoor de mineralisatiesnelheid toeneemt en door het gesedimenteerde, makkelijk afbreekbare verse organisch materiaal. De zuurstofrijke bovenlaag kan afnemen tot enkele millimeters of zelf helemaal verdwijnen. Hoeveel fosfaat, dat gebonden is aan zwevend stof, vrij kan komen als het zwevend stof in zuurstofloze condities terecht komt, is niet duidelijk.



Figuur 4. Boxplot met variatie van chlorofyl-a over het seizoen voor de jaren 2000 t/m 2017 en station Dreischor per week. De y-schaal is logaritmisch getransformeerd om de verdeling van chlorofyl-a en de variatie beter zichtbaar te maken.



Figuur 5. Boxplot met variatie van nutriëntconcentratie over het seizoen voor de jaren 2000 t/m 2017 en station Dreischor per week.

Nutriëntratio's

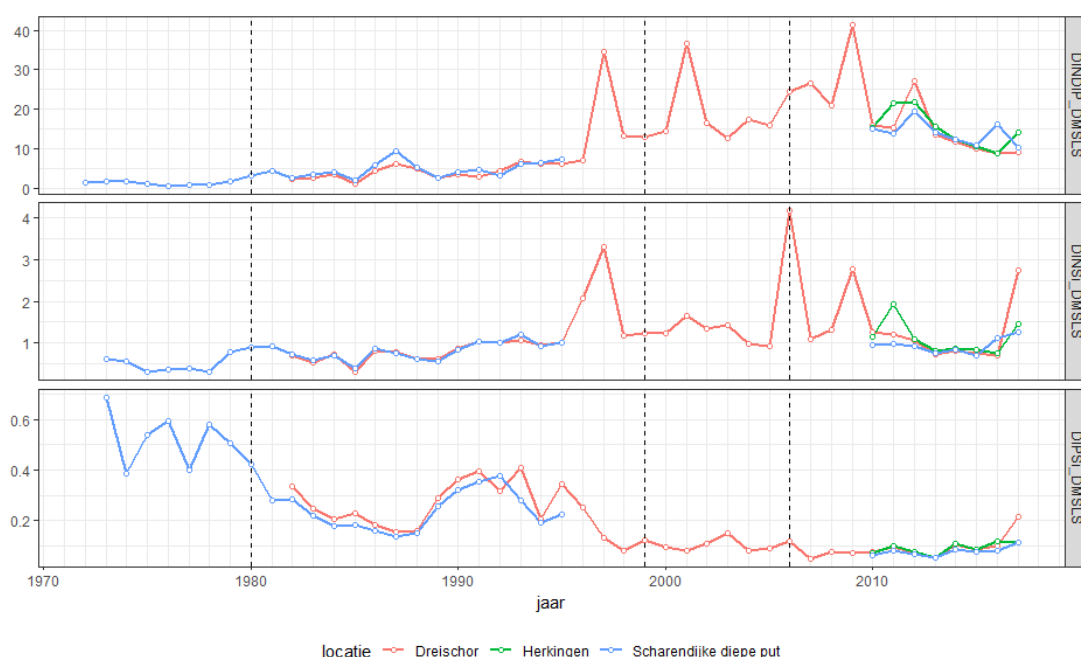
Ratio's van nutriënten vertellen iets over welk nutriënt limiterend kan worden wanneer er genoeg licht beschikbaar is. De optimale ratio voor fytoplankton die vaak aangehouden wordt is de zogenaamde Redfield ratio. Deze bedraagt C:Si:N:P = 106:15:16:1 mol/mol of C:Si:N:P = 41 : 14 : 7 : 1 gram/gram. Een grote verandering in de verhouding waarin nutriënten beschikbaar zijn kan leiden tot de groei van andere soorten fytoplankton. Als er bijvoorbeeld een tekort is aan silicaat, zullen er minder diatomeeën groeien, en meer flagellaten. Dit wordt over het algemeen als negatief beschouwd, omdat diatomeeën beter voedsel zijn voor zoöplankton en macrobenthos.

De wintergemiddelde ratio DIN/DIP is sinds de jaren 1970 toegenomen van zeer laag, naar ongeveer 10 met soms uitschieters tot 30 gN/gP (Figuur 6). Dat is ruim hoger dan de Redfield ratio, wat impliceert dat de primaire productie in het voorjaar waarschijnlijk niet door stikstof wordt beperkt, wat overeen komt met het verloop van fosfaatconcentratie.

Deze werd veroorzaakt door de sterke afname van winter fosfaatconcentraties in verhouding tot de bescheiden afname van stikstofcomponenten. De effecten van veranderingen in spuibeleid vallen hierbij in het niet. De laatste jaren laat weer een afname van winter DIN/DIP zien naar ongeveer 10 mg/mg. Deze verandering begint enkele jaren nadat de Brouwersdam het gehele jaar open is gezet en wordt vooral veroorzaakt door de verhoging van de fosfaatconcentratie.

De wintergemiddelde ratio van stikstof en silicaat (winter DIN/Si) vertoont een soortgelijke trend en is toegenomen van 0.5 naar 1

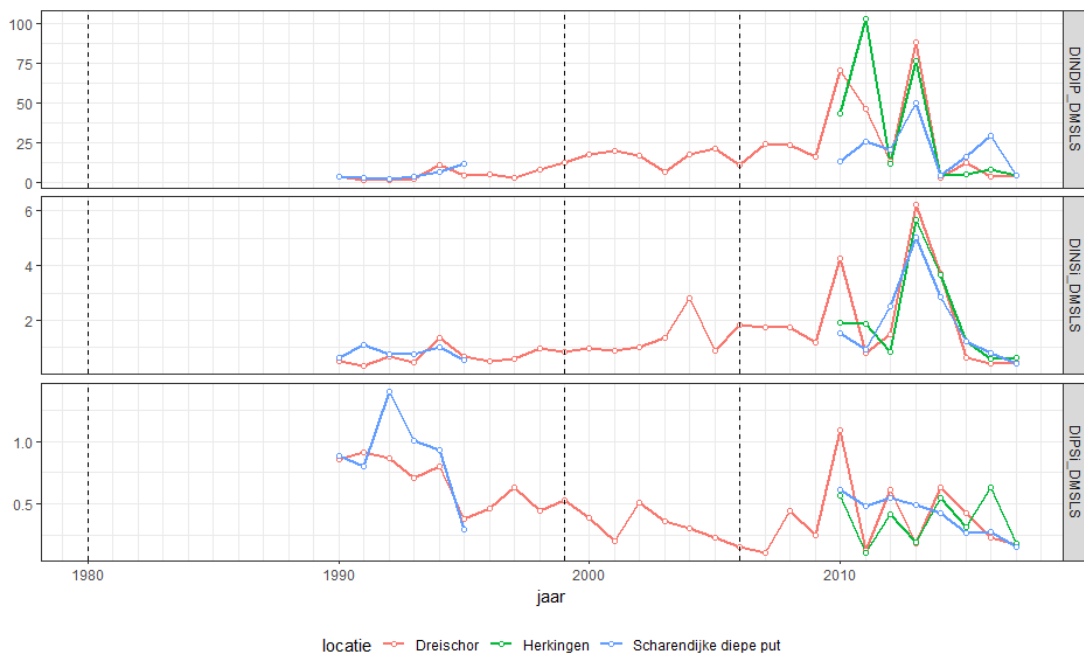
De wintergemiddelde ratio van fosfaat en silicaat (winter PO₄/Si) is sterk afgenomen van 0.5 tot ongeveer 0.1 tegenwoordig. Dit is veel hoger dan de Redfield ratio (1/14), zodat de voorjaarsbloeï beëindigt met een overschot aan fosfaat.



Figuur 6. Wintergemiddelde nutriëntenratio's DIN/DIP, DIN/Si, en DIP/Si.

In de zomer lijkt er, gebaseerd op de concentraties, een overschot te zijn aan fosfaat en silicaat. Dit is terug te zien in lage DIN/DIP en DIN/Si ratio's (Figuur 7). In de zomer is ook de DIP/Si ratio relatief hoog. Door het overschot aan fosfaat en silicaat treedt echter normaal geen Si limitatie op.

Van ruwweg 2010 t/m 2013 zijn zeer hoge DIN/DIP en DIN/Si ratio's gemeten. Dit valt samen met een relatief klein oppervlak waaronder het water zuurstofarm is.



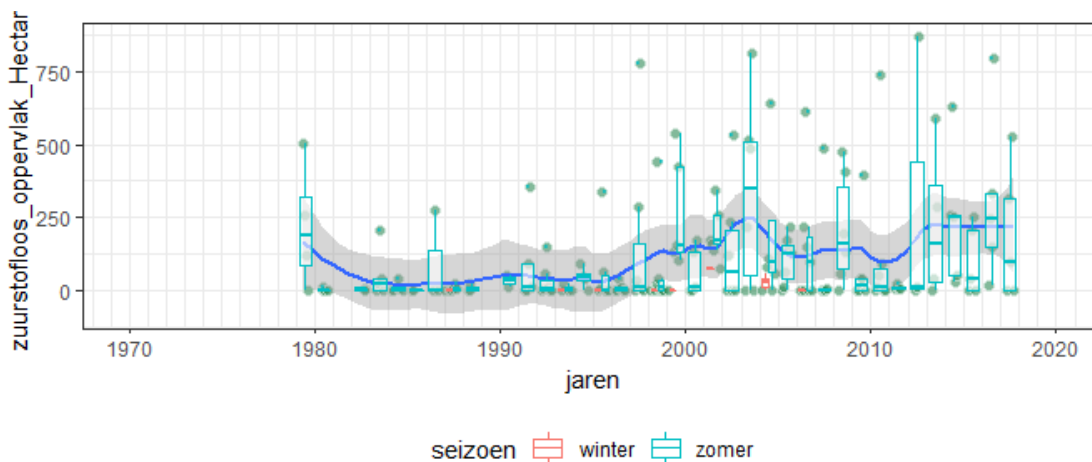
Figuur 7. Zomergemiddelde van nutriëntratio's. De periode van voor 1990 is opzettelijk weggelaten om een betere schaalverdeling te krijgen van DIP/Si

1.3.3 Zuurstof

In de diepe putten van het Grevelingenmeer treedt in de zomer vaak zuurstofloosheid op (Wetsteyn, 2011). Deze wordt veroorzaakt door de bijna permanente zoutstratificatie, dus beperkte uitwisseling van water in de verticaal. In de zomer is door de hogere temperatuur en beschikbare organische stof uit plankton de zuurstofvraag hoger dan de toevoer door verticale menging. Dit veroorzaakt in de verschillende putten zuurstofarm of zuurstofloos bodemwater in de zomer.

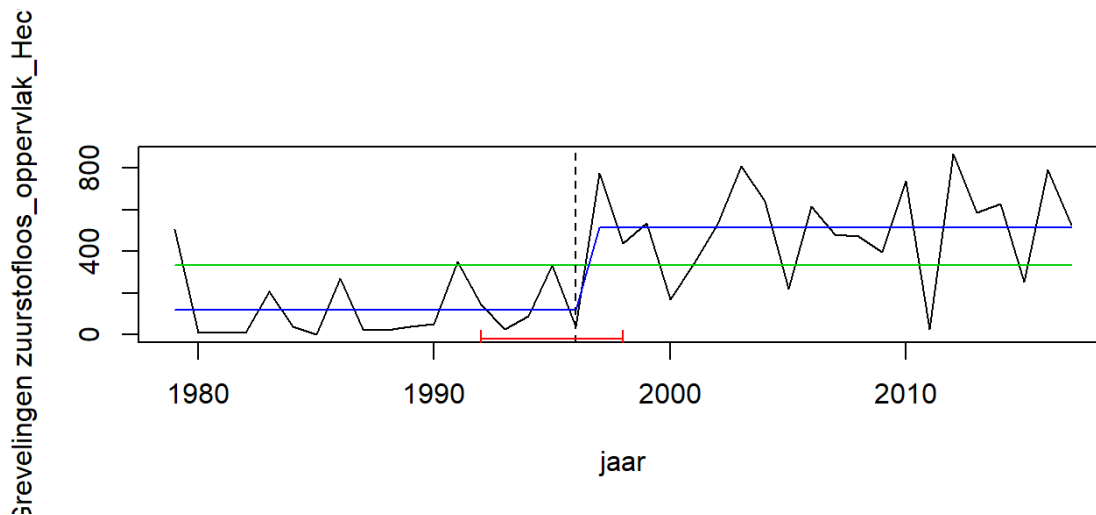
De zuurstofloosheid in de onderste waterlaag is hier bepaald door het oppervlakte in hectare te bepalen waarbij de diepere waterlaag een zuurstofconcentratie had die lager is dan 3 mg/l (Figuur 8). Hiervoor zijn de tso metingen per diepteklasse (1m) voor de verschillende vakken in het Grevelingenmeer maandelijks gemiddeld. De diepte waarbij de grenswaarde van 3 mg/l optreedt is gebruikt om de oppervlakte uit te rekenen met maximaal deze zuurstofconcentratie met behulp van hypsografen voor elk vak. Deze indicatorwaarde is bepaald van 1979 (het begin van de gtso metingen) tot en met 2018. Het totale oppervlak zuurstofarm water vertoont een toename over deze periode, maar ook veel variatie. De periode 2010 - 2013 waarbij zomer DIN/DIP hoog was, lijkt gedeeltelijk samen te vallen met een periode met een klein oppervlak zuurstofarm diep water. Het ontbreken van winterwaarden voor zuurstofarm oppervlakte ligt gedeeltelijk aan het meetprogramma. In de zomer zijn meer metingen gedaan dan in de winter. Overigens treedt 's winters veel minder vaak zuurstofarm water op.

Het oppervlakte zuurstofarm water verschilt per put. Daar wordt hier nu niet dieper op ingegaan. Voor een uitgebreidere analyse, zie Wetsteyn (2011) en de te verschijnen systeemrapportage over de Grevelingen. De absolute waarden van het totale oppervlakte zuurstofarm water is hier lager dan in (omgerekende waarden uit) Wetsteyn (2011). Dit ligt aan het feit dat we hier uitgegaan zijn van maandgemiddelde profielen per vak. Hierdoor worden extreme waarden van lage zuurstofconcentraties uitgemiddeld. Het patroon in de loop van de tijd komt sterk overeen met de bevindingen van Wetsteyn (2011).



Figuur 8. Boxplots van de variatie in oppervlakte zuurstofarm water, berekend uit de gemiddelde diepte waarop in de zomer (maart-oktober) en winter de concentratie opgelost zuurstof niet hoger was dan 3 mg/l.

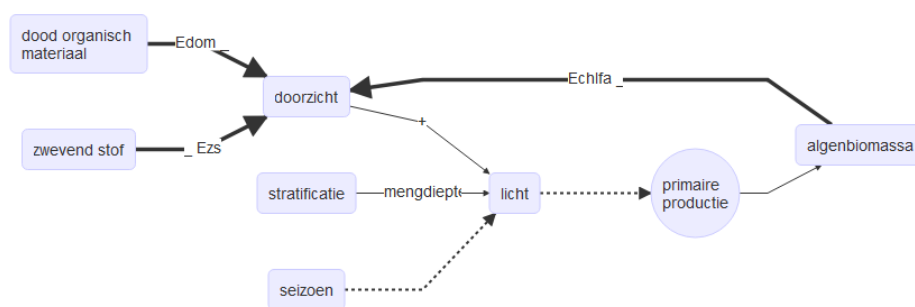
Een breekpuntanalyse van het oppervlakte zuurstofarm water (Figuur 9) laat zien dat er waarschijnlijk in 1999 een verandering is opgetreden in het gemiddeld oppervlak met een zuurstofconcentratie lager dan 3 mg/l in de zomer. Dit valt samen met het veranderde spuibeleid, waardoor er een grotere verversing optrad, maar ook een grotere hoeveelheid zout water in de Grevelingen werd gelaten. Het mechanisme daarvan is met deze data-analyse niet vast te stellen.



Figuur 9. Maximaal oppervlak in het Grevelingenmeer in de zomer waar de maandgemiddelde zuurstofconcentratie lager is dan 3 mg/l per jaar. De zwarte lijn is het jaargemiddelde voor het zuurstofarm oppervlak, de groene lijn het langjarig gemiddelde, en de blauwe lijn geeft het gemiddelde aan van de verschillende perioden. De verticale onderbroken lijn geeft het meest waarschijnlijke breekpunttijdstip aan, en de rode errorbar is een maat voor de onzekerheid van het breekpunttijdstip. De afgeleide waarde is niet direct vergelijkbaar met eerdere afleidingen, omdat een andere interpolatie is gebruikt. Het breekpunt is consistent met eerdere afleidingen.

1.3.4 Lichtuitdoving in de waterkolom.

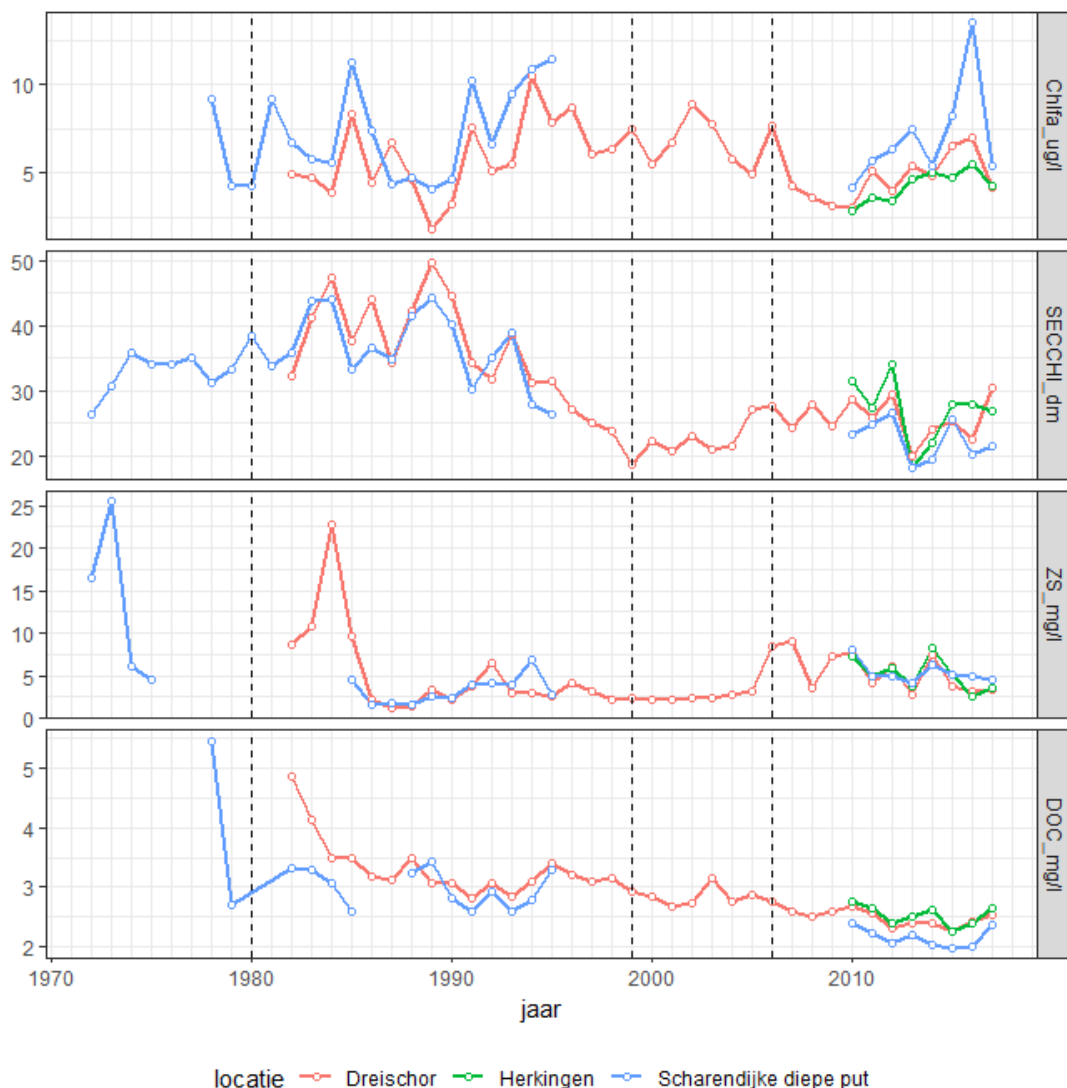
De hoeveelheid beschikbaar licht bepaalt, samen met de nutriëntenbeschikbaarheid, de primaire productie in de Grevelingen (Figuur 10). Uitdoving van licht kan zorgen voor een lagere productie, en een slechtere benutting van de beschikbare nutriënten door fytoplankton. Aan de andere kant draagt het fytoplankton ook bij aan de lichtuitdoving. Lichtuitdoving wordt voornamelijk veroorzaakt door zwevend stof (meestal bestaand uit slib), opgelost organisch materiaal, en dus fytoplankton zelf. Wanneer licht beperkend is voor de groei van fytoplankton, wordt een negatief verband gevonden tussen de lichtuitdoving en fytoplankton of chlorofyl-a. Wanneer nutriënten limiterend zijn, en er voldoende fytoplanktonbiomassa is, wordt een positief verband gevonden.



Figuur 10. Effectketen voor doorzicht

De lichtuitdoving kan direct bepaald worden als extinctiecoëfficiënt, of in de vorm van transparantie gemeten worden als Secchidiepte ("Sechi_dm"). Deze geven allebei een indruk van hoe diep licht in de waterkolom doordringt, maar zijn omgekeerd evenredig. Voor de Grevelingen zijn geen extinctiecoëfficiëntwaarden bekend van voor 2002, maar wel secchidieptes. Er is hier voor gekozen om alleen de Secchidieptes mee te nemen in de analyse.

Voor het bepalen van de zomer gemiddelden voor doorzicht en verklarende variabelen zijn de gemeten waarden eerst gemiddeld per maand, en daarna gemiddeld per jaar, waarbij alleen de maanden in het groeiseizoen (maart - oktober) zijn geselecteerd (Figuur 11).



Figuur 11. Zomergemiddelden (maart-oktober) van doorzicht (als Secchidiepte) en verklarende variabelen DOC, zwevende stof en chlorofyl-a over de hele periode waarin metingen beschikbaar zijn.

In de Grevelingen is een opvallende afname, grofweg een halvering, van de Secchidiepte tussen 1989 en 1999. Het Grevelingenmeer is dus troebeler geworden in die periode. Er lijkt over dezelfde tijd geen grote toename te zijn geweest van zwevend stof of DOC. Het is daarom niet waarschijnlijk dat de toename van de troebelheid veroorzaakt is door een verandering in zwevend stof of organisch materiaal. Wel is er een toename van het zomergemiddelde chlorofyl-a van ongeveer 5 ug/l in 1989 naar 10 ug/l in 1999 in die periode (Figuur 11), en een toename van totaal koolstof in fytoplankton (Figuur 12). Het is daarom waarschijnlijk dat de toename van de troebelheid veroorzaakt is door een toename van de gemiddelde fytoplankton biomassa in de zomer. Dit suggereert dat primaire productie in die periode overwegend nutriëntgelimiteerd was.

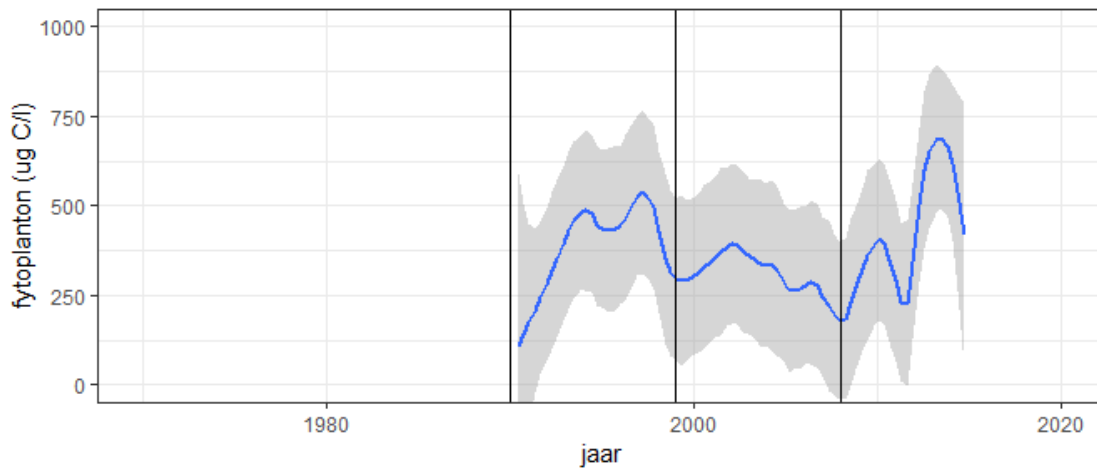
Het is niet duidelijk waarom fytoplankton toenam tussen 1989 en 1990. De veranderingen van chlorofyl-a en troebelheid die rond 1989 is ingezet, is lang nadat de Brouwersdam 's winters werd opgezet (1980). Het is daarom onwaarschijnlijk dat dit een direct gevolg hiervan is. Het kan wel een indirect gevolg zijn, doordat meer nutriënten in het Grevelingenmeer hebben kunnen ophopen. In deze periode neemt de zomer DIP/Si ratio sterk af (Figuur 7).

Dit is consistent met een toename van diatomeeën tussen 1989 en 1999 (Figuur 14) en zou de toename van de fytoplanktonbiomass kunnen verklaren.

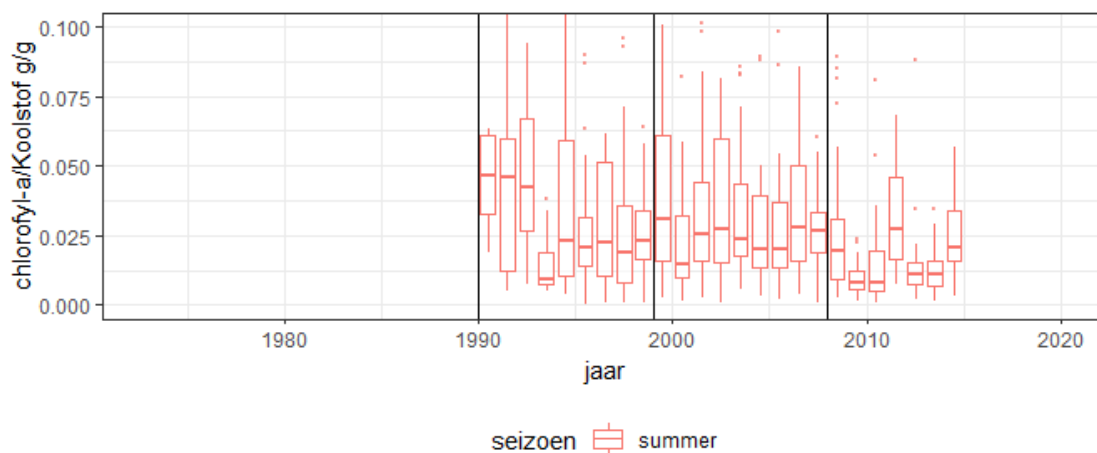
Vanaf 1999 tot ongeveer 2010 neemt de Secchidiepte weer langzaam toe, en chlorofyl-a af. Het systeem wordt weer wat helderder. In 2013 is de transparantie plotseling afgenomen. De laatste jaren neemt de transparantie weer toe. Deze variatie van de laatste jaren is niet goed te verklaren.

1.3.5 Fytoplankton

De uitdoving van licht door fytoplankton kan, behalve alleen met metingen van chlorofyl-a, ook onderzocht worden aan de hand van fytoplanktonbiomassa berekend uit tellingen. De totale fytoplankton biomassa laat een toename zijn tussen 1990 en 1998. Dit komt overeen met de toename in chlorofyl-a. Ook de hogere concentratie van chlorofyl-a in de laatste jaren (Figuur 11) komt terug in de biomassametingen van fytoplankton (Figuur 12).



Figuur 12. Zomergemiddelde van de biomassa aan fytoplankton vanaf 1990. Er zijn geen tellingen van voor 1990.

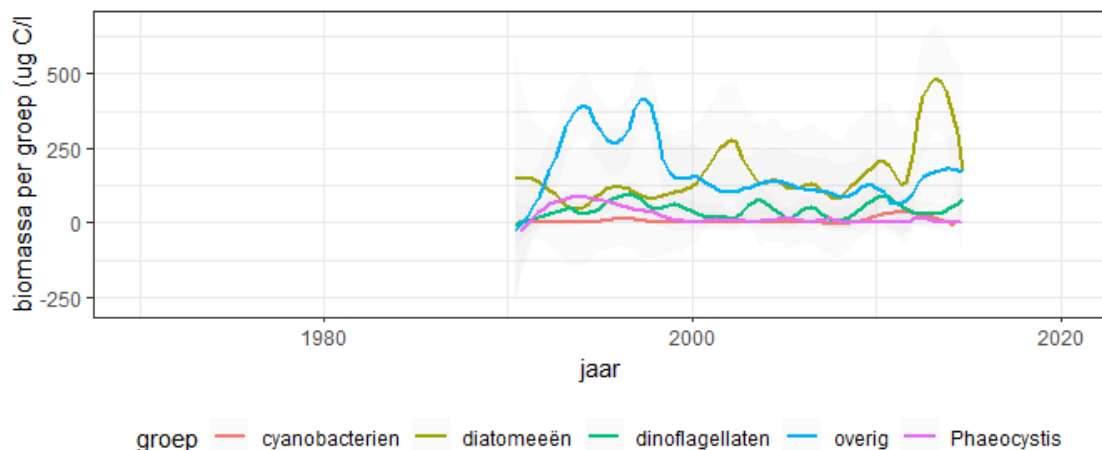


Figuur 13. De verhouding fytoplankton koolstof/chlorofyl-a in de Grevelingen.

De verhouding tussen gemeten chlorofyl-a en totale fytoplanktonbiomassa (chlfa/C) in de zomer (maart - oktober) geeft het chlorofylgehalt aan van het aanwezige fytoplankton (Figuur 13). Hier zit erg veel variatie in per monster en jaar, door de variatie in chlorofyl-a concentratie maar vooral door de variatie in de fytoplanktontellingen en conversie naar koolstof. De chlfa/C verhouding varieert van rond de 0.4 begin jaren 1990, tot 0.2 of zelfs 0.1 in latere jaren. Waarden rond de 0.4 geven aan dat fytoplankton toen gelimiteerd werd door licht (Cloern et al. (1995), Wang and Wu (2009)), en de lagere waarden duiden op nutriëntlimitatie. Ter indicatie, in de Noordzee varieert chlfa/C van ongeveer 0.1 in de kustwater tot 0.05 ver uit de kust (Alvarez-Fernandez and Riegman (2014)). Het lijkt er dus op dat de primaire productie vanaf 1993 nutriënt gelimiteerd is. Daarvoor (1990 - 1993) suggereert de chlfa/C verhouding licht limitatie. Voor 1990 zijn er geen fytoplanktontellingen uitgevoerd, waardoor hier geen ratio's te berekenen zijn.

Ook zijn er veranderingen in de verhouding tussen de fytoplankton groepen. Tussen 1990 en 2000 waren andere soorten dan diatomeeën de dominante groep. Na 2000 is het aandeel van diatomeeën weer iets hoger, en vanaf 2015 zijn diatomeeën de dominante groep. Dit is consistent met de sterke daling van afname in DIN/Si vanaf 2015.

De metingen van fytoplanktonbiomassa en soortensamenstelling moeten met enige voorzichtigheid genomen worden aangezien de metingen van fytoplankton volume en biomassa van vóór 2000 af kunnen wijken van de periode daarna door een wisseling van meetinstantie.



Figuur 14. Verloop van de groep fytoplanktonbiomassa in het Grevelingenmeer zoals gemeten op station Dreischor ug C/l aan de oppervlakte. Er zijn 4 metingen verwijderd omdat ze buiten de schaal vallen. Deze metingen zijn wel meegenomen in de curve fit.

1.4 Historische ontwikkeling soortengroepen: trendanalyses

In deze paragraaf worden de resultaten van de analyse van de historische ontwikkeling van macrofauna, vissen, zeegras, vogels en zeezoogdieren besproken. Voor iedere soortengroep wordt steeds de methode toegelicht en de resultaten gegeven. De analyses voor macrobenthos en vissen zijn gebaseerd op verschillende databronnen en literatuur. Er is voor gekozen om de gegevens te presenteren in tijdblokken van jaren die zoveel als mogelijk aansluiten bij de belangrijkste wijzigingen in waterbeheer afhankelijk van beschikbare data (zie ook Figuur 1):

- Tijdens de bouw van de dammen voor de afsluiting in 1971
- Periode na de afsluiting 1971-1978
- Periode na de opening van de Brouwerssluis na 1978
- Periode na de jaarrond openstelling van de Brouwerssluis na 1999

- Periode na het opheffen van de 30 dagen sluiting van de Brouwerssluis na 2005 (vooral van belang voor vissen)
- Open staan van de Flakkeese Spuisluis in 2017 en 2018

1.4.1 Macrobenthos

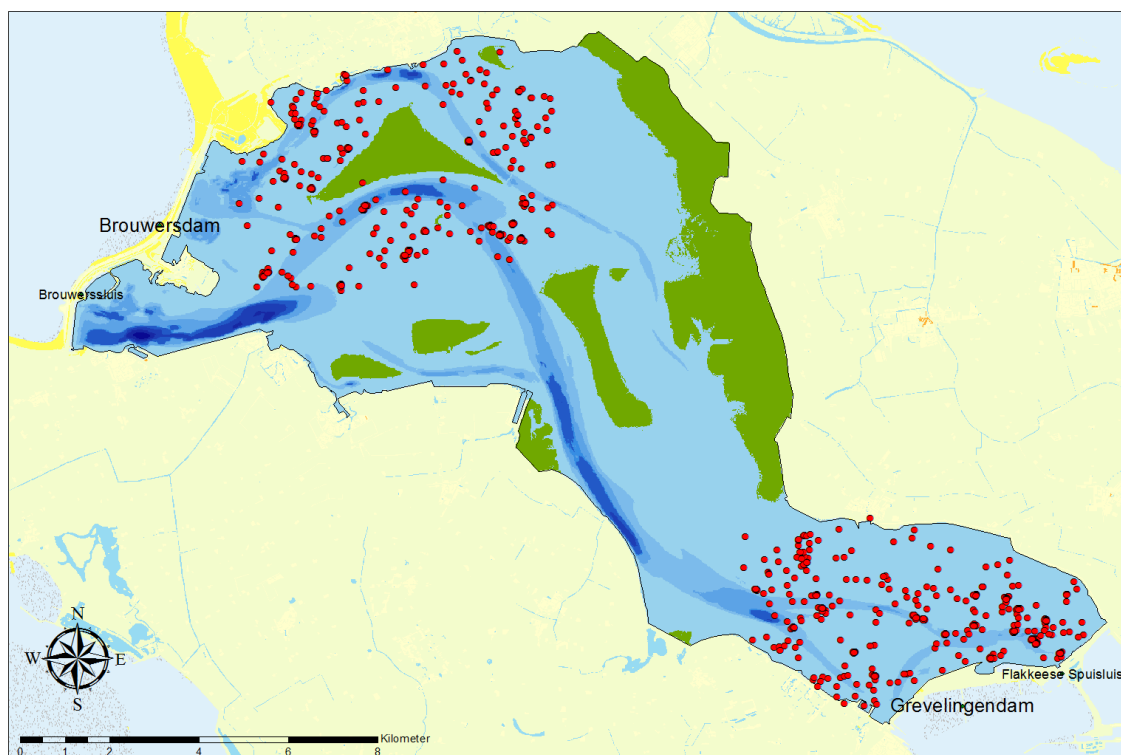
De analyses voor macrofauna richten zich op het macrobenthos. De term 'macrofauna' heeft betrekking op alle ongewervelde dieren in het Grevelingenmeer. De 'macrobenthische fauna' of 'macrobenthos' betreft de ongewervelde dieren die in, op of vlak boven de bodem leven.

Methode

De ontwikkelingen van het macrobenthos in het Grevelingenmeer zijn deels bepaald aan de hand van data uit het MTWL-programma en deels gebaseerd op de literatuur. Als onderdeel van het MTWL-programma vindt er sinds 1990 een inventarisatie plaats van het macrobenthos van het Grevelingenmeer met als doel inzicht te krijgen in de ruimtelijke en temporele variatie van de benthische fauna. De resultaten van deze meetcampagnes zijn verwerkt in diverse rapporten met het meest recentelijke overzicht in Verduin et al. (2018). Daarnaast heeft recentelijk een uitgebreide analyse plaatsgevonden in opdracht van het ministerie van LNV en Staatsbosbeheer welke de kwantitatieve ontwikkelingen beschrijft van het macrobenthos in de periode 1992-2016, gebruik makend van de MTWL-data (Mulder et al. 2019). Jaartallen 1990 en 1991 zijn niet meegenomen in deze analyse omdat de data uit deze twee jaren niet gewaarborgd kon worden (onbetrouwbare data). In Mulder et al (2019) wordt ook een overzicht gegeven van de frequentie van bemonsteringen en de verschillende bemonsteringsmethodes die zijn gebruikt in deze periode. Door middel van literatuuronderzoek (o.a. Nienhuis 1978, Lambeck 1986, Lambeck & Pouwer 1986, Lambeck & Smet 1987, Fortuin & Altena 1990) is tevens een overzicht gemaakt van de ontwikkelingen in de periode voor 1990.

Lambeck (1986) geeft een duidelijk overzicht van de ontwikkelingen na de afsluiting van het Grevelingenmeer. De beschrijving hieronder baseert zich voornamelijk op drie eerdere studies: Lambeck (1982), Wolff et al. (1977) en Wolff & De Wolf (1977). Voor de afsluiting in mei 1971 is uitgebreid onderzoek gedaan naar de biomassa en productie van het macrobenthos. Dit onderzoek diende als een referentie voor toekomstige veranderingen na de afsluiting (Wolf & De Wolf 1977). Direct na de afsluiting is een regulier bemonsteringsprogramma voor macrobenthos opgezet waarbij jaarlijks in het voorjaar bemonsterd werd. De eerste fase van dit programma liep tot 1977 (Wolf et al. 1977, Lambeck 1982) met als doel onderzoek te doen aan macrobenthos in het Grevelingenmeer. Vanaf 1981 ging de tweede fase van start waarbij het verkrijgen van referentiemateriaal voorop stond. In deze periode is vrijwel jaarlijks een bestandsopname uitgevoerd (o.a. Lambeck & Pouwer 1986, Lambeck & Smet 1987, Fortuin & Altena 1990). Deze gegevens dienden als referentiemateriaal voor studies aan andere componenten van het systeem. Daarnaast keek het onderzoek naar de effecten van de net geopende spuisluis in de Brouwersdam en gaf het inzicht in lange-termijn trends van belangrijke en dominante soorten. Verdere details over bemonsteringslocaties en technieken zijn te vinden in de bovengenoemde rapporten en publicaties.

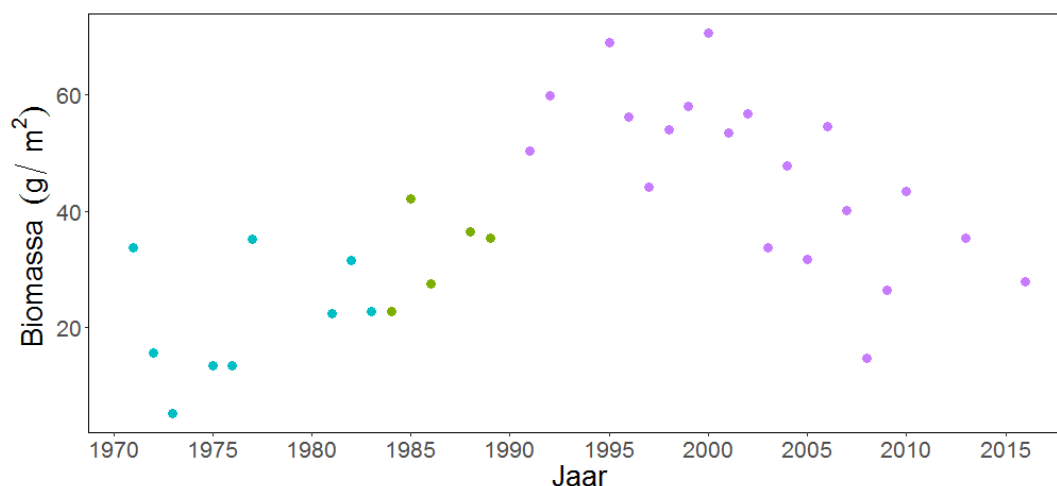
Als deel van het MWTL-programma vindt er sinds 1990 in het voor- en najaar een bemonstering plaats in het oostelijk en westelijk deel van het Grevelingenmeer (Figuur 15). In beide deelgebieden worden monsterlocaties evenredig verdeeld over drie diepte strata: 0-2 m, 2-6 m en dieper dan 6 m (t.o.v. NAP = zomerpeil + 0.10 m) (Verduin et al. 2018). Sinds 1994 wordt in ieder deelgebied en binnen elk dieptestratum op vastgestelde locaties bemonsterd. Dit resulteert in 120 monsters per jaar, 60 in het voorjaar en 60 in het najaar. Na 2013 is de jaarlijkse macrozoöbenthosmonitoring van het MWTL programma teruggeschroefd naar 1 x per drie jaar, wel nog in het voor- en najaar. Verdere details zijn te vinden in Verduin et al. (2018) en Mulder et al. (2019).



Figuur 15. Ligging van de macrobenthos bemonsteringspunten (rood) in het oostelijk en westelijk deel van het Grevelingenmeer in de periode 1992 tot 2016 (MWTL).

Resultaten ontwikkeling van het macrobenthos

Aan de hand van literatuuronderzoek en data uit het MWTL-programma wordt een overzicht gegeven van de ontwikkelingen van biomassa (g/m^2) van het macrobenthos in de periode na de afsluiting van de Grevelingen tot 2016 (Figuur 16). De biomassa in Figuur 16 is een gewogen jaargemiddelde wat betekent dat de biomassa is gecorrigeerd voor het bemonsteringsoppervlak in de verschillende dieptestrata waardoor de werkelijke biomassa beter wordt weergegeven. Figuur 16 is samengesteld uit drie verschillende datasets: Lambeck (1986), bemonsteringen door het Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek (DIHO, nu NIOZ Yerseke) en MWTL-data. De biomassa nam sterk af in de eerste jaren na de sluiting (Figuur 16, Lambeck, 1986) maar herstelde zich en piekte tussen 1995 en 2000 waarna de biomassa weer gestaag afnam. Hieronder worden deze ontwikkelingen verder besproken.



Figuur 16. De ontwikkeling van de gewogen (gecorrigeerd voor bemonsteringsoppervlak in dieptestrata) gemiddelde biomassa (g/m²) van bodemdieren macrobenthos in het Grevelingenmeer in de periode 1971-2016, samengesteld uit drie verschillende datasets/bronnen: Lambeck 1986 (blauw), DIHO-bemonsteringen (groen) en MWTL-data (paars).

Periode 1971-1978 na de afsluiting

Na de afsluiting is het Grevelingenmeer armer geworden in het soortenaantal. De daling bedroeg ruim een kwart: van ca. 338 soorten in 1964-1970 naar ca. 252-264 soorten in 1972 (Nienhuis 1978, Lambeck 1986). Nieuwe en zeer algemene soorten waren de gevlochten fuikhoorn en de brakwaterkokkel. Lambeck (1986) gaf aan dat ook de platte oester als nieuwe soort gezien zou kunnen worden. Het bestand was na de strenge winter van 1962/63 bijna geheel verdwenen maar heeft zich na 1971 sterk uitgebreid. Een grote daling deed zich voor bij de krabben en kreeften. Van de oorspronkelijk negen soorten hebben alleen de strandkrab en de heremietkreeft zich weten te handhaven. Ook verdwenen alle zeespinnen en bleef onder de stekelhuidigen slechts de zeester over (Lambeck 1986).

Onder de soorten die zich hadden weten te handhaven vonden forse verschuivingen plaats. Daarnaast kregen deze soorten gezelschap van soorten die lage stroomsnelheden tolereerden. Zo werd de gevlochten fuikhoorn voor het eerst aangetroffen in 1973 en kwam in 1976/77 in het hele meer voor met dichtheden van 160 ind/m² in zones dieper dan 1.5 m (Lambeck 1986). Een andere belangrijke soort was de mossel welke een brede verspreiding aan zoutgehaltes kan tolereren en een enorme voortplantingscapaciteit heeft. Na een terugval in 1971 leek het weer beter te gaan met de mossel en was 1976 voor vele soorten een zeer goed jaar met een ruime verdubbeling van het macrobenthosbestand wat voornamelijk te danken was aan de mossel (Figuur 16, Lambeck 1986). Lambeck geeft als reden voor de enorme toename van het bestand aan dat op de koppen van de platen en in de diepere geulen, zo'n 20% van de open Grevelingen, de stroming en sedimentbewegingen vroeger zo heftig waren dat alleen specialisten zich daar konden vestigen. Na het wegvallen van het getij konden deze gebieden gekoloniseerd worden (Lambeck 1986). Daarnaast suggereert hij dat de afname van grote predatoren zoals vissen en krabben ook voordelig zou zijn geweest, naast het wegvallen van de predatie door steltlopers bij laagwater. Echter, door zo'n enorme toename schoot het systeem door zijn plafond en al snel was er niet genoeg voedsel beschikbaar.

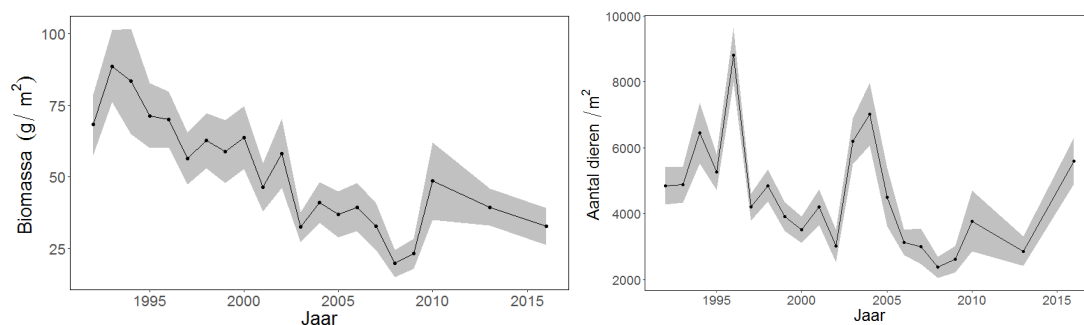
De mosselen in het Grevelingenmeer werden minder groot en vooral minder zwaar. Vooral 1977 was een zwaar jaar voor mosselen. Het duurde tot 1981 voordat de oude mosselen weer konden groeien en zich voorzichtig aan weer konden gaan voorplanten, maar pas in 1983 was sprake van een geslaagde voorplanting (Lambeck 1986).

Periode 1979-2016 na opening van de Brouwerssluis

Even daarna vond nog een systematische verandering plaats, waarbij de in december 1978 geopende Brouwerssluis een belangrijke rol speelde. Het inlaten van zout Noordzeewater leidde in het eerste jaar tot stratificatie waardoor vrijwel alle macrobenthos beneden de 8 m zou zijn doodgegaan (Lambeck 1986). Een volgende ontwikkeling die plaatsvond, was het ophopen van organisch materiaal in de diepere delen van het meer door het wegvallen van het getij. Doordat al dit materiaal werd afgebroken steeg de zuurstofvraag en verslechterde hierdoor de zuurstofomstandigheden nabij de bodem. Daarnaast raakten schelpen en andere harde ondergronden ondergesneeuwd door het organisch materiaal waardoor broedval steeds moeilijker werd (Lambeck 1986). Om deze reden vertoonde de oester in de jaren 1981-1984 een duidelijke verschuiving naar ondieper water. Terwijl dit eerst alleen van belang was voor een relatief beperkt oppervlak in de diepere delen, verschoof de grens snel op naar 7 m diepte, waardoor bijna 1/5 van het meer verarmde. De periode 1981-1984 wordt dan ook gekenmerkt door een lage biomassa (Lambeck 1986).

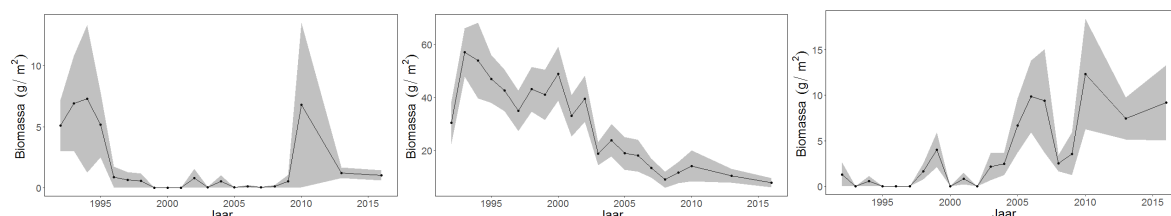
Vanaf 1980 werd de sluis alleen in de wintermaanden gebruikt en bleef het zoutgehalte zo op een stabiel hoog niveau. Met het Noordzeewater zijn allerlei verdwenen soorten in het Grevelingenmeer teruggekeerd (Lambeck 1986). De voedselsituatie heeft zich ook verbeterd in de jaren tachtig met een forse stijging van de hoeveelheid algen. Het dalen van de dichtheid en gewichtshoeveelheid van mosselen bood een kans voor andere soorten om dit gat op te vullen. Zo nam het muiltje in deze periode flink toe en bereikte in 1986 en 1988 dichtheden van enkele honderdeden exemplaren per vierkante meter in het gebied van 2 tot 6 m diepte (Lambeck & Smet 1987). In 1989 is de verdeling van de biomassa over de dieptestrata sterk veranderd waarbij de gemiddelde biomassa in het diepste stratum (>13.5 m) verdrievoudigd is in vergelijking met 1988. Hierdoor is er geen verschil meer in biomassa tussen de verschillende strata. Vooral soorten zoals het muiltje, mossel, oester en zeepokken komen nu met een hoge biomassa voor in het diepste stratum (Fortuin & Altena 1990).

Tussen 1990 en 2000 treden er geen grote veranderingen op en blijven de totale biomassa en aantallen relatief gelijk (Figuur 17) waarbij aantallen werden gedomineerd door wormen, weekdieren en geleedpotigen, en biomassa door filtrerende weekdieren (Schaub et al. 2002, Mulder et al. 2019). Wel was de gemiddelde biomassa vrij hoog (70 g/m²). De biomassa was hoger dan destijds in de Oosterschelde en Westerschelde werd gevonden en iets lager dan in het Veerse Meer.



Figuur 17. De gemiddelde totale biomassa (g/m², links) en dichtheid (#/m², rechts) per jaar in de periode 1992 tot 2016. Het grijze gebied geeft de standaard error weer.

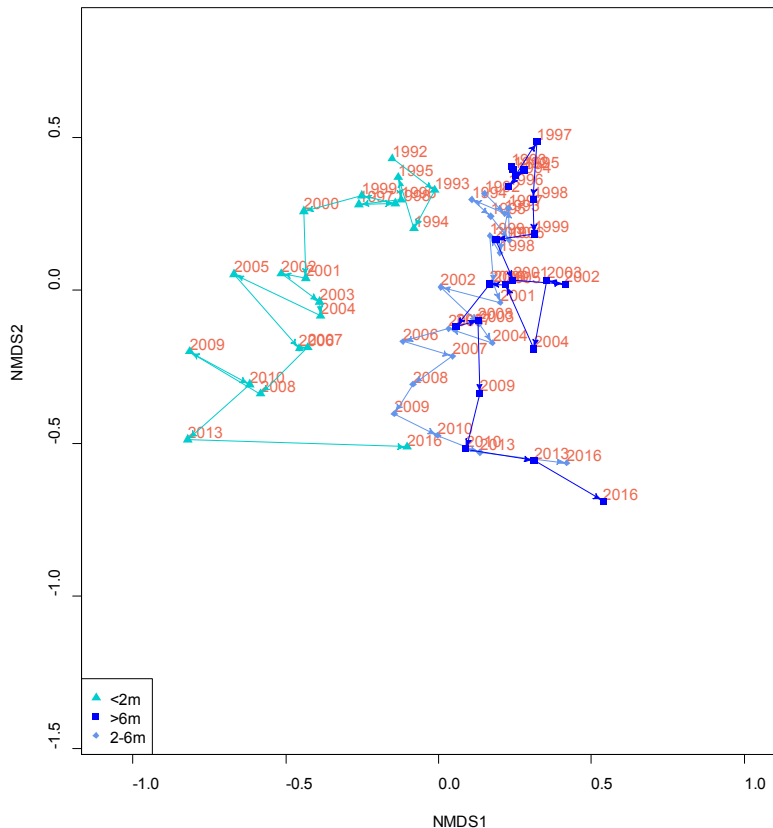
Ondanks dat de biomassa gelijk bleef, vonden grote veranderingen plaats in de soortensamenstelling (Schaub et al. 2002, Mulder et al. 2019). Zo kwamen er nieuwe soorten bij zoals de zeeduizendpoot en de strandgaper maar namen andere soorten af zoals het wadslakje, alikruik en de gevlochten fuikhoorn. Maar ook commerciële soorten zoals kokkels, mossels en oesters gingen achteruit. Een mogelijkheid zou kunnen zijn dat de condities voor broedval ongunstig zijn omdat bij de weekdieren de biomassa per individu lijkt toe te nemen (veroudering van de populatie) (Schaub et al. 2002). Het muiltje blijft echter redelijk stabiel gedurende deze periode.



Figuur 18. Gemiddelde biomassa (g/m²) per jaar van *Mytilus edulis* (mossel, links), *Crepidula fornicata* (muiltje, midden) en *Magallana gigas* (ook wel *Crassostrea gigas*, Japanse oester, rechts). Het grijze gebied geeft de onzekerheid uitgedrukt in standaard error van het gemiddelde weer.

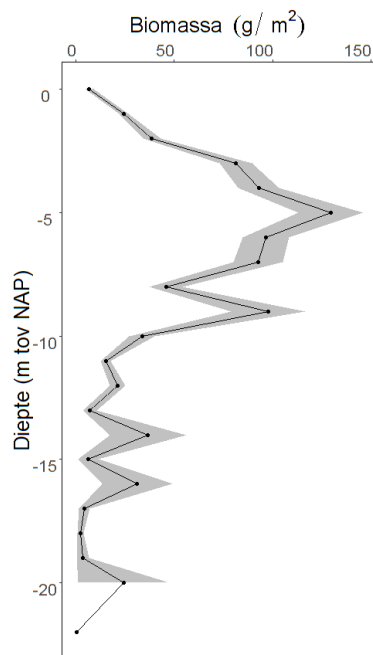
Na 2000 lijkt het aandeel van het muiltje in de totale biomassa echter flink af te nemen van 64% in 1993 naar 29% in 2010 (Figuur 18). De plaats van het muiltje wordt ingenomen door de Japanse oester die vanaf 2000 langzaam in aantallen en biomassa toeneemt (aandeel: 0% in 1993 en 31% in 2010, Figuur 18) (Mulder et al. 2019). Echter, de totale biomassa is sterk afgenomen met 88 g/m² in 1993 naar ongeveer 25 g/m² in 2009 (Figuur 17). Het lijkt er wel op dat de biomassa weer wat toegenomen is in 2010 maar weer afneemt in 2013 en 2016. Gedurende deze periode is de soortensamenstelling van de macrobenthosgemeenschap ook nog steeds aan het veranderen, met een structureel verschil tussen de ondiepe (0-2 m) en diepere delen (>2 m) (Figuur 19) (Mulder et al. 2019). Wanneer de samenstelling van de macrobenthosgemeenschap gelijk is tussen twee jaren dan vallen de punten (jaren) in Figuur 19 op elkaar zoals het geval is in 2006 en 2007 in de diepte strata <2 m. Verschilt de samenstelling echter tussen jaren dan worden de punten in deze analyse verder uit elkaar gezet (bijv. 2008 en 2009). Hoe groter de afstand tussen de punten, hoe groter het verschil is in de samenstelling van de macrobenthosgemeenschappen. De samenstelling is bijvoorbeeld veranderd in 2000 ten opzichte van de periode 1992-1999 waar de punten vrij dicht op elkaar liggen (Figuur 19).

Daarnaast laat Figuur 19 zien dat de samenstelling van de macrobenthos in de ondiepe zone (0-2 m) verschilt van dat van de twee diepere strata waar de samenstelling meer overeenkomt. Dit laat zien dat bijna vijftig jaar na de afsluiting van het Grevelingenmeer, de bodemdiergemeenschap zich nog steeds ontwikkelt in alle strata en de ontwikkeling ook plaatsvindt in dezelfde richting. Het is niet zo dat gemeenschappen zich verschillend ontwikkelen op bepaalde dieptes.



Figuur 19. nMDS plot met weergave van jaar-centroiden binnen elke dieptestratum. Opeenvolgende jaren (tussen 1992 en 2016) zijn verbonden met pijlen, uit Mulder et al. (2019).

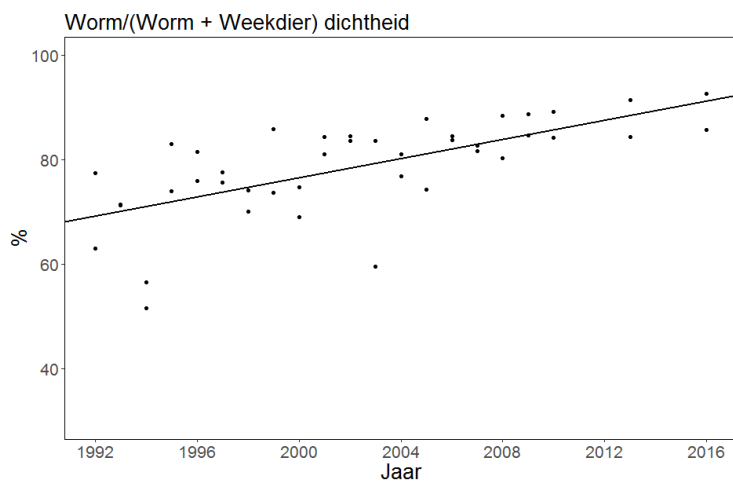
De ruwe data (Figuur 20) en de toegepaste modellen in Mulder et al. (2019) geven aan dat waterdiepte een significant effect heeft op biomassa en dichtheid ($p < 0.001$). In de ondiepe vooroever is de biomassa laag maar neemt significant toe tot een diepte van ongeveer 6 m. Vanaf 6 m onder NAP neemt de biomassa weer significant toe tot ongeveer 15 m waar de betrouwbaarheid van de gegevens afneemt door het geringe aantal monsters dat genomen is op deze diepte. De relatie tussen waterdiepte en biomassa (of dichtheid) blijft hetzelfde voor alle dominante taxonomische groepen zoals Mollusca, Annelida en Arthropoda (Mulder et al. 2019).



Figuur 20. De verhouding van de gemiddelde biomassa (g/m²) over de diepte (m t.o.v. NAP) in de periode 1992 tot 2016.

De studieperiode is ook opgedeeld in twee (voor- en na 1999) en vier perioden (5-6 jaar intervallen) waarna gekeken is of deze relatie veranderde of verschoof over de tijd. De analyses zijn niet opgenomen in het rapport door Mulder et al. (2019) maar de resultaten laten zien dat de optimale biomassa blijft liggen tussen de 4-6 m onder NAP met een significante daling naar diepere en ondiepere delen zoals ook waarneembaar in Figuur 20.

Verhouding wormen/schelpdieren - Schaub et al. (2002) suggereren dat het Grevelingenmeer minder gunstig is geworden voor soorten die voedsel uit het water filteren. Door de afsluiting van het gebied zakt zwevend materiaal eerder naar de bodem waarvan bodemetende organismen kunnen profiteren (Schaub et al. 2002). Vanaf 1990 blijkt de verhouding van de wormen ten opzichte van de weekdieren toe te nemen waardoor er sprake zou zijn van een zogenaamde 'verworming' van het systeem (Schaub et al. 2002). Het voortzetten van die trend werd gesignaleerd door Wetsteijn (2011) tot 2008 en bevestigd door de huidige aanvulling van de MWTL-monitoringsreeks tot 2016. Door dezelfde berekening uit te voeren als in voorgaande rapporten blijkt dat de verhouding van de wormen ten opzichte van de weekdieren nog steeds significant toeneemt ($y=0.922x - 1767$, $p<0.001$, $R^2=0.44$, Figuur 21). Uitgedrukt in biomassa wordt voor deze periode geen significante trend gevonden ($y=0.231x - 453$, $p=0.09$, $R^2=0.05$).



Figuur 21. 'Verworming' in het Grevelingenmeer in de periode 1992-2016 uitgedrukt in de ratio worm/(worm+weekdier) dichtheid voor de periode 1992-2016 met gegevens in het oostelijk en westelijk deel samengenomen.

Echter, de term 'verworming' is onjuist. Verhoudingsgewijs neemt het relatieve aandeel wormen wel toe, maar dat komt omdat het relatieve aandeel schelpdieren afneemt. De afname van schelpdieren is zelfs te herleiden tot de afname van één soort: het muiltje (Mulder et al. 2019).

1.4.2 Vissen

Methode

De ontwikkelingen van de visfauna in het Grevelingenmeer zijn deels bepaald aan de hand van bemonsteringen die door Wageningen Marine Research (o.a. in opdracht van RWS) zijn uitgevoerd en deels gebaseerd op de literatuur. Over de jaren heen is de visfauna voornamelijk bemonsterd met een boomkor en in mindere mate met een pelagisch net (e.g. atoom- en wonderkuil) en fuiken. Om een beeld te krijgen van de ontwikkelingen van de visfauna in het Grevelingenmeer voor en na de afsluiting (tot heden) is er voor gekozen om voornamelijk data te gebruiken afkomstig van de boomkorbemonsteringen zodat vergelijkingen kunnen worden gemaakt tussen jaren. Echter, vangsten met een boomkor geven voornamelijk inzicht op soorten die nabij de bodem zwemmen, hoewel ook pelagische soorten in de vangsten voorkomen. De boomkor geeft daarom niet een compleet beeld van de visfauna in het Grevelingenmeer. Daarom zijn zo goed als mogelijk ook gegevens meegenomen die verzameld zijn d.m.v. andere methodes. Door het verschil in vangst methoden (actief vs. passief) kunnen de resultaten van deze bemonsteringen niet een op een vergeleken worden. Een overzicht van de gebruikte databronnen wordt weergegeven in Tabel 5. De gebruikte bemonsteringsmethodes worden hieronder verder besproken binnen verschillende tijdsperioden.

Tabel 5. Overzicht van databronnen gebruikt voor bepalen ontwikkelingen visbestand Grevelingen

Jaar	Maand	Instituut	Aantal trekken	Publicaties
1960-1980	Verspreid over jaar	DIHO	31-341 trekken/jaar 3 m boomkor, 1 cm maaswijdte	Vaas 1978 Doornbos et al. 1986
1970	Sept	RIVO (DFS)	8 trekken. 3 m boomkor, 2 cm maaswijdte	
1976		DIHO	3 vistochten met pelagisch net (2-3 m onder opp.)	Vaas 1978
1980-1989		BUWA	Fuiken, duiken, bijwonen vistochten	Meijer en Waardenburg 1990
1982	Aug	Rijkswaterstaat	48 trekken (>2 m). 3 m boomkor, 6x6 mm maaswijdte	Vos en Twisk 1990
1988	Aug	Rijkswaterstaat	48 trekken (>2 m). 3 m boomkor, 6x6 mm maaswijdte	Vos en Twisk 1990
1994	Aug	BUWA, i.o.v. Rijkswaterstaat	48 trekken (>2 m, 3 m boomkor) & 32 trekken (0-2 m, 2 m boomkor). Maaswijdte 6x6 mm. 80 trekken pelagisch net	Meijer 1995
1994-2002		Stichting Anemoon – MOO project	Waarnemingen sportduikers	Gmelig Meyling et al. 2002
2008	Maart	RAVON (FGRA) i.o.v. WMR/Rijkswaterstaat	21 trekken. 3 m boomkor, 10-15 mm maaswijdte	Van Kessel et al. 2008
2011	April	RAVON (FGRA) i.o.v. WMR/Rijkswaterstaat	28 trekken. 3 m boomkor, 10-15 mm maaswijdte	Van Kessel et al. 2011
2013	April	RAVON (FGRA) i.o.v. WMR/Rijkswaterstaat	28 trekken. 3 m boomkor, 10-15 mm maaswijdte	Van Kessel et al. 2014
2016	Najaar	ATKB	25 trekken. 2.6 m boomkor	Hop 2016
2017	Februari	ATKB (FGRA) i.o.v. WMR/Rijkswaterstaat	28 trekken. 3 m boomkor.	
2017	Voorjaar en najaar	ATKB i.o.v. Rijkswaterstaat	53 trekken (>2 m, 3 m boomkoor, 9 mm maaswijdte) & 52 trekken (0-2 m, 2 m boomkor, 14 mm maaswijdte), 65 trekken pelagische netten.	Hop 2017

Periode 1960-1978 voor de afsluiting en daarna

Van 1960 tot 1976 is er door het DIHO (nu NIOZ) in het Grevelingenmeer gevist met een boomkor van 3 m mondopening en 1 cm maaswijdte om te onderzoeken wat de gevolgen waren van de Deltawerken op de flora en fauna in de Zeeuwse en Zuid-Hollandse getijdengebieden (Vaas 1978). Tussen 1960 en 1963 hebben 92 trekken plaatsgevonden verdeeld over 7 vistochten. Een vergelijkbaar aantal trekken heeft plaatsgevonden tussen 1966 en 1969 met 102 trekken verdeeld over 10 vistochten (Vaas 1978, Bijlage 3). Ook na de afsluiting is er jaarlijks bemonsterd met gemiddeld 63 tot 142 trekken per jaar (Bijlage 4). In 1976 is er gedurende drie vistochten ook gevist met een groot pelagisch net (op diepten van 2-3 m) op plekken waar de totale diepte meer dan 6 m bedraagt (Vaas 1978). Daarnaast zijn er door het RIVO (Rijksinstituut voor Visserijonderzoek) acht trekken uitgevoerd in najaar 1970 met een boomkor van 3 m mondopening als onderdeel van de Nederlandse Demersal Fish Survey (DFS).

Periode 1979-1998 na de opening van de Brouwerssluis

Van 1979 tot 1980 is intensief visonderzoek verricht (Bijlage 5) in het kader van het ZOWEC (ZOut Water ECologie)-project III (Doornbos 1987). Het DIHO is in oktober 1979 gestart met frequente bemonsteringen gebruik makend van een 3 m boomkor (6 x 6 mm maaswijdte in de staart) in gebieden dieper dan 2 m, en met een 1.9 m boomkor in de ondiepere delen. In augustus 1982 is een bestandsopname uitgevoerd d.m.v. een 3 m boomkor (6 x 6 mm maaswijdte in de staart) waarbij 48 random verdeelde locaties in het Grevelingenmeer zijn bemonsterd (De Vos & Twisk 1990). De bestandsopname werd in 1988 herhaald d.m.v. dezelfde methode en de bemonsteringen van dezelfde gebieden (De Vos & Twisk 1990). De boomkor vangt voornamelijk vissen die nabij een zandige bodem leven. Om meer inzicht te krijgen in de volledige samenstelling van de visfauna is tussen 1980-1989 ook een monitoring-onderzoek uitgevoerd via registratie van door beroepsvissers gebruikte fuiken die zowel bentische als pelagische vissen vangen, en door waarnemingen van duikers (Meijer & Waardenburg 1990, Engelsma et al. 1994). In 1994 heeft weer een bestandsopname plaatsgevonden die bestond uit een herhaling van de in 1982 en 1988 uitgevoerde bestandsopname van bodemvissen met boomkorren (Meijer 1995). Daarnaast zijn ook bemonsteringen van pelagische vissen uitgevoerd d.m.v. een boomkuil. Er zijn drie verschillende boomkuilen (3 m, 6 m zonder en met kneppels) gebruikt afhankelijk van de bemonsterde diepte. Beide bemonsteringen zijn uitgevoerd op 80 locaties (Meijer 1995).

Periode 1999-2005 na de jaarrond openstelling van de Brouwerssluis

In de periode 1999-2005 hebben geen kwantitatieve bemonsteringen plaatsgevonden. Wel zijn er in het kader van het MOO (Monitoring Onderwater Oevers) project waarnemingen gedaan door sportduikers tussen 1994 en 2002 (Gmelig Meyling & Bruyne 2003). Daarnaast zijn er door Van der Linden (2006) interviews uitgevoerd met de schipper en eigenaar van sportvis- en sportduikcharterboot de MS Theo betreft de effecten van het jaarrond openstellen van de Brouwerssluis in 1999 op de samenstelling van vispopulaties in het Grevelingenmeer.

Periode 2006-2016 na het opheffen van de 30 dagen regeling van de Brouwerssluis

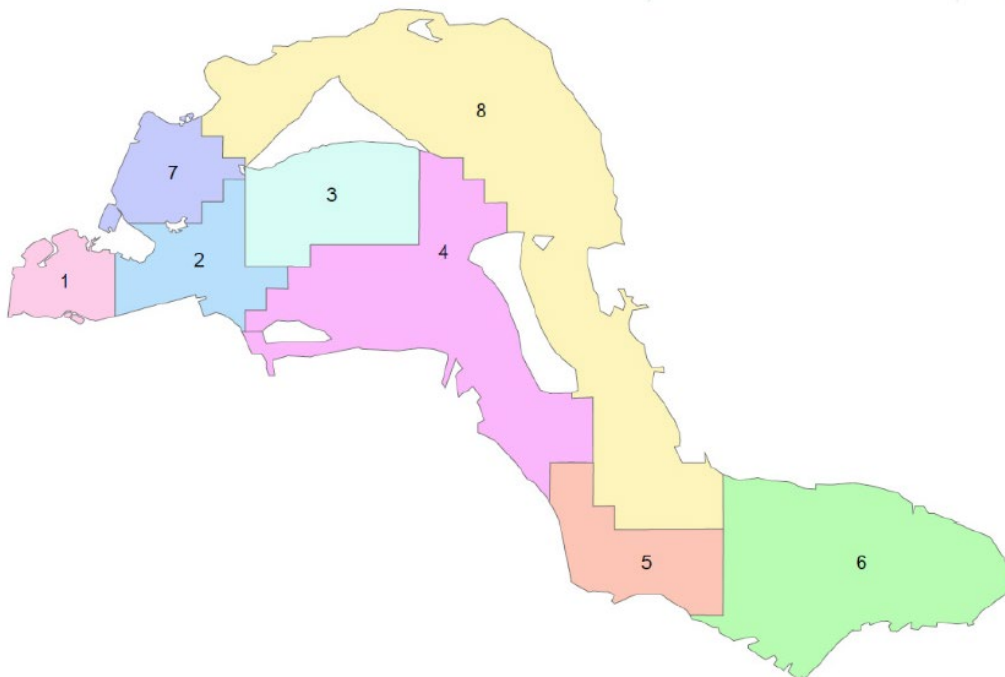
Eén van de onderdelen van de biologische monitoring in de zoete Rijkswateren bestaat uit het programma Actieve Monitoring Zoete Rijkswateren waarbij bestandsopnames worden gemaakt d.m.v. kor- en electrovisserij op vaste trajecten in de grote Rijkswateren waaronder het Grevelingenmeer sinds het monitoringsjaar 2007-2008. De bemonsteringen zijn uitgevoerd door Natuurbalans – Limes Divergens en Stichting RAVON in 2008, 2011, 2013 (Van Kessel et al. 2008, 2011, 2014) en door ATKB in 2017. Tussen februari en maart zijn in 2008, 2011, 2013 en 2017 respectievelijk 23, 28, 28 en 28 trekken uitgevoerd met een 3 m brede boomkor (kleinste maaswijdte = 10-15 mm gestrekt) over een afstand van circa 1000 m.

Daarnaast heeft ATKB in 2017 zowel in het voor- als najaar een extra bemonstering uitgevoerd waarbij in ondiepe delen (0-2 m) gevist is met een 2 m boomkor (kleinste maaswijdte = 9 mm in zak) over een lengte van 500 m (52 trekken), en in diepere delen met een 3 m boomkor met een maaswijdte van 14 mm in de zak (53 trekken) (Hop 2017). Bij het bemonsteren van vissoorten in de waterkolom is een atoomkuil (5 x 5 m, maaswijdte 10 mm in de zak) toegepast in diepe delen (>5 m) en een kleine wonderkuil (3 x 0.8 m, maaswijdte 12 mm in de zak) in de ondiepe delen (<5 m), beide over een afstand van 1000 m. Voor zowel de boomkor, atoomkuil en wonderkuil worden vangstrendementen toegepast (Hop 2017). Daarnaast is er door ATKB in november 2016 een visstand onderzoek uitgevoerd in opdracht van recreatieschap Zuidwestelijke Delta om zowel de bodem gebonden- als pelagische vis goed in beeld te brengen (Hop 2016). Verspreid over het Grevelingenmeer zijn 25 trekken (500 m) met een 2.6 m boomkor genomen en 10 trekken (1000 m) met een atoomkuil welke zich bevond in de bovenste, dan wel onderste laag (Hop 2016). De maaswijdte van deze twee tuigen is onbekend.

Overige analyses

Naast een jaarlijks gemiddelde is ook gekeken hoe soorten, aantallen en biomassa zich verdelen over het Grevelingenmeer, gebruik makend van de data uit 1970, 2008, 2011, 2013 en 2017, verzameld door RIVO/Wageningen Marine Research (Tabel 5)

Om deze horizontale gradiënt in kaart te brengen is het Grevelingenmeer opgedeeld in acht gebieden op basis van de vakindeling van Wetsteijn (2011), welke is gebruikt voor onderzoek naar stratificatie en zuurstof deficiëntie. Deze vakindeling is later ook gebruikt door Hop (2016, 2017) om de verspreiding van diverse vissoorten weer te geven (Figuur 22).



Figuur 22. Vakindeling Grevelingenmeer (Wetsteijn 2011, Hop 2017)

De vissoorten zijn verder onderverdeeld in een aantal groepen die corresponderen met relevante kenmerken van een deel van het specifieke watersysteem (e.g. chloridegehalte, isolatie/verbinding). Deze groepen, ecologische gilden, kunnen een indicatie geven over de

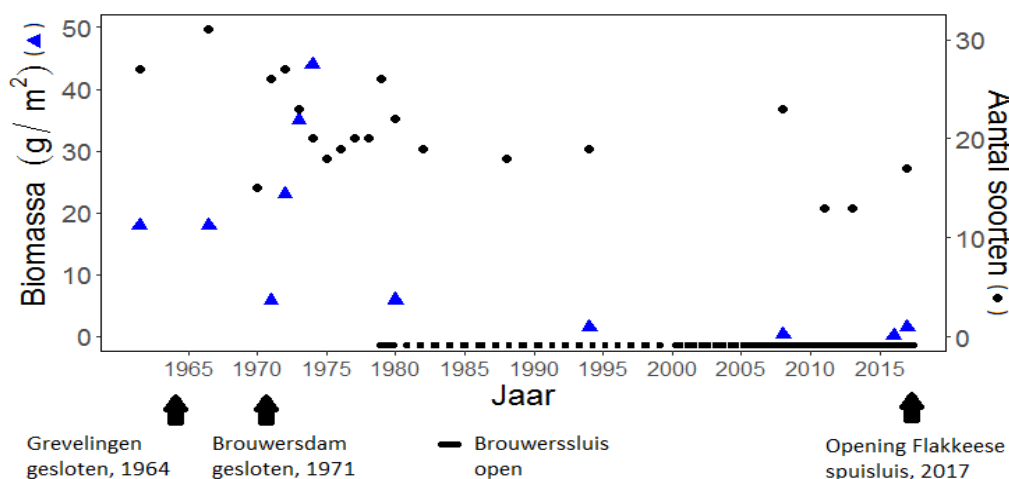
verandering in een systeem. Vissoorten zijn ingedeeld in ecologische gildes volgens de indeling van Elliott & Hemingway (2002) voor estuaria, deze indeling wordt ook gebruikt voor de KRW:

- Diadrome soorten (CA): soorten die migreren tussen zee en rivier en het estuarium als trekroute gebruiken en soms ook (tijdelijk) als opgroeigebied;
- Estuarien residente soorten (ER): soorten die hun totale levenscyclus in het estuarium kunnen doorlopen;
- Mariene juvenielen (MJ): mariene soorten waarvan de jonge exemplaren kunnen opgroeien in een estuarium;
- Mariene seizoensgasten (MS): mariene soorten die in een vast seizoen een estuarium kunnen bezoeken;
- Mariene gast (MA): zeesoort zonder speciale behoefte aan een estuarium, bezoekt onregelmatig;
- Zoetwatersoorten (FW): soorten die hun levenscyclus voornamelijk in zoetwater kunnen doorlopen maar, afhankelijk van de zouttolerantie van elke soort, soms ook in brakwater gevonden worden.

Daarnaast zijn de vissoorten ook onderverdeeld in groepen volgens hun voorkeur voor voedselinname, ofwel voedselgildes. Elke voedselgilde vertegenwoordigt dus een deel van de vis gemeenschap met een bepaalde voedsel keuze. Deze voedselgildes kunnen gebruikt worden om de structuur en het functioneren van estuariene vispopulaties te bepalen. Vissoorten zijn ingedeeld in de volgende groepen: Benthivoren, benthopiscivoren, piscivoren en planktivoren.

Resultaten ontwikkeling van vis

Aan de hand van literatuuronderzoek en data verzameld door RIVO/Wageningen Marine Research wordt een overzicht gegeven van de ontwikkelingen van biomassa (g/m^2) en het bemonsterde aantal soorten in de jaren dat een bestandsopname heeft plaatsgevonden (Figuur 23). Wel moet opgemerkt worden dat het aantal trekken, trekduur, bemonsteringslocaties en bemonsteringsmethodes verschillen tussen jaren (Tabel 5) waardoor biomassa en het aantal gevangen soorten niet altijd direct tussen jaren vergeleken kan worden. Wel kan gezegd worden dat biomassa hoger was voor de afsluiting van het Grevelingenmeer dan erna en lijkt de soortenrijkdom ook wat te zijn afgenomen na de sluiting. Dit wordt hieronder verder besproken.

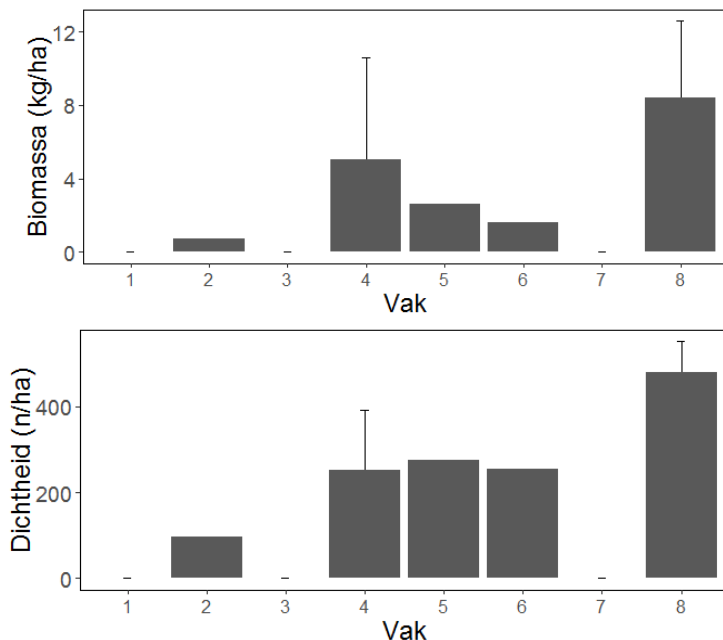


Figuur 23. Totale biomassa (g/m², linker y-as) en aantal soorten gevangen per jaar (rechter y-as) gebaseerd op boomkorbemonsteringen in het Grevelingenmeer tussen 1960 en 2017.

Periode 1960-1970 voor de afsluiting (boomkorbemonstering)

Tussen 1960 en 1963 bestond de bodemvisfauna voornamelijk uit mariene soorten (Bijlage 6); zeesoorten die het gebied onregelmatig bezoeken, bijvoorbeeld als opgroeigebied voor juveniele soorten of als foerageergebied voor volwassen vissen, maar geen speciale behoefte hebben aan een estuarium (Hartgers et al. 2001). Zo gebruikte o.a. de jonge schol (*Pleuronectes platessa*) en tong (*Solea solea*) de Grevelingen als opgroei habitat en trokken soorten zoals spiering (*Osmerus eperlanus*) en fint (*Alosa fallax*) in het voorjaar stroomopwaarts om in het zoete rivierwater te paaien (Vaas 1978). Een andere migrerende soort die gebruik maakte van het gebied was de paling (*Anguilla anguilla*). Jonge paling (glasaal) trok in het voorjaar het zoete water op om daar op te groeien. Na 5 tot 20 jaar keert de paling in het najaar terug naar zee om zich in de Sargassozee voort te planten (schieraal) (Hartgers et al. 2001 en referenties daarin). Andere soorten die gebruik maakten van de Grevelingen als estuarium zijn de driedoornige stekelbaars (*Gasterosteus aculeatus*), brakwatergrondel (*Pomatoschistus microps*), puitaal (*Zoarces viviparus*) en de zeedonderpad (*Myxocephalus scorpius*) welke zich zowel in kustwateren als estuaria met hoge zoutgehalten kunnen voortplanten (Vaas 1978). Gedurende deze periode vertegenwoordigde de tong het grootste aandeel (56.5 kg) in de totale biomassa (120 kg) gevolgd door schol (26.5 kg) en de zeedonderpad (7 kg). Het aantal soorten tussen 1960 en 1963 bedroeg 27 (Vaas 1978).

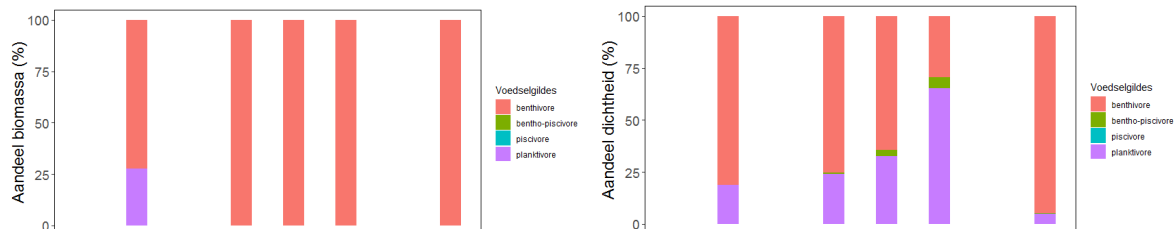
De aanleg van de Grevelingendam (1958-1965) zorgde ervoor dat de Grevelingen afgesloten werd van de aanvoer van rivierwater en vormde een barrière voor mariene soorten zoals paling, spiering en fint om verder stroomopwaarts te trekken naar paai- en opgroeigebieden. Desondanks bleef de soortensamenstelling van de bodemvisfauna vrijwel gelijk met 31 soorten in de periode na de bouw van de Grevelingendam (1966-1969) (Bijlage 7). Wel bleek dat tong in deze periode niet meer de voornaamste bodemvis was en vervangen werd door schol en schar (*Limanda limanda*).



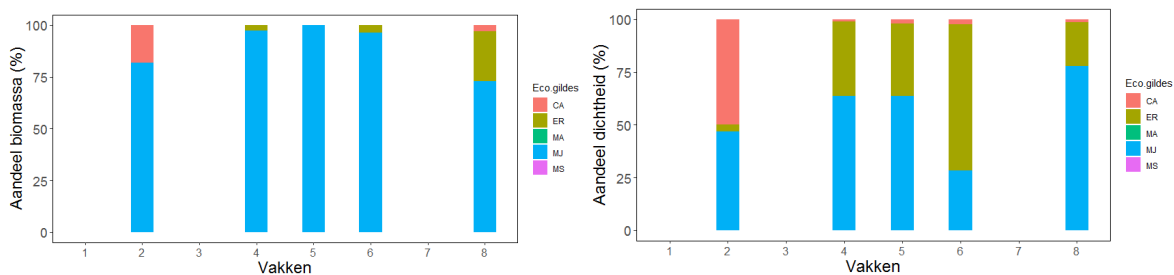
Figuur 24. Biomassa (kg/ha) en aantallen (n/ha) vissoorten in verschillende vakken in de Grevelingen in het najaar 1970, gebaseerd op N=8 trekken. In vakken 1, 3 en 7 zijn geen trekken genomen. De errorbars geven de standaard deviatie weer omdat in sommige vakken meerdere trekken zijn genomen. Voor een indeling van de vakken zie Figuur 22.

De ruimtelijke verdeling van biomassa en aantallen vis in het najaar van 1970 is weergegeven in Figuur 24. De genomen trekken (N=8) vielen binnen vijf vakken. De grootste dichtheden komen voor in vak 8 en worden voornamelijk veroorzaakt door het aantal gevangen schollen (N=169/ha), scharren (N=153-157/ha) en tongen (N=127/ha) per trek. De trekken binnen vak 8 zijn genomen ten noordoosten en noordwesten van het eiland Hompelvoet, het westelijk deel van de Grevelingen. De hoge dichtheid in vak 4 wordt voornamelijk veroorzaakt door grondels (N=133/ha, *Pomatoschistus* sp.), scharren (N=109/ha) en tongen (N=128/ha). Schollen (9.9 kg/h) zorgen voor een hogere biomassa in vak 4. Het aantal verschillende soorten dat nabij de bodem is aangetroffen is het hoogste in vak 8 (N=9) en het laagst in vakken 2 en 4 (N=6).

Ecologische gildes - Om inzicht te krijgen in hoe groepen van vissen veranderen met specifieke kenmerken van het watersysteem (bv. connectiviteit) is ook gekeken naar ecologische gildes. Dit is alleen gedaan voor het jaar 1970 waarvoor data beschikbaar waren. Het grootste aantal soorten behoort tot het gilde van de mariene juvenielen, welke ook de biomassa domineert. Dit zijn de soorten schar, schol, tong, koornaarvissen (*Atherina* sp.), haring (*Clupea harengus*), zeebaars (*Dicentrarchus labrax*), smelt (*Hyperoplus marinus*), wijting (*Merlangius merlangus*) en steenbol (*Trisopterus luscus*). De verspreiding is relatief gelijk over de bemonsterde vakken. De estuarien residente soorten spelen ook een belangrijke rol in de dichtheid maar niet zo zeer in de biomassa. Aangetroffen soorten zijn bot (*Platichthys flesus*), harnasmannetje (*Agonus cataphractus*), zeenaalden (*Syngnathus* sp.) en grondels. Alleen in vak 2 zijn diadrome soorten aangetroffen zoals paling en spiering. Mogelijk omdat de constructie van de Brouwersdam (1962-1971) al bijna klaar was en er al een fysieke barrière aanwezig was waardoor diadrome soorten niet naar zee konden trekken.



Figuur 26. Aandeel van biomassa (% , links) en dichtheid (% , rechts) voor elke ecologische gilde (CA=diadrome soorten, ER=estuariën residentie soorten, MA=Mariene gast, MJ=Mariene juvenielen, MS=Mariene seizoensgasten) in verschillende vakken in de Grevelingen in het najaar 1970. Voor een indeling van de vakken zie Figuur 22.



Figuur 25. Aandeel van biomassa (% , links) en dichtheid (% , rechts) voor elke ecologische gilde (CA=diadrome soorten, ER=estuariën residentie soorten, MA=Mariene gast, MJ=Mariene juvenielen, MS=Mariene seizoensgasten) in verschillende vakken in de Grevelingen in het najaar 1970. Voor een indeling van de vakken zie Figuur 22.

Voedselgildes - Ook is voor het jaar 1970 gekeken naar een indeling in voedselgildes. Het grootste aantal soorten behoort tot de benthivoren met soorten zoals schol, schar, tong, bot, slakdorp (*Liparis liparis*), steenbolk, botervis (*Pholis gunnellus*) en harnasmannetje. De soorten slakdorp, spiering, en puitaal werden alleen in het westelijke deel van de Grevelingen aangetroffen. Wat biomassa betreft, waren ook soorten die behoren tot de planktivoren belangrijk met haring en grondel in het westelijk deel (vak 2 & 8) en zeenaalden in het oostelijk deel (vak 4-6). De soorten behorende tot de benthopiscivoren, zoals paling en zeedonderpad, leverden maar een kleine bijdrage aan de biomassa in vakken 4 tot 6.

Periode 1971-1978 na de afsluiting (boomkorbemonstering)

Het afsluiten van de Grevelingen door de aanleg van de Brouwersdam in de zomer van 1971 had zowel directe als indirecte gevolgen voor vis. Nabij de Brouwersdam stierven grote hoeveelheden harders en gepen in december 1971 en januari 1972 toen het water te koud werd (Waardenburg 1998). Kennelijk konden deze soorten geen manier vinden om te ontsnappen naar de Noordzee. Na de afsluiting daalde het aantal soorten sterk van 32 tussen 1960 en 1969 (Vaas 1978) naar 26 in 1971. Aangezien het aantal soorten sterk werd beïnvloed door de trefkans van zeldzame en weinig frequente soorten heeft Vaas (1978) ook de aantallen vergeleken over langere perioden van 4 jaar. Op deze manier is te zien dat in de eerste jaren na de afsluiting het aantal soorten relatief gelijk bleef en dat het aantal soorten pas in latere jaren afnam (vanaf ~1974, Bijlage 7).

Vaas (1978) heeft de soortensamenstelling nader geanalyseerd en verdeelde de soorten in de volgende groepen:

- A) Soorten die onmiddellijk na de afsluiting verdwenen en later ook niet meer gevangen werden zoals de dwergtong (*Buglossidium luteum*), pitvissen (*Callionymus* sp.), zandspiering (*Ammodytes tobianus*), rode poon (*Chelidonichthys lucerna*), adderzeenaald

(*Entelurus aequoreus*), geep (*Belone belone*) en fint. Dit zijn voornamelijk soorten die al met een lage frequentie en in geringe aantallen gevangen werden.

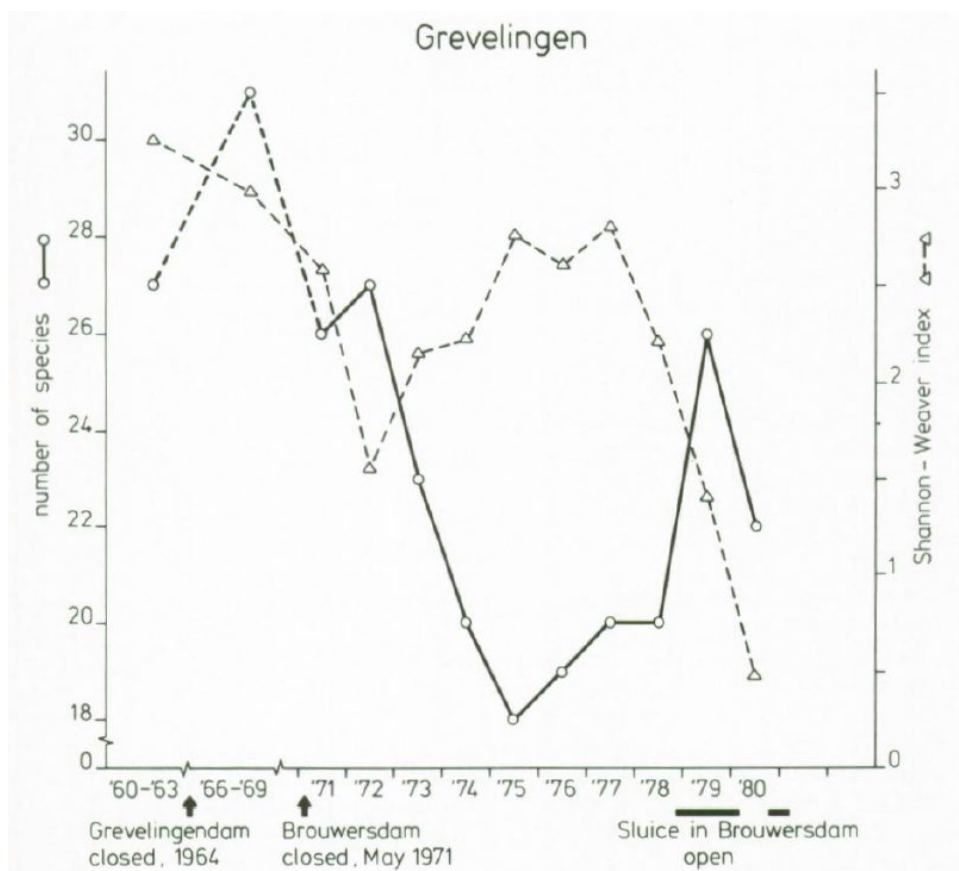
- B) Soorten die tijdens de periode van de afsluiting verdwenen zoals tong, tongschar (*Microstomus kitt*), spiering, harnasmannetje, zeenaald, kabeljauw (*Gadus morhua*), vijfdradige meun (*Ciliata mustela*) en de horsmakreel (*Trachurus trachurus*). Het gaat hier om vissen die vanuit zee het Grevelingenmeer inzwemmen maar zich niet in de afgesloten Grevelingen kunnen voortplanten. Deze soorten hebben zich iets langer weten te handhaven en speelden voor de afsluiting een belangrijke rol in de totale biomassa (voornamelijk tong en spiering).
- C) Soorten die voor de afsluiting ontbraken, na de afsluiting gevangen werden, maar in 1976 ontbraken. Het zijn soorten die incidenteel in de vangsten voorkomen na de afsluiting zoals de glasgrondel (*Aphia minuta*), Europese zeebaars en vorskwab (*Raniceps raninus*).
- D) Soorten die voor de afsluiting ontbraken en in de periode daarna gevangen werden (sowieso tot 1976) zoals tarbot (*Scophthalmus maximus*), griet (*Scophthalmus rhombus*), ansjovis (*Engraulis encrasicolus*) en de zwarte grondel (*Gobius niger*). Het is waarschijnlijk dat de eerste drie soorten niet geheel afwezig waren voor de sluiting maar nadat ze eenmaal binnen waren gedrongen in het afgesloten meer ze zich op hun gemak voelden. De zwarte grondel is wel een nieuwe soort in het Grevelingenmeer. Deze soort werd ook aangetroffen in het Veerse Meer (Vaas 1970), drie jaar na het ontstaan, en heeft zich in 1966 ontwikkeld tot een grote populatie (Vaas 1978). Hetzelfde gebeurt in het Grevelingenmeer.

Als de 12 meest dominante soorten voor de afsluiting worden vergeleken met de 12 meest dominante na de afsluiting zijn 8 soorten hetzelfde gebleven: schol, schar, bot, dikkopje (*Pomatoschistus minutus*), paling, sprot (*Sprattus sprattus*), haring en puitaal, alhoewel binnen deze groep sterke verschuivingen hebben plaatsgevonden (Vaas 1978). Tong, spiering, zeedonderpad en wijting zijn na de afsluiting vervangen door de brakwatergrondel, zwarte grondel, koornaarvissen en driedoornige stekelbaars. Sprot nam ook sterk toe. Waarschijnlijk omdat een grote populatie sprot zich in het Grevelingenmeer bevond wanneer deze werd afgesloten en zich daarna in het meer heeft voortgeplant. Echter, de sprot en koornaarvissen namen ook weer vrij snel af, mogelijk door de verzoeting van het Grevelingenmeer wat gevolgen had voor de reproductie (Doornbos 1982). Het vermogen tot voortplanting is bepalend geweest voor de ontwikkeling van de visfauna in het Grevelingenmeer. De soorten die zich niet in het afgesloten meer kunnen voortplanten, zijn vrijwel verdwenen. De grondel en stekelbaars planten zich wel in het meer voort. Het aantal soorten in het Grevelingenmeer bleef echter dalen tot 1975 en steeg in 1976 met één soort (zwarte grondel). De afsluiting van de Grevelingen zorgde zowel voor een daling in diversiteit als voor een verandering in de samenstelling van de visfauna van voornamelijk grote naar kleinere soorten (Doornbos 1982).

De biomassa nam voor de meeste soorten ook sterk af na de afsluiting behalve voor schol welke gelijk bleef. In de jaren 1972 en 1973 steeg de biomassa van de schol sterk doordat de jonge dieren sterk groeiden en zich van de ondiepe naar de diepere delen verplaatsten. In 1974 ging de biomassa van schol weer achteruit omdat de scholpopulatie zich niet voorplant in de afgesloten Grevelingen. De totale biomassa bleef echter gelijk omdat andere vissoorten zich hersteld hadden zoals bot en paling, en in mindere mate grondel en puitaal. Dit had tot gevolg dat de totale biomassa alsnog steeg (Vaas 1978).

1979-1998 na de opening van de Brouwerssluis (boomkorbemonstering, fuikenbemonstering en monitoring door duikers)

Met het jaarrond openzetten van de spuisluis steeg het zoutgehalte en nam het aantal waargenomen soorten toe van 20 in 1977 en 1978 tot 26 in 1979 (Figuur 27) (gebaseerd op boomkor bemonsteringen). Echter in 1980 daalde het aantal gevangen soorten weer naar 22 toen alleen water vanuit de Noordzee werd ingelaten in de winter periode. De 'nieuwe' soorten in 1979 zijn voornamelijk zomergasten zoals geep, horsmakreel en diklipharder (*Chelon labrosus*), en werden in 1980 niet meer in de boomkorvangsten aangetroffen (Doornbos 1982). Proeffuiken vingen een week na het inlaten van Noordzeewater ook nog andere soorten zoals de fint, makreel (*Scomber scombrus*), zeebaars, zeeforel (*Salmo trutta*) en zeeprik (*Petromyzon marinus*) (Philippart & Meijer 1982). Daarnaast gaven waarnemingen van rijpe sprot vrouwtjes en larven aan dat de soort zich weer voortplanten in het meer (Doornbos 1982). Soorten zoals de zwarte grondel, brakwatergrondel en het dikkopje namen toe tussen 1978 en 1980 (Doornbos 1982). Ook de scholpopulatie kreeg een boost. De schollen die nog aanwezig waren in het meer (beperkt tot een aantal volwassen exemplaren) konden het meer verlaten in de winter om naar hun paaiplaatsen te migreren in de Noordzee en larven konden het meer binnenkomen in het voorjaar (Doornbos 1982). Het succes van de intrek van de schollarven was echter wel afhankelijk van het sluisbeheer. Vanaf 1980 was de spuisluis alleen open van half oktober tot maart. Dit beheer had tot gevolg dat volwassen schollen in de winter naar de Noordzee konden trekken (Steinmetz & Slothouwer 1979, Doornbos 1981) maar dat de pelagische larven vaak niet het Grevelingenmeer in konden komen omdat deze pas in maart-april bij het estuarium aankwamen (Rijnsdorp et al. 1985, Van der Veer 1985), dan was de sluis al gesloten. Dit gold tevens ook voor botlarven welke pas in april aankwamen (Van der Veer 1985). In 1985 bleef de sluis echter wel lang genoeg open, tot 22 maart, waardoor een grote hoeveelheid schollarven zich heeft kunnen vestigen in het meer en (voorlopig) heeft kunnen voorkomen dat de scholpopulatie verder afnam (Doornbos 1987). Uit de bovenstaande gegevens blijkt dat het spuibeheer een sterke invloed heeft gehad op het aantal soorten dat voorkwam in het Grevelingenmeer.



Figuur 27. Aantal vissoorten gevangen met de 3 m boomkor in de diepere delen (>5 m) van het Grevelingenmeer en de Shannon-Weaver diversiteitsindex (uit Doornbos 1987).

In de periode 1980-1989 is zowel fuikenmonitoring (jaarlijks) als boomkormonitoring (alleen in de jaren 1982, 1988 en 1994) uitgevoerd om het visbestand in kaart te brengen.

Met fuiken worden meer vissoorten aangetroffen met een wat andere soortensamenstelling dan wanneer er bemonsterd wordt met een boomkor. Tabel 6 geeft aan welke soorten zijn gevangen en in welke frequentie. Tijdens de fuikenmonitoring zijn over de hele periode totaal 58 vissoorten aangetroffen (met 44-51 soorten per jaar). Opgemerkt dient te worden dat harders als één soort zijn geregistreerd en dat er geen onderscheid gemaakt is tussen zalm (*Salmo salar*) en zeeforel (Meijer & Waardenburg 1990).

Tabel 6. Gevangen vissoorten d.m.v. fuiken in het Grevelingenmeer tussen 1980-1989, ingedeeld in presentie-categorieën (Meijer & Waardenburg 1990). De vrij zeldzame soorten kunnen mogelijk ondervertegenwoordigd zijn door een grotere ontsnappingskans uit een fuik.

Presentie-categorieën	Omschrijving	Vissoorten
Zeer algemeen	In 50-100% van alle vangsten aanwezig	Paling, bot, schol, puitaal, haring, zeedonderpad, griet
Algemeen	In 25-50% van alle vangsten aanwezig	Schar, geep, tong, tarbot, koornaarvissen, kabeljauw, wijting
Vrij algemeen	In 10-25% van alle vangsten aanwezig	Zwarte grondel, brakwatergrondel, dikkopje, vijfdradige meun, snotolf
Vrij zeldzaam	In 1-10% van alle vangsten aanwezig	Botervis, zeenaald, harder, zeebaars, fint, steenbolk, pitvis
Zeldzaam	In <1% van alle vangsten aanwezig	Zeeprik, rivierprik, pollak, sardien

De meest voorkomende soorten in de fuikvangsten waren paling, schol en bot. Kleine paling (30-40 cm) wordt voornamelijk met de boomkor gevangen en individuen groter dan 30 cm hoofdzakelijk met de pelagische trawl. Dit wijst op een pelagische levenswijze gedurende de zomer waar paling onder andere jaagt op scholen sprat (Doornbos 1985). De paling is verspreid over het hele meer aanwezig (Meijer & Waardenburg 1990). Paling wordt ook beroepsmatig gevist en vissers zagen vanaf ongeveer 1988 een afname van het aantal gevangen palingen, ervan uitgaand dat de visserij-inspanning gelijk gebleven is (Engelsma et al. 1994). Deze trend lijkt zich door te hebben gezet in het begin van de jaren negentig. Mogelijke oorzaken van de teruggang in de paling populatie zijn het hoge zoutgehalte in het Grevelingenmeer welke de intrek van glasaal beïnvloed en het verdwijnen van zeedonkervelden en de mogelijke afname van Japans bessenwier (Engelsma et al. 1994). Het verdwijnen van zeedonkervelden en de afname van bessenwier valt samen met de achteruitgang van de paling (Engelsma et al. 1994). Een directe link is nog niet gelegd. Andere soorten zoals de zeedonderpad, botervis, zwarte grondel, vorskwab en puitaal zijn kenmerkende bewoners van hard substraat zoals dat wordt aangetroffen langs dijken bijvoorbeeld. Het grootste aantal soorten wordt waargenomen rondom de Brouwerssluis en is daar hoger dan in andere delen van het Gevelingenmeer (Engelsma et al 1994). Dit is in overeenkomst met het macrozoöbenthos waar de diversiteit aan soorten en de totale biomassa ook hoger zijn in het westelijke deel (Mulder et al. 2019).

Het aantal vissoorten gevangen met de boomkor is in alle jaren vergelijkbaar met 19 soorten in 1982, 18 soorten in 1988 en 19 soorten in 1994. De belangrijkste soorten waren vooral de zwarte grondel, brakwatergrondel, dikkopje, jonge schol en de pelagische soorten sprat, haring en koornaarvissen (Meijer 1995).

De brakwatergrondel komt voornamelijk voor in de litorale zone (0-2 m) en het dikkopje en zwarte grondel in de sublitorale zone (>2 m). De totale biomassa van grondels in het sublitoraal is gelijk gebleven tussen 1982 en 1988, alhoewel in 1982 het dikkopje in biomassa domineerde en in 1988 juist de zwarte grondel. In 1994 wordt weer een omkering van rangorde gevonden en domineert het dikkopje weer. Bedacht moet worden dat het een moment opname betreft en dat de biomassa van grondels gedurende het jaar sterk fluctueert.

Zoals eerder genoemd, is de populatie van platvissen sterk afhankelijk van de intrek van larven in het voorjaar aangezien ze zich niet voorplanten in het Grevelingenmeer. De intrek wordt o.a. bepaald door het sluisbeheer en de sterkte van de Noordzee-populatie. In 1979, 1985 en 1994 vond een grote intrek van schollarven plaats, o.a. doordat de sluis in 1994 tot begin mei heeft open gestaan. Desondanks zijn de aantallen en biomassa van schol in 1994 sterk afgenomen ten opzichte van 1988. Het aantal oudere schollen is sterk afgenomen en er wordt gesuggereerd dat deze mogelijk zijn weggetrokken in het najaar naar de Noordzee (Meijer 1995). Bot komt in veel kleinere aantallen voor dan schol maar de populatie neemt wel toe van 1982 tot 1994. Mogelijk door een betere intrek van larven in 1994 of door een dalende scholpopulatie. Net als bij de scholpopulatie daalt de biomassa van bot sneller dan de aantallen en is het aandeel van de oudere exemplaren dus hier ook gedaald (Meijer 1995).

Wat betreft de pelagische soorten (alleen in 1994 bemonsterd) lijkt er een scheiding te zijn waarbij koornaarvissen voornamelijk voorkomen in de ondiepe zones (<5 m) en de haring en sprot juist in de diepere delen van het meer. Deze drie soorten vertegenwoordigden in 1994 een totale biomassa van ruim 100 ton waarvan sprot het grootste deel vertegenwoordigde (79%) gevolgd door haring (12%) en koornaarvissen (~9%). Het merendeel bestond uit 0-jarige individuen. Desondanks vertegenwoordigde de pelagische vissen het grootste deel van de biomassa (68%) in vergelijking met grondels of platvissen (Meijer 1995). De driedoornige stekelbaars ontbreekt vrijwel in 1994 met slechts enkele exemplaren in de diepere delen van het meer. Deze soort was vroeger in de zeegrasvelden van belang (Doornbos 1985). Het Grevelingenmeer bevatte namelijk grote zeegrasvelden welke in de ondiepere delen (<2 m) voorkwamen en een goede leefomgeving bood voor kleine vissoorten zoals de brakwatergrondel, dikkopje, en paling, maar ook fungeerde als paaigebied voor stekelbaarzen. Echter na 1978, wanneer de grootste bedekking werd bereikt (4400 ha), nam het zeegrasareaal sterk af tot 1427 ha en speelde rond 1994 geen rol meer. Vissoorten die gebonden zijn aan deze vegetatie spelen nu geen grote rol meer in vergelijking met vroeger (De Vos & Twisk 1990, Meijer 1995).

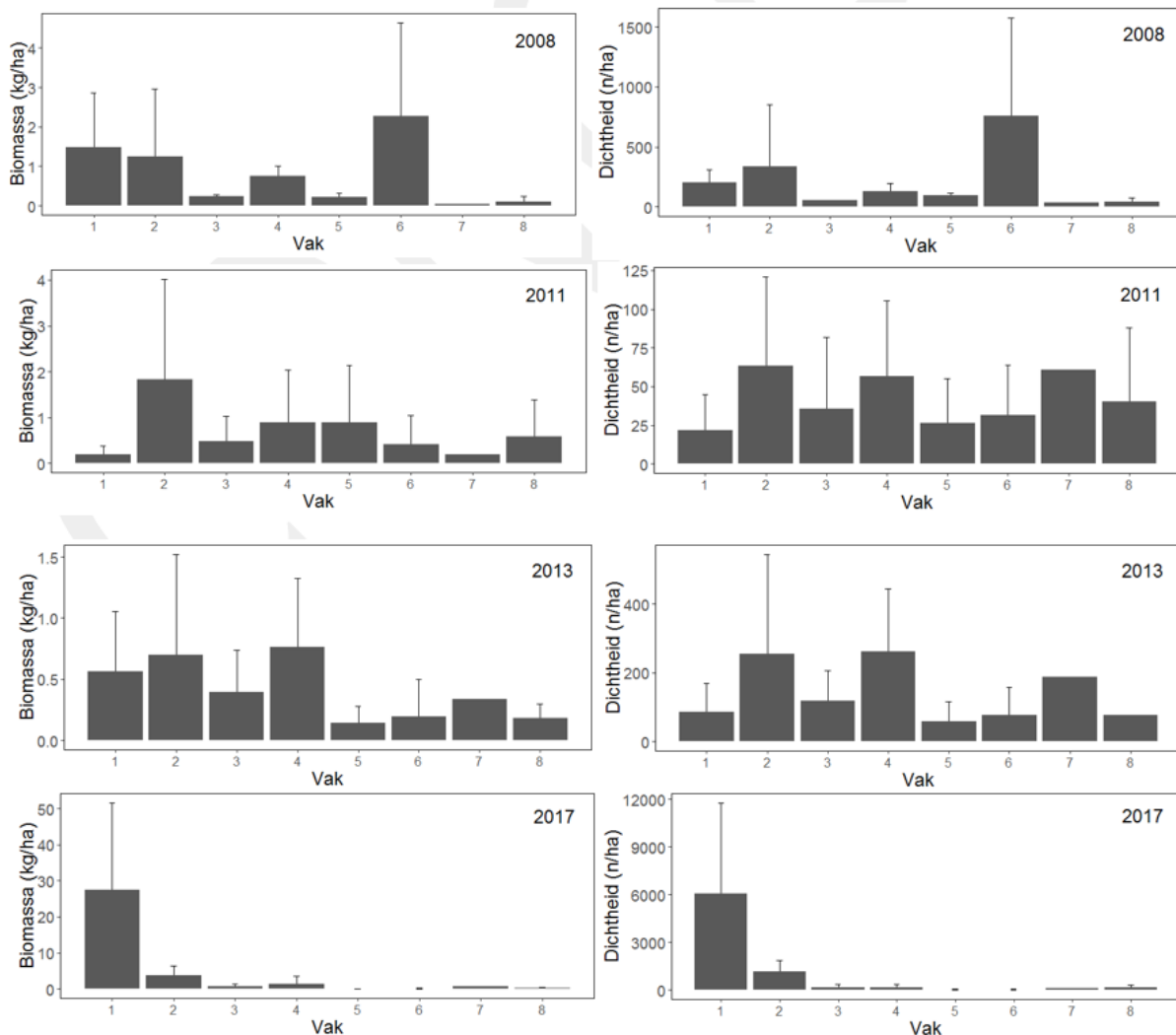
Een andere verandering die plaatsvond in het Grevelingenmeer was de sterke toename van het muiltje (*Crepidula fornicata*). Deze toename van hard substraat is voordelig voor grondels welke hun eieren erop af kunnen zetten. Er wordt dan ook gesuggereerd dat een verband tussen de toename van schelpdieren waaronder het muiltje en grondels aannemelijk lijkt (Meijer 1995). De verandering van een zacht- naar een hardsubstraat bodem kan grote gevolgen hebben voor soorten die op of in het zacht-substraat leven zoals platvissen. Meijer (1995) suggereert dat dit mogelijk de afname van de platvissen voor een deel kan verklaren.

Monitoring door duikers suggereert dat het openstellen van de Brouwerssluis positieve effecten heeft gehad op de diversiteit aangezien duikers een toegenomen soortenrijkdom van vissen hebben waargenomen (Gmelig Meyling & Bruyne 2003). Noordzee-vissoorten zoals makreel, geep, wijting, steenbolk, jonge kabeljauw, rode poon en rog worden steeds vaker en in grotere hoeveelheden gevangen maar ook soorten zoals pitvis, tong, zeedonderpad en zeebaars zijn toegenomen (Van de Linden 2006, Gmelig Meyling & Bruyne 2003). Daarnaast worden er zowel grote als kleine schollen gevangen. Het jaarrond openstellen heeft er ook voor gezorgd dat schollarven nu altijd het Grevelingenmeer in kunnen trekken, in tegenstelling tot het spuibeheer van voor 1999 (Van der Linden 2006). Wel wordt er aangegeven dat tijdens de sluiting van 30 dagen in het najaar, er niks tot weinig wordt gevangen in het meer. Pas een week na de openstelling gaan de vangsten weer omhoog (Van de Linden 2006).

Periode 2006-201 na het jaarrond openen van de Brouwerssluis

In 2008, 2011, 2013 en 2017 zijn boomkorbemonsteringen uitgevoerd. Het mogelijke effect op het visbestand van het opheffen van de 30 dagen regeling in 2005 is moeilijk te bepalen omdat er weinig tot geen bemonsteringen hebben plaatsgevonden rondom deze periode. Echter het lijkt aannemelijk dat het jaarrond openzetten van de spuisluis voordelige gevolgen gehad zal hebben voor soorten die in het najaar het Grevelingenmeer willen verlaten of binnentrekken, wat eerder bemoeilijkt werd door de 30 dagen sluiting tussen september en december.

Biomassa en dichtheid - Tijdens de bemonstering in 2008 zijn 23 verschillende soorten aangetroffen. De soorten die in de grootste aantallen zijn aangetroffen zijn het dikkopje (100-1300 n/ha) en de zwarte grondel (100-700/ha), gevolgd in lagere dichtheden door schol, tong en schar. De biomassa wordt gedomineerd door schol, tarbot, griet en tong (10-30 kg/ha). De verdeling van biomassa en aantallen vissoorten over het Grevelingenmeer in voorjaar 2008 zijn weergegeven in Figuur 28. De hoogste biomassa en dichtheden komen voor in vak 6 en worden voornamelijk veroorzaakt door het dikkopje (0.1 kg/ha, 100 n/ha) en de zwarte grondel (0.1-2.3 kg/ha, 300-700 n/ha). In vak 1 en 2 dragen ook andere soorten bij aan een verhoogde biomassa zoals griet, tarbot, schol en tong (10-30 kg/ha). In 2011 zijn tijdens de bemonstering 13 soorten aangetroffen, een aanzienlijk lager aantal dan in 2008. De soorten die in de grootste aantallen zijn aangetroffen, zijn de zwarte grondel, schol, brakwatergrondel, puitaal en het dikkopje. Qua biomassa domineren de zeedonderpad en de schol. De verdeling van biomassa en aantallen vissoorten over het Grevelingenmeer in voorjaar 2011 zijn weergegeven in Figuur 28. De dichtheid is relatief hetzelfde per vak alhoewel in vak 2, 4 en 7 er zich enigszins grotere aantallen vis bevinden. In vak 2 zorgen voornamelijk schol (90 n/ha) en zwarte grondel (25 n/ha) voor hogere dichtheden, in vak 4 puitaal (40 n/ha), brakwatergrondel (32 n/ha) en grote zeenaald (25 n/ha) en in vak 7 zorgt voornamelijk de zwarte grondel (36 n/ha) voor een hogere dichtheid gevolgd in lagere dichtheden door dikkopje, puitaal, brakwatergrondel en botervis (~6 kg/ha). In vak 2 draagt voornamelijk schol (2-3 kg/ha) bij aan een hogere biomassa.



Figuur 28. Biomassa (kg/ha, links) en aantallen (n/ha, rechts) vissoorten in verschillende vakken in het Grevelingenmeer in het voorjaar 2008, 2011, 2013 en 2017. De errorbars geven de standaard deviatie weer omdat in sommige vakken meerdere trekken zijn genomen. Voor een indeling van de vakken zie Figuur 22.

Tijdens de bemonstering in 2013 zijn 13 verschillende vissoorten aangetroffen, een dezelfde aantal soorten als in 2011 maar met een wat andere samenstelling. Soorten die wel in 2011 en niet in 2013 zijn aangetroffen zijn de zeedonderpad, brakwatergrondel, zandspiering en ansjovis. Tevens is in 2011 de kleine zeenaald aangetroffen en in 2013 alleen de grote zeenaald. De meeste van deze soorten (m.u.v. de brakwatergrondel) zijn in kleine aantallen gevangen en de trefkans om deze soorten bij iedere bemonstering te vangen is waarschijnlijk laag. De soorten die in 2013 in hoge aantallen voorkwamen, zijn het dikkopje, zwarte grondel, schol en botervis, gevolgd door puitaal en sprout in lagere aantallen. De soorten die de grootste bijdrage leveren aan de totale biomassa zijn de zwarte grondel, schol, dikkopje en botervis. De verdeling van biomassa en aantallen vissoorten in voorjaar 2013 zijn weergegeven in Figuur 28. De dichtheid is relatief gelijk verspreid over het meer met in vak 2 en 4 uitschieters welke worden veroorzaakt door het dikkopje (200-600 n/ha).

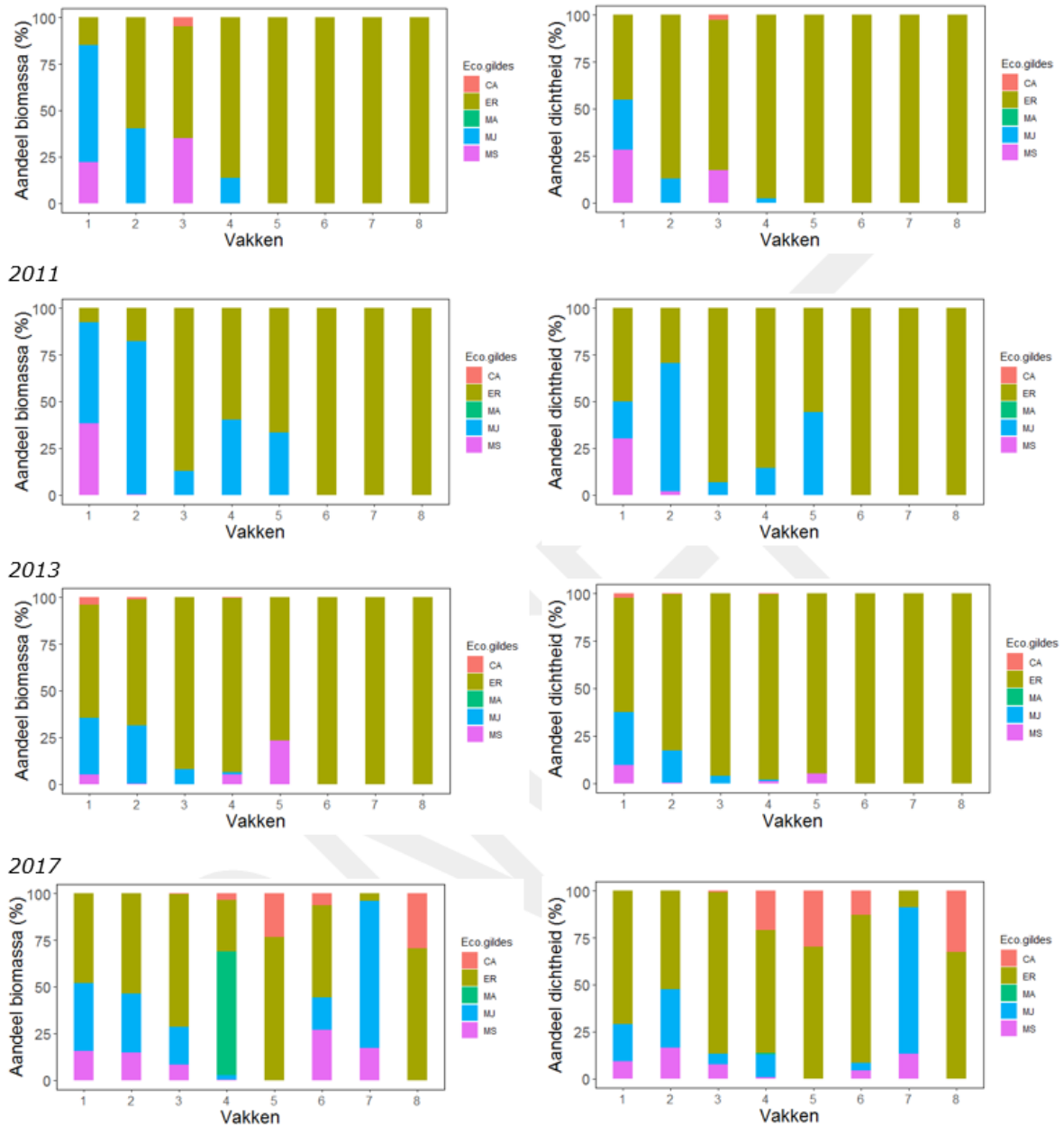
Daarnaast is de biomassa het hoogste in het zuidwestelijk deel van het Grevelingenmeer (vak 1-4), wat voornamelijk veroorzaakt wordt door het dikkopje (tot 1.0 kg/ha) en de schol (tot 0.67 kg/ha) en in kleinere hoeveelheden door botervis en puitaal (0.05-0.08 kg/ha).

In het voorjaar van 2017 (toen de Flakkeese Spuisluis net geopend was) zijn, d.m.v.

boomkorbemonsteringen, 17 soorten aangetroffen. Soorten die in 2017 zijn aangetroffen maar niet in 2011 en 2013 zijn zeebaars, koornaarvissen, adderzeenaald en haring. De zeebaars en koornaarvissen waren voor het laatst aangetroffen in 2008. De soorten die in 2017 in hoge aantallen voorkwamen, zijn haring (1245-2900 n/ha), dikkopje (1100-10,000 n/ha) en sprot (1300 n/ha). Deze hoge aantallen kwamen voornamelijk voor in vak 1 en 2 (Figuur 28). De hoge biomassa in vak 1 werd voornamelijk veroorzaakt door sprot (11 kg/ha), haring (25 kg/ha) en het dikkopje (31 kg/ha).

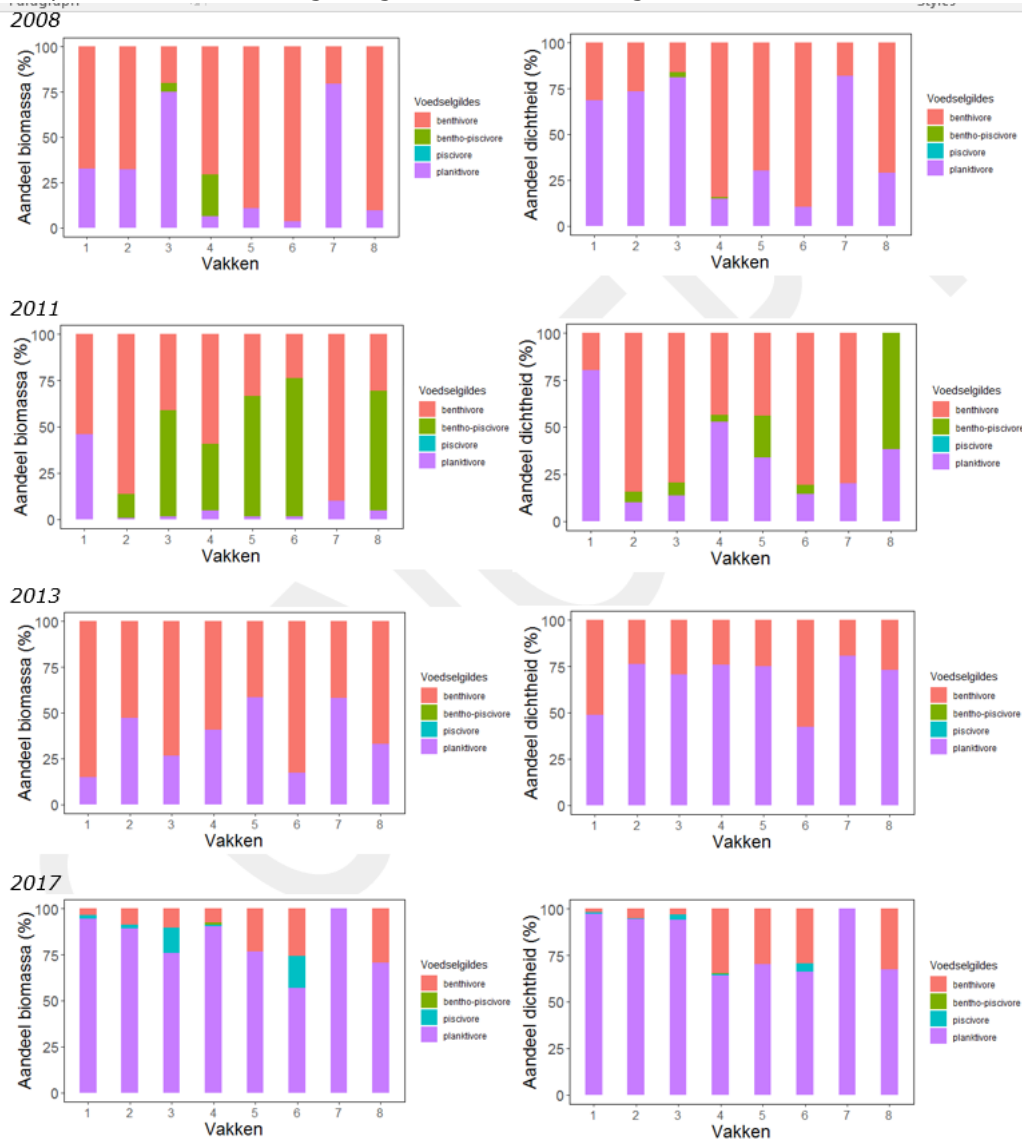
Ecologische gildes - Het grootste aantal soorten behoort tot de gilde estuarien residente soorten, welke in alle jaren zowel in biomassa als in aantallen domineren. Dit zijn over het algemeen (met enkele uitzonderingen) soorten die hun hele levenscyclus in het Grevelingenmeer kunnen voltooien zoals de zwarte grondel, dikkopje, brakwatergrondel, puitaal en in mindere mate de zeenaald. Er heeft een duidelijke verschuiving plaatsgevonden in verhoudingen in vergelijking met 1970 (Figuur 26). In 1970 werd de biomassa bijna compleet gedomineerd door mariene juvenielen terwijl deze nu nog maar een kleine rol spelen en dan voornamelijk in het westelijk deel van het Grevelingenmeer (Figuur 29). De mariene juvenielen bestaan in 2008, 2011 en 2013 vooral uit tong, schol en schar, en in 2017 voornamelijk uit haring, zeebaars en koornaarvissen. In 2017 is ook de adderzeenaald (mariene gast) aangetroffen in vak 4 welke een duidelijke bijdrage levert aan de totale biomassa. Er worden heel beperkt diadrome soorten aangetroffen in de bemonsteringen. Zo werd in 2008 één paling gevangen en werden in 2013 twee spieringen en één driedoornige stekelbaars gevangen. Echter in 2017 zijn een groot aantal driedoornige stekelbaarzen gevangen, voornamelijk in het oostelijk deel van het Grevelingenmeer (Figuur 29). Het kan zijn dat een deel van de populatie in het voorjaar via de Brouwerssluis het Grevelingenmeer optrekt (Hop 2017), net als vroeger (Doornbos 1985). Er moet echter opgemerkt worden dat dit ook een resultaat kan zijn van de verhoogde bemonsteringsinspanning in 2017.

Hieronder wordt de verhouding van de verschillende gildes weergegeven per vak voor biomassa en dichtheid in voorjaar 2008, 2011, 2013 en 2017 (Figuur 29).



Figuur 29. Aandeel van biomassa (% links) en dichtheid (% rechts) voor elke ecologische gilde (CA=diadrome soorten, ER=Estuarien residente soorten, MA=Mariene gast, MJ=Mariene juvenielen, MS=Mariene seizoensgasten) in verschillende vakken in het Grevelingenmeer in voorjaar 2008, 2011, 2013 en 2017. Voor een indeling van de vakken zie Figuur 22.

Voedselgildes - Waar de benthivoren in aantallen en biomassa domineerden in 2008, domineren de planktivoren in 2017 (Figuur 30). De benthivoren in 2008 bestonden voornamelijk uit de zwarte grondel, tong, schol en schar, en de planktivoren uit het dikkopje en sprat. In 2011 en 2013 werd de tong nauwelijks gevangen en werden benthische soorten zoals puitaal en botervis meer aangetroffen. Het dikkopje bleef belangrijk als planktivore samen met de brakwatergrondel en zeenaald in 2011. In 2017 werden andere benthische soorten gevangen zoals de driedoornige stekelbaars en kooraarvissen en domineerde de planktivoren de aantallen en biomassa met soorten zoals het dikkopje, haring en sprat. In 2011 droeg de zeedonderpad, als bentho-piscivore, duidelijk bij aan de totale biomassa per vak. De zeedonderpad werd in 2013 niet gevangen maar wel éénmalig in 2017.



Figuur 30. Aandeel van biomassa (% , links) en dichtheid (% , rechts) voor elke voedselgilde in verschillende vakken in het Grevelingenmeer in voorjaar 2008, 2011, 2013 en 2017. Voor een indeling van de vakken zie Figuur 22.

De visstand in het Grevelingenmeer wordt tegenwoordig gekenmerkt door redelijke aantallen maar een lage biomassa. De lage biomassa is te verklaren doordat het visbestand voornamelijk bestaat uit kleine vis. De soorten die nu met regelmaat in het Grevelingenmeer worden aangetroffen zijn het dikkopje, brakwatergrondel, zwarte grondel, haring, sprat, botervis, zeedonderpad en koornaarvissen. Dit beeld verschilt niet heel veel met de resultaten uit het onderzoek uit 1994 (Meijer 1995). Daarnaast is de soortenrijkdom nog steeds het hoogst in het westelijke deel van het Grevelingenmeer, zoals ook was aangegeven door Meijer en Waardenburg (1990), en neemt vervolgens af richting het oosten nabij de Grevelingendam. Echter Hop (2017) gaf aan dat het aantal soorten weer licht toeneemt nabij de Flakkeese spuisluis welke toen net was geopend. Rondom de Brouwerssluis en Flakkeese spuisluis kunnen soorten worden aangetroffen zoals de glasgrondel, zeedonderpad, schar, schol en steenbolk, maar ook haring en sprat welke deels worden ingelaten met het water uit de Noordzee of Oosterschelde (Hop 2017).

1.4.3 Zeegras

Onderstaande tekst is aangeleverd door Rijkswaterstaat.

In het Grevelingenmeer bereikte Groot zeegras een maximale bedekking van 4600 ha in 1978 (Nienhuis et al 1996). Na veranderingen van het waterbeheer begin negentiger jaren is het zeegras in het Grevelingenmeer snel geslonken tot minder dan 100 ha in 1993 en was enkele jaren later geheel verdwenen. Aanvankelijk dacht men aan een Labyrinthula schimmelinfectie (NRC 1991), invloed van stress op een verarmde populatie (Nienhuis et al 1996) en ongunstige siliciumconcentraties (Herman et al 1996). Uit proeven bleek dat zeegrassen (uit het Grevelingenmeer) geen invloed ondervonden van lagere siliciumgehaltenes (Kamermans et al. 1999), maar wel langzamer groeiden bij hogere zoutgehaltenes (Kamermans et al. 1999, van Katwijk et al. 1999). Toch zijn zeegrassen over het algemeen aangepast aan zoutgehaltenes tot 34 promille of hoger (Giesen et al 1990). Ook is het milieu in het Grevelingenmeer in alle andere opzichten heel geschikt voor zeegras, zo bleek uit een vergelijkende studie naar de water en bodemkwaliteit van 84 NW-Europese wateren (van der Heide et al. 2009). Een aannemelijke verklaring voor het verdwijnen in de jaren 90 is daarom dat de zeegraspopulatie in de jaren 70 bij het sterk dalende zoutgehalte (tot 14-16‰) is uitgeselecteerd op lage zoutgehaltenes. Toen het zoutgehalte in het Grevelingenmeer weer steeg van 24‰ naar meer dan 30‰ stierf het aan laag-zoutgehalte aangepast zeegras uit; door een genetische bottleneck was het niet meer in staat de omslag te maken. Kiemingsexperimenten ondersteunen dit: Grevelingenplanten konden niet meer kiemen bij hoge zoutgehaltenes (van Katwijk, ongepubliceerde resultaten van proeven 1989-90). Inmiddels is vastgesteld dat de omstandigheden op een aantal locaties op dit moment, onder meer door het voeren van een natuurlijker waterbeheer en lager zoutgehalte, weer kansrijk zijn voor groot zeegras. Rijkswaterstaat voert i.s.m. andere partijen experimenten uit om mogelijkheden voor herstel van zeegras in het Grevelingenmeer nader te onderzoeken.

1.4.4 Vogelsoorten

Methode

De trendanalyses en beschrijving van de ontwikkeling van Natura 2000 vogelsoorten en zeezoogdieren zijn uitgevoerd door Delta Project Management in opdracht van Wageningen Marine Research. Onderstaande teksten zijn samengevat naar Arts et al., 2019 (Bijlage 8). De data zijn afkomstig van Rijkswaterstaat Centrale Informatievoorziening. Vanaf 1987/1988 worden maandelijks alle watervogels, roofvogels en zeezoogdieren in het Grevelingenmeer geteld. De kustbroedvogels worden vanaf 1979 geteld.

Resultaten ontwikkeling van vogels

Broedvogels

Na afsluiting van het Grevelingenmeer vormden de drooggevallen gronden een aantrekkelijk broedgebied voor kustbroedvogels. Binnen enkele jaren broedden er ruim 400 paar strandplevieren en 200 paar bontbekplevieren. In een aanzienlijk deel van de gebieden wordt sindsdien beheer uitgevoerd dat mede gericht is op kustbroedvogels. Zo wordt door Rijkswaterstaat sinds 2004 een lager zomerpeil ingesteld zodat in het broedseizoen grote oppervlakten slik droogvallen (Peilbesluit Grevelingen, 2013). Staatsbosbeheer houdt met begrazing en maaien de vegetatiesuccessie in toom en worden schelpenstrandjes aangelegd. Toch nemen de populaties van de plevieren gestaag af. Op de Hompelvoet en andere eilanden werd een beheer ingevoerd dat gericht was op kustbroedvogels, inclusief permanente bewaking in het broedseizoen. Dit leidde tot een bloeiperiode voor de grote stern, welke van 1972-2004 rond de 2000-4000 broedparen telde. Ook de meeste andere eilanden werden vroeger of later door sterns gekoloniseerd. De voedselgebieden van de grote stern lagen na de afsluiting waarschijnlijk vooral op zee, zoals tegenwoordig het geval is. In iets mindere mate geldt dit waarschijnlijk ook voor visdief en dwergstern. Hoewel het water in het Grevelingenmeer zout bleef, trad wel verzoeting op van de hoger gelegen gronden. Daar trad vervolgens vegetatiesuccessie op, welke een nog steeds voortdurende afname van het broedhabitat voor sterns veroorzaakte. Met gericht beheer en inrichtingsmaatregelen, zoals aanleg van eilandjes, tracht men terreinen te behouden en geschikt te maken voor sterns en andere kustbroedvogels. Van alle soorten broedvogels is er momenteel niet één die het voor het Grevelingenmeer gestelde doelaantal vanuit Natura 2000 haalt. Desondanks is het Grevelingenmeer nog steeds van groot belang voor kustbroedvogels in het Deltagebied. Het is landelijk het belangrijkste broedgebied voor de zeldzame strandplevier.

Niet-broedvogels

Verreweg de belangrijkste groep watervogels in het Grevelingenmeer zijn de viseters. Het Grevelingenmeer is / was voor middelste zaagbek, fuut, geoorde fuut en kuifduiker van groot internationaal belang. De trend van de meeste viseters is echter negatief en het jaargemiddelde van alle soorten, uitgezonderd de aalscholver, is lager dan het Natura 200- doel. De aantallen lijken voedsel-gerelateerd.

Daarnaast zijn er de bodemdiereters die hoofdzakelijk foerageren in de ondiepe wateren. Voor steltlopers is het Grevelingenmeer als foerageergebied minder van belang vanwege het geringe oppervlak foerageerhabitat. Voor eenden zoals bergeend en brilduiker is het Grevelingenmeer van relatief groot belang. De trend van de brilduiker is negatief maar dit wordt deels veroorzaakt door externe oorzaken.

Voor wat betreft de planteneters komen belangrijke aantallen ganzen en eenden voor in het Grevelingenmeer. Ze foerageren op de buitendijkse graslanden en op de ondiepe oevers. De trend wijkt in de meeste gevallen niet af van de trend in het Deltagebied. Een uitzondering hierop zijn de meerkoet en knobbelzwaan. Beide soorten foerageren op onderwaterplanten en verdwenen bijna helemaal door afname van voedselplanten (met name zeegras) in het Grevelingenmeer.

Het Grevelingenmeer is broedgebied en overwinteringsgebied voor diverse soorten roofvogels. Alleen de bruine kiekendief (broedvogel) en slechtvalk (wintergast) zijn aangewezen als Natura 2000-soorten. Voor beide soorten geldt dat trend niet afwijkt van trend in het Deltagebied. Het aantal broedparen bruine kiekendief is lager dan het Natura 2000-doel. Het jaargemiddelde van de slechtvalk is stabiel en schommelt rond het Natura 2000-doel.

1.4.5 Zeezoogdieren

Methode

Zie beschrijving 1.3.4. en Arts et al. (2019). Van de zeezoogdieren zijn de gewone en de grijze zeehond onderzocht (beiden Natura 2000 soorten, zie Bijlage 8).

Resultaten ontwikkeling van zeezoogdieren

De gewone (vele tientallen) en de veel schaarsere grijze zeehond nemen in het Grevelingenmeer toe als uitvloeisel van de sterke toenames in de getijdewateren van het Deltagebied. Na het openen van de sluis in de Brouwersdam in 1999 duurde het twee jaar voordat de eerste zeehonden 'doorhadden' dat er aan de andere zijde zich een visrijk water bevond. Vanaf 2008/2009 werden elk jaar weer meer zeehonden geteld. In 2017/2018 werden maximaal 70 exemplaren gewone zeehonden geteld. De aantallen die worden waargenomen per telling fluctueren sterk, vermoedelijk zwemmen de zeehonden regelmatig in en uit het Grevelingenmeer door de Brouwerssluis. Daarbij komt dat de zeehonden in het Grevelingenmeer onafhankelijk van het tij kunnen rusten en waarschijnlijk geen getijritme hebben zoals in de getijdewateren waar de zeehonden met laag water rusten op de droogvallende platen. Het is sterk afhankelijk van weersomstandigheden of de zeehonden op het droge liggen en dan goed zichtbaar zijn. Daarnaast vindt regelmatig verstoring plaats waardoor de dieren het water in duiken. In het Grevelingenmeer rusten de zeehonden op de basaltdammen die dienen als oeververdediging. Groepen zeehonden worden met name gezien op de oeververdedigingen rond de eilanden Stampersplaten en Veermansplaat. De trend in het Grevelingenmeer volgt de trend in de Zoute Delta.

Net als de gewone zeehond heeft de grijze zeehond het Grevelingenmeer ontdekt. Maar die is daar nog een vrij zeldzame verschijning. In 2017/2018 werden maximaal 3 exemplaren waargenomen. De grijze zeehond komt massaal voor in de Voordelta maar niet in de overige deltawateren, dit in tegenstelling tot de gewone zeehond die ook talrijk is in de Oosterschelde en Westerschelde.

1.5 Inschatten toekomstige ontwikkeling waterkwaliteit en soorten in de autonome ontwikkeling en met gedempt getij

1.5.1 Gebruikte gegevens en aanpak

Voor het inschatten van de ontwikkeling van het systeem wordt naar waterkwaliteit en de soortengroepen macrobenthos, vissen, vogels en zeezoogdieren gekeken. Van belang is om onderscheid te maken in de tijdshorizon die is gehanteerd en ook met welke klimaataspecten rekening is gehouden. Allereerst is voor waterkwaliteit een modelstudie uitgevoerd door Deltares met het 3D DELWAQ waterkwaliteitsmodel van het Grevelingenmeer. Deze waterkwaliteitsmodellering was onderdeel van een aparte opdracht van Rijkswaterstaat aan Deltares en de resultaten hiervan zijn gerapporteerd (Maarse et al., 2019). De voor deze studie belangrijkste resultaten en bevindingen zijn meegenomen in de paragraaf 'prognose waterkwaliteit'. Voor autonome ontwikkeling is door Deltares zowel het moment van 10 cm zeespiegelstijging t.o.v. 1995 (~2025, het geplande moment van de opening van het doorlaatmiddel) en 40 cm zeespiegelstijging t.o.v., 1995 de waterkwaliteit berekend en bediscussieerd. Voor de getijsscenario's is alleen de situatie bij 10 cm zeespiegelstijging de waterkwaliteit gemodelleerd. Van belang: in deze berekeningen is alleen zeespiegelstijging meegenomen en geen andere klimaat effecten zoals het vaker optreden van warme zomers.

De inschatting van de ontwikkeling van soortengroepen in de autonome is gedaan voor het moment dat 40 cm zeespiegelstijging optreedt t.o.v. 1995. Hierbij wordt uitgegaan van 40 cm zeespiegelstijging (gebaseerd op KNMI, 2015). Ook worden andere klimaat effecten bediscussieerd: het vaker optreden van zachte winters en hete zomers en verschuiving van de seizoenen zoals is voorspeld (KNMI, 2015). Voor getijsscenario's is getracht de focus te leggen op het bediscussiëren van de ontwikkeling in de periode na introductie van getij na 2025. Dit is de geplande ingebruikname van het doorlaatmiddel (uitgangspunt zonder getijde turbines).

De inschatting is gemaakt op basis van expert oordeel gebruik makend van de inzichten vanuit de historische analyse en gebruikmakend van de resultaten van de waterkwaliteitsmodellering. Voor soortengroepen is niet per getijscenario gekeken maar een prognose gedaan voor een situatie met 30-50 cm getij omdat de verwachting is dat scenario's niet veel van elkaar verschillen. Om bovenstaande te verhelderen is in Tabel 7 een overzicht opgenomen.

Tabel 7. Overzicht van de wijze waar op prognoses zijn uitgevoerd en welke uitgangspunten ("x") zijn meegenomen.

		Prognose door	Rekening houdend met zss	Rekening houdend met andere klimaat effecten	Getijscenario's 2025 (geplande ingebruikname doorlaatomiddel)	Autonome ontwikkeling 2025 (geplande ingebruikname doorlaatomiddel)	Autonome ontwikkeling bij 40 cm zeespiegelstijging op de Noordzee	
Waterkwaliteit	Deltares	X			x	x	x	Maarse et al., 2019
Macrobenthos	Wageningen Marine Research	X	X	X			x	
Vissen	Wageningen Marine Research	X	X	X			X	
Vogels	Delta Project Management met aanvullingen van Wageningen Marine Research	X	X	X	x		x	Arts et al., 2019

1.5.2 Prognose waterkwaliteit (modelberekeningen 3D DELWAQ) (Deltares)

Hydrodynamische modellering en waterkwaliteitsmodellering van de getijscenario's en de autonome ontwikkeling is uitgevoerd door Deltares. De resultaten van dit onderzoek zijn gerapporteerd door Maarse et al. (2019). De prognoses voor de ontwikkeling van de waterkwaliteit worden hier beschreven. Voor een uitgebreider overzicht van methodiek en resultaten zie Maarse et al. (2019).

Aanpak 3D modellering hydrodynamiek en waterkwaliteit

De getijscenario's zijn doorgerekend met het 3D hydrodynamisch model voor de waterbeweging, saliniteit en temperatuur (Delft3D-FLOW) en vervolgens is op basis van de uitkomsten hiervan de waterkwaliteit berekend met het 3D DELWAQ model voor zuurstof, nutriënten en primaire productie. De modellen zijn verkregen via Helpdesk Water¹. De 3D modellen zijn in diverse stappen ontwikkeld in opdracht van Rijkswaterstaat ten tijde van de MIRT Grevelingen in de periode 2008-2011. Deltares (2010) beschrijft de volledige modelopzet. Deltares (2008, 2011) beschrijft modelresultaten van eerdere scenariostudies.

¹ <https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/applicaties-modellen/artikel/>

De modellen zijn gekalibreerd en gevalideerd met metingen uit 2000 en 2008. In deze scenariostudie zijn de getijsscenario's toegepast op het jaar 2008, omdat in dat jaar de zuurstofproblematiek groter was dan in het jaar 2000. Tot op heden is het modelinstrumentarium meerdere keren ingezet, waaronder de Scenariostudie natuurperspectief Grevelingenmeer (Tangelder et al., 2018) als meest recente.

De door peilbeheer en door meteorologische omstandigheden (windopzet) veroorzaakte waterstandsvariatie op het meer zelf, en de variabelen die gekoppeld zijn aan de waterstand zoals het areaal intergetijdengebied en de overstromingsduur kunnen met het Delft3D-FLOW model berekend of afgeleid worden.

De waterbalans – dat wil zeggen de debieten door de Brouwerssluis, de Flakkeese spuisluis en de nieuwe doorlaat in de Brouwersdam – zoals berekend met het 0D-model is opgelegd aan het 3D-model. Polderlozingen, neerslag en verdamping zijn ook opgenomen in het 3D-model. Dit wordt in de waterbalans gesloten door deze debieten netto ook via de Brouwersdam uit te laten stromen. Het betreft een kleine term (orde 1-2 m³/s) ten opzichte van de debieten door de doorlaat (jaargemiddeld orde 1.000 m³/s).

Voor de waterkwaliteitsvariabelen (zuurstof, nutriënten, doorzicht, algen, primaire productie) wordt vervolgens het 3D-model voor waterkwaliteit en primaire productie ingezet. Het 3D-DELWAQ model berekent onder andere het effect van zout- en temperatuurstratificatie op mogelijke uitputting van zuurstof in de onderlaag.

In DELWAQ zijn de Delft3D-FLOW resultaten voor de verschillende getijsscenario's opgelegd en doorgerekend. Vervolgens zijn in de nabewerking verschillende parameters voor locatie Dreischor (= GTSO 13) uit de modelresultaten gehaald. Ook zijn de berekende zuurstofconcentraties nabewerkt om het areaal vast te stellen met zuurstofarme omstandigheden in het Grevelingenmeer, d.w.z. met langdurig (> 7 dagen) lage (< 3 mg/l) zuurstofconcentraties.

Voor de autonome ontwikkeling is zowel de variant met 10 centimeter als met 40 centimeter zeespiegelstijging ten opzichte van 1995 doorgerekend. Deze waterbalans is door Lievense (2019) aangeleverd. Alle overige getijsscenario's zijn alleen voor 10 centimeter zeespiegelstijging ten opzichte van 1995 (~2025) doorgerekend. De verwachting is dat als het doorlaatmiddel in gebruik wordt genomen, aangenomen wordt vanaf 2025, de zeespiegel ongeveer 10 cm is gestegen ten opzichte van 1995.

In Tabel 8 staan de getijsscenario's en bijbehorende coderingen aangegeven die worden gebruikt in het presenteren van de resultaten. Om de relatie tussen getijslag en zuurstofarm areaal beter te kunnen analyseren is nog een extra 0D en 3D som gedaan voor een getijsscenario met een tussenliggende getijslag van ongeveer 20 centimeter: BG2BW.

Tabel 8. Overzicht van de getijsscenario's waarvoor 3D modelberekeningen zijn uitgevoerd en bijbehorende codering . Het scenario 'Kleinere getijslag 20cm met peilverlaging in het Broedseizoen en Winteropzet' (groen gemarkeerd) is een scenario die wel in de modellering is meegenomen (t.b.v. nadere analyse relatie getijslag en zuurstofarm areaal) maar niet in de andere onderdelen van voorliggende rapportage.

Aut10	Autonome ontwikkeling bij 10 cm zeespiegelstijging ten opzichte van 1995
Aut40	Autonome ontwikkeling bij 40 cm zeespiegelstijging ten opzichte van 1995
RGV	Rijksstructuurvisie 50cm getij
BA	Basis 50 cm getij
BBW	Basis 50 cm getij met peilverlaging in Broedseizoen en Winteropzet
BS	Basis 50 cm getij met scheefstandcorrectie voor windopzet
BM	Verlaagd middenpeil 50 cm getij
BMBW	Verlaagd middenpeil 50 cm getij en peilverlaging in Broedseizoen en Winteropzet
TMBW	Tussenscenario 40 cm getij met peilverlaging in Broedseizoen en Winteropzet
BG	Kleinere getijslag 30 cm getij
BGBW	Kleinere getijslag 30 cm getij met peilverlaging in Broedseizoen en Winteropzet
BGS	Kleinere getijslag 30 cm getij met scheefstandcorrectie voor windopzet
BG2BW	Kleinere getijslag 20 cm met peilverlaging in Broedseizoen en Winteropzet

Resultaten 3D waterkwaliteitsmodellering voor autonome ontwikkeling en getijsscenario's

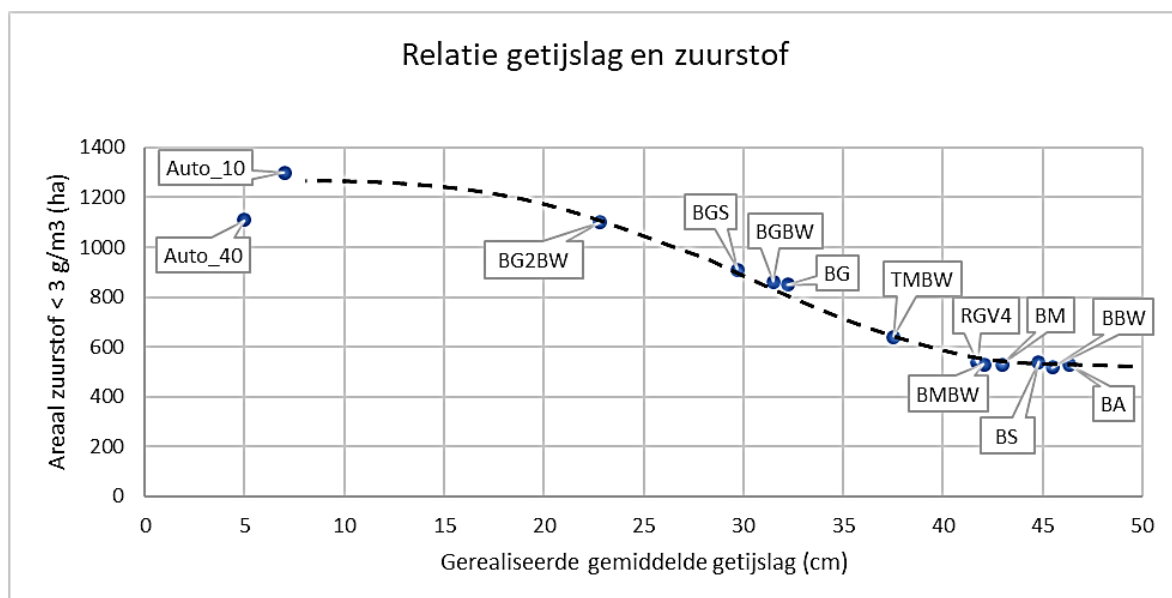
De modelresultaten worden samengevat in Tabel 9. De relatie tussen de jaargemiddelde getijslag en het areaal met langdurig lage zuurstofconcentratie wordt getoond in Figuur 31.

Voor de waterkwaliteit heeft introductie van 30-50 cm gedempt getij twee effecten: 1) De uitwisseling met de Voordelta neemt toe met grotere getijslag, en 2) De menging in het Grevelingenmeer neemt toe met grotere getijslag. De grotere uitwisseling zorgt ervoor dat de verblijftijd in het Grevelingenmeer afneemt van enkele maanden tot enkele weken bij 50 cm gemiddelde getijslag. De waterkwaliteit in het Grevelingenmeer gaat daardoor meer overeenkomen met de waterkwaliteit in de Voordelta. Omdat de stikstofconcentraties in de Voordelta iets hoger zijn dan in het huidige Grevelingenmeer, nemen de stikstofconcentraties in het Grevelingenmeer toe bij grotere getijslag.

De primaire productie in het Grevelingenmeer met gedempt getij zal circa 75% hoger liggen dan bij autonome ontwikkeling. Nu is het Grevelingenmeer in de zomer stikstof gelimiteerd, maar er komt meer stikstof beschikbaar bij gedempt getij. Dat is ook terug te zien in de hogere chlorofyl- en detritusconcentratie bij hogere getijslag. De fosfaatconcentratie daarentegen neemt af als de uitwisseling toeneemt. Omdat de fosfaatconcentratie op de Voordelta lager is wordt het fosfaat dat door nalevering uit de bodem vrijkomt deels afgevoerd naar de Voordelta.

De menging die door een grotere uitwisseling wordt gerealiseerd in het Grevelingenmeer, resulteert in een kleiner areaal met een langdurig lage zuurstofconcentratie. Dus hoewel de zuurstofvraag toeneemt door hogere primaire productie en hogere import van organisch materiaal uit de Voordelta, is de grotere menging dominant voor het reduceren van het zuurstofarme areaal. Conform eerdere modelstudies wordt bij een jaargemiddelde getijslag van 40 cm tot 50 cm een stabiel niveau van circa 500 ha bereikt. Dit betreft de diepe putten van Scharendijke en Den Osse die door hun diepte en locatie bij de Brouwerssluis, niet volledig verticaal gemengd worden bij 50 cm getijslag. Bij een gemiddelde getijslag kleiner dan circa 40 cm begint het zuurstofarme areaal toe te nemen. Zonder doorlaatmiddel overeenkomend met een gemiddelde getijslag van 5 cm tot 10 cm is het berekende zuurstofarme areaal 1300 ha (autonoom 10). Dit ligt in de range van metingen over de afgelopen 20 jaar die een variatie van circa 800 ha tot 1600 ha laten zien voornamelijk veroorzaakt door variatie in meer en minder warme en windstille zomers.

Tussen 10 cm en 40 cm gemiddelde getijslag neemt het zuurstofarme areaal af (Figuur 31). De vorm van de curve is op basis van modelresultaten en expert judgement afgeleid. Omdat er onder 10 cm en boven 40 cm gemiddelde getijslag weinig tot geen verandering in het areaal is, verwachten we een S-curve. Een relatief kleine afname van de gemiddelde getijslag op het steilere deel van de curve betekent een relatief grote toename van het zuurstofarme areaal. Ofwel het risico op zuurstofproblematiek – tijdens warme, windstille zomerdagen – is groter op het steile deel van de curve. Bij een getijslag van minder dan 10 cm of meer dan 40 cm zal een relatief kleine verandering van getijslag naar verwachting niet resulteren in een grotere zuurstofproblematiek.



Figuur 31. Relatie tussen gerealiseerde gemiddelde getijslag en areaal met langdurig lage zuurstofconcentratie (meer dan 7 dagen) op basis van berekeningen met het 3D model. De lijn is een handmatig gefitte curve op basis van expert judgement, zie tekst voor uitleg. Het scenario BG2BW is een scenario die wel in de modellering is meegenomen (t.b.v. nadere analyse relatie getijslag en zuurstofarm areaal) maar niet in de andere onderdelen van voorliggende rapportage.

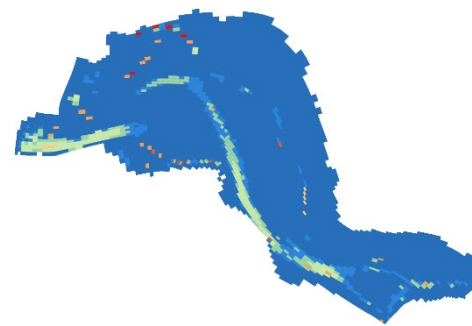
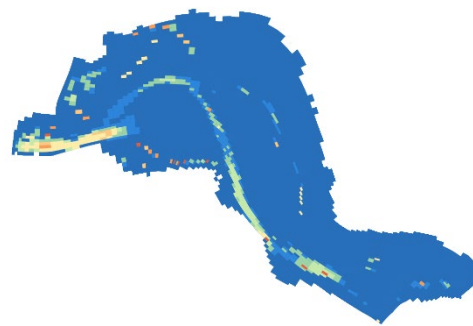
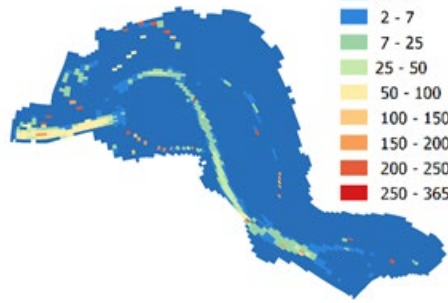
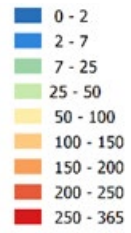
De vergelijking tussen de autonome ontwikkeling bij 10 cm en bij 40 cm zeespiegelstijging ten opzichte van 1995 laat een afwijking zien, namelijk dat minder uitwisseling (bij Auto_40) een lager zuurstofarm areaal heeft dan bij meer uitwisseling (bij Auto_10). Bij autonome ontwikkeling 40 cm is de uitwisseling met de Voordelta ongeveer 25% lager dan bij autonome ontwikkeling 10 cm zeespiegelstijging, terwijl toch het zuurstofarme areaal kleiner is. Het areaal met langdurig lage zuurstofconcentratie wordt bepaald door de mate van stratificatie en de zuurstofvraag. Uit de vergelijking van de modelresultaten blijkt dat de mate van stratificatie in beide gevallen vrijwel gelijk is. Het verschil zuurstofareaal moet dus verklaard worden uit een verschil in zuurstofvraag, ofwel de beschikbaarheid van organisch materiaal. Deze zuurstofvraag is lager bij autonome ontwikkeling 40 cm doordat minder stikstof beschikbaar is (door minder uitwisseling) waardoor de primaire productie iets lager is en doordat minder organisch materiaal wordt geïmporteerd uit de Voordelta.

Ter illustratie toont Figuur 32 in een kaartbeeld per scenario waar de zuurstofarme gebieden voorkomen. De oude, diepe getijgeulen zijn herkenbaar. De relatie met getijslag of debiet is in de vorige alinea's en figuren beschreven.

Autonoom 10

Autonoom 40

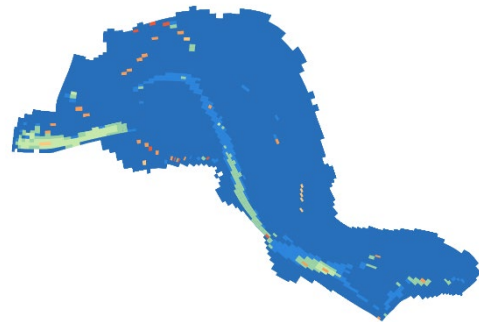
BG2BW



BGBW

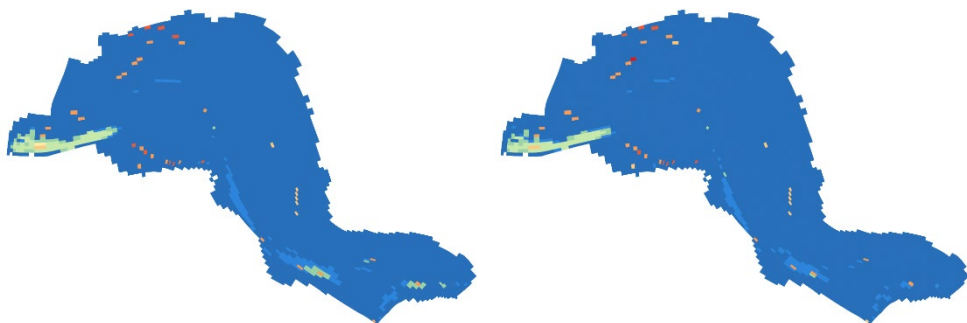
TMBW

BMBW



BBW

BPGBW



Figuur 32. Weergave van het aantal dagen aaneengesloten zuurstofarm areaal (< 3 mg/l) in de onderlaag van de waterkolom. De figuren geven van linksboven naar rechtsonder een aflopend zuurstofarm areaal voor een aantal van de met het 3D model doorgerekende getijsenario's (een doorlaatmiddel met 12 kokers, 10 cm ZSS ten opzichte van 1995). Het scenario BG2BW is een scenario die wel in de modellering is meegenomen (t.b.v. nadere analyse relatie getijslag en zuurstofarm areaal) maar niet in de andere onderdelen van voorliggende rapportage.

Tabel 9. Overzicht van modelresultaten voor autonome ontwikkeling (bij 10 en 40cm zeespiegelstijging t.o.v. 1995) getijsscenario's met het 3D waterkwaliteitsmodel.

Run ID		Primaire productie	Areaal zuurstof < 3 g/m3	Ammonium	Nitraat	Totaal-N	Ortho-fosfaat	Totaal-P	Silicium	Chlorofyl-a	Detritus C	Doorzicht (Secchi)	Saliniteit	Temperatuur
	Getijsscenario's en autonome ontwikkeling	g-C/m2/j	ha	g-N/m3	g-N/m3	g-N/m3	g-P/m3	g-P/m3	g-Si/m3	mg/m3	g-C/m3	m	psu	oC
Auto_10	Autonome ontwikkeling bij 10 cm zeespiegelstijging ten opzichte van 1995	289	1300	0,037	0,17	0,59	0,027	0,037	0,27	5,3	0,34	2,2	30,1	11,7
Auto_40	Autonome ontwikkeling bij 40 cm zeespiegelstijging ten opzichte van 1995	275	1110	0,034	0,15	0,56	0,029	0,037	0,25	4,8	0,32	2,3	30,2	11,8
RGV	Rijksstructuurvisie 50cm getij	463	540	0,039	0,19	0,65	0,018	0,032	0,26	7,7	0,49	2,1	30,8	11,8
BA	Basis 50 cm getij	469	530	0,038	0,19	0,65	0,018	0,032	0,25	7,8	0,50	2,1	30,8	11,8
BBW	Basis 50 cm getij met peilverlaging in Broedseizoen en Winteropzet	465	520	0,038	0,19	0,65	0,018	0,032	0,25	7,8	0,49	2,1	30,8	11,8
BS	Basis 50 cm getij met scheefstandcorrectie voor windopzet	467	540	0,038	0,19	0,65	0,018	0,032	0,25	7,7	0,49	2,1	30,8	11,8
BM	Verlaagd middenpeil 50 cm getij	459	530	0,039	0,19	0,65	0,018	0,032	0,25	7,7	0,49	2,1	30,8	11,8
BMBW	Verlaagd middenpeil 50 cm getij en peilverlaging in Broedseizoen en Winteropzet	455	530	0,039	0,19	0,65	0,018	0,032	0,25	7,7	0,49	2,1	30,8	11,8
TMBW	Tussenscenario 40 cm getij met peilverlaging in Broedseizoen en Winteropzet	447	640	0,039	0,19	0,65	0,018	0,032	0,25	7,6	0,48	2,1	30,8	11,8
BG	Kleinere getijslag 30 cm getij	445	850	0,038	0,18	0,64	0,018	0,031	0,25	7,5	0,47	2,2	30,8	11,8
BGS	Kleinere getijslag 30 cm getij met peilverlaging in Broedseizoen en Winteropzet	440	910	0,038	0,18	0,64	0,018	0,031	0,25	7,4	0,46	2,2	30,8	11,8
BGBW	Kleinere getijslag 30 cm getij met scheefstandcorrectie voor windopzet	441	860	0,038	0,18	0,64	0,018	0,032	0,25	7,5	0,47	2,2	30,8	11,8

1.5.3 Prognose macrobenthos

In Tabel 10 is een prognose opgenomen voor de ontwikkeling van macrobenthos in de autonome situatie en bij invoering van 30-50 cm gedempt getij. De ontwikkeling is ingeschat aan de hand van twee voedselgildes:

- bodemetende soorten (deposit en (sub) surface deposit feeders): sommige soorten wormen (bijv. wadpier), slakken (bijv. wadslakje) en tweekleppigen (bijv. nonnetje, platte slijkgaper). Deze soorten voeden zich met detritus en microphytobenthos dat ze van de bodem opzuigen of afgrazen.
- filtrerende soorten (suspension feeders): sommige soorten tweekleppigen (bijv. kokkel, mossel, oester), wormen (bijv. schelpkokerworm) en slakken (bijv. muiltje), anemonen, zakpijpen, sponzen etc. Filtrerende soorten filteren voedsel uit het water, vnl. fytoplankton.

Autonome ontwikkeling bij 40 cm zeespiegelstijging: De verwachting is dat de samenstelling van de macrobenthosgemeenschap niet stabiel zal zijn, net zoals dat ook in de afgelopen decennia na de afsluiting het geval was. Biomassa en dichtheden nemen in de recente jaren weliswaar af (op basis van MWTL), maar hebben in het verleden ook fluctuaties laten zien en het is niet met zekerheid te zeggen of deze trend doorzet of dat er in de toekomst weer sprake zal zijn van een toename. In het verleden hebben exoten, zoals het muiltje en daarna de Japanse oester, grote invloed gehad op de samenstelling en ontwikkeling van de macrobenthosgemeenschap (Mulder et al., 2019). De mogelijks verdere toename van de Japanse oester zal de macrobenthosgemeenschap verder beïnvloeden. Als biobouwer en belangrijke structuurvormende soort heeft de Japanse oester een grote impact op de aanwezige benthische fauna (Wallis et al., 2015). Ook in de toekomst kunnen nieuwe exoten zich vestigen waarvan sommige soorten dominant kunnen worden. Ook schuift verspreiding van soorten op zoals onderzocht door Birchenough et al. (2011): macrobenthos soorten kunnen tot wel 50 km per decennium opschuiven richting het noorden als gevolg van opwarming van het zeewater. Dit kan zowel positieve als negatieve gevolgen hebben voor het ecosysteem en is op voorhand niet te voorspellen.

Modelberekeningen laten zien dat het areaal met langdurig lage zuurstof concentraties gemiddeld circa 15% zal afnemen van 1300 ha in 2025 naar 1110 ha bij 40 cm zeespiegelstijging (Maarse et al., 2019). Metingen in de afgelopen 20 jaar laten zien dat dit areaal sterk kan fluctueren (800-1600 ha) voornamelijk afhankelijk van wind- en temperatuur condities in de zomer. De macrobenthosgemeenschap heeft baat bij een afname van het zuurstofarm areaal. Echter kan de gemeenschap ook weer een klap krijgen in een jaar met een hete en windstille zomer. Ook is de verwachting dat de seizoenen gaan verschuiven en het groeiseizoen van de algen (als de gemiddelde temperatuur boven 5°C komt) steeds eerder in het jaar zal beginnen (naar circa begin maart in 2050 t.o.v. eerste helft april in 2000) (KNMI, 2015) wat mogelijk ook gevolgen heeft voor de zuurstofvraag. Primaire productie zal vroeger in het jaar op gang komen wat het hele voedselweb in het Grevelingenmeer zal beïnvloeden. Veranderingen in neerslagpatronen (meer en meer extreme neerslag) zullen leiden tot veranderingen in overslag van polderwater. De fysisch-chemische veranderingen als gevolg van klimaat verandering zoals temperatuur, zuurgraad, stratificatie, zuurstofvraag zullen gevolgen hebben voor de macrobenthosgemeenschap doordat dit doorwerkt in o.a. transport van larven, zuurstof beschikbaarheid, veranderingen in plankton samenstelling en beschikbaarheid (Birchenough et al., 2015). Het is onbekend hoe dit precies gaat verlopen en door deze grote onzekerheden en complexe interacties is het niet mogelijk om een precieze voorspelling te doen hoe de macrobenthosgemeenschap zal ontwikkelen.

Ontwikkeling na introductie van 30-50 cm getij (na 2025): Modelberekeningen laten zien dat de primaire productie zal toenemen naar 440-467 g-C/m²/j (gemodelleerd voor het jaar 2025) afhankelijk van het getijscenario ten opzichte van 289 C/m²/j bij 10cm zeespiegelstijging. Het zuurstofarm areaal bij getijscenario's varieert van 510-910 ha ten opzichte van 1300 hectare in de autonome ontwikkeling zonder getij bij 10 cm zeespiegelstijging. Door aanwezigheid van gedempt getij kan het systeem robuuster omgaan met variatie in temperatuur (Maarse et al., 2019). Dit betekent dat variatie van het oppervlakte met langdurig lage zuurstofconcentratie minder groot zal

zijn als in de huidige situatie. De verwachting is de toename in algen (primaire productie), wat tezamen met een grotere waterbeweging voornamelijk ten goede zal komen aan filtrerende macrobenthos en in het bijzonder de schelpdieren (Japanse oester, platte oester, kokkel, mossel, etc.). Echter ook andere soorten filtrerende macrobenthos, zoals zakpijpen, sponzen, (rib)kwallen en anemonensoorten, kunnen hiervan profiteren. Hardsubstraat soorten die nu ook op de vooroevers van de dijken voorkomen, zullen profiteren van de toename in ontwikkeling van riffen van schelpdieren (Japanse en platte oester) waar ze zich op kunnen vestigen, bijvoorbeeld wieren (ondiepe zone), sponzen, zakpijpen, mosdiertjes, anemonen maar ook mobiele soorten zoals krabben soorten, garnalen, grondels en kreeft. Door toename in waterbeweging komen algen beter beschikbaar voor sessiele macrobenthos en daarnaast zorgen de verbeterde zuurstofcondities ervoor dat er een groter areaal potentieel geschikt leefgebied beschikbaar komt. Stroomminnende soorten zullen waarschijnlijk toenemen. De waterbeweging zal er ook voor zorgen dat het organisch materiaal meer wordt verspreid. Dit kan opgenomen worden door zoöplankton of het zakt uit naar het sediment waar het opgenomen wordt door macrobenthos. Het systeem zal qua soortensamenstelling meer op de Oosterschelde gaan lijken.

Tabel 10. Inschatting van de ontwikkeling van macrobenthos in het Grevelingenmeer bij autonome ontwikkeling en 30-50 cm getij. Er is een onderverdeling gemaakt in 'bodemetende macrobenthos' (deposit en (sub) surface deposit feeders) en 'filtrerende macrobenthos' (suspension feeders). De scores --/-/0/+ /++ geven de verwachte trend aan ten opzichte van de huidige situatie (zeer negatief/negatief/neutral /positief/zeer positief) voor dichtheden, biomassa en soortenrijkdom op basis van expert oordeel. ?=onbekend. *Gebaseerd op de MWTL dataset.

Prognose ontwikkeling macrobenthos	Huidige trend*			Autonome ontwikkeling bij 40 cm zeespiegelstijging t.o.v. 1995			30-50 cm getij na 2025		
	Dichtheden	Biomassa	Soortenrijkdom	Dichtheden	Biomassa	Soortenrijkdom	Dichtheden	Biomassa	Soortenrijkdom
Bodemetende macrobenthos	0/+ ¹	0/+ ¹	?	0/?	0/?	0/?	+	+	0/+
Filtrerende macrobenthos	-1	-/0 ¹	?	0/?	0/?	0/?	++	++	+

¹Gebaseerd op Mulder et al. (2019)

1.5.4 Prognose vissen

In Tabel 11 is een prognose opgenomen voor de ontwikkeling van vis in de autonome situatie en bij invoering van 30-50 cm gedempt getij. De ontwikkeling is ingeschat aan de hand van twee groepen welke een verschillend deel van de waterkolom representeren:

- Bentische vissen: vissen met een nauwe of permanente link met de bodem, zoals de zwarte grondel, brakwatergrondel en schol.
- Pelagische vissen: vissen welke leven in de waterkolom, tussen het wateroppervlak en de bodem, zoals kooraarvissen, sprat en haring.

Autonome ontwikkeling bij 40 cm zeespiegelstijging: De verwachting is dat de samenstelling van de vispopulatie enigszins zal veranderen maar dat de biomassa relatief gelijk zal blijven. Precieze inschattingen zijn lastig te maken omdat vissen in de autonome ontwikkeling zullen worden blootgesteld aan vele veranderingen welke voornamelijk gerelateerd zullen zijn aan klimaatverandering en daaraan gekoppeld het sluisbeheer. De Brouwerssluis en de Flakkeese

spuisluis zullen vaker dicht gaan om het peil in het Grevelingenmeer te kunnen handhaven bij zeespiegelstijging wat niet gunstig is voor vissen doordat zo minder uitwisseling plaatsvindt met de Noordzee met als gevolg een mogelijke daling in het aantal soorten en biomassa. Wel geven modelberekeningen aan dat in de autonome ontwikkeling het zuurstofarm areaal bij de bodem iets zal afnemen door minder uitwisseling met de Voordelta (Maarse et al., 2019). Net als voor macrobenthos geldt ook voor vissen dat het lastig op voorhand in te schatten is hoe de visgemeenschap zal ontwikkelen omdat zuurstofarm areaal van jaar tot jaar sterk kan verschillen en in de toekomst een toename in het aantal jaren met warme zomers te verwachten zijn. Dit is ongunstig voor vissen. Deze veranderingen kunnen ook invloed hebben op vispopulaties zoals verandering van migratiegedrag, verschuiving van habitats, veranderingen in foerageer- en paai gedrag, etc. waardoor de vissamenstelling in het Grevelingenmeer kan veranderen. Zo wordt voorspeld door Birchenough et al. (2011) dat klimaatverandering vergaande effecten zal hebben op voorkomen van vissen doordat opwarming invloed heeft op het moment van paaien en de match of mismatch met de timing van het kuitschieten en de beschikbaarheid van voedsel, aanwezigheid van predatoren etc. en geografische verspreiding van soorten zal verschuiven (vermoedelijk meer naar het noorden). Veranderingen in vispopulaties in de Voordelta zijn bepalend voor uitwisseling van soorten met het Grevelingenmeer. In de Voordelta vinden duidelijke verschuivingen plaats in soortensamenstelling binnen de visgemeenschap, zowel qua grootteverdeling als aqua soortensamenstelling. Er is sprake van een verschuiving naar kleinere vissen maar ook een verschuiving van biomassa van marien juvenielen naar residente soorten (Tulp 2015). Daarnaast speelt watertemperatuur, waarvan de verwachting is dat deze geleidelijk gaat stijgen als gevolg van klimaatverandering, een belangrijke rol omdat vissen koudbloedige dieren zijn. Zo wordt bijvoorbeeld gesuggereerd dat stijgende temperaturen in de Waddenzee bijdragen aan een verschuiving in de verspreiding van jonge platvis, resulterend in een afnemende dichtheid in de Waddenzee (Tulp et al. 2015). Soortgelijke veranderingen kunnen zich ook voordoen in de Delta. Echter, andere soorten (warmwatersoorten) gedijen juist beter in warmer water. De verwachting is daarom dat voornamelijk de verschuiving naar kleinere vissen, naast een verandering in sluisbeheer, invloed zal hebben op de intrek van vis. Vanwege de grote onzekerheden over klimaatveranderingen is het niet mogelijk een precieze voorspelling te doen hoe de visgemeenschap in de autonome ontwikkeling zal veranderen.

Ontwikkeling bij 30-50 cm getij (na 2025): De ontwikkeling van vis in het Grevelingenmeer zal o.a. afhankelijk zijn van het voedselaanbod, de zuurstofconcentraties op de bodem en de intrek van vis vanuit de Voordelta. Modelresultaten laten zien dat primaire productie zal toenemen tezamen met een grotere waterbeweging (Maarse et al., 2019). De verwachting is dat dit voornamelijk ten goede komt aan pelagische vissen. Daarnaast zullen bodemvissen profiteren van verbeterde zuurstofconcentraties op de bodem en daarmee de positieve gevolgen op het bodemleven, doordat hun leef- en foerageergebied groter wordt. Op basis hiervan is de verwachting dat in een situatie met gedempt getij zowel bodemvissen als pelagische vissen zullen toenemen doordat het Grevelingenmeer als geheel een geschikter leefgebied wordt. Daarnaast is er meer uitwisseling tussen het Grevelingenmeer en de Noordzee door de aanwezigheid van het doorlaatmiddel. De mate van uitwisseling is echter afhankelijk van het sluisbeheer (doorlaatmiddel, Brouwerssluis en Flakkeese spuisluis) en processen die zich afspelen in de Voordelta. De verwachting is dat de grotere uitwisseling met de Noordzee via het doorlaatmiddel zal resulteren in een toename van vis vanuit de Voordelta maar dat de biomassa afkomstig uit de Voordelta beperkt zal blijven aangezien het voornamelijk kleinere vissen betreft.

Tabel 11. Inschatting van de ontwikkeling van vissen in het Grevelingenmeer bij autonome ontwikkeling en 30-50 cm getij. Er is een onderverdeling gemaakt in 'benthische vissen' en 'pelagische vissen'. De scores --/-/0/+ /++ geven de verwachte trend aan ten opzichte van de huidige situatie (zeer negatief/ negatief /neutraal /positief/zeer positief) voor dichtheden, biomassa en soortenrijkdom op basis van expert oordeel. ?=onbekend.

Prognose ontwikkeling vissen	Huidige trend			Autonome ontwikkeling bij 40 cm zeespiegelstijging t.o.v. 1995			30-50 cm getij na 2025		
	Dichtheden	Biomassa	Soortenrijkdom	Dichtheden	Biomassa	Soortenrijkdom	Dichtheden	Biomassa	Soortenrijkdom
Benthische vissen	-/0	-/0	-/0	0/?	0/?	0/?	+	+	+
Pelagisch vissen	0	0	0	0/?	0/?	0/?	+	+	+

1.5.5 Prognose vogels (Delta Project Management)

De prognose voor vogels is uitbesteed door Wageningen Marine Research aan Delta Project Management. Een samenvatting van de resultaten is hier opgenomen. Voor een uitgebreidere beschrijving en alle resultaten wordt verwezen naar Arts et al. (2019). De inschatting van de toekomstige ontwikkelingen is gebaseerd op expert oordeel in combinatie met de huidige kennis van het watersysteem. Met name de kennisleemtes met betrekking tot prooidierbestanden en prooikeuze van viseters en bodemdiereters in het Grevelingenmeer maakt voorspellen lastig en onzeker.

Broedvogels

Bij de broedvogels gaat het naast de bruine kiekendief vooral om kustbroedvogels (Tabel 12). Deze kustbroedvogels zijn allemaal broedvogels van schaars begroeide oevers en pioniervegetaties. Sinds de afsluiting van het Grevelingenmeer is een proces van vegetatiesuccessie op gang gekomen. Deze is snel gegaan op de hoogste delen van de voormalige schorren die snel verzoet zijn. Op de lagere delen gaat dit veel langzamer en dit proces is nog steeds gaande. In grazige vegetaties komen her en der struikjes op (duindoorn, wilg en kruipwilg), zodat op lange termijn hier dicht struikgewas en uiteindelijk bos zal ontstaan. Zonder ingrepen zal de grens van deze opgaande vegetatie steeds dicht naar het water kruipen. Voor kustbroedvogels is dit nadelig omdat bos en struikgewas een verblijfplaats en uitvalsbasis vormen voor predatoren. Deze ontwikkeling wordt door de beheerder op veel plaatsen tegengegaan door maaien en begrazing en aanleggen van schelpenstrandjes. Daarnaast zijn afgelopen jaren door de beheerder (Staatsbosbeheer) eilandjes aangelegd om kustbroedvogels een plek te geven, met wisselend succes. Ook voor de nabije toekomst liggen er plannen om eilandjes aan te leggen. Een ongewenst neveneffect is de vestiging van zilver- en kleine mantelmeeuwen op een deel van deze eilandjes, waardoor ze minder geschikt zijn voor de meer kwetsbare Natura2000-soorten van de kustbroedvogels. Ook de vos maakt een opmars door in het Deltagebied en het is te verwachten dat deze zich definitief gaat vestigen in het Grevelingenmeer. Bij autonome ontwikkeling is over het algemeen een afname van kustbroedvogels te verwachten. De mate waarin hangt sterk af van de inspanningen van de beheerders.

Tabel 12. Prognose voor ontwikkeling van broedvogels bij getijscenario's. Met in de eerste kolom de huidige aantallen (jaargemiddelde), in de tweede kolom een schatting van de autonome ontwikkeling en in de daaropvolgende zeven kolommen van de verschillende getijscenario's. Grijs: geen duidelijke afwijking van de huidige aantallen. Groen: een hoger jaargemiddelde dan de huidige aantallen. Rood: een lager jaargemiddelde dan de huidige aantallen.

Scenario	Huidige aantal (gemiddelde 2013-2017)	Autonome ontwikkeling	Scenarios 'Rijksstructuurvisie 50cm getij' & 'Basis 50cm getij'			Scenario's 'Verlaagd middenpeil 50cm getij' & 'Kleinere getijslag 30cm getij'			Tussen-scenario ofwel 40/-30
			Geen	Optimalisaties 'Broedseizoen' + 'Winteropzet'	Plus optimalisatie 'Scheefstand compensatie'	Geen	Optimalisaties 'Broedseizoen' + 'Winteropzet'	Plus optimalisatie 'Scheefstand compensatie'		Optimalisaties 'Broedseizoen' + 'Winteropzet'
Dwergstern	131	50-300	0	0-50	0	0	0-50	0	40-150
Grote stern	1303	0-3000	0	0	0	0	0-1500	0	0-3000
Visdief	650	300-1000	0	100-300	0	0-200	100-300	0-200	200-1000
Kluut	191	150-200	10-50	50-100	10-50	25-50	50-100	25-50	100-200
Bontbekplevier	10	5-12	0	0-5	0	0-4	0-5	0-4	5-10
Strandplevier	47	10-50	0	0-10	0	0	0-10	0	10-30
Bruine Kiekendief	15	5-15	5-10	5-10	5-10	5-15	5-15	5-15	5-15

Niet-broedvogels: viseters, bodemdiereters, planteneters en roofvogels

De groep van watervogels is divers, evenals hun ecologie. De huidige en toekomstige ontwikkelingen verschillen daarom sterk per soort en soortgroep. Voor een beschrijving van de ontwikkeling per soort (trends en prognoses) zie Arts et al. (2019).

Autonome ontwikkeling

Viseters - De autonome ontwikkeling voor viseters hangt af van de ontwikkelingen in de visfauna. De verwachting is dat de samenstelling van de vispopulatie enigszins zal veranderen door klimaatverandering maar dat de biomassa relatief gelijk zal blijven. De reden van de recente afname van de meeste viseters is niet bekend, maar heeft naar alle waarschijnlijkheid met de voedselsituatie in het Grevelingenmeer te maken. In de autonome ontwikkeling is de verwachting dat aantallen van de meeste viseters niet zullen toenemen; voor geoorde fuut en dodaars is de verwachting dat aantallen verder zullen afnemen. Geoorde futen nemen elders in de zoute delta juist toe maar laten een negatieve trend zien in het Grevelingenmeer, daarom lijkt de afname van prooidieren voor deze soort de vermoedelijke oorzaak. Voor de dodaars geldt dat elders in de zoute delta sprake is van stabiliserende aantallen in de laatste jaren terwijl ze in het Grevelingenmeer verder afnemen.

Bodemdiereters - Voor de meeste soorten Bodemdiereters (vooral steltlopers) is de verwachting dat aantallen niet zullen toenemen in de autonome ontwikkeling. De wulp neemt recent toe en de verwachting is dat deze soort nog verder in aantallen kan toenemen.

Planteneters - De meeste soorten planteneters zijn minder afhankelijk van het onderwaterleven omdat ze al grazend op het land hun voedsel bemachtigen. De trends in het Grevelingenmeer wijken in de meeste gevallen niet af van regionale of internationale trends.

Gedempt getij

Ook de invoering van een gedempt getij zal voor elke soort weer andere gevolgen hebben (*Tabel 13*). Enkele soorten watervogels komen vooral in het Grevelingenmeer voor omdat ze er ook broeden, te weten kluut en strandplevier. Door verlies aan broedareaal bij invoering van getij zullen deze soorten ook als watervogel afnemen.

Viseters - Invoering van gedempt getij zal naar verwachting leiden tot een verbetering van de vispopulatie. Omdat het doorzicht vergelijkbaar blijft, zouden viseters van open water daarom kunnen profiteren van het invoeren van het getij. Invoering van getij lijkt echter geen garantie voor toename van het aantal viseters. In de Oosterschelde zijn de aantallen viseters juist lager dan in het stagnante Grevelingenmeer. De getijslag in de Oosterschelde is veel groter (bijna 3 meter) dan in de getij alternatieven in het Grevelingenmeer (maximaal 50 cm). Hier spelen vermoedelijk meerdere complexe processen een rol waar nog maar weinig over bekend is. Dit laat zien dat het lastig is om voorspellingen te doen. Voor lepelaar en kleine zilverreiger is de verwachting dat hun aantallen zullen toenemen bij gedempt getij, aangezien deze soorten veel foerageren in intergetijdengebieden.

Bodemdiereters - Grosso modo leidt invoering van getij tot een flink areaal aan intergetijdengebied. In potentie is dit foerageergebied voor de bodemdiereters. Het creëren van intergetijdengebied zal bij gedempt getij dus leiden tot een toename in bodemdiereters die bij laag water op de slikken en zandplaten foerageren. Bij 50 cm ontstaat er een groter oppervlakte intergetijdengebied dan bij 30 cm, wat naar alle waarschijnlijkheid tot grotere aantallen zal leiden bij 50 cm. Daarnaast speelt droogvalduur verdeling en voedselbeschikbaarheid een rol in de kwaliteit van het intergetijdengebied als foerageergebied voor bodemdiereters. De scenario's zullen hier een verschillende invloed op hebben en het mogelijke effect op de kwaliteit van het foerageerhabitat dient nader onderzocht te worden.

Planteneters - De meeste soorten planteneters zijn minder afhankelijk van het onderwaterleven omdat ze al grazend op het land hun voedsel bemachtigen.

Tabel 13. Prognose ontwikkeling van niet-broedvogels bij getijsscenario's. Met in de eerste kolom de huidige aantallen (jaargemiddelde), in de tweede kolom een schatting van de autonome ontwikkeling en in de daaropvolgende zeven kolommen van de verschillende getijsscenario's. Grijs: geen duidelijke afwijking van de huidige aantallen. Groen: een hoger jaargemiddelde dan de huidige aantallen. Rood: een lager jaargemiddelde dan de huidige aantallen. *= Roofvogels

Scenario	Huidige aantal (gemiddelde 2013-2017)	Autonome ontwikkeling	Scenarios 'Rijksstructuurvisie 50cm getij' & 'Basis 50cm getij'			Scenario's 'Verlaagd middenpeil 50cm getij' & 'Kleinere getijslag 30cm getij'			Tussen-scenario ofwel 40/-30
			Geen	Optimalisaties 'Broedseizoen' + 'Winterropzet'	Plus optimalisatie 'Scheefstand compensatie'	Geen	Optimalisaties 'Broedseizoen' + 'Winterropzet'	Plus optimalisatie 'Scheefstand compensatie'	Optimalisaties 'Broedseizoen' + 'Winterropzet'
Aalscholver	304	200-800	100-1000	100-1000	100-1000	100-1000	100-1000	100-1000	Vissers
Dodaars	75	30-100	20-75	20-75	20-75	20-75	20-75	20-75	
Fuut	199	150-300	100-500	100-500	100-500	100-500	100-500	100-500	
Georde fuut	534	100-300	100-500	100-500	100-500	100-500	100-500	100-500	
Kleine Zilverreiger	7	5-15	5-25	5-25	5-25	5-25	5-25	5-25	
Kuifduiker	3	1-5	1-10	1-10	1-10	1-10	1-10	1-10	
Lepelaar	27	20-40	20-100	20-100	20-100	20-200	20-200	20-150	
Middelste Zaagbek	1255	1000-2000	500-1000	500-1000	500-1000	500-1000	500-1000	500-1000	
Bergeend	1579	1500-2000	1500-3000	1500-3000	1500-3000	1500-3000	1500-3000	1500-3000	
Bontbekplevier	77	30-150	30-300	30-300	30-300	30-300	30-300	30-300	
Bonte strandloper	805	800-1500	800-3000	800-3000	800-3000	800-3000	800-3000	800-3000	Bodemdiereaters
Brielduiker	141	75-150	50-150	50-150	50-150	50-150	50-150	50-150	
Goudplevier	1507	1200-2000	1000-2000	1000-2000	1000-2000	1000-2000	1000-2000	1000-2000	
Kievit	1754	1500-2500	1250-2500	1250-2500	1250-2500	1250-2500	1250-2500	1250-2500	
Kluut	51	25-60	10-40	10-40	10-40	10-40	20-40	20-60	
Rosse grutto	32	20-40	20-100	20-100	20-100	20-100	20-100	20-100	
Scholekster	229	100-250	100-400	100-400	100-400	100-400	100-400	100-400	
Steenloper	19	15-30	15-40	15-40	15-40	15-40	15-40	15-40	
Strandplevier	15	5-15	0-5	0-5	0-5	0-5	0-5	5-10	
Tureluur	98	75-150	75-200	75-200	75-200	75-200	75-200	75-200	
Wulp	716	500-1500	500-3000	500-3000	500-3000	500-3000	500-3000	500-3000	Planteneeters
Zilverplevier	210	300-800	300-1500	300-1500	300-1500	300-1500	300-1500	300-1500	
Brandgans	3789	3000-5000	3000-6000	3000-6000	3000-6000	3000-6000	3000-6000	3000-6000	
Grauwe Gans	1889	1000-2500	1000-2500	1000-2500	1000-2500	1000-2500	1000-2500	1000-2500	
Kleine Zwaan	31	10-80	10-80	10-80	10-80	10-80	10-80	10-80	
Knobbelzwaan	145	50-200	50-250	50-250	50-250	50-250	50-250	50-250	
Kolgans	118	50-150	50-150	50-150	50-150	50-150	50-150	50-150	
Krakeend	122	50-200	50-200	50-200	50-200	50-200	50-200	50-200	
Meerkoet	731	500-1500	500-1000	500-1000	500-1000	500-1000	500-1000	500-1000	
Pijlstaart	108	100-200	100-250	100-250	100-250	100-250	100-250	100-200	
Rotgans	2295	2000-2500	2000-3500	2000-3500	2000-3500	2000-3500	2000-3500	2000-3500	
Slobeend	47	20-150	20-100	20-100	20-100	20-100	20-100	20-100	
Smient	2850	1000-4000	1000-4000	1000-4000	1000-4000	1000-4000	1000-4000	1000-4000	
Wilde eend	2386	1500-3500	1500-3500	1500-3500	1500-3500	1500-3500	1500-3500	1500-3500	
Wintertaling	330	200-800	200-800	200-800	200-800	200-800	200-800	200-800	
Slechtvalk	11	9-13	9-13	9-13	9-13	9-13	9-13	9-13	*

1.5.6 Prognose zeezoogdieren (Delta Project Management)

Gewone zeehond

De trend in het Grevelingenmeer volgt die van het Deltagebied. Gezien de sterk positieve trend in het Deltagebied wordt een verdere toename verwacht; al is onduidelijk hoe lang deze toename nog kan doorgaan (Tabel 14). Daarbij wordt er van uitgegaan dat in elk scenario de visstand voldoende zal zijn. Zeehonden komen via de sluis in het Grevelingenmeer terecht; een veilige doorgang voor zeehonden moet dan wel gegarandeerd zijn.

Grijze zeehond

De trend in het Grevelingenmeer volgt net als bij de gewone zeehond die van het Deltagebied. Ook voor deze soort wordt daarom een verdere toename verwacht (Tabel 14). Daarbij wordt er van uitgegaan dat in elk scenario de visstand voldoende zal zijn. Grijze zeehonden komen waarschijnlijk regelmatig door de sluis in de Brouwersdam dan gewone zeehonden; sterfte door verdrinking in fuiken is momenteel mogelijk een beperkende factor.

Tabel 14 Prognose ontwikkeling van zeezoogdieren bij getijsscenario's. Met in de eerste kolom de huidige aantallen (jaargemiddelde), in de tweede kolom een schatting van de autonome ontwikkeling en in de daaropvolgende zeven kolommen van de verschillende getijsscenario's. Grijs: geen duidelijke afwijking van de huidige aantallen. Groen: een hoger jaargemiddelde dan de huidige aantallen. Rood: een lager jaargemiddelde dan de huidige aantallen.

Scenario	Huidige aantal (gemiddelde 2013-2017)	Autonome ontwikkeling	Scenarios 'Rijksstructuurvisie 50cm getij' & 'Basis 50cm getij'			Scenario's 'Verlaagd middenpeil 50cm getij' & 'Kleinere getijslag 30cm getij'			Tussen-scenario ofwel 40/-30
Optimalisatie		Optimalisaties 'Broedseizoen' +	Geen	Optimalisaties 'Broedseizoen' + 'Winteropzet'	Plus optimalisatie 'Scheefstand compensatie'	Geen	Optimalisaties 'Broedseizoen' + 'Winteropzet'	Plus optimalisatie 'Scheefstand compensatie'	Optimalisaties 'Broedseizoen' + 'Winteropzet'
Gewone Zeehond	22	20-40	20-40	20-40	20-40	20-40	20-40	20-40	20-40
Grijze Zeehond	0,8	1-20	1-20	1-20	1-20	1-20	1-20	1-20	1-20

1.6 Kaderrichtlijn Water 2018 & prognose autonome ontwikkeling en getij (Bureau Waardenburg)

De update van de statusbeschrijving van KRW maatlatten en prognose voor autonome ontwikkeling en getijsscenario's is uitgevoerd door Bureau Waardenburg. De resultaten zijn door Bureau Waardenburg aangeleverd aan Wageningen Marine Research en zijn op verzoek van Rijkswaterstaat meegenomen in Bijlage 9.

2 Potentiële effecten op de huidige (terrestrische) Natura 2000 waarden

2.1 Materiaal en methodes

2.1.1 Habitatkaarten

Eén van de belangrijkste bronnen voor de effectstudie is een kaart met daarop de beschermde habitattypen van Natura 2000. Tot nu toe waren twee verschillende habitatkaarten van het Grevelingenmeer in omloop en zijn deze gebruikt voor bepaling van effecten (zie Tangelder et al., 2018). Beide habitatkaarten niet zijn beoordeeld of goedgekeurd door de Interbestuurlijke werkgroep Habitatkartering. Dit leidde tot verschillen in enkele effectstudies voor het Grevelingenmeer die eerder zijn uitgevoerd (Tangelder et al., 2018). De eerste kaart is opgesteld door het voormalige Alterra (nu Wageningen Environmental Research), op verzoek van LNV, en gebaseerd op relatief oude, maar goed onderbouwde vegetatiekaarten en aanvullende veldgegevens uit de periode 2001-2010. De tweede is gebaseerd op recentere data, namelijk een kartering die is uitgevoerd door van Bureau Waardenburg in opdracht van Rijkswaterstaat in 2011 (Reitsma & de Jong 2013). In het bestand van deze laatste, meer recentere kaart, ontbrak echter een onderbouwing van de habitattypen met vegetatietypen. Deze onderbouwing bleek echter tijdens de huidige studie wel voor handen, in de vorm van een los beschikbaar Excel bestand.

Voor de in dit onderzoek gebruikte habitatkaart is uitgegaan van de laatste kartering, uit 2011 (in het vervolg '2011-habitatkaart'), waarbij het onderbouwde Excel-bestand is gekoppeld met het GIS-bestand. Wel zijn enige correcties in de kaart gedaan (zie verderop). De 2011-habitatkaart is opgenomen in Bijlage 10. Deze komt het dichtst in de buurt van de situatie ten tijde van het aanwijzingsbesluit (2013), wat de reden is om deze te gebruiken. Dat moment is juridisch relevant voor beoordeling van effecten en veranderingen. De inschatting is dat er in de periode tussen 2011 en 2013 relatief weinig veranderd is. Dit wordt geconcludeerd uit de geringe veranderingen die – op basis van luchtfoto's – zijn geanalyseerd tussen de 2011 en 2018 situatie.

Habitatkaarten zijn vrijwel altijd gebaseerd op vegetatiekaarten. De vegetatietypen op die laatste kaarten worden gerefereerd aan het landelijk stelsel van plantengemeenschappen (Schaminée et al. 2017) en via deze landelijke typologie, en op basis van overige criteria vertaald naar de Europese Habitattypen. De criteria voor die vertaling zijn vastgelegd in de "profielen" van habitattypen (<https://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/gebiedendatabase.aspx?subj=profielen>). Voor de kaart uit 2011 is deze vertaling van lokale vegetatietypen, via landelijke plantengemeenschappen naar Europese habitattypen gecontroleerd en op enige plekken ook gecorrigeerd. Een toelichting op deze vertaling en de uitgevoerde correcties is gegeven in Bijlage 11.

2.1.2 Berekening directe verliezen

Voor het uitrekenen van de directe verliezen zijn een aantal stappen uitgevoerd:

- Met behulp van 3D watersysteem modellering zijn voor ieder getijscenario hydrodynamische modelberekeningen uitgevoerd met het Delft3DFlow model (zie Maarse et al., 2019 en toelichting paragraaf 1.5.2.). Waterstandsvariaties voor ieder getijscenario kunnen uit dit model worden afgeleid. Voor 26 locaties, verspreid over het Grevelingenmeer (Bijlage 12), zijn de door het model berekende waterstanden uitgevoerd voor de periode van 1 november 2007 tot en met 31 december 2008. Deltares heeft deze model uitkomsten aangeleverd aan Wageningen Marine Research. Als voorbeeld zijn de resultaten van de door het model berekende waterstanden per getijscenario voor drie locaties GTSO 1 (nabij Brouwerssluis), GTSO 12 (middendeel nabij Bommenede) en GTSO 20 (nabij de Flakkeese Spuissluis) opgenomen in Bijlage 13.

- Om effecten op Natura 2000 waarden en de intergetijdengebieden te berekenen is in het kader van deze studie een gebied dekkende bathymetriekaart gemaakt. Deze kaart is gebaseerd op het algemeen hoogtebestand Nederland (AHN3 DTM, opgenomen in 2014 en 2017), aangevuld met de lodinggegevens van 2014. De ondiep watergedeelte en de overgangen land water, waar geen AHN en vakloding beschikbaar zijn, zijn in 2018 opgenomen met behulp van RTK metingen en single-beam metingen met een ondiep stekend vaartuig. Bij de Flakkeese Spuisluis is gebruikt gemaakt van een multi-beam loding van maart 2018. De havens rond het Grevelingenmeer zijn niet opgenomen, en hier is een diepte van NAP -3 m aangenomen. Er ontbraken meetgegevens voor de ondiepe delen bij Herkingen en Dijkwater. Op basis van aanvullende metingen in het veld (2018) is hier een diepte van NAP - 0,75 m aangenomen. Voor de zwem- en surfstrandjes bij de Grevelingendam is een diepte van NAP -1 m aangenomen en voor een ondiep gebied tussen de Veermansplaat en Hompelvoet is een diepte van NAP -1.5 m aangenomen. De Kleinere gaten zijn gedicht door middel van interpolatie (inverse distance weighting in R), hetgeen resulteerde in een gebied dekkende kaart op een 20x20 meter grid (Bijlage 12).
- Om de verliezen van Natura 2000 habitats en leefgebied van soorten te kunnen berekenen zijn de voorspelde waterstanden gecombineerd met de dieptekaart. Het resultaat is vergeleken met de 2011-habitatkaart om de arealen potentieel verlies aan habitatype en leefgebied van soorten te bepalen. De rekenregels die hiervoor zijn gebruikt zijn weergegeven in paragraaf 2.5.

2.1.3 Leefgebied Natura 2000-soorten

Voor de Noordse woelmuis en Groenknolorchis zijn verspreidingsgegevens verkregen van Staatsbosbeheer. Het betreft puntlocaties van waarnemingen uit de periode 2005 t/m 2018 voor Groenknolorchis, en 1973 t/m 2017 voor de Noordse woelmuis. In eerste instantie is voor beide soorten een selectie van kaartvlakken gemaakt uit de habitatkaart. Die selectie is gebaseerd op voorkomens van de soort (vanaf 2005) en op vegetatietypen die als geschikt leefgebied worden beschouwd (zie ook Tekstbox 1 Leefgebied Soorten). Voor de Groenknolorchis zijn dit met name de duinvallei-begroeiingen, maar ook brakke graslanden en ook enkele zilte graslanden, waarvoor door experts is aangegeven dat die (door verdere ontzilting) inmiddels exemplaren van de orchidee herbergen. De inventarisatie van Groenknolorchis is te beschouwen als volledig, en daarom is er alleen sprake van "bezet leefgebied" volgens de definities uit het onderstaand Tekstbox 1. Voor de Noordse woelmuis zijn in eerste instantie alle ruigten, rietlanden en natte graslanden (incl. zilte graslanden en duinvalleibegroeiingen) geselecteerd waarin waarnemingen van de soort zijn gedaan, inclusief nabijgelegen gedeelten met dezelfde vegetatie ("mogelijk bezet leefgebied"). Het bleek echter dat dit een aanzienlijke overschatting geeft van het areaal geschikt leefgebied (zie paragraaf 2.2). Dit komt omdat de korte vegetaties (natte graslanden) feitelijk niet optimaal geschikt zijn voor de soort. In de gebieden met intensief beheer (maaien of begrazing), zoals bijvoorbeeld op de Hompelvoet, komt de soort met name voor in smalle randen, bijvoorbeeld op de overgang van kort grasland naar struweel (De Kraker 2019). Dergelijke smalle overgangszones staan doorgaans niet als eigen kaartvlak op de vegetatiekaart. Het is daardoor op dit moment niet mogelijk om, met de vegetatiekaart uit 2011, het leefgebied van de Noordse woelmuis goed op kaart te zetten. Een combinatie van de voorkomens met kaartvlakken met geschikt habitat levert een veel te grote inschatting van de oppervlakte geschikt leefgebied op (bijna 700 ha). We baseren de autonome ontwikkeling daarom op expert-gegevens van Kees de Kraker (Tabel 12). Voor de berekening van de effecten van de verschillende scenario's via ruimtelijke modellen wordt wel met de (te ruime) GIS-bestanden gerekend, omdat dit de enige ruimtelijke informatie is die digitaal beschikbaar is.

Van belang: omdat de GIS-bestanden waarmee de analyses zijn gedaan een te grote oppervlakte leefgebied indiceren, moeten de getallen uit die analyse alleen onderling, relatief beschouwd worden (welk scenario heeft meeste effect), en niet als absolute waarden van de oppervlakte die verloren gaat.

Tekstbox 1: Leefgebied Soorten

(op basis van informatie van Dick Bal, LNV en Sierdsema et al. 2016)

In 2016 is door SOVON een landelijke systematiek voor de opstelling van leefgebiedkaarten ontwikkeld in opdracht van BIJ12 (Sierdsema et al. 2016). Er zijn ook kaarten gemaakt voor de leefgebieden van een groot aantal Natura 2000-soorten, maar deze zijn voor heel Nederland gemaakt en mede daardoor – voor wat betreft het Grevelingenmeer– niet gebaseerd op de best beschikbare informatie (zoals de habitatkaart uit 2011).

In de SOVON-methodiek worden drie categorieën leefgebied onderscheiden:

Geschikt leefgebied: gebied dat op grond van de aanwezige terreinkenmerken voor de betreffende soort geschikt is voor de in het aanwijzingsbesluit genoemde functie(s). Bij de afbakening van geschikt leefgebied wordt hier uitgegaan van terreinkenmerken, niet van stikstofdepositie of verstoringinvloeden.

Bezet leefgebied: het gedeelte van het geschikt leefgebied dat de soort op dit moment voor de in het aanwijzingsbesluit genoemde functie(s) gebruikt. Daarbij wordt voor de afbakening in principe uitgegaan van beschikbare waarnemingen van de laatste 10 jaar. Wanneer de beschikbaarheid van gegevens of de aard van bepaalde soorten dat vraagt, kan een andere periode worden genomen. De reden voor het hanteren van een andere periode wordt dan toegelicht.

Mogelijk bezet leefgebied: Het gedeelte van het geschikt leefgebied waar op grond van de beschikbare waarnemingen niet bekend is dat de soort er thans voorkomt. Daarbij geldt voor de waarnemingsperiode hetzelfde als bij bezet leefgebied.

In de praktijk geldt de formule: "bezet + mogelijk bezet = geschikt". Maar het is denkbaar dat er nog een categorie 'onbezet' is, namelijk als je beschikt over 'harde nulwaarnemingen' in geschikt gebied.

Bezet leefgebied behoort tot de instandhoudingsdoelen indien het aanwezig was ten tijde van de aanwijzing en daarnaast ook als het bijdraagt aan een beoogde uitbreiding. Voor mogelijk bezet leefgebied geldt hetzelfde: je moet het beschermen, maar je mag het nog niet inboeken als 'gerealiseerd'. Onbezet geschikt leefgebied behoort in beginsel niet tot de instandhoudingsdoelen, tenzij (mogelijk) bezet leefgebied is afgenomen na de aanwijzing (dan is herstel noodzakelijk) óf indien er een uitbreidingsdoel is waarvoor dit leefgebied nodig is.

De werkwijze zoals die door SOVON is beschreven bestaat uit een drietal stappen: (1) aangeven van habitateisen van de soort, (2) vertalen van deze eisen naar thematische eenheden in een ruimtelijk bestand (bijv. landgebruikskaart, topografische kaart, vegetatiekaart, etc.), en (3) controle door een soortexpert.

2.1.4 Overige data en bronnen

Voor de analyse van historische ontwikkeling zijn op de eerste plaats oude vegetatiekarteringen gebruikt (De Jong & de Kogel 1977, Van den Hoven & Mooren 1980, Keijzer 1989, Rijkswaterstaat Meetkundige Dienst 1993, Dijk & Inberg 2002, Van der Pluijm & de Jong 2003, Everts & de Vries 2004, Reitsma & de Jong 2013). Daarnaast is gebruik gemaakt van reeksen van vegetatie-opnamen op vaste punten (PQ's) door Kees de Kraker² en van losse vegetatie-opnamen uit de Landelijke Vegetatie Databank (www.synbiosys.alkterra.nl/lvd). Ook de jaarlijkse rapporten van Kees de Kraker vormden een belangrijke bron (o.a. De Kraker 2005, 2012, 2016, 2017, 2018).

Voor de autonome ontwikkeling is gebruik gemaakt van literatuur over successie van vegetatie in kustgebieden (o.a. Westhoff & Van Oosten 1991, Schaminée & Jansen 2001), en van eigen expertkennis over referentiegebieden in de omgeving.

² Helaas waren de PQ-gegevens van Anton van Haperen (Slikken van Flakkee) niet op tijd beschikbaar om gebruikt te worden in deze studie.

2.1.5 Effect beoordeling

De methodes en inschattingen die uitgevoerd zijn bij het bepalen van de effecten zijn in paragraaf 2.5 toegelicht.

2.2 Actuele oppervlakte habitattypen en leefgebieden

De oppervlakte van de in deze studie beschouwde habitattypen en de leefgebieden van Groenknolorchis en van Noordse woelmuis zijn aangegeven voor 2011 en 2018 in Tabel 15. Geconcludeerd wordt dat de veranderingen zo gering zijn, dat de (nog kleinere) verschillen tussen 2013 (jaar Aanwijzingsbesluit) ten opzichte van 2011 (jaar Data) als verwaarloosbaar kunnen worden beschouwd voor de beoogde analyse van effecten van invoer van getij. In alle verdere analyses is gewerkt met het areaal en de verspreiding in 2011, het jaar waaruit data beschikbaar zijn die het dichtst bij het jaar van het aanwijzingsbesluit liggen.

Tabel 15. Oppervlakten van habitattypen (in hectaren) in het Grevelingenmeer in 2011 (gebaseerd op een gecombineerde habitatkaart 2011/2013 aangevuld met luchtfoto's (arealen zijn vergrid)) en 2018 (inschatting op basis van luchtfoto's (arealen zijn vergrid)) en het verschil in areaal .

	Areaal 2011 (ha)	Areaal 2018 (ha)	Toe- /afname (ha)
H1310A Zilte pionierbegroeiingen (zeekraal)	180	170	-10
H1310B Zilte pionierbegroeiingen (zeevetmuur)	11	11	0
H1330B Schorren en zilte graslanden (binnendijks)	265	261	-4
H2190B Vochtige duinvalleien (kalkrijk)	436	435	-1
Geschikt leefgebied Noordse Woelmuis*	662	650	-12
Geschikt leefgebied Groenknolorchis	272	272	+1

**dit is een inschatting op basis van kaartvlakken waarin waarnemingen zijn gedaan; deze inschatting blijkt veel te ruim, zie paragraaf 2.1.3.*

Leefgebied Noordse woelmuis

De Noordse woelmuis leeft in relatief ruige, vochtige delen van de platen en eilanden, maar niet in opgaand struweel of bos. Het meest geschikt zijn ruigtes en iets hogere graslanden. De soort ondervindt concurrentie van aardmuis en veldmuis, en deze soorten zijn op Goeree aan het uitbreiden, waarbij ze oprukken richting de noordzijde van het Grevelingenmeer. Bij concurrentie weet de Noordse woelmuis zich alleen te handhaven in gebieden met sterk dynamische omstandigheden, met name 's winters nat staande delen. Ook kan de soort overleven op eilanden, zolang de concurrenten daar niet naar toe weten te komen. Behalve concurrentie van andere muizensoorten, heeft de soort ook last van predatie door onder meer hermelijn (Hompelvoet) en bruine ratten (De Kraker 2019). Als er veel predatie of concurrentie is, wordt de soort teruggedrongen tot het optimale leefgebied, wat in het Grevelingenmeer vaak slechts kleine oppervlakte beslaat. Als er geen concurrenten en geen of weinig predatoren zijn, kan de soort ook in ogenschijnlijk minder geschikte vegetatie voorkomen. Al met al betekent dit dat de soort in sommige deelgebieden binnen het Grevelingenmeer relatief wijd verspreid voorkomt, ook in ogenschijnlijk minder geschikte (gemaaide) vegetatie (bijvoorbeeld op Markenje), en in andere delen beperkt is tot smalle, ruigere randen tussen grasland en struweel. Alle waarnemingen in de periode 2005-2017 zijn in Figuur 33 weergegeven. Een beschrijving van uitgebreid onderzoek naar de soort in het Grevelingenmeer in 2017 is beschreven in De Kraker (2018).



Figuur 33. Waarnemingen van de Noordse woelmuis in het Grevelingenmeer in de jaren 2005 tot en met 2017 (bron: Staatsbosbeheer).

Het leefgebied van de Noordse woelmuis betreft in de intensief beheerde gebieden dus voornamelijk smalle randen, op de overgang van grasland naar struweel. In andere gevallen gaat het om kleine plekjes met ruigere vegetatie. In Tabel 16 is een expertinschatting van de omvang en kwaliteit van het leefgebied weergegeven, voor de verschillende deelgebieden in de Grevelingen waar de Noordse woelmuis is waargenomen. In totaal gaat het op dit moment om 208 ha geschikt leefgebied.

Tabel 16. Inschatting populatiegrootte, areaal leefgebied, kwaliteit leefgebied en bereikbaar voor concurrenten voor de Noordse woelmuis in het Grevelingenmeer op basis van expert-kennis van K. de Kraker, gebaseerd op inventarisaties tussen 2013 en 2018.

Deelgebied	Populatie-grootte	Areaal leefgebied (ha)	Kwaliteit leefgebied	Bereikbaar voor concurrenten
Kabellaarsbank	0(-10)	2	-	ja
Ossehoek	5-20	<1	-	nee
De Punt	10-30	1	-	ja
Slik de Kil	200-400	11	+	ja
De Val	30-100	<1	+	ja
Markenje	400-2000	10	+	nee
Hompelvoet	80-200	8	-	nee
Archipel	5-80	<1	-	nee
Dwars in de Weg	1-10	<1	-	nee
Stampersplaten	40-150	6	-	nee
Slikken Bommenede	20-100	12	-	ja
Veermansplaten	50-200	7	-	nee
Slikken Flakkee-Noord	500-2500	70	+	ja
Slikken Flakkee-Midden	10-100	25	-	ja
Slikken Flakkee-Zuid	50-500	50	-	ja
Slik Dijkwater	5-20	1	+	ja
Mosselbank	0(-10)	<1	-	nee
Grevelingendam	10-30	1	-	ja
Battenoord	10-40	2	+	ja

2.3 Historische ontwikkeling Natura 2000 habitats en soorten

2.3.1 Situatie voor de afsluiting

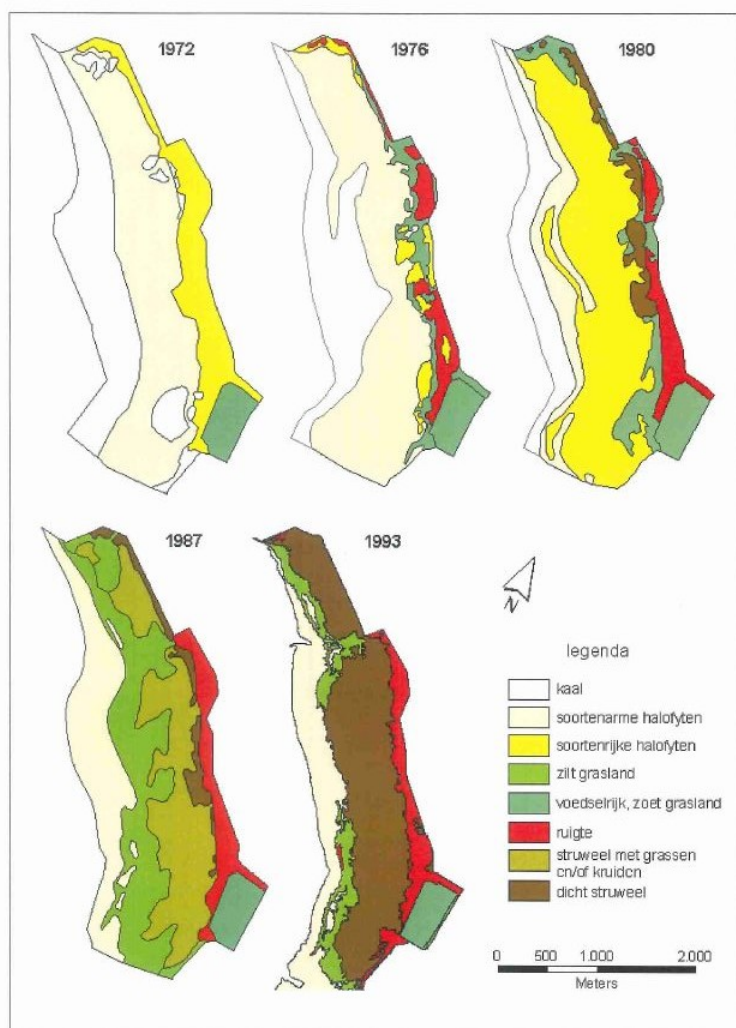
De beschrijving van de historische ontwikkeling is ontleend aan Schaminée et al. (2019). Vanaf de 13^e eeuw vindt in het estuarium inpoldering plaats van voldoende hoog opgeslibde slikken en schorren. Sinds 1800 werd de Grevelingen zo'n 800 ha slik en schor omgezet in polderland. Eén van de laatste inpolderingen betrof de indijking van een schor aan de zuidzijde, waarbij het gebied Dijkwater ontstond. Deze inlaag maakt onderdeel uit van het Natura 2000-gebied. De afsluiting van het Grevelingenmeer in 1971 veroorzaakt een abrupte overgang van een situatie met een verschil tussen hoog- en laagwater van 2,45 m, naar een stagnant waterpeil op een niveau van NAP -20 cm. Dit heeft een rechtstreekse invloed op het getijdenlandschap. Een groot deel van de platen en slikken komt permanent onder water te staan; een ander deel ligt voortaan permanent droog.

2.3.2 Vegetatie ontwikkeling sinds de afsluiting

Het areaal aan buitendijks gelegen, begroeid oeverland was op het moment van afsluiting beperkt. Het betrof een klein schor aan de zuidzijde van de Springerspolder, een klein schor bij Zonnemaire, lage duintjes en schor op de Hompelvoet, en – verreweg het grootste gebied – de schorren van de Slikken van Flakkee. Op de Hompelvoet waren voor de afsluiting lage duintjes aanwezig met onder meer Biestarwegras (habitattype 2110), alsmede een schaars begroeid slik met Zeekraal, Engel slijkgras en Klein zeegras (Slim 1987). In totaal wordt de oppervlakte schorhabitats rond 1965 geschat op 100 ha pioniervegetatie (habitattype 1310A) en 300 ha zilt grasland (habitattype 1330B), en een kleine oppervlakte Slijkgras-begroeiing (habitattype 1320). Na het droogvallen treden verschillende ontwikkelingen op, afhankelijk van (1) de uitgangssituatie (schor of zandplaat), (2) de

hoogteligging, (3) de bodem (zandig of kleiig) en (4) het gevoerde beheer. De ontwikkeling is het best gedocumenteerd voor de Slikken van Flakkee Noord (zie Figuur 34), waar geen beheer plaatsvindt en de ondergrond uit zand met kleilaagjes bestaat.

Ontwikkeling oud schor Onder het in 1965 aanwezige schor is een dikke kleibodem aanwezig, als gevolg van decennia- of eeuwenlange sedimentatie. Op de oude schorren ontwikkelt zich binnen 10 jaar een ruigtevegetatie (rode vlakken in Figuur 34), die typerend is voor voedselrijke bodem. De soortensamenstelling verandert enigszins in de loop der tijd, maar in het geheel is de ruigte zodanig stabiel en gesloten, dat zich nauwelijks bomen en struiken weten te vestigen. Het meest gebeurt dit nog op open plekken in de schorren, zoals langs krekken. Hoewel de soortensamenstelling van de ruigte wel verandert, vindt er niet of nauwelijks verdere successie plaats naar struweel of bos.



Figuur 34. Vegetatieontwikkeling op de Slikken van Flakkee Noord in de periode 1972-1993 (Uit: Van der Pluijm & de Jong 1993).

Ontwikkeling niet-beheerde zandplaten Op de zandplaten vestigen zich al snel zoutplanten (halofyten), waarbij in korte tijd grote oppervlakte pioniervegetatie ontstaat (habitattype 1310A; lichtgeel in Figuur 34). Deze gaat binnen enkele jaren over in soortenrijke halofyten-vegetatie (habitattype 1310B of 1330B; donkergeel in Figuur 34) en vervolgens in gesloten, zilt grasland (habitattype 1330B; grasgroen in Figuur 34). Op deze niet-beheerde Slikken van Flakkee Noord neemt het areaal van dit zilt grasland vervolgens binnen een decennium sterk af door verzoeting en successie naar struweel (habitattypen 2160 en 2170; samen lichtbruin en donkerbruin in Figuur 34). Momenteel zijn grote stukken begroeid met struweel en wilgenbos. Dit deel van het Grevelingenmeer

wordt niet beheerd omdat er sprake is van een Bosreservaat:³ een gebied waar de natuurlijke processen zo veel mogelijk hun gang kunnen gaan, zonder ingrijpen van de mens. Het jonge bos is van grote waarde, omdat het één van de weinige voorbeelden van spontaan bos in ons land betreft. Op de niet-beheerde Slikken van Flakkee Noord komt slechts een smalle zone voor met korte vegetatie, in een zonering van zilte pioniervegetatie met Zeekraal, via zilt grasland, naar brak grasland en duinvallei-vegetatie. Dit betreft alleen de oeverstrook waar het oprukkende struweel tegengehouden wordt door natte en zilte condities.

Op andere delen die niet beheerd werden, heeft zich sinds de jaren 1970 inmiddels ook opgaand struweel en bos gevormd. Voorbeelden zijn het middendeel van de Veermansplaat, delen van de Kleine Veermansplaat en delen van de Hompelvoet.

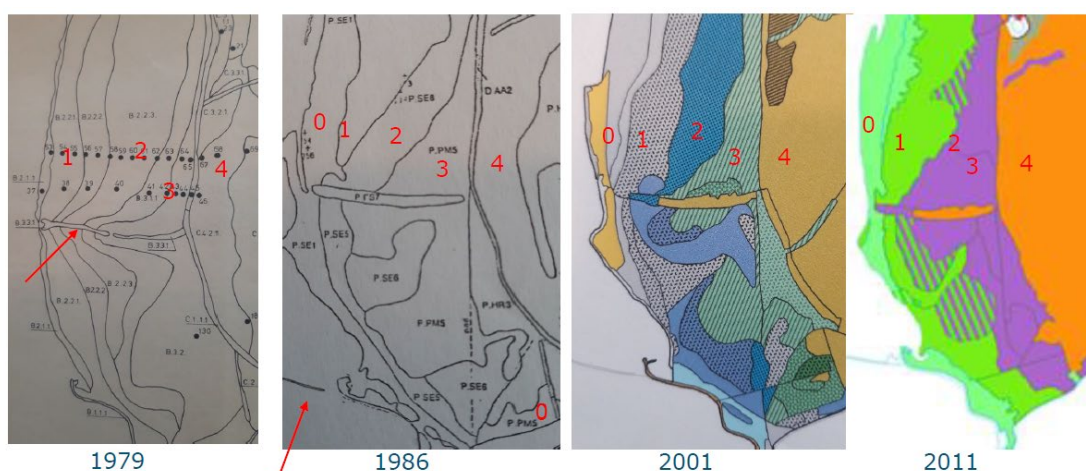
Ontwikkeling beheerde zandplaten Op zandplaten die beheerd worden (begrasd, gemaaid) wordt successie naar struweel en bos tegengegaan, en handhaaft zich op de meeste locaties een korte grasmatt. Afhankelijk van de hoogteligging en de doorlaatbaarheid van de bodem vindt sneller of langzamer verzoeting plaats. De hoge, zandige delen ontzilten het snelst. Indien er kleilaagjes in de bodem zitten, vindt er minder snel uitspoeling plaats van zout naar het meer. Ook kan er langer (vanuit de klei) zout worden nageleverd, door capillaire opstijging in droge periodes. De laagste delen dicht langs de oever, waar het zoute meerwater tot aan maaiveld komt of incidenteel opwaaiing of salt-spray plaatsvindt, ontzilten het langzaamst.

Inmiddels zijn vrijwel alle beheerde delen verzoet, met uitzondering van de laagste oeverdelen waar nog steeds zilte en brakke (gezoneerd) delen worden aangetroffen. Bij flauwe oevers kan het om relatief brede stukken zilte graslanden gaan, bij steile oevers is er vrijwel geen sprake van zilt grasland.

Op de zoete, zandige delen zijn, vanuit oorspronkelijk ingezaaid grasland of via successie vanuit zilte en brakke graslanden, op grote delen duinvallei-begroeiingen ontstaan: soortenrijke, korte grasmatten met een hoog aandeel van zeggensorten, die onder invloed staan van kalkrijk grondwater. Het Grevelingenmeer is oorspronkelijk een van de meest zandige zeearmen in het estuariene gebied van Zuidwest-Nederland, waardoor de kalkrijke duinvalleien (gebonden aan voedselarme, kalkrijke en natte bodem) hier een relatief grote oppervlakte innemen.

Figuur 35 en Tabel 17 illustreren hoe de successie verloopt van zilte pioniervegetatie met Zeekraal, via zilte graslanden (met schijnspurrie, kweldergras, zeeweegbree, melkkruid) naar duinvallei-begroeiingen. De successie verloopt sneller op de hogere, eerder ontzilte delen.

³ <https://www.wur.nl/nl/Onderzoek-Resultaten/Onderzoeksinstituten/Environmental-Research/Projecten/Bosreservaten/De-60-Nederlandse-Bosreservaten.htm>



1 Zeekraal	0 Zeekraal	0 Zeekraal/Greppelrus	0 Zeekraal
2 Schijnspurrie	1 Zeekraal-schorrekruid	1 Kweldergras/zeewegbree	1 Zeewegbree
3 Kweldergras	2 Zeekraal / Kweldergras	2 Zeevetmuur/schor	2 Duinvallei
4 Rood zwenkgras	3 Kweldergras / Melkkruid	3 Duinvallei (pionier)	3 Duinvallei
	4 Zwenkgras/beemdgras	4 Wilg/duindoorn	4 Wilg/duindoorn

Figuur 35. Vegetatie op de noordwestpunt van de Veermansplaat aan de hand van vegetatiekarteringen uit 1979, 1986, 2001 en 2011. De vegetatietypen van de vier kaarten zijn samengevat tot een korte omschrijving en weergegeven voor 5 zones (zone 0 was in 1979 nog niet begroeid, maar is ontstaan na de aanleg van de stenen dammen, zie rode pijl in kaart 1986). De rode pijl in de 1979-kaart geeft een verhoging weer, dat als oriëntatie kan dienen in de andere kaarten.

Tabel 17. Voorbeeld van vegetatieopnames op een vast punt (PQ) aan de noordzijde van de Veermansplaat in vier verschillende jaren (2006 t/m 2018). Ook hier is te zien hoe de begroeiing verschuift: kwalificeert deze in 2006 nog als zilt grasland (H1330B), in 2010 is het een brak grasland met soorten van H1310B, in 2014 en 2018 nemen de soorten van kalkrijke duinvalleien (2190B) toe.

PQ-VN 4	2006	2010	2014	2018	
Opnamejaar	2006	2010	2014	2018	
Totale bedekking	40	60	60	40	
Zilt grasland (H1330B)					
Gewoon kweldergras	+				Puccinellia maritima
Zilte rus	2b	2b	2b	r	Juncus gerardii
Melkkruid	+	2m	1-2a	2a	Glaux maritima
Zeewegbree	2b	2b-3		r	Plantago maritima
Kwelderzegge	+	r			Carex extensa
Zilte pioniersoorten (H1310B)					
Dunstaart		+2m			Parapholis strigosa
Hertshoornweegbree		2m-2a			Plantago coronopus
Brak grasland-soorten					
Zilte zegge		2a	2a		Carex distans
Strandduizendguldenkruid	r	+	1-2a		Centaurium littorale
Fraai duizendguldenkruid		2m			Centaurium pulchellum
Smalle rolklaver			1-2a		Lotus tenuis
Fioringras	1	r/+	2m/1		Agrostis stolonifera
Herfstbitterling	r		+1		Blackstonia perfoliata
Duinvallei-soorten (H2190B)					
Zeegroene zegge		+	2a		Carex flacca
Dwergzegge	2a	+	r		Carex oederi s. oederi
Zomprus			1	+	Juncus articulatus
Kruipwilg				1	Salix repens
Watermunt				2a	Mentha aquatica
Parnassia				r	Parnassia palustris
Duinriet				r	Calamagrostis epigejos
Zwarte zegge			2m/1	+	Carex nigra
Riet			+		Phragmites australis
Rietorchis			+1	2a-2b	Dactylorhiza praetermissa
Grauwe wilg			+		Salix cinerea
Droog grasland-soorten					
Kleine leeuwentand	+	2b	+		Leontodon saxatilis
Paardenbloem			+		Taraxacum species
Vertakte leeuwentand				2m/1	Leontodon autumnalis
Gewone hoornbloem			+		Cerastium fontanum
Kamgras			+		Cynosurus cristatus

Om het ontstaan en de verdere ontwikkeling van de duinvalleien te begrijpen is het nodig om twee hydrologische systemen te onderscheiden (Drost & Visser 1981). Een eerste systeem betreft de terreindelen waar slecht doorlatende klei- of veenlagen ondiep in de zandige ondergrond zitten (vaak op 1 tot 3 meter of zelfs minder). Hier ontstaan kleine (ondiepe), relatief dynamische hydrologische systemen. De locaties zijn erg nat in de winter, met stagnerend water, maar drogen sterk uit in de zomer, waarbij zelfs kans is op enige verzilting. Deze systemen zijn aanwezig op de Slikken van Flakkee Noord en Zuid, en aan de oostzijde van de Hompelvoet.

Een tweede hydrologisch systeem ontstaat op de terreindelen met diepe, zandige ondergrond. Hier wordt een grote zoetwaterbel gevormd, die drijft op het zoute water. Afhankelijk van de helling en grootte van de gebieden (eilanden, oeverlanden), is deze bel hoger en bolliger. In de loop der tijd wordt de bel (door overtollige neerslag) steeds dieper (tot tientallen meters), waarbij het (zwaardere) zilte water verdrongen wordt door de druk van de bel met het zoete water. Aan de randen van de zoetwaterbel treedt water uit op maaiveld en stroomt het af naar het meer. Dit type hydrologisch systeem is aanwezig op de Slikken van Flakkee Midden, Markenje, het grootste deel van de Hompelvoet, de Veermansplaat (deze is iets slibrijker aan de zuidzijde), de Stampersplaat en Dwars in de Weg (Drost & Visser 1981).

Het hydrologisch systeem heeft effect op de successie, zoals die tot nu toe is opgetreden, maar ook op de toekomstige autonome ontwikkeling. Bovendien heeft de invoering van getij verschillende effecten op de duinvallei-habitats afhankelijk van welk hydrologisch systeem aanwezig is.

Op de terreindelen met een dynamisch systeem zijn de duinvalleien minder goed ontwikkeld en hebben ze eerder de neiging om te verdrogen of te verzuren. Dit uit zich onder meer in een toename van kruipwilg, een hoog aandeel van soorten van wisselende waterstanden (o.a. zilverschoon; zie Figuur 36), en lagere soortenrijkdom. Groenknolorchis komt hier bijvoorbeeld niet of nauwelijks voor.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Plot observation	452980	587931	587932	587934	587937	587988	471709	245108	471708	261990	557632
Jaar	1987	1994	1994	1994	1994	1994	2002	2006	2006	2011	2015
Soorten van zilte graslanden (Engels gras-verbond; 1330B)											
<i>Juncus gerardii</i>	3	4	4	2	5	4	2a	2a	2a	2b	2b
<i>Carex extensa</i>			+								
<i>Glaux maritima</i>											2m
Soorten van zilte pionierbegroeiing (Zeevetmuur-verbond; 1310B)											
<i>Plantago coronopus</i>	r								r	r	
<i>Sagina maritima</i>											
Soorten van brakke graslanden (Zilverschoon-verbond)											
<i>Blackstonia perfoliata</i> subsp. <i>serotina</i>	r						1	r	r		2m
<i>Carex otrubae</i>	r										
<i>Trifolium repens</i>	+	+							2b	2b	+
<i>Potentilla anserina</i>	+			r	+		2m	3	3	3	3
<i>Centaurium pulchellum</i>	+						r	+	+	+	
<i>Trifolium fragiferum</i>	+							+	+	+	
<i>Lotus glaber</i>	+						2a	2m	2m	2b	2m
<i>Agrostis stolonifera</i>	4	3	2m	6	3	3	2m	3	3	3	2a
<i>Carex distans</i>			+		+	2m	2a	r	r	1	2a
<i>Plantago major</i> subsp. <i>intermedia</i>							r			+	
<i>Festuca arundinacea</i>		+						+	+	+	+
Soorten van duinvalleien (Kleine zeggen-verbond; 2190B)											
<i>Phragmites australis</i>		2a			+		2m				
<i>Juncus articulatus</i>	+				+	2m	1				
<i>Drepanocladus aduncus</i>							3	2m	2m	2m	2a
<i>Calliergonella cuspidata</i>							2m	2m	2m	1	4
<i>Carex oederi</i> subsp. <i>oederi</i>							2m		r		
<i>Linum catharticum</i>							1	+	+	2m	2m
<i>Epipactis palustris</i>											
<i>Salix repens</i>			r			r	+				r
<i>Carex oederi</i> s.l.								r			
<i>Drepanocladus polygamus</i>											2m
Soorten van droge graslanden en overige soorten											
<i>Poa pratensis</i>	1						2m	2m	2m	1	1
<i>Brachythecium rutabulum</i>	1										+
<i>Trifolium pratense</i>		1			1	1		1	1	+	+
<i>Lotus comiculatus</i> s.s.		3	+		3	3		1	1		
<i>Leontodon saxatilis</i>			+		+	2m	2a	2m	2m	2m	1
<i>Medicago lupulina</i>											r
<i>Festuca rubra</i>					2a	2a	2b	2m	2m	1	2m
<i>Leontodon autumnalis</i>							r	2m	2m	+	
<i>Poa trivialis</i>						2m					2m

Overige soorten: Opn. 1: *Sagina nopdosa* (1), *Juncus ambiguus* (+), *Juncus bufonius* (1), *Plantago major* s. *major* (r), Opn. 3 *Calamagrostis epigejos* (3), Opn. 4 *Bolboschoenus maritimus* (+), Opn. 5 *Cirsium arvense* (r), Opn. 7 *Salix cinerea* (r), Opn. 8 *Plantago major* s.l. (+), Opn. 10 *Medicago lupulina* (+), *Plantago major* subsp. *major* (r), *Odontites vernus* subsp. *serotinus* (+), *Crepis capillaris* (r), Opn. 11 *Holcus lanatus* (+), *Salix aurita/cinerea* (r)

Figuur 36. Illustratie van een aantal vegetatieopnamen uit de Landelijke Vegetatie Databank op een gedeelte van de Slikken van Flakkee Zuid (rechts de locaties van enkele opnamen; het jaartal van de opnamen is in de kop vermeld). De opnamen zijn niet op exact dezelfde plek genomen, maar desondanks laten ze in dit deelgebied als geheel een duidelijke verschuiving zien van zilte en brakke graslanden (jaren 1980, 1990) naar duinvallei-vegetatie met relatief veel droge soorten (jaren 2000-2015). De duinvalleien zijn hier niet optimaal ontwikkeld: *Parnassia palustris* en groenknolorchis (*Liparis loeselii*) ontbreken bijvoorbeeld, en moeraswespenorchis (*Epipactis palustris*) komt slechts in één opname voor. Ook de hoge bedekking van zilverschoon (*Potentilla anserina*) en het grote aantal soorten van relatief droge condities duiden op een "dynamisch hydrologische systeem".



Op de terreindelen met een stabiel systeem zijn de duinvalleien beter ontwikkeld en beter bestand tegen weersschommelingen (vernatting, verdroging). De toevoer van kalkrijk grondwater is stabiel, en dankzij het zeer kalkrijke zand wordt verwacht dat deze omstandigheden – bij het huidige beheer – nog tientallen jaren op orde blijven.



Figuur 37. Vlakke plaat op de noordkant van de Veermansplaat, met een zeer geleidelijke gradiënt van open duinvalleivegetatie op de voorgrond en zilte begroeiingen in de achtergrond, richting de oever. Hier is veel ruimte in de gradiënt voor Groenknolorchis om langdurig een populatie te behouden (foto door John Janssen, Wageningen Environmental Research).

Inklinking

Behalve natuurlijke successie, spelen drie andere processen die van belang zijn voor de ontwikkeling in de afgelopen decennia. Door fysische rijping van kleirijke bodems treedt een verlaging op van het maaiveld. Dit speelt voornamelijk in het voormalige schorregebied van de Slikken van Flakkee, waar geen belangrijke habitattypen voorkomen. Wel is dit gebied leefgebied voor de Noordse woelmuis, maar het is niet waarschijnlijk dat eventuele vernatting als gevolg van deze inklinking negatief uitpakt voor dit zoogdier.

Een tweede proces betreft de erosie: na het droogvallen staan platen en slikken bloot aan een verhevigde erosie. Er is geen getij meer dat voor sedimentatie zorgt, en het stabiele waterpeil zorgt voor een constante golfaanval in eenzelfde oeverzone. In het Grevelingenmeer trad binnen de eerste vijf jaar na afsluiting erosie van de oevers op met 10 tot 40 meter. Om deze erosie tegen te gaan zijn in de jaren zeventig van de vorige eeuw rond vrijwel alle platen in het Grevelingenmeer, over een totale lengte van ruim 40 km, grinddammen aangebracht die de golven breken op enkele tientallen meters afstand van de oevers. Erosie heeft vooral invloed op de oppervlaktes van de zilte pioniervegetatie (1310A) en de zilte graslanden (1330B). Er zijn enige zandsuppleties uitgevoerd om de effecten van erosie te compenseren.

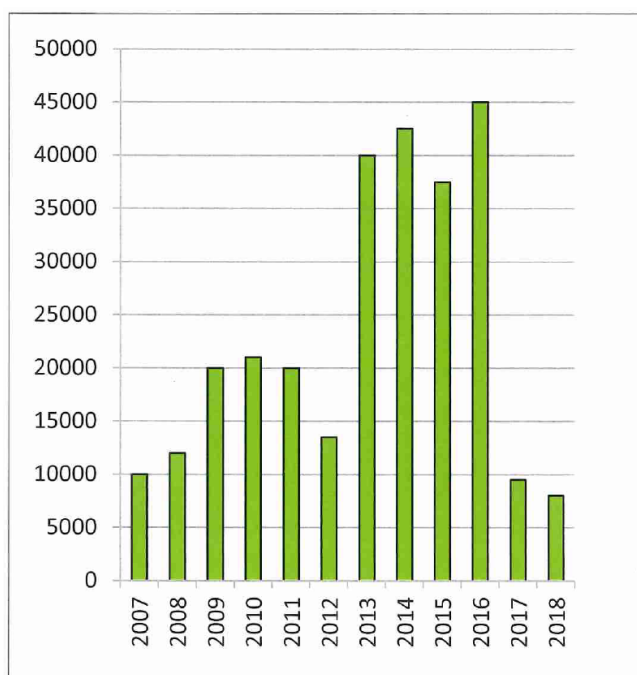
Een laatste factor die relevant is, betreft het peilbeheer van het meer. Vanaf 2004 wordt het peil in het broedseizoen strak gestuurd op een gemiddeld peil van NAP -0,26 m in plaats van NAP -0,20 m, om te voorkomen dat bij hoge waterstanden nesten van broedende vogels overstromen; sinds 2012 gebeurt dit nog iets eerder in het seizoen.⁴ Dit heeft er – samen met de zandsuppleties – op de zeer geleidelijk oplopende oevers van de Slikken van Flakkee gezorgd voor een aanzienlijke uitbreiding van

⁴ In 2003 en 2004 was de aanleiding om intrek van plaagalgen vanuit de Noordzee tegen te gaan. Vanaf 2005 gebeurt dit bewust voor kustbroedvogels en wordt de waterstand ook preciezer beheerd.

het areaal Zilte pioniervegetatie met Zeekraal (1310A). Mogelijk heeft deze verlaging van de gemiddelde waterstand wel een drainerende werking op de duinvalleivegetaties. Met name waar die niet beheerd worden (Slikken van Flakkee Noord) leidt dit mogelijk tot enige (extra) verruiging.

2.3.3 Ontwikkeling Groenknolorchis

De Groenknolorchis werd voor het eerste ontdekt in het Grevelingenmeer rond 1990 (op de Veermansplaat). De populatie nam in 10 jaar toe tot ruim 1000 exemplaren en groeide vervolgens door naar zo'n 10.000 bloeiende exemplaren in 2007 (De Kraker 2017). Het grootste deel van de populatie staat nog steeds op de Veermansplaat, maar er zijn inmiddels ook kleinere populaties bekend van de Slikken Flakkee Zuid, Hompelvoet, Stampersplaat en Dwars in de Weg (De Kraker 2019; Figuur 38). Sinds 2013 zijn de aantallen (bloeiende) exemplaren spectaculair toegenomen, en betrof het verreweg de grootste populatie van Nederland, en mogelijk zelfs van Europa. Na de droge winter en het droge voorjaar van 2017 is de populatie echter flink ingestort. Ook 2018 was een extreem droog jaar. De werkelijke populatie is overigens groter: de getelde exemplaren betreffen uitsluitend bloeiende planten: een deel van de vegetatieve exemplaren is mogelijk over het hoofd gezien, terwijl een deel van de populatie niet elk jaar tot groei komt, maar als bolletje onder de grond verblijft. De getelde aantallen kunnen door dit soort seizoensinvloeden daarom sterk fluctueren (Rusman et al. 2018).



Figuur 38. Aantal getelde exemplaren Groenknolorchis op de Veermansplaat in de periode 2007-2017 (De Kraker 2019).

2.3.4 Ontwikkeling Noordse woelmuis

De Noordse woelmuis is pas sinds de afsluiting bekend van het Grevelingenmeer, waar ze een nieuw leefgebied vond op de drooggevallen, dichtgroeibende oeverlanden. Doordat de soort goed kan zwemmen wist ze al snel de eilanden te bereiken. De grootste dichtheden worden momenteel aangetroffen aan de noordkant van het Grevelingenmeer: op de Slikken van Flakkee Noord en op Markenje (Tabel 12). De Slikken van Flakkee Noord vormen een gunstig leefgebied door langdurig hoge waterstanden en relatief ruige begroeiingen (geen beheer). Op Markenje wordt de vegetatie geklempeld of anderszins niet al te kort gehouden, waardoor ook hier het leefgebied optimaal is.

2.4 Autonome ontwikkeling tot circa 2050

Per habitatype en leefgebied wordt hier de verwachte ontwikkeling in de komende decennia geschetst, bij eenzelfde peilbeheer en maai- en begrazingsbeheer. De ingeschatte autonome trends en areaalveranderingen zijn samengevat in Tabel 18. Een aspect dat in deze ontwikkeling niet is meegenomen is de klimaatverandering die optreedt: meer extremere neerslag, zachtere winters en hetere zomers. Het is op dit moment nog niet mogelijk om uitspraken te doen over de effecten van deze opwarming op de vegetatie van het Grevelingenmeer.

2.4.1 Zilte pioniervegetatie met zeekraal (1310A)

De verwachting is dat deze begroeiingen iets in oppervlakte zullen afnemen als gevolg van (voortgaande) erosie. Het zal naar schatting om 10 tot 20% van de huidige oppervlakte gaan. Erosie kan mogelijk tegengegaan worden door zandsuppleties of verdere aanleg van stenen voor-oeververdediging. Voor het behoud van de relatief grote oppervlakte is de jaarlijkse verlaging van het middenpeil tijdens het broedseizoen van belang.

2.4.2 Zilte pioniervegetatie met zeevetmuur (1310B)

Dit type zal naar verwachting verder afnemen door verzoeting, waarbij duinvallei-vegetatie (2190B) ontstaat. Op enige plekken met incidentele overstroming of salt-spray kan het type duurzaam behouden blijven.

2.4.3 Zilte graslanden (1330B)

Ook van dit habitat is de verwachting dat het als gevolg van de nog steeds voortdurende, maar vrijwel stagnerende verzoeting iets verder in oppervlakte zal afnemen, en zal overgaan in brak grasland (geen habitatype) of mogelijk duinvalleien (2190B). De afname zal niet heel veel oppervlakte betreffen, maximaal zo'n 10% van de huidige oppervlakte.

2.4.4 Kalkrijke duinvalleien (2190B)

De ontwikkeling van de kalkrijke duinvalleien zal naar verwachting verschillend verlopen bij de verschillende hydrologische systemen die in het Grevelingenmeer voorkomen. In het dynamische systeem, met een dunne zoetwaterlaag, treedt waarschijnlijk sneller ophoping van organisch materiaal, humusvorming en verzuring van de bodem op, dan bij het tweede hydrologisch systeem. De gevolgen zijn een successie naar andere vegetatie. Referentiegebieden voor zandplaten met kleilaagjes in de ondergrond elders in de Delta zijn onder andere de Plaat van de Vliet langs het Krammer-Volkerak en de Schotsman langs het Veerse Meer (Smit & Visser 1988). De vegetatieontwikkeling daar leert dat er deels begroeiingen ontstaan met kruipwilg en wintergroen (die als relatief soortenarme vormen van habitatype 2190 zijn te beschouwen), en deels dotterbloemhooilanden met harlekijn (waarover nog discussie bestaat of het tot habitatype 2190 kan worden gerekend⁵), of op plekken waar verzuring optreedt, zuurdere vormen van duinvalleien, met bijvoorbeeld veel zwarte zegge (*Carex nigra*; 2190C). Op relatief droge delen kan ook heischraal grasland (6230) ontstaan. Al met al is de verwachting dat er – bij voortzetting van het huidige beheer – verschillende andere typen schraal grasland gaan ontstaan, waarvan een deel zal kwalificeren als beschermd Natura 2000-habitatype, maar niet per se de habitattypen waarvoor het gebied momenteel is aangewezen.

Op plekken met een stabiel hydrologisch systeem zal aan de randen van de zoetwaterbel het habitatype 2190B naar verwachting vele decennia kunnen standhouden dankzij een combinatie van een grote, stabiele zoetwaterbel en een zeer kalkrijke bodem. Grootjans et al. (1995) beschrijven voor de Waddeneilanden hoe dit type begroeiingen decennia kan standhouden onder de juiste

⁵ Momenteel staan de betreffende begroeiingen (*Rhinantho-Orchietum*) niet genoemd in het profiel van 2190, maar mogelijk gaat hier een aanpassing plaatsvinden.

hydrologische condities. Op iets hogere en drogere delen (Hompelvoet) treedt mogelijk enige ontkalking op en een ontwikkeling naar heischraal grasland. Geïsoleerd liggende delen, meer centraal op de platen en eilanden, zullen eerder last hebben van stagnerend water en daarmee van verzuring. Hierbij kunnen zuurdere duinvalleien gevormd worden (2190C).

2.4.5 Leefgebied Groenknolorchis

De locaties met duurzame voorkomens van de Groenknolorchis betreffen de randen van de stabiele hydrologische systemen. Dit zijn locaties waar nu kalkrijke duinvalleivegetatie aanwezig is of de komende decennia kan ontstaan uit brak en zilt grasland. Het perspectief voor de soort is daarmee vergelijkbaar met dat van H2190B. Op de hogere en geïsoleerde delen zal enige achteruitgang optreden, naar schatting tot maximaal 30% van het leefgebied. Het is aannemelijk dat de hoogste aantallen in populatieomvang van rond 50.000 exemplaren in de periode 2013-2016 niet meer gehaald gaan worden, en actueel bedraagt het getelde aantal zo'n 10000 exemplaren. Voor de komende decennia is onder de huidige omstandigheden naar schatting een behoud van 5000-10000 exemplaren mogelijk, bij de genoemde afname van het leefgebied.

2.4.6 Leefgebied Noordse woelmuis

Het perspectief is dat de oeverlanden van het Grevelingenmeer grotendeels verloren zullen gaan als leefgebied voor de Noordse woelmuis op het moment dat de concurrenten deze gebieden weten te bereiken. Dit zal naar verwachting binnen 40 jaar het geval zijn, het eerst aan de noordzijde, later aan de zuidzijde. Mogelijk kan de soort wel op kleine delen van de oeverlanden standhouden, zoals op de Slikken van Flakkee waar relatief natte omstandigheden optreden, met regelmatig periodes van stagnerend water. In Tabel 18 is aangegeven welke deelgebieden door concurrenten bereikt kunnen worden. Bij 10% resterend leefgebied op de oeverlanden is de autonome ontwikkeling op termijn een achteruitgang van circa 50% van het leefgebied, tot maximaal 85% als er geen enkel geschikt leefgebied overblijft binnen de door concurrenten bereikte oeverlanden. Enige uitbreiding van geschikt leefgebied op de niet-bereikbare deelgebieden is mogelijk door gericht (extensief) beheer.

Tabel 18. Verwachte verandering bij huidig water- en landbeheer (autonome ontwikkeling) in oppervlakte habitattypen, leefgebied soorten en aantallen van Groenknolorchis in de komende circa 40 jaar.

	1965	1975	2001	2011 o.b.v. habitat kaart (vergri d)	tren d	2050	Vershil t.o.v. 2011	Autonome ontwikkeling
H1310A Zilte pionierbegroeiingen (zeekraal)	100	380	205	180	-10/20%	140	-40	Afname verwacht a.g.v. erosie
H1310B Zilte pionierbegroeiingen (zevetmuur)	0	?	7	11	-50%	5	-6	Afname verwacht a.g.v. successie (naar 2190B)
H1330B Schorren en zilte graslanden (binnendijks)	300	350	330	265	-10%	240	-25	Afname verwacht a.g.v. successie (naar 2190B)
H2190B Vochtige duinvalleien (kalkrijk)	0	0	440	436	-20%	300	-136	Afname verwacht a.g.v. successie/verzuring
H2190C Vochtige duinvalleiden (ontkalkt)	0	0	0	0	+	110	+110	Ontstaat op een deel van 2190B dat verzuurt
Noordse woelmuis (leefgebied)	?	?	?	211	-50/85%	32/105	-106/-179	Sterke afname verwacht a.g.v. uitbreiding concurrenten
Groenknolorchis (leefgebied)	0	0	163	272	-30%	180	-92	Afname verwacht a.g.v. successie
Groenknolorchis (populatie)	0	0	500-5000	21000	-10/20%	5000-10000	-11000-16000	Eerste vondst 1990; piek lag in 2016 op 50.000 exx.; 2017 iets minder dan 10.000 exx.

2.5 Effecten op Natura 2000 bij getijscenario's

Invoering van gedempt getij heeft tot gevolg dat een deel van de habitattypen gaat overspoelen. Als vegetaties te lang onder water komen te staan en/of te frequent overspoelen zullen ze op die plek verdwijnen (zie Figuur 39).

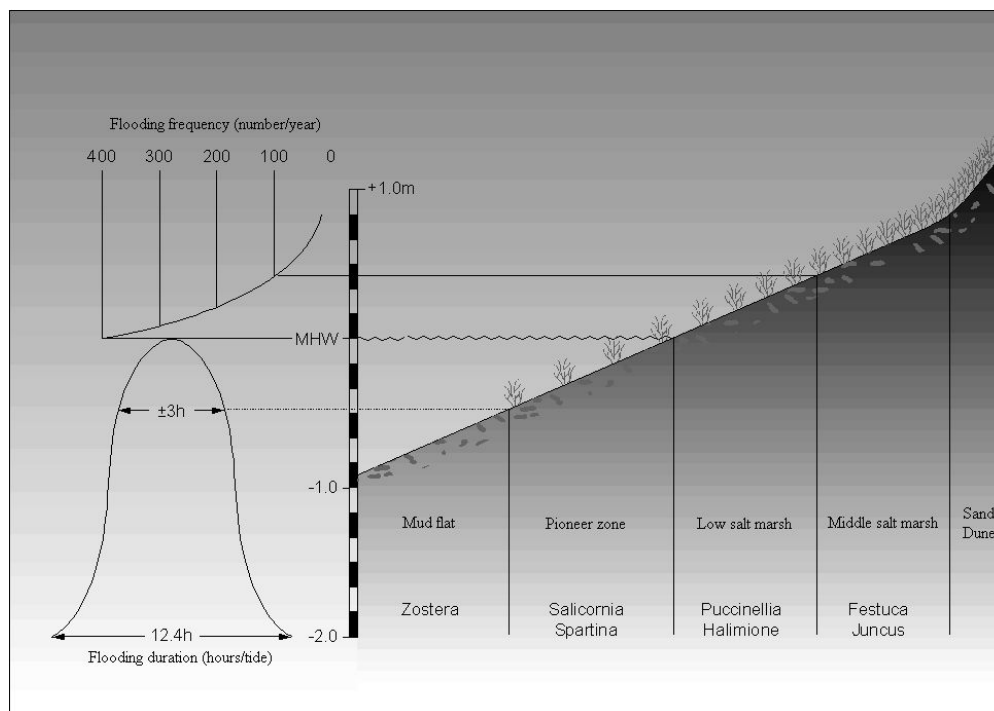
Om een inschatting te kunnen maken is stapsgewijs te werk gegaan:

1. Inschatting directe effecten door overspoeling en windopzet: o.b.v. waterstanden uit modelberekeningen door Deltares gebaseerd op meetgegevens uit het jaar 2008 en de 2011-habitatkaart.

Voor het inschatten van de directe verliezen als gevolg van overspoeling door getij en windopzet zijn de volgende rekenregels toegepast op de door het model voorspelde waterstanden:

- H1310A: Verdwijnt als het onder het 75 percentiel van de waterstanden in het broedseizoen (scenario's met peilverlaging in het broedseizoen) of verdwijnt als het beneden het 75 percentiel gedurende het hele jaar ligt (scenario's zonder peilverlaging in het broedseizoen).
- H1310B: Verdwijnt als het beneden de maximale waterstand ligt.
- H1330B: Verdwijnt als het beneden het 93 percentiel buiten het broedseizoen ligt.
- H2190B: Verdwijnt als het beneden de maximale waterstand ligt.
- Leefgebied Noordse Woelmuis: Verdwijnt als het beneden de maximale waterstand ligt.

- Leefgebied Groenknolorchis: Verdwijnt als het beneden de maximale waterstand ligt. In Bijlage 15 zijn per getijscenario en habitattypen en leefgebied van soorten kaarten opgenomen van direct verlies als gevolg van overspoeling.
2. Indirecte effecten op zoete habitats en soorten door zoutspray, veranderingen in grondwaterstand (vernatting/verdroging) zijn op basis van expert oordeel en met behulp van gebiedsspecifieke informatie ingeschat. Op 15 april is door B2Consultancy en Houtekamer & Van Kleef een uitgebreide expert sessie georganiseerd om de indirecte effecten van getij te bediscussieren. Als voorbereiding op deze expert sessie is door B2Consultancy een achtergrond document opgesteld waarin alle beschikbare kennis uit eerdere studies is opgenomen. Het uitgebreide verslag van deze bijeenkomst is opgenomen in Bijlage 16.



Figuur 39. Zonering van schorbegroeiingen in relatie tot overstromingsduur en -frequentie voor de Waddenzee (naar: Erchinger 1995).

2.5.1 Effecten op zilte habitattypen

Verlies van de zilte habitattypen H1310A (Zilte pionierbegroeiingen met zeekraal), H1310B (Zilte pionierbegroeiingen met zeevetmuur) en H1330B (Schorren en zilte graslanden) worden bepaald door de frequentie en duur van overspoeling (zie rekenregels). Tabel 19 geeft een overzicht van het verlies in areaal en het relatieve verlies in procenten van de 2011-oppervlakte per habitat. De tabel beschrijft het directe verlies door overspoeling, zonder rekening te houden met het feit dat vegetaties kunnen opschuiven. In deze analyses zijn niet alleen de gevolgen van getij maar ook incidenteel optredende waterstanden verwerkt als gevolg van windopzet.

Uit de analyse komt naar voren dat alle scenario's negatieve effecten zullen hebben op zilte vegetaties (Tabel 19). Effecten op zilte begroeiingen zijn het grootst (scenario's zonder optimalisaties) voor het Basisscenario (H1310A: -140ha/-78%, H1310B: -7/-63%, H1330B: -63ha/-24%) gevolgd door het RGV scenario (H1310A: -128ha/-71%, H1310B: -5/-49%, H1330B: -48ha/-18%), Verminderd getij (H1310A: -101ha/-56%, H1310B: -3/-26%, H1330B: -21ha/-8%) en het kleinst voor Verlaagd middenpeil (H1310A: -76ha/-43%, H1310B: -3/-26%, H1330B: -22ha/-8%). Voor het Tussenscenario is er geen variant zonder optimalisaties. Optimalisatie met peilbeheer (verlaging in het broedseizoen en opzet in de winter (+B+W)) is gunstig voor zilte vegetaties en leidt tot een verkleining van directe effecten. Scheefstand correctie (+S') in de scenario's Basisscenario+S en Verminderd getij+S leidt tot een iets kleiner effect op H1330B. Van alle scenario's zijn de effecten het kleinst bij het Tussenscenario +B+W (H1310A: -20ha/-11%, H1310B: -2/-20%, H1330B: -13ha/-5%).

Tabel 19. Direct verlies (rood) zilte habitattypen (H1310A, H1310B en H1330B) per getijscenarior's op basis van de 2011-habitatkaart. Aangegeven is het areaal van het betreffende habitat dat te vaak wordt overspoeld om zich te handhaven en dus zal verdwijnen (zie rekenregels). Waarden zijn afgerond op hele getallen. In deze inschatting is geen rekening gehouden met het feit dat vegetaties kunnen opschuiven. Ook is de autonome ontwikkeling niet doorgerekend in de scenario's, maar wel is deze apart aangegeven in de laatste kolom. De autonome ontwikkeling is ingeschat voor de periode tot 2050: dit is een verschil met de scenario's, die ten opzichte van de situatie op moment van Aanwijzingsbesluit (2013) zijn berekend of ingeschat. Bij de scenario's speelt dus dat (i) de directe afname mee kan vallen door gedeeltelijke verschuiving naar een andere zone, en (ii) bovenop het effect tot 2050 nog een autonome ontwikkeling optreedt, die anders kan zijn dan de autonome ontwikkeling bij het huidige waterbeheer. De netto verlies/winst door opschuiving is in Tabel 20 weergegeven.

**Verlies door getij t.o.v. areaal
2011 zonder rekening te
houden met autonome
ontwikkeling + opschuiven**

	2011	RGV scenario	Basisscenario	Tussenscenario + B +W ofwel 40/-30	Verminderd getij	Verlaagd middenpeil	Basis + B +W	Verminderd getij + B +W	Verlaagd middenpeil +B +W	Basis +S	Verminderd getij +S	Autonome ontwikkeling 2050*
Verlies in hectaren												
H1310A Zilte pionierbegroeiingen (zeekraal)	180	-128	-140	-20	-101	-76	-78	-41	-34	-140	-101	-40
H1310B Zilte pionierbegroeiingen (zeevetmuur)	11	-5	-7	-2	-3	-3	-7	-4	-4	-7	-3	-6
H1330B Schorren en zilte graslanden (binnendijks)	265	-48	-63	-13	-21	-22	-69	-25	-24	-58	-18	-25
Verlies in procenten												
H1310A Zilte pionierbegroeiingen (zeekraal)	100%	-71%	-78%	-11%	-56%	-43%	-44%	-23%	-19%	-78%	-56%	
H1310B Zilte pionierbegroeiingen (zeevetmuur)	100%	-49%	-63%	-20%	-26%	-26%	-71%	-36%	-36%	-63%	-26%	
H1330B Schorren en zilte graslanden (binnendijks)	100%	-18%	-24%	-5%	-8%	-8%	-26%	-9%	-9%	-22%	-7%	

Tabel 20. Een inschatting van netto verlies/winst van zilte habitattypen door opschuiving ingeschat op basis van expert oordeel.

Mogelijkheid tot toename door opschuiven op basis van expert oordeel												Autonome ontwikkeling 2050*	
	2011	RGV scenario	Basisscenario	Tussenscenario +B +W ofwel 40/-30	Verminderd getij	Verlaagd middenpeil	Basis + B +W	Verminderd getij +B +W	Verlaagd middenpeil +B +W	Basis +S	Verminderd getij +S		
H1310A Zilte pionierbegroeiingen (zeekraal)		+	+	+	+	++	+	+	++	+	++		
H1310B Zilte pionierbegroeiingen (zeevetmuur)		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
H1330B Schorren en zilte graslanden (binnendijks)		+	+	+	+	++?	+	+	++?	+	++?		
Netto winst/verlies													
H1310A Zilte pionierbegroeiingen (zeekraal) ⁶		+/-	+/-	+/-	+/-	+	+/-	+/-	+	+/-	+		
H1310B Zilte pionierbegroeiingen (zeevetmuur)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
H1330B Schorren en zilte graslanden (binnendijks)		0/-	0/-	0/-	0/-	0	0/-	0/-	0	0/-	0		

⁶ Afhankelijk van de mate waarin erosie optreedt of tegengegaan kan worden.

Indien wordt gecorrigeerd voor de mogelijkheid om op te schuiven, pakt dit voor de zilte habitattypen als volgt uit:

- H1310A zilte pionierbegroeiingen zeekraal kan profiteren van getij en is bovendien gebaat bij een peilverlaging in het broedseizoen met opzet in de winter. De verwachting is dan ook dat niet in alle scenario's sprake zal zijn van verlies van dit habitatype omdat het in de zonering kan opschuiven naar boven en bovendien zal profiteren van een peiloptimalisatie in het broedseizoen. In de scenario's met een verlaagd peil kan dit habitat relatief meer naar beneden opschuiven. Een onzekere factor is echter nog wel in welke mate er erosie gaat optreden, een proces dat tot substantieel verlies aan oppervlakte van dit habitatype kan leiden, waardoor er mogelijk netto toch verlies van optreedt. Op basis van een expert oordeel wordt ingeschat dat de verandering van oppervlakte van dit habitat bij getijscenario's tussen de -20% tot +20% zal liggen afhankelijk van het gevoerde peilbeheer en de mate van erosie. De ontwikkeling van dit type in lagere onbegroeide zones kan binnen één jaar optreden, naar hogere (reeds begroeide) delen kan iets langer duren (1 tot 3 jaar).
- H1310B zilte pionierbegroeiingen met zeevetmuur zijn de afgelopen 15 jaar voor meer dan 90% overgegaan in andere habitattypen, met name H2190B vochtige duinvalleien. De huidige oppervlakte is gering en zal naar verwachting bij getij kunnen blijven bestaan, aangezien het type kan opschuiven in de gradiënt tot in de zone van het jaarlijks hoogste getijbereik en zout-spray-bereik.
- H1330B Schorren en zilte graslanden neemt af door getij, doordat de overspoelingsduur op de huidige voorkomens te lang of te frequent is voor dit habitatype. Tegelijkertijd kan het habitat ook iets opschuiven in de zonering naar boven (of naar beneden bij verlaagd peil), zodat het netto verlies beperkt wordt. Mogelijk profiteert dit habitat van peiloptimalisatie met verlaging in het broedseizoen en winteropzet. Op basis van expert oordeel wordt echter ingeschat dat netto enig verlies zal optreden of dat het habitat gelijk zal blijven in oppervlakte, met een bandbreedte van -10% tot 0% afname.

Hieronder de tabel over opschuiven toevoegen

2.5.2 Effecten op vochtige duinvalleien en leefgebieden soorten Groenknolorchis en Noordse Woelmuis

Om het verlies van geschikt leefgebied voor de Noordse woelmuis te bepalen, is gerekend met de (te ruime) oppervlaktes die zijn bepaald op basis van de 2011-habitatkaart (Bijlage 15). Naast overspoeling door getij is ook het effect van incidentele waterstanden meegenomen. De relatieve verliezen zijn berekend op basis van overspoeling en windopzet en zijn weergegeven in Tabel 21. In de tabel is tevens een expert-beoordeling van Kees de Kraker vermeld. Op basis van de analyses zal in ieder scenario verlies van leefgebied voor de Noordse woelmuis optreden. Verliezen zijn het grootst in de scenario's zonder optimalisaties bij het Basisscenario (-14%), gevolgd door het RGV scenario (-11%) en Verminderd getij en Verlaagd middenpeil (beiden -6%). Voor het Tussenscenario is geen variant zonder optimalisaties geanalyseerd. De peiloptimalisatie (verlaging in het broedseizoen en opzet in de winter ('+B+W')) leidt tot grotere verliezen in het Basisscenario +B+W (-17%) en Verminderd getij +B+W en Verlaagd middenpeil +B+W (beiden -8%). Scheefstandcorrectie ('+S') beperkt verliezen in het Basisscenario+S (-13%) en Verminderd getij+S (-5%). Van alle scenario's zijn de effecten het kleinst in het Tussenscenario+B+W (-4%).

Voor de bepaling van oppervlakte en percentage verlies/winst voor het habitatype 2190B Vochtige duinvalleien (kalkrijk) en het leefgebied van de Groenknolorchis zijn, naast direct verlies door overspoeling, de volgende processen beschouwd:

Zoutspray (Bijlage 17): Er is uitgegaan van een toename van zoutspray op oevers die direct aansluitend op een harde (stenen) verdediging liggen, waarbij een maximaal bereik van zoutspray van 10 tot 15 meter is aangehouden. Dergelijke oevers liggen alleen aan de westzijde van de

Veermansplaat. In andere gebieden ligt de oeververdediging verder weg van de oever, of ligt er geen 2190B direct achter een harde oever. Door handmatig een nieuwe polygoon in te tekenen in de habitatkaart, op circa 15 meter vanaf de oeverlijn, is het beïnvloede oppervlakte voor habitattype 2190B en Groenknolorchis berekend.

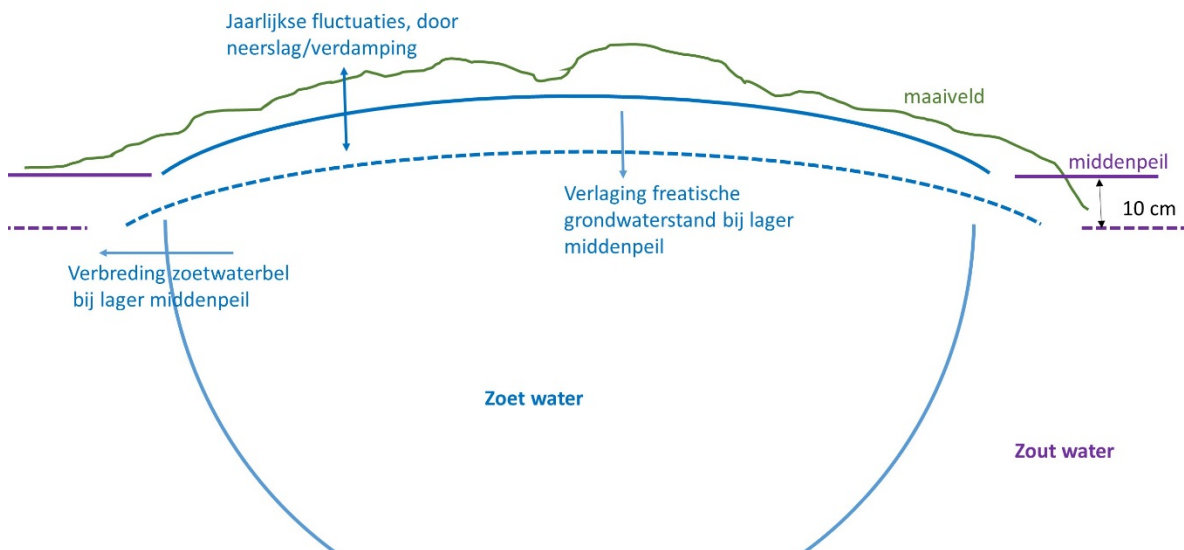
Veranderingen in grondwaterstand (vernassing/verzuring) (Bijlage 17): Er is van uitgegaan dat centraal op de zandige eilanden gelegen delen zullen vernatten door hogere gemiddelde waterstanden als gevolg van getij. Deze delen draineren relatief slecht. Behalve vernassing kan hier ook verzuring door stagnerend regenwater optreden. Het betekent niet per se dat het habitattype 2190 hier verdwijnt: de kalkrijke vorm (subtype B) kan ook overgaan in nattere vormen (subtype A) of zuurdere vormen (subtype C) van het habitattype Vochtige duinvalleien. Aan de hand van de habitatkaart zijn centraal gelegen polygonen geselecteerd en is de oppervlakte 2190B hierin bepaald. Voor de hier gelegen voorkomens van Groenknolorchis geldt dat het leefgebied hier zal verdwijnen door vernassing en/of verzuring. Overigens zijn dit deelgebieden die ook bij autonome ontwikkeling het eerst zullen verzuren (Figuur 40).



Figuur 40. Centraal op de Veermansplaat gelegen duinvallei: de dichte mat Kruipwilg en het voorkomen van Rondbladig wintergroen (witte bloemen) duiden hier reeds op minder optimale omstandigheden voor langdurig behoud van kalkrijke duinvallei-vegetatie en populaties van de Groenknolorchis (foto door John Janssen, Wageningen Environmental Research).

Verandering grondwaterstand – verdroging: Verlaging van het middenpeil leidt tot drainage van de platen en oevers (Figuur 41). De processen van vernassing (door invoering getij) en verdroging gaan dan door elkaar spelen. Bij 10 cm verlaging is ervan uitgegaan dat het (gemiddelde) freatisch grondwatervlak 10 cm mee daalt. Dit effect wordt echter gecompenseerd door hogere waterstanden door getij. Om precies te berekenen hoe deze effecten op elkaar inwerken zijn ingewikkelde modellen nodig met daarin de hoogteligging, doorlaatbaarheid van de bodem en grootte van het landoppervlak, alsmede de schommelingen in waterstanden. Dit vergt een uitgebreide studie. In de huidige studie zijn de effecten ingeschat, waarbij er van is uitgegaan dat de drainage overheerst, maar ongeveer

50% van het drainerende effect wordt gecompenseerd door hogere gemiddelde waterstanden als gevolg van getij. Indien typen kunnen opschuiven naar een lagere zone, compenseert het getij naar schatting 75% van dit positieve effect. Dit zijn heel globale inschattingen, waar omheen ruime marges kunnen worden aangehouden. Eventuele aanvullende effecten op de vorm, breedte en hoogte van de zoetwaterbel (vergroting door verlaagd middenpeil of verkleining door getij) worden als marginaal



ingeschat.

Figuur 41. Schematische weergave van de verandering in freatisch grondwatervlak bij verlaging van het middenpeil.

De netto veranderingen (zowel winst als verlies) van het areaal H2190B Vochtige duinvalleien (kalkrijk) en het geschikt leefgebied van de Groenknolorchis als gevolg van de directe en indirecte effecten staan weergegeven in Tabel 22. Op basis van de analyses komt naar voren dat voor Vochtige duinvalleien (H2190B) sprake kan zijn van zowel toe- als afname van het habitat als gevolg van boven beschreven processen (Tabel 22). Voor de scenario's zonder optimalisaties leidt scenario Verlaagd middenpeil tot een toename van het habitat (+24ha/+6%) terwijl in de scenario's Basisscenario (-99ha/-23%), RGV scenario (-94ha/-21%) en Verminderd getij (-85ha/-19%) een afname optreedt. Voor het Tussenscenario is er geen variant zonder optimalisaties geanalyseerd. Optimalisatie met peilbeheer (verlaging in het broedseizoen en opzet in de winter (+B+W)) zijn ongunstig voor H2190B en leiden tot een kleinere afname of een groter verlies. Bij de optimalisatie scheefstandcorrectie ('+S') treden nagenoeg geen veranderingen op ten opzichte van de variant zonder scheefstandcorrectie. Het Tussenscenario +B+W leidt tot de grootste toename van H2190B van alle scenario (+25ha/+6%). Voor de Groenknolorchis treedt in alle scenario's verlies van leefgebied op. Als gevolg van verdroging van het leefgebied van deze soort zijn verliezen het grootst (in de scenario's zonder optimalisatie) voor Verlaagd middenpeil (-150ha/-72%), Basisscenario (-79ha/-23%), RGV scenario (-71ha/-21%) en Verminderd getij (-59ha/-51%). Optimalisatie met peilbeheer (verlaging in het broedseizoen en opzet in de winter (+B+W)) zijn ongunstig voor het leefgebied van de Groenknolorchis en leiden tot grotere verliezen. Bij de optimalisatie scheefstandcorrectie ('+S') treden nagenoeg geen veranderingen op ten opzichte van de variant zonder scheefstandcorrectie. Het Tussenscenario +B+W leidt tot de grootste verliezen van leefgebied van alle onderzochte scenario's (-149ha/+72%), uitgezonderd het scenario Verlaagd middenpeil(+B+W).

Tabel 21. Verlies (rood) geschikt leefgebied Noordse Woelmuis per getijscenario's. Berekend is het relatieve areaal dat wordt overspoeld en zal verdwijnen op basis van de habitatkaart (te ruim leefgebied) en de genoemde rekenregels. Deze waarden zijn uitgedrukt in percentages. De autonome ontwikkeling is ingeschat voor de periode 2050 en niet doorberekend in de scenario's.

Verlies door getij t.o.v. areaal 2011 zonder rekening te houden met autonome ontwikkeling	2011	RGV scenario	Basisscenario	Tussenscenario +B +W ofwel 40/-30	Verminderd getij	Verlaagd middenpeil	Basis +B +W	Verminderd getij +B +W	Verlaagd middenpeil +B +W	Basis +S	Verminderd getij +S	Autonome ontwikkeling 2050 *
	Relatief effect	100%	-11%	-14%	-4%	-6%	-6%	-17%	-8%	-8%	-13%	-5%
Inschatting Kees de Kraker*		-32%	-32%		-4%							

*Bijlage 7 in Botman, B. (2019). *Bespreekpunten en verslag expertsessie bandbreedte effecten habitattypen, groenknolorchis en noordse woelmuis*. Notitie B2 consultancy. De getallen betreffen schattingen van het verlies bij 50 cm getij met gelijkblijvend peil (-32%) en 30 cm getij bij gelijkblijvend peil (-4%).

Tabel 22. Maximale winst (groen)/verlies (rood) oppervlakte en verandering van kwaliteit (oranje) van het habitatype Vochtige duinvalleien (H2190B) en geschikt leefgebied Groenknolorchis per getijscenario, uitgesplitst naar de verschillende processen die een rol spelen. Waarden zijn afgerond op hele getallen. *Let op: De autonome ontwikkeling is ingeschat voor de periode 2050. Dit is een verschil met de scenario's, die ten opzichte van de situatie op moment van Aanwijzingsbesluit (2013) zijn berekend of ingeschat. Bij de scenario's speelt dus dat ook daar (bovenop) tot 2050 nog een autonome ontwikkeling optreedt, die anders kan zijn dan de autonome ontwikkeling bij het huidige waterbeheer.

**Oppervlakte (ha)
winst/verlies/verandering kwaliteit door
getij t.o.v. areaal 2011 zonder rekening te
houden met autonome ontwikkeling**

	Oppervlakte 2011	RGV scenario	Basisscenario	Tussenscenario +B +W ofwel 40/-30	Verminderd getij	Verlaagd middenpeil	Basis +B +W	Verminderd getij +B +W	Verlaagd middenpeil +B +W	Basis +S	Verminderd getij +S	Autonome ontwikkeling 2050*
H2190B Vochtige duinvalleien (kalkrijk)	436											
Verlies door overspoeling & windopzet		-15	-20	-5	-6	-6	-31	-10	-10	-21	-6	
Verlies door zoutspray		-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	
Verandering naar ander (sub)habitattype door vernatting en/of verzuring		-77	-77		-77		-77	-77		-77	-77	-110
Verlies door verdroging				-16					-16			
Verlies door successie												-26
Toename door groter landoppervlak agv peilverlaging				+48		+32			+48			
Netto verandering oppervlak habitattype		-94	-99	+25	-85	+24	-110	-89	+20	-100	-85	-136
Achteruitgang kwaliteit door verdroging				152		152			152			
Geschikt leefgebied Groenknolorchis	272											
Verlies door overspoeling & windopzet		-18	-26	-7	-6	-6	-38	-12	-17	-28	-6	
Verlies door zoutspray		-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	
Verlies door vernatting		-50	-50		-50		-50	-50		-50	-50	
Verlies door verdroging				-161		-161			-161			
Verlies door successie												-92
Toename door groter landoppervlak agv peilverlaging				+20		+20			+20			
Netto verandering geschikt leefgebied		-71	-79	-149	-59	-150	-91	-64	-156	-80	-59	-92

3 Vooruitblik Grevelingenmeer met getij - potentieel Natura 2000 gebied en potentie als foerageergebied

Ecologische potentie Grevelingenmeer H1160 "Grote, ondiepe krekens en baaien"

Het Grevelingenmeer, met uitzondering van de terrestrische delen, is niet aangewezen als een Natura 2000 habitattypen. In deze paragraaf wordt bediscussieerd in hoeverre een toekomstig Grevelingenmeer met gedempt getij zou kunnen kwalificeren als Habitattypen H1160 'Grote, ondiepe krekens en baaien'. Eerst wordt een nadere beschrijving gegeven van H1160, de aanpak toegelicht en de potentie van dit habitattypen in het Grevelingenmeer bediscussieerd.

3.1.1 Beschrijving, afbakening en definiëring van H1160

Onderstaande omschrijving van H1160 is overgenomen uit het profiel document (Ministerie van LNV, 2008).

Het habitattypen H1160 'Grote, ondiepe krekens en baaien' (in het vervolg afgekort als 'Grote baaien') is op landschapsniveau gedefinieerd op basis van vormen van het aardoppervlak en de stroming van water (geomorfologische en hydrologische kenmerken). Grote baaien betreffen grote inhammen van de kust, dus grote krekens en baaien, waar – in tegenstelling tot habitattypen H1130 'Estuaria' – de invloed van zoet (rivier)water beperkt is. Het gaat in het algemeen om luwe inhammen waar, afhankelijk van de grootte van de verbinding met open zee, de invloed van golven en getijden relatief gering is. Habitattypen H1160 wordt aan de oevers begrensd door de gemiddelde hoogwaterlijn. Wanneer het aangrenzende gebied bij de hoogwaterlijn uit de pionierzone van een kwelder/schor bestaat (habitattypen H1310, H1320 en H1330), wordt de grens bepaald door de aanwezigheid van die pionierzone, daar waar de begroeiing met zeekraal begint. Vaak is dat rond, of iets onder de gemiddelde hoogwaterlijn. De grens aan de zeezijde kan het beste op basis van geomorfologische karakteristieken vastgesteld worden, zoals de lijn tussen landtongen. Het habitattypen 'Grote baaien' bestaat intern uit een mozaïek van mariene ecotopen, zoals watervlaktes en geulen; al dan niet bij eb droogvallende, hoge dan wel lage, zandige dan wel slibrijke platen; mosselbanken, kokkelbanken en zeegras- en ruppiavelden. De samenhang tussen en de afwisseling van de ecotopen vormen een wezenlijk aspect van de structuur en functie van het habitattypen. De kwaliteit van het habitattypen wordt bepaald door deze habitatdiversiteit en de daarmee gepaard gaande biodiversiteit. Het mozaïek van ecotopen in een grote baai vormt een landschapsecologisch geheel met terrestrische habitattypen van kwelders/schorren en duinen.

Het habitattypen H1160 'Grote, ondiepe krekens en baaien' is in de 'Interpretation Manual of European Union Habitats (European Commission, 2007) als volgt gedefinieerd:

"Grote inhammen van de kust waar, in tegenstelling tot estuaria, de invloed van zoet water beperkt is. Deze ondiepe inhammen liggen in het algemeen in de luwte van golfwerking en bevatten een grote diversiteit aan sedimenttypen en substraten met een goed ontwikkelde zonerings van bentische levensgemeenschappen. Deze gemeenschappen hebben meestal een hoge biodiversiteit. Aan de ondiepe kant is de begrenzing vaak bepaald door de aanwezigheid van Zosteretea en Potametea plantengemeenschappen. Diverse fysiografische types kunnen deel uitmaken van deze categorie zolang de waterdiepte over een groot deel van het gebied gering is: baaien, fjord, rivierdalen en inhammen."

Naast de hogere planten (*Zostera* spp., *Ruppia maritima*) zijn ook bentische algen en zoobenthogemeenschappen karakteristiek voor het habitattypen.

H1160 in Europa en Nederland

H1160 Grote baaien is een in Europa wijdverbreid voorkomend habitatype (Programma directie Natura 2000, 2009). Ook elders in de wereld komt dit habitatype voor als getijden baaien, lagunes en krekens langs de kust (hoewel er dan geen sprake is van Habitatrictlijngebied). Het habitatype is daarom vermoedelijk ook niet aangeduid als prioritair volgens Bijlage I van de Habitatrictlijn omdat de Europese Unie geen bijzondere globale verantwoordelijkheid draagt voor het voorkomen van dit habitatype. In Nederland is echter de Oosterschelde het enige voorkomende habitat dat als H1160 is aangemeld (2003). Het habitatype is op kunstmatige wijze tot stand gekomen door de aanleg van dammen die de zoetwateraanvoer en getijslag van het oorspronkelijke estuarium beperken. De soortensamenstelling van de Oosterschelde is uniek en verschilt van alle andere grote baaien in Europa. Daardoor heeft dit habitatype een aanzienlijk belang in Europa (Ministerie van LNV, 2008).

Huidige staat van instandhouding (uit profielfocument: ministerie van LNV, 2008)

De instandhoudingsdoelstelling voor dit habitatype in de Oosterschelde is behoud oppervlakte en verbetering kwaliteit. De landelijke staat van instandhouding van het habitatype grote baaien is op de aspecten oppervlakte en kwaliteit beoordeeld als respectievelijk "gunstig" en "zeer ongunstig" (Programma directie Natura 2000, 2009). De afname van het oppervlak aan platen (zandhonger) veroorzaakt een zeer ongunstige staat van instandhouding voor de kwaliteit en het toekomstperspectief van het habitatype. En daarmee komt de foerageerfunctie voor schelpdiereters in gevaar. Voor behoud en herstel van het evenwicht tussen de deelecosystemen is het stoppen of vertragen van de plaaterosie noodzakelijk. Kwaliteitsverbetering is gericht op herstel van een evenwichtige afwisseling aan de diverse deelecosystemen, herstel van het kleinschalige zoet-zout gradiënten en zeegrasvelden.

3.1.2 Aanpak

Allereerst is bekeken of het Grevelingenmeer met gedempt getij zou kunnen kwalificeren als H1160 omdat de grootte van de getijslag van belang is. Bij de definities van habitatypen wordt gebruik gemaakt van de indeling in Fysisch-Geografische Regio's (FGR-kaart). Die is weer gelinkt aan het Handboek Natuurdoeltypen (LNV, 2001). Om te kunnen kwalificeren als H1160 moet er sprake zijn van een Getijdenlandschap. Omdat dit een definitiekwestie is, is contact gelegd met het ministerie van LNV om hier helderheid in te krijgen. Hier kwam uit naar voren dat er bij een Getijdenlandschap sprake moet zijn van een getijverschil groter dan 40 cm. Bij een getijslag van 40 cm of kleiner is er sprake van een Zoute afgesloten zeearm. Dit betekent dus dat de getijslag bepalend is of er spraken kan zijn van H1160 in het Grevelingenmeer.

Uitgaande van een gedempt getij van >40 cm is vervolgens een vergelijking gemaakt met het profielfocument (Ministerie van LNV, 2008). Het profielfocument is vastgesteld op 18 december 2008 door het ministerie van LNV, en vervangt de 1e versie, vastgesteld op 15 december 2006. Deze vergelijking wordt gemaakt voor 50 cm getijslag. Voor de vergelijking is gebruik gemaakt van de kwaliteitseisen die staan beschreven in het profiel document met betrekking tot:

- Kwaliteitseisen habitatype:
 - Abiotische randvoorwaarden
 - Typische soorten
 - Kenmerken van een goede structuur en functie
- Kwaliteitseisen omgeving

Van belang is te benadrukken dat het hier gaat om een vergelijking tussen het profielfocument en de (ingeschatte) ontwikkeling van het Grevelingenmeer bij gedempt getij. Of het Grevelingenmeer met beperkt getij kan kwalificeren als H1160, kan niet alleen op basis van een ecologische inschatting worden gedaan omdat ook maatschappelijke, politieke en juridische keuzes een rol spelen.

Ecologische kwaliteitseisen H1160

Beschrijving uit het profielfocument (Ministerie van LNV, 2008):

Abiotische randvoorwaarden: Het habitatype komt in ons land alleen voor in de Oosterschelde. Dat is een luwe zeearm met een afgezwakt, zogenoemd 'gedempt' getij. Verplaatsingen van zand en slib door erosie en sedimentatie treden hier in veel mindere mate op dan gewoon is in getijdenwateren. Een gevolg hiervan is, dat het water doorgaans relatief helder is. Sturende factoren zijn getijden, stroming en golven. De golfdynamiek is sterk afhankelijk van het windklimaat (snelheid en richting) en minder van de invloed vanuit de Noordzee. De golfwerking speelt een belangrijke rol in de erosie van de platen. Voor veel typische soorten is een goede waterkwaliteit van belang. Een zoet-zoutgradiënt draagt bij aan een hoge biodiversiteit. Habitatype H1160 vereist een goede waterkwaliteit. Slecht afbreekbare stoffen hebben risico's door de opeenhoping in de voedselketen. In het verleden hebben bestrijdingsmiddelen (zoals drins), polychloorbifenylen (PCB's) en anti-aangroeimiddelen als tributyltin (TBT) negatieve effecten gehad. De laatste jaren zijn de concentraties van deze stoffen in het vet van dieren afgenomen. Het water is matig voedselrijk tot voedselrijk. De helderheid van het water is van dien aard dat fotosynthese door algen mogelijk is.

Typische soorten: Conform de Habitatrichtlijn worden voor alle habitatypen zogenaamde 'typische soorten' geselecteerd, die gezamenlijk een goede kwaliteitsindicator vormen voor de (compleetheid van de) levensgemeenschap van het habitatype. De set van typische soorten is een indicator voor de kwaliteit (en daarmee de staat van instandhouding) van het habitatype op landelijk niveau.

Als typische soort voor H1160 worden soorten geselecteerd op basis van de volgende criteria:

- de soorten zijn meetbaar en opgenomen in de bestaande monitoringprogramma's;
- de soorten worden dusdanig regelmatig aangetroffen, dat trends en/of verspreiding kunnen worden vastgesteld (en dus niet regionaal (zeer) zeldzaam zijn);
- de soorten zijn geen exoot (een exoot is door toedoen van de mens sinds 1900 geïntroduceerd);
- de soorten zijn bruikbaar als indicator van een goede abiotische toestand of goede biotische structuur.

H1160 is intern gestructureerd uit meerdere ecotopen en de daarmee geassocieerde soorten. De onderstaande lijst van typische soorten bevat dus soorten typisch voor zowel de droogvallende delen als de dynamischer geulen en zandbanken van de waterkolom daarboven en soorten die typisch zijn voor harde substraten zoals de mosselbanken (Tabel 23). Het is geenszins de bedoeling een lijst op te nemen van alle typische soorten die in de levensgemeenschap van het habitatype voorkomen. Niet alle trofische niveaus (primaire producenten, zooplankton, grote predatoren) en soortgroepen (bijvoorbeeld naaktslakken, wieren) zijn dan ook vertegenwoordigd. Het geheel van thans geselecteerde soorten is zodanig dat daarmee de kwaliteit van de habitat genoegzaam kan worden beoordeeld.

Tabel 23. Typische soorten habitat H1160. Ca = constante soort met indicatie voor goede abiotische toestand; Cb = constante soort met indicatie voor goede biotische structuur; Cab = constante soort met indicatie voor goede abiotische toestand en goede biotische structuur; K = karakteristieke soort; E = exclusieve soort.

Nederlandse naam	Wetenschappelijke naam	Soortengroep	Categorie
Zeeanjer	<i>Metridium senile</i>	Bloemdieren	Cab
Wadpier	<i>Arenicola marina</i>	Borstelwormen	
Schelpkokerworm	<i>Lanice conchilega</i>	Borstelwormen	Ca
Zandzager	<i>Nephtys hombergii</i>	Borstelwormen	Ca
Zeeduizendpoot	<i>Nereis diversicolor</i>	Borstelwormen	Ca
Gewone strandkrab	<i>Carcinus maenas</i>	Kreeftachtigen	Cab
Buldozerkreeftje	<i>Urothoe poseidonis</i>	Kreeftachtigen	Ca
Groot zeegras	<i>Zostera marina</i>	Vaatplanten	Ca
Klein zeegras	<i>Zostera noltii</i>	Vaatplanten	K + Ca
Bot	<i>Platichthys flesus</i>	Vissen	Cab
Haring	<i>Clupea harengus</i>	Vissen	Cab[h.j.1]
Puitaal	<i>Zoarces viviparus</i>	Vissen	Ca
Schar	<i>Limanda limanda</i>	Vissen	Ca
Schol	<i>Pleuronectes platessa</i>	Vissen	Ca
Steenbolk	<i>Trisopterus luscus</i>	Vissen	Ca
Wijting	<i>Merlangius merlangius</i>	Vissen	Cab
Zeedonderpad	<i>Myoxocephalus scorpius</i>	Vissen	Ca
Hartegel	<i>Echinocardium cordatum</i>	Stekelhuidigen	Ca
Kokkel	<i>Cerastoderma edule</i>	Weekdieren	Ca
Mossel	<i>Mytilus edulis</i>	Weekdieren	Ca

Kenmerken van een goede structuur en functie: Dit onderdeel geeft een beschrijving van typerende abiotische en biotische structuren en functies. Het habitatype heeft een goede kwaliteit als het in belangrijke mate voldoet aan deze kenmerken. De kwaliteit van het habitatype wordt bepaald door de doorgaans grote afwisseling van verschillende ecotopen en de daaraan gekoppelde biodiversiteit. Zulke ecotopen zijn hoge of lage, zandige of slibrijke getijdenplaten, zandbanken en geulen die permanent onder water staan, zeegrasvelden en mosselbanken. Deze ecotopen zijn een geschikt leefmilieu voor een scala aan levensgemeenschappen. De grote baaien zijn plaatselijk begroeid met zeegras (*Zostera*), waterplanten (zoals *Ruppia*) of een algenlaag. Daarnaast kunnen plaatselijk mosselbanken (zogenoemde biogene structuren) voorkomen. In helder water kan tot op ongeveer 20 meter fotosynthese plaatsvinden. In grote baaien met relatief weinig zeestroming en golfwerking dringt het licht doorgaans redelijk ver door. Daardoor kunnen in de ondiepe en diepe delen van het habitatype algengemeenschappen voorkomen. In de getijdenzone komt zeegras voor, vooral Klein zeegras (*Zostera noltii*). In het verleden kwam in deze gebieden ook een groot oppervlak met Groot zeegras (*Zostera marina*) voor. Het habitatype H1160 'Grote baaien' functioneert op landschapsschaal; zij ligt ingebed in een afwisselend landschap met vele gradiënten. Kenmerken van een goede structuur en functie zijn:

- aanwezigheid van getijstrooming;
- aanwezigheid van natuurlijke geulenstelsels;
- afwisseling van zandige en slibrijke delen met overgangen;
- gevarieerde hoogteligging met droogvallende platen en permanent ondergelopen delen;
- afwisseling van hoogdynamische en laagdynamische delen;
- aanwezigheid van een goede waterkwaliteit (helderheid, zoutgehalte);
- aanwezigheid van zeegras- en ruppia-velden;
- aanwezigheid van soortenrijke mosselbanken;
- aanwezigheid van een algen of 'film'laag met diatomeeën en cyanobacteriën;
- compleetheid van levensgemeenschappen ten aanzien van de volgende aspecten:

- *biomassa, dichtheid en soortenrijkdom van bodemorganismen;*
- *aantallen en soortenrijkdom van vissenfauna;*
- *aantallen en soortenrijkdom van wadvogels;*
- *aantallen en soortenrijkdom van zeezoogdieren;*
- *aanwezigheid van kwelders in randzone (op landschapsschaal).*

Ten opzichte van 'Estuaria' (H1130) zijn morfologische en hydrologische processen in H1160 'Grote baaien' minder dynamisch en is er geen sprake van een sterke en continue invloed van zoet rivierwater. Door de beperkte morfodynamiek en slibdynamiek is het water van grote baaien helderder en verandert het morfologische landschap (geulen, banken, platen) slechts langzaam.

Naast de kwaliteitseisen uit het profiel document is voor de kwalificering van H1160 ook van belang of het Grevelingenmeer gerekend wordt tot een Getijdenlandschap of een Zoute afgesloten zeearm.

3.1.3 Vergelijking H1160 en Grevelingenmeer met gedempt getij

Getijdenlandschap of Zoute zeearm?

Om te kunnen kwalificeren als H1160 moet er sprake zijn van een Getijdenlandschap waarbij >40 cm getij een vereiste is. Bij <40 cm getij is er sprake van een Zoute zeearm.

Dat is dus per getijscenario verschillend:

- Getijscenario's met getijslag = < 40 cm, zou niet kwalificeren als H1160: Verminderd getij (30 cm) en Tussenscenario (40 cm)
- Getijscenario met getijslag > 40 cm, zouden wel kwalificeren als H1160: RGV scenario (50 cm), Basisscenario (50 cm) en Verlaagd Middenpeil (50 cm).

Beoordeling ecologische kwaliteitseisen

In Tabel 24 is een vertaling gemaakt van de kwaliteitseisen uit het profiel document naar zo concreet mogelijke eisen waar het habitatype aan zou moeten voldoen en een beoordeling en vergelijking van de huidige situatie en 50 cm getijslag in het Grevelingenmeer. Hier volgt een toelichting van de beoordeling in Tabel 24:

- Abiotische randvoorwaarden:
 - Getij, stroming en golven: het profiel document benoemt geen specifiek benodigde getijslag of stroomsnelheden.
 - Goede waterkwaliteit: hierbij is uitgegaan van de KRW-beoordeling (zie paragraaf 1.6) voor fysisch-chemische waterkwaliteit. De biologische waterkwaliteit m.b.t. vissen, macrofauna en macrofyten komt bij 'typische soorten' aan bod.
- Typische soorten: Op basis van MWTL- en DFS-monitoringsdata en beschikbare literatuur is een overzicht gemaakt van de aan- of afwezigheid van soorten (Bijlage 18). Uit deze analyse komt naar voren dat bijna alle typische soorten (vissen en macrobenthos) op dit moment al aanwezig zijn in het Grevelingenmeer en de verwachting is ook dat deze soorten bij gedempt getij aanwezig zullen zijn. Een aantal stroominnende bodemdiersoorten die in de huidige situatie niet voorkomen, zullen vermoedelijk bij gedempt getij terug het Grevelingenmeer koloniseren. Voor macrofyten is dit anders. Zowel groot als klein zeegras is in de huidige situatie niet (meer) aanwezig. Het is niet te verwachten dat groot zeegras zich spontaan gaat ontwikkelen bij gedempt getij, klein zeegras kan zich mogelijk op termijn op de intergetijdengebieden ontwikkelen maar dat is alleen mogelijk als er beschikbaarheid van zaden is.
- Kenmerken van een goede structuur en functie:
 - Aanwezigheid van getijdenstroming: gedempt getij op het Grevelingenmeer resulteert in het terugbrengen van getijdenstroming in het meer, de stroomsnelheden zullen beperkt zijn (<0,8 m/s).
 - Aanwezigheid van natuurlijke geulenstelsels: in de huidige situatie is het oorspronkelijke geulenstelsel (van voor de afsluiting) nog aanwezig. Bij gedempt getij blijft dit geulenstelsel aanwezig en zullen kleinere geulenstelsels zich ontwikkelen in het litoraal en ondiep subtidaal als gevolg van getijwerking.
 - Afwisseling van zandige en slibrijke delen: in de huidige situatie is de sedimentverdeling kenmerkend voor dat van een meer, met slibrijke(re) sedimenten in de diepe delen, en meer zandige sedimenten op de door golven geëxponeerde ondiepe oevers. Met

gedempt getij zal het sediment beperkt herverdeeld worden en kunnen ook op de beschutte intergetijdengebieden en ondiep water gebieden mogelijk slibrijkere delen ontstaan. Hier is het type oeververdediging (direct/indirect/gecombineerd verdedigd of onverdedigd) van invloed op sedimentatie en erosie patronen van zand en slib.

- Gevarieerde hoogteligging met droogvallende platen en permanent ondergelopen delen: met gedempt getij ontstaan intergetijdengebieden waardoor een gevarieerde hoogteligging ontstaat.
- Afwisseling van hoogdynamische en laagdynamische delen: het gedempt getij zorgt wel voor getijdenstroming in het Grevelingenmeer, maar de stroomsnelheden zullen op de meeste plaatsen zo laag zijn, dat enkel sprake is van laagdynamisch habitat. Daar waar golfslag sterk is en vlakbij het doorlaatmiddel kunnen hoogdynamische omstandigheden voorkomen.
- Aanwezigheid van een goede waterkwaliteit: volgens de KRW heeft het Grevelingenmeer in de huidige situatie een goede fysisch-chemische waterkwaliteit, echter is het meer in de zomer vaak sterk gestratificeerd waardoor zuurstofloosheid optreedt nabij de bodem. Bij gedempt getij zal de waterkwaliteit goed blijven, en zal de zuurstofloosheid nabij de bodem beperkt zijn door vermindering van de stratificatie.
- Aanwezigheid van zeegras- en ruppiavelden: zie boven bij Typische soorten
- Aanwezigheid van soortenrijke mosselbanken: in de huidige situatie komen soortenrijke mosselbanken niet meer voor; de ontwikkeling van mosselbanken bij gedempt getij is onzeker, ook in de Oosterschelde komen nauwelijks mosselbanken van nature voor; mogelijk ontwikkelen zich gemengde oester/mosselbanken.
- Aanwezigheid van een algen of 'filmlaag' met diatomeeën en cyanobacteriën: door de grote helderheid van het Grevelingenmeer komen in de huidige situatie reeds bodemalgen voor tot enkele meters diepte, en hebben ze een belangrijk aandeel in de primaire productie. Bij gedempt getij blijft het doorzicht minstens gelijk (op basis van modelberekeningen) en het intergetijdengebied zal voor bijkomende productie door bodemalgen zorgen.
- Biomassa, dichtheid en soortenrijkdom van bodemorganismen: Intergetijdengebieden zijn zeer productieve gebieden. De hoogste biomassa, dichtheid en soortenrijkdom van de in estuaria levende bodemdieren is hier te vinden. Met introductie van een gedempt getij zullen de biomassa, dichtheid en soortenrijkdom dan ook toenemen. In het sublitoraal zullen deze door afname van het zuurstofarm areaal ook toenemen. In beide gevallen zal 50 cm getij een gunstiger effect hebben dan 30 cm. Door een verhoogde primaire productie zal ook meer voedsel beschikbaar zijn voor filtrerende soorten zoals bepaalde soorten schelpdieren (kokkel, mossel, oester, etc.).
- Aantallen en voorkomen van vissenfauna: de verwachting is dat zowel biomassa als dichtheden van sommige soorten iets zal toenemen doordat meer vissen door de betere verbinding met de Noordzee het Grevelingenmeer optrekken om te foerageren en daardoor zal de soortenrijkdom iets stijgen. De platvispopulatie is gebaat bij de grotere instroom van larven vanaf de Noordzee naar het Grevelingenmeer. Door vermindering van het areaal met langdurig lage zuurstofconcentraties op de bodem wordt het areaal leef- en/of foerageergebied groter en dit is voornamelijk gunstig voor de populatie bodemvissen.
- Aantallen en soortenrijkdom van wadvogels: de verwachting is dat bodemdieretendevogelsoorten zullen profiteren van het ontstane areaal intergetijdengebied. Van soorten als bergeend, bontbekplevier, rosse grutto, bonte strandloper, scholekster, wulp, tureluur en zilverplevier is de verwachting dat ze in aantallen gaan toenemen.
- Aanwezigheid van zeezoogdieren: De trend van de gewone en de grijze zeehond in het Grevelingenmeer wordt vooral bepaald door de toenemende aantallen op de Voordelta. De verwachting is niet dat getij voor een significante toename zal zorgen maar ook zeker niet dat omstandigheden minder geschikt worden voor zeezoogdieren.

Aanwezigheid van kwelders in randzone: De verwachting is dat 50 cm getijslag onvoldoende is om kwelders op landschapsschaal tot ontwikkeling te laten komen. Wel zal er aan de randen van oevers en eilanden kwelder vegetatie ontwikkelen met o.a. zeekraal, kweldergras, lamsoor en zoutmelde.

Tabel 24. Een inschatting van in hoeverre het Grevelingenmeer aan de kwaliteitseisen van het habitatype 1160 Grote baaien voldoet op basis van expert oordeel: een vergelijking van de huidige situatie en 50 cm getij. Rood = slecht/afwezig, geel = matig/deels aanwezig en groen = goed/aanwezig.

	Kwaliteitshabitatype H1160	Huidige situatie	50 cm getij
Abiotische randvoorwaarden	Getij, stroming en golven.		
	Goede waterkwaliteit fysisch-chemisch		
Typische soorten aanwezigheid	Vissen		
	Bodemdieren		
	Macrofyten		?
Kenmerken van een goede structuur en functie	-aanwezigheid van getijstroming;		
	-aanwezigheid van natuurlijke geulenstelsels;		
	-afwisseling van zandige en slibrijke delen met overgangen;		
	-gevarieerde hoogteligging met droogvallende platen en permanent ondergelopen delen;	afwezig	aanwezig met groter droogvallend areaal
	-afwisseling van hoogdynamische en laagdynamische delen;	golfdynamiek	getijstroming beperkt, golfdynamiek
	-aanwezigheid van een goede waterkwaliteit (helderheid, zoutgehalte);	goede fysisch-chemische waterkwaliteit (KRW), maar sterk gestratificeerd	goede fysisch-chemische waterkwaliteit (KRW), zwak gestratificeerd
	-aanwezigheid van zeegras- en ruppia-velden;	afwezig	onzeker
	-aanwezigheid van soortenrijke mosselbanken;	afwezig	mogelijke ontwikkeling gemengde oester-mosselbanken
	-aanwezigheid van een algen of 'film'laag met diatomeeën en cyanobacteriën;		
	-biomassa, dichtheid en soortenrijkdom van bodemorganismen;		soortenrijker
	-aantallen en soortenrijkdom van vissenfauna;		
	-aantallen en soortenrijkdom van wadvogels;		
	-aantallen en soortenrijkdom van zeezoogdieren;	-beperkte, (betrouwbare?) data -functie gebied voor zzd	
	-aanwezigheid van kwelders in randzone (op landschapsschaal)		

3.2 Ontwikkeling en kwaliteit intergetijdengebieden bij 30-50 cm getij

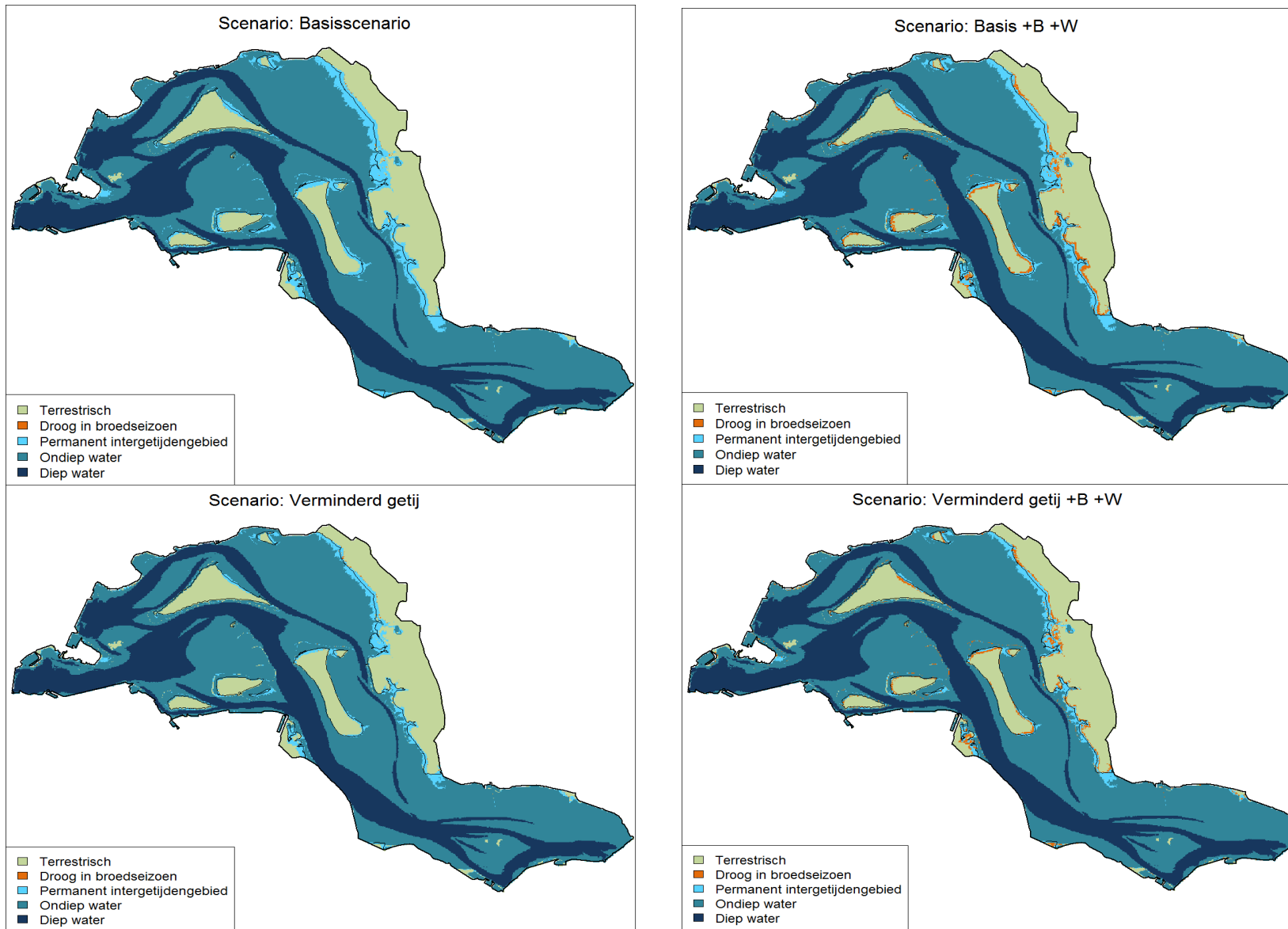
3.2.1 Areaal intergetijdengebied bij getijscenario's

Bij invoering van gedempt getij zal de verhouding terrestrische en mariene ecotopen verschuiven en er zal intergetijdengebied ontstaan. Tabel 25 geeft een overzicht van de oppervlakten ecotopen per getijscenario en voor sommige scenario's met optimalisaties in peilbeheer in het broedseizoen en de herfst/winter (B + W) en scheefstandcompensatie (S). Voor het berekenen van deze oppervlakten is gebruik gemaakt van een geüpdatete hoogte-dieptekaart waarin gedetailleerde dieptemetingen van de ondiepe delen NAP (-0,20 tot -1,5 meter) zijn opgenomen. Hierdoor kon het oppervlakte intergetijdengebied nauwkeuriger worden berekend dan in voorgaande studies. Voor een volledig overzicht van het areaal intergetijdengebied en andere ecotopen en ecotopenkaarten zie Bijlage 19. Oppervlakten permanent intergetijdengebied variëren van circa 715 ha in het RGV- scenario, circa 808 hectare in het basisscenario, circa 598 in het tussenscenario, circa 494 hectare bij 30 cm getij tot circa 895 hectare bij 50 cm getij met een verlaagd middenpeil. Dit is een kleinere oppervlakte dan werd berekend in een eerdere studie door Tangelder et al. (2018) met 1120 ha bij 50 cm getij en 780 ha bij 30 cm getij. Dit verschil komt doordat de nieuwe metingen van de ondiepe delen een 'hol' verloop van de meeste oeverprofielen laten zien daar waar in de studie van 2018 uitgegaan was van een lineair verloop omdat deze gegevens toen nog niet beschikbaar waren. Het holle profiel van de oever wordt veroorzaakt door golferosie die sinds de afsluiting is opgetreden waardoor de ondiepe oever een steiler verloop heeft gekregen. In de scenario's met een peiloptimalisatie in het broedseizoen en de herfst/winter is er sprake van een geringer oppervlak permanent intergetijdengebied omdat een deel van het intergetijdengebied in het broedseizoen (1 april – 16 juli) droogvalt en wordt aangemerkt als ecotoop 'broedgebied'. Buiten het broedseizoen bestaat deze zone echter wel uit intergetijdengebied. Het toevoegen van scheefstandcorrectie bij de scenario's 'verminderd getij' en 'basis' leidt tot een verkleining van het oppervlakte intergetijdengebied. Het scenario met een verlaagd middenpeil resulteert in een grotere oppervlakte intergetijdengebied dan in het RGV- en Basisscenario terwijl de getijslag even groot is, namelijk 50 cm. Het verschil is te verklaren doordat het getij bij het verlaagde peil van NAP -0,30 meter fluctueert over een flauwer diepteprofiel dan bij het RGV- en Basisscenario. Het verschil in oppervlakte intergetijdengebied tussen het RGV scenario en het basisscenario komt doordat er in het basisscenario een flexibel laagwaterpeil wordt toegestaan die zowel boven de NAP -0,45 meter kan oplopen maar ook lager kan uitzakken.

Tabel 25. Berekende areaal ecotopen bij verschillende getijsscenario's. Deze arealen zijn bepaald aan de hand van geïnterpoleerde waterstanden uit 3D modellering (Maarse et al., 2019) en projectie op de gecombineerde hoogte-diepte kaart van het Grevelingenmeer. B + W = peilverlaging in het broedseizoen (1 april – 16 juli, 10 cm lager) en winteropzet (1 september – 1 maart, 2 keer per maand volgens de springtij/doottij-cyclus bovengrens 5 cm hoger). S = scheefstand compensatie.

	Autonoom	RGV scenario	Basis scenario	Tussenscenario +B +W ofwel 40/-30	Verminderd getij	Verlaagd middenpeil	Basis +B +W	Verminderd getij +B +W	Verlaagd middenpeil +B +W	Basis +S	Verminderd getij+S
Diep water	3823	3720	3708	3683	3745	3671	3709	3745	3672	3715	3754
Ondiep water	7229	6960	6921	6808	7055	6730	6930	7056	6741	6949	7084
Permanent intergetijdengebied	2	715	808	598	494	895	656	341	734	767	456
Droog in broedseizoen	155	7	4	199	7	8	201	213	208	1	1
Terrestrisch	2256	2063	2023	2177	2163	2160	1968	2110	2110	2032	2169

Figuur 42 geeft een ruimtelijk overzicht van het areaal intergetijdengebied voor scenario's 'basis' en 'verminderd getij' zonder en met peiloptimalisatie in het broedseizoen en in de winter. Veruit het grootste oppervlakte van het areaal intergetijdengebied bevindt zich langs de 'Slikken van Flakkee'. Voor kaarten van alle scenario's zie Bijlage 19.



Figuur 42. Ruimtelijke ligging van het intergetijdengebied en andere ecotopen in verschillende scenario's: 'basis' (linksboven), 'basis + broedseizoen verlaging + winteropzet' (rechtsboven), 'verminderd getij' (linksonder) en 'verminderd getij + broedseizoen verlaging + winteropzet' (rechtsonder).

3.2.2 Ontwikkeling als foerageergebied voor vogels

Het oppervlakte intergetijdengebied varieert van circa 430-900 hectare afhankelijk van de getijslag en het peilbeheer. In vergelijking met bijvoorbeeld de Oosterschelde met een oppervlakte van circa 10.000 hectare (van Maldegem en van Pagee, 2005) gaat het om een relatief gering oppervlak. Echter, het is de verwachting dat het intergetijdengebied in het Grevelingenmeer zich zal ontwikkelen tot een ecologisch waardevol gebied met een rijk bodemleven dat vergelijkbaar zal zijn met de Oosterschelde zoals ook al eerder is bediscussieerd door Tangelder et al. (2018). De belangrijkste punten zijn hier samengevat:

- De veronderstelling dat intergetijdengebieden in het Grevelingenmeer te zandig zijn om een rijke bodemdiergemeenschap te herbergen is niet juist. Naast sedimentsamenstelling spelen andere factoren als stroomsnelheid, droogvalduur en voedsel (o.a. fytoplankton, microphytobenthos) een belangrijke rol voor het voorkomen van bodemdieren.
- Stroomsnelheden bij 30-50 cm gedempt getij zullen relatief laag zijn waardoor de verwachting is dat de intergetijdengebieden een in hoofdzaak laagdynamisch karakter zullen kennen, hoewel op meer geëxponeerde gebieden golfwerking wel een rol kan spelen en ter plaatse van het doorlaatmiddel lokaal ook hoogdynamische delen zullen voorkomen.
- De verwachting is dat het bodemleven van het intergetijdengebied in het Grevelingenmeer van vergelijkbare samenstelling zal zijn als in de Oosterschelde. Schelpdieren zoals de kokkel kunnen profiteren van het getij door zich te vestigen op de intergetijdengebieden waar de predatie (door voornamelijk garnalen) lager zal zijn. Daarnaast zullen soorten zoals wadpieren, schelpkokerwormen en wadslakjes goed gedijen. Hiermee kunnen de permanente intergetijdengebieden als foerageergebied gaan fungeren voor bodemdieren etende vogels zoals scholekster, wulp, bonte strandloper, kanoet, rosse grutto, zilverplevier, bontbekplevier, bergeend, etc. Daarnaast is het intergetijdengebied gunstig als kraamkamerfunctie met geschikt habitat voor bijvoorbeeld opgroeiende platvis.
- Sedimentatie & erosie: de verwachting is dat de opbouwende krachten (i.e. onder invloed van de getijstromingen) bij 30-50 cm gedempt getij verwaarloosbaar zullen zijn vergeleken met de erosie die zal optreden (i.e. onder invloed van golfwerking). Dit proces is vergelijkbaar met de zandhonger in de Oosterschelde. De verwachting is dat bij 30-50 cm gedempt getij erosie in het Grevelingenmeer met een vergelijkbaar tempo door zal gaan als in de huidige situatie (De Jong en van Maldegem, 2010). Het type oever – onverdedigd, direct/indirect/gecombineerd verdedigd – is zeer bepalend voor de mate en snelheid waarmee erosie zal optreden.
- Er zal een faseverschil optreden tussen het moment van vloed en eb in het Grevelingenmeer, in de Voordelta en de Oosterschelde. Hoogwater en laagwater in het Grevelingenmeer zijn ongeveer 4 uur later dan in de Voordelta en ongeveer 1,5 tot 2 uur later dan in de noordtak van de Oosterschelde (Zijpe). Dit houdt in dat intergetijdengebieden niet volledig gelijktijdig overstromen of droogvallen. Dit biedt mogelijk voordelen voor overtijende steltlopers die van de Oosterschelde naar het Grevelingenmeer vliegen en zou betekenen dat ze kunnen blijven foerageren in het Grevelingenmeer tijdens hoogwater in de omliggende wateren. Door dit faseverschil zal de functie van het Grevelingenmeer als hoogwatervluchtplaats voor vogels uit de Oosterschelde niet onder druk komen te staan.
- Relatie oeververdediging met ontwikkeling intergetijdengebied:
 - Indirect verdedigde oevers (13% van de totale oeverlengte) bevinden zich langs het zuidelijk deel van de Slikken van Flakkee, Bommenede, Markenje en een klein deel van de Veermansplaat. De indirecte oeververdedigingen zorgen voor een luwe zone intergetijdengebied en ondiep water van betekenis als foerageergebied voor vogels. Ondiepwaterzones ontstaan indien de gebieden achter de indirecte oeververdedigingen niet snel genoeg kunnen ontwateren, maar naar verwachting zal grotendeels droogvallend slik ontstaan. Door verschil in hydrodynamische condities van de luwe zone in vergelijking met een onverdedigde zone zal het sediment mogelijk van fijnere samenstelling zijn. Door de minder dynamische omstandigheden (minder golfwerking) zal naar verwachting een rijker bodemleven kunnen ontwikkelen met hogere dichtheden en biomassa's.
 - Direct verdedigde oevers. Het grootste deel van de oevers van de Veermansplaat en een klein deel van de Hompelvoet zijn direct verdedigd (20% van de totale oeverlengte). Bij de direct verdedigde oevers zal de intergetijdenezone naar verwachting grotendeels op de harde verdediging vallen met een kleine reep aan droogvallend zacht substraat ervoor. Op dit hard substraat intergetijdengebied zal een hardsubstraatgemeenschap ontwikkelen met verschillende soorten wieren, zeepokken, Japanse oesters, etc. vergelijkbaar met de Oosterschelde. Slakken en krabbensoorten

die zich met laag water schuilhouden tussen de stenen zijn interessant als voedselbron voor sommige vogelsoorten zoals meeuwen en de Scholekster. Als er al droogvallend kaal slik ontstaat onderaan de oeververdediging dan zal dit naar verwachting onderhevig zijn aan erosie en mogelijk snel eroderen.

- Gecombineerd verdedigde oevers. Een groot deel van de eilanden zijn gecombineerd verdedigd (38% van de totale oeverlengte) met Hompelvoet, Stampersplaat, Dwars in de Weg, Veermansplaat en daarnaast een stukje van het zuidelijk deel van de Slikken van Flakkee. Bij de gecombineerd verdedigde oever zal een combinatie optreden van hard en (luw) zacht substraat intergetijdengebied en ondiep water (zie hiervoor).

3.2.3 Droogvalduur

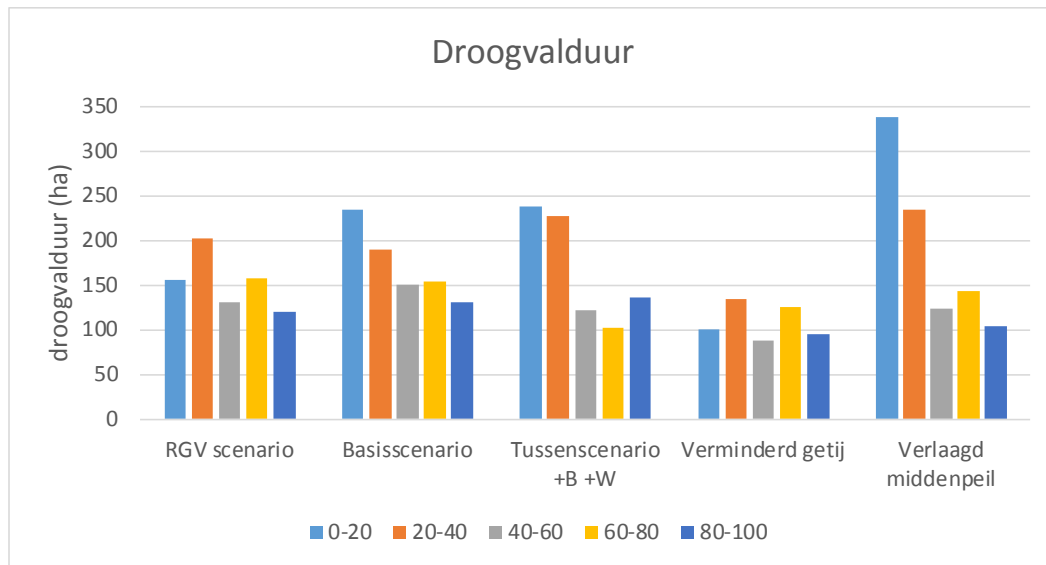
De droogvalduur is van grote invloed op de bodemdiergemeenschap in het litoraal. De belangrijkste predatoren voor bodemdieren zijn vissen en kreeftachtigen zoals garnalen, die tijdens vloed de intergetijdengebieden opzwellen, en in iets mindere mate vogels die tijdens laagwater foerageren op bodemdieren. De predatiedruk is dan ook het grootst laag in het litoraal. Hier is ook de hydrodynamiek vaak het grootst, wat bij hoge stroomsnelheden kan leiden tot lagere aantallen en biomassa's bodemdieren. Het leefgebied hoog in de intergetijdzone, waar de droogvalduur lang is, is dan weer minder geschikt voor vele soorten bodemdieren. Filterende soorten zoals mossel en kokkel hebben slechts beperkte tijd om zich te voeden, en milieuomstandigheden (grote schommelingen in temperatuur en zoutgehalte, uitdroging, etc.) zorgen voor moeilijke leefomstandigheden. De grootste biomassa aan bodemdieren wordt dan ook vaak in het middenlitoraal aangetroffen. Met andere woorden, de droogvalduur is een bepalende factor voor het voorkomen van bodemdieren, naast andere abiotische factoren zoals sedimentsamenstelling en hydrodynamiek. In de Oosterschelde is onderzoek gedaan naar aantallen steltlopers in relatie met de intergetijdengebieden door Troost & Ysebaert (2011). Hieruit kwam onder andere naar voren dat de hoogste benthos biomassa zich bevindt bij een droogvalduur van 60% of lager en daarom het midden, en in mindere mate het laag litoraal het meest waardevol zijn voor steltlopers en dat het hoog-litoraal met een droogvalduur van > 60% (vooral > 80%) lagere bodemdierbiomassa's heeft (Troost & Ysebaert, 2011).

Bodemdieren vormen de prooidieren van vele soorten vogels, voornamelijk steltlopers. De droogvalduur bepaalt de tijd die vogels hebben om hun voedsel te kunnen verzamelen. Is de droogvalduur kort, bijvoorbeeld dichtbij de laagwaterlijn, dan is er ook maar weinig tijd om te foerageren in dat gebied. Is de droogvalduur lang, zoals hogerop tegen de hoogwaterlijn, dan is er meer foerageertijd maar is dit gebied tegelijkertijd minder geschikt voor bodemdieren en is de bodemdierdichtheid en biomassa vaak lager (Troost & Ysebaert 2011). Steltlopers en bergeend hebben maximaal 7 tot 9 uur per bodemdieren wordt dan ook vaak in het middenlitoraal aangetroffen. Met andere woorden, de droogvalduur is een bepalende factor voor het voorkomen van bodemdieren, naast andere abiotische factoren zoals sedimentsamenstelling en hydrodynamiek. In de Oosterschelde is onderzoek gedaan naar aantallen steltlopers in relatie met de intergetijdengebieden door Troost & Ysebaert (2011). Hieruit kwam onder andere naar voren dat de hoogste benthos biomassa zich bevindt bij een droogvalduur van 60% of lager en daarom het midden, en in mindere mate het laag litoraal het meest waardevol zijn voor steltlopers en dat het hoog-litoraal met een droogvalduur van > 60% (vooral > 80%) lagere bodemdierbiomassa's heeft (Troost & Ysebaert, 2011).

Bodemdieren vormen de prooidieren van vele soorten vogels, voornamelijk steltlopers. De droogvalduur bepaalt de tijd van laagwater die nodig is om te foerageren, wat betekent dat de droogvalduurklasse tot 80% van groot belang is, vooral in de winter en in het voorjaar, wanneer de energiebehoefte groot is (en de voedseldichtheid beperkt is) (De Ronde et al. 2013). Door de Ronde et al. (2013) wordt gesteld dat juist de droogvalduurklasse 40-80% van belang is voor steltlopers. Met name in de wintermaanden is dit gebied essentieel omdat zij hier lang kunnen foerageren. De zeer hoge delen die meer dan 80% van de tijd droog liggen zijn erg arm in bodemdieren. Deze delen zijn wel het grootste deel van de tijd bereikbaar, maar zijn vanwege de lage voedseldichtheid minder geschikt voor de meeste soorten vogels.

Figuur 43 toont het aandeel van de verschillende droogvalduurklassen per scenario, uitgaande van het permanent intergetijdengebied zoals gegeven in Tabel 25. Vooral de scenario's Verlaagd middenpeil en Tussenscenario +B +W hebben een relatief groot aandeel oppervlakte aan droogvalduurklasse 0-20 en 20-40 (respectievelijk 60 en 56%). Ondanks het feit dat het scenario Verlaagd middenpeil dus een groter oppervlakte permanent intergetijdengebied heeft, ligt het grootste deel ervan laag in het litoraal. Het Basisscenario, gevolgd door het RGV scenario, heeft het grootste absolute oppervlakte 40-80 droogvalduur (respectievelijk 305 en 289 ha). Bij het scenario Tussenscenario +B +W is de oppervlakte in de droogvalduurklassen 40-80 kleiner (225 ha). Alle scenario's met peilbeheer in het broedseizoen

leiden tot verlies van foerageergebied in de hogere droogvalduurklassen. Het scenario Verminderd Getij heeft het kleinste oppervlakte permanent intergetijdengebied, met een min of meer evenredige spreiding over de droogvalduurklassen.



Figuur 43 Aandeel (in ha) van de verschillende droogvalduurklassen (0-20%, 20-40%, 40-60%, 60-80%, 80-100%) per scenario.

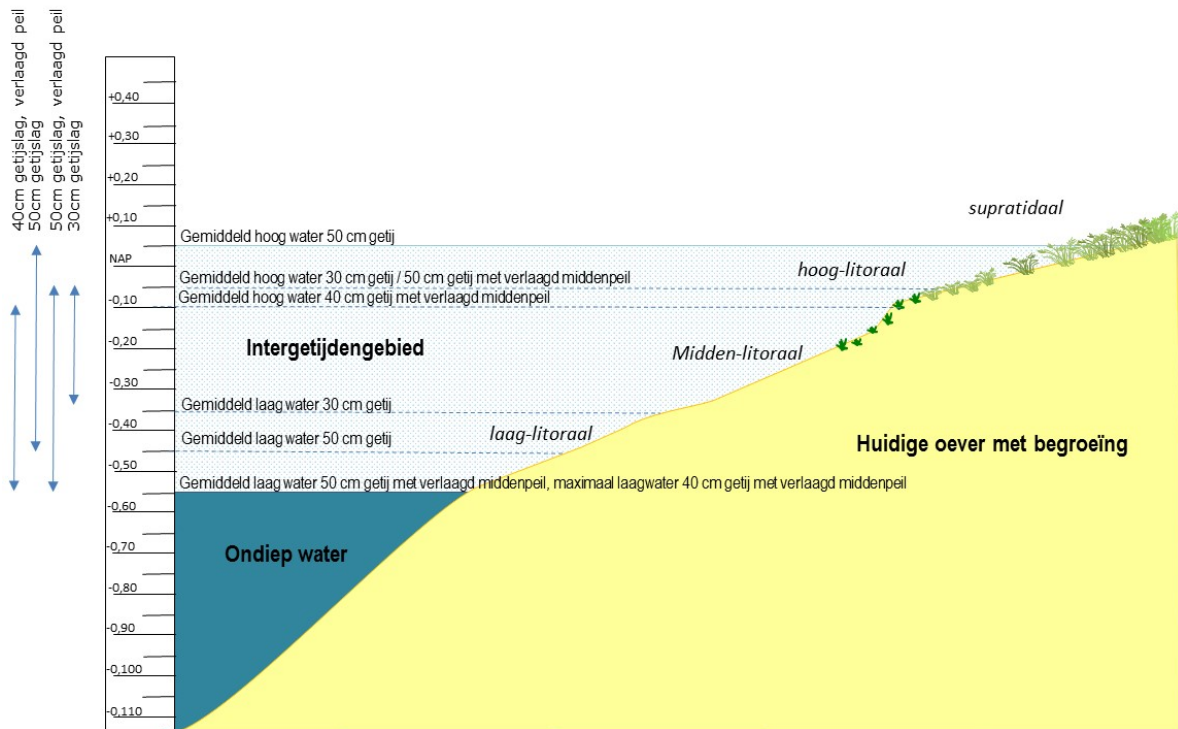
3.2.4 Ontwikkeling van de in het broedseizoen droogvallende zone

In de getijsscenario's, waarin een verschillend peilbeheer in het broedseizoen (peilverlaging) en de herfst/winter (periodieke peilverhoging) wordt toegepast, is er sprake van een zone die in de periode 1 april – 16 juli droogvalt en de overige tijd van het jaar intergetijdengebied is. Dit peilbeheer is ongunstig voor de ontwikkeling van mariene bodemorganismen en de verwachting is dan ook dat de betekenis van deze zone als foerageergebied beperkt zal zijn. De bodemdieren die zich in het winterhalfjaar vestigen zullen sterven of indien mogelijk zich verplaatsen nadat het waterpeil omlaag is gebracht. Overigens zullen er in het winterhalfjaar zich niet veel bodemdieren vestigen; de natuurlijke aanwas als gevolg van voortplanting gebeurt met name in het late voorjaar en vroege zomer. Mogelijk profiteren vogels direct na het omlaag brengen van het peil tijdelijk van deze zone omdat ze kunnen foerageren op bodemdieren zonder dat het hoogwater wordt.

3.2.5 Verwachting ontwikkeling 'begroeid' intergetijdengebied onverdedigde oevers

Op het moment dat gedempt getij wordt ingevoerd in het Grevelingenmeer ontstaan intergetijdengebieden doordat het waterniveau gaat fluctueren rondom het middenpeil. Bij laag water komt een zone kaal slik droog te liggen (voorheen ondiep water). Bij hoog water overstroomt een zone van de in de huidige situatie terrestrische delen die grotendeels begroeid zijn. In een eerdere studie wordt aangegeven dat aanwezigheid van (dichte) vegetatie die zal afsterven bij overspoeling door getij de vestiging van bodemdieren mogelijk kan belemmeren (Tangelder et al., 2018). Naar aanleiding hiervan wordt dit hier nader bediscussieerd.

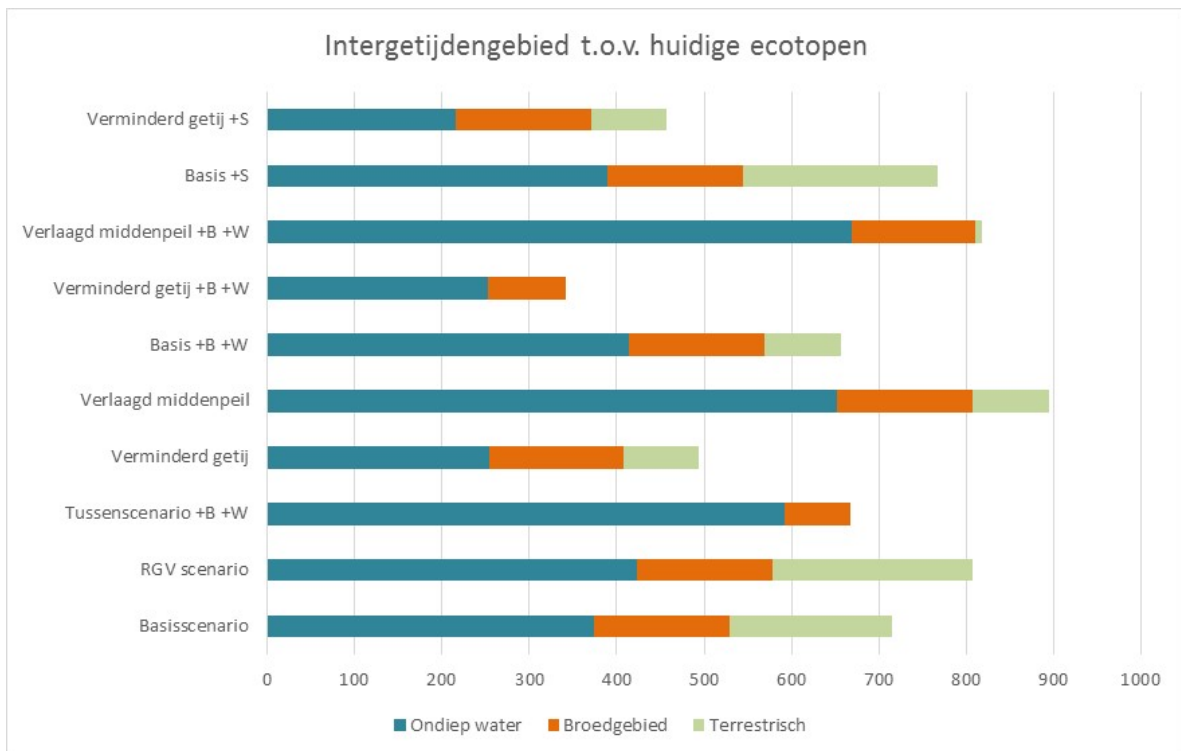
De bovenste zonering van het intergetijdengebied (hooglitoraal en hoogste zone van het middenlitoraal) bij gedempt getij ontwikkelt op grotendeels begroeide delen van onverdedigde oevers (Figuur 44). Deze zone was ooit ook onderdeel van het intergetijdengebied voor de afsluiting van het Grevelingenmeer in 1971 en peilverlaging (NAP -0,20 meter). Daarna zijn oevers en eilanden permanent drooggevalen en begroeid geraakt. Figuur 44 laat een schematisatie zien van een huidig oeverprofiel met begroeiing en de potentiële ligging van het intergetijdengebied bij getijsscenario's 50 cm getij, kleinere getijslag 30 cm getij en verlaagd middenpeil 50 cm getij. Zoals te zien is in de schematisatie Figuur 44 overlapt het potentiële hooglitoraal en deel van het middenlitoraal met de in de huidige situatie begroeide delen (verschilt per getijsscenario).



Figuur 44. Schematisatie met een voorbeeld van de ligging van het intergetijdengebied en zonering van hoog-, midden- en laaglitoraal bij gedempt getij (scenario's 30 en 50 cm getijslag met middenpeil NAP -0,20 meter, 50 en 40 cm getijslag met verlaagd middenpeil van NAP -0,30 meter) ten opzichte van de oever in de huidige situatie met begroeiing. Het verloop van het oeverprofiel verschilt en is afhankelijk van bijvoorbeeld aanwezigheid van ligging in het gebied, klifranden, aanwezigheid van directe oeververdediging met stortsteen etc.

In Figuur 45 staat de ligging van het intergetijdengebied per scenario ten opzichte van huidige ecotopen ondiep water, broedgebied en terrestrisch aangegeven. Het doel van deze figuur is om een beeld te kunnen geven van het oppervlakte intergetijdengebied dat overlapt met terrestrische delen die over het algemeen begroeid zijn. Kijkend naar de scenario's zonder peilverlaging in het broedseizoen en winteropzet vertonen de scenario's 'RGV', 'Basis' en 'Basis + S' de grootste overlap met terrestrische delen (respectievelijk 230, 187 en 223 hectare). De scenario's 'verminderd getij', 'verlaagd middenpeil' en 'verlaagd middenpeil + S' vertonen de kleinste overlap met terrestrische delen (respectievelijk 86, 88, 86 ha). Voor de scenario's met peiloptimalisatie in broedseizoen/winter is er voor de scenario's 'verlaagd middenpeil', 'verminderd getij' en 'tussenscenario' geen overlap met terrestrische delen (0 ha) maar wel voor het scenario 'basis +B+W' (87 ha).

De ontwikkeling van het intergetijdengebied zal naar verwachting anders verlopen op de in de huidige situatie begroeide delen dan op de onbegroeide delen en verschilt ook per getijscenario en toegepast peilbeheer. De verwachting is niet dat er zodanige sedimentatie van zand en slib zal optreden dat een 'verse' bodem ontstaat. De begroeide delen van het potentiële intergetijdengebied zijn in de huidige situatie begroeid met schrale vegetaties van voedselarme omstandigheden. Over het algemeen kennen deze vegetaties een zonering van zilte vegetaties naar een samenstelling met steeds meer zoetminnende soorten. Direct langs de oevers is invloed van zout water aanwezig door spray, incidentele overspoeling en/of capillaire opstijging. Hier treedt daardoor geen vegetatiesuccessie op, en ook in delen met zoete vegetatie gaat de successie zeer langzaam (van den Haterd, 2010).



Figuur 45. Ligging van het intergetijdengebied per scenario, t.o.v. de huidige ecotopen 'ondiep water', 'broedgebied' en 'terrestrisch' (grotendeels begroeid). De tabel geeft arealen in hectaren.

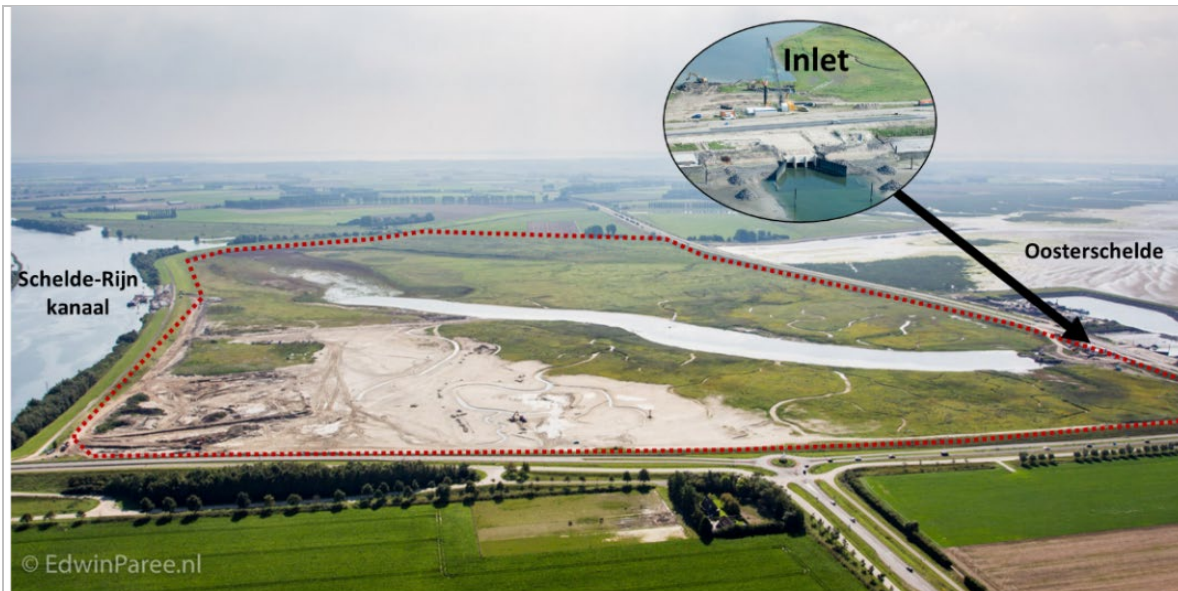
Interessant is de vergelijking met de ontwikkeling van het Rammegorsgebied; een zoetwater natuurgebied dat middels een doorlaat (weer) in verbinding met de Oosterschelde is gebracht (zie Tekstbox 2). Rammegors was een zoetwater natuurgebied met op sommige delen dicht begroeide vegetatie met aanwezigheid van riet, bomen en struiken. Deze vegetatie werd bovengronds verwijderd alvorens het getij weer toe te laten, maar door technische problemen kon de vegetatie zich deels herstellen. Onderzoek naar de ontwikkeling van de bodemdiergemeenschappen in dit gebied laat een snelle kolonisatie zien van bodemdieren in het intergetijdengebied. Op de voormalig begroeide delen van de oever (Figuur 46), zijn wormen in staat zich te vestigen ondanks de nog aanwezige plantenwortels in de bodem (persoonlijke communicatie Dr. B. Walles). Dit onderzoek is nog lopende en onbekend is of de soortenrijkdom en dichtheden beïnvloed worden door de aanwezige plantenwortels. De begroeide delen van het Grevelingenmeer die potentieel gaan overspoelen door getij betreffen in hoofdzaak schrale, zoute en zoete vegetaties die veelal nog in een pionierstadium verkeren een daardoor ook met een minder ver ontwikkelde wortelzone in vergelijking met Rammegors. Mogelijk dat de nog aanwezige wortels en organisch materiaal in de bodem zullen uitspoelen bij enige golfwerking. De verwachting is daarom dat de begroeide delen gekoloniseerd zullen worden door bodemdieren (o.a. wormensoorten) en dat in het eerste voorjaar na de opening van het doorlaatmiddel de eerste soorten zich al zullen vestigen. Vestiging van zagers en pieren die gangen graven in de bovenste decimeters zorgen voor omwoeling en beluchting van de bodem ('bioturbatie') waardoor afbraak van plantenresten wordt versneld en de bodem mogelijk ook toegankelijker kan worden voor andere soorten zoals schelpdieren. Het is echter onzeker of schelpdieren zich ook snel zullen kunnen vestigen.



Figuur 46. Foto van een klomp slik uit het voormalig begroeide intergetijdengebied bij Rammegors tijdens veldwerk in mei 2017 (5 maanden nadat de doorlaat opnieuw geopend is). Bij deze opname was de activiteit van wormen in de bodem duidelijk zichtbaar. In de foto zijn de gegraven gangen door aanwezigheid van borstelwormen duidelijk te zien (Foto door Dr. Brenda Walles, Wageningen Marine Research).

Tekstbox 2: Onderzoek naar ontwikkeling Rammegors gebied na herstel getij en verbinding met Oosterschelde

Het Rammegors is een gebied gelegen tussen Tholen en Sint-Philipsland en maakte vroeger onderdeel uit van de getijdengeul 'de Eendracht' van de Oosterschelde (Figuur 47). Tijdens de aanleg van het Schelde-Rijnkanaal is het gebied afgesloten van de Oosterschelde om te dienen als opslag van baggerspecie die vrijkwam uit het kanaal en heeft het gebied zich ontwikkeld als zoetwater natuurgebied. Als onderdeel van het herstel van slikken en schorren gebied in de Oosterschelde heeft Rijkswaterstaat het Rammegors in 2014 weer in verbinding gezet met de Oosterschelde via een doorlaat. Om de ontwikkeling van het gebied na het terugbrengen van de getijden invloed te kunnen volgen heeft Rijkswaterstaat en het Centre of Expertise en de daarin samenwerkende partijen Hogeschool Zeeland, NIOZ, Wageningen Marine Research en Deltares een monitoringsprogramma opgezet (Centre of Expertise Deltatechnologie, 2014). Het doel van deze monitoring is om de belangrijkste biotische en abiotische ontwikkelingen te volgen in de jaren na getij herstel: verzilting van het grondwater, vegetatieontwikkeling, ontwikkeling van het bodemleven en beperkte focus op morfologische ontwikkeling en gebruik van het gebied door vogels.



Figuur 47. Luchtfoto van het Rammegors gebied tijdens constructie van de doorlaat ('inlet'). (Uit: Walles et al. 2019. Foto: Edwin Paree)

3.2.6 Huidige situatie laaglitoraal

Het laaglitoraal en laagste zone van het middenlitoraal van het potentiële intergetijdengebied betreffen kale, onbegroeide delen omdat ze in de huidige situatie onderdeel uitmaakt van het ondiep water gebied. Hier zijn al bodemdieren van een marien milieu aanwezig. In aantallen worden de bodemdieren van het zachte substraat in het Grevelingenmeer gedomineerd door wormen (*Oligochaeta*, *Polydora sp.*, *Scoloplos armiger*, *Platynereis dumerilii*, *Heteromastus filiformis*, *Alitta succinea*, *Spio martinensis*, *Capitella spp.*, *Arenicola spp.*) en in biomassa zijn weekdieren dominant zoals het muiltje (*Crepidula fornicata*), tapijtschelp (*Venerupis corrugate*), mossel (*Mytilus edulis*) en platte oester (*Ostrea edulis*) (Mulder et al., 2019). Wanneer deze zone intergetijdengebied wordt, zal de soortensamenstelling naar alle waarschijnlijkheid wijzigen en vergelijkbaar worden met litorale bodemdiergemeenschappen van de Oosterschelde. Mogelijk dat gemengde oester/mosselbanken zich kunnen ontwikkelen.

Conclusie

Aan de hand van de doelen van dit onderzoek worden de conclusies beschreven.

Ecologische ontwikkeling watersysteem

1. Ontwikkeling watersysteem voor KRW en Natura 2000 soorten in het verleden en in de toekomst:

- a. *het beschrijven van de **historische ontwikkeling** van het watersysteem op basis van trends van macrobenthos, vissen, vogels en zeezoogdieren in relatie tot het waterbeheer, op basis van beschikbare data.*

Het Grevelingenmeer is sinds de afsluiting continu in verandering geweest, in belangrijke mate bepaald door veranderingen in het sluisbeheer. Het Grevelingenmeer is zich waarschijnlijk nog steeds aan het aanpassen aan deze veranderingen.

Macrobenthos: Uit de analyses blijkt dat de afsluiting van het Grevelingenmeer en het openen van de Brouwerssluis een sterke invloed hebben gehad op de samenstelling van het macrobenthos. Zo nam de soortenrijkdom na de sluiting met een kwart af en vonden forse verschuivingen plaats onder soorten die zich hadden weten te handhaven. Door het wegvallen van het getij konden bepaalde gebieden (20% van de open Grevelingen) gekoloniseerd worden. Deze gebieden werden onderhevig aan sterke stroming en sedimentbewegingen waardoor alleen specialisten zich daar konden vestigen. Na het openen van de Brouwerssluis in 1978 vonden verschillende systematische veranderingen plaats:

- i) Het inlaten van zouter Noordzeewater leidde in het eerste jaar tot stratificatie waardoor grote sterfte van het macrobenthos plaatsvond beneden de 8 m;
- ii) Door ophoping van organisch materiaal in de diepere delen van het meer door het wegvallen van het getij steeg de zuurstofbehoefte en verslechterde hierdoor de zuurstofomstandigheden nabij de bodem;
- iii) Schelpen en andere harde ondergronden raakten ondergesneeuwd door organisch materiaal waardoor broedval steeds minder succesvol werd. De verbinding met de Noordzee had ook positieve gevolgen omdat verdwenen soorten terugkeerden en de voedselsituatie zich verbeterde.

Tussen 1990 en 2000 bleven zowel de totale gemiddelde biomassa als de gemiddelde aantallen gelijk maar bleef de soortensamenstelling veranderen. De biomassa in deze periode was ook vrij hoog en begon na 2000 sterk af te nemen alhoewel de biomassa vanaf 2010 weer iets toenam. Het Grevelingenmeer wordt gekenmerkt door een aantal exoten waarvan sommige een belangrijke rol spelen in het functioneren van het meer. Zo was het muiltje gedurende lange tijd de meest dominante soort in termen van biomassa, de laatste jaren is het belang van deze soort echter afgenomen en nu domineert de Japanse oester. Als biobouwers creëren deze soorten extra habitat voor heel wat andere soorten en als filterfeeders hebben ze een grote invloed op de bentisch-pelagische koppeling. Nu, vijftig jaar na de afsluiting van het Grevelingenmeer, is de macrobenthosgemeenschap nog steeds in ontwikkeling.

Vissen: Het algemene beeld is dat de afsluiting van het Grevelingenmeer en het sluisbeheer van de Brouwerssluis een sterke invloed hadden op de samenstelling van de vispopulatie. Als estuarium fungeerde de Grevelingen vooral als paai-, opgroei- en foerageer habitat voor mariene en estuariene soorten of als doortrek gebied naar de rivieren voor migrerende soorten. De aanleg van de Grevelingendam en Brouwersdam hadden tot gevolg dat vissen werden opgesloten in het ontstane Grevelingenmeer en voor sommige soorten voortplanting belemmerd werd omdat er geen doortrek naar de rivieren mogelijk was, soorten hun paaigronden in zee niet konden bereiken en er geen aanwas van larven plaatsvond. Na de afsluiting is het vermogen tot voorplanting bepalend geweest voor de ontwikkeling van de visfauna in het Grevelingenmeer, met als gevolg een daling in de diversiteit en een verandering in de samenstelling van de visfauna van voornamelijk grote naar kleine soorten.

De opening van de Brouwerssluis in 1978 maakte uittrek naar paaigronden, uitwisseling van larven en intrek van zomergasten mogelijk. Echter belemmerde de zomersluiting (april-september) vanaf 1980

intrek van zomergasten en deels ook uitwisseling van larven in het voorjaar afhankelijk van het moment van sluiting en moment van de larven piek. Het relatief intensieve bemonsteringsprogramma tussen 1960 en 1994 heeft duidelijke relaties kunnen leggen tussen het spuibeheer en de samenstelling van de vispopulatie. Echter, rondom de aanpassing van het sluisbeheer in 1999 en 2005 hebben geen bemonsteringen plaatsgevonden met een boomkor waardoor de ontwikkelingen moeilijker te bepalen waren. Aan de hand van duikwaarnemingen is aangegeven dat het jaarrond openstellen van de Brouwerssluis positieve effecten heeft gehad op de diversiteit, o.a. doordat seizoensgebonden trekgedrag ook in de zomer weer mogelijk was. Daarnaast werden ook Noordzee vissoorten in grotere hoeveelheden gevangen en verjongde de scholpopulatie doordat uitwisseling van larven verbeterde. In de huidige situatie wordt de visstand gekenmerkt door redelijke aantallen maar een lage biomassa doordat het vooral kleine vissen betreft. Sinds de opening van de Flakkeese spuisluis (voorjaar 2017) wordt aangegeven dat het aantal soorten in de directe omgeving licht is toegenomen op basis van onderzoek in 2017.

Vogels:

Broedvogels - Van alle soorten broedvogels is er momenteel niet één die het voor het Grevelingenmeer gestelde Natura 2000 doelaantal haalt. Desondanks is het Grevelingenmeer nog steeds van groot belang voor kustbroedvogels in het Deltagebied. Het is landelijk het belangrijkste broedgebied voor de zeldzame strandplevier. Beheersmaatregelen zijn echter nodig om geschikt broedhabitat te behouden.

Niet-broedvogels

Viseters - Verreweg de belangrijkste groep watervogels in het Grevelingenmeer zijn de viseters. Het Grevelingenmeer is / was voor middelste zaagbek, fuut, geoorde fuut en kuifduiker van groot internationaal belang. De trend van de meeste viseters is negatief en het jaargemiddelde van alle soorten, uitgezonderd de aalscholver, is lager dan het Natura2000 doel. De aantallen lijken voedselgerelateerd.

Bodemdiereters - Voor de bodemdiereters - steltlopers is het Grevelingenmeer als foerageergebied van minder belang vanwege het geringe oppervlak foerageerhabitat. Een getijslag zal waarschijnlijk positief uitpakken voor de meeste van deze soorten. Vanwege de rust en ruimte zijn er enkele belangrijke hoogwatervluchtplaatsen voor steltlopers uit de Oosterschelde in het Grevelingenmeer. Voor bodemdiereters – eenden zoals bergeend en brilduiker is het Grevelingenmeer van relatief groot belang. De trend van de brilduiker is negatief maar dit wordt deels veroorzaakt door externe oorzaken.

Planteneters - Belangrijke aantallen ganzen en eenden (planteneters) komen voor in het Grevelingenmeer. Ze foerageren op de buitendijkse graslanden en op de ondiepe oevers. De trend wijkt in de meeste gevallen niet af van de trend in het Deltagebied. Een uitzondering hierop zijn de meerkoet en knobbelzwaan. Beide soorten foerageren op onderwaterplanten en verdwenen bijna helemaal door afname van voedselplanten in het Grevelingenmeer.

Roofvogels

Het Grevelingenmeer is broedgebied en overwinteringsgebied voor diverse soorten roofvogels. Alleen de bruine kiekendief (broedvogel) en slechtvalk (wintergast) zijn aangewezen als Natura 2000-soorten. Voor beide soorten geldt dat trend niet afwijkt van trend in het Deltagebied. Het aantal broedparen bruine kiekendief is lager dan het Natura 2000-doel en zal mogelijk verder afnemen door verdwijnen van riet bij invoering van getij. Het jaargemiddelde van de slechtvalk is stabiel en schommelt rond het Natura2000-doel.

Zeezoogdieren: De gewone (vele tientallen) en de veel schaarsere grijze zeehond nemen in het Grevelingenmeer toe als uitvloeisel van de sterke toenames in de getijdewateren van het Deltagebied. Dit proces zal waarschijnlijk nog enige tijd doorzetten, al is sterfte als gevolg van verdrinking in fuiken mogelijk een beperkende factor.

- b. *het inschatten van de **autonome ontwikkeling** van macrofauna, vissen, vogels en zeezoogdieren bij gelijkblijvend waterbeheer en uitgaande van klimaatverandering (40 cm zeespiegelstijging).*

Macrobenthos:

- De verwachting is dat de macrobenthosgemeenschappen zich verder zullen aanpassen als gevolg van ingrepen in het waterbeheer van het Grevelingenmeer en klimaatverandering.
- Zoals in het huidige Grevelingenmeer exoten als de Japanse oester en eerder het muiltje grote invloed hebben gehad, is de verwachting dat ook in de toekomst nieuwe exoten zich zullen vestigen die grote invloed kunnen hebben op de samenstelling en het functioneren van het macrobenthos.
- Klimaatverandering kan op verschillende manieren invloed hebben:
 - Door zeespiegelstijging vindt er minder uitwisseling met de Noordzee en Oosterschelde plaats (om het peil te kunnen handhaven). Dit kan verschillende gevolgen hebben. Het areaal met langdurig lage zuurstofconcentraties zal iets afnemen wat gunstig is voor het bodemleven. Primaire productie zal naar alle waarschijnlijkheid iets dalen wat ongunstig kan zijn voor bepaalde soorten bodemdieren (bijv. filtreerders zoals mossel en oester).
 - De gemiddelde temperatuur van het Grevelingenmeer zal nauwelijks stijgen, maar doordat mildere winters en hete zomers vaker gaan optreden krijgt de macrobenthos gemeenschap in die jaren een klap door toename van het areaal met langdurig lage zuurstofconcentraties in die jaren. Als dit vaker gaat voorkomen kan de macrobenthosgemeenschap hierdoor verarmen doordat hersteltijden te kort zijn. Veranderende fysische-chemische omstandigheden (temperatuur, zuurgraad, stratificatie) zullen gevolgen hebben voor de macrobenthosgemeenschap (transport van larven, zuurstof beschikbaarheid, veranderingen in plankton samenstelling en beschikbaarheid etc.). Een verschuiving van de seizoenen en het vervroegen van het groeiseizoen kan op allerlei manieren doorwerken en het hele voedselweb beïnvloeden.
 - Door opwarming kunnen zuidelijke soorten opschuiven en ook het Grevelingenmeer koloniseren. Dit kan zowel positieve als negatieve gevolgen hebben voor het ecosysteem.
- Omdat het onbekend hoe bovenstaande processen precies gaan verlopen, is het niet mogelijk om precieze voorspellingen te doen van hoe de macrobenthos gemeenschap zich gaat ontwikkelen.

Vissen:

De verwachting is dat de visgemeenschap in biomassa ongeveer gelijk zal blijven maar qua samenstelling mogelijk verandert:

- De bij macrobenthos beschreven invloeden van klimaatverandering hebben ook gevolgen voor vissen: het vaker sluiten van de sluisen zal trekgedrag van vissen beïnvloeden en het vaker en grootschaliger optreden van langdurig lage zuurstofconcentraties op de bodem hebben nadelige gevolgen voor met name bodemvissen.
- Ook kunnen de gevolgen van klimaatverandering leiden tot veranderingen op populatieniveau door invloed op migratie gedrag, verschuiving van habitats en veranderingen in foerageer- en paaigedrag. Opwarming invloed heeft op het moment van paaien en de match of mismatch met de timing van het kuitschieten en de beschikbaarheid van voedsel, aanwezigheid van predatoren etc. en geografische verspreiding van soorten zal verschuiven (vermoedelijk meer naar het noorden).
- Door deze grote onzekerheden is het niet mogelijk een precieze voorspelling te doen hoe de visgemeenschap in de autonome ontwikkeling zal veranderen.

Vogels:

Broedvogels – autonome ontwikkeling

Bij autonome ontwikkeling is over het algemeen een afname van kustbroedvogels te verwachten door verdere vegetatiesuccessie. De mate waarin hangt sterk af van de inspanningen van de beheerders om deze successie tegen te gaan en bijkomend geschikt broedhabitat aan te bieden.

Niet-broedvogels – autonome ontwikkeling

Viseters - De viseters, de groep waarvoor het Grevelingenmeer van groot belang is, zijn afhankelijk van een goede visstand. Hun aantal zal variëren al naargelang de stand van de verschillende vissoorten. De verwachting is dat de biomassa van de visfauna niet veel gaat veranderen, maar dat de soortensamenstelling kan veranderen onder invloed van klimaatverandering. Hoe dit doorwerkt op de viseters is lastig te voorspellen maar de verwachting is dat aantallen van de meeste soorten niet zullen toenemen; voor dodaars en geoorde fuut is de verwachting dat aantallen verder zullen afnemen.

Bodemdiereters - De verwachting is dat voor bodemdiereters de aantallen stabiel zullen blijven in de autonome ontwikkeling met een aantal uitzonderingen. Voor bonte strandloper, wulp en zilverplevier is de trend nu ook positief en is de verwachting dat aantallen nog iets blijven stijgen. Kluut en strandplevier zullen echter afnemen.

Planteneters - De meeste soorten planteneters zijn minder afhankelijk van het onderwaterleven omdat ze al grazend op het land hun voedsel bemachtigen. Voor planteneters is de verwachting dat aantallen relatief stabiel zullen blijven met een lichte stijging voor de brandgans vanwege de huidige positieve trend. De trends in het Grevelingenmeer wijken in de meeste gevallen niet af van regionale of internationale trends.

Roofvogels - De aantallen van de slechtvalk nemen al jaren niet meer toe en de verwachting is dat aantallen in de autonome ontwikkeling relatief stabiel zullen blijven.

Zeezoogdieren: De verwachting is dat de aantallen gewone en grijze zeehond in het Grevelingenmeer in de autonome ontwikkeling volgend zullen zijn op de aantallen in de Voordelta en dat sprake zal zijn van een stijgende trend.

c. *het inschatten van de **ontwikkeling** van macrofauna, vissen, vogels en zeezoogdieren bij getijscenario's.*

Macrobenthos:

- Door verbetering van de zuurstofcondities op de bodem ontstaat een groter areaal geschikt leefgebied waar het macrobenthos van zal profiteren.
- Door de toegenomen primaire productie in combinatie met een grotere waterbeweging die zorgt voor verspreiding van het voedsel zullen voornamelijk filtrerende soorten (o.a. schelpdieren zoals mossel, oester, kokkel) profiteren van gedempt getij. Indirect profiteren ook hard substraat soorten die zich kunnen vestigen op schelpdierriffen (voornamelijk Japanse oester en platte oester).
- Stroomminnende soorten zoals zakpijpen, anemonen, sponzen etc. zullen toenemen.

Vissen:

- De ontwikkeling van vissen is voornamelijk afhankelijk van het voedselaanbod, zuurstofcondities en de in- en uittrekmogelijkheden.
- Pelagische vissen zullen naar alle waarschijnlijkheid kunnen profiteren van de toename in primaire productie
- Ook bodemvissen profiteren door verbeterde zuurstofcondities en ontwikkeling van het bodemleven en beschikken daarmee over een groter areaal leef- en foerageergebied.
- Een grotere uitwisseling met de Voordelta leidt tot meer intrek van vissen, omdat dit voornamelijk kleine vissen betreft zal dit maar beperkt bijdragen aan de biomassa.

Vogels:

Broedvogels - Alle scenario's met getij zijn negatief voor kustbroedvogels omdat het broedhabitat grotendeels verdwijnt. Het zogenoemde 'tussenscenario' valt daarbij het minst ongunstig uit. Bij het toepassen van de peiloptimalisatie met peil verlaging in het broedseizoen en peilopzet in de winter zijn effecten minder negatief.

Niet-broedvogels

Invoering van getij leidt tot ontwikkeling van intergetijdengebieden. In potentie is dit foerageergebied voor de bodemdiereters en wellicht ook voor viseters van ondiep water als kleine zilverreiger en lepelaar. De functie als foerageergebied hangt af van de ontwikkeling aan bodemleven.

Viseters - In hoeverre de verschillende scenario's verbetering zullen brengen in de voedselsituatie voor viseters is onduidelijk, met name door het ontbreken van kennis over de juiste voedselkeuze van de verschillende soorten viseters en gegevens over de visstand. De verwachting is dat viseters zullen profiteren van de verbeterde visstand.

Bodemdiereters

Steltlopers - Het creëren van intergetijdengebied zal bij gedempt getij leiden tot een toename in steltlopers die bij laag water op de slikken en zandplaten foerageren. Bij 50 cm ontstaat er een groter oppervlakte intergetijdengebied dan bij 30 cm, wat naar alle waarschijnlijkheid tot grotere aantallen zal leiden bij 50 cm. Daarnaast speelt droogvalduur verdeling en voedselbeschikbaarheid een rol in de

kwaliteit van het intergetijdengebied als foerageergebied voor steltlopers. De scenario's zullen hier een verschillende invloed op hebben en het mogelijke effect op de kwaliteit van het foerageerhabitat dient nader onderzocht te worden. Een getijslag naar boven heeft waarschijnlijk wel een negatieve invloed op de huidige hoogwatervluchtplaatsen.

Eenden - Invoering van getij zal waarschijnlijk weinig invloed hebben op de brilduiker en is mogelijk positief voor de bergeend.

Planteneters- Een getijslag zou positief uit kunnen pakken voor soorten van oevervegetaties zoals pijlstaart, wintertaling en rotgans. De meerkoet en de knobbelzwaan zouden bij getij niet terug keren omdat niet de verwachting is dat onder water planten (zoals zeegras) gaan ontwikkelen.

Roofvogels - Getij zal weinig invloed hebben op roofvogels.

Zeezoogdieren: Net als bij autonome ontwikkeling is de verwachting dat aantallen gewone en grijze zeehond volgend zullen zijn op de trend in de Voordelta.

Potentiële effecten op Natura 2000

2. *Potentiële effecten op Natura 2000 habitattypen en -soorten:*

- a. *Het beschrijven van de historische ontwikkeling van geselecteerde Natura 2000 habitattypen en -soorten (H2190B, H1330B, H1310A+B, Groenknolorchis en Noordse Woelmuis) op basis van beschikbare data.*
 - Na het droogvallen van het voormalige intergetijdengebied traden verschillende ontwikkelingen op (successie-reeksen), afhankelijk van (1) de uitgangssituatie (schor of zandplaat), (2) de hoogteligging, (3) de bodem (zandig of kleiig) en (4) het gevoerde beheer.
 - Naast successie zijn inklinking, erosie en het gevoerde peilbeheer van belang geweest voor de ontwikkeling van vegetatie.
 - Om de ontwikkeling tot duinvallei-vegetaties goed te begrijpen zijn twee hydrologische systemen van belang:
 - o (1) terreindelen waar slecht doorlatende klei- of veenlagen ondiep in de zandige ondergrond zitten (vaak op 1 tot 3 meter of zelfs minder). Deze locaties zijn dynamisch: erg nat in de winter, met stagnerend water, maar drogen sterk uit in de zomer, waarbij zelfs kans is op enige verzilting. Deze systemen zijn aanwezig op de Slikken Flakkee Noord en Zuid, en aan de oostzijde van de Hompelvoet. Hier zijn duinvallei-vegetaties minder goed ontwikkeld en hebben ze de neiging te verdrogen of te verzuren. Dit uit zich onder meer in een toename van kruipwilg, een hoog aandeel van soorten van wisselende waterstanden en lagere soortenrijkdom. Groenknolorchis komt hier bijvoorbeeld niet of nauwelijks voor.
 - o (2) terreindelen met diepe, zandige ondergrond met een goed ontwikkelde zoetwaterbel in de ondergrond. Aan de randen van de zoetwaterbel treedt water uit op maaiveld en stroomt het af naar het meer. Dit type hydrologisch systeem is aanwezig op de Slikken Flakkee Midden, Markenje, het grootste deel van de Hompelvoet, de Veermansplaat (deze is iets slibrijker aan de zuidzijde), de Stampersplaat en Dwars in de Weg. Hier zijn duinvallei-vegetaties beter ontwikkeld en beter bestand tegen weersschommelingen (vernatting, verdroging) met stabiele aanvoer van kalkrijk grondwater. De verwachting is dat hier de duinvalleien bij het huidige beheer meerdere decennia kunnen standhouden.
 - Op de oude schorren heeft zich binnen 10 jaar een ruigtevegetatie ontwikkeld op de kleibodem, een ontwikkeling die typerend is voor voedselrijke omstandigheden. Hoewel de soortensamenstelling van de ruigte wel verandert, vindt er niet of nauwelijks verdere successie plaats naar struweel of bos.
 - Op de niet beheerde zandplaten is snel verzoeting opgetreden, waarbij successie plaats vond naar struweel en wilgenbos. Langs de oevers blijft onder zout invloed een smalle zone aanwezig van pioniervegetatie met zeekraal, zilt en brak grasland en duinvallei-vegetatie.

- Op de beheerde zandplaten (maaien/begrazen) wordt successie tegengegaan, en handhaaft zich op de meeste locaties een korte grasmat: duinvallei-begroeiingen met een hoog aandeel van zeggensorten, die onder invloed staan van kalkrijk grondwater. Inmiddels zijn vrijwel alle beheerde delen verzoet, met uitzondering van de laagste oeverdelen waar nog steeds zilte en brakke (gezoneerd) delen worden aangetroffen, en de verzoeting nog enigszins doorgaat.
- De Groenknolorchis werd ontdekt rond 1990 en nam sindsdien gestaag toe met de grootste populatie op de Veermansplaat, en kleinere populaties op de Slikken Flakkee Zuid, Hompelvoet, Stampersplaat en Dwars in de Weg. Door seizoensinvloeden kunnen aantallen sterk fluctueren: na een aantal piekjaren zijn de aangetroffen aantallen na de droge jaren 2017 en 2018 sterk afgenomen. Desondanks herbergt het Grevelingenmeer nog steeds één van de grootste populaties van deze soort in ons land.
- De Noordse Woelmuis heeft zich na de afsluiting kunnen vestigen en komt wijdverspreid voor, echter met de hoogste dichtheden op de Slikken van Flakkee Noord en het vogeleiland Markenje.

b. Het inschatten van de autonome ontwikkeling van geselecteerde habitattypen en -soorten op basis van hun ontwikkeling in de afgelopen jaren uitgaande van klimaatverandering (40 cm zeespiegelstijging).

- Zilte pionierbegroeiingen met zeekraal (H1310A) zullen naar verwachting 10-20% in oppervlakte afnemen als gevolg van (voortgaande) erosie.
- Zilte pioniervegetatie met zeevetmuur (1310B) zullen naar verwachting verder afnemen door verzoeting, waarbij duinvallei-vegetatie (2190B) ontstaat, m.u.v. plekken met incidentele overstroming en zoutspray.
- Zilte graslanden (1330B) zullen naar verwachting maximaal 10% verder in oppervlakte afnemen door verzoeting en dan overgaan in brak grasland of mogelijk kalkrijke duinvalleien (H2190B)
- Kalkrijke duinvalleien (2190B):
 - o In het dynamische systeem, met een dunne zoetwaterlaag, treedt waarschijnlijk sneller ophoping van organisch materiaal, humusvorming en verzuring van de bodem op, waardoor successie naar andere vegetatietypen zal optreden, waaronder andere typen schraal grasland.
 - o Op de plekken met een stabiel hydrologisch systeem zal aan de randen van de zoetwaterbel het habitatype 2190B naar verwachting vele decennia kunnen standhouden en treedt op de hogere delen mogelijk enige ontkalking op en ontwikkeling naar heischraal grasland. Geïsoleerd liggende delen, meer centraal op de platen en eilanden, zullen eerder last hebben van stagnerend water en daarmee van verzuring. Hier kunnen zuurdere duinvalleien gevormd worden (2190C).
- Groenknolorchis kan duurzaam blijven voorkomen aan de randen van de stabiele hydrologische systemen waar nu kalkrijke duinvallei vegetaties aanwezig zijn en kan zich iets lager in de zonering vestigen door verzoeting. Op de relatief hogere delen zal het leefgebied naar schatting met 30% afnemen. Het perspectief voor de soort is daarmee vergelijkbaar met dat van H2190B.
- Noordse woelmuis – het leefgebied zal grotendeels verloren gaan op het moment dat de concurrenten (veldmuis, aardmuis) deze gebieden weten te bereiken. Dit zal naar verwachting binnen 10 tot 40 jaar het geval zijn. Mogelijk kan de soort wel op kleine delen van de oeverlanden standhouden, zoals op de Slikken van Flakkee waar relatief natte omstandigheden optreden, met regelmatig periodes van stagnerend water. Ook op eilanden zijn de perspectieven relatief goed, omdat de concurrenten niet goed kunnen zwemmen.

c. Het berekenen en inschatten van de kwantitatieve effecten op geselecteerde habitattypen en -soorten bij getijsscenario's in 2025 (voorgenomen van het opening doorlaatmiddel) op basis van beschikbare data.

Effecten van getijsscenario's:

- Zilte habitattypen (H1310A/H1310B/H1330B): Als gevolg van overspoeling en windopzet zullen in alle getijsscenario's zilte vegetaties verloren gaan. Deze effecten zijn het grootst bij de getijsscenario's met 50cm getij en gelijkblijvend peil en kleiner voor de andere scenario's. Een geoptimaliseerd peilbeheer (verlaging in het broedseizoen en opzet in de winter) is (relatief) gunstig voor dit habitat. Optimaliseren voor scheefstand leidt maar tot zeer beperkte vermindering van de effecten op Schorren en zilte graslanden (H1330B) en maakt geen verschil voor de andere zilte habitattypen, omdat incidentele overspoeling voor die typen juist gunstig is. Naast de directe effecten door overspoeling en windopzet is ook bediscussieerd in welke mate zilte habitats kunnen opschuiven:
- Zilte pionierbegroeiingen met zeekraal (H1310A) kunnen profiteren van getij. Niet in alle scenario's zal sprake zijn van verlies omdat het type in de zonering kan opschuiven naar een hogere zone en in de scenario's met een verlaagd peil naar beneden. Onzeker is in welke mate erosie gaat optreden, een proces dat tot substantieel verlies aan oppervlakte kan leiden.
- Zilte pionierbegroeiingen met zeevetmuur (H1310B) komen voor in geringe oppervlakten die bij getij naar verwachting kunnen blijven bestaan doordat het kan opschuiven.
- Schorren en zilte graslanden (H1330B) blijven netto gelijk in oppervlakte of nemen iets af door getij, doordat aan de ene kant de overspoelingsduur op de huidige voorkomens te lang of te frequent is voor dit habitatype, maar het type tegelijkertijd iets naar boven op kan schuiven in de zonering.
- Het leefgebied van de Noordse Woelmuis zal enigszins afnemen als gevolg van introductie van getij. De verwachting is echter dat concurrentie met andere muizensoorten en het gevoerde beheer op de langere termijn bepalend zal zijn voor het duurzaam voortbestaan (en halen van de instandhoudingsdoelen) van deze soort in het Grevelingenmeer.
- Voor de effecten op vochtige duinvalleivegetaties (H2190B) zijn naast de effecten door directe overspoeling als gevolg van getij en windopzet ook (indirecte) effecten van belang; deze zijn het gevolg van zoutspray en veranderingen in grondwaterstand met vernatting (en daardoor verzuring) of verdroging tot gevolg. Dit kan ook gunstig uitpakken voor H2190B. Ingeschat wordt dat vochtige duinvalleien (H2190B) in de scenario's met een verlaagd peil (Tussenscenario+B+W en Verlaagd middenpeil(+B+W)) netto profiteren en hun oppervlakte iets zal toenemen, waarbij echter wel de kwaliteit van het type kan achteruitgaan over een grote oppervlakte (door verdroging). In de andere scenario's treedt verlies van dit habitatype op die het grootst is voor de scenario's met 50 cm getij. Peiloptimalisatie met een verlaging in het broedseizoen en winteropzet zijn ongunstig, aangezien dit ook enigszins verdrogend werkt. Correctie van scheefstand leidt niet tot een beperking van de effecten.

Voor de effecten op het leefgebied van de Groenknolorchis zijn dezelfde directe en indirecte effecten van belang als bij de vochtige duinvalleivegetaties (H2190B). Omdat deze soort gevoelig is voor verdroging is er in de scenario's met een verlaagd peil geen sprake van netto toename van het oppervlakte leefgebied en zullen in deze scenario's de grootste verliezen optreden. Ook hier zijn peiloptimalisatie in het broedseizoen en de winter enigszins ongunstig en leidt scheefstandcorrectie niet tot een beperking van de effecten.

Potentie H1160 en foerageergebied bij gedempt getij

3. *Grevelingenmeer met getij - potentieel Natura 2000-gebied en potentie als foerageergebied*
 - a. *Het inschatten van de mogelijke kwalificering van het Grevelingenmeer met gedempt getij als Habitatype 1160 'Grote baaien en ondiepe krekens' op basis van ecologische kwaliteitseisen.*

Allereerst wordt geconcludeerd dat er sprake moet zijn van een 'Getijdenlandschap' waarbij >40 cm getij een vereiste is om een gebied te kunnen kwalificeren als H1160 (volgens definitie ministerie LNV). Dit betekent dat alleen de getijsscenario's met 50 cm getij, te weten RGV scenario, Basisscenario en Verlaagd Middenpeil, zouden kunnen kwalificeren.

Ten tweede valt er op basis van ecologische kwaliteitseisen van Habitat 1160 Grote krekens en baaien te concluderen dat er voor het Grevelingenmeer met 50 cm gedempt getij:

- Sprake is van goede abiotische omstandigheden voor H1160 met getij (weliswaar gering), golven, stroming en een goede waterkwaliteit en soorten.

- De voor H1160 typische soorten zullen ontwikkelen met uitzondering van het zeegras waarvan de verwachting is dat dit niet zal herstellen. Het is nog onzeker welke factoren de ontwikkeling van zeegras belemmeren.
 - Kenmerken van een goede structuur en functie voor H1160 aanwezig zullen zijn met uitzondering van de aanwezigheid van volwaardig ontwikkelde kwelders in de randzone (op landschapsschaal) omdat daarvoor de getijslag te gering is. Daarnaast zal door de beperkte getijslag het areaal droogvallende platen en slikken en verwante aanwezigheid van wadvogels relatief gering zijn, evenals de hydrodynamiek en morfologische processen geringer zullen zijn. Ook is de verwachting dat er geen mosselbanken ontwikkelen maar er sprake zal zijn van gemengde oester-mosselbanken.
- b. Het inschatten van de ontwikkeling van het bodemleven in het potentiële intergetijdengebied in relatie tot potentie als foerageergebied voor vogels in relatie tot droogvalduur en huidige begroeide oevers.*

Afhankelijk van de getijslag en het peilbeheer zullen getijsscenario's leiden tot het ontstaan van 340-900 ha intergetijdengebied. Dit is een gering oppervlak in vergelijking met bijvoorbeeld de Oosterschelde en Westerschelde. Echter is de verwachting dat zich een rijk bodemleven kan ontwikkelen en het intergetijdengebied een geschikt foerageergebied zal vormen voor vogels.

Droogvalduur is van grote invloed op de samenstelling van de bodemdiergemeenschappen en bepaalt ook de tijd die vogels hebben om te kunnen foerageren. In een eerdere studie is bepaald dat de droogvalduur van 40-80% een belangrijk areaal is voor steltlopers. In deze zone komt vaak de hoogste biomassa aan bodemdieren voor en laat tevens de vogels toe om voldoende lang te foerageren. Voor de getijsscenario's:

- Is de droogvalduur bij de Tussenscenario en Verlaagd middenpeil relatief ongunstig vanwege een relatief groot oppervlak in het laag littoraal (>20% droogvalduur).
- Het Basisscenario, gevolgd door het RGV scenario, heeft het grootste absolute oppervlakte 40-80 % droogvalduur en daarmee het grootste areaal waardevol foerageergebied voor vogels.
- Het scenario Verminderd Getij heeft het kleinste oppervlakte permanent intergetijdengebied, met een min of meer evenredige spreiding over de droogvalduurklassen.
- Alle scenario's met peilbeheer in het broedseizoen leiden tot verlies van geschikt foerageergebied in de hogere droogvalduur klassen doordat het in de maanden april-juli droog komt te staan.

De ontwikkeling van het bodemleven in de delen van de onverdedigde oevers die nu begroeid zijn met zilte en zoet minnende vegetaties en bij invoering van getij periodiek onderlopen zal naar alle waarschijnlijkheid trager verlopen dan op de onbegroeide, kale delen. Echter is de verwachting dat pionier wormensoorten zich in het eerste jaar al kunnen vestigen zoals ook het geval is bij het Rammegors waar introductie van getij op begroeide delen heeft plaatsgevonden. Mogelijk zal de vestiging van schelpdieren meer tijd nodig hebben, dit is nog onbekend. Omdat de begroeiing schrale,- ondiep gewortelde vegetaties betreft is de verwachting dat deze op termijn zullen uitspoelen en dat het bodemleven zich volwaardig zal ontwikkelen. Dit zal een aantal jaren (5-10) duren. Voor de scenario's met een verlaagd middenpeil ('Tussenscenario+B+W' en 'Verlaagd Middenpeil+B+W') en kleinere getijslag ('Verminderd getij+B+W') en peiloptimalisatie in het broedseizoen/winter is er geen sprake van overlap met begroeide delen. Overlap is het grootst bij de scenario's met 50 cm getij ('RGV', 'Basis+S', 'Basis' gevolgd door 'Verlaagd middenpeil', 'Basis+B+W') en kleiner bij 30 cm getijslag ('Verminderd getij (+S)').

Discussie

Ontwikkeling Grevelingen ecosysteem als geheel

Een onderliggend doel van deze studie was het beter begrijpen van het Grevelingen ecosysteem als geheel met zowel de natte (watersysteem) als de terrestrische natuur (oevers en eilanden). Voor dit onderzoek zijn de analyses opgeknipt in onderzoek naar ecologische ontwikkeling van het watersysteem (H1) en terrestrische ecologie op de oevers en eilanden (H2). Dit heeft er uiteraard mee te maken dat deze 'werelden' zich relatief gescheiden van elkaar hebben ontwikkeld.

Ontwikkeling van het watersysteem historisch, autonoom en bij getijscenario's

In deze studie is getracht een analyse te maken en inschatting van de ontwikkeling van het water watersysteem. De analyse van beschikbare data van voor en na de afsluiting van het Grevelingenmeer aangevuld met waardevolle literatuur uit de jaren '70 en '80, waarin veel onderzoek is verricht, hebben ertoe geleid dat de invloed van het waterbeheer (plaatsen dammen en sluisbeheer) beter begrepen kan worden, zie samenvatting in paragraaf 1.1. Zo lijkt het beheer van de Brouwerssluis zeer bepalend te zijn geweest voor de waterkwaliteit en de ecologische ontwikkeling van het watersysteem en hebben de opkomst van sommige exoten zoals het muiltje, Japanse oester maar ook het Japans bessenwier hun weerslag op het systeem.

De resultaten uit deze studie vormen een belangrijke basis voor het ecologische hoofdstuk in de digitale 'Systeemrapportage Grevelingenmeer' (zoals de oude bekkenrapportages, maar in nieuwe stijl) die door samenwerkende partijen Rijkswaterstaat, Staatsbosbeheer, Deltares en Wageningen Marine Research wordt ontwikkeld.

Onzekerheden/beperkingen

Dit onderzoek heeft geleid tot waardevolle nieuwe inzichten maar brengt ook een aantal belangrijke kennislacunes aan het licht en beperkingen van het onderzoek die hier worden besproken.

Effect van de Flakkeese Spuisluis - De Flakkeese Spuisluis is in de winter van 2017 gebruik genomen. In het voor- en najaar van 2017 werden al positieve effecten op vissen waargenomen (Hop, 2017). Echter kort na ingebruikname is de sluis weer dicht gezet in verband met de bouw van het Tidal Technology Center. Het is nog niet duidelijk wat op langere termijn de effecten op de waterkwaliteit en ecologie gaan zijn.

Rol van zoöplankton - Er is zeer weinig bekend over de status en ontwikkeling van zoöplankton. Het zoöplankton vertegenwoordigt een diverse groep met als belangrijkste diergroepen kreeftachtigen zoals eenoogkreeftjes, (rib)kwallen, maar ook larven van o.a. vissen, grotere kreeften en krabben, zeesterren, zee-egels, wormen en schelpdieren. Zoöplankton is de schakel tussen algen (de primaire producenten) en planktivore vis, die op zijn beurt weer ten prooi valt aan roofvis en visetende vogels. De potentiële graasdruk van zoöplankton is een belangrijke parameter om het ecologisch functioneren van watersystemen te beschrijven (STOWA, 2010). Toch is deze groep geen 'kwaliteitselement' in de Europese Kaderrichtlijn Water en wordt daarom ook niet gemonitord in het Grevelingenmeer. Van het Grevelingenmeer is bekend dat er enorme bloei van de ribkwal *Mnemiopsis leidyi* maar ook oorkwallen kan optreden die ongetwijfeld een substantiële invloed zullen hebben op het voedselweb door o.a. consumptie van algen en ander zoöplankton (inclusief schelpdier- en vissenlarven). Als gedempt getij wordt geïntroduceerd met de verwachte stijging van de primaire productie zal ook het zoöplankton profiteren, maar wat dit zal betekenen voor de samenstelling, graasdruk en mogelijke voedsel voor vissen en bodemdieren is niet te voorspellen met huidige beperkte inzichten.

Ontwikkeling van zeegras - Daarnaast is de ontwikkeling van het zeegras met snelle opkomst na de afsluiting en de snelle verdwijning eind jaren '80 nog altijd niet goed begrepen. Maximaal bedekte het zeegras meer dan 4000 hectare van het Grevelingenmeer en vormde een belangrijk schakel in het complexe voedselweb als habitat voor garnalen, juveniele vis, paaiplaats voor vissen zoals stekelbaarzen, foerageergebied voor verschillende soorten slakken en voedsel voor zeepissenbedden

(Nienhuis, 1986). Deze soorten vormden een belangrijke voedselbron voor grotere vissen en vogels. Vermoedelijk heeft de verdwijning daarom ook grote gevolgen gehad voor de ecologie. Naar oorzaken van deze verdwijning maar ook het herhaaldelijk mislukken van herstelprojecten wordt onderzoek gedaan.

Macrobenthos - Voor macrobenthos is in de periode 1992-2010 jaarlijks (en daarna 1 x per drie jaar) zowel in het voor- als in het najaar intensief gemonitord waardoor er een waardevolle dataset beschikbaar is. Het macrobenthos vormt een belangrijke schakel tussen primaire productie en hogere soorten en is een goede indicator voor systeem veranderingen. Van belang is echter te benadrukken dat recente veranderingen in het monitoringsbeleid afbreuk doen aan de bruikbaarheid van de data. Sinds 2010 wordt één keer in de drie jaar gemonitord wat het analyseren van trends een stuk moeilijker maakt. Tevens zijn protocollen aangepast en wordt de monitoring door verschillende partijen uitgevoerd wat consistentie van de datasets niet ten goede komt. Een goede zaak is dat het Grevelingenmeer recent is opgenomen in het WOT-onderzoek naar schelpdierbestanden die door Wageningen Marine Research uitgevoerd worden.

Vissen - De beschikbare data van vissen waren erg versnipperd doordat er geen continue monitoring heeft plaatsgevonden. Ook verschilden monitoringsinspanningen in doel en gebruikte technieken (bv. gericht op pelagische vissen, roofvissen, bodemvissen etc.). Door verschillen in het aantal trekken, trekduur, bemonsteringslocaties en bemonsteringsmethodes verschillen tussen jaren kan het aantal gevangen soorten en de biomassa niet direct tussen jaren vergeleken worden en lag de focus daarom voornamelijk op algemene trends. Om gegevens tussen jaren te kunnen vergelijken is het belangrijk dat het aantal trekken per jaar gelijk blijft omdat een vispopulatie bestaat uit algemene soorten, die altijd en overal worden gevangen, en zeldzame soorten, die af en toe gevangen worden. De trefkans van een soort wordt bepaald door het aantal genomen trekken. Hoe meer trekken genomen worden hoe groter de kans is op het vangen van een zeldzame soort. Daarnaast is de vangstsamenstelling ook afhankelijk van de gebruikte vismethode. Zo kunnen sommige soorten frequent voorkomen maar zich alleen in een bepaald vistuig laten vangen. De boomkor, waarmee hoofdzakelijk bemonsterd is, geeft voornamelijk inzicht op soorten die nabij de bodem zwemmen, hoewel ook pelagische soorten in de vangsten voorkomen. De boomkor geeft dus niet een compleet beeld van de visfauna in het Grevelingenmeer. Het is daarom belangrijk om ook gegevens mee te nemen die verzameld zijn d.m.v. andere methodes, bijvoorbeeld fuiken.

Vogels - De inschattingen van toekomstige ontwikkeling zijn voornamelijk gebaseerd op expert oordeel in combinatie met de huidige kennis van het watersysteem. Met name het ontbreken van kennis over de voedselkeuze en voedselbeschikbaarheid (visstand) van viseters in het Grevelingenmeer maakt voorspellen lastig en onzeker. Omdat vogels over grote afstanden migreren zijn regionale, nationale en zelfs intercontinentale veranderingen in vogel populaties ook van belang voor de aantallen in het Grevelingenmeer.

Klimaatverandering - De klimaatverandering en de gevolgen daarvan zijn complex en omgeven van onzekerheden. Veranderingen in watertemperatuur, neerslag patronen, windcondities, vervroeging van het groeiseizoen etc. en mogelijke gevolgen voor o.a. zuurgraad, stratificatie, zuurstofvraag, transport van larven, veranderingen in fytoplankton samenstelling, paai-, foerageer- en trekgedrag etc. is lastig te voorspellen.

Toekomstige ontwikkelingen: autonoom en bij gedempt getij

Uit de historische analyse komt naar voren dat het Grevelingenmeer continue in verandering is geweest sinds de afsluiting en zich waarschijnlijk nog steeds aan het aanpassen is aan de veranderingen in waterbeheer. Kijkend naar de toekomst bij 40 cm zeespiegelstijging, zal klimaatverandering een onmiskenbare weerslag hebben op het systeem door het vaker voorkomen van hetere zomers en milde winters, veranderingen in neerslagpatronen en daaropvolgend gemaal beheer en verandering van de seizoenen. Over de omvang en frequentie waarin deze veranderingen gaan optreden heersen nog grote onzekerheden. Om deze reden was het lastig om in deze studie voorspellingen te doen over de ecologische ontwikkeling van het Grevelingen watersysteem over 25-40 jaar (al een bandbreedte op zich!) en gezien de grote ecologische fluctuaties die het systeem de afgelopen halve eeuw heeft doorgemaakt. Gelukkig bood de waterkwaliteitsmodellering enige houvast

om voorspellingen te kunnen doen en in ieder geval een positieve, negatieve of neutrale ontwikkeling voor soortengroepen te kunnen aangeven.

Suggesties voor vervolg

Een suggestie voor vervolgonderzoek is er een die al in een eerdere studie genoemd is: het uitvoeren van een intensief meetjaar waarin intensief onderzoek wordt uitgevoerd naar waterkwaliteit en alle soortengroepen gedurende dat jaar. Hoe meer je tegelijk meet, hoe groter de meerwaarde van iedere meting afzonderlijk. Zo is het mogelijk elke meting in een groter verband plaatsen en causale verbanden onderzoeken van zaken die nu onzeker zijn zoals verdwijning van het zeegras en het gissen is naar een verklaring zoals bijvoorbeeld de mogelijke rol van het zoöplankton in relatie tot vissen en vogels. Dit zou een exercitie van meerdere kennisinstellingen, universiteiten en andere kennispartners kunnen zijn. Zulke intensieve meetjaren kunnen dan op geregelde tijdstippen herhaald worden, met in de tussenliggende jaren gerichte monitoring van een aantal belangrijke kwaliteitsparameters (fysico-chemisch, biologisch).

Potentiële effecten op Natura 2000

Allereerst is het van belang te benadrukken dat dit onderzoek ertoe heeft geleid dat de (brede) bandbreedtes van de effecten van gedempt getij op Natura 2000 habitats en soorten een stuk smaller zijn geworden en er meer inzicht verkregen is in de indirecte processen zoals veranderingen van het grondwater die veranderen door gedempt getij. Het analyseren van de historische ontwikkeling van vegetatie is was belang om inzicht te krijgen in de ontwikkeling van de vegetatie over de tijd in relatie tot omgevingsfactoren en het gevoerde (water)beheer, zodat ook voorspellingen over de toekomstige autonome ontwikkeling mogelijk zijn.

Er moeten echter ook een paar kanttekeningen geplaatst worden.

Onzekerheden

Van belang is te benadrukken dat de inschatting effecten op Natura 2000 deels zijn gebaseerd op berekeningen en deels op basis van expert oordeel waarvoor aannames zijn gedaan. De werkelijke situatie kan hiervan afwijken.

Directe effecten door overspoeling en wind opzet - De gemodelleerde waterstanden, die zijn berekend door Deltares, bepalen het verlies door overspoeling en windopzet. De modellering is gebaseerd op de omstandigheden in het jaar 2008 (een redelijk gemiddeld jaar). Het is dus van belang te realiseren dat het voorkomen van extreme windcondities die niet ieder jaar optreden niet zijn meegenomen in deze resultaten (bijvoorbeeld bij een extreme zomerstorm). Om een beeld te geven van de gevolgen van afwijkende waterstanden is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. In Bijlage 20 is het cumulatieve voorkomen van habitats ten opzichte van NAP opgenomen en een gevoeligheidsanalyse. Hieruit komt naar voren dat een variatie van gemiddeld hoog water met bijvoorbeeld +/- 5 cm (op de X-as) bij allerlei habitattypen kan leiden tot tientallen hectare extra of minder overspoeling. Een uitzondering vormen de Zilte pionierbegroeiing (Zeevetmuur), waar dit effect gering is.

Effect zoutspray H2190 en Groenknolorchis - De 15 meter wordt hier beschouwd als een maximaal bereik van de salt spray die relevant is voor de vegetatie. Het getal is niet onderbouwd, maar komt voort uit de expertbijeenkomst die voor het Grevelingenmeer is gehouden op 15 april 2019 (*best expert knowledge*). Het is mogelijk dat bij extreme storm het zout verder reikt, maar ingeschat wordt dat het effect van zulke incidentele processen geen blijvend effect op de vegetatie heeft. De berekende oppervlakte in Tabel 22 geldt dus als een maximum voor elk scenario. Bij relatief minder getij zal het getal eerder lager liggen.

Vernatting/verzuring H2190 en Groenknolorchis - de centraal op de eilanden gelegen delen zijn handmatig geselecteerd en hiermee is de oppervlakte berekend die aangetast wordt door stijgende grondwaterstanden (77 ha). Er zitten verschillende onzekerheden aan dit getal: (i) verder van de

oever zal het effect anders zijn dan dichterbij de oever, (ii) de hoogteligging speelt mede een rol, (iii) eventuele kleilaagjes in de bodem kunnen invloed hebben op het effect, (iv) de mate waarin vernatting of verzuring optreedt is onduidelijk, maar voor preciezere gegevens zijn ingewikkelde modellen nodig, en (v) de hoeveelheid neerslag en verdamping speelt een rol bij het al dan niet verzuren van de bodem, (vi) de effecten zullen voor elk scenario net iets anders zijn, waarbij ook de vorm van het terrestrische deel van het eiland verschilt. Ook hier kan de oppervlakte als een maximum worden beschouwd, waarbij het effect kleiner is voor de scenario's die tot relatief minder grondwaterstijging leiden.

Verdroging H2190 en Groenknolorchis - Het berekenen van de effecten van verlaging van de grondwaterstand is nog ingewikkelder, omdat – bij tegelijkertijd invoeren van getij – meerdere processen door elkaar spelen, en omdat de situatie anders is voor de zandige delen dan voor de oevers met klei of veen in de ondergrond.

Voor zandige eilandjes is de (hyperbool)vorm van de grondwaterbel afhankelijk van de breedte (vorm) van het eiland, de steilte van de oever en de doorlaatbaarheid van de bodem (bij zandige eilanden goed), en van eventuele drainagepunten (laagtes, sloten). Er is uitgegaan van een homogene situatie zonder drainagepunten, en dan zal een verlaging van 10 cm van het middenpeil tot maximaal 10 cm verlaging van de grondwater leiden. De zoetwaterbel zal wat breder worden, maar in vorm (hoogte) nauwelijks veranderen. Dit speelt over de hele oppervlakte van de duinvalleien, waardoor dus overall een (negatief) indirect effect optreedt. Verdroging leidt tot langere periode waarin mineralisatie (afbraak) van organisch materiaal optreedt, waardoor voedingsstoffen vrijkomen en bijvoorbeeld een soort als Duinriet kan gaan domineren, of waardoor de meest kritische soorten (o.a. mossen) kunnen verdwijnen. Het betekent dat de kwaliteit van de duinvalleien achteruitgaat, waarbij het type eventueel kan verdwijnen, met name op de hoogst gelegen huidige voorkomens. Over het gehele eiland zal het effect niet overall hetzelfde zijn, afhankelijk van de hoogteligging. Bovendien spelen jaarlijks sterk fluctuerende waterstanden hier doorheen, die afhankelijk zijn van de balans tussen neerslag en verdamping. De hooggelegen voorkomens van het habitatype 2190B dreigen direct te verdwijnen, over de gehele linie vindt achteruitgang van kwaliteit plaats.

Tegelijkertijd wordt de zoetwaterbel echter breder (het eiland wordt feitelijk groter) op delen met een flauwe oever, waardoor er een toename in geschikt oppervlakte voor duinvalleien ontstaat op locaties die nu nog onder invloed van zout water staan. Voor de berekening is er van uitgegaan dat het huidige areaal van habitatype 1330B geschikt is voor uitbreiding van 2190B. De totale effecten pakken echter nog anders uit omdat tegelijkertijd getij wordt ingevoerd. De getijdenwerking leidt voor een deel van het gebied tot een verhoging van de grondwaterstand. Bovendien compenseert het de verbreding van de zoetwaterbel (waarschijnlijk wordt deze smaller), omdat door het getij zout water verder het land op dringt. Waarschijnlijk is op een groot deel van het eiland de verlaging aanzienlijk minder dan 10 cm, en wordt deze verlaging daar bovendien gecompenseerd door het getij. We schatten zeer globaal in dat dit voor de helft van de voorkomens van de duinvalleien het geval is. Ook verminderd getij het positieve effect van uitbreiding aanzienlijk, maar vindt tegelijkertijd minder directe achteruitgang van hoog gelegen voorkomens plaats. Voor het eerste gaan we uit van een uitbreiding van 25% van de oppervlakte die nu door H1330B wordt ingenomen, voor het tweede van een halvering van de effecten.

Voor oeverlanden met kleiïge en venige lagen spelen dezelfde elkaar tegenwerkende processen: verlaging van het middenpeil leidt tot drainage, maar getij tot hogere gemiddelde grondwaterstanden. De waterstanden zijn hier minder stabiel dan op de zandige eilanden, met snellere kans op zowel langdurig droge periodes, als op hoge waterstanden. Een verschil is dat maar aan één zijde van de platen deze verlaging en getijdewerking optreedt. Dit betekent dat effecten met afstand tot het Grevelingenmeer zullen afnemen en uiteindelijk dempen. Er wordt ingeschat dat het effect na 50 tot 250 m is uitgewerkt (expert beoordeling). Uitgaande van 150 meter is berekend op hoeveel hectare van de duinvalleien drainage optreedt en achteruitgang van kwaliteit plaatsvindt; vanwege de compensatie door getij, wordt deze oppervlakte eveneens ingeschat op de helft. Ook hier kan echter uitbreiding naar een lagere zone optreden. Van de bijna 200 ha waarover zilte graslanden (H1330B) op de Slikken van Flakkee voorkomen, komt naar schatting een kwart in aanmerking (na correctie

voor getij en de dynamischere condities met extremere fluctuaties in zoutgehalte en vochtgehalte) voor opschuiven van duinvalleien (H2190B).

Voor de Groenknolorchis is het leefgebied dat centraal op de eilanden ligt het minst optimaal. Hier zal de soort bij autonome ontwikkeling niet stand houden, en de verwachting is dat dit deel bij enige verandering in waterstanden (als gevolg van verdroging + compensatie door getij) verloren gaat. De soort komt voornamelijk (grootste dichtheden) voor in een relatief smalle, lage zone van de voorkomens van H2190B. Door de verlaging van het middenpeil zal dit leefgebied verdrogen. Uitgaande van de eerder ingeschatte compensatie door getij, schatten we hier dat de onderste helft van het huidige leefgebied in de oeverzones geschikt blijft. Het nieuw ontstane H2190B zal straks het meest optimale (jonge) leefgebied zijn, maar het duurt naar schatting 5 tot 10 jaar, voordat die zone ontzilt en daarmee geschikt is. Hier kan de soort dan opschuiven naar een lagere zone. De getallen in Tabel 15 (Verlies door verdroging; Toename door groter landoppervlak; Achteruitgang kwaliteit door verdroging) komen voort uit de som van afnames en toenames voor de zandige en kleiige gebieden. Er zijn diverse (bovengenoemde) aannames gedaan, en daarom zijn deze getallen te beschouwen als gemiddelden, met een flinke – maar niet kwantificeerbare – marge aan boven- en onderkant.

Beschikbaarheid van gegevens

Omdat voor dit onderzoek geen recente, vlakdekkende habitatkaart voor handen was is met de best beschikbare gegevens uit 2011 een habitatkaart ontwikkeld op basis waarvan effect berekeningen gedaan konden worden. Momenteel circuleren er twee verschillende kaarten die op verschillende, deels verouderde, gegevens zijn gebaseerd en dit maakt het inschatten van effecten en vergelijken met andere studies erg lastig. Om effecten op Natura 2000 waarden nog nauwkeuriger in te kunnen schatten is er behoefte aan een geactualiseerde, vlakdekkende Natura2000 habitatkaart die gebaseerd is op recente inventarisaties en die is goedgekeurd door het ministerie van Landbouw, Natuur en Innovatie. Het goede nieuws is dat deze kaart in ontwikkeling is en dat deze naar verwachting 2020 beschikbaar komt. Het zou waardevol zijn om dan nogmaals de berekening uit te voeren.

Potentie H1160 en foerageergebieden bij gedempt getij

Potentie H1160

In dit onderzoek is verkend in hoeverre het Grevelingenmeer met 30-50 cm gedempt getij zou kunnen kwalificeren als Habitattypen 1160 'Grote krekens en baaien', het habitattypen waarvoor ook de Oosterschelde aangewezen is. Een opvallende uitkomst is dat het Grevelingenmeer met gedempt getij zou kunnen kwalificeren als H1160 als er uitgaan wordt van de ecologische kwaliteitseisen. Echter kwam naar voren dat dit enkel zo is als het Grevelingenmeer als een 'Getijdenlandschap' gekenmerkt kan worden, en niet als een 'Zoute afgesloten zee-arm'. Bij een getijslag van > 40 cm is er sprake van een getijdenlandschap en zou het Grevelingenmeer kunnen kwalificeren. Deze getijslag van 40 cm ligt dus precies op de grens van de gedefinieerde getijsscenario's en zou er strikt gezien voor zorgen dat alleen de scenario's met 50cm getijslag zouden kwalificeren. Een getijslag van 41 cm zal echter niet tot een substantieel kwaliteitsverschil leiden vergeleken met 39 cm. Het gaat dus om een definitiekwestie.

Potentie voor foerageergebieden

Door het beschikbaar komen van meer vlakdekkende dieptegegevens van de ondiepe oevers tussen NAP -0,20 en -1.50 meter konden gevolgen van getij nauwkeuriger worden ingeschat dan in eerdere studies. Dit is waardevol omdat het oppervlakte intergetijdengebied hiermee veel nauwkeuriger kon worden ingeschat. Analyse wijst uit dat oppervlakten intergetijdengebied kleiner uitvallen dan eerder werd geschat in een studie door Tangelder et al. (2019) waarin de aanname van een lineair verloop van de oever was gedaan voor de delen waar geen dieptegegevens van beschikbaar waren. Metingen wijzen echter uit dat de ondiepe oevers van het Grevelingenmeer op veel plaatsen een 'hol' verloop laten zien, waarschijnlijk als gevolg van de golf erosie, waardoor oppervlakten intergetijdengebied bij gedempt getij kleiner uit zullen vallen.

Hoewel het voor begroeide delen wat langer zal duren, zullen op termijn intergetijdengebieden ontwikkelen die waardevol foerageergebied vormen voor steltloper soorten. Getijsscenario's verschillen in geschikte droogvalduur (meest optimaal bij scenario's met 50 cm getijslag) en overlap met

begroeide delen (het kleinst of afwezig bij de scenario's met een verlaagd peil of verminderd getij). In eerdere studie is ook genoemd dat het getijfase verschil tussen het Grevelingenmeer, Oosterschelde en Voordelta zeer gunstig zou kunnen uitpakken voor overtijende steltlopers. Door het faseverschil worden foerageertijden verlengd (zie Tangelder et al., 2018). In deze studie is ook gekeken naar optimalisatie mogelijkheden in waterbeheer zoals het versterken van dit fase verschil ("a-synchroon getij") en instellen van een "vloed dominant getij" (snel vloed, langzaam wordend eb) wat gunstig is voor vangst van prooidieren door steltlopers. Omdat het nieuwe doorlaatmiddel de mogelijkheid biedt waterstanden zeer nauwkeurig te sturen, is het van belang om bij de verdere planuitwerking ook deze opties in het vizier te houden.

4 Kwaliteitsborging

Wageningen Marine Research beschikt over een ISO 9001:2015 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem. Dit certificaat is geldig tot 15 december 2021. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV GL.

Indien sprake is van onbeheerste kwaliteit worden passende maatregelen genomen.

Het uitvoeren van een wetenschappelijke review door een onderzoeker die niet betrokken is geweest bij het onderzoek is onderdeel van de kwaliteitsborging door Wageningen Marine Research. Echter omdat de resultaten in hoofdstuk 2 over terrestrische ecologie gaan is dit hoofdstuk gereviewed door Prof. Joop Schaminee van Wageningen Environmental Research.

Literatuur

Hoofdstuk 1

- Alvarez-Fernandez, Santiago, and Roel Riegman. 2014. "Chlorophyll in North Sea coastal and offshore waters does not reflect long term trends of phytoplankton biomass." *Journal of Sea Research* 91. Elsevier B.V.: 35–44. doi:10.1016/j.seares.2014.04.005.
- Arts, F.A.; Hoekstein, M.S.J.; Sluijter, M. (2019) Analyse en prognose trends vogels en zeehonden Grevelingenmeer. Delta Project Management. 2019-06.
- Arcadis (2013) De ontwikkelingen van het macrobenthos in het Grevelingenmeer. Rapport nummer: C03041.003067.0100. 99p.
- Bakker, C. (1985) Plankton van een zout meer. De start van de voedselketen. In: P.H. Nienhuis (eds.). Het Grevelingenmeer. Van estuarium naar zoutwatermeer: 82-97.
- Birchenough S, Reiss H, Degraer S, Mieszkowska N, Borja A, Buhl-Mortensen L, Braeckman U, Craeymeersch J, De Mesel I, Kerckhof F, Kröncke I, Parra S, Rabaut M, Schröder A, Van Colen C, Van Hoey G, Vincx M, Wätjen K (2015) Climate change and marine benthos: a review of existing research and future directions in the North Atlantic. *WIREs Clim Change* doi:10.1002/wcc.330
- Birchenough S, Degraer S, Reiss H, Borja A, Braeckman U, Craeymeersch J, De Mesel I, Kerckhof F, Kröncke I, Mieszkowska N, Parra S, Rabaut M, Schröder A, Van Colen C, Van Hoey G, Vincx M, Wätjen K (2011) Responses of marine benthos to climate change. In: Reid PC, Valdés L (eds) ICES Status Report on Climate Change in the North Atlantic ICES Cooperative Research Report No 310. ICES, Copenhagen
- Cloern, J.E., C. Grenz, L. Videgar-Lucas, and American Society. 1995. "An empirical model of the phytoplankton chlorophyll : carbon ratio –the conversion factor between productivity and growth. rate." *Limnology and Oceanography* 40 (7): 1313–21.
- Deltares (2008): Verkenning oplossingsrichtingen voor een betere waterkwaliteit en ecologische toestand van het Grevelingenmeer, Arno Nolte, Tineke Troost, Gerben de Boer, Claudette Spiteri en Bregje van Wesenbeeck, Rapport Z4576, oktober 2008.
- Deltares (2010): Validatie van het 3D model voor het Grevelingenmeer voor hydrodynamica, waterkwaliteit en primaire productie, C. Spiteri en A.J. Nolte, Deltares rapport 1201650-000-ZKS-0016, december 2010.
- Deltares (2011): Effect van herintroductie van getij op waterkwaliteit en ecologische toestand van het Grevelingenmeer, Scenarioberekeningen ten behoeve van de MIRT-Verkenning, A.J. Nolte en C. Spiteri, Deltares rapport 1201650-000-ZKS-0033, juni 2011.
- De Vos, W.J. en Twisk, F. (1990) Bestandopname bodemvissen Grevelingenmeer, augustus 1988. Nota GWWS-89.411, Rijkswaterstaat.
- Doornbos, G. (1981) Verwachtingen voor de ontwikkeling van de visstand in een zoute of zoete Grevelingen tegen de achtergrond van de veranderingen die zijn opgetreden in de visfauna in de periode 1960-1980. Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek/Rijkswaterstaat DDMI, Yerseke/Middelburg, Nota Z 81 III 6: 1-28.
- Doornbos, G. (1982) Changes in the fish fauna of the former Grevelingen estuary, before and after the closure in 1971. *Hydrobiological Bulletin* 16: 279-283.
- Doornbos, G. (1985) Vissen in de Grevelingen. In: P.H. Nienhuis. Het Grevelingenmeer: van estuarium naar zoutwatermeer. Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek, Yerseke & Natuur en Techniek, Maastricht: 130-145.
- Doornbos, G. (1987) The fish fauna of Lake Grevelingen (SW Netherlands): the role of fish in the food chain of a man-made saline lake some ten years after embankment of a former estuary. PhD Thesis, Universiteit van Amsterdam.
- Doornbos, G. & Twisk, F. (1984) Density, growth and annual food consumption of plaice (*Pleuronectes platessa* L.) and flounder (*Platichthys flesus* (L.)) in Lake Grevelingen, The Netherlands. *Netherlands Journal of Sea Research* 18: 434-456.
- Doornbos, G. & Twisk, F. (1987) Density, growth and annual food consumption of gobiid fish in the saline Lake Grevelingen, The Netherlands. *Netherlands Journal of Sea Research* 21(1): 45-74.
- Elliott, M. & Hemingway, K. (eds) (2002) *Fishes in estuaries*. Blackwell Science, Oxford.
- Engelsma, F.J., Boudewijn, T.J. & Meijer, A.J.M. (1994) Visstand Grevelingen, inventarisatie bestaande gegevens en onderzoeksvorstel. Bureau Waardenburg BV, Colemborg.
- Fortuin, A.W. en Altena, H.C. (1990) Macrozoobenthos in het Grevelingenmeer: bestandsopname in

-
- voorjaar 1989. Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek, Yerseke. Rapporten en verslagen 1990-15.
- Gmelig Meyling, A.W. & De Bruyne, R.H. (2003) Het Duiken Gebruiken 2. Gegevensanalyse van het monitoringproject onderwater oever, fauna-onderzoek met sportduikers in de Oosterschelde en het Grevelingenmeer, periode 1978-2002. Stichting ANEMOON.
- Hartgers, E.M., Backx, J.J.G.M. & Walhout, T. (2001) Vis intrek in de Delta – een inventarisatie van migratiekelpunten. Rapport RIKZ-2001.049, Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ.
- Hop, J. (2016) Visstandonderzoek Grevelingenmeer november 2016. Rapportnummer: 20151025/rap01. ATKB, Geldermalsen.
- Hop, J. (2017) Visstandonderzoek Grevelingenmeer voor- en najaar 2017. Rapportnummer: 20161256/002. ATKB, Geldermalsen.
- KNMI, 2015. KNMI'14 Klimaatscenario's voor Nederland, herziene uitgave 2015. Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut. 36 pagina's.
- Lambeck, R.H.D. (1982) Colonization and distribution of *Nassarius reticulatus* (Mollusca: prosobranchia) in the newly created saline Lake Grevelingen (SW Netherlands). Netherlands Journal of Sea Research 16: 67-79.
- Lambeck, R.H.D. (1986) Leven zonder getij. Bodemdieren in het Grevelingenmeer. In: P.H. Nienhuis (eds.). Het Grevelingenmeer. Van estuarium naar zoutwatermeer: 115-129.
- Lambeck, R.H.D. & Pouwer, R. (1986) Een bestandsopname in voorjaar van 1985 van het macrozoöbenthos in het Grevelingenmeer en enige notities over lange-termijnontwikkelingen. Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek, Yerseke. Rapporten en verslagen 1986-5.
- Lambeck, R.H.D. en de Smet, G. (1987) Een bestandsopname in voorjaar 1986 van het macrozoöbenthos in het Grevelingenmeer. Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek, Yerseke. Rapporten en verslagen nr. 1987-4.
- Lievense, Piet (2019): Memo Doorlaat Brouwersdam - Autonome ontwikkeling, Toelichting op scenario's waterkwaliteitsmodellering (balansmodel), RWS Zee en Delta, 4 april 2019.
- Maarse, M.; Nolte, A.; Kleissen, F.; Becker, B. (2019) Optimalisatie van peilbeheer Getij Grevelingen door aansturing van het doorlaatmiddel in de Brouwersdam. Deltares rapport. 11203818-001-ZKS-0003. P 29.
- Meijer, A.J.M. & Waardenburg, H.W. (1990) Monitoring-onderzoek aan de visfauna van het Grevelingenmeer. Rapportage resultaten 1980-1989. Bureau Waardenburg BV, Culemborg.
- Meijer, A.J.M. (1995) Bestandsopname visfauna Grevelingenmeer augustus/september 1994. Bureau Waardenburg BV, Culemborg.
- Mulder, I.M., Escaravage, V., Tangelder, M. en Ysebaert, T. (2019) Ontwikkelingen van het macrozoöbenthos in het Grevelingenmeer 1992-2016. Wageningen Marine Research, rapport C021/19.
- Nienhuis, P.H. (1978) De Grevelingen, een afgesloten zeearm. Een overzicht van 10 jaar aquatisch oecologisch onderzoek. Rapport nr. 1978-3, Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek, Yerseke.
- Philippart, R.J.L., Meijer, A.J.M. (1982) Monitoring-onderzoek aan de visstand van de Grevelingen, resultaten 1980-1981. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Rijnsdorp, A.D., Van Stralen, M. & Van der Veer, H.W. (1985) Selective tidal transport of North Sea plaice larvae *Pleuronectes platessa* in coastal nursery areas. Transactions of the American Fisheries Society 114: 461-470.
- Steinmetz, B. & Slothouwer, D. (1979) De betekenis van de Grevelingen voor de sportvisserij. Visserijkundige waarnemingen in de jaren 1971-1977. Directie van de Visserijen, Den Haag, Documentatierapport no. 21: 1-101.
- STOWA (2010) Handboek hydrologie. 2010-28.
- Tulp, I. (2015) Analyse visgegevens DFS (Demersal Fish Survey) ten behoeve van de compensatiemonitoring Maasvlakte 2. Wageningen Marine Research, rapport C080/15.
- Tulp, I., Van Hal, R., Rijnsdorp, A. (2015) Effects of climate change on North Sea fish and benthos. Wageningen Marine Research, rapport C057/06.
- Vaas, K.F. (1970) Studies on the fish fauna of the newly created lake near Veere, with special emphasis on the plaice (*Pleuronectes platessa*). Netherlands Journal of Sea Research 5(1): 50-95.
- Vaas, K.F. (1978) Veranderingen in de visfauna van de Grevelingen tussen de jaren 1960 en 1976. Rapport en verslagen nr. 1978-4, Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek, Yerseke.
- Van der Linden, P.R.A. (2006) Visfauna Grevelingenmeer - ontwikkeling vanaf 1960. Stageverslag, Hogeschool Zeeland.
- Van der Veer, H.W. (1985) Impact of coelenterate predation on larval plaice *Pleuronectes platessa* and flounder *Platichthys flesus* stock in the western Wadden Sea. Marine Ecology Progress Series 25: 229-238.
- Van Kessel, N., Van Dorenbosch, M., Spikmans, F., Kranenbarg, J. & Crombaghs, B. (2008)

- Jaarrapportage Actieve Vismonitoring Zoete Rijkswateren. Samenstelling van de visstand in de grote rivieren gedurende het winterhalfjaar 2007-2008. Natuurbalans – Limes Divergens BV & Stichting RAVON, Nijmegen.
- Van Kessel, N., Spikmans, F., Hoogerwerf, G. & Kranenbarg, J. (2011) Jaarrapportage Actieve Vismonitoring Zoete Rijkswateren. Samenstelling van de visstand in de grote rivieren gedurende het winterhalfjaar 2010-2011. Natuurbalans – Limes Divergens BV & Stichting RAVON, Nijmegen.
- Van Kessel, N., Niemeijer, B., Hoogerwerf, G. (2014) Jaarrapportage Actieve Vismonitoring Zoete Rijkswateren. Samenstelling van de visstand in de grote rivieren gedurende het winterhalfjaar 2012-2013. Natuurbalans – Limes Divergens BV, Nijmegen.
- Verduin, E., Leewis, L., Van Haaren, T. (2018) Macrozoöbenthosonderzoek in de zoute Rijkswateren 2016 – Delta. Eurofins en AquaSense
- Waardenburg, H.W. (1998) Vismigratie door de Brouwerssluis (Grevelingenmeer). Rapport nr. 98.042, Bureau Waardenburg bv, Culemborg.
- Walles, B., R. Mann, T. Ysebaert, K. Troost, P. M. J. Herman & A. C. Smaal (2015). "Demography of the ecosystem engineer *Crassostrea gigas*, related to vertical reef accretion and reef persistence." *Estuarine, Coastal and Shelf Science* **154**(Supplement C): 224-233.
- Wang, Jinhui, and Jianyong Wu. 2009. "Occurrence and potential risks of harmful algal blooms in the East China Sea." *The Science of the Total Environment* 407 (13). Elsevier B.V.: 4012–21. doi:10.1016/j.scitotenv.2009.02.040.
- Wattel, G. (1996) Grevelingenmeer: uniek maar kwetsbaar. De ontwikkelingen in de periode 1990-1995. Rapport RIKZ-96.014, 101 p.
- Wetsteijn, L.P.M.J. (2011) Grevelingenmeer: meer kwetsbaar. Een beschrijving van de ecologische ontwikkelingen voor de periode 1999 t/m 2008-2010 in vergelijking met de periode 1990 t/m 1998. Rijkswaterstaat Waterdienst, Lelystad. 163 p.
- Wolff, W.J., Van Haperen, A.M.M., Sandee, A.J.J., Baptist, H.J.M. & Saeijs, H.L.F. (1975) The trophic role of birds in the Grevelingen estuary, The Netherlands, as compared to their role in the saline lake Grevelingen. In: G. Persoone & E. Jaspers. (Eds.) Proc. 10th Eur. Sump. Mar. Biol. Ostend. 2: 673-689.
- Wolff, W.J., Sandee, A.J.J. & De Wolf, L. (1977) The development of a benthic ecosystem. *Hydrobiologia* 52: 107-115.
- Wolff, W.J. en De Wolf, L. (1977) Biomass and production of zoobenthos in the Grevelingen Estuary, The Netherlands. *Estuarine and Coastal Marine Science* 5: 1-24.

Hoofdstuk 2

- De Jong, D.J. & T.J. de Kogel (1977). Vegetatie Veermansplaat, Stampersplaat, Hompelvoet 1974. Nota nr 77-01. Rijkswaterstaat Deltadienst, Middelburg.
- De Kraker, K. (2005). De Grevelingen. Kartering meetsoorten Grevelingen 2005. Sandvicensis ecologisch adviesbureau, Burgh-Haamstede.
- De Kraker, K. (2012). Vegetatie van de Grevelingen. Kartering meetsoorten Grevelingen 2009-2011. Sandvicensis ecologisch adviesbureau, Burgh-Haamstede
- De Kraker, K. (2017). Grevelingenverslag: onderzoek aan flora en fauna van de Hompelvoet en andere gebieden in de Grevelingen in 2016. Sandvicensis ecologisch adviesbureau, Burgh-Haamstede.
- De Kraker, K. (2018). Grevelingenverslag: onderzoek aan flora en fauna van de Hompelvoet en andere gebieden in de Grevelingen in 2017. Sandvicensis ecologisch adviesbureau, Burgh-Haamstede.
- De Kraker, K. (2019). Grevelingenverslag: onderzoek aan flora en fauna van de Hompelvoet en andere gebieden in de Grevelingen in 2018. Sandvicensis ecologisch adviesbureau, Burgh-Haamstede.
- Dijk, E. & J.A. Inberg (2002). Vegetatiekartering Veermansplaat, Dwars in de Weg en Stampersplaat 2001. Bureau Bakker, Assen.
- Drost, H.J. & J. Visser (1981). Het grondwaterregime als structurerende factor voor de begroeiing in afgesloten estuaria met een toepassing in het Grevelingenbekken. In: 50 jaar onderzoek door het Rijksinstituut voor de IJsselmeerpolders. Flevovericht 163, Rijksinstituut voor de IJsselmeerpolders, Lelystad.
- Erchinger, H. (1995). Dünen, Watt und Salzwiesen. Der Niedersächsische Ministerie für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Hannover.
- Everts, F.H. & N.P.J. de Vries (2004). Vegetatiekartering Slikken van Flakkee Zuid 2003. Rapport EGG 448, EGG consult, Groningen.
- Grootjans, A.P., E.J. Lammerts & F. van Beusekom (1995). Kalkrijke duinvalleien op de Waddeneilanden. Ecologie en regeneratiemogelijkheden. KNNV Uitgeverij, Utrecht.

-
- Keijzer, P. (1989). Toelichting vegetatiekaart De Grevelingen, op basis van luchtfoto's 1986, 1987. Rijkswaterstaat Meetkundige Dienst, Delft.
- Keijzer, P. (1989). Toelichting vegetatiekaart De Grevelingen, op basis van luchtfoto's 1993. Rijkswaterstaat Meetkundige Dienst, Delft.
- Reitsma, J.M. & J.W. de Jong (2013). Ecotopenkartering 2011 van de zoute meren Grevelingen en Veerse Meer 1:10.000. Bureau waardenburg, Culemborg.
- Rijkswaterstaat Meetkundige Dienst (1993). Vegetatiekartering Grevelingen 1993. Rijkswaterstaat Meetkundige Dienst, Delft.
- Rusman, Q., J.A.M. Janssen & A. Corporaal (2018). Een orchideetje meer of minder. In: J.H.J. Schaminée & J.A.M. Janssen (red). Buigen of barsten. Beschouwingen over de veerkracht van de natuur, pg 17-48.
- Schaminée, J.H.J. & A.J.M. Jansen (2001, red.). Wegen naar natuurdoeltypen 2. Rapport 46, Directie Natuurbeheer, Expertisecentrum LNV, Wageningen.
- Smit, G.F.J. & J. Visser (1988). Voormalige zandplaten in het Veerse meer: bodem, grondwater en vegetatie. Flevovericht 289, Rijksdienst voor IJsselmeerpolders, Lelystad.
- Westhoff, V. & M. van Oosten (1991). De plantengroei van de Waddeneilanden. KNNV Uitgeverij, Utrecht.
- Van den Hoven, A. & R. Mooren (1980). Verslag van een landschaps-ecologische kartering van de Veermansplaat. Studentenrapport 4-80, Rijkswaterstaat Deltadienst, Middelburg.
- Van der Pluijm, A. & D.J. de Jong (2003). Oerbos en savanne in de Grevelingen. De twee gezichten van de Slikken van Flakkee. Rapport RIKZ/2003.050, Rijkswaterstaat RIKZ, Middelburg.

Hoofdstuk 3

- Bal, D.; Beije, H.M.; Fellingner, M.; Haveman, R.; Opstal, A.J.F.M. van; Zadelhoff, F.J. van (2001) Handboek Natuurdoeltypen. Expertisecentrum LNV.
- De Ronde, J.G.; Mulder, J.P.M.; van Duren, L.A.; Ysebaert, T. (2013) Eindadvies ANT Oosterschelde. Deltares, 1207722-000.
- European Commission (2013). Interpretation Manual of European Union Habitats. European Commission DG Environment.
- Ministerie van LNV (2008) Grote, ondiepe krekens en baaien (H1160). Versie 18 december 2008.
- Programma directie Natura 2000 (2009) Natura 2000-gebied Oosterschelde, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. PDN/2009-118
- Tangelder, T.; Wijsman, J.; Janssen, J.; Nolte, A.; Walles, B.; Ysebaert, T. (2018). Scenariostudie natuurperspectief Grevelingenmeer. Wageningen University & Research rapport C021/18
- Van Maldegem, J.C.; van Pagee, J.A. (2005). Zandhonger Oosterschelde, een verkenning naar mogelijke maatregelen. Rijksinstituut voor Kust en Zee.
- Walles, B.; Brummelhuis, E.; Van der Pool, J.; Ysebaert, T. (2019) Development of the benthic macrofauna community after tidal restoration at Rammegors Wageningen University & Research report C042/19

Verantwoording

Rapport C089/19

Projectnummer: 4313100099

Dit rapport is met grote zorgvuldigheid tot stand gekomen. De wetenschappelijke kwaliteit is intern getoetst door een collega-onderzoeker en het verantwoordelijk lid van het managementteam van Wageningen Marine Research

Akkoord: Dr. Johan Craeymeersch
Onderzoeker

Handtekening:



Datum: 11 november 2019

Akkoord: Jakob Asjes
MT-lid

Handtekening:



Datum: 11 november 2019

Bijlagen

Lijst van bijlagen

- Bijlage 1 Beschrijving huidig peilbeheer, peil bij autonome ontwikkeling, getijscenario's en optimalisaties in peilbeheer van het Grevelingenmeer
- Bijlage 2 Natura 2000 habitats en soorten Grevelingenmeer
- Bijlage 3 Tabel 1 - Vaas (1978)
- Bijlage 4 Tabel 2 - Vaas (1978)
- Bijlage 5 Frequentie van voorkomen in vangsten per soort, boomkortrekken in 1982, 1988 en 1994 in het Grevelingenmeer.
- Bijlage 6 Vissoorten gevangen in Grevelingen tijdens visstandonderzoek 1960-1989
- Bijlage 7 Soortenlijst DFS (1970)/FGRA (2008, 2011, 2013, 2017)
- Bijlage 8 DPM Rapportage vogels en zeezoogdieren
- Bijlage 9 Update status beschrijving KRW Grevelingenmeer en verwachting autonome ontwikkeling en K2 water
- Bijlage 10 Habitatkaart-2011 van geselecteerde habitats
- Bijlage 11. Correcties in de 2011-habitatkaart
- Bijlage 12. Hoogte-diepte kaart van het Grevelingenmeer
- Bijlage 13. Gemodelleerde waterstanden per getijscenario en autonome ontwikkeling
- Bijlage 14. Leefgebied Noordse Woelmuis en Groenknolorchis
- Bijlage 15. Kaarten directe effecten Natura 2000 habitattypen en leefgebied van soorten
- Bijlage 16. Verslag expertsessie indirecte effecten op Natura 2000 als gevolg van getij (B2 Consultancy en Houtekamer&Van Kleef)
- Bijlage 17. Indirecte effecten door zoutspray en verdroging (exclusief drainage door peilverlaging)
- Bijlage 18 Aanwezigheid typische soorten H1160 in het Grevelingenmeer
- Bijlage 19. Ruimtelijke kaarten van ligging intergetijdengebieden en andere ecotopen voor getijscenario's.
- Bijlage 20. Cumulatief voorkomen van habitats en gevoeligheids analyse i.r.t. waterstanden

Bijlage 1 Beschrijving huidig peilbeheer, peil bij autonome ontwikkeling, getijsscenario's en optimalisaties in peilbeheer van het Grevelingenmeer

Huidige situatie met het huidige peilbeheer

Het huidige peilbeheer van het Grevelingenmeer staat beschreven in het Peilbesluit Grevelingenmeer (2013). Uitwisseling van water met de Noordzee gebeurt via de Brouwerssluis. Vanaf 2017 is ook de verbinding met de Oosterschelde via de Flakkeese Spuisluis opengesteld. De spuisluis heeft een daggemiddelde capaciteit van ongeveer 70 – 80 m³ s⁻¹. Het middenpeil van NAP -0,20m wordt in het broedseizoen (periode 1 april- 15 juli) met 6 cm verlaagd zodat broedvogels op de kale delen kunnen broeden. In de periode september-februari wordt in drie perioden van drie weken gestuurd op een middenpeil NAP -0,16 m. Er wordt gestuurd op een maximale waterstand van NAP -0,10 m en een minimale waterstand van NAP -0,30 m.

Autonome ontwikkeling

Uitgangspunt voor autonome ontwikkeling is een voortzetting van het huidige waterbeheer met peilbeheer, Brouwerssluis en Flakkeese Spuisluis en rekening houdend met klimaatverandering. Hierbij wordt uitgegaan van 40 cm zeespiegelstijging t.o.v. 1995 op de Noordzee. Door Maarse et al. (2019) is berekend dat bij 40 cm zeespiegelstijging de uitwisseling met de Voordelta 25% lager zal zijn dan bij 10 cm zeespiegelstijging (~2025, geplande ingebruikname doorlaatmiddel) maar dat huidig peilbeheer gehandhaafd kan blijven.

Getijsscenario's en optimalisaties

In overleg met Rijkswaterstaat zijn verschillende getijsscenario's beschouwd. Na de start van dit onderzoek zijn getijsscenario's met voorschrijdende inzichten aangepast. In deze bijlage zijn de definitieve getijsscenario's beschreven die zijn aangeleverd door Rijkswaterstaat waarvoor resultaten zijn opgeleverd. Deltares heeft voor deze scenario's model berekeningen uitgevoerd op basis waarvan de resultaten in voorliggend rapport zijn berekend. Voor een gedetailleerde beschrijving van de precieze gehanteerde uitgangspunten per scenario wordt verwezen naar Maarse et al., 2019.

- **Scenario 'Rijksstructuurvisie 50 cm getij' (afgekort "RSV")**
 - Harde bovengrens N.A.P. 0,05 m
 - Ondergrens N.A.P. -0,45 m
 - Gemiddelde waterstand N.A.P. -0,20 m
 - Peilsturing tussen N.A.P. 0,05 m en N.A.P. -0,45 m
- **Scenario 'Basis 50 cm getij' (afgekort "Basis")**
 - Harde bovengrens N.A.P. 0,05 m
 - Ondergrens N.A.P. -0,45 m
 - Gemiddelde waterstand N.A.P. -0,20 m
 - Peilsturing tussen N.A.P. 0,05 m en N.A.P. -0,55 m
- **Scenario 'Verlaagd middenpeil 50 cm getij' (afgekort "Verlaagd middenpeil")**
 - Harde bovengrens N.A.P. -0,05 m
 - Ondergrens N.A.P. -0,55 m
 - Gemiddelde waterstand N.A.P. -0,30 m
 - Peilsturing tussen N.A.P. -0,05 m en N.A.P. -0,60 m
- **Scenario 'Kleinere getijslag 30 cm getij' (afgekort/synoniem "Verminderd getij")**
 - Harde bovengrens N.A.P. -0,05 m
 - Ondergrens N.A.P. -0,35 m
 - Gemiddelde waterstand N.A.P. -0,20 m
 - Peilsturing tussen N.A.P. -0,05 m en N.A.P. -0,40 m
- **'Tussenscenario met 40 cm getijslag en verlaagd middenpeil' (afgekort "Tussenscenario") ook wel '40/-30 scenario' genoemd**
 - Harde bovengrens N.A.P. -0,10 m
 - Gemiddelde waterstand N.A.P. -0,30 m
 - Laagwaterstand tot NAP – 0,55 meter toegestaan

Voor de bovengenoemde getijsscenario's zijn er aanvullend ook nog twee peilbeheer optimalisaties mogelijk. Per getijsscenario kunnen die toegepast worden. De peilbeheer optimalisaties zijn:

- **Optimalisatie 'Broedseizoen en hogere bovengrens winterseizoen' (afgekort "+B+W")**
 - In het broedseizoen (1 april – 16 juli) wordt het peilbeheer aangepast naar:
 - Harde bovengrens N.A.P. die 10 cm lager is;
 - Ondergrens, indien nodig om gemiddelde peil en getijslag te kunnen handhaven, met 10 cm verlagen;
 - In het herfst-/winterseizoen (1 september – 1 maart) moet er af en toe (2 keer per maand, volgens de springtij/doodtij-cyclus) bovengrens 5 cm hoger liggen
 - Ondergrens, indien nodig om gemiddelde peil en getijslag te kunnen handhaven, met 10 cm verlagen;
- **Optimalisatie 'Scheefstand compensatie' ("afgekort S")**
 - Compenseren voor scheefstand in het meer door opwaaiing om zo een minimale zoutspray op oevers en eilanden te realiseren voor het behoud habitat duinvalleien en orchideeën.
 - Harde bovengrens die bij het getijsscenario hoort op het GEHELE meer tijdens perioden van opwaaiing.

Klimaatverandering uitgangspunten

Algemene veranderingen zijn:

- De temperatuur blijft stijgen
- Zachte winters en hete zomers komen vaker voor
- De neerslag en extreme neerslag in de winter neemt toe
- De intensiteit van extreme regenbuien in de zomer neemt toe
- Hagel en onweer worden heviger
- De zeespiegel blijft stijgen
- Het tempo van de zeespiegelstijging neemt toe
- De veranderingen in windsnelheid zijn klein
- Het aantal dagen met mist neemt af en het zicht verbetert verder
- De hoeveelheid zonnestraling nabij het aardoppervlak neemt licht toe

Door Rijkswaterstaat is gevraagd om bij het maken van de prognoses voor ecologische ontwikkeling van soorten groepen rekening te houden met klimaatverandering en daarbij uit te gaan van 40 cm zeespiegelstijging.

Bijlage 2 Natura 2000 habitats en soorten Grevelingenmeer

- a. Habitattypen:
 - H1310A - Zilte pionierbegroeiingen (zeekraal)
 - H1310B - Zilte pionierbegroeiingen (zeevetmuur)
 - H1330B - Schorren en zilte graslanden (binnendijks)
 - H2130A - *Grijze duinen (kalkrijk)
 - H2160 - Duindoornstruwelen
 - H2170 - Kruiwilgstruwelen
 - H2190B - Vochtige duinvalleien (kalkrijk)
 - H6430B - Ruigten en zomen (harig wilgenroosje)

- b. Habitatsoorten:
 - H1340 - *Noordse woelmuis
 - H1364 - Grijze zeehond
 - H1365 - Gewone zeehond
 - H1903 - Groenknolorchis

- c. Broedvogelsoorten:
 - A081 - Bruine Kiekendief
 - A132 - Kluut
 - A137 - Bontbekplevier
 - A138 - Strandplevier
 - A191 - Grote stern
 - A193 - Visdief
 - A195 - Dwergstern

- d. Niet-broedvogelsoorten:
 - A004 - Dodaars
 - A005 - Fuut
 - A007 - Kuifduiker
 - A008 - Georde fuut
 - A017 - Aalscholver
 - A026 - Kleine Zilverreiger
 - A034 - Lepelaar
 - A037 - Kleine Zwaan
 - A041 - Kolgans
 - A043 - Grauwe Gans
 - A045 - Brandgans
 - A046 - Rotgans
 - A048 - Bergeend
 - A050 - Smient
 - A051 - Krakeend
 - A052 - Wintertaling
 - A053 - Wilde eend
 - A054 - Pijlstaart
 - A056 - Slobeend
 - A067 - Brilduiker
 - A069 - Middelste Zaagbek
 - A103 - Slechtvalk
 - A125 - Meerkoet
 - A130 - Scholekster
 - A132 - Kluut
 - A137 - Bontbekplevier
 - A138 - Strandplevier
 - A140 - Goudplevier
 - A141 - Zilverplevier
 - A149 - Bonte strandloper
 - A157 - Rosse grutto
 - A160 - Wulp
 - A162 - Tureluur
 - A169 - Steenloper

Bijlage 3 Tabel 1 - Vaas (1978)

Tabel I. Samenstelling van de visvangsten in de Grevelingen, omgewerkt tot jaargemiddelden, uitgedrukt als aantallen individuen per 100 minuten trekken. 1 = een of enkele individuen.

Tijdvak	1960 1963	1966 1969	1971	1972	1973	1974	1975	1976
Aantal vistochten	7	10	5	12	13	10	8	8
Aantal trekken	92	102	63	136	142	103	92	98
Aantal soorten	27	31	26	27	23	20	18	19
<i>Pleuronectes platessa</i>	51	276	106	289	430	253	185	92
<i>Limanda limanda</i>	8	245	17	19	5	1	1	6
<i>Solea solea</i>	107	39	3	3	1	-	-	-
<i>Platichthys flesus</i>	8	21	18	18	27	18	29	23
<i>Scophthalmus rhombus</i>	-	-	1	1	1	1	1	1
<i>Scophthalmus maximus</i>	-	-	-	1	1	1	-	1
<i>Microstomus kitt</i>	1	1	-	-	-	1	-	-
<i>Buglossidium luteum</i>	-	1	-	-	-	-	-	-
<i>Pomatoschistus minutus</i>	102	233	289	140	133	457	99	157
<i>Pomatoschistus microps</i>	12	3	10	3	44	31	55	51
<i>Gobius niger</i>	-	-	-	-	-	-	-	50
<i>Osmerus eperlanus</i>	16	28	3	1	-	-	-	-
<i>Myxocephalus scorpius</i>	7	28	9	7	9	2	2	1
<i>Anguilla anguilla</i>	3	23	19	10	7	10	4	12
<i>Zoarces viviparus</i>	7	66	14	37	36	15	10	4
<i>Agonus cataphractus</i>	5	12	1	1	1	-	-	-
<i>Callionymus lyra</i>	1	3	-	-	-	-	-	-
<i>Syngnathus rostellatus</i>	6	5	3	1	1	1	4	1
<i>Syngnathus acus</i>	1	1	1	1	-	-	-	-
<i>Triopterus luscus</i>	1	29	38	1	1	-	1	1
<i>Gadus morhua</i>	1	3	1	1	-	-	-	-
<i>Odontogadus merlangus</i>	1	1	10	3	1	1	1	-
<i>Pholis gunnelis</i>	3	3	4	1	1	1	1	-
<i>Liparis liparis</i>	4	2	1	-	-	-	-	-
<i>Ammodytes lancea</i>	1	1	-	-	-	-	-	-
<i>Ciliata mustela</i>	1	1	1	1	1	-	-	-
<i>Trachurus trachurus</i>	1	1	-	1	1	-	-	-

Vervolg Tabel I.

Tijdvak	1960 1963	1966 1969	1971	1972	1973	1974	1975	1976
Aantal vistochten	7	10	5	12	13	10	8	8
Aantal trekken	92	102	63	136	142	103	92	98
Aantal soorten	27	31	26	27	23	20	18	19
<i>Trigla lucerna</i>	-	1	-	-	-	-	-	-
<i>Atherina presbyter</i>	-	1	3	1	31	27	4	165
<i>Atherina mochon</i>	-	-	-	-	11	13	28	1
<i>Aphya minuta</i>	-	-	1	1	-	1	-	-
<i>Entelurus aequoreus</i>	1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Belone belone</i>	1	1	-	-	-	-	-	-
<i>Morone labrax</i>	-	-	-	1	-	-	-	-
<i>Mugil labrosus</i>			1	-	-	-	-	-
<i>Sprattus sprattus</i>	31	1	433	1566	675	236	168	38
<i>Clupea harengus</i>	31	4	67	80	13	3	-	1
<i>Alosa fallax</i>	-	1	-	-	-	-	-	-
<i>Engraulis encrasicolus</i>	-	-	1	-	-	-	-	1
<i>Gasterosteus aculeatus</i>	-	1	-	1	1	1	174	437
<i>Raniceps raniceps</i>	-	-	-	-	-	-	1	-

Bijlage 4 Tabel 2 - Vaas (1978)

Tabel II. Aantallen soorten gevangen in 2 perioden van 4 jaar voor de afsluiting en 2 perioden van 3 jaar na de afsluiting

Periode	1960/1963	1963/1969	1971/1973	1974/1976
Aantal soorten	27	31	31	24

Bijlage 5 Frequentie van voorkomen in vangsten per soort, boomkortrekken in 1982, 1988 en 1994 in het Grevelingenmeer.

Uit: Meijer 1995

dieptezone code	0-2 m			> 2 m		
	A			B t/m E		
jaar	1982 *	1988 **	1994	1982 *	1988 **	1994
vistuig	2 m kor	n.g.	2 m kor	3 m kor	3 m kor	3 m kor
aantal trekken	n.b.	n.g.	32	?	48	48
frequentie	%	%	%	%	%	%
vissoorten:						
Paling	n.b.	n.g.	0	29	15	8
Haring	n.b.	n.g.	0	0	0	2
Wijting	n.b.	n.g.	0	0	0	4
Steenbolk	n.b.	n.g.	0	2	0	8
Vorskwab	n.b.	n.g.	0	4	0	0
Vijfdradige meun	n.b.	n.g.	3	0	0	2
Koornaarvis	n.b.	n.g.	0	8	0	4
Driedoornige stekelbaars	n.b.	n.g.	0	4	23	0
Grote zeenaald	n.b.	n.g.	19	0	6	35
Kleine zeenaald	n.b.	n.g.	0	27	25	0
Gewone zeedonderpad	n.b.	n.g.	3	8	6	0
Groene zeedonderpad	n.b.	n.g.	0	0	0	6
Slakdolf	n.b.	n.g.	0	2	0	0
Puitaal	n.b.	n.g.	0	42	33	23
Botervis	n.b.	n.g.	0	2	4	2
Pitvis	n.b.	n.g.	3	0	2	38
Zwarte grondel	n.b.	n.g.	100	92	90	90
Brakwatergrondel	n.b.	n.g.	84	27	52	29
Dikkopje	n.b.	n.g.	100	96	79	90
Lozano's grondel	n.b.	n.g.	n.o.	0	2	n.o.
Glasgrondel	n.b.	n.g.	0	0	10	0
Tarbot	n.b.	n.g.	3	6	0	0
Griet	n.b.	n.g.	6	4	2	19
Schol	n.b.	n.g.	13	38	48	42
Schar	n.b.	n.g.	3	13	23	2
Bot	n.b.	n.g.	28	17	44	31
Tong	n.b.	n.g.	6	4	8	17
aantal vissoorten	n.b.	n.g.	13	19	18	19
kreeftachtigen:						
Strandkrab	n.b.	n.g.	100	n.b.	92	92
Zwemkrab	n.b.	n.g.	78	n.b.	n.b.	77
<p>* = ontleend aan: Doornbos & Twisk, 1987. ** = ontleend aan: De Vos & Twisk, 1990. n.b. = niet bekend. n.g. = niet bemonsterd. n.o. = soort niet onderscheiden, in steekproeven wel aangetroffen.</p>						

Bijlage 6 Vissoorten gevangen in Grevelingen tijdens visstandonderzoek 1960-1989

	boomkor-onderzoek											fuiken-onderzoek									gemiddeld in de periode					
	Doornbos et al. (1986)							De Vos & Twisk (1990)				Meijer & Waardenburg (1990)														
	60/ 63	66/ 69	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	82	88	80	81	82	83	84	85		86	87	88	89	80-89
'zeer algemeen'																										
Paling	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	98	98	100	100	98	97	100	100	88	90	96 %	
Bot	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	95	92	98	91	91	97	95	96	99	99	96 %	
Schol	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	93	95	100	94	86	97	99	94	95	98	95 %	
Puitaal	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	83	68	90	68	74	74	84	88	98	94	83 %	
Haring	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	22	55	65	65	55	67	72	77	92	70	67 %	
Zeedonderpad	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	24	50	57	48	48	48	62	65	80	77	60 %	
Griet	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	59	68	72	62	58	42	48	51	47	42	53 %	
'algemeen'																										
Schar	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	29	58	53	35	42	41	53	56	45	42	46 %	
Geep	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	X	25	38	30	34	32	37	35	52	53	37 %	
Tong	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	17	33	30	33	21	6	16	41	65	71	37 %	
Tarbot	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	39	48	40	45	45	23	45	33	24	23	35 %	
Koornaarvis	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	27	58	65	59	37	21	3	5	27	41	33 %	
Kabeljauw	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	24	5	17	23	20	23	48	50	45	21	29 %	
Wijting	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	32	28	15	32	42	29	36	11	23	7	25 %	
'vrij algemeen'																										
Zwarte grondel	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	24	35	30	33	23	20	X	5	26	32	22 %	
Brakwatergrondel	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Dikkopje	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	2	8	3	2	10	6	3	4	11	19	8 %	
Vijfdradige meun	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	20	27	17	15	4	24	15	2	17	22	17 %	
Snotlif	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	2	17	5	3	5	11	22	34	23	18	16 %	
'vrij zeldzaam'																										
Grote zeenaald	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	X	7	10	2	9	12	14	9	14	20	11 %	
Kleine zeenaald	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	X	X					X	X	X	4	1 %	
Steenbolk	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	15	8	5	15	15	5	2	2	15	6	9 %	
Botervis	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	2	10	2	5	10	9	7	4	6	13	7 %	
Poon Rode	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	X	2	5	8	3	6	11	12	6	10	7 %	
Diklip/Dunlip harder	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	X	5	10	6	4	6	7	6	5	12	7 %	
Sprot	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	5	2	3	3	9	14	10	6	8	4	7 %	
Horsmakreel	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	5	7	10	8	3	8	10	1	2	2	5 %	
Fint	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	X	2	3	3	13	6	2	2	4	7	5 %	
Dried. stekelbaars	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	22	X	12	14	1	X	X	6	4	X	5 %	
Vorskwab	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	2	12	X	5	X	X	8	2	3	4	4 %	
Harnasmannetje	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	X	X	5	3			11	8	1	X	3 %	
Zandspiering	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	X	2	5	X	4	5	2	6	7	1	3 %	
Zeebaars	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	X	2	X	2	4	2	8	7	2	2	3 %	
Zeeforel/'Zalm'	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	X	5	7	2	2	2	2	X	4	X	2 %	
Adderzeenaald	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	X	X	3	2	1	3	X	X	X	8	2 %	
Regenboogforel	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	X	2	2	2	2	2	1	2	2	3	2 %	
Groene zeedonderpad	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	X	2	X	X	X	X	2	2	6	3	2 %	
Makreel	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	X	2	2	2	1	X	8	X	X	1	2 %	
Slakdolf	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	5	X	2	X	X	X	7	X	X	X	1 %	
Pitvis	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	X	X	X			2	X		X	5	1 %	
Tongschar	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	X	2	X			1	5	3		1	1 %	
Spiering	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	X	X				X	1	4	3	1	1 %	
Haai Ruwe	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	X			2	1		X	X	2	1	1 %	
Koolvis	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	X	2	X	X	2	X	1				1 %	
'zeldzaam'																										
Zeeprik															X	2	X			X	3				0,40 %	
Pollak															X	X	X	X	X	X	X	X	1	X	0,10 %	
Rivierprik															X	X	X	X						1	0,10 %	
Sardien															X		X	X	2	X	X	X		X	0,10 %	
Ansjovis															X		X							X	X	
Gevlekte grondel															X	X									X	
Glasgrondel															X								X	X	X	
Hondshaai															X								X		X	
Mul															X				X	X					X	
Grauwe poon															X										X	
Pijlstaartrog															X	X									X	
Schelvis															X				X						X	
Smelt															X					X			X		X	
Zeepaling															X	X					X				X	
'overige soorten'																										
Dwertgong	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Lozano's grondel	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	

Bijlage 7 Soortenlijst DFS (1970)/FGRA (2008, 2011, 2013, 2017)

Nederlandse naam	Wetenschappelijke naam	Ecogildes	Voedselgildes
Driedoornige stekelbaars	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	CA	benthivore
Spiering	<i>Osmerus eperlanus</i>	CA	benthivore
Aal	<i>Anguilla anguilla</i>	CA	bentho-piscivore
Harnasmannetje	<i>Agonus cataphractus</i>	ER	benthivore
Dwergtong	<i>Buglossidium luteum</i>	ER	benthivore
Pitvis	<i>Callionymus</i> sp.	ER	benthivore
Vijfdradige meun	<i>Ciliata mustela</i>	ER	benthivore
Zwarte grondel	<i>Gobius niger</i>	ER	benthivore
Slakdolf	<i>Liparis liparis liparis</i>	ER	benthivore
Botervis	<i>Pholis gunnellus</i>	ER	benthivore
Bot	<i>Platichthys flesus</i>	ER	benthivore
Puitaal	<i>Zoarces viviparus</i>	ER	benthivore
Zeedonderpad	<i>Myoxocephalus scorpius</i>	ER	bentho-piscivore
Zandspieringen indet.	<i>Ammodytes</i> sp.	ER	planktivore
Glasgrondel	<i>Aphia minuta</i>	ER	planktivore
Brakwatergrondel	<i>Pomatoschistus microps</i>	ER	planktivore
Dikkopje	<i>Pomatoschistus</i> sp.	ER	planktivore
Grondel	<i>Pomatoschistus</i> sp.	ER	planktivore
Grote zeenaald	<i>Syngnathus</i> sp.	ER	planktivore
Kleine zeenaald	<i>Syngnathus</i> sp.	ER	planktivore
Zeenaalden indet.	<i>Syngnathus</i> sp.	ER	planktivore
Horsmakreel	<i>Trachurus trachurus</i>	MA	piscivore
Adderzeenaald	<i>Entelurus aequoreus</i>	MA	planktivore
Koornaarvis	<i>Atherina</i> sp.	MJ	benthivore
Koornaarvissen	<i>Atherina</i> sp.	MJ	benthivore
Schar	<i>Limanda limanda</i>	MJ	benthivore
Schol	<i>Pleuronectes platessa</i>	MJ	benthivore
Tong	<i>Solea solea</i>	MJ	benthivore
Steenbolk	<i>Trisopterus luscus</i>	MJ	benthivore
Zeebaars	<i>Dicentrarchus labrax</i>	MJ	piscivore
Kabeljauw	<i>Gadus morhua</i>	MJ	piscivore
Smelt	<i>Hyperoplus lanceolatus</i>	MJ	piscivore
Wijting	<i>Merlangius merlangus</i>	MJ	piscivore
Tarbot	<i>Scophthalmus maximus</i>	MJ	piscivore
Griet	<i>Scophthalmus rhombus</i>	MJ	piscivore
Haring	<i>Clupea harengus</i>	MJ	planktivore
Diklipharder	<i>Chelon labrosus</i>	MS	benthivore
Pijlstaartrog	<i>Dasyatis pastinaca</i>	MS	bentho-piscivore
Ansjovis	<i>Engraulis encrasicolus</i>	MS	planktivore
Sprot	<i>Sprattus sprattus</i>	MS	planktivore

Bijlage 8 DPM Rapportage vogels en zeezoogdieren

De rapportage 'Analyse en prognose trends vogels en zeehonden Grevelingenmeer. Delta Project Management' door Arts et al. (2019) is te downloaden op <https://deltamilieuprojecten.nl/>. Vanwege de omvang is deze rapportage hier niet opgenomen.

Bijlage 9 Update status beschrijving KRW Grevelingenmeer en verwachting autonome ontwikkeling en K2 water



NOTITIE

Rijkswaterstaat Zee & Delta
P. Paulus
Postbus 2232
3500 GE Utrecht

DATUM: 2 sept 2019
ONS KENMERK: 19.03894
UW KENMERK: 4300028242
AUTEUR: Helga van der Jagt
PROJECTLEIDER: dr. Edwin Kardinaal
STATUS: eindrapportage

Update statusbeschrijving Grevelingenmeer

Het Grevelingenmeer is een groot zoutwatermeer dat door de afsluiting van de verbinding met de Noordzee geen getij meer heeft. Door het wegvallen van dynamiek is het ecosysteem sinds de afsluiting in 1971 sterk veranderd. Sindsdien is onder andere de stikstofconcentratie sterk verminderd, waardoor algenconcentraties laag blijven. Echter treedt in de diepere delen van het stilstaande meer zuurstofloosheid op door stratificatie van de waterkolom. Dit is schadelijk voor macrofauna en vissen, waardoor de biodiversiteit onder druk staat. Daarom wordt momenteel gewerkt aan het project Getij Grevelingen, waarbij via een doorlaat in de Brouwersdam de mogelijkheid wordt gecreëerd om beperkt getij terug te brengen in het Grevelingenmeer. De verwachting is dat hierdoor zuurstofloosheid zal verminderen, wat ten goede komt aan de ecologische waterkwaliteit.

In Nederland wordt de waterkwaliteit van oppervlaktewateren getoetst en beoordeeld aan de hand van de Kaderrichtlijn Water (KRW). Binnen de KRW zijn maatlatten uitgewerkt voor verschillende watertypen. Het Grevelingenmeer is een M32-watertype, wat diepe wateren zonder getij met zout of sterk brak water zijn. Behalve het Grevelingenmeer vallen ook het Veerse Meer en het Noordzeekanaal hieronder. M32-watertypen worden beoordeeld op fysisch-chemische parameters, fytoplankton, macrofauna, vis en overige waterflora. Fysisch-chemische parameters zijn temperatuur, zuurstofhuishouding, zoutgehalte, zuurgraad, nutriënten en doorzicht. Per parameter zijn grenswaarden bepaald voor de categorieën "zeer goed", "goed", "matig", "ontoereikend" en "slecht". Biologische maatlatten zijn opgebouwd uit meerdere parameters en worden berekend aan de hand van ratio's, de Ecologische Kwaliteit Ratio (EKR), die een waarde aan kan nemen tussen 0 en 1. Zo bestaat de maatlat voor fytoplankton uit chlorofyl-a en bloeifrequentie van *Phaeocystis*, de maatlat voor macrofauna uit soortenrijkdom, diversiteit en vervuilingindicatoren, en de maatlat voor vis uit de soortenrijkdom en biomassa van zes visgilden. De maatlat voor overige waterflora bestaat uit zeegras.

In deze notitie is een overzicht gemaakt van de huidige status van het Grevelingenmeer aan de hand van de KRW maatlatten, waarbij de meest recente meetgegevens en analysesresultaten van Deltares en Wageningen Marine Research zijn gebruikt. Tevens wordt een doorkijk gegeven naar de autonome ontwikkeling en ontwikkeling bij introductie van beperkt getij.

Methode

Fysisch-chemische parameters, chlorofyl-a concentraties en bloeifrequentie van *Phaeocystis* zijn aangeleverd door Deltares (verkregen via waterinfo.rws.nl). Voor trendbeschrijvingen is gebruikt gemaakt van de grafieken in de conceptrapportage Grevelingen Systeemrapportage (08-04-2019). Voor het beoordelen van de KRW maatlatten is gebruik gemaakt van de gegevens van de drie meetpalen bij Dreischor,

Herkingen, en Scharendijke. Deze dataset liep tot juli 2018, dus waar mogelijk zijn de data voor 2018 gebruikt. De score voor macrofauna is overgenomen uit de MWTL rapportage (Verduin *et al.* 2018) en is bediscussieerd mede gebruikmakend van aangeleverde resultaten van Wageningen Marine Research. Voor trendbeschrijvingen van macrobenthos is gebruik gemaakt van het rapport Mulder *et al.* 2019. Vis is beoordeeld op basis van de al berekende EKR-waardes uit het rapport van Hop & Vriese (2017) en middels data beschikbaar gesteld vanuit RWS.

Resultaten

Fysisch-chemische status

De fysisch-chemische status wordt volgens de KRW beoordeeld als “goed”.

In 2018 was de watertemperatuur gemiddeld 15°C. De hoogst gemeten watertemperatuur was 22°C, wat binnen KRW als “goed” wordt beoordeeld. Sinds de jaren tachtig is er een lichte stijging van de maximale temperatuur waarneembaar, wat zou kunnen leiden tot sterkere stratificatie en lagere zuurstofconcentraties. De zuurgraad van het oppervlaktewater varieerde in 2018 tussen de 8,0 en 8,5. Ook dit valt binnen de waarden voor een goede toestand (6,5-9,0). Sinds de jaren tachtig lijkt er geen ontwikkeling te zijn in de pH. De zoutconcentratie in het Grevelingenmeer in 2018 was tussen de 14,6 en 19,0 g Cl/L, wat wordt beoordeeld als “zeer goed” volgens de KRW-maatlat. Sinds de jaren tachtig is geen duidelijke ontwikkeling zichtbaar in zoutconcentraties.

Opgelost anorganisch stikstofconcentraties (DIN) zijn sinds de jaren tachtig gehalveerd van jaargemiddeldes van 0,30 mg/L naar 0,15 mg/L in 2017. In de winter zijn deze concentraties hoog door afbraakprocessen en het mixen van de waterkolom, in de zomer zijn de concentraties laag omdat fytoplankton DIN opneemt voor groei. Binnen de M32-maatlat wordt enkel de winterconcentratie beoordeeld. In 2017 was de gemiddelde winterconcentratie 0,31 mg/L, wat binnen de KRW wordt beoordeeld als goede ecologische toestand. Opgelost anorganisch fosfor (DIP) wordt niet beoordeeld binnen de KRW, maar is een belangrijke parameter voor fytoplankton en planten. Jaargemiddelde fosfaatconcentraties (PO₄₃₋) zijn sinds de jaren tachtig afgenomen van 0,5 mg/L naar 0,05 mg/L in 2017. In de afgelopen tien jaar lijkt de concentratie weer wat te stijgen. De stijging kan worden veroorzaakt door het vrijkomen van fosfaat uit de bodem. In het geval van zuurstofloze omstandigheden kan fosfaat uit de bodem nageleverd worden. Na het opheffen van de stratificatie kan het fosfor vervolgens door het mixen van de waterkolom over de hele waterkolom verspreid raken.

De verhouding tussen DIN en DIP is een indicator voor nutriëntenlimitatie bij fytoplankton. Optimale fytoplanktongroei vindt plaats bij een molaire DIN:DIP verhouding van 16:1, bekend als de Redfield ratio. Bij een ratio lager dan Redfield is er sprake van stikstoflimitatie, bij een ratio hoger dan Redfield is er sprake van fosfaatlimitatie. In 2017 was de DIN:DIP ratio tussen de 3,9 en 15. Dit betekent dat er sprake was van stikstoflimitatie in het Grevelingenmeer. Dit is een gevolg van de sterke afname van stikstofconcentraties sinds de jaren tachtig, terwijl fosfaatconcentraties in mindere mate zijn afgenomen.

De zuurstofhuishouding wordt binnen de KRW beoordeeld aan de hand van de zuurstofverzadiging gemeten aan het wateroppervlak. Zuurstofconcentraties in het oppervlaktewater bleven in 2018 tussen de 80-120%, en worden dus beoordeeld als goed. De laagste gemeten zuurstofverzadiging was 81% op 1 juli 2018 bij Herkingen. Zuurstofconcentraties aan de oppervlakte zijn meestal niet limiterend voor het ecosysteem. Problematisch voor macrofauna en vissen zijn zuurstofloze periodes bij de bodem. Dit wordt echter niet meegenomen in de KRW beoordeling. Bij concentraties lager dan 3 mg/L sterven vissen, en overleven schelpdieren als oesters en mosselen maximaal een paar dagen. In 2018 leken lage bodemzuurstofconcentraties vooral een rol te spelen in het oostelijk gedeelte van de Grevelingen, waar in juli de grens van 3 mg/L tot op 10 m diepte kwam (Grevelingen Systeemrapportage 2019). Er lijkt echter geen trend te zijn in het zuurstofloos areaal in de afgelopen tien jaar (Grevelingen Systeemrapportage 2019; Willem Stolte, pers. comm). Wel is er jaarlijks sprake van optredende zuurstofloosheid in de zomermaanden die per jaar en per maand kan verschillen. In juni 2016 was het zuurstofloos areaal het grootst in de afgelopen tien jaar (~2000 ha, ~18% van het totaal areaal), in 2017 en 2018 was het maximum zuurstofloos areaal kleiner (respectievelijk ~1000 ha en ~500 ha). Met name dit grote zuurstofloze areaal in 2016 kan mogelijk een

sterk effect gehad hebben op de macrofaunagemeenschappen in het Grevelingenmeer. Het doorzicht, bepaald aan de hand van de Secchi schijf, was in 2018 tussen de 1,4 en 3,2 m. Ook dit valt binnen de KRW richtlijnen onder de categorie “goed”. Wel is het doorzicht sinds 1990 afgenomen van 5,0 meter naar 1,4-3,2 m in 2018. Het is onduidelijk hoe dit komt, er lijkt geen link te zijn met veranderend spui-beheer, fytoplankton of zwevend stof.

Fytoplankton

De kwaliteit van fytoplankton wordt bepaald aan de hand van de concentratie chlorofyl-a en de bloeifrequentie van *Phaeocystis*. *Phaeocystis* is een eencellige alg die kolonies kan vormen, en komt voor in voedingsrijke zoute wateren. Door hoge nutriëntconcentraties komt *Phaeocystis* in grote hoeveelheden voor op de Noordzee, en kan via de spuisluizen van de Brouwersdam het Grevelingenmeer binnenkomen. In deze min of meer stagnante waterkolom kunnen de kolonies zich niet handhaven, waardoor ze naar de bodem zinken en een mat van organisch materiaal op de bodem creëren. Wanneer de kolonies worden afgebroken, zorgt dit voor een verhoogd zuurstofgebruik op de bodem. Als er tegelijkertijd sprake is van stratificatie, kan zuurstofloosheid eerder of in grotere mate optreden.

Het 90-percentiel voor de chlorofyl-a concentratie lag in 2018 op 7,6 μ g/L. De beschikbare meetreeks van 2018 loopt echter tot eind juli in plaats van eind september, waardoor het uiteindelijke 90-percentiel mogelijk hoger heeft gelegen. In 2017 was de waarde voor chlorofyl-a 9,7 μ g/L. Voor beide jaren geldt dat dit binnen de klassengrens van ≤ 12 μ g/L voor zeer goede ecologische toestand ligt. De berekende EKR score is 0,91. Sinds 2010 is er na een initiële daling weer een lichte stijging waarneembaar in de chlorofylconcentratie.

De *Phaeocystis* concentratie is in 2005 flink toegenomen naar 10 μ g C/L, maar is sindsdien weer gedaald naar ~ 1 μ g C/L. Deze fytoplankton groep nam tussen 1990 en 1995 sterk toe, en is sindsdien weer afgenomen. In 2017 was de enige geobserveerde *Phaeocystis* dichtheid $3,0 \cdot 10^3$ cellen/L. Dit is lager dan de concentratie waarbij er sprake is van een bloei, namelijk $>10^6$ cellen/L. In 2017 heeft dus geen *Phaeocystis* bloei plaatsgevonden, en komt de EKR score uit op 1,0. Omdat de EKR score voor chlorofyl-a lager is dan die van *Phaeocystis*, is de eindscore van fytoplankton 0,91.

Overige waterflora

De kwaliteit van overige waterflora wordt bepaald aan de hand van het areaal zeegras. Zeegrasvelden vormen een belangrijke bron van voedsel, substraat en beschutting voor allerlei organismen. Zeegras heeft enige mate van zoet water nodig, omdat hoge zoutconcentraties de zaadproductie, kieming en vestiging remmen. Voor de afsluiting van de Brouwersdam was het areaal zeegras ongeveer 1200 ha, en kwam zowel groot als klein zeegras voor. Na de afsluiting groeide het areaal uit tot 4400 ha in 1978, waarbij het klein zeegras verdween door gebrek aan getij en groot zeegras overbleef. In de jaren tachtig was er een terugval en vervolgens herstel in het areaal zeegras, maar in de jaren negentig nam het areaal drastisch af, tot in 2000 werd geconcludeerd dat er geen zeegras meer was in het Grevelingenmeer. Deze situatie is tot op heden voor zover bekend onveranderd, waardoor de kwaliteit van overige flora in het Grevelingenmeer wordt beoordeeld als “slecht”.

Macrofauna

De toestand van macrofauna in het Grevelingenmeer is tot 2013 beoordeeld als “matig”. Dit kwam met name door de afname in biodiversiteit en biomassa. Tussen 1992 en 2008 is er een afname in biomassa geweest, in 2013 was er weer een lichte toename waarneembaar. In 2016 was de EKR score voor macrofauna 0,60 (Verduin *et al.* 2018), wat wordt beoordeeld als “goed”. Dit is de hoogste EKR score voor macrofauna tot nu toe, en komt met name door een hogere soortenrijkdom en een hogere diversiteit (Shannon index). De hogere gemeten soortenrijkdom is waarschijnlijk een gevolg van het feit dat op meer locaties Japanse oesters zijn aangetroffen, die zorgen voor aanwezigheid van hard substraat-soorten die zich op de riffen vestigen (bv. zakpijpen, sponzen, mosdiertjes, anemonensoorten). Hierdoor is de biodiversiteit op een locatie hoger (Verduin *et al.* 2018). Een andere verklaring die tot een hogere biodiversiteit leidt is dat de bodemdieren uit de bemonstering tot op lagere taxonomische niveaus zijn gedetermineerd. In 2016 zijn twee keer zoveel soorten waargenomen als in 2013, terwijl dit in voorgaande jaren constant bleef (Verduin *et al.* 2018; Mulder *et al.* 2019). Ook zijn er in 2016 meer exoten

waargenomen. Daarnaast is een aantal dominante soorten, zoals het muiltje, sterk in dichtheid en biomassa afgenomen. Hierdoor is de biomassa evenrediger verdeeld over de soortenrijkdom en wordt de Shannon index hoger. Er is echter een sterke afname in totale dichtheid en biomassa sinds 1993, wat een aanwijzing is voor een verslechtering van de condities voor macrofauna. Om deze redenen is de maatlatscore van macrofauna als “goed” mogelijk een overschatting.

In 2016 was er een afname in totale dichtheid en biomassa, met name veroorzaakt door een verminderde dominantie van weekdieren. Het muiltje (*Crepidula fornicata*) is sinds de jaren negentig zowel in aantallen als biomassa sterk afgenomen, van een biomassa aandeel van 64% in 1993 naar 28% in 2016. Daarnaast is de Japanse oester (*Magallana gigas*) in aantallen en biomassa toegenomen van 0% in 1993 naar 12% van de totale biomassa in 2016. Japanse oesters creëren een habitatmix van hard en zacht substraat, waardoor de biodiversiteit in deze gebieden relatief hoog is. Het Grevelingenmeer is gevoelig voor exoten, zoals de nu vrij algemene soorten muiltje, Japanse oester, Californische kokerworm en penseelkrab. Door de afname in dichtheid en biomassa van een aantal dominante soorten, de toename van de Japanse oester, en de aanwezigheid van nieuwe exoten, is er in 2016 een toename van biodiversiteit.

In het Grevelingenmeer lijkt een optimum diepte te zijn voor macrofauna tussen de 4 en 6 m. Als de waterdiepte minder dan 2 m is, wordt de biomassa en dichtheid waarschijnlijk gelimiteerd door hydrodynamiek, zoals golven en wind. Als de waterdiepte meer dan 10 m is, wordt het voorkomen van macrofauna mogelijk gelimiteerd door temperatuurstratificatie en de zuurstofloosheid als gevolg daarvan (Mulder *et al.* 2019).

Vis

De visstand in de Grevelingen is beoordeeld aan de hand van data uit 2017. De EKR score is met 0,44 “matig” (Hop & Vriese 2017). Dit komt met name vanwege het feit dat chloridetolerante zoetwatersoorten (visgildes Z1 en Z2) afwezig zijn. Dit zijn zoetwatersoorten die kunnen overleven in gebieden met zoutgehaltes tot 8 g Cl/L. Omdat de saliniteit van het Grevelingenmeer hoger is (14,6-19,0 g Cl/L), is het voor deze soorten waarschijnlijk onmogelijk om hier te overleven. Daarnaast is binnen het visgilde “diadrome soort zoute wateren” (CA) in 2017 slechts één soort aanwezig, namelijk de driedoornige stekelbaars (*Gasterosteus aculeatus*), diens biomassa was slechts 0,01% van de totale biomassa. Diadrome soorten migreren tussen zee en rivier, en gebruiken estuaria als trekroute. Soorten uit het gilde estuarien residentie soorten (ER) dragen in totaal 50% bij aan de totale biomassa, waarbij het dikkopje (*Pomatoschistus minutus*) de hoogste biomassa had binnen dit gilde. Estuariene soorten kunnen hun gehele levenscyclus in estuaria doorlopen. Er zijn in 2017 in totaal 8 estuariene soorten gevonden waardoor zowel het aantal soorten als de biomassa van estuariene soorten als “goed” wordt beoordeeld. Mariene juvenielen (gilde MJ) zijn mariene soorten waarvan de jonge exemplaren kunnen opgroeien in estuaria. Mariene seizoensgasten (gilde MS) zijn mariene soorten die in een vast seizoen een estuarium bezoeken. Deze twee gildes worden bij M32 samengevoegd. De soortenrijkdom binnen deze gildes was met 7 soorten matig, maar de biomassa was hoog. Dit kwam met name door de hoge biomassa van haring. Ten opzichte van 2013 is de vis-EKR score wel iets verhoogd (0,43), maar door het ontbreken van een langere tijdsreeks (data van 2008, 2011, 2013 en 2017) is onduidelijk of de situatie structureel verbeterd.

In 2017 was de omvang van de visstand tussen de 2,9 en 5,0 *10³ individuen per hectare, en tussen de 14 en 16 kg/ha (Hop & Vriese 2017). Dit zijn redelijke aantallen, maar lage biomassa, doordat het visbestand voornamelijk uit kleine vis bestond. De dominante vissoorten waren sprong en haring, die samen 98% van de visstand op aantallen vormen. Hoogste aantallen werden in het westen aangetroffen, laagste aantallen in het oosten. Bij de Brouwerssluis was de visstand het hoogst (370 kg/ha, 60,0*10³ ind/ha in het najaar). In het oostelijke deel van het Grevelingenmeer was de visstand bij de Flakkeese spuissluis relatief omvangrijk voor het oostelijk gebied (18 kg/ha, 3,0 *10³ ind/ha). Dit is een indicatie voor de positieve effecten van uitwisseling met andere waterlichamen op de visstand.

Conclusie

De KRW status van het Grevelingenmeer in 2018 is sinds de laatste beschrijving in 2013 weinig veranderd (Tabel 1). De fysisch-chemische en fytoplankton maatlatten voldoen, maar de maatlat voor vis is nog steeds matig. De toestand van macrofauna wordt voor het eerst beoordeeld als “goed”, maar dat is mogelijk een overschatting omwille van

verandering in het taxonomisch niveau waarop gedetermineerd is en de toename van het aantal exoten. Tevens is de dichtheid en biomassa sinds 1993 afgenomen, wat een aanwijzing is voor een verslechtering van de condities voor macrofauna. De toestand van vis wordt als “matig” gescoord, dit komt door de afwezigheid van chloridetolerante soorten, en door het lage aantal diadrome vissoorten. Beide visgildes zijn migrerende vissoorten.

De toestand van overige waterflora wordt nog steeds als “slecht” beoordeeld, door de afwezigheid van zeegras. Omdat zeegras sinds 2000 verdwenen is, is de kans klein dat het zonder ingrijpen op natuurlijke wijze terugkomt. In de afgelopen tien jaar zijn er meerdere pogingen geweest om het zeegras terug te plaatsen, zonder resultaat. Op het moment is het onduidelijk wat cruciale parameters zijn in het succesvol terugbrengen van zeegras. Gesuggereerde oorzaken van het wegblijven van zeegras zijn een te kleine input van zoet water, te hoge concentraties sulfide in de bodem, zuurstofloosheid, vraat door krabben of begrazing.

Macrofauna wordt voor het eerst beoordeeld als “goed” (0,60). Desondanks kan de situatie vanuit ecologisch perspectief in het Grevelingenmeer niet als goed beoordeeld worden. Er is een afname in dichtheden en biomassa aangetoond en er heeft een toename in het aantal exoten plaatsgevonden. Zuurstofloosheid is vaak aangegeven als reden voor lage EKR-scores, maar de interpolatie van metingen door Deltares tonen niet aan dat er in 2018 grote arealen zuurstofloos waren, of dat er een toename is in het zuurstofloos areaal in de afgelopen tien jaar (Tangelder *et al*, 2019). Deze interpolaties zijn gebaseerd op tweewekelijkse diepteprofielen van zuurstofconcentraties, die vervolgens geëxtrapoleerd zijn naar het hele gebied over het hele jaar. Het feit dat er een optimum in macrofauna biomassa (tussen 4 en 6 meter) lijkt te zijn, indiceert echter dat er in gebieden dieper dan 6 meter sprake is van (tijdelijke) zuurstofloosheid. Mosselen en oesters kunnen relatief lang (maximaal een week) overleven in zuurstofloze omstandigheden (<3 mg/L), maar zullen zich waarschijnlijk niet kunnen handhaven in gebieden waar dit vaker voorkomt. Zo kan de afwezigheid van macrofauna een indicatie zijn voor zuurstofloosheid op de langere termijn. Met een voorspelde toename van de watertemperatuur kan in de toekomst stratificatie vaker en in sterkere mate voorkomen, wat lage zuurstofconcentraties op de bodem kan veroorzaken en de zuurstofloze condities nabij de bodem verslechteren.

Tabel 1. Parameters, waarden voor Goed Ecologisch Potentiaal (GEP), en bepaalde waarden van 2016 (macrofauna) en 2017 zoals beschreven in dit hoofdstuk. Groene waarden voldoen, gele waarden worden beoordeeld als matig.

Parameter		GEP	Waarde
<i>Fysisch-chemisch</i>			
Temperatuur	°C	≤25	22
pH		6,5-9,0	8,5
Chloride	mgCl/L	≥10000	14600
DIN	mgN/L	≤0,46	0,31
O ₂	%	60-120	81
<i>Biologie</i>			
Fytoplankton	EKR	≥0,6	0,91
Overige waterflora	areaal	≥50%	0
Macrofauna	EKR	≥0,6	0,60*
Vis	EKR	≥0,6	0,45

* Hoewel macrofauna volgens de KRW-maatlatten voldoet, is er sprake van achteruitgang in aantallen en biomassa, en een toename in het aantal exoten. Vanuit ecologisch perspectief kan de situatie in het Grevelingenmeer dus niet als "goed" bestempeld worden.

Verwachte autonome ontwikkeling

Voor de verwachte autonome ontwikkeling wordt uitgegaan van het W_H scenario en 40 cm zeespiegelstijging die zal optreden tussen 2045-2070. Onder het huidige beheer zijn geen sterke veranderingen te verwachten in het Grevelingenmeer. Het huidige peilbeheer kan tot 40 cm zeespiegelstijging gehandhaafd blijven. Fysisch-chemische parameters zijn in de afgelopen jaren vrij stabiel gebleven, en er zullen dus waarschijnlijk geen grote veranderingen zijn in de pH, chloride-concentratie en DIN.

Modelberekeningen laten zien dat het areaal met langdurig lage zuurstofconcentraties gemiddeld circa 15% zal afnemen van 1300 ha in 2025 naar 1110 ha bij 40 cm zeespiegelstijging. Bij 40 cm zeespiegelstijging wordt verwacht dat de uitwisseling tussen de Grevelingen en de Noordzee circa 27% minder zal zijn (Lievense 2019). Als gevolg van de beperktere uitwisseling zal er minder organisch materiaal naar de Grevelingen getransporteerd worden, wat vervolgens zal leiden tot een afnemende zuurstofbehoefte (Deltares 2019). Jaarlijkse fluctuaties kunnen echter groot zijn: metingen in de afgelopen 20 jaar laten zien dat het areaal met zuurstofarme condities kan fluctueren (800-1600 ha) en dat dit voornamelijk afhankelijk is van wind- en temperatuurcondities in de zomer. Hogere temperaturen veroorzaken een sterkere mate van stratificatie, terwijl meer wind zorgt voor verminderde stratificatie als gevolg van het mixen van de waterkolom. De verwachting is dat door klimaatverandering milde winters en hete zomers vaker op zullen treden, wat het zuurstofarme areaal in die jaren zal doen toenemen. Een groter zuurstofloos areaal kan leiden tot extra fosfaatemissie uit de bodem. Aangezien het Grevelingenmeer stikstof-gelimiteerd is, heeft verhoogde fosfaatemissie waarschijnlijk geen verhoogde primaire productie als gevolg. Daarnaast gaan de seizoenen verschuiven en zal het groeiseizoen (als de gemiddelde temperatuur boven 5°C komt) steeds eerder in het jaar beginnen (naar begin maart in 2050 W_H scenario t.o.v. eerste helft april in 2000) (KNMI, 2015). Dit kan tot gevolg hebben dat zuurstofloze omstandigheden eerder in het jaar voorkomen.

Doordat nutriëntenconcentraties laag blijven, zullen de chlorofyl-*a* concentraties en bloeifrequentie van *Phaeocystis* waarschijnlijk ook laag blijven. Er zijn geen aanwijzingen voor herstel van zeegrasvelden. Aangezien er voor vis geen langere tijdsserie beschikbaar was, is het lastig een inschatting te maken van de autonome ontwikkeling. Wel is aangetoond dat de opening van de Flakkeese spuisluis een gunstig effect heeft op de visstand (Hop & Vriese 2017). Het is echter onwaarschijnlijk dat chloridetolerante soorten zich zullen vestigen en er meer diadrome soorten zullen komen door het ontbreken van zoetwater. De toestand van vis zal dus volgens de KRW-maatlatten als "matig" beoordeeld blijven. De ontwikkeling van macrofauna heeft een hogere mate van onzekerheid. Enerzijds wordt de toestand nu als voldoende beoordeeld door hogere biodiversiteit en een betere verdeling van de biomassa over soorten, anderzijds is er sprake van afname in biomassa en aantallen, vermoedelijk door (korte) zuurstofloze periodes bij de bodem. De verwachting dat hete zomers vaker zullen voorkomen, zal

waarschijnlijk niet leiden tot afnemende zuurstofloosheid. In de toekomst is mogelijk sprake van afname van de EKR score voor macrofauna. Het Grevelingenmeer is daarnaast gevoelig voor de introductie van exoten (Verduin et al., 2018), die de potentie hebben een ecosysteem te verstoren. Hierdoor kan het Grevelingenmeer ook in de toekomst volgens de KRW-maatlatten als “goed” worden beoordeeld, terwijl de ecologische kwaliteit, met name macrofauna, achteruit gaat.

Verwachte ontwikkeling naar een K2-water

Bij een introductie van getij zal het Grevelingenmeer binnen de KRW beoordeeld worden als een K2-water (beschut en polyhalien kustwater), net als de Oosterschelde. Deze ontwikkeling zal waarschijnlijk een positief effect hebben op de ecologische toestand van het Grevelingenmeer (Didderen et al. 2014). Voor de verwachting van de ontwikkeling naar K2-water wordt uitgegaan van het W_H scenario en 40 cm zeespiegelstijging die zal optreden tussen 2045-2070.

Een aantal deelmaatlatten zal veranderen als het Grevelingenmeer wordt beoordeeld volgens de K2-maatlatten. Van de fysisch-chemische parameters zullen temperatuur, zuurstof en DIN op dezelfde manier beoordeeld worden als bij een M32 water, terwijl pH en chloride niet meer worden beoordeeld. Door introductie van getij zal er meer uitwisseling zijn met de Noordzee, waar stikstofconcentraties hoger zijn. Als gevolg hiervan zal de winter DIN stijgen. In de Oosterschelde wordt deze momenteel beoordeeld als “matig”, en de verwachting is dat dit vergelijkbaar zal zijn met het Grevelingenmeer.

De deelmaatlat fytoplankton zal in de K2 waterlichaam op dezelfde manier beoordeeld worden als een M32 waterlichaam. Door een verhoogde DIN zal de primaire productie stijgen (Tangelder et al, 2019). De verwachting is dat met name het fytoplankton voor een groot deel door filtrerende bodemfauna zal worden geconsumeerd. Daarnaast zal door de opening *Phaeocystis* vanuit de Noordzee naar de Grevelingen getransporteerd kunnen worden. In de Oosterschelde gebeurt dit momenteel ook, maar blijft de bloeifrequentie onder de KRW-gestelde grens van 17%. Waarschijnlijk zal de score voor fytoplankton dus “goed” blijven, en kan het effect van getij op fytoplankton dus ingeschat worden als neutraal. In de deelmaatlat van overige waterflora wordt naast zeegras ook oppervlakte kwelders en schorren meegenomen. Hierbij wordt zowel gekeken naar het areaal als naar de kwaliteit. Door introductie van getij ontstaat er nieuw intergetijdengebied wat potentie biedt voor ontwikkeling van schor- en kweldervegetatie. Het areaal intergetijdengebied zal bij 30-50 cm getij variëren van 340-900 ha, afhankelijk van het getijscenario en peilbeheer (Tangelder et al., 2019). Omdat de verwachting is dat er geen herstel van zeegrasvelden zal optreden, zal overige flora waarschijnlijk als “slecht” beoordeeld blijven. Toch zorgt introductie van een getij dankzij potentiële ontwikkeling in kweldervegetatie voor een positief effect op overige waterflora.

De deelmaatlat vis komt bij een K2 water te vervallen. Introductie van getij, en met name een verbeterde verbinding tussen het Grevelingenmeer en de Noordzee, zal zorgen voor een verbetering in aantallen en biomassa van vis. Pelagische soorten zoals haring en sprot profiteren van het extra voedselaanbod, en bodemvissen zoals brakwatergrondel en dikkopje zijn gebaat bij een groter areaal geschikt leefgebied door afname van zuurstofarme condities. Door een betere verbinding met de Noordzee zal intrek van vis toenemen, echter is dit ook afhankelijk van de ontwikkeling van de populatie in de Noordzee en de gevolgen van klimaatverandering (voornamelijk stijging van de watertemperatuur). Waarschijnlijk zullen er soorten voor komen die nu ook in de Oosterschelde voor komen. Het Grevelingenmeer kan waarschijnlijk net als voor de sluiting van de Brouwersdam een rol als paai- en opgroeigebied vervullen, zoals dat nu ook het geval is in de Oosterschelde. Positieve effecten zijn met name te verwachten voor estuarien residente en mariene soorten. Voor migrerende diadrome soorten zal een verbeterde verbinding met het zoete achterland nodig zijn. Introductie van getij zal dus een positief effect hebben op het visbestand.

De deelmaatlat van macrofauna voor een K2 waterlichaam wordt op dezelfde manier beoordeeld als die voor een M32 waterlichaam. Introductie van getij zal zorgen voor een verhoogde niche-vorming in habitat, doordat er in sommige gebieden sterkere stroming zal zijn dan onder huidig beheer. Stromingsminnende soorten kunnen zich hierdoor vestigen in dynamische gebieden, terwijl luwteminnende soorten zich kunnen ontwikkelen in rustigere gebieden. Daarnaast zal zuurstofloosheid verminderen door betere uitwisseling en vermindering in stilstaand water, wat kan leiden tot verminderde sterfte.

Verwacht wordt dat het zuurstofloos areaal halveert in vergelijking met de verwachte autonome ontwikkeling bij 40 cm zeespiegelstijging (Tangelder *et al*, 2019). Hierdoor zal macrofauna in aantallen en biomassa toenemen. Ook zorgt grotere uitwisseling met de Noordzee tot verhoogde stikstofconcentraties, wat zal leiden tot een hogere primaire productie. Hiermee verbetert de voedselbeschikbaarheid voor filter feeders als mosselen en platte oesters, en voor detritus feeders als wormen. Introductie van getij zal dus zorgen voor een verbetering in aantallen en biomassa van macrofauna.

Tabel 2. Fysisch-chemische en biologische parameters binnen de KRW zoals in de huidige situatie (zie Tabel 1), verwachte autonome ontwikkeling en verwachte ontwikkeling bij getij. Ontwikkeling ten opzichte van de huidige situatie: +: verhoging, o: neutraal effect, -: verlaging.

		2018	Autonoom	Getij
<i>Fysisch-chemisch</i>				
Temperatuur	°C	22	+	o/+
pH		8,5	o	o
Chloride	mgCl/L	14600	o	o
DIN	mgN/L	0,31	o	+
O ₂	%	81	o/+	+
Zuurstofloos areaal	ha	~500	+	-
<i>Biologie (EKR)</i>				
Fytoplankton	EKR	0,91	o	+
Overige waterflora	areaal	0	o	+
Macrofauna	EKR	0,60	o/-	+
Vis	EKR	0,45	o/-	+

Tabel 3. Fysisch-chemische en biologische parameters binnen de KRW zoals in de huidige situatie (zie Tabel 1), verwachte autonome ontwikkeling en verwachte ontwikkeling bij getij. Verwachte KRW score (KRW): groen: goed, geel: matig, rood: ontoereikend, wit: geen KRW-beoordeling voor deze parameter.

	Huidig	Autonoom	Getij
Fysisch-chemisch			
Temperatuur	Green	Green	Green
pH	Green	Green	White
Chloride	Green	Green	White
DIN	Green	Green	Yellow
O ₂	Green	Green	Green
Zuurstofloos areaal	Green	Green	Green
Biologie			
Fytoplankton	Green	Green	Green
Overige waterflora	Red	Red	Red
Macrofauna	Green *	Yellow	Green
Vis	Yellow	Yellow	White

* Hoewel macrofauna volgens de KRW-maatlatten voldoet, is er sprake van achteruitgang in aantallen en biomassa, en een toename in het aantal exoten. Vanuit ecologisch perspectief kan de situatie in het Grevelingenmeer dus niet als "goed" bestempeld worden.

NOTITIE Update statusbeschrijving Grevelingenmeer 11

Literatuur

Didderen, K., D. Wielakker & W. Lengkeek, 2014. KRW doelaflleiding Grevelingen en Volkerak; afleiden MEP/GEP en effectinschatting voor de MER-RGV. Rapport 14-001. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Hop, J. & F.T. Vriese, 2017. Visstandonderzoek Grevelingenmeer voor- en najaar 2017. Rapport 20161256/002. ATKB, Zoetermeer.

KNMI, 2015: KNMI'14-klimaatscenario's voor Nederland; Leidraad voor professionals in klimaatadaptatie, KNMI, De Bilt, 34PP.

Lievensse, P, 2019. Memo Doorlaat Brouwersdam - Autonome ontwikkeling, Toelichting op scenario's waterkwaliteitsmodellering (balansmodel), RWS Zee en Delta, 4 april 2019.

Mulder, I., V. Escavage, M. Tangelder & T. Ysebaert, 2019. Ontwikkelingen van het macrozoobenthos in het Grevelingenmeer 1992-2016. Rapport C021/19. Wageningen Marine Research, Yerseke.

Tangelder, M., T. Ysebaert, J. Wijsman, J. Janssen, I. Mulder, N. van Rooijen & L. van den Bogaart, 2019. Ecologisch onderzoek Getij Grevelingen: effecten Natura 2000 en autonome ontwikkeling watersysteem vergeleken met getijscenario's, WMR rapport.

Verduin E., L. Leeuwis & T. Van Haaren, 2018. Macrozoöbenthosonderzoek in de zoute Rijkswateren 2016. Rapport 3 1072166.00041. Eurofins Aquasense, Amsterdam.

Voor vragen over deze notitie kunt u contact opnemen met Helga van der Jagt.

Akkoord voor uitgave: Teamleider Bureau Waardenburg
Dr. W.E.A. Kardinaal

Paraaf: *E. Kardinaal*

Bureau Waardenburg bv is niet aansprakelijk voor gevolgschade, alsmede voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van Bureau Waardenburg bv; opdrachtgever vrijwaart Bureau Waardenburg bv voor aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

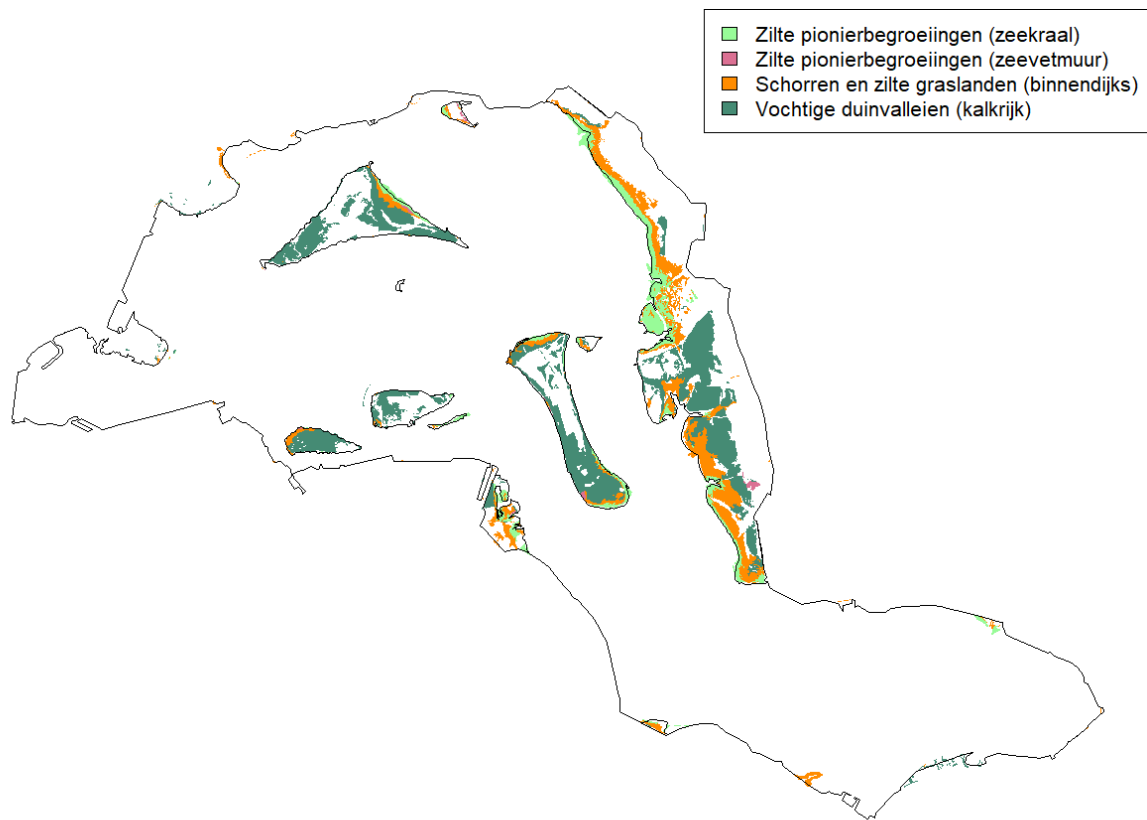
© Bureau Waardenburg bv / Rijkswaterstaat Zee & Delta

Dit rapport is vervaardigd op verzoek van opdrachtgever en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag worden vervoelvoudigd en/of openbaar gemaakt worden d.m.v. druk, fotokopie, digitale kopie of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de opdrachtgever hierboven aangegeven en Bureau Waardenburg bv, noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

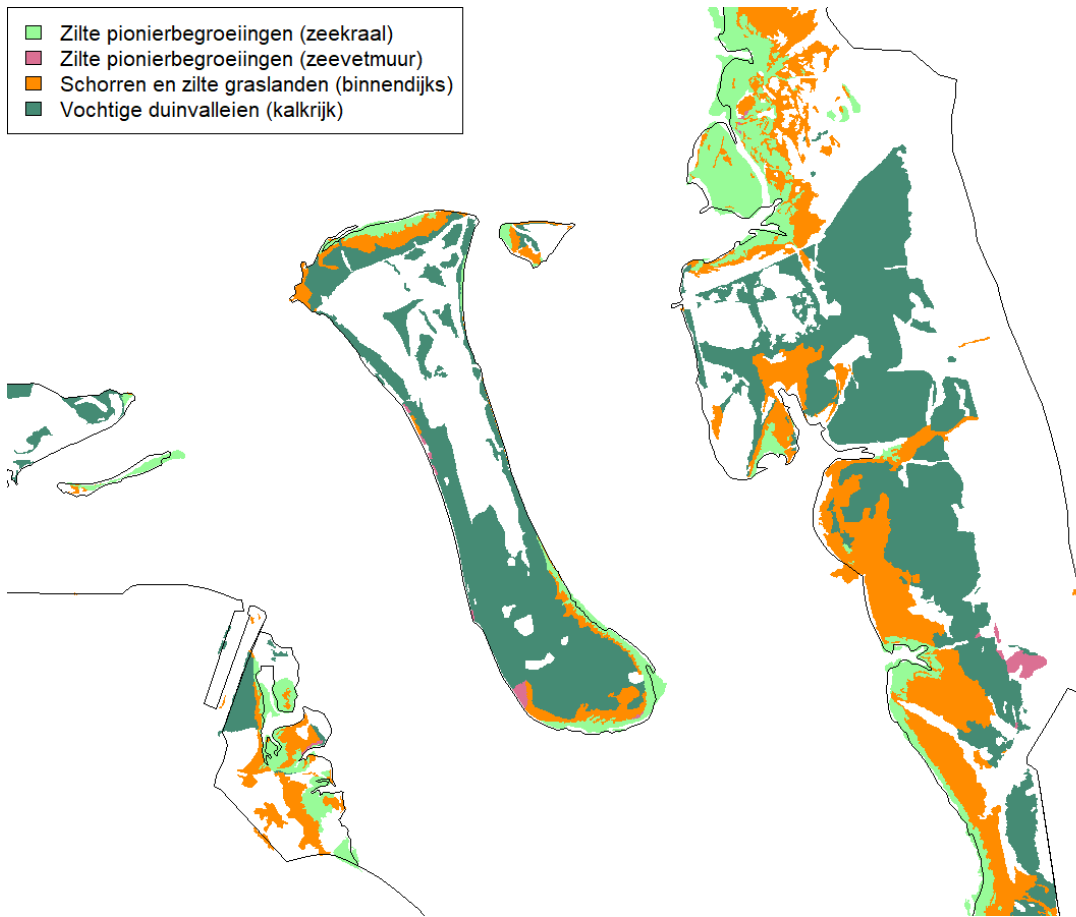
Lid van de branchevereniging Netwerk Groene Bureaus. Het kwaliteitsmanagementsysteem van Bureau Waardenburg bv is door CERTIKED gecertificeerd overeenkomstig ISO 9001: 2015. Bureau Waardenburg bv hanteert als algemene voorwaarden de DNR 2011, tenzij schriftelijk anders wordt overeengekomen.

info@duwa.nl www.duwa.nl

Bijlage 10 Habitatkaart-2011 van geselecteerde habitats



- Zilte pionierbegroeiingen (zeekraal)
- Zilte pionierbegroeiingen (zeevetmuur)
- Schorren en zilte graslanden (binnendijks)
- Vochtige duinvalleien (kalkrijk)



Bijlage 11. Correcties in de 2011-habitatkaart

De habitatkaart is gebaseerd op een kartering van Bureau Waardenburg in opdracht van Rijkswaterstaat in 2011 (Reitsma & de Jong 2013). In het originele GIS-bestand van deze kaart ontbreekt een onderbouwing van de habitattypen met vegetatietypen. Deze onderbouwing is echter wel voorhanden in een Excel-bestand bij de kaart: "matrixGrevelingenbasis.xls". Dit laatste bestand is voor het project gekoppeld aan het GIS-bestand, waarna de vertaling naar habitattypen is gecontroleerd (op basis van de beschrijvingen van vegetatietypen in Reitsma & de Jong 2013) en zo nodig is gecorrigeerd. Deze correcties zijn echter alleen voor de habitattypen die relevant zijn voor de studie (H1310, H1330, H2190) volledig uitgevoerd, dus niet (volledig) voor de habitattypen 2130, 2160, 2170 en 6430.

De onderbouwing van de habitattypen met vegetatietypen (volgens de Revisie van de Vegetatie van Nederland; Schaminée et al. 2017) wordt hieronder gegeven in Tabel B12-1. In de laatste kolom worden correcties aangegeven, die als voetnoot aan de tabel worden toegelicht. Na de tabel worden nog enkele andere typen aangegeven, die niet in de rapportage besproken worden. Twee andere doorgevoerde correcties worden daarna beschreven.

Tabel B12.1. Vertaling van vegetatietypen naar habitattypen

Type	Naam BW	Referentie	Habitatype	Correctie (zie Toelichting)
	kaal zand		H1310A of H1330B in mozaïek	Cor1
1	Type met langarige zeekraal (lage bedekking)	r26Aa1	H1310A	
2	Type met kortarige zeekraal (lage bedekking)	r26Aa2	H1310A	
3	Type met klein schorrenkruid (lage bedekking)	r26Aa3	H1310A	
4	Type met kortarige zeekraal hoge bedekking)	r26Aa2	H1310A	
5	Type met klein schorrenkruid (hoge bedekking)	r26Aa3	H1310A	
6	Type met Engels slijkgras	r25Aa2	H1320	
7	Type met gewoon kweldergras	r27Aa1a	H1330B	
8	Type met gewoon kweldergras en kortarige zeekraal	r27Aa1a	H1330B	
9	Type met gewoon kweldergras en klein schorrenkruid	r27Aa1a	H1330B	
10	Type met gewoon kweldergras en zulte	r27Aa1a	H1330B	
11	Type van zulte	r27RG1	H1330B	
12	Type van dunstaart	r27Aa1b	H1330B	
13	Type van zeeveegbree	r27RG6	H1330B	
14	Type van melkkruid	r27Ac1 (mogelijk deels r27RG3)	H1330B	
15	Type van kwelderzegge	r27Ac3	H1330B	
16	Type van zilte rus (zout)	r27Ac1	H1330B	
17	Type van fioringras (zout)	r27Ac1	H1330B	
18	Type van zeerus (zout)	r27Ac7	H1330B	
19	Type van zeevetmuur en hertshoornweegbree	r28Aa1	H0000	Cor 2
20	Type van spiraalruppia	r2Aa2	H0000	
21	Type van stomp kweldergras en zilte schijnspurrie	r27Ab1b	H1330B	
22	Type met gewoon kweldergras en fioringras	r27Aa1	H1330B	
23	Type van zulte (brak)	r27Ac1	H1330B	
24	Type van fioringras (brak)	r12Ba3	H1330B mits in mozaïek	Cor 3
25	Type van fioringras en moeraszoutgras	r12Ba2	H1330B mits in mozaïek	Cor 4
26	Type van zilte rus (brak)	r27Ac1b	H1330B	
27	Type van zeerus (brak)	r27Ac7	H1330B	
28	Type van zeekweek (brak)	r27Ac6	H1330B	
29	Type van heen	r27RG2	H1330B	
30	Type van riet	r27RG7	H1330B	
31	Type van aardbeiklaver	r12Ba3	H1330B mits in mozaïek	Cor 5
32	Type van rood zwenkgras	r12Ba3	H1330B mits in mozaïek	Cor 6
33	Type van kattendoorn	r12Ba4	H1330B mits in mozaïek	Cor 7
34	Type van zeekweek met zoete soorten	r27Ac6	H1330B	
35	Type van spiesmelde	r27RG4 of r27Ac6	H1330B	
36	Type van duinriet met zilte zegge	r28Aa2?	H2190B	Cor 8
37	Type van fraai duizendguldenkruid en sierlijke vetmuur	27Aa2 (=r28Aa2)	H2190B	Cor 9
38	Type van dwergzegge en moeraswespenorchis	9Ba3 (=r9Ba3)	H2190B	
39	Type van zeegroene zegge	r9RG15	H2190B	
40	Type van armbloemige waterbies	r9RG7	H2190B	
41	Type van kruipwilg	r9Ba3 of 9Ba4?	H2190B	Cor 10
42	Type van kruipwilg met rondbladig wintergroen	r38Aa2	H2170	
43	Type van grazig duingrasland	r14Cb1	H2130A	Cor 11
44	Type van duinsterretje	r14Ca1	H2130A	Cor 11
45	Type van helm	r24RG2	H0000	Cor 12
46	Type van harig wilgenroosje en moerasmelkdistel	r33Ba2	H6430B	
47	Type van grauwe wilg met kruipwilg	r39Aa2c	H2170	
48	Type van duindoorn met vlier	r38Ab01 ?	H2160	
49	Type van duindoorn	r38Ab01 ?	H2160	

50	Type van duindoorn met liguster	r38Ab01 ?	H2160
51	Type van meidoorn met duindoorn	r40Ac01 ?	H2160

Toelichtingen op correcties

- Cor 1. Was grotendeels toegedeeld aan H1310A, maar doet alleen in mozaïek mee bij habitattypen 1310A en 1330B
- Cor 2. Type 19 voldoet niet als habitatype 1310B, omdat het alleen voorkomt op kunstmatig substraat (dijk)
- Cor 3. Het betreft niet de rompgemeenschap van *Agrostis stolonifera* uit het zilverschoonverbond (zoals vertaald door BW), want dat is een begroeiing van zoete (geen brakke) standplaatsen. Het betreft waarschijnlijk de associatie 12Ba3. Deze doet in mozaïek mee bij H1330B, niet zelfstandig.
- Cor 4. Deze plantengemeenschap doet in mozaïek mee bij H1330B, niet zelfstandig.
- Cor 5. Deze plantengemeenschap doet in mozaïek mee bij H1330B, niet zelfstandig.
- Cor 6. Het lokale vegetatietype is door BW vertaald naar een niet-beschreven rompgemeenschap van *Fetsuca rubra* uit het Zilverschoonverbond op brakke standplaatsen. Het betreft waarschijnlijk een variant van de associatie 12Ba3. Deze doet in mozaïek mee bij H1330B, niet zelfstandig.
- Cor 7. Deze plantengemeenschap doet in mozaïek mee bij H1330B, niet zelfstandig.
- Cor 8. De toedeling van dit vegetatietype is lastig. Het betreft een wat ruigere, door duinriet gedomineerde vegetatie op brakke (verzoetende) plekken met flink wat duinvallei-soorten. In ieder geval klopt de door BW aangegeven Rompgemeenschap van Addertiong en Duinriet niet, aangezien die plantengemeenschap door soorten van zure valleien wordt gekenmerkt. Het lokale type hier lijkt een vorm van het *Centauro-Saginetum* (=r28Aa2; in de tabellen van deze associatie komen enkele opnamen met veel duinriet voor). De toedeling aan H2190B verandert niet.
- Cor 9. Het is uit de omschrijving niet duidelijk om welke subassociatie het gaat. Twee subassociaties worden tot H2190B gerekend, één tot H1310B. Aangezien het type telkens in mozaïek met andere duinvalleivegetatie voorkomt, betreft het waarschijnlijk 27Aa2c en zijn alle voorkomens naar H2190B vertaald
- Cor 10. Als duinvalleivegetatie van het verbond Caricion davallianae verzuurt ontstaat een armere, door kruipwilg gedomineerde begroeiing, die in het verleden soms als Pyrolo-Salicetum (20Ab4) is beschreven en als H2170 worden beschouwd. BW geeft aan dat het duidelijk niet om 20Ab4 gaat. De overgang verloopt geleidelijk en is daardoor soms onduidelijk. In de "Revisie van de Vegetatie van Nederland" is in plaats van het Pyrolo-Salicetum het Pyrolo-Hippophaetum onderscheiden, dat echter altijd betrekking heeft op relatief hoog, niet of onregelmatig gemaaid struweel. Kort gemaaide begroeiingen met kruipwilg-dominantie en duinvallei-soorten (zoals hier) worden gerekend tot het Caricion davallianae en daarmee tot H2190B.
- Cor 11. Er lijken voorkomens op kunstmatig substraat bij te zitten; die kwalificeren niet als H2130A
- Cor 12. Deze RG doet alleen in mozaïek mee als H2130 en in de buitenduinen met H2120. Beide situaties komen hier niet voor.

Overige typen

In het bestand komen nog enkele andere lokale typen voor die niet in de rapportage worden toegelicht. Deze zijn als volgt opgevat:

Type	Interpretatie	vertaling VvN en habitatype
Gk_zilt	Brak grasland, met gewoon kweldergras?	r12Ba3 H1330B mits in mozaïek
Mw-slijkgras	Brak rietmoeras met Engels slijkgras?	r27RG07 H1330B
Grzg-zilt	brakke Zeegroene zegge-begroeiing?	r12Ba3 H1330B mits in mozaïek
Gk_strand	Grazige strandkweek-vegetatie	RG r12 of r33 H0000
Rkamil	Ruigte met kamille	r12Aa2b H0000

Overige correcties

1). Aan de noordrand van de Slikken van Flakkee-Noord is een brakke rietruigte (H6430B) aangegeven, op een locatie met Heemst. Van deze locatie zijn opnamegegevens beschikbaar bij de auteur J. Janssen.

2). Op de drogere delen van de Hompelvoet zijn vijf vlakken vertaald naar H2130A (waren deels als 2190B of "overig grasland" aangegeven): dit betreft duingraslanden met Harlekijn, Gelobde maanvaren, Wondklaver, Grote ratelaar, Gewone vleugeltjesbloem en Geelhartje. Over de toedeling van deze graslanden is veel discussie geweest en daarom wordt het hier toegelicht (al hoewel het voor de studie naar getij-effecten niet relevant is).

De duingraslanden van de Hompelvoet waren in het concept-aanwijzingsbesluit ooit als een kalkarme variant van duingrasland (H2130B) vermeld. In een habitatkaart van Alterra waren ze in eerste aangegeven als een heischrale vorm van duingrasland (H2130C) aangegeven, onder meer vanwege het voorkomen van Harlekijn en Herfstschroeforchis. Om meer duidelijkheid te krijgen is een zevental vegetatieopnamen van deze graslanden uit 2009/2010 in tabel B12-2 bij elkaar gezet. De totale soortencombinatie duidt het meest op relatief open, kalkrijk duingrasland van de associatie *Taraxaco-Galietum*, gezien het aandeel van basenminnende soorten, zoals *Ononis repens subsp. repens*, *Linum catharticum*, *Anthyllis vulneraria*, *Carex flacca*, *Rhinanthus angustifolius*, *Polygala vulgaris* en het groot aandeel eenjarige soorten. Dit betekent dat we te maken hebben met een kalkrijke vorm van duingrasland, oftewel habitatype 2130A.

Tabel B12-2. Vegetatieopnamen van duingrasland op de Hompelvoet. Opnamen 1 t/m 3 zijn gemaakt door de provincie Zuid-Holland, opnamen 4 t/m 7 door Van Goethem & Van Rooijen (2011).

Opnamenummer	1	2	3	4	5	6	7
Jaar	2009	2009	2009	2010	2010	2010	2010
algemene duingraslandsoorten (voorkomend in tenminste 4 opnamen)							
<i>Plantago lanceolata</i>	1	2a	2a	2m	2m	+	.
<i>Festuca rubra</i>	2m	2b	3	1	1	.	2a

Hieracium pilosella	1	2a	.	2b	2a	2a	2b
Hypochaeris radicata	.	+	+	+	1	2b	+
Bellis perennis	.	+	r	+	1	r	.
Trifolium pratense	2a	2m	+	2m	.	+	.
Luzula campestris	1	1	.	2m	2a	m	.
Cerastium fontanum	.	.	.	2a	1	+	1
Achillea millefolium	.	1	2a	.	2m	.	2a
Lotus corniculatus	2b	3	2b	2a	2a	.	2a
Leontodon saxatilis	+	2m	+	+	.	+	.
duingraslandsoorten van basenrijke omstandigheden							
Rhinanthus angustifolius	1	2m	+	2b	3	+	2a
Linum catharticum	2m	1	.	2m	2	.	1
Polygala vulgaris	+	.	.	2a	.	+	1
Orchis morio	.	.	.	1	1	+	r
Botrychium lunaria	.	.	.	.	.	.	+
Ononis repens s. repens	.	.	.	1	.	2a	+
Medicago lupulina	.	+	+	.	.	.	.
Anthyllis vulneraria	+	.	.	.	.	.	+
Ranunculus bulbosus	.	2m	.	.	.	.	.
Centaureum erythraea	.	+	.	.	.	.	.
graslandsoorten van zilte omstandigheden							
Plantago coronopus	1	1	+	+	.	1	.
Carex distans	1	+	.	2a	.	+	.
Ononis repens s. spinosa	2b	.	.	.	.	.	.
Cochlearia danica	.	.	.	.	1	.	+
Centaureum littorale	1	.	.	.	.	.	.
Blackstonia perfoliata	+	.	.	.	.	.	.
soorten van kalkrijke duinvalleien							
Carex flacca	2b	.	.	2a	2m	2a	+
Parnassia palustris	.	.	.	.	.	+	.
Gentianella amarella	2m	.	.	.	.	.	.
Eleocharis quinqueflora	2m	.	.	.	.	.	.
Epipactis palustris	+	.	.	.	.	.	.
Carex panicea	+	.	.	.	.	.	.
Carex oederi	.	.	.	.	.	1	.
Sagina nodosa	.	+	.	.	.	.	.
soorten van open condities							
Ceratodon purpureus	.	1	1	.	.	.	.
Sedum acre	.	1	2m	.	.	.	1
Veronica arvensis	.	.	.	.	+	.	1
Erophila verna	.	.	.	.	1	.	+
Aira praecox	.	.	.	.	.	.	+
overige soorten (voorkomend in tenminste 2 opnamen)							
Agrostis stolonifera	1	.	.	+	+	.	.
Poa pratensis	+	2m	2m	.	.	.	.
Leontodon autumnalis	+	+	+	.	.	.	.
Cladonia rangiformis	.	2m	2m	.	.	.	.
Cerastium fontanum s. vulgare	.	+	+	.	.	.	.
Brachythecium rutabulum	+	.	+	.	.	.	.
Holcus lanatus	2a	.	+	.	.	.	.
Rubus caesius	+	.	+	.	.	.	.
Taraxacum species	.	r	r	.	.	+	+
Senecio jacobaea s. jacobaea	.	+	+	.	.	.	.
Myosotis stricta	.	.	.	+	+	.	+
Senecio jacobaea	.	.	.	.	1	+	+
Cynosurus cristatus	1	.	.	+	1	.	.
Cladonia furcata	.	2m	.	.	.	.	+
Centaurea jacea	.	.	r	.	.	2a	.
Geranium molle	.	.	+	.	.	.	+
Elymus species	.	.	.	.	1	2m	.
Calliergonella cuspidata	.	.	.	+	1	.	.
Bryum species	.	.	.	.	.	+	1
Salix repens	.	.	.	.	1	+	.
overige soorten (met bedekking > 5%)							
Rhytidiadelphus squarrosus	.	.	.	.	.	.	2a
Hypnum cupressiforme s.l. species	.	.	.	.	.	.	2a
Brachythecium albicans	.	.	.	.	.	.	3
Chamerion angustifolium	.	.	2b	.	.	.	.

Literatuur

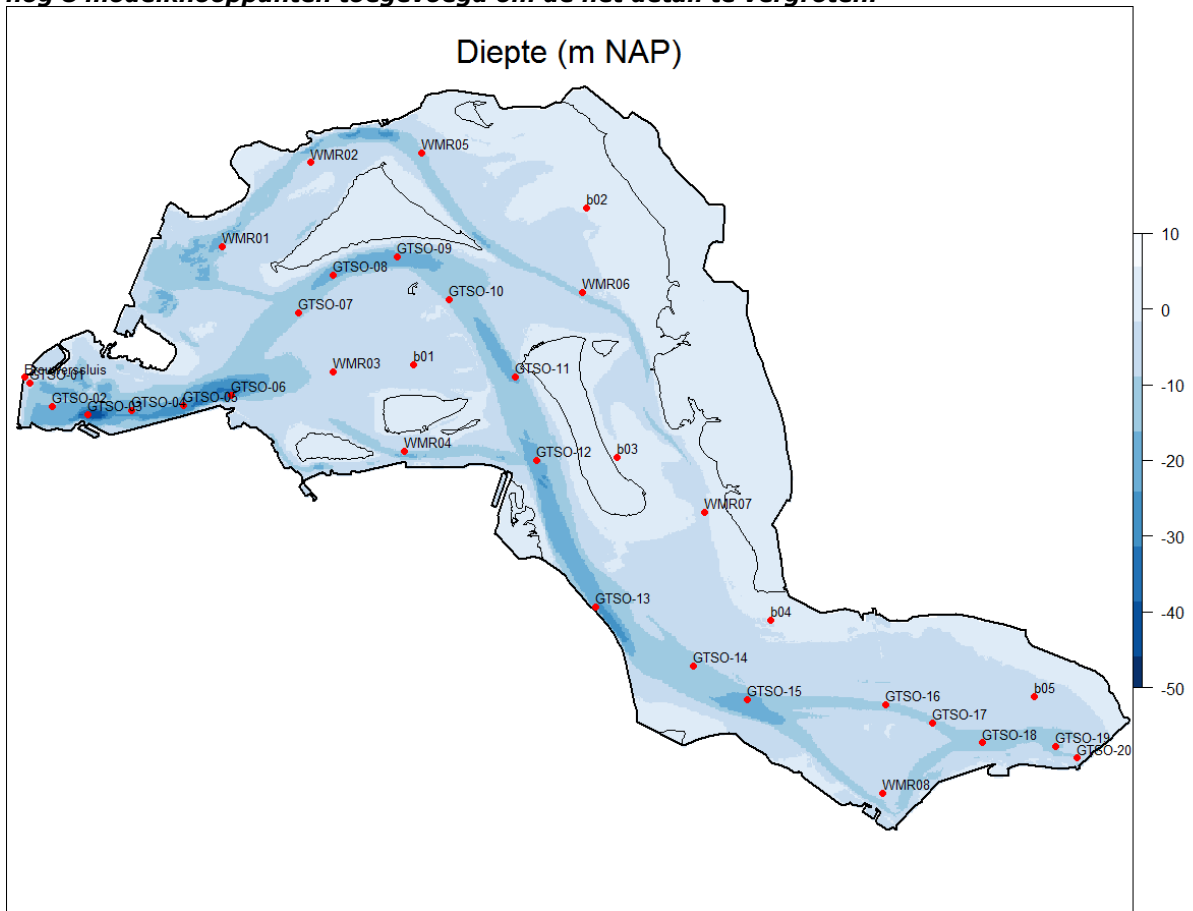
Reitsma, J.M. & J.W. de Jong (2013). Ecotopenkartering 2011 van de zoute meren Grevelingen en Veerse Meer 1:10.000. Bureau waardenburg, Culemborg.

Schaminée, J.H.J., R. Haveman, P.W.F.M. Hommel, J.A.M. Janssen, I. de Ronde, P.C. Schipper, E.J. Weeda, K.W. van Dort & D. Bal (2017). Revisie Vegetatie van Nederland. Stratiotes 50/51: 1-232.

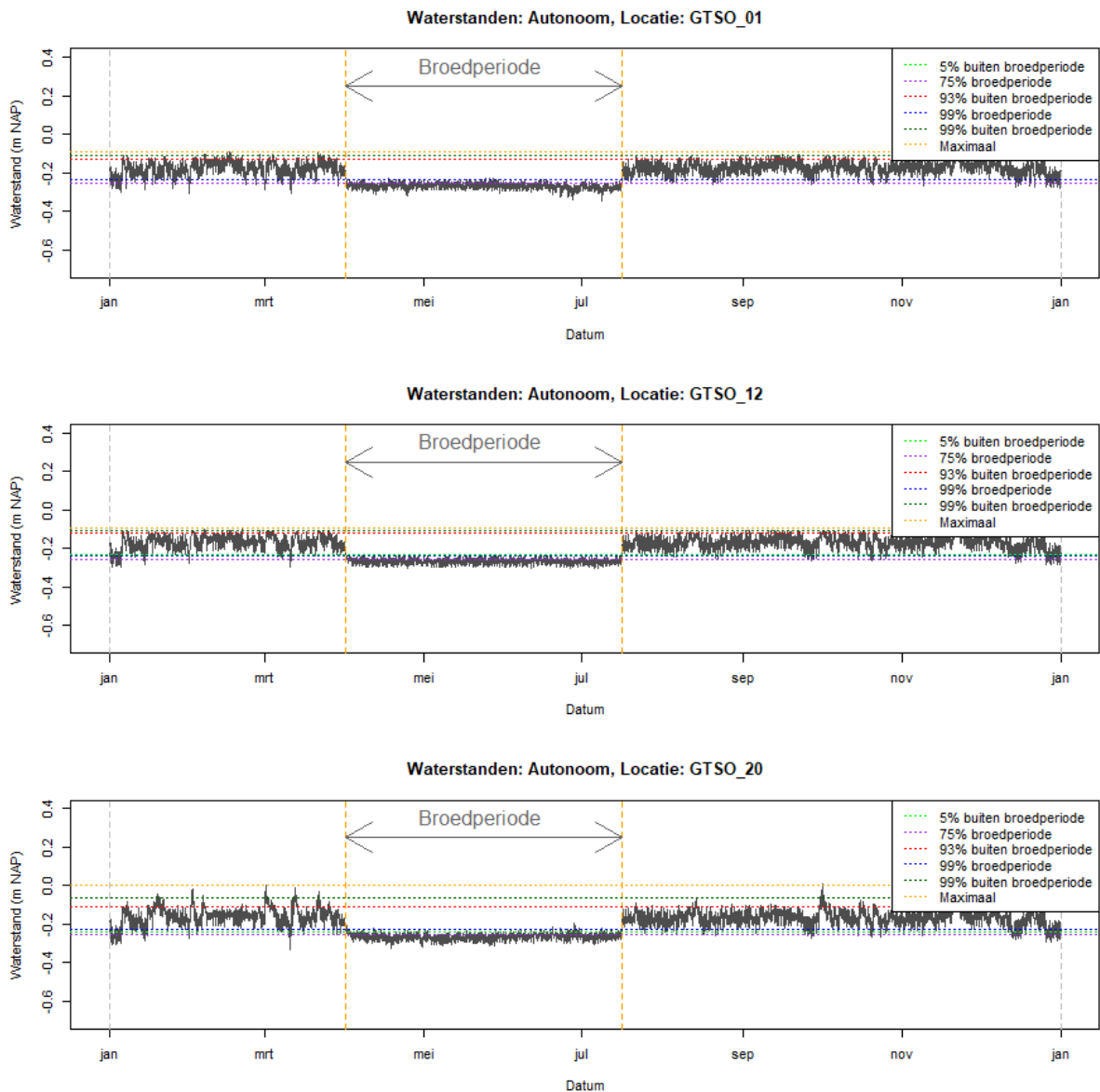
Van Goethem, T. & N. van Rooijen (2011). *Anacamptis morio* grasslands (Rhinantho-Orchietum morionis) in the Netherlands. Studentenrapport Radboud Universiteit Nijmegen.

Bijlage 12. Hoogte-diepte kaart van het Grevelingenmeer

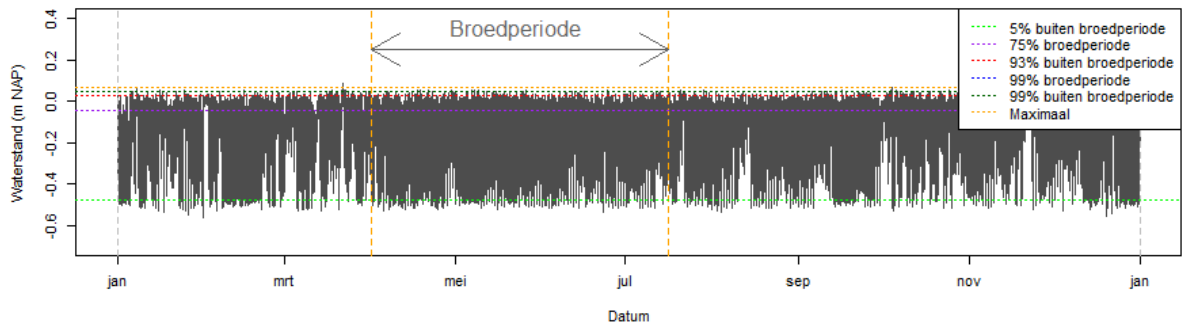
Gecombineerde hoogte kaart met bathymetrische diepte kaart. Aan de 25 punten (rode stippen) gebruikt in de modellering door Deltares zijn door Wageningen Marine Research nog 8 modelknooppunten toegevoegd om de het detail te vergroten.



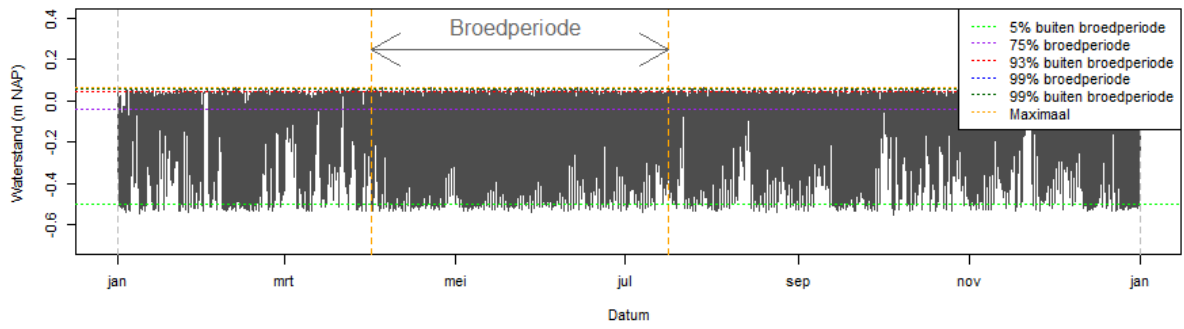
Bijlage 13. Gemodelleerde waterstanden per getijscenario en autonome ontwikkeling



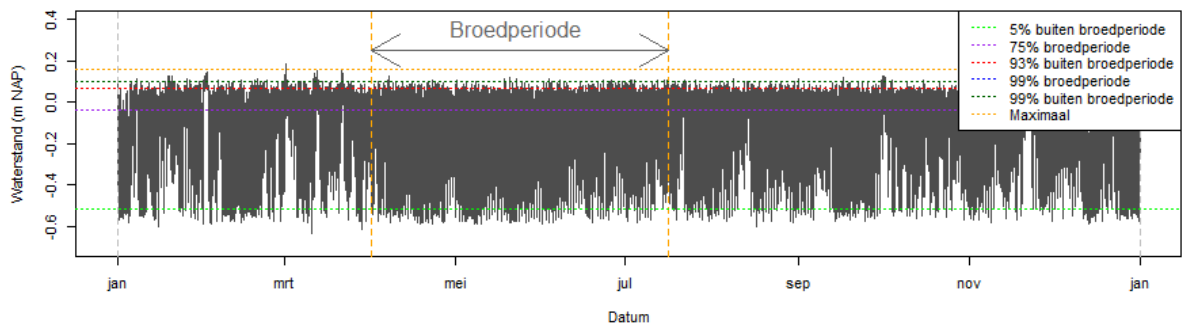
Waterstanden: Basisscenario, Locatie: GTSO_01

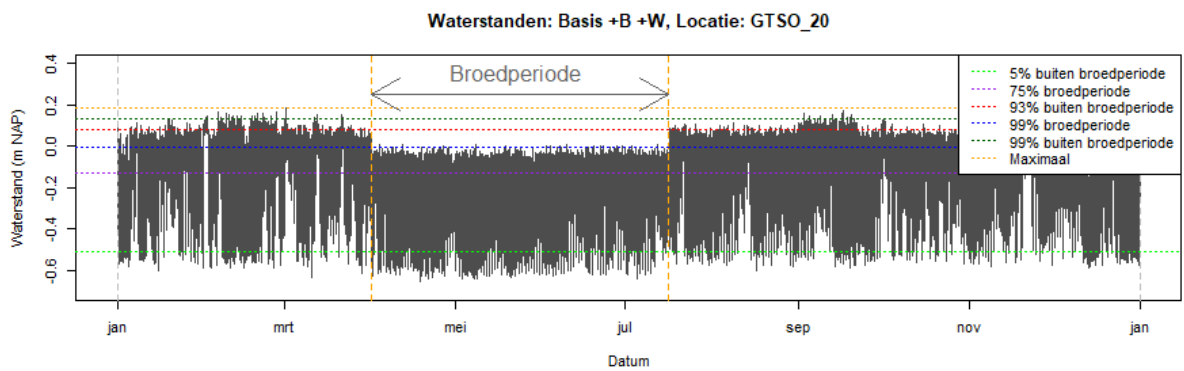
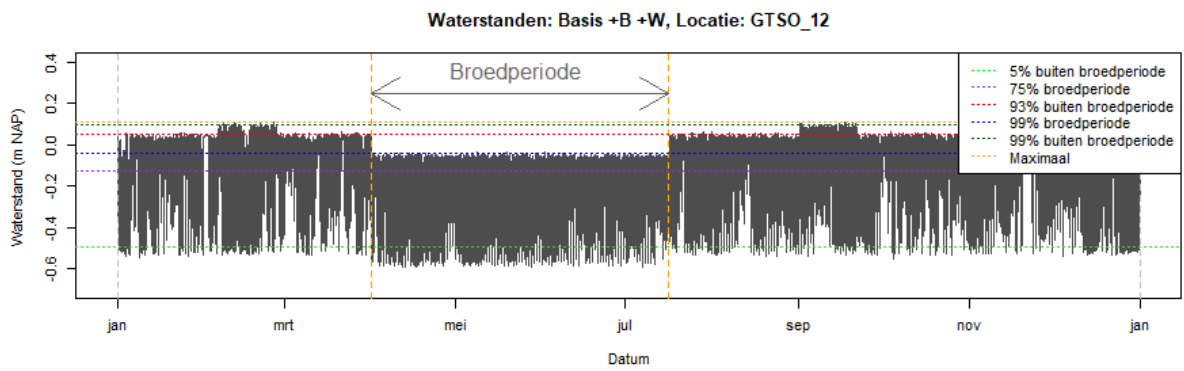
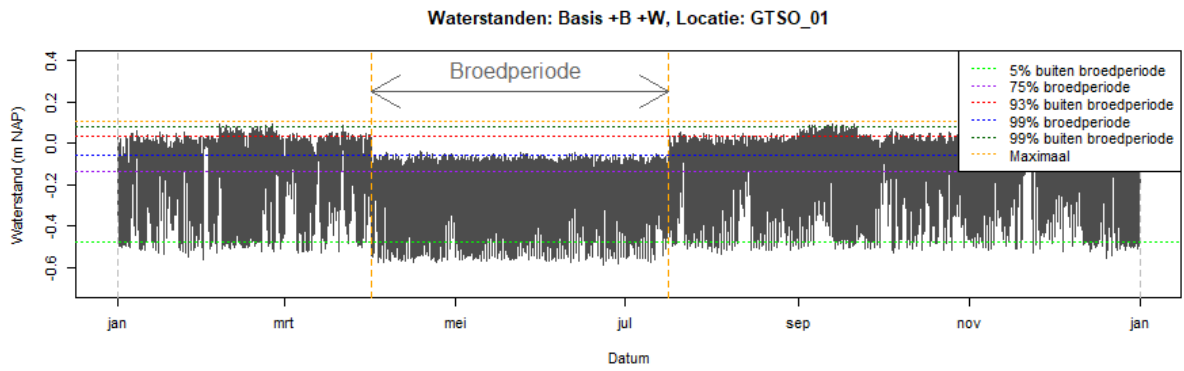


Waterstanden: Basisscenario, Locatie: GTSO_12

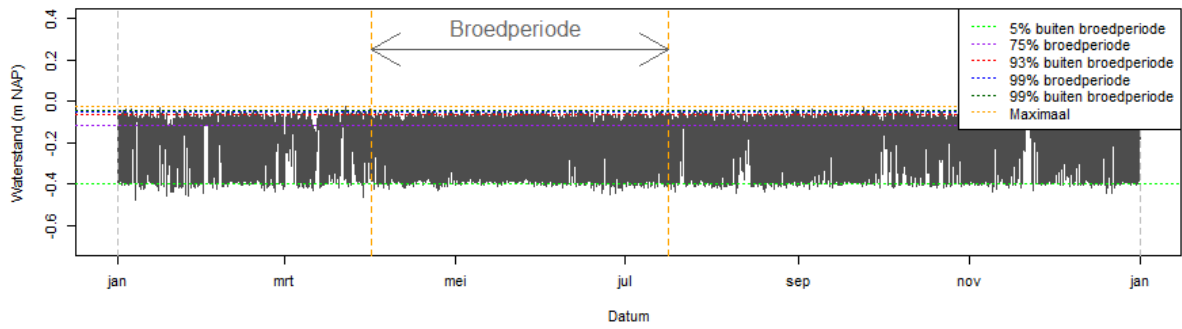


Waterstanden: Basisscenario, Locatie: GTSO_20

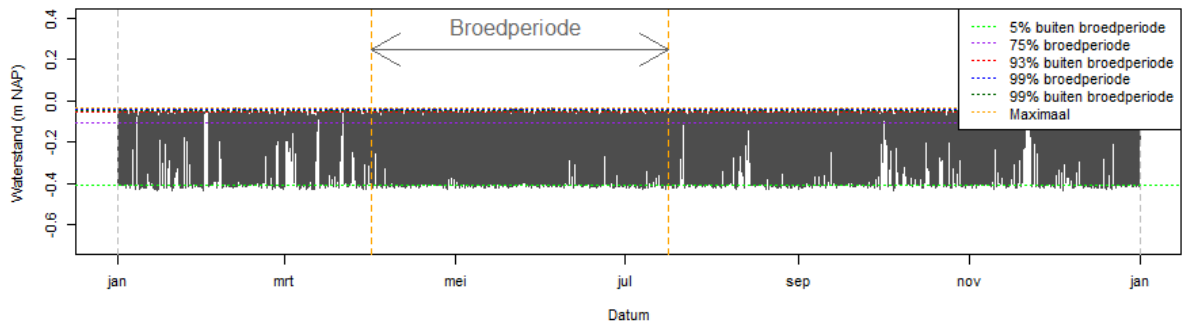




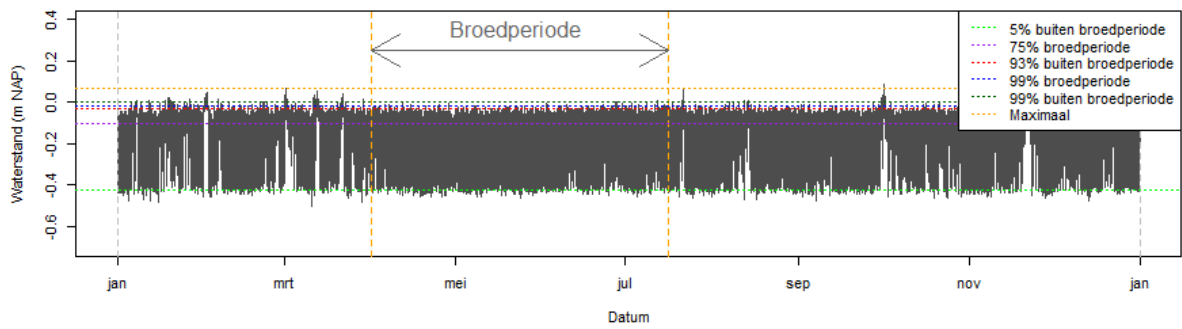
Waterstanden: Verminderd getij, Locatie: GTSO_01

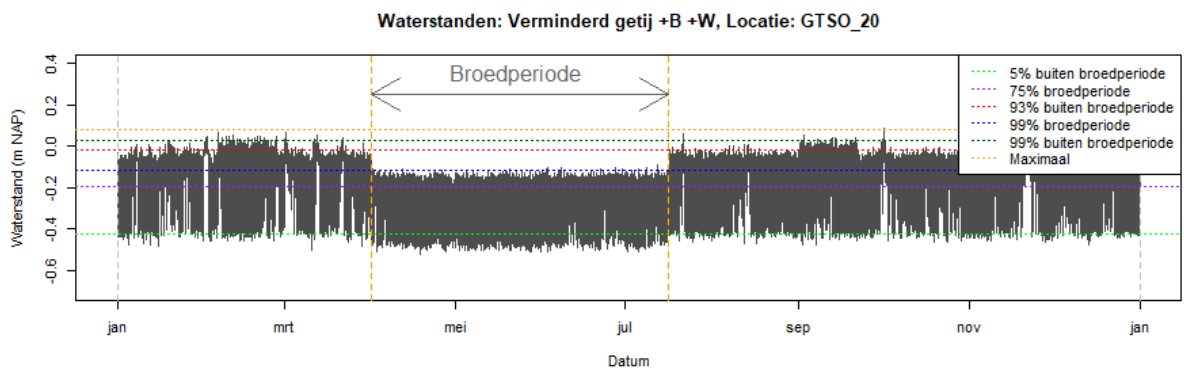
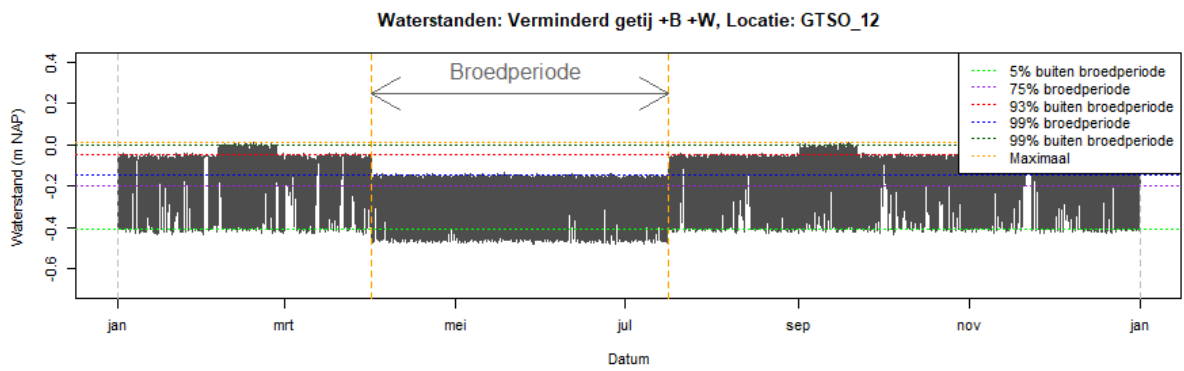
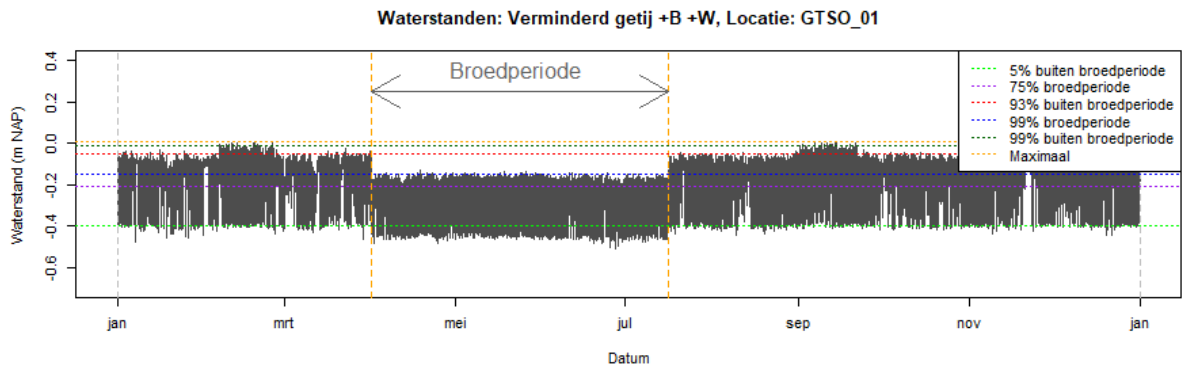


Waterstanden: Verminderd getij, Locatie: GTSO_12

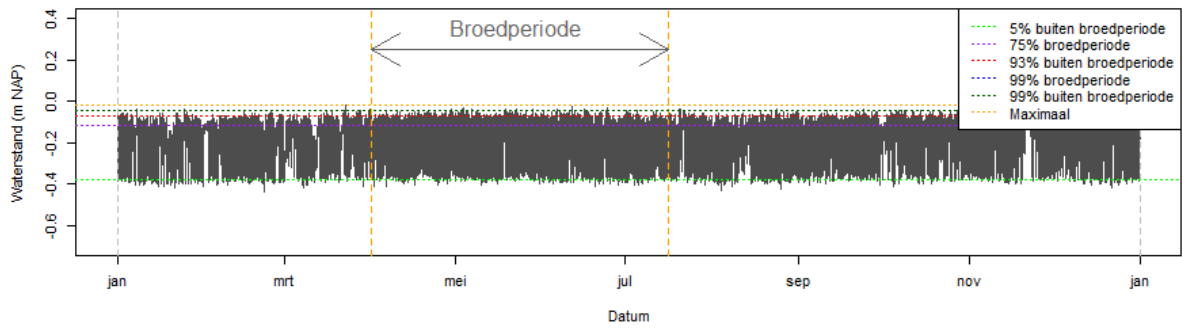


Waterstanden: Verminderd getij, Locatie: GTSO_20

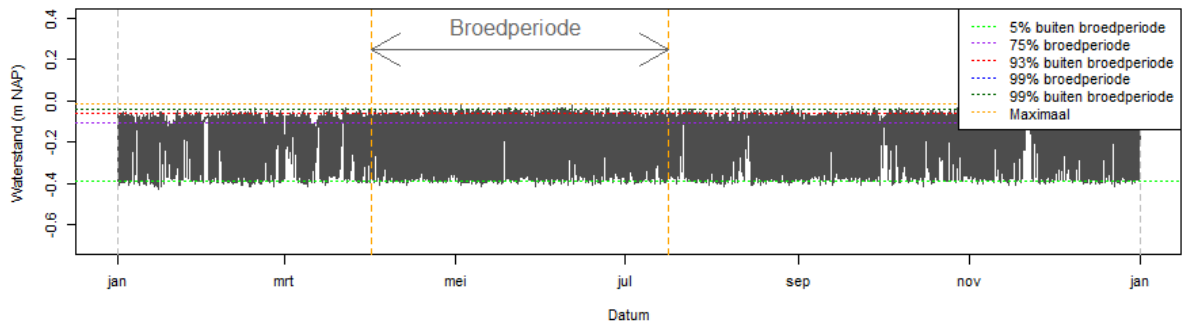




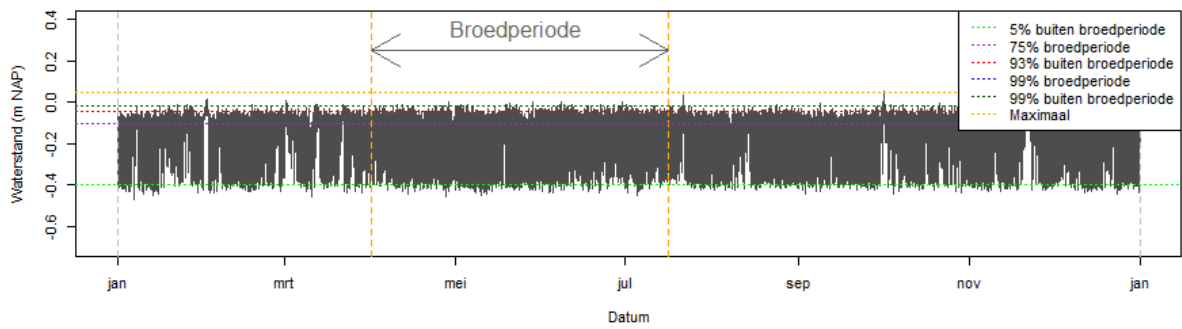
Waterstanden: Verminderd getij +S, Locatie: GTSO_01

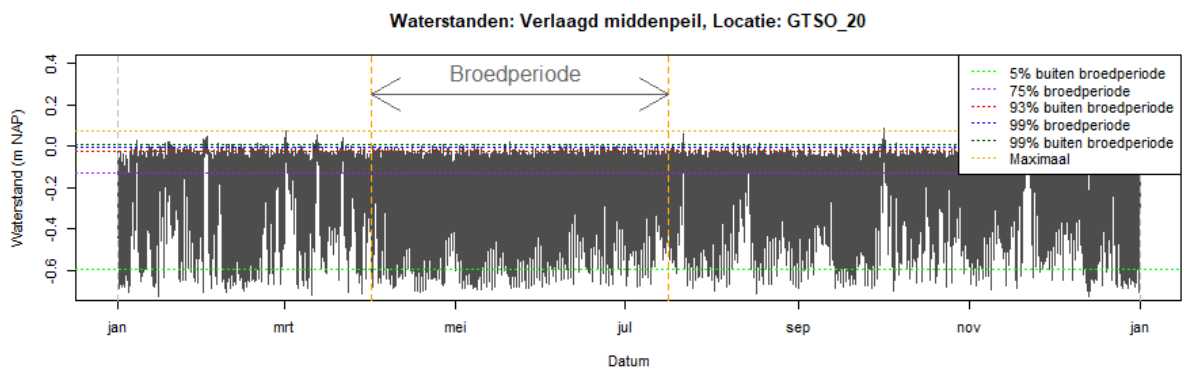
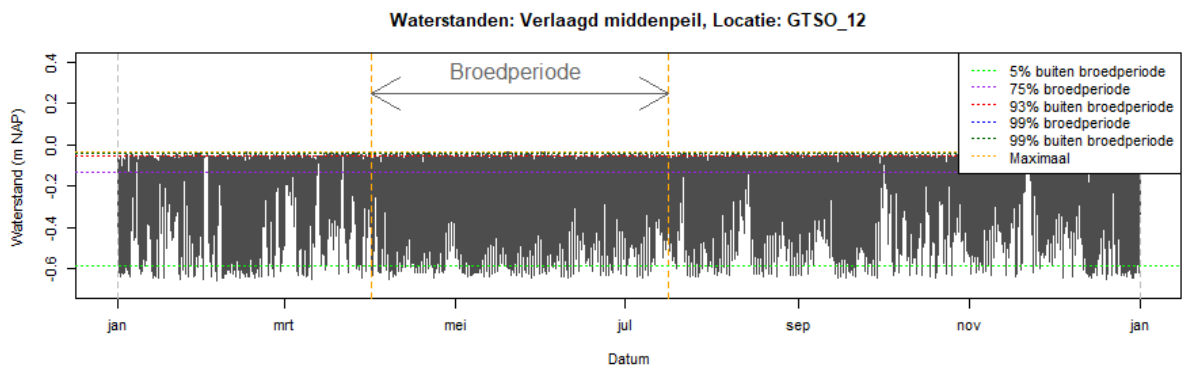
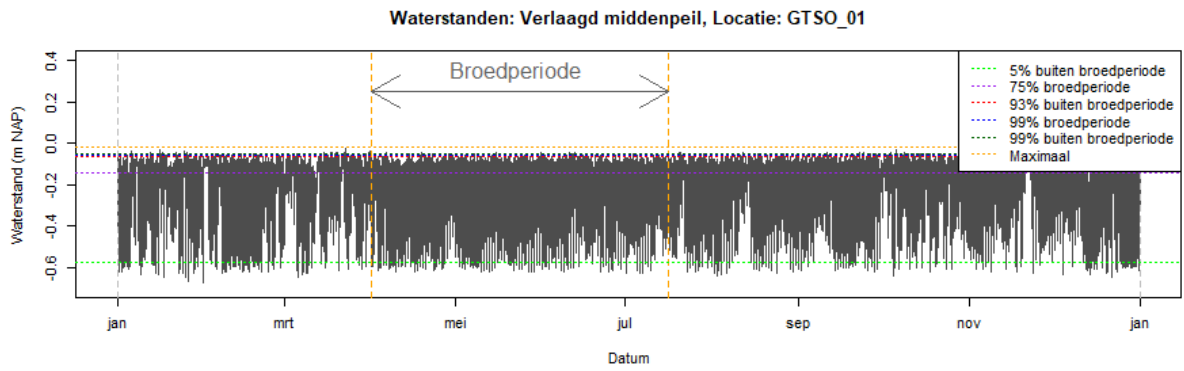


Waterstanden: Verminderd getij +S, Locatie: GTSO_12

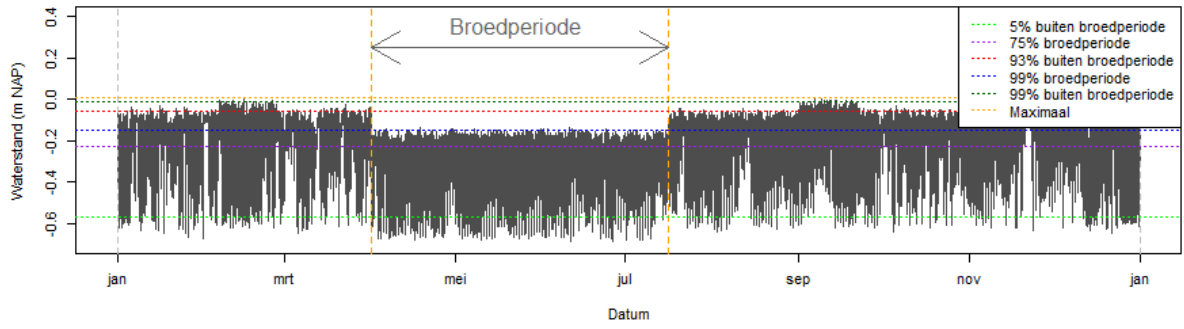


Waterstanden: Verminderd getij +S, Locatie: GTSO_20

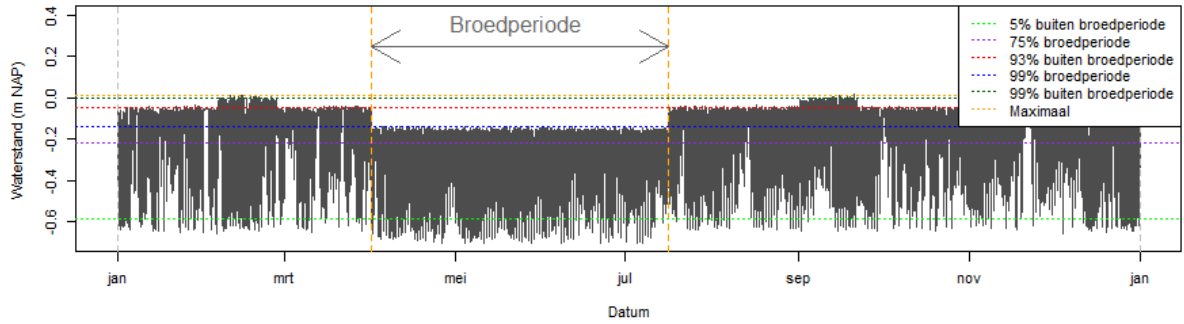




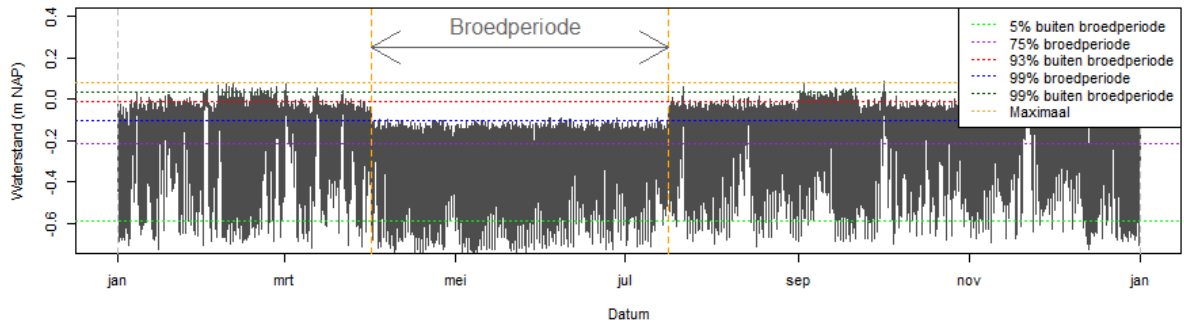
Waterstanden: Verlaagd middenpeil +B +W, Locatie: GTSO_01

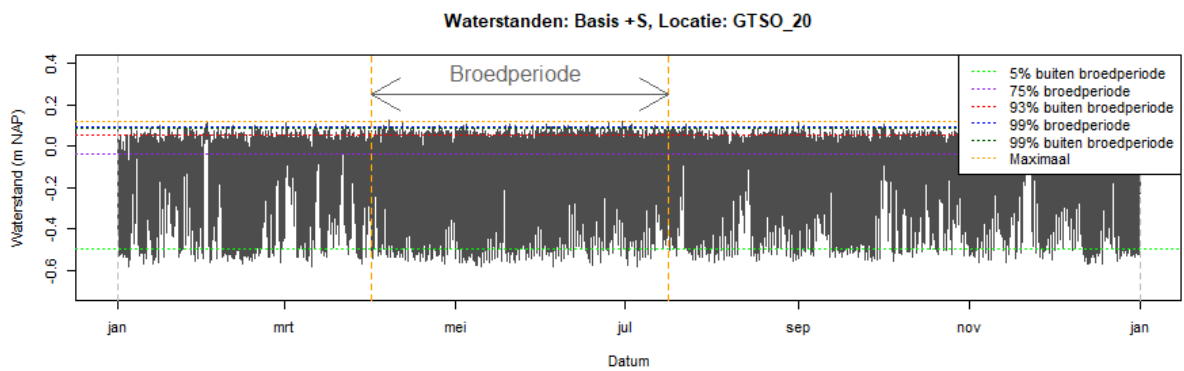
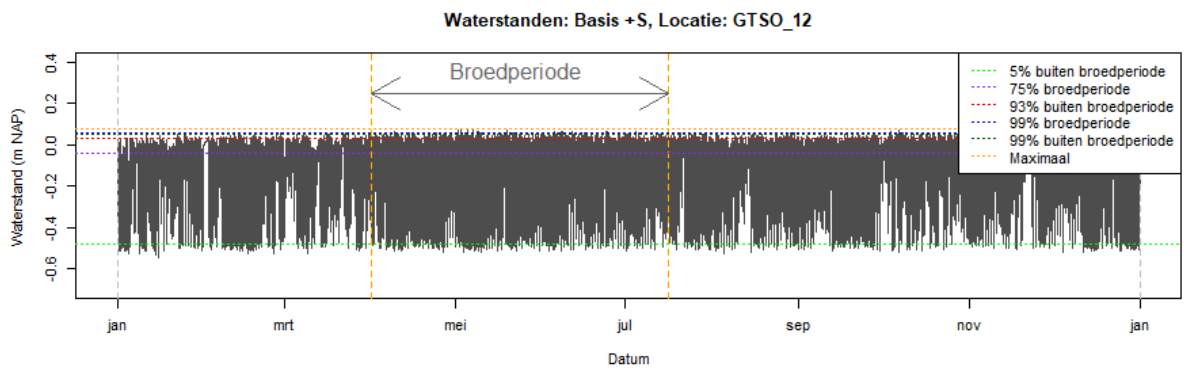
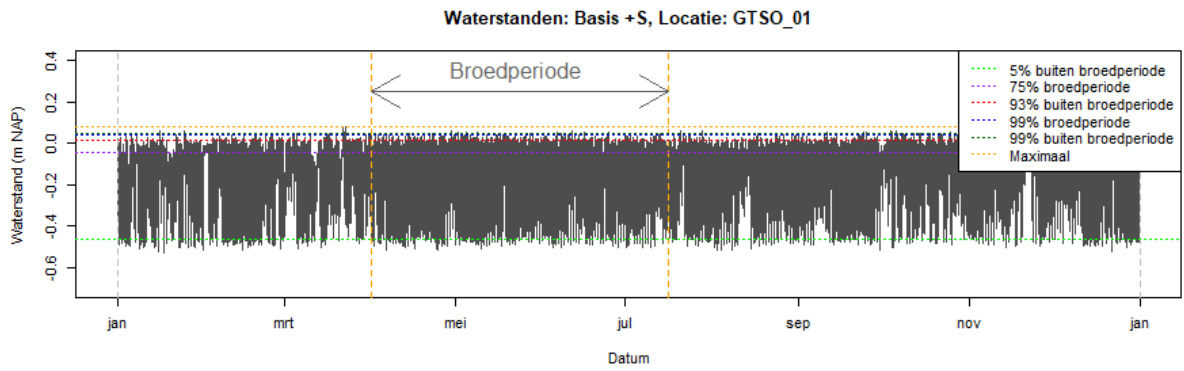


Waterstanden: Verlaagd middenpeil +B +W, Locatie: GTSO_12

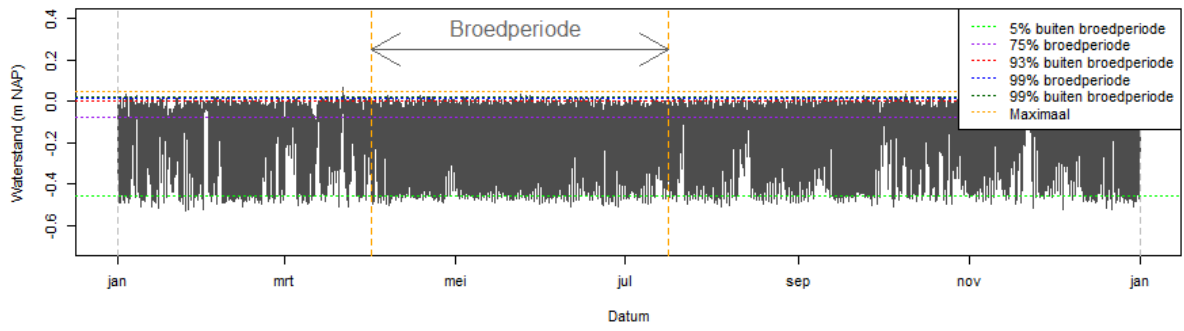


Waterstanden: Verlaagd middenpeil +B +W, Locatie: GTSO_20

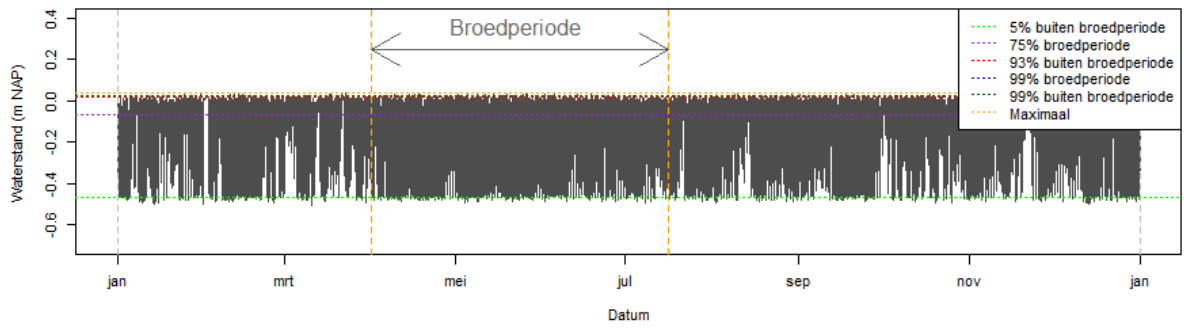




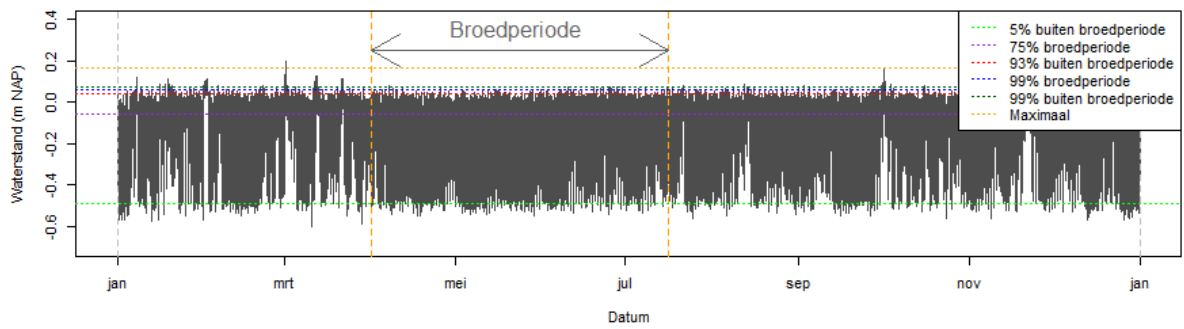
Waterstanden: RGV scenario, Locatie: GTSO_01

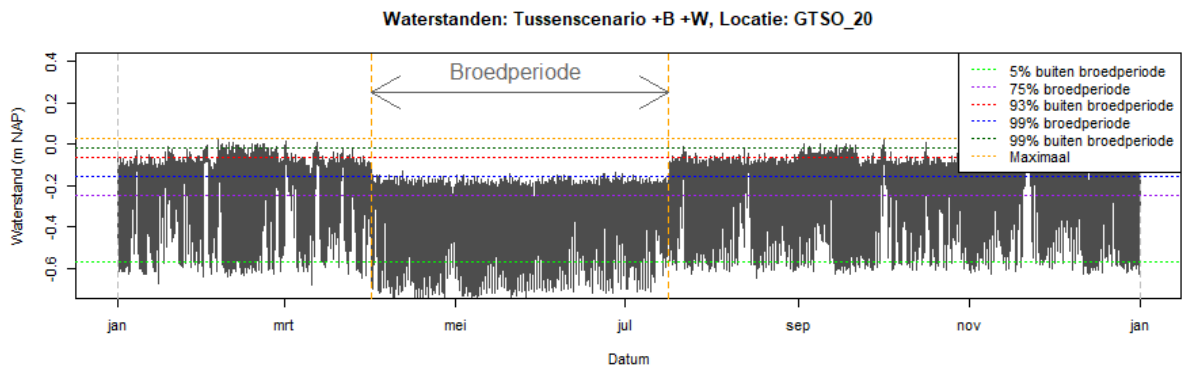
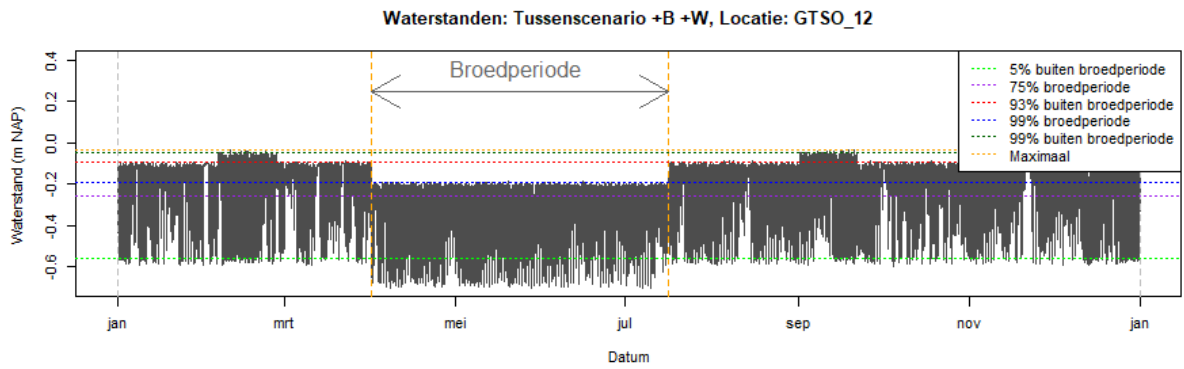
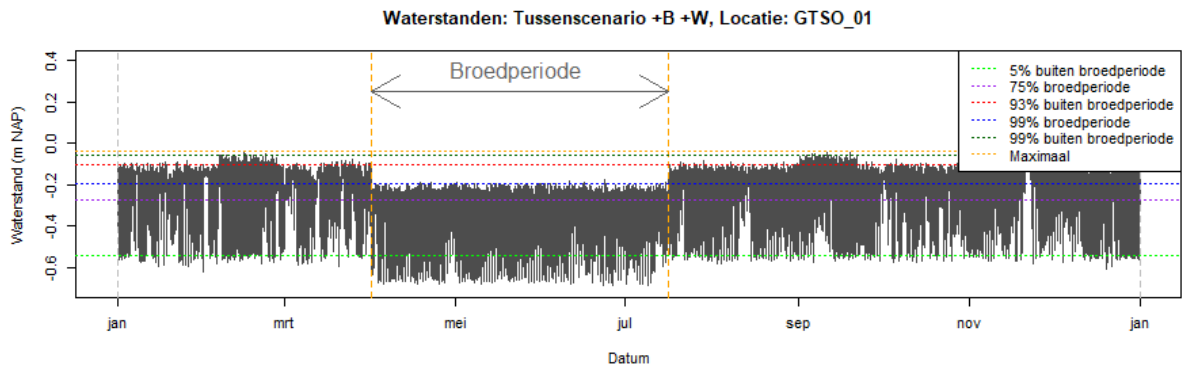


Waterstanden: RGV scenario, Locatie: GTSO_12

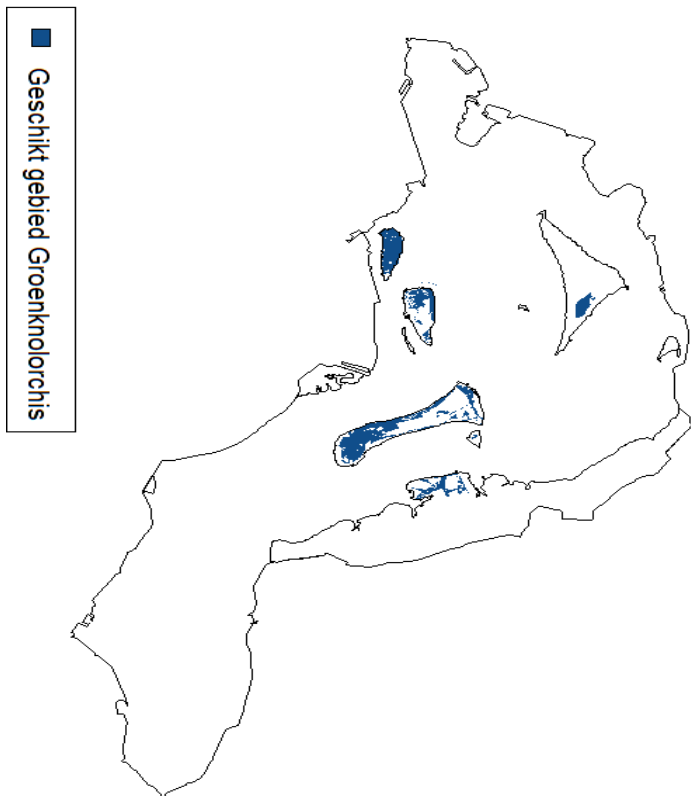
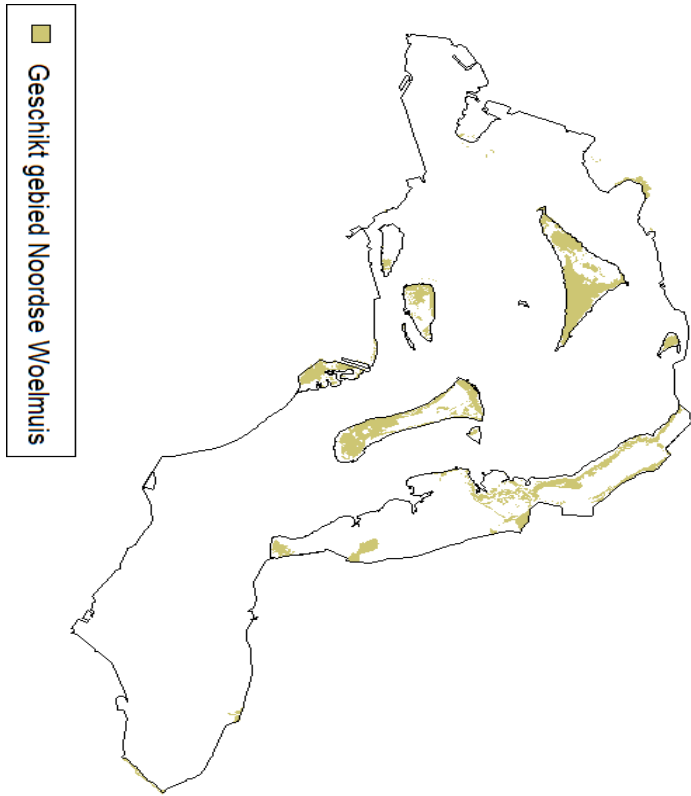


Waterstanden: RGV scenario, Locatie: GTSO_20



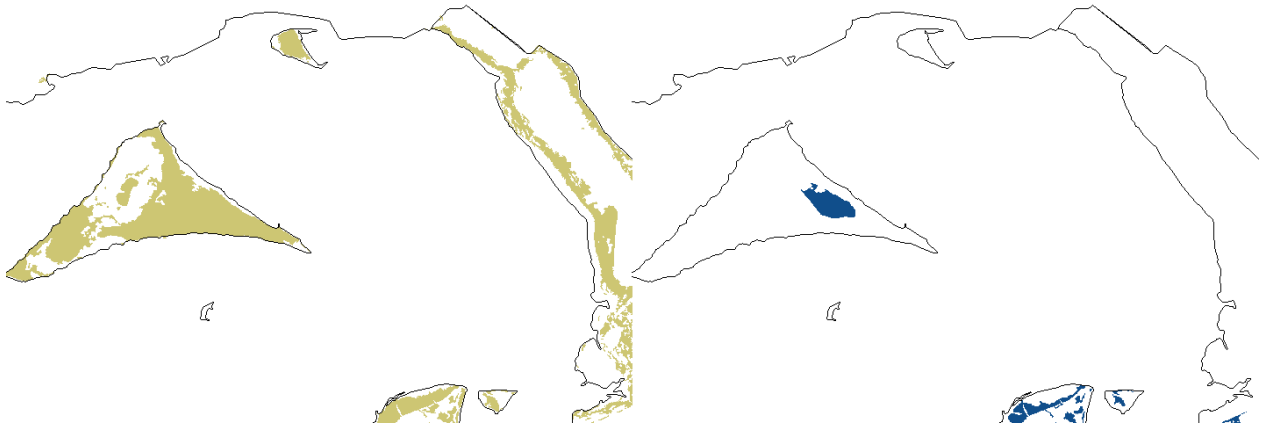


Bijlage 14. Leefgebied Noordse Woelmuis en Groenknolorchis



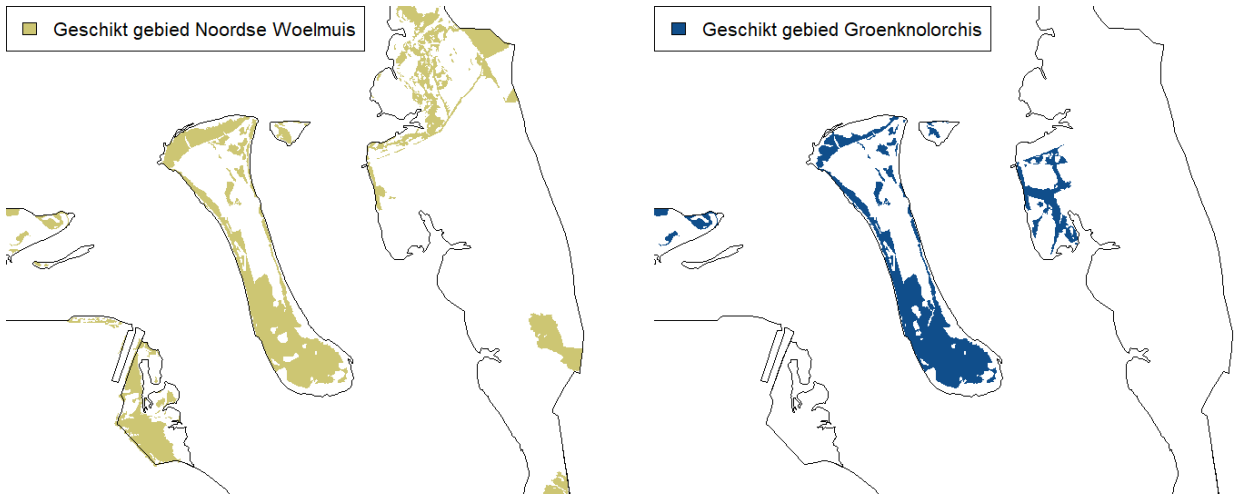
■ Geschikt gebied Noordse Woelmuis

■ Geschikt gebied Groenknolorchis



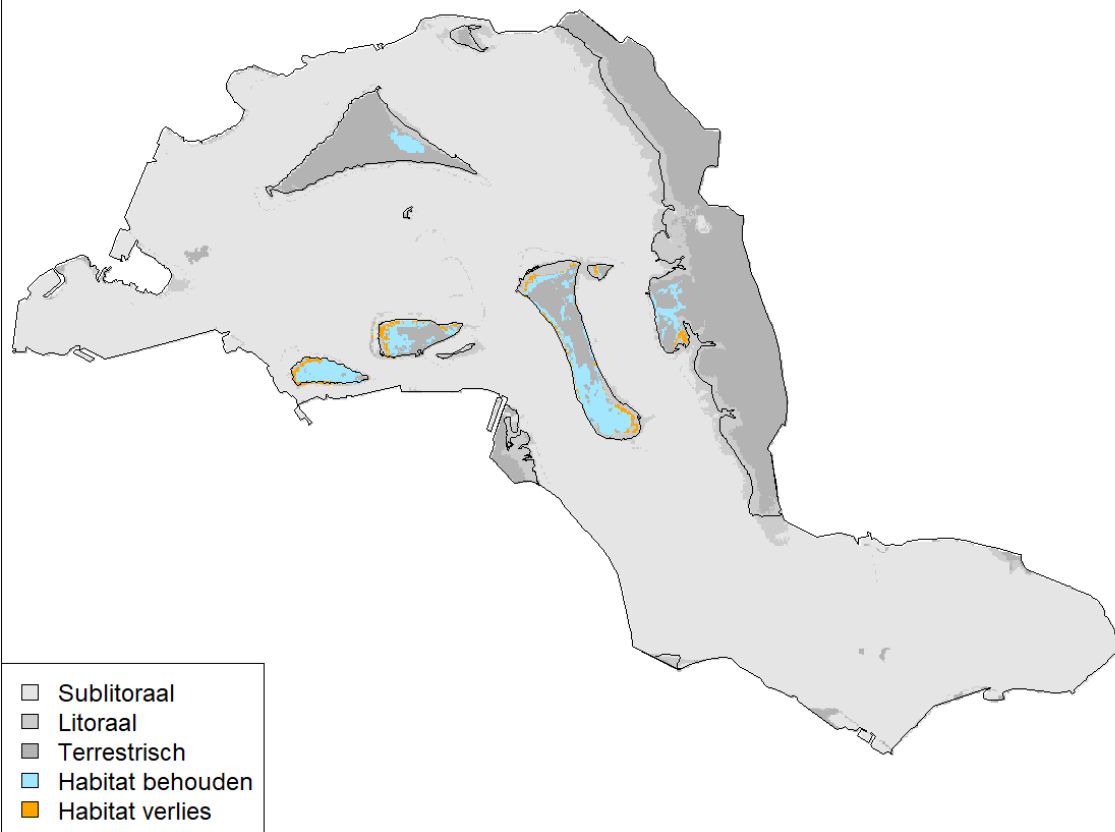
■ Geschikt gebied Noordse Woelmuis

■ Geschikt gebied Groenknolorchis

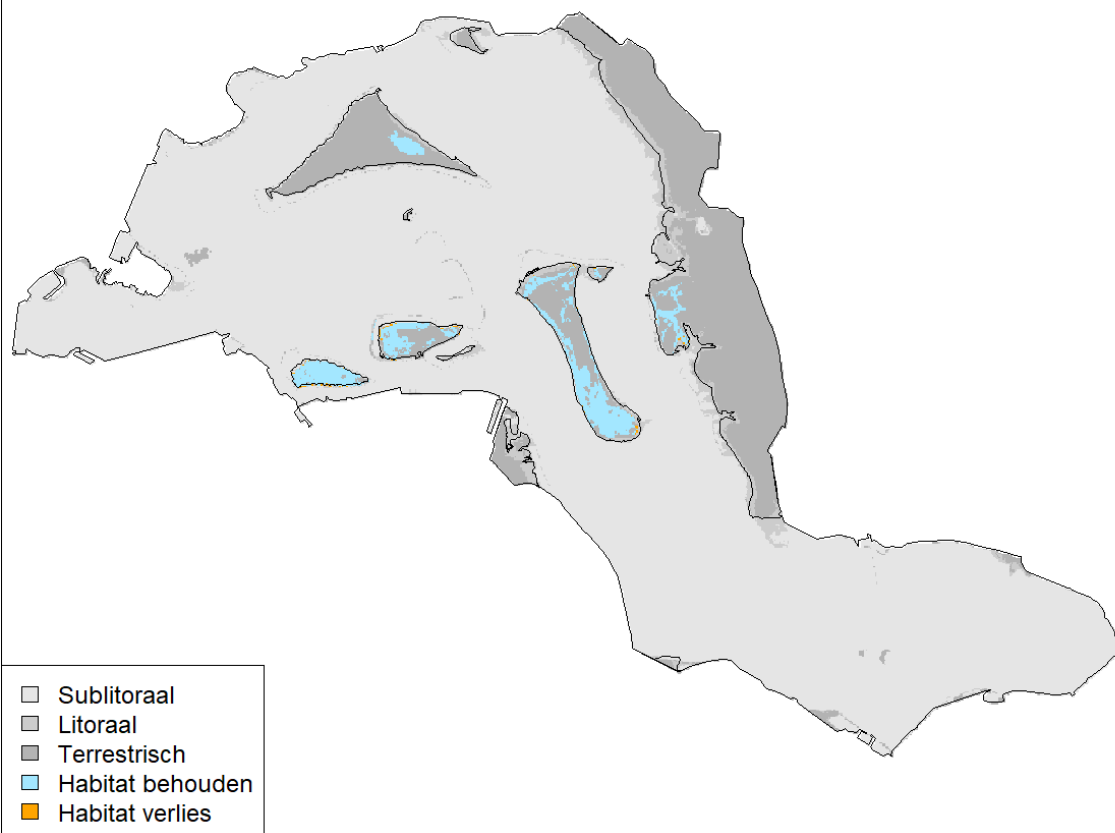


Bijlage 15. Kaarten directe effecten Natura 2000
habitattypen en leefgebied van soorten (excl. indirecte
effecten)

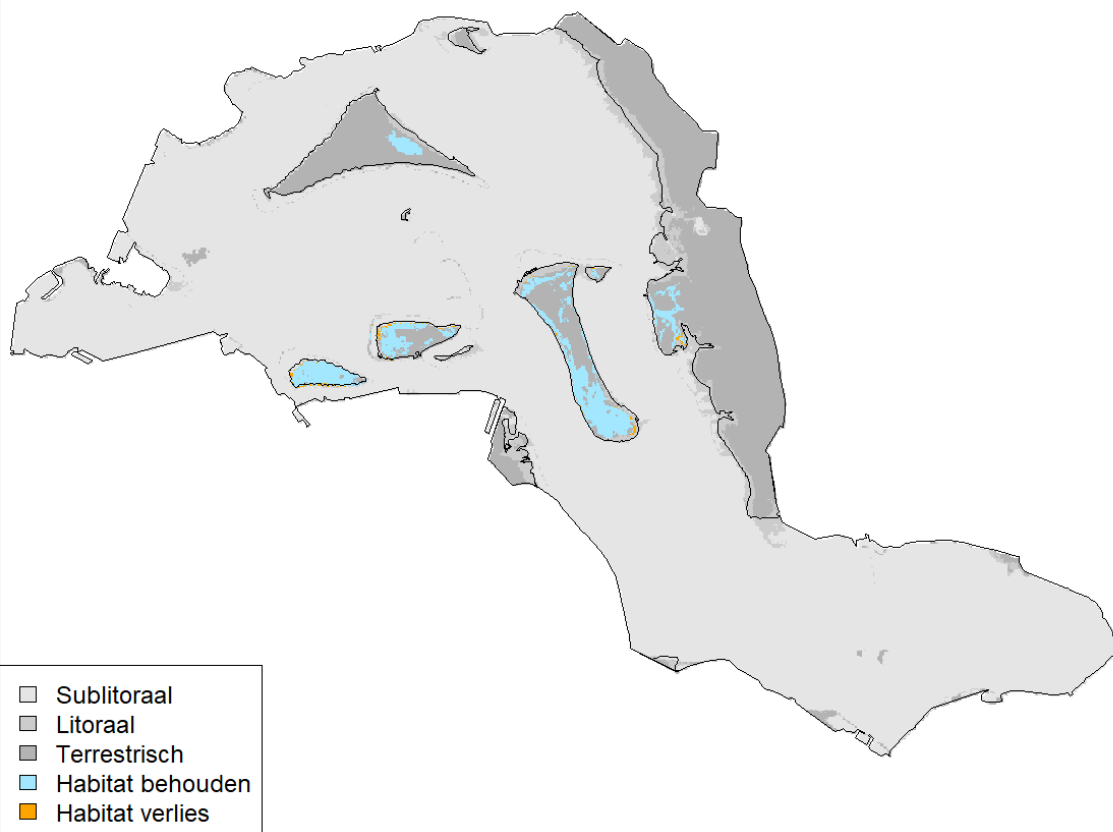
Groenknol Geschikt gebied Groenknolorchis Run: Basis +B +W



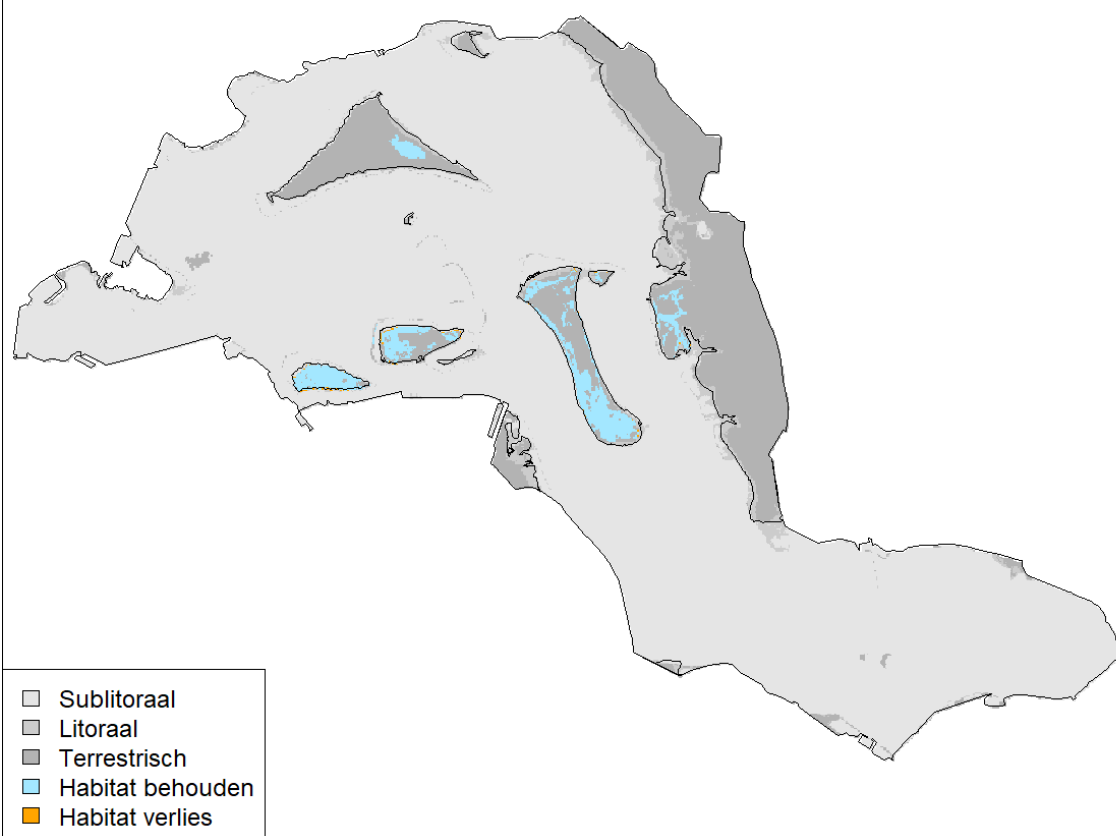
Groenknol Geschikt gebied Groenknolorchis Run: Verminderd getij



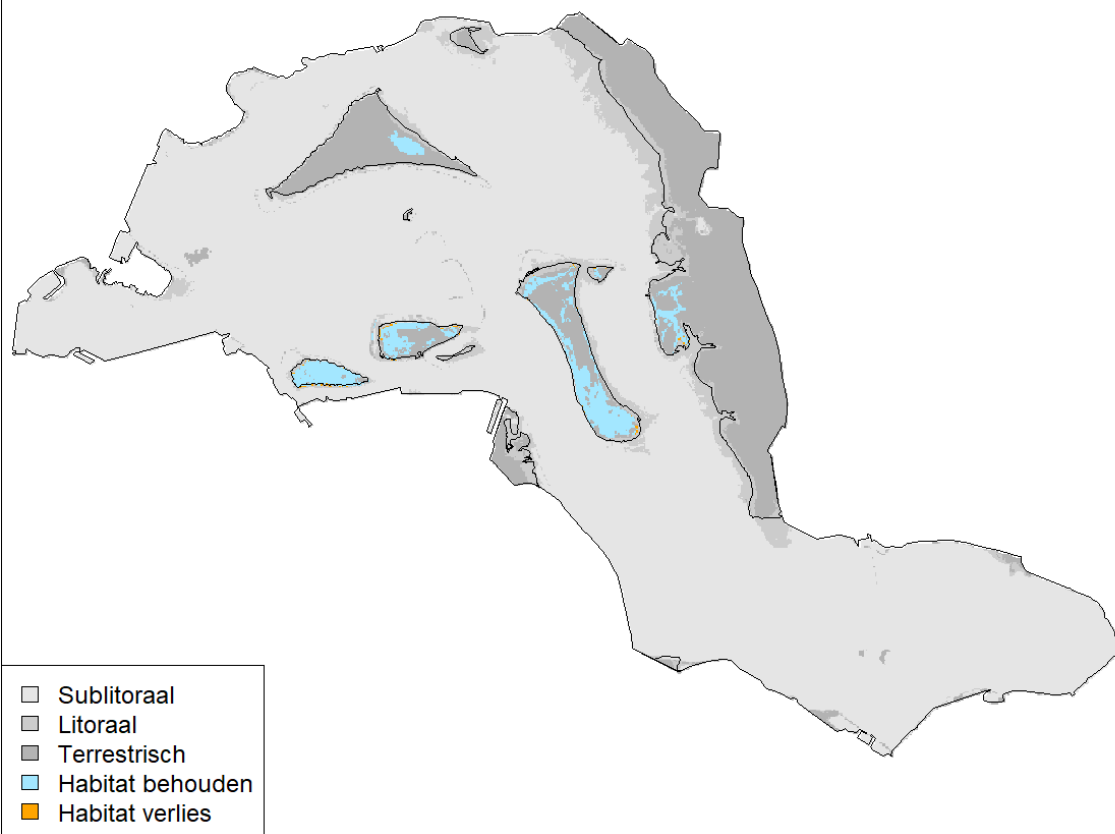
Groenknoel Geschikt gebied Groenknoelorchis Run: Verminderd getij +B +W



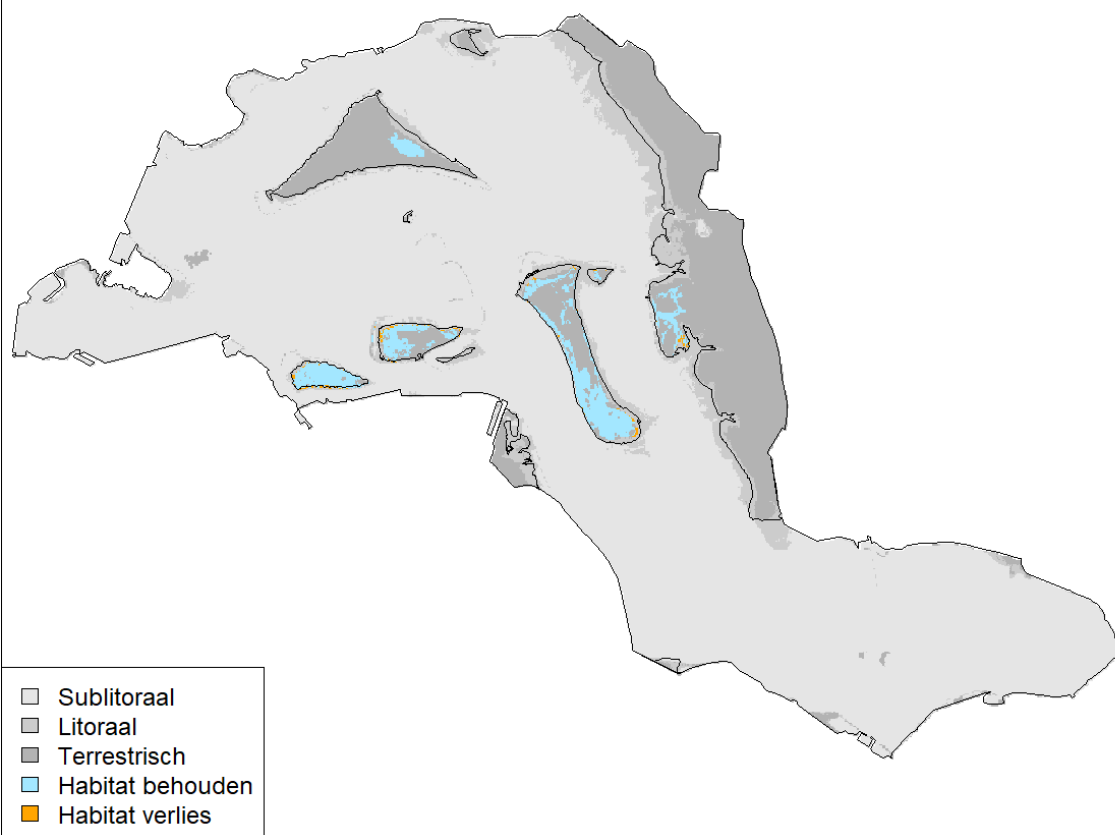
Groenknoel Geschikt gebied Groenknoelorchis Run: Verminderd getij +S



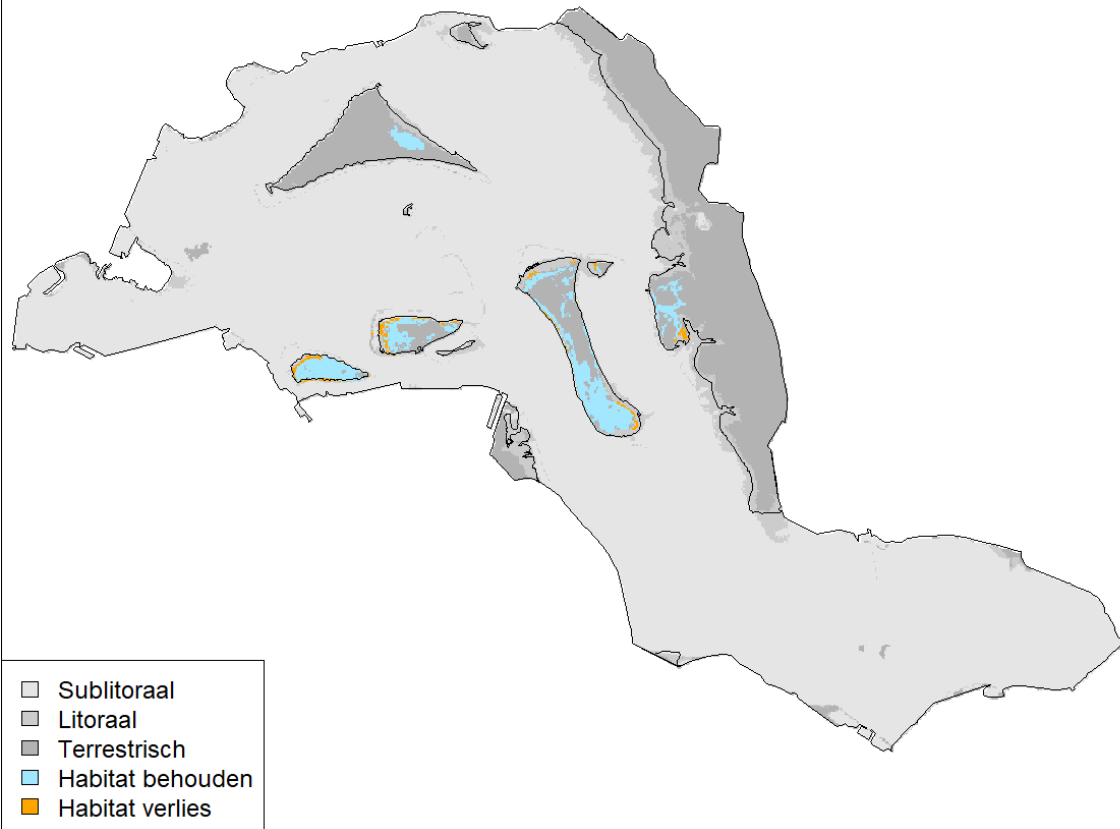
Groenknol Geschikt gebied Groenknolorchis Run: Verlaagd middenpeil



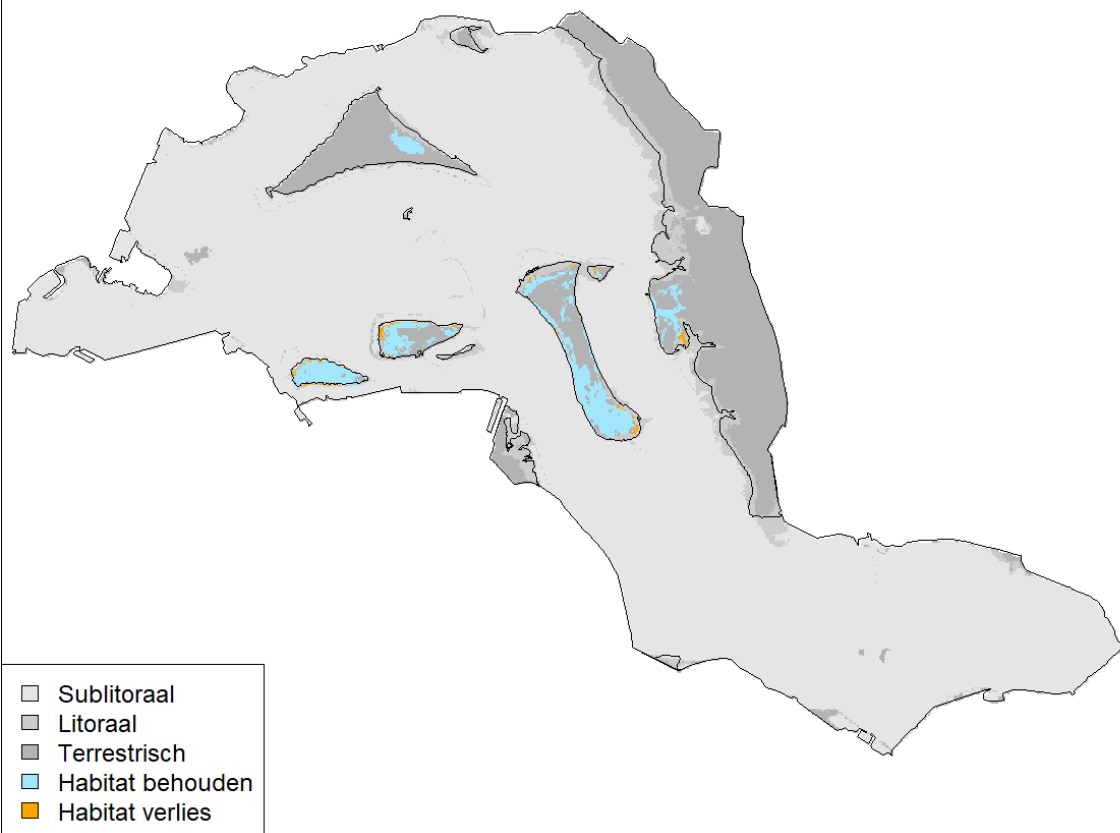
Groenknol Geschikt gebied Groenknolorchis Run: Verlaagd middenpeil +B +W



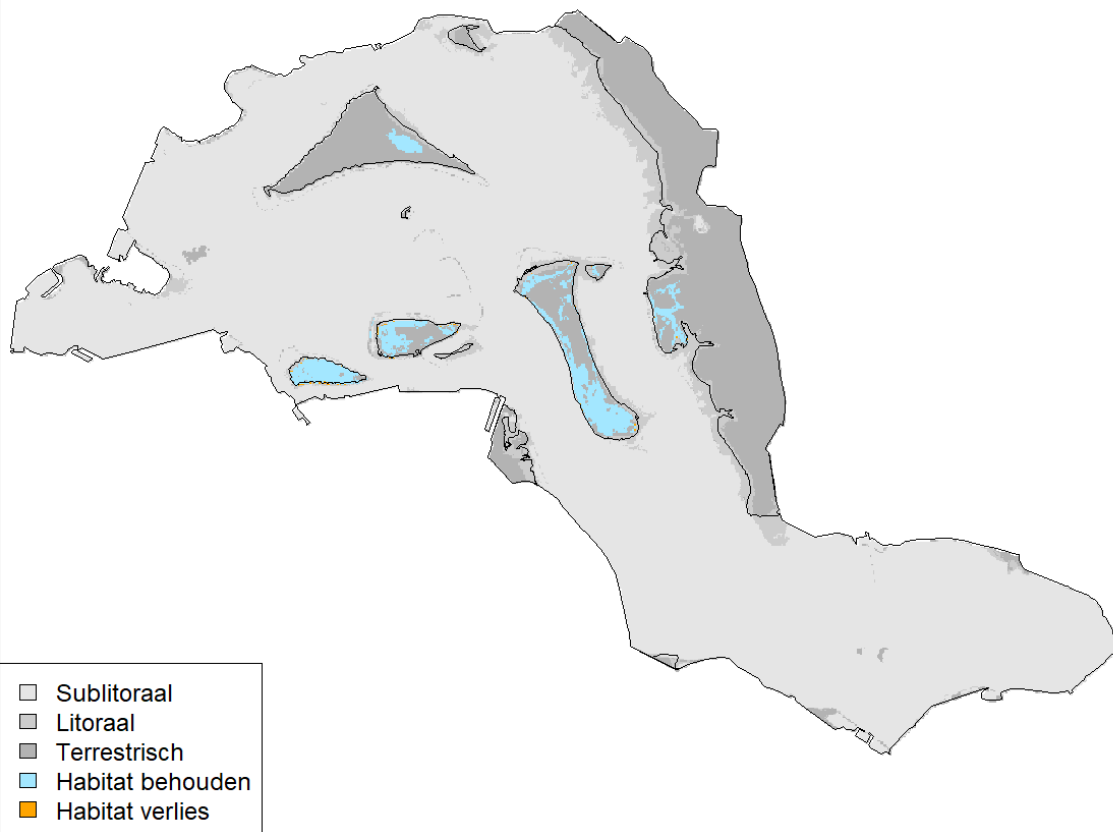
Groenknol Geschikt gebied Groenknolorchis Run: Basis +S



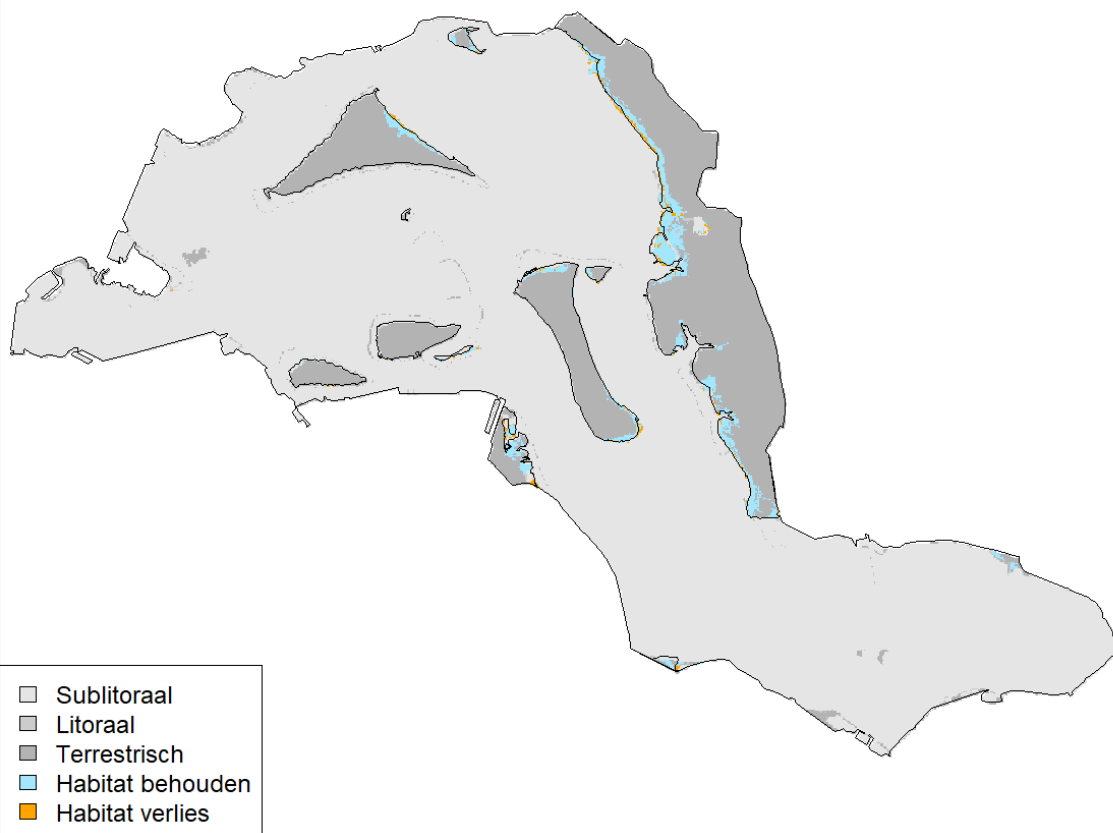
Groenknol Geschikt gebied Groenknolorchis Run: RGV scenario



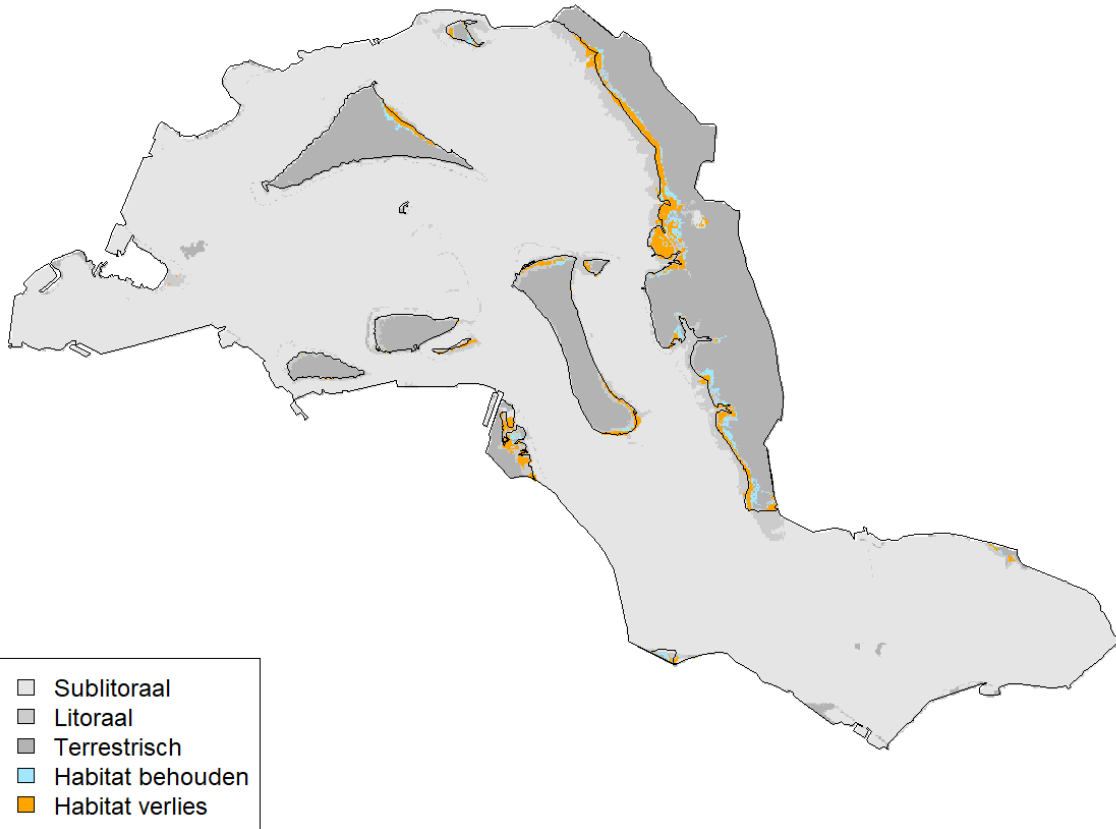
Groenknol Geschikt gebied Groenknolorchis Run: Tussenscenario +B +W



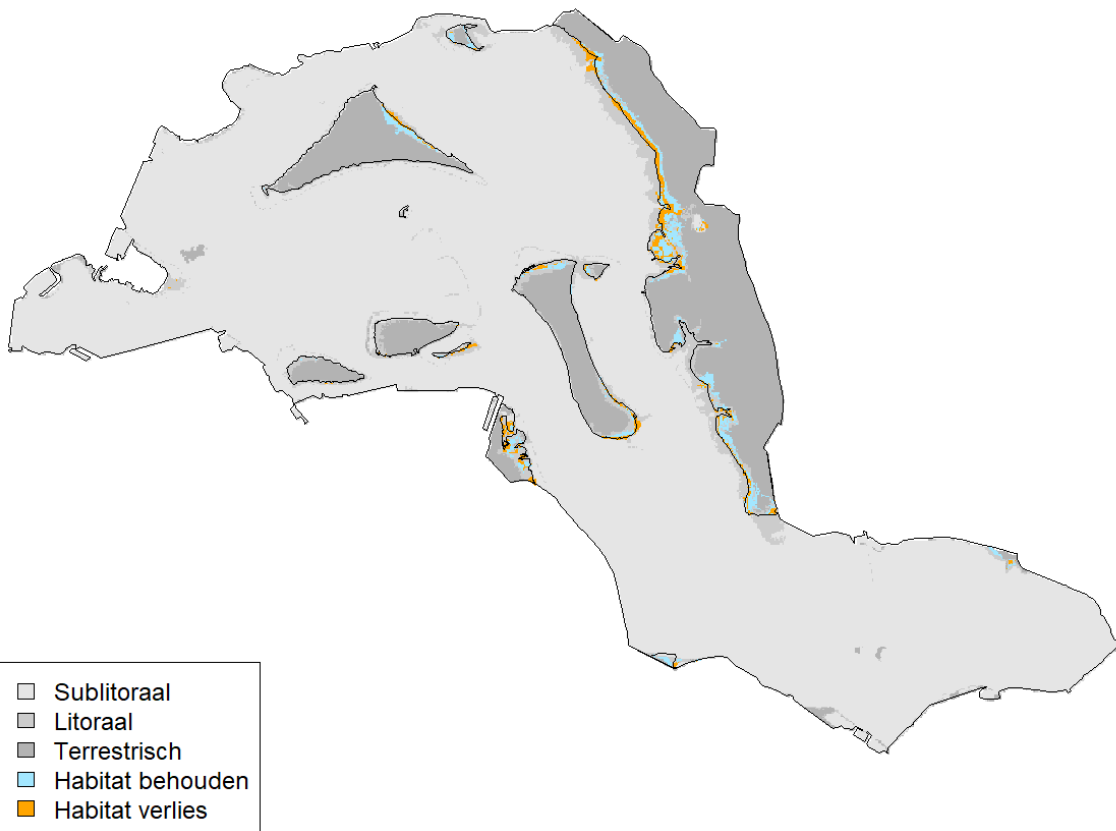
H1310A Zilte pionierbegroeiingen (zeekraal) Run: Autonoom



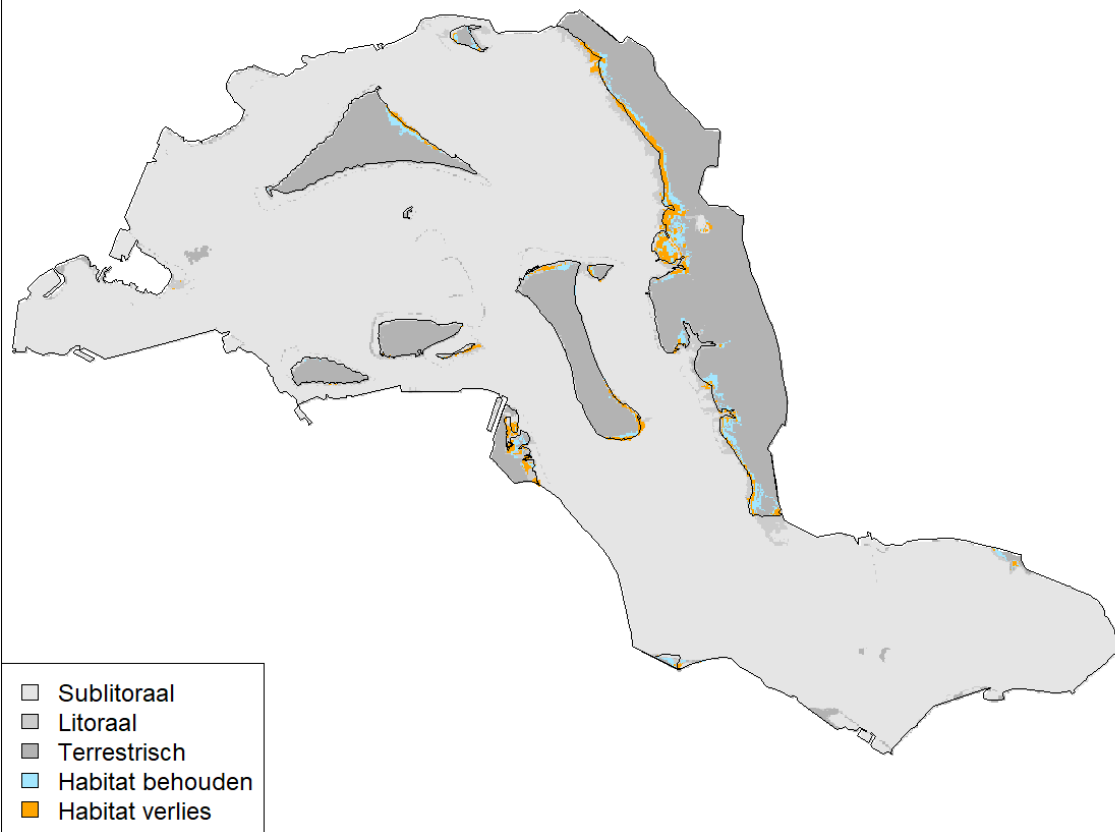
H1310A Zilte pionierbegroeiingen (zeekraal) Run: Basisscenario



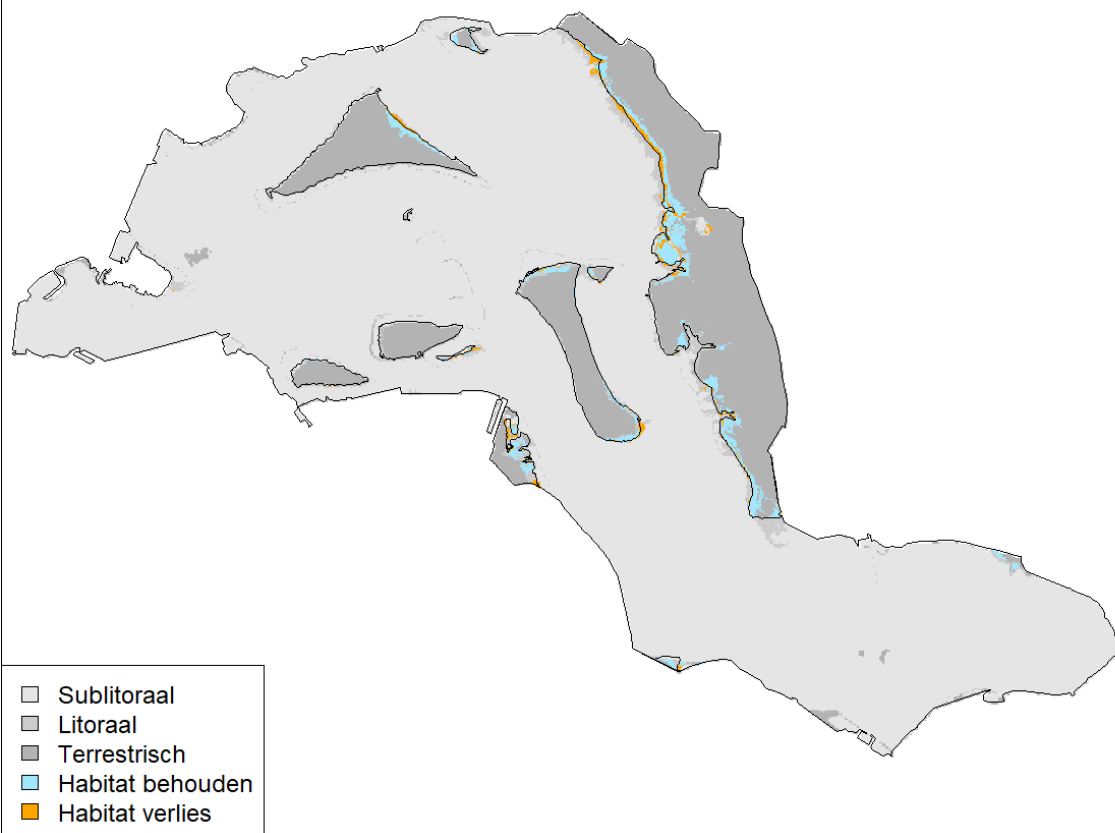
H1310A Zilte pionierbegroeiingen (zeekraal) Run: Basis +B +W



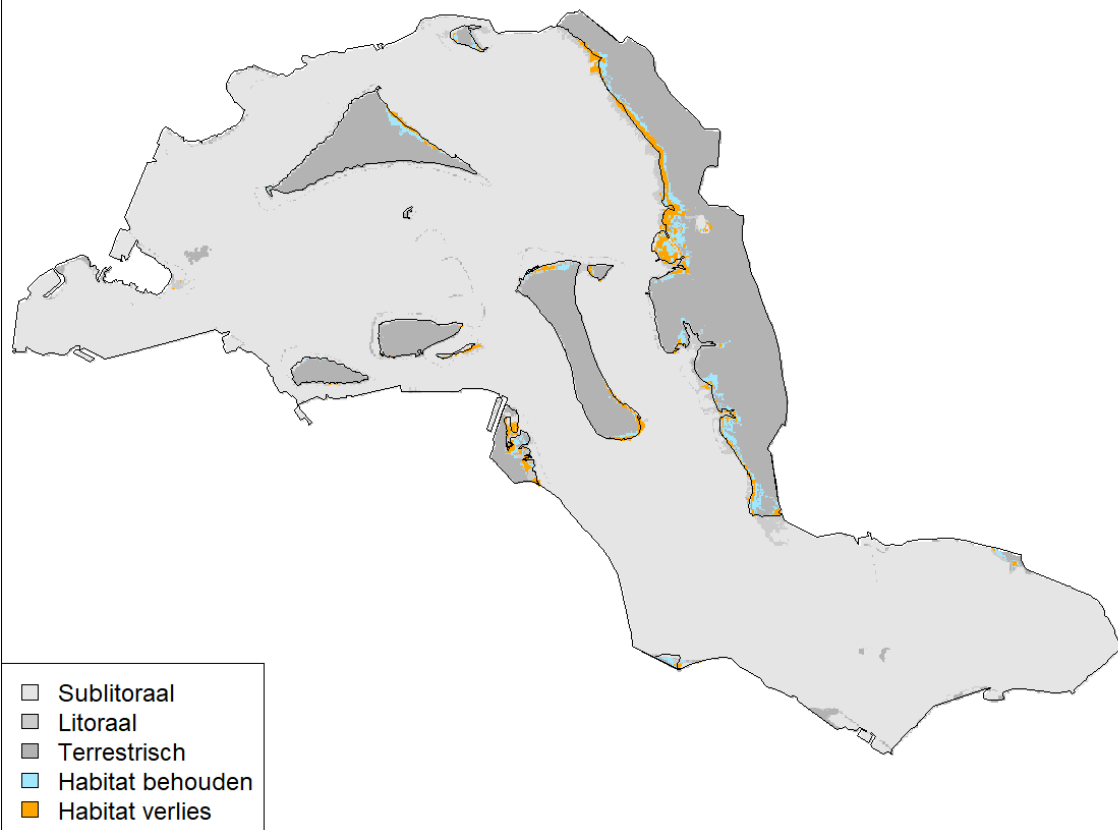
H1310A Zilte pionierbegroeiingen (zeekraal) Run: Verminderd getij



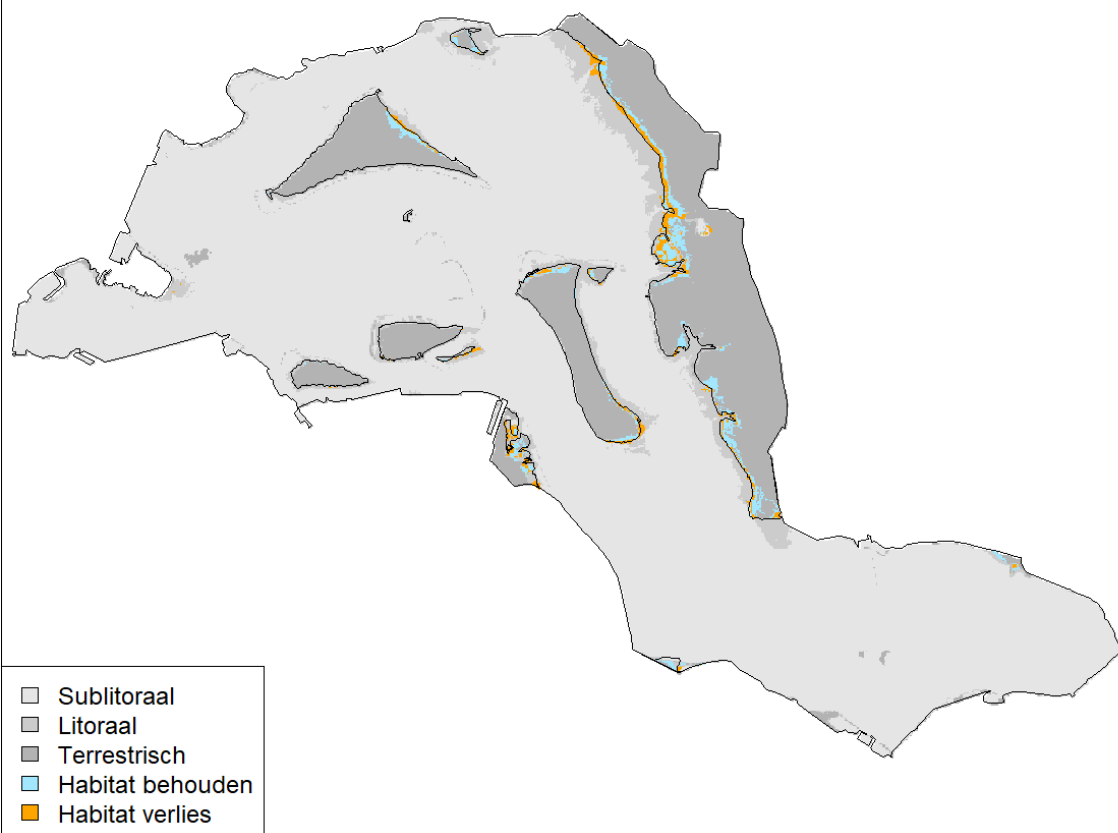
H1310A Zilte pionierbegroeiingen (zeekraal) Run: Verminderd getij +B +W



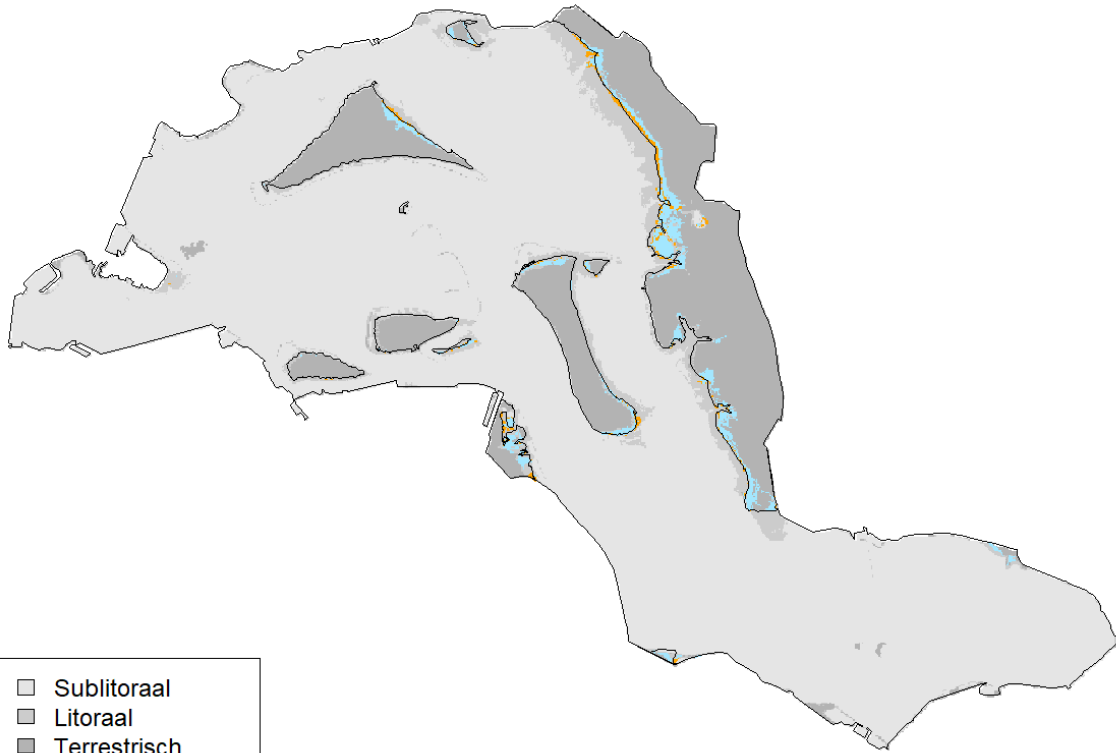
H1310A Zilte pionierbegroeiingen (zeekraal) Run: Verminderd getij +S



H1310A Zilte pionierbegroeiingen (zeekraal) Run: Verlaagd middenpeil

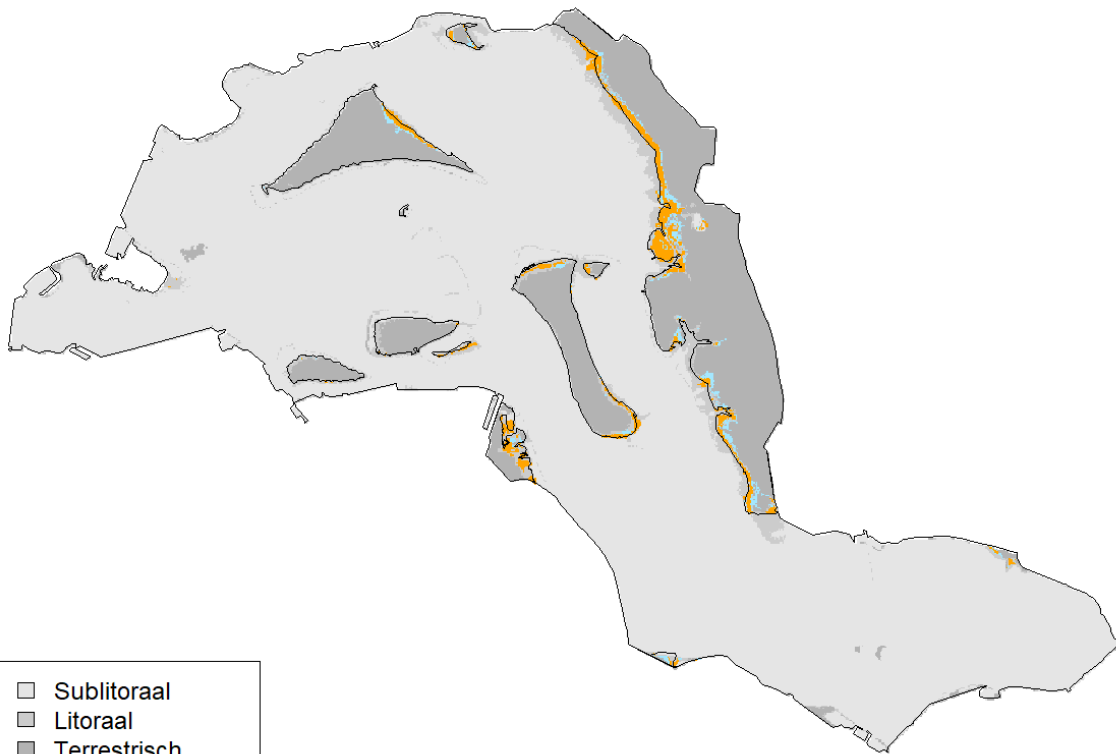


H1310A Zilte pionierbegroeiingen (zeekraal) Run: Verlaagd middenpeil +B +W



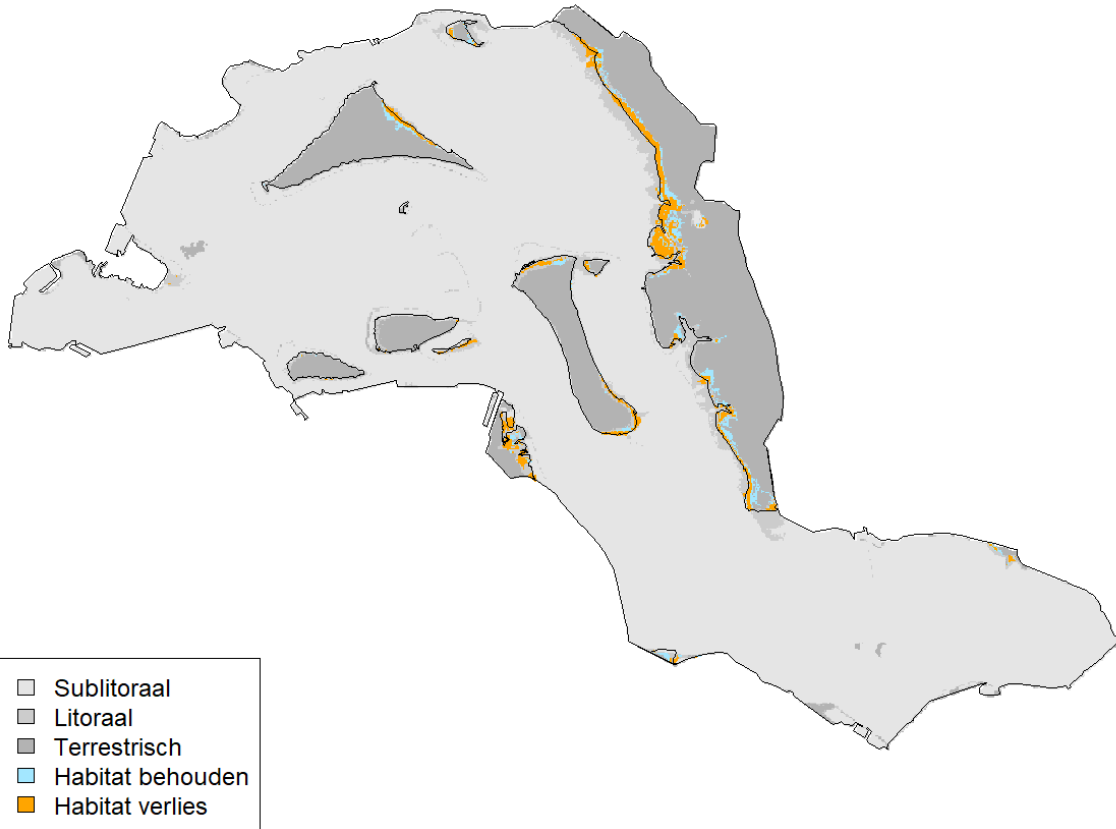
- Sublitoraal
- Litoraal
- Terrestrisch
- Habitat behouden
- Habitat verlies

H1310A Zilte pionierbegroeiingen (zeekraal) Run: Basis +S

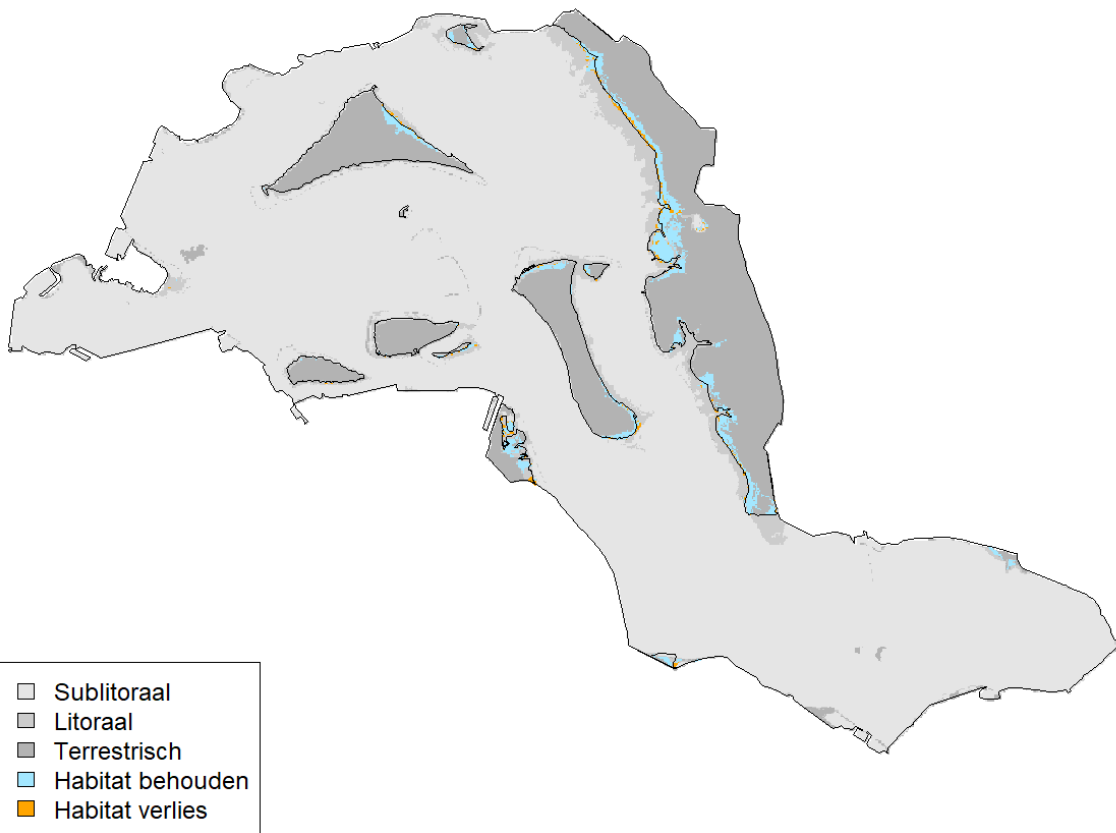


- Sublitoraal
- Litoraal
- Terrestrisch
- Habitat behouden
- Habitat verlies

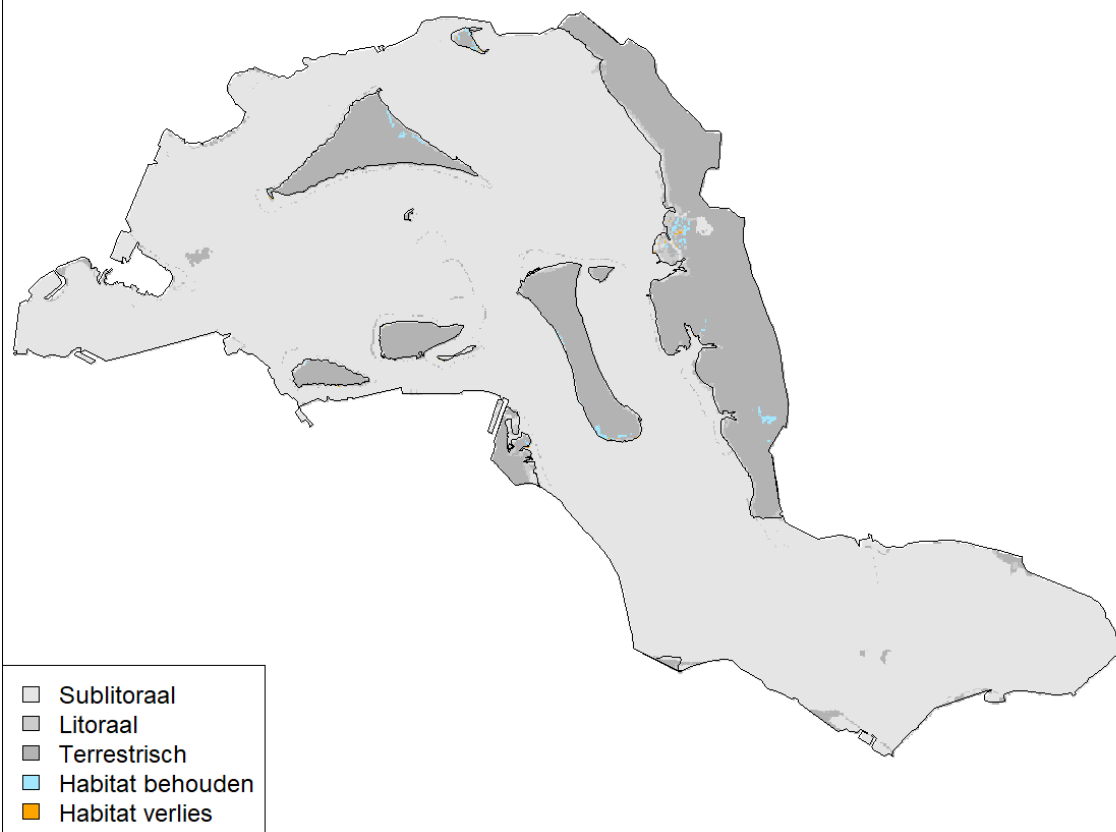
H1310A Zilte pionierbegroeiingen (zeekraal) Run: RGV scenario



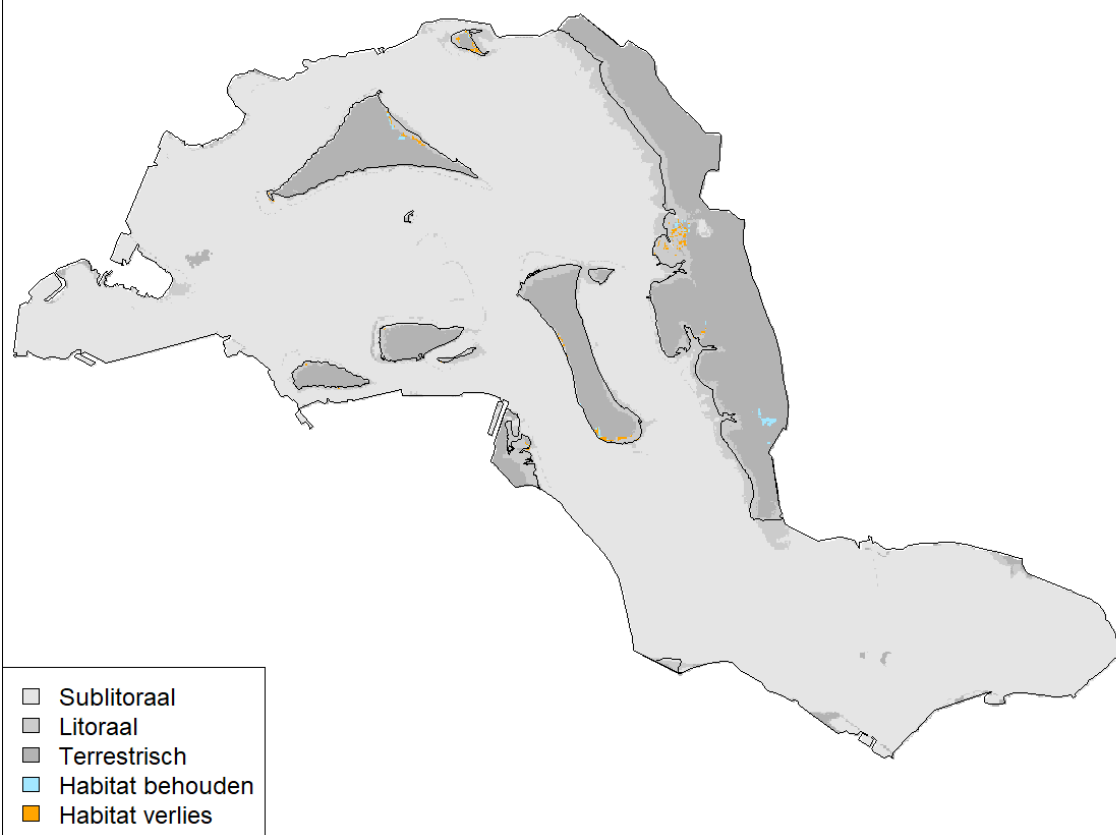
H1310A Zilte pionierbegroeiingen (zeekraal) Run: Tussenscenario +B +W



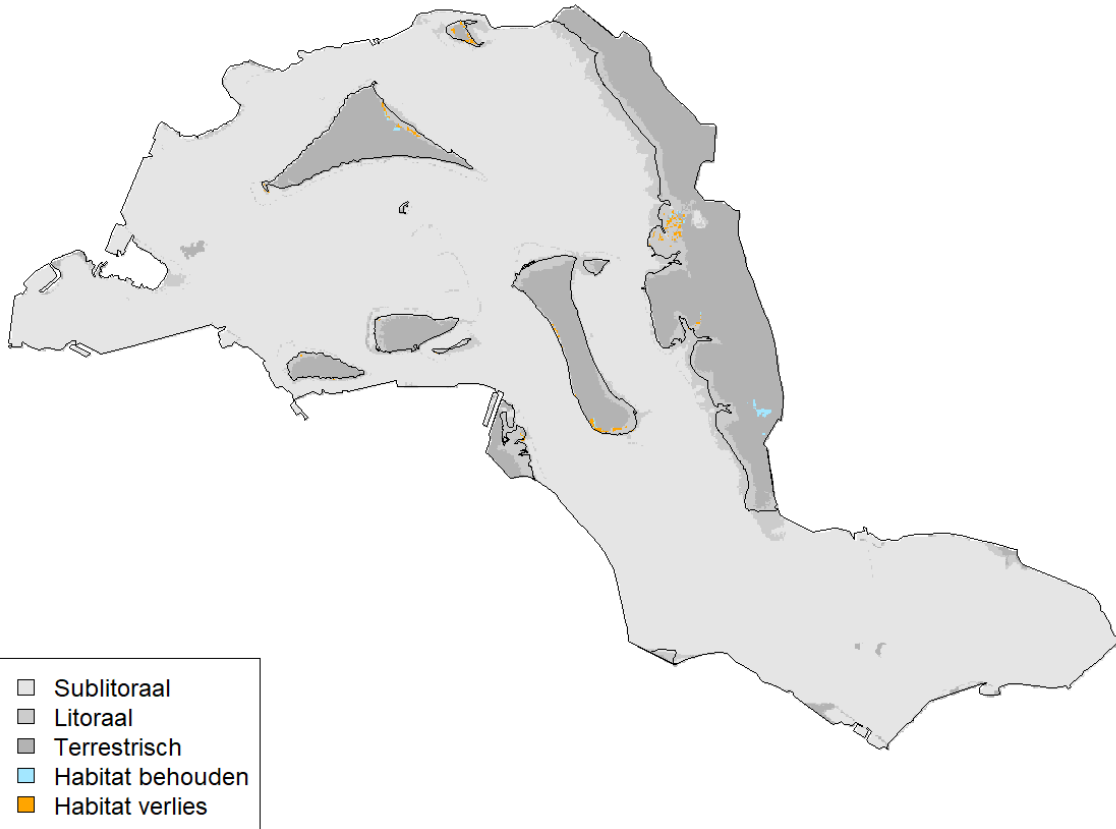
H1310B Zilte pionierbegroeiingen (zeevetmuur) Run: Autonom



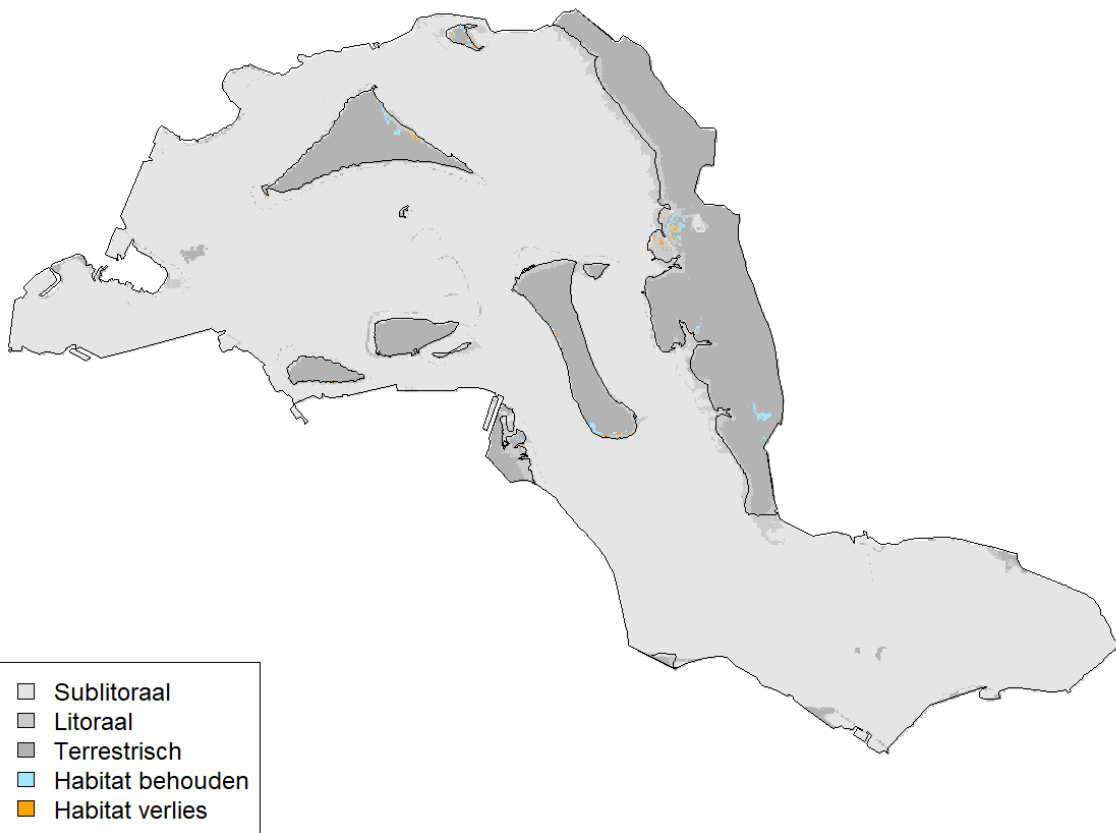
H1310B Zilte pionierbegroeiingen (zeevetmuur) Run: Basisscenario



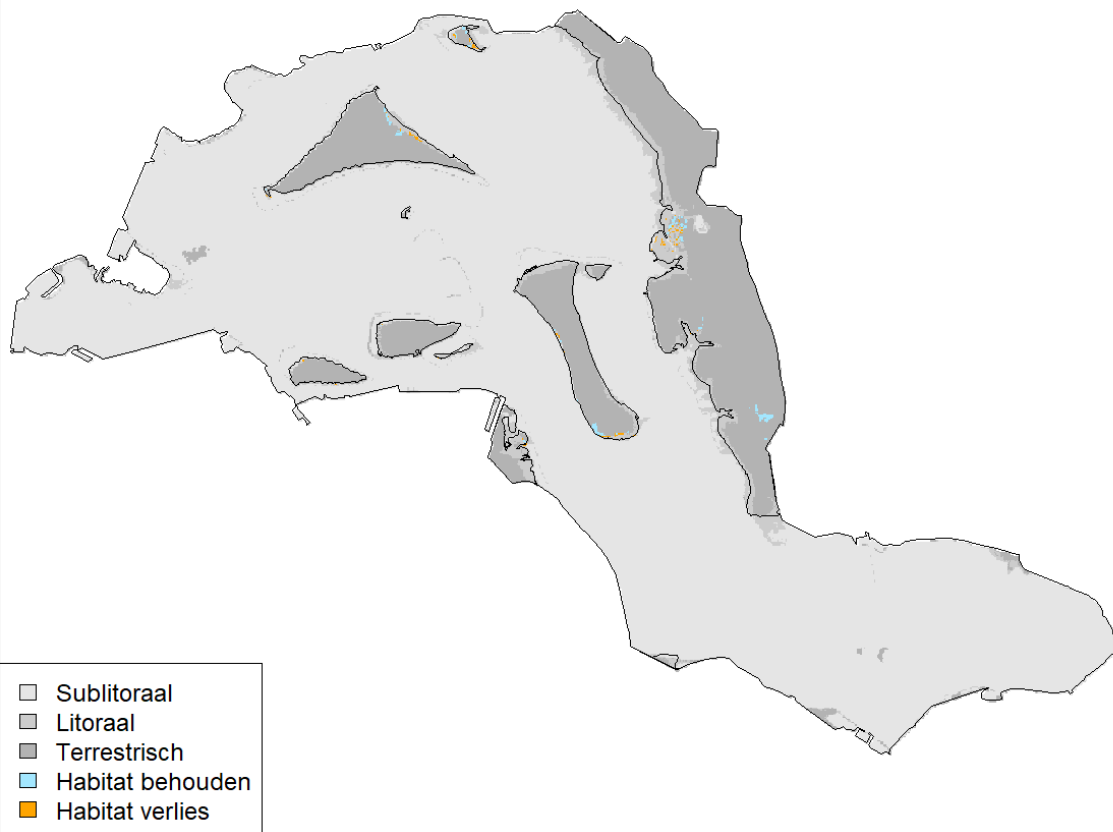
H1310B Zilte pionierbegroeiingen (zeevetmuur) Run: Basis +B +W



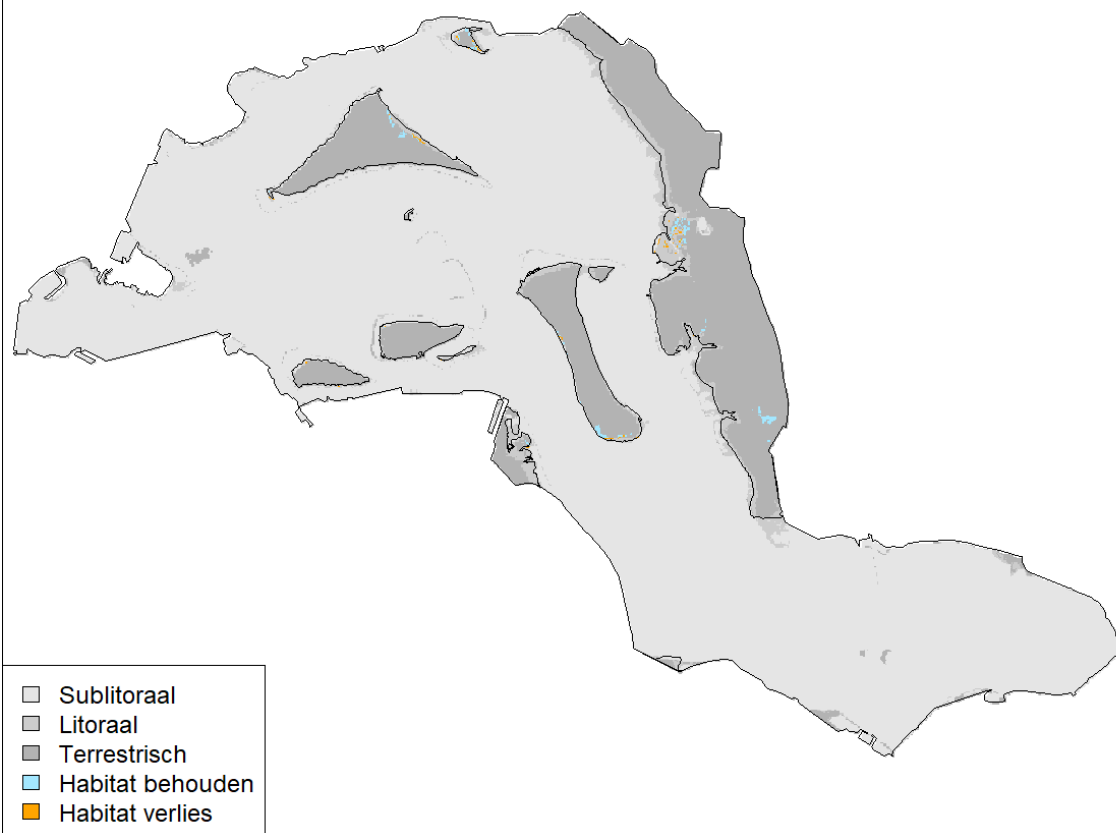
H1310B Zilte pionierbegroeiingen (zeevetmuur) Run: Verminderd getij



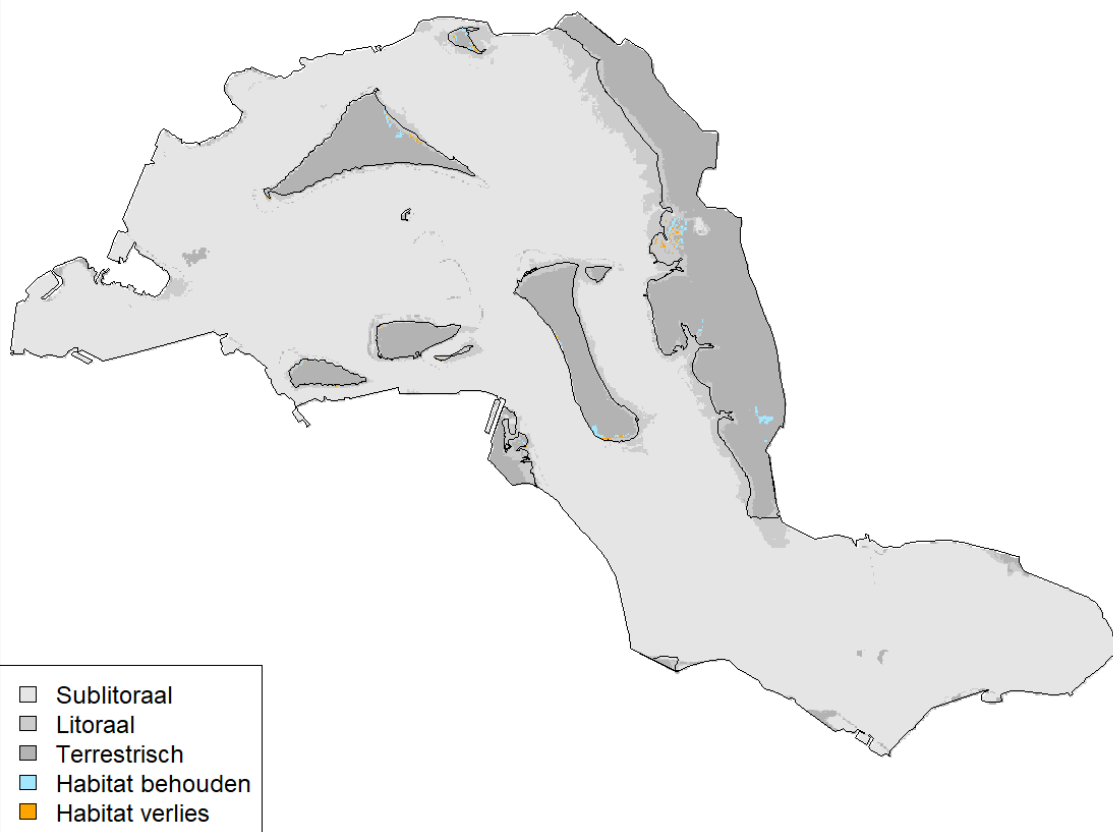
H1310B Zilte pionierbegroeiingen (zeevetmuur) Run: Verminderd getij +B +W



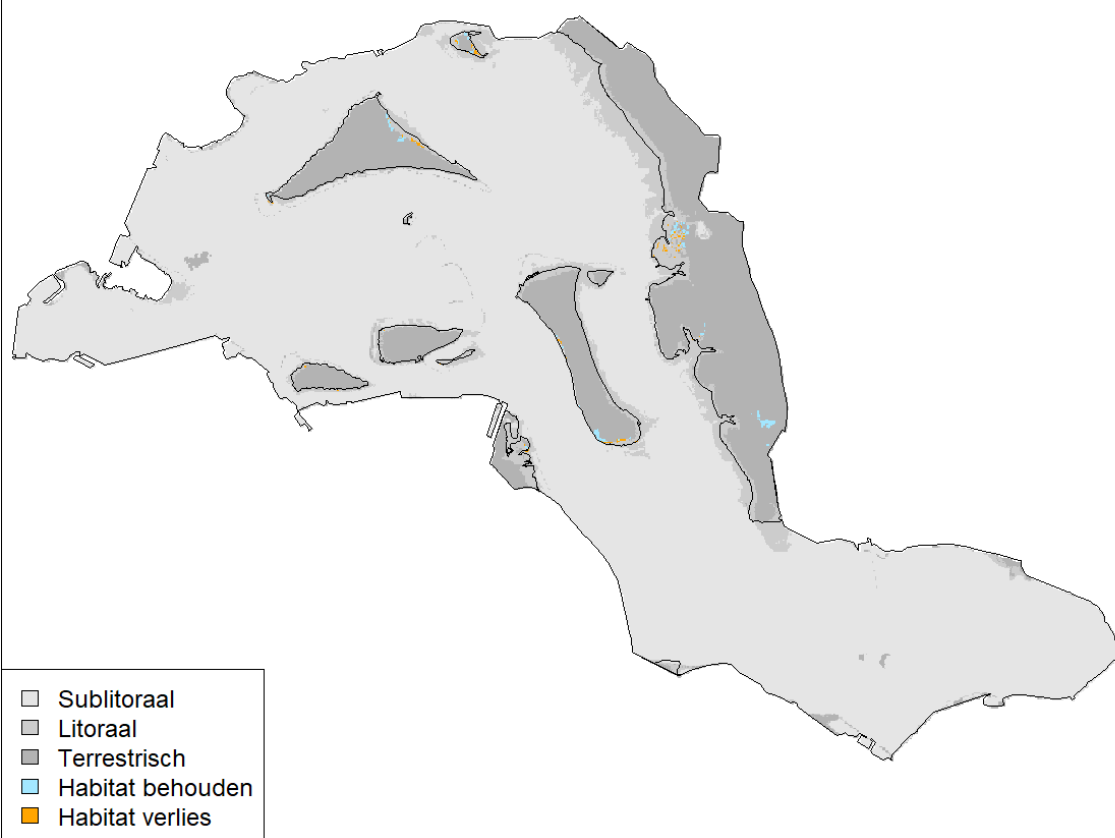
H1310B Zilte pionierbegroeiingen (zeevetmuur) Run: Verminderd getij +S



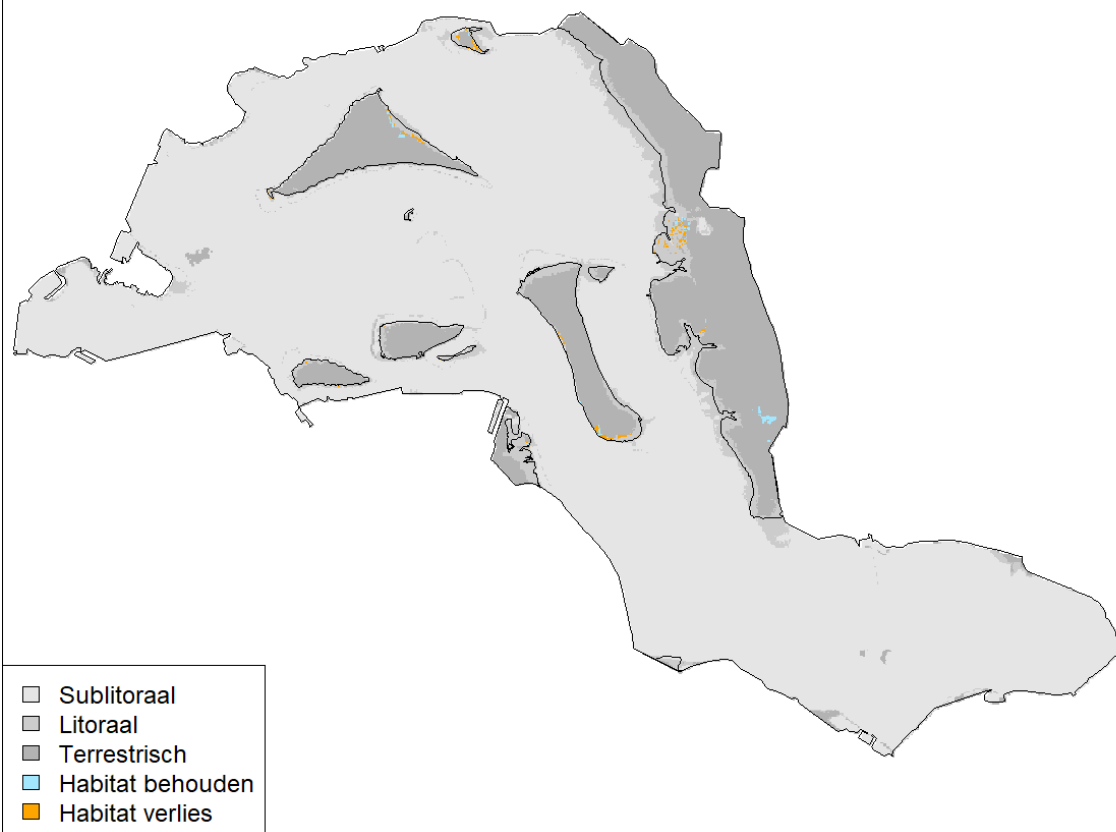
H1310B Zilte pionierbegroeiingen (zeevetmuur) Run: Verlaagd middenpeil



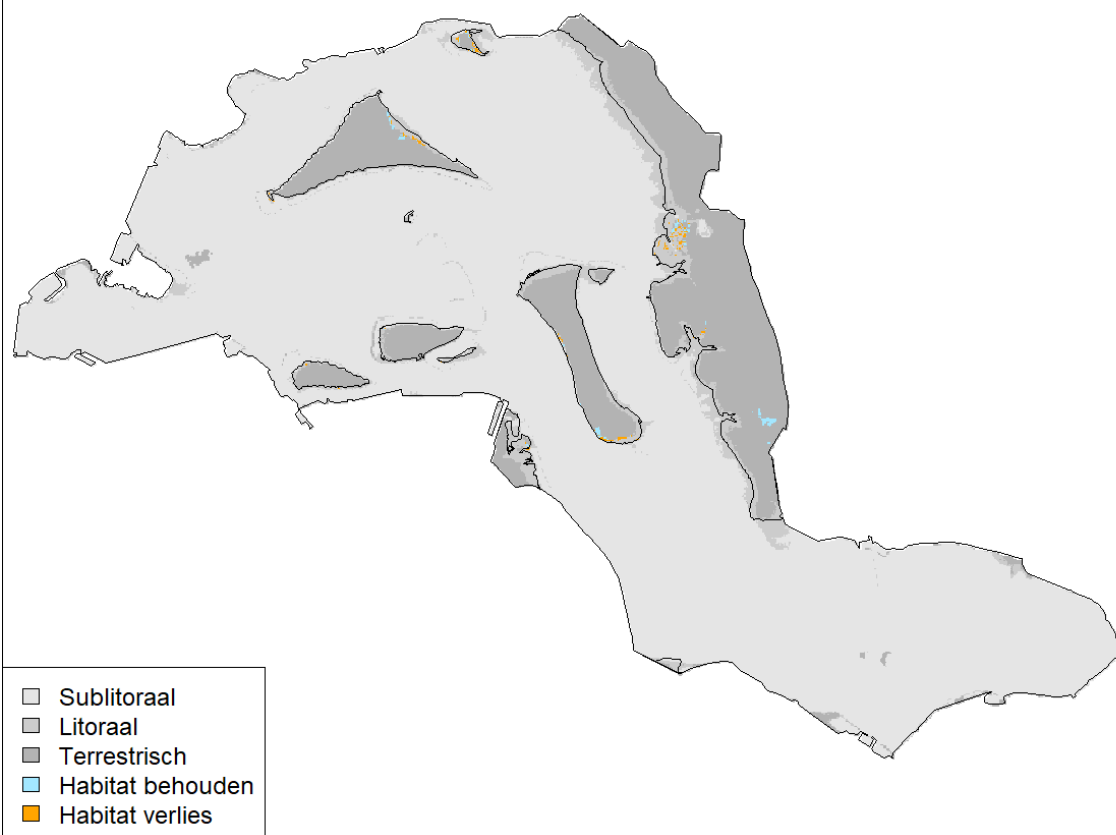
H1310B Zilte pionierbegroeiingen (zeevetmuur) Run: Verlaagd middenpeil +B +W



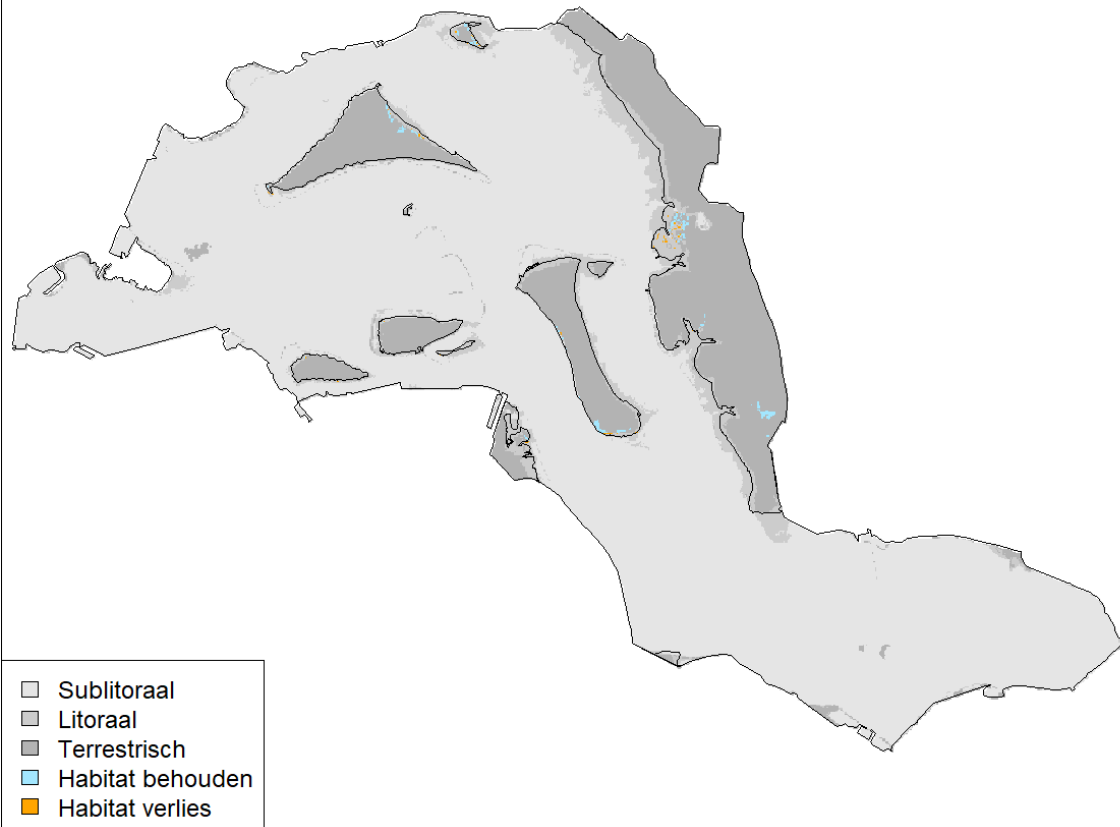
H1310B Zilte pionierbegroeiingen (zeevetmuur) Run: Basis +S



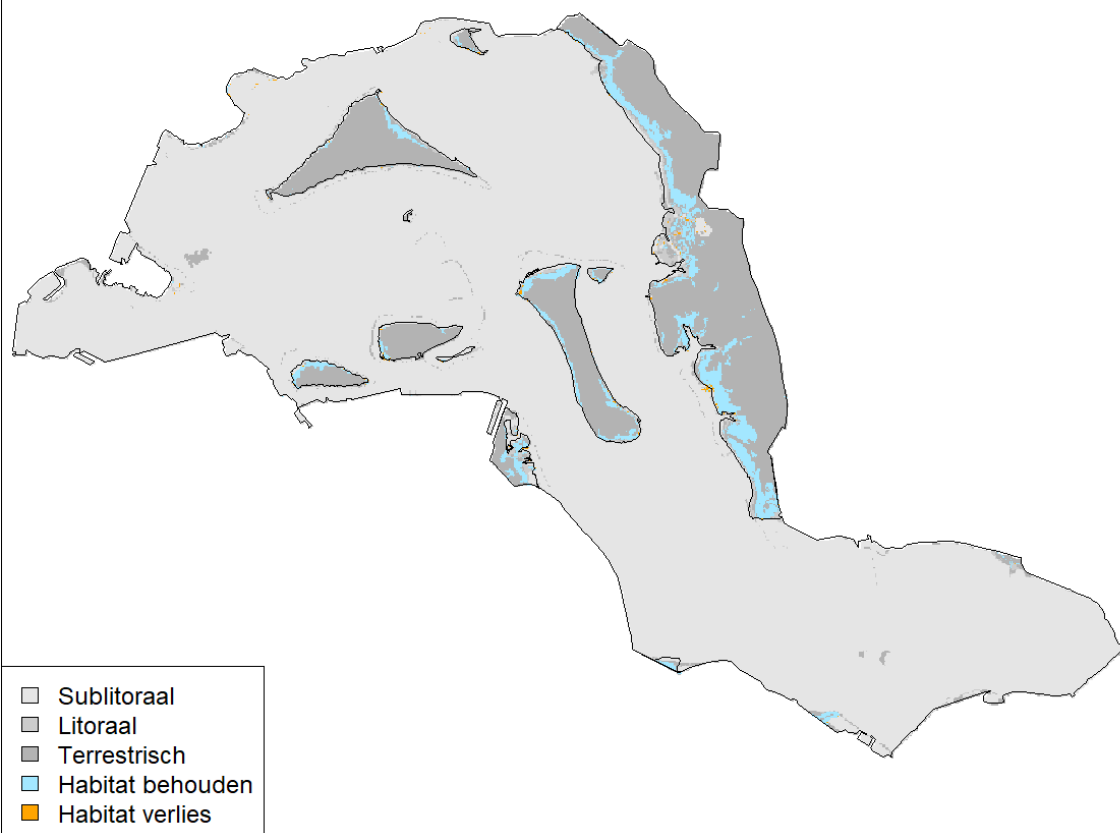
H1310B Zilte pionierbegroeiingen (zeevetmuur) Run: RGV scenario



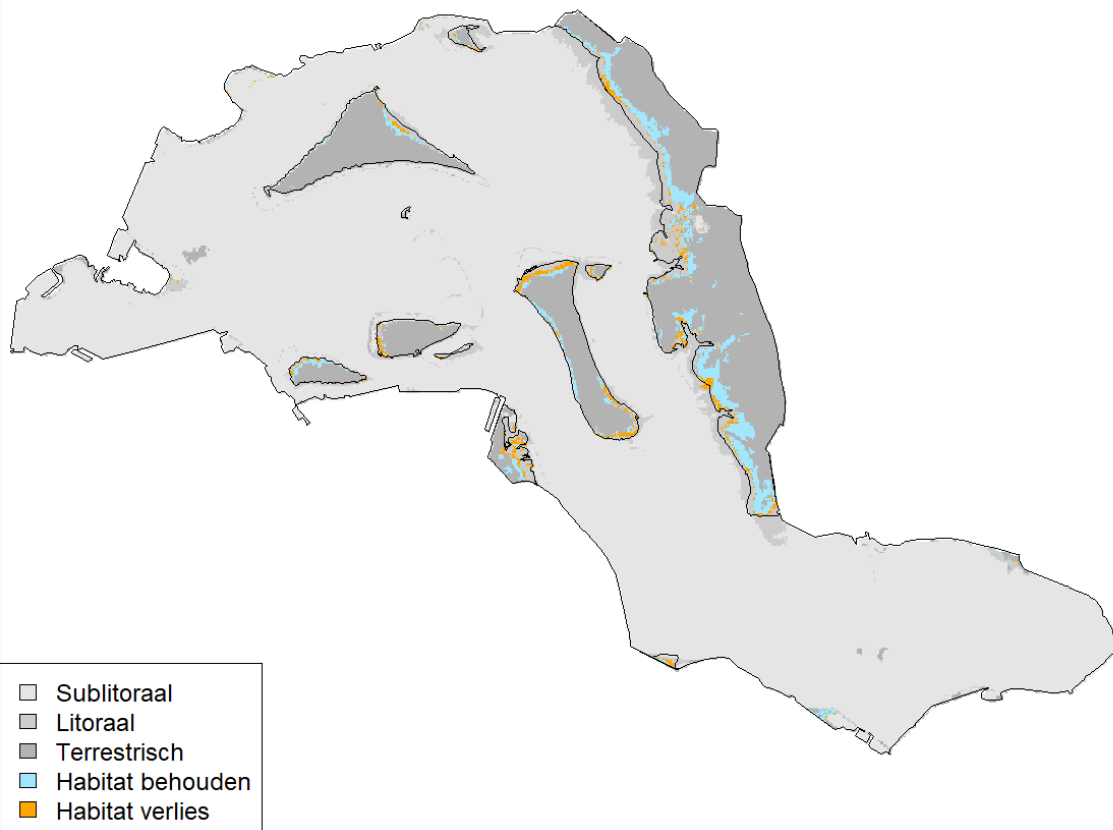
H1310B Zilte pionierbegroeiingen (zeevetmuur) Run: Tussenscenario +B +W



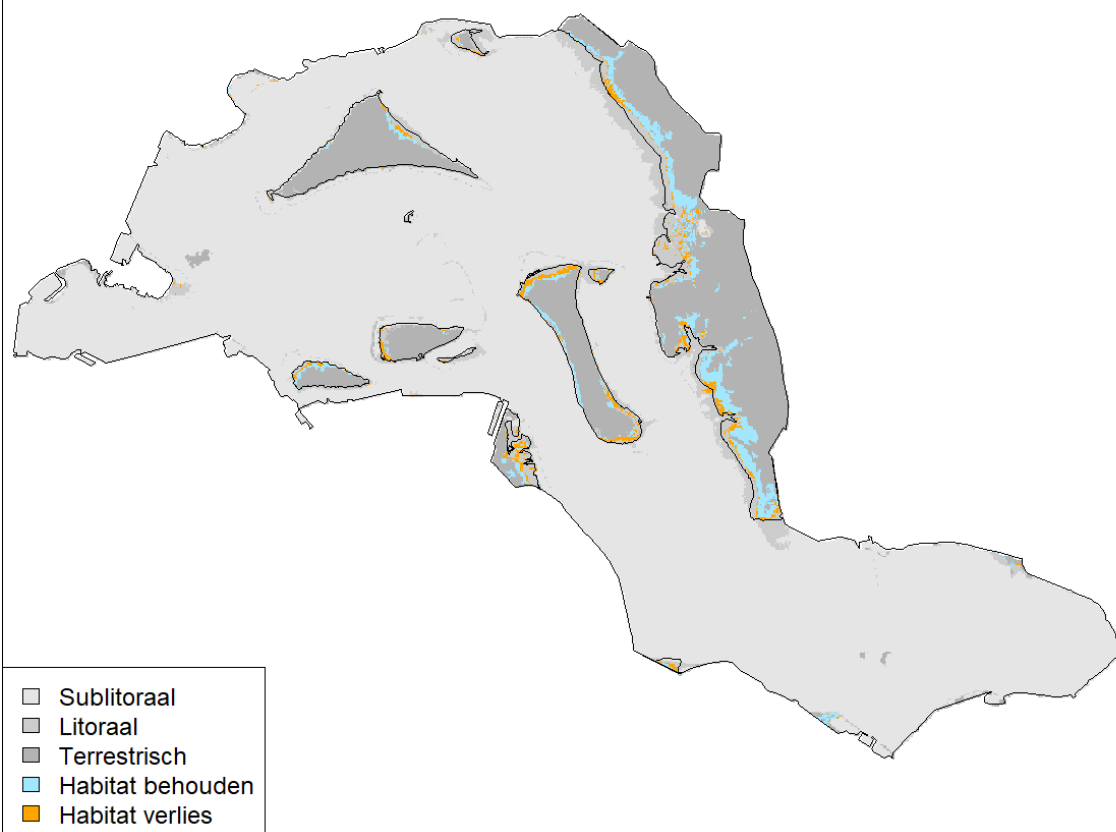
H1330B Schorren en zilte graslanden (binnendijks) Run: Autonoom



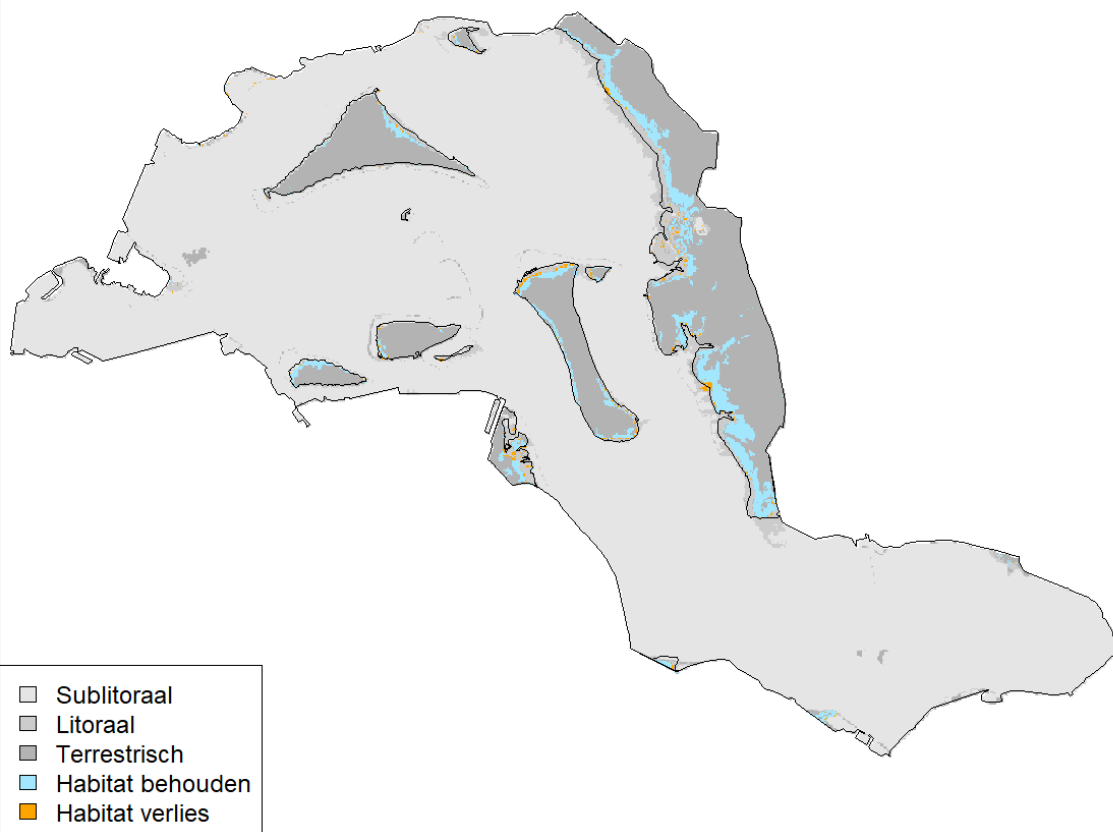
H1330B Schorren en zilte graslanden (binnendijks) Run: Basisscenario



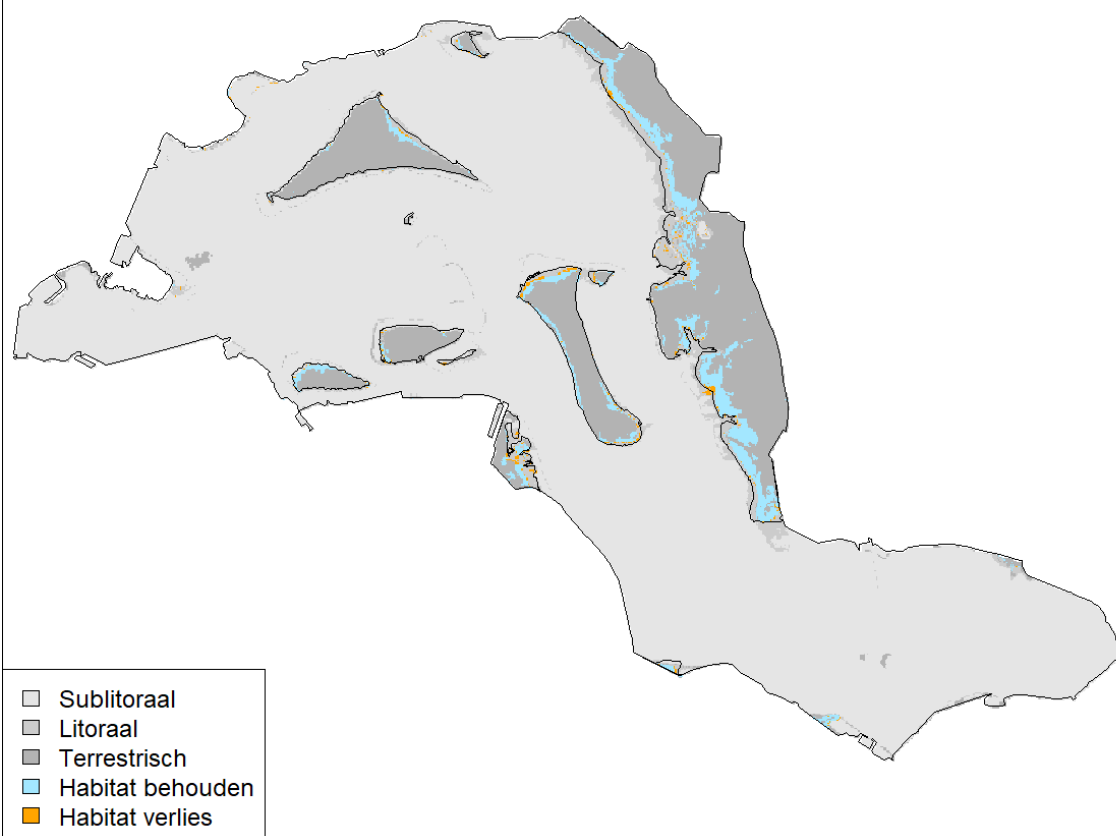
H1330B Schorren en zilte graslanden (binnendijks) Run: Basis +B +W



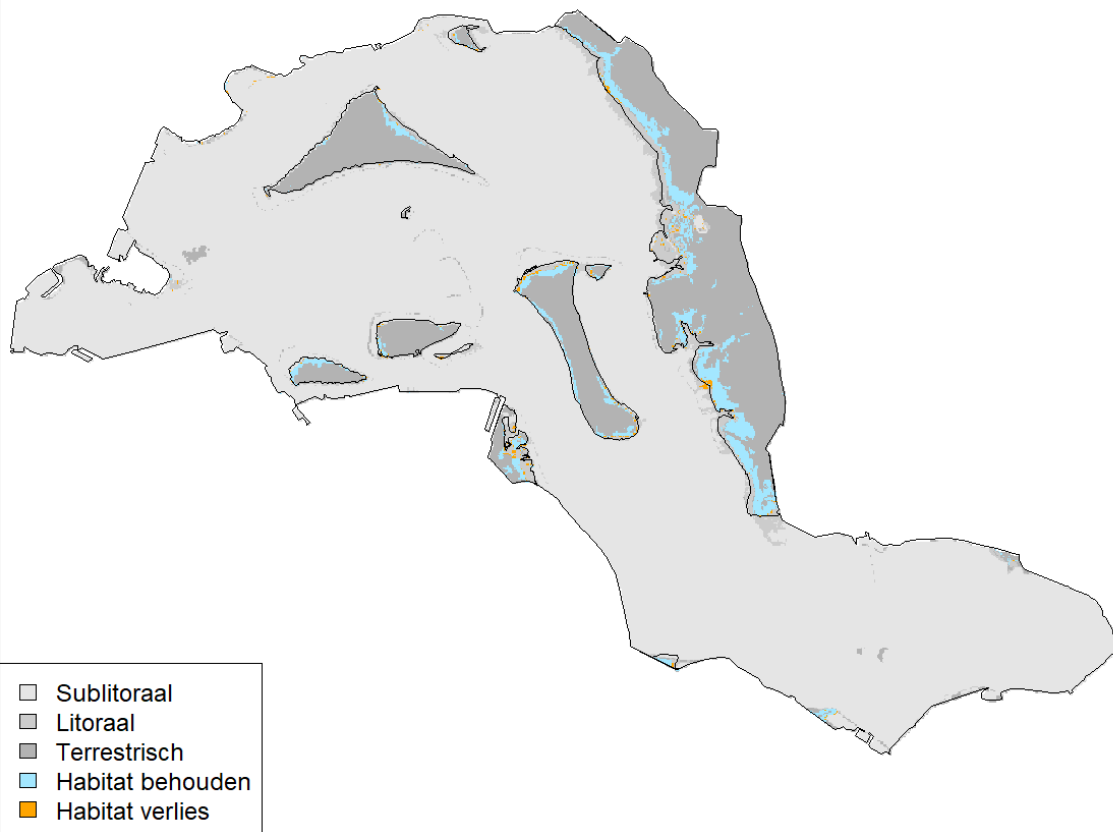
H1330B Schorren en zilte graslanden (binnendijks) Run: Verminderd getij



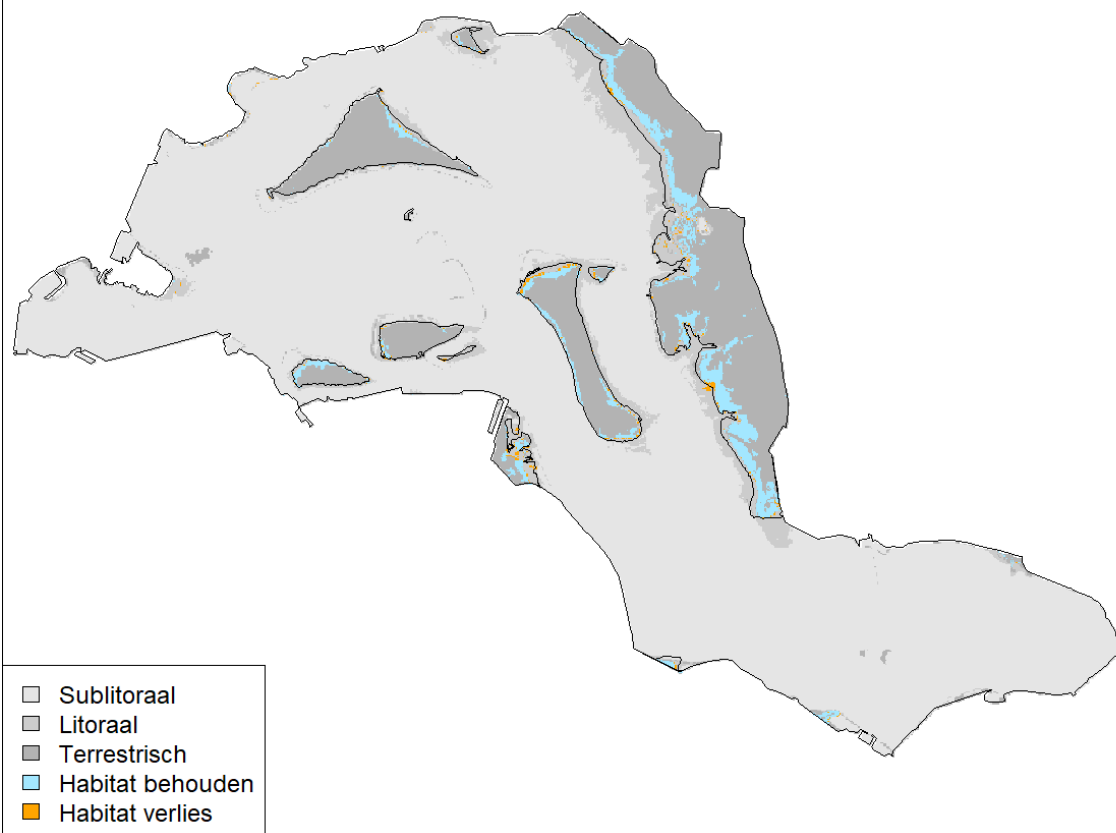
H1330B Schorren en zilte graslanden (binnendijks) Run: Verminderd getij +B +W



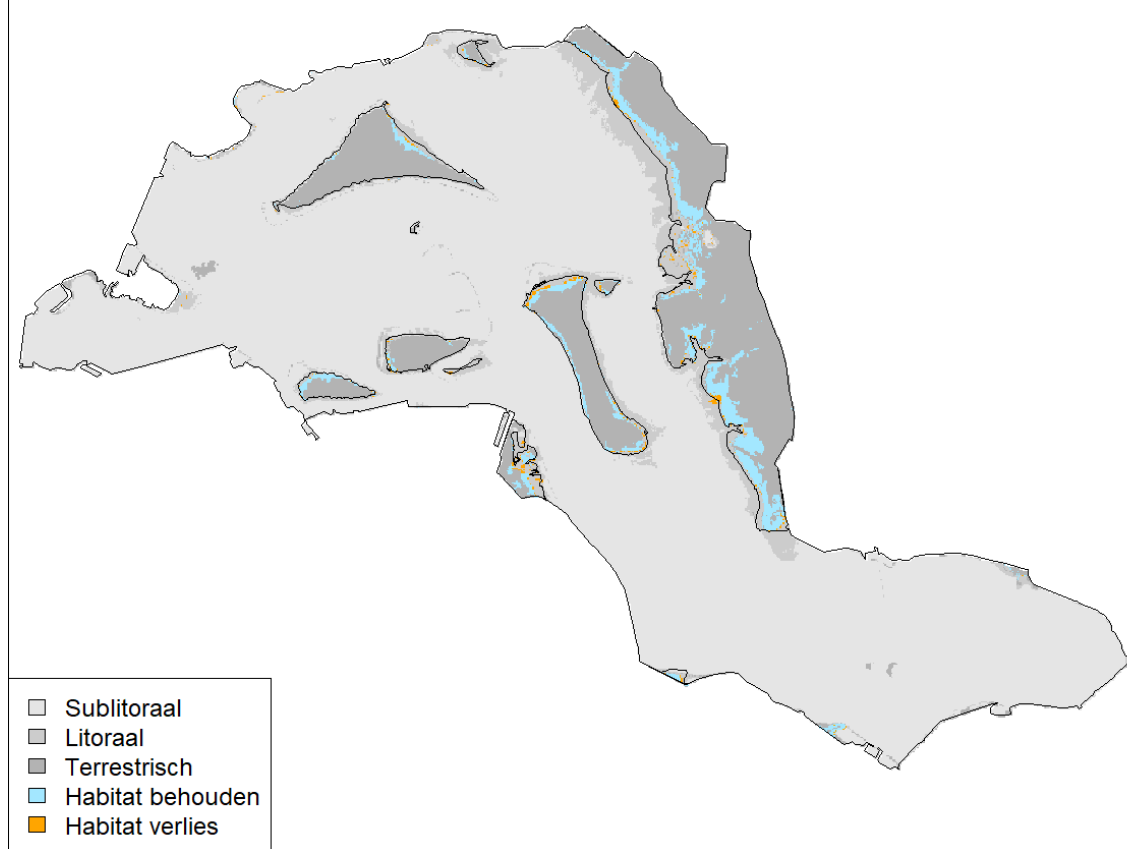
H1330B Schorren en zilte graslanden (binnendijks) Run: Verminderd getij +S



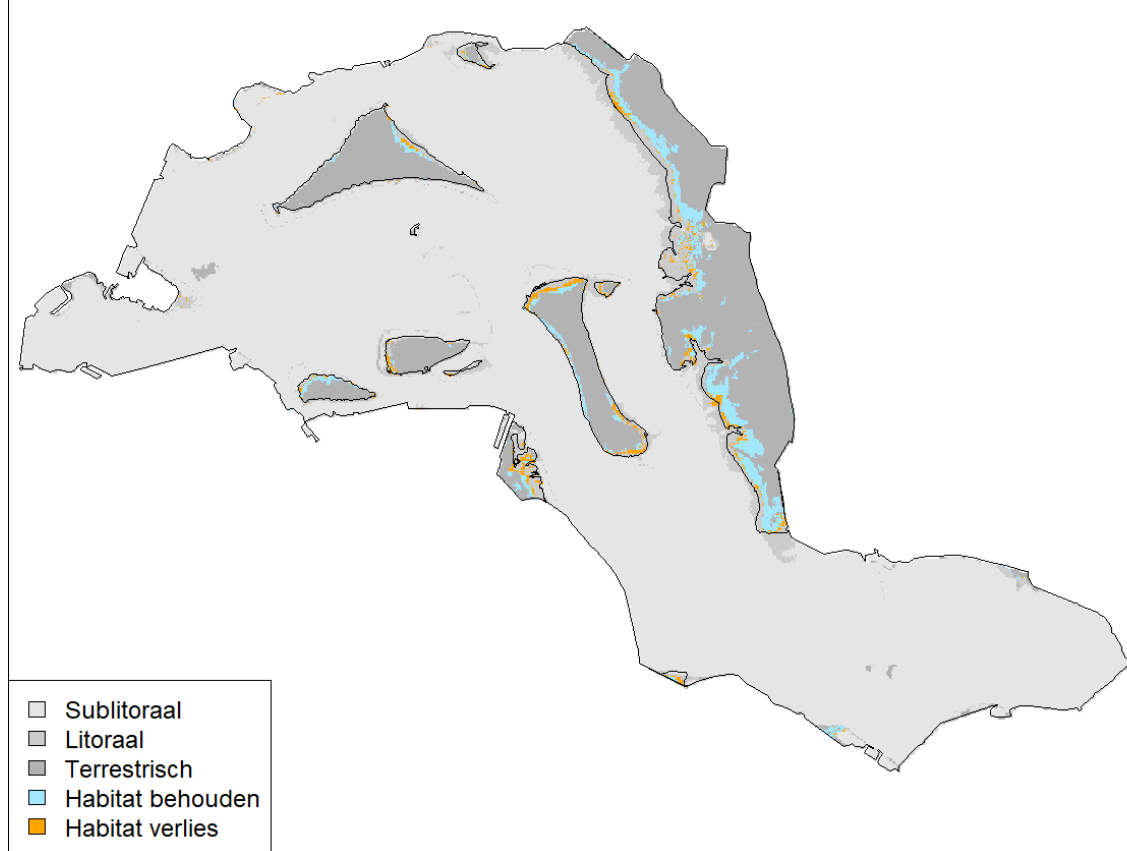
H1330B Schorren en zilte graslanden (binnendijks) Run: Verlaagd middenpeil



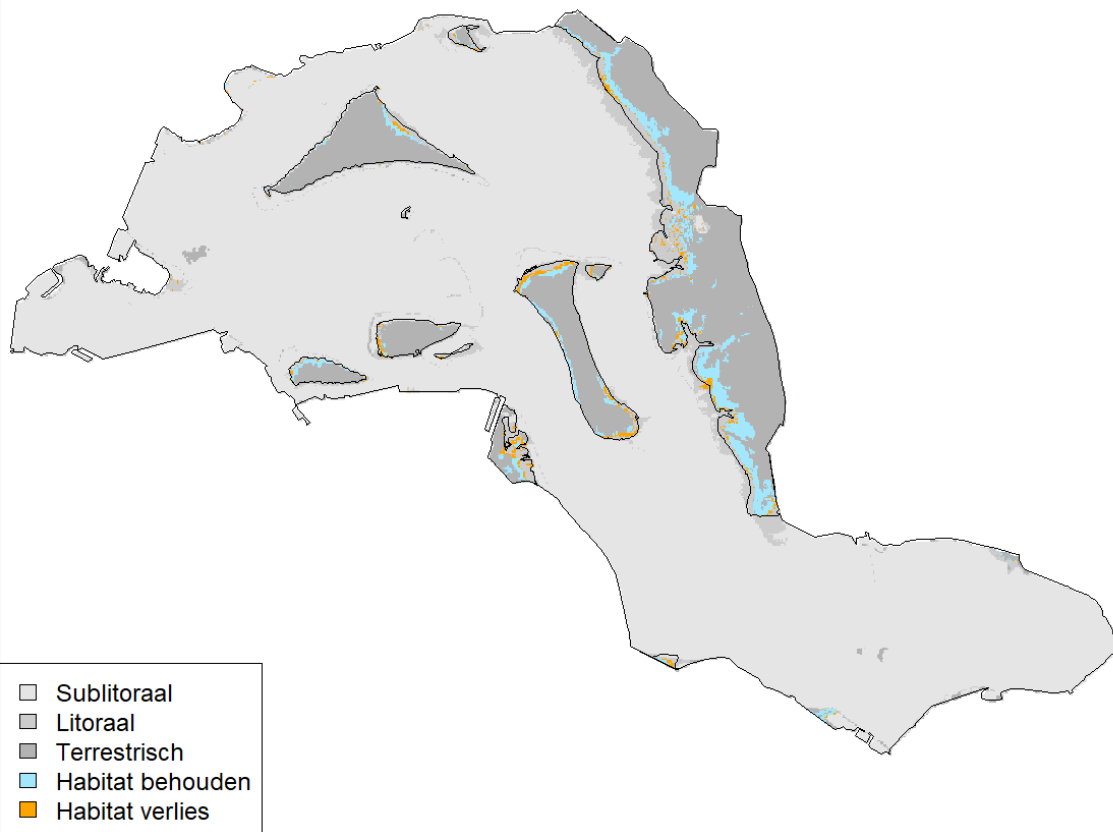
H1330B Schorren en zilte graslanden (binnendijks) Run: Verlaagd middenpeil +B +W



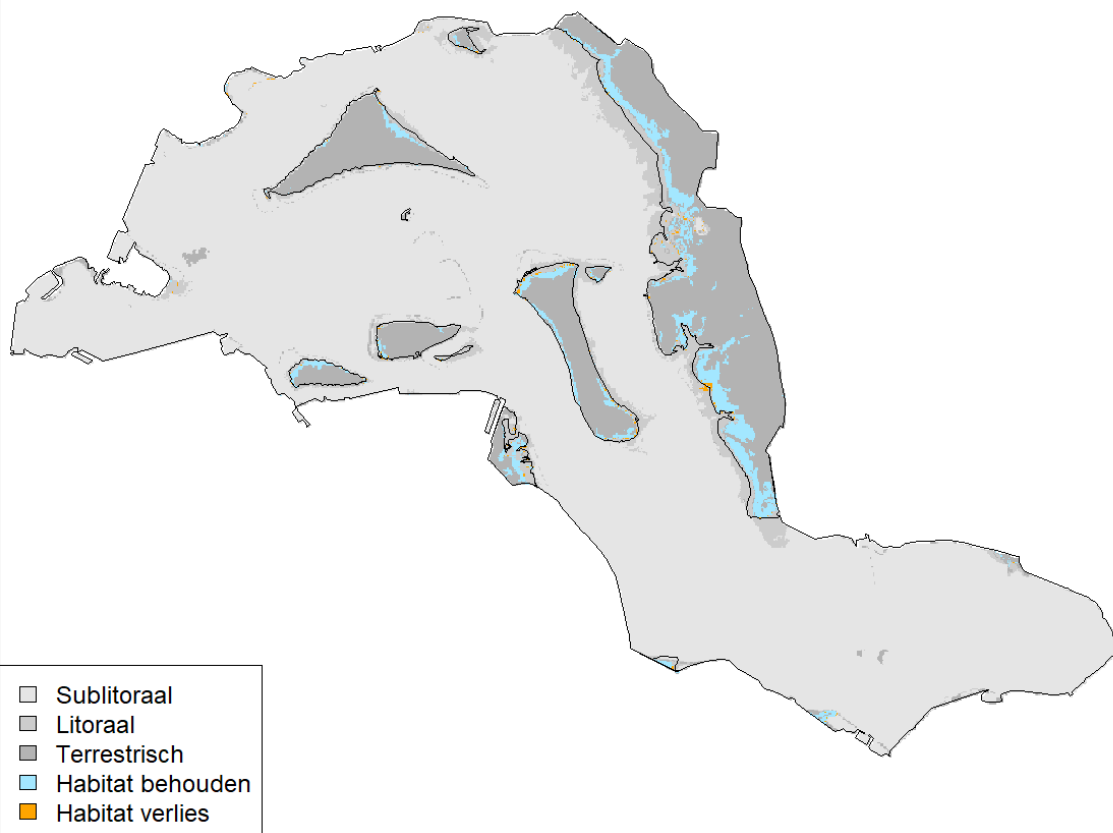
H1330B Schorren en zilte graslanden (binnendijks) Run: Basis +S



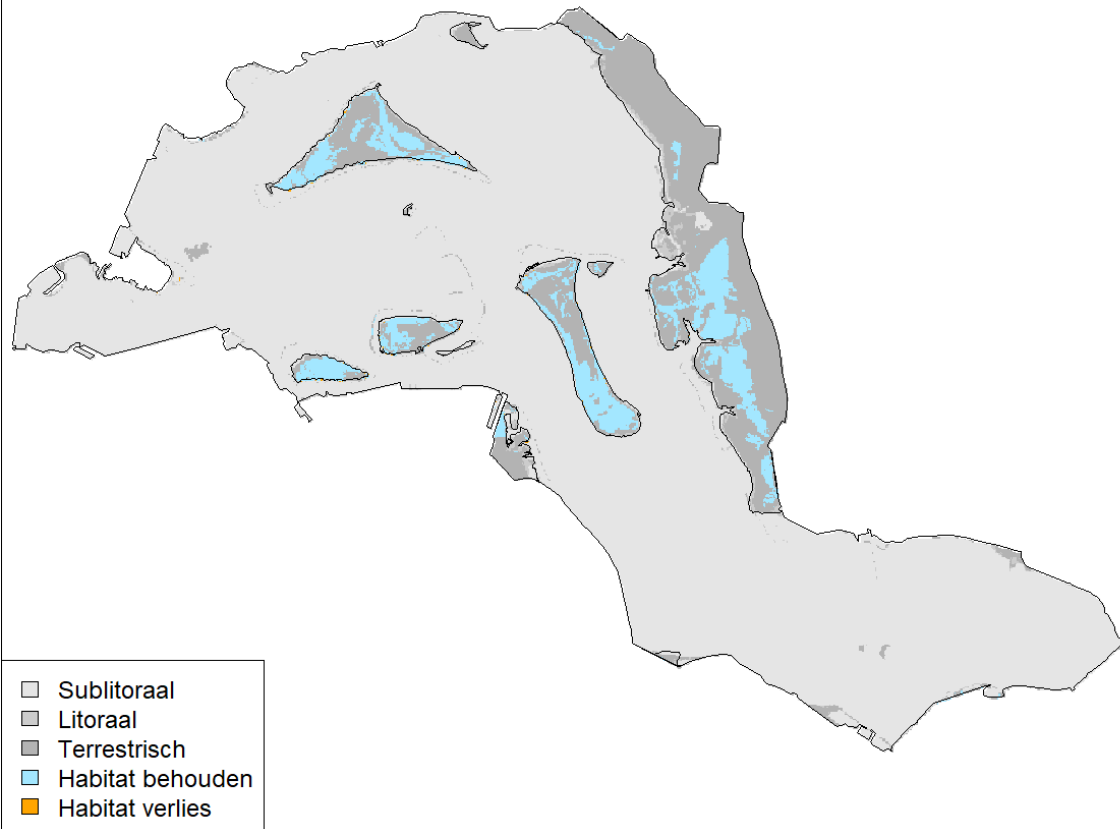
H1330B Schorren en zilte graslanden (binnendijks) Run: RGV scenario



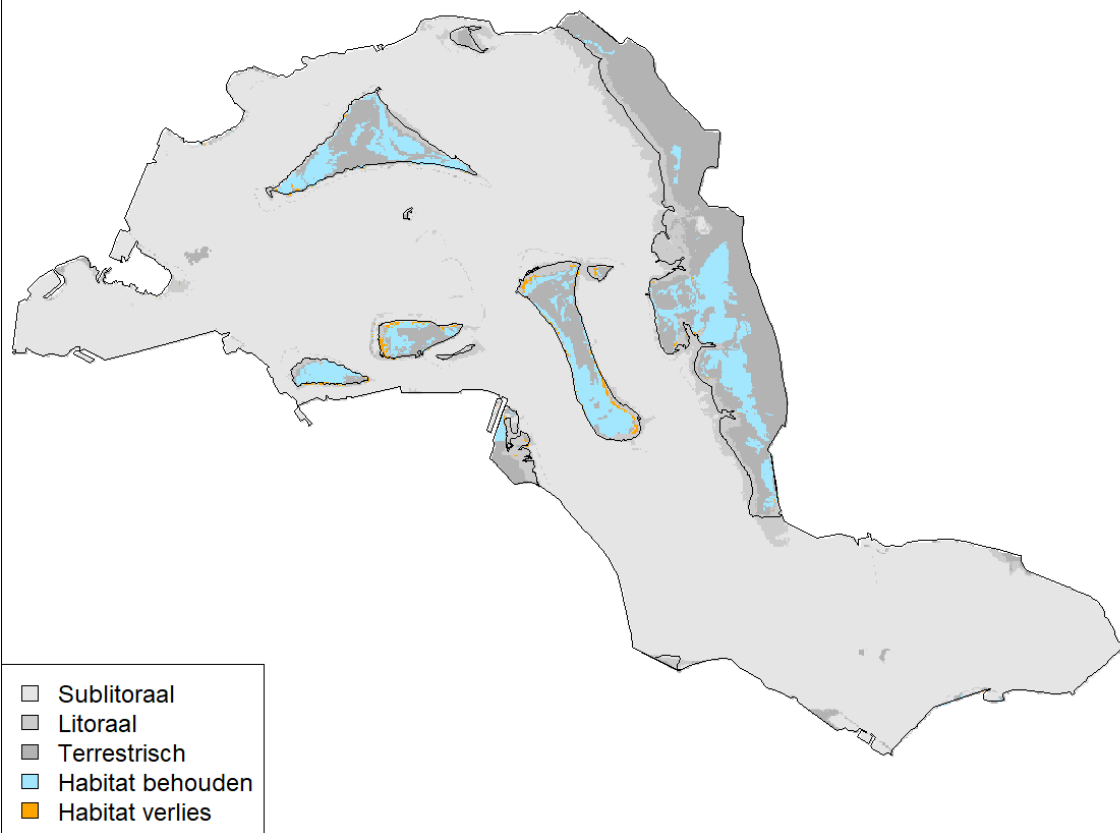
H1330B Schorren en zilte graslanden (binnendijks) Run: Tussenscenario +B +W



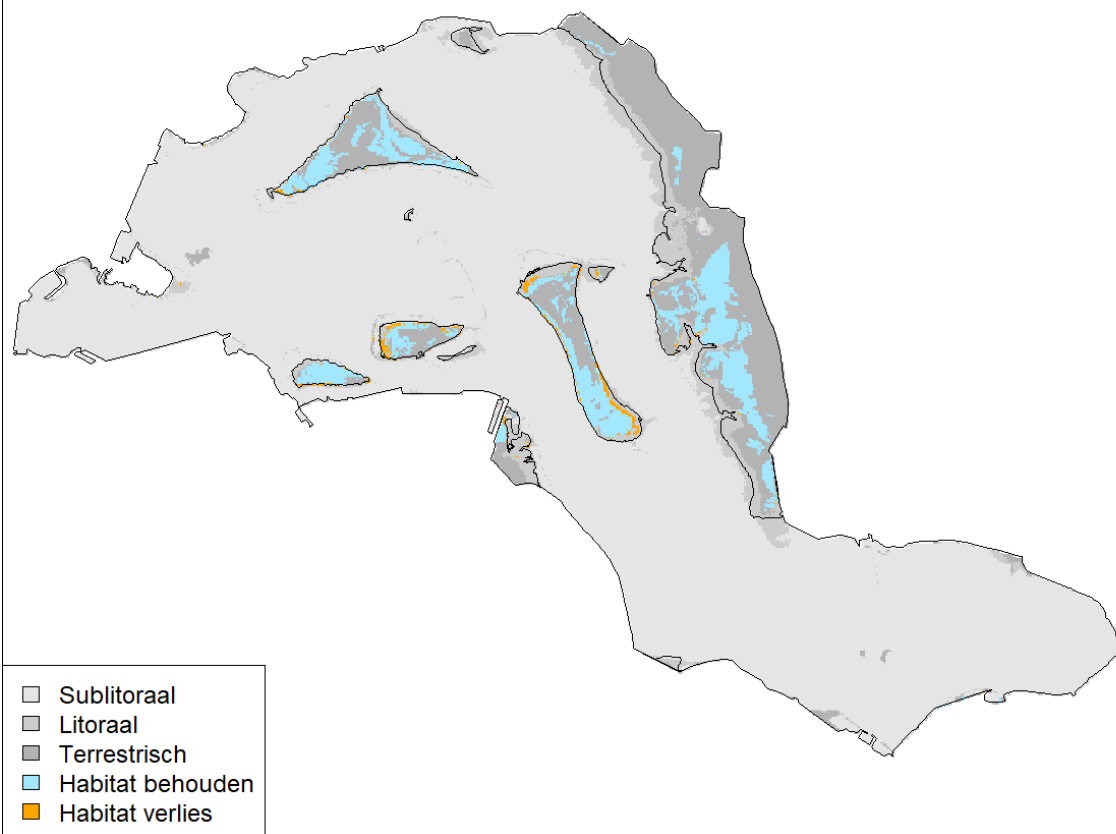
H2190B Vochtige duinvaleien (kalkrijk) Run: Autonom



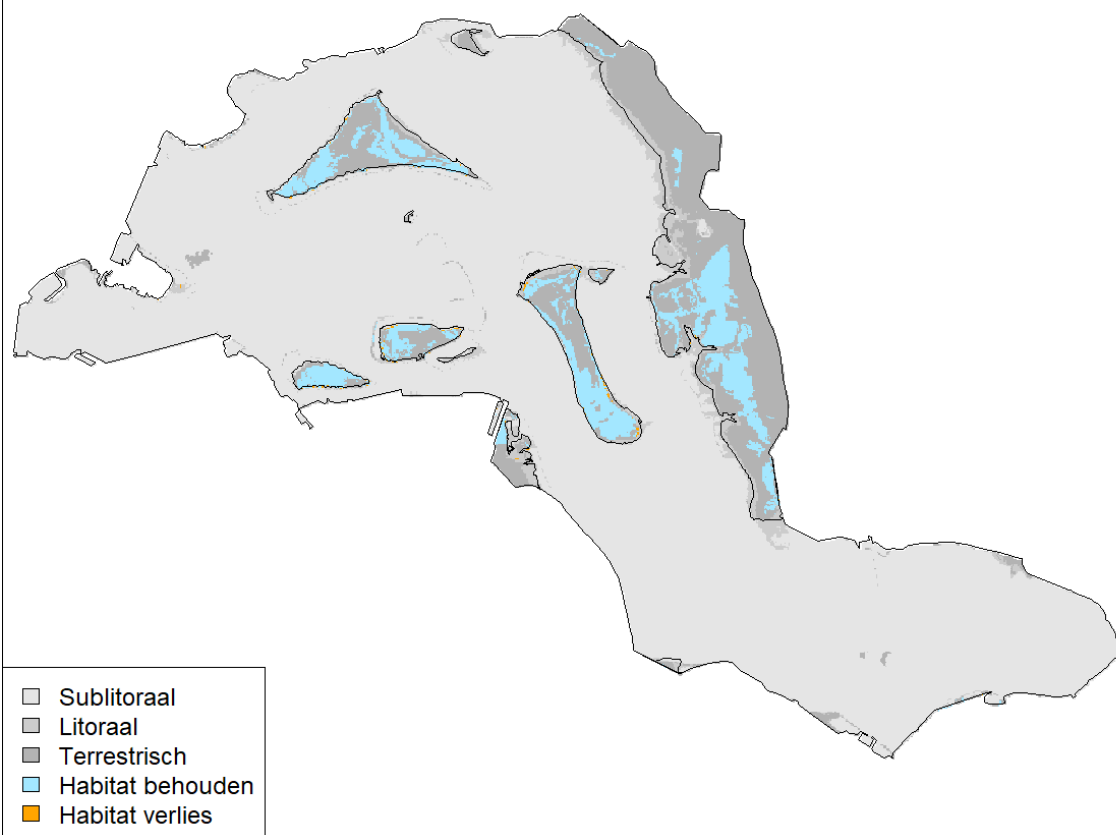
H2190B Vochtige duinvaleien (kalkrijk) Run: Basisscenario



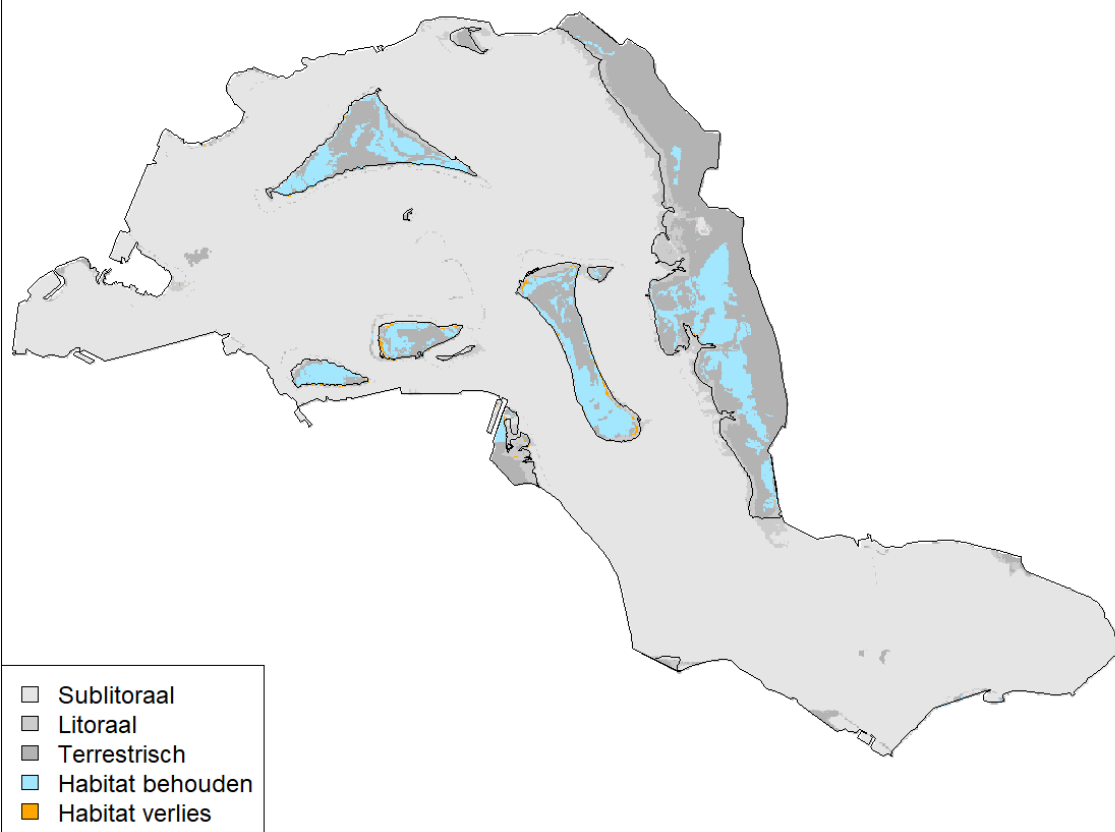
H2190B Vochtige duinvalleien (kalkrijk) Run: Basis +B +W



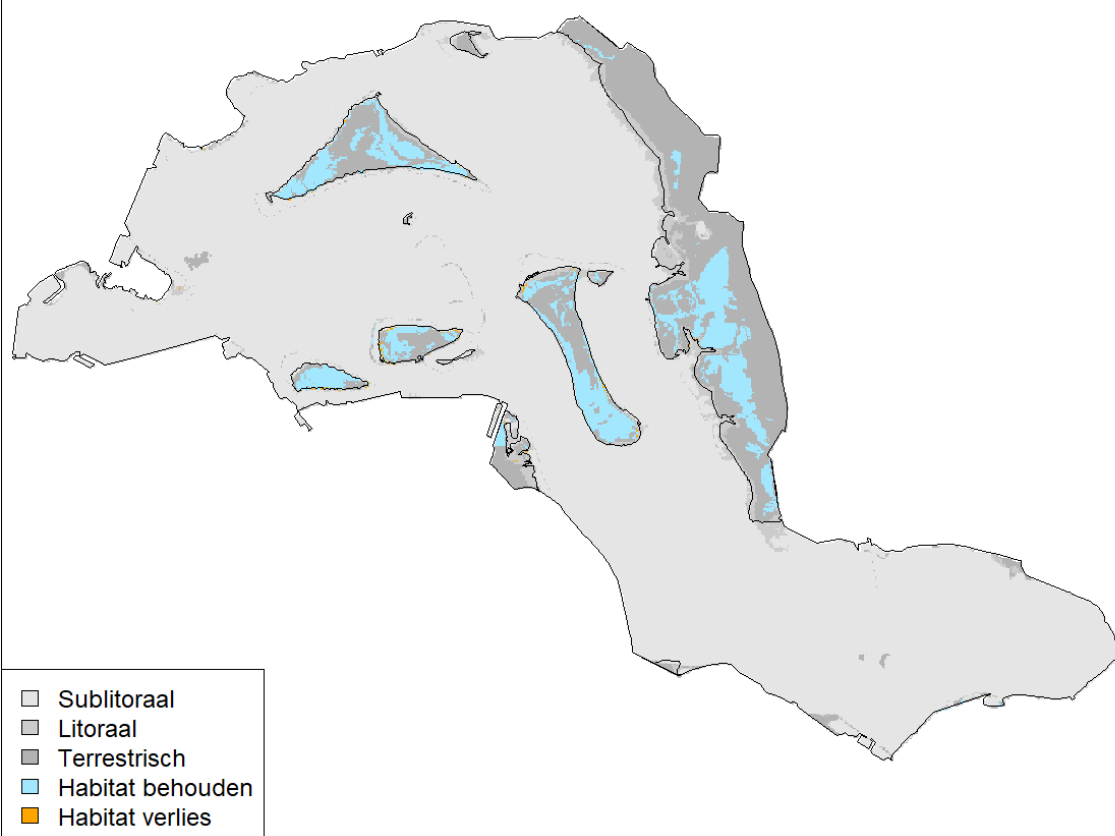
H2190B Vochtige duinvalleien (kalkrijk) Run: Verminderd getij



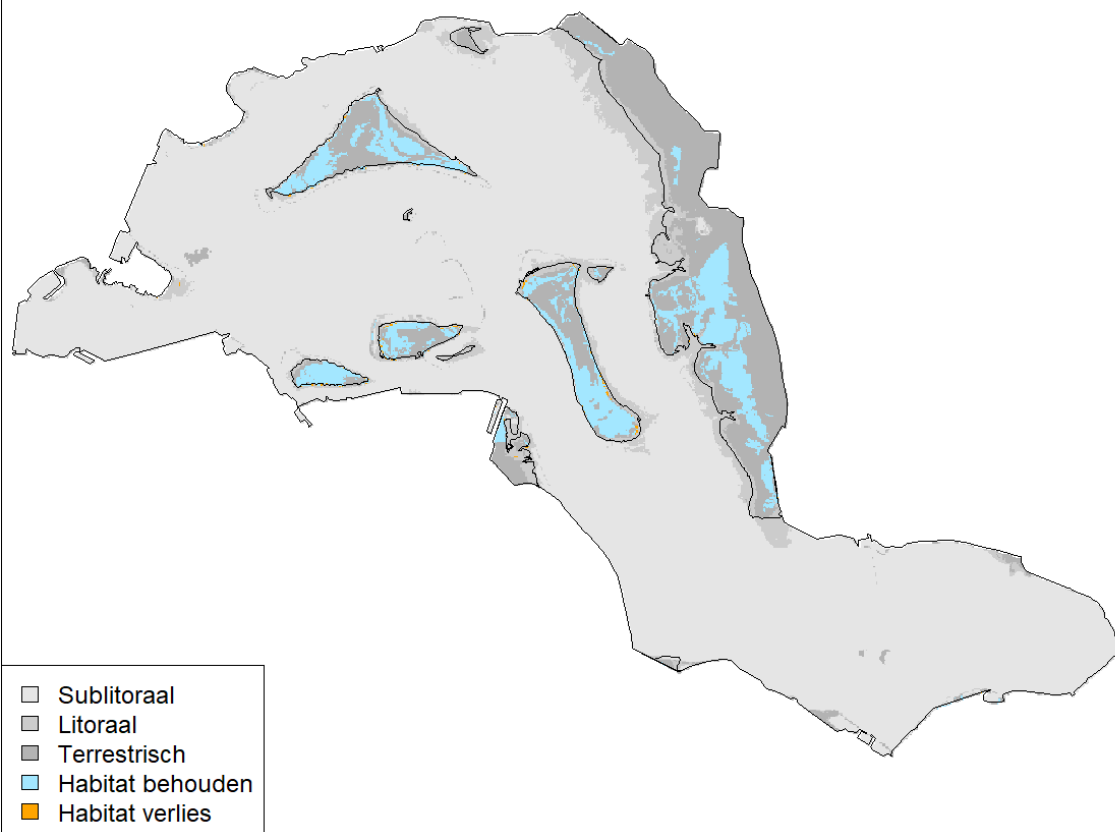
H2190B Vochtige duinvalleien (kalkrijk) Run: Verminderd getij +B +W



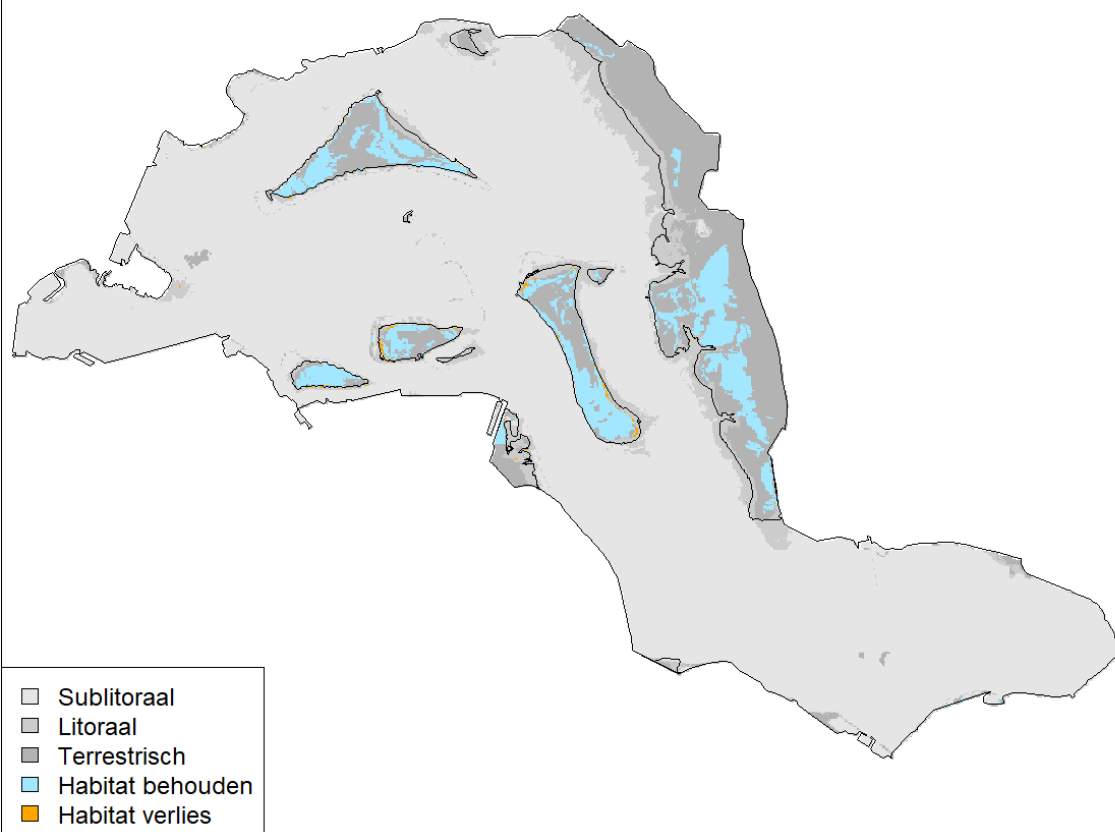
H2190B Vochtige duinvalleien (kalkrijk) Run: Verminderd getij +S



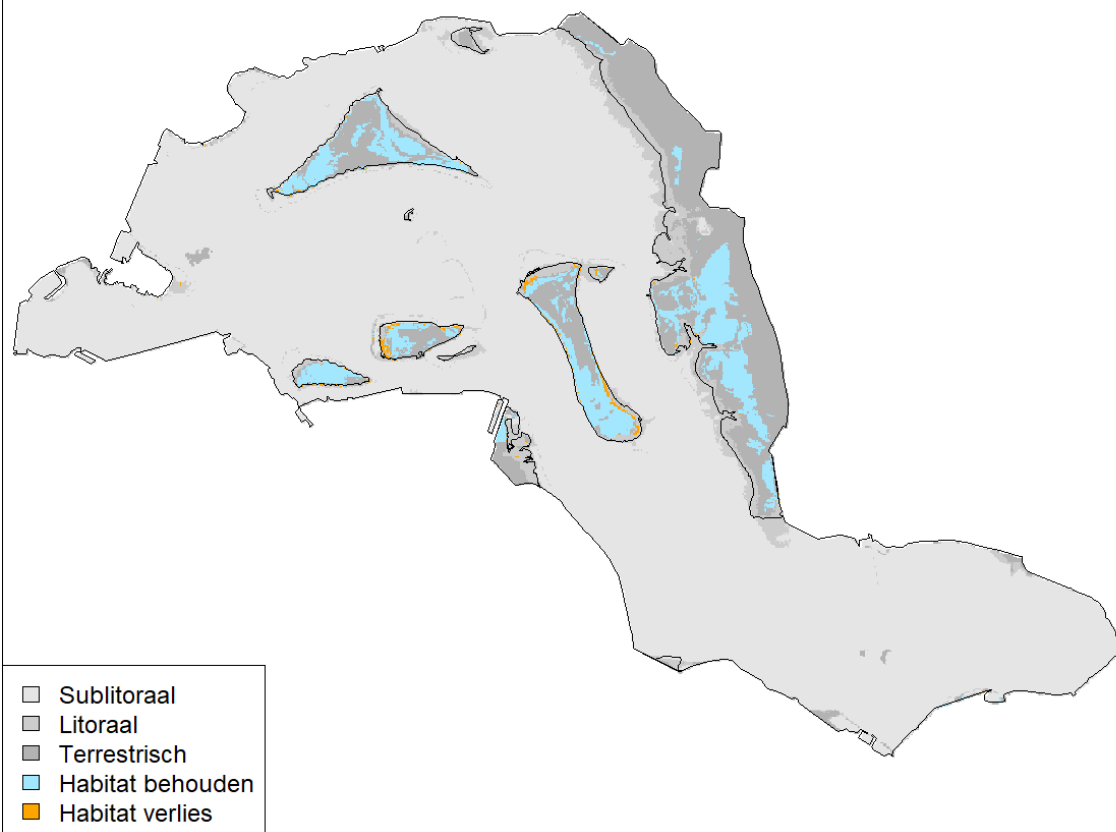
H2190B Vochtige duinvalleien (kalkrijk) Run: Verlaagd middenpeil



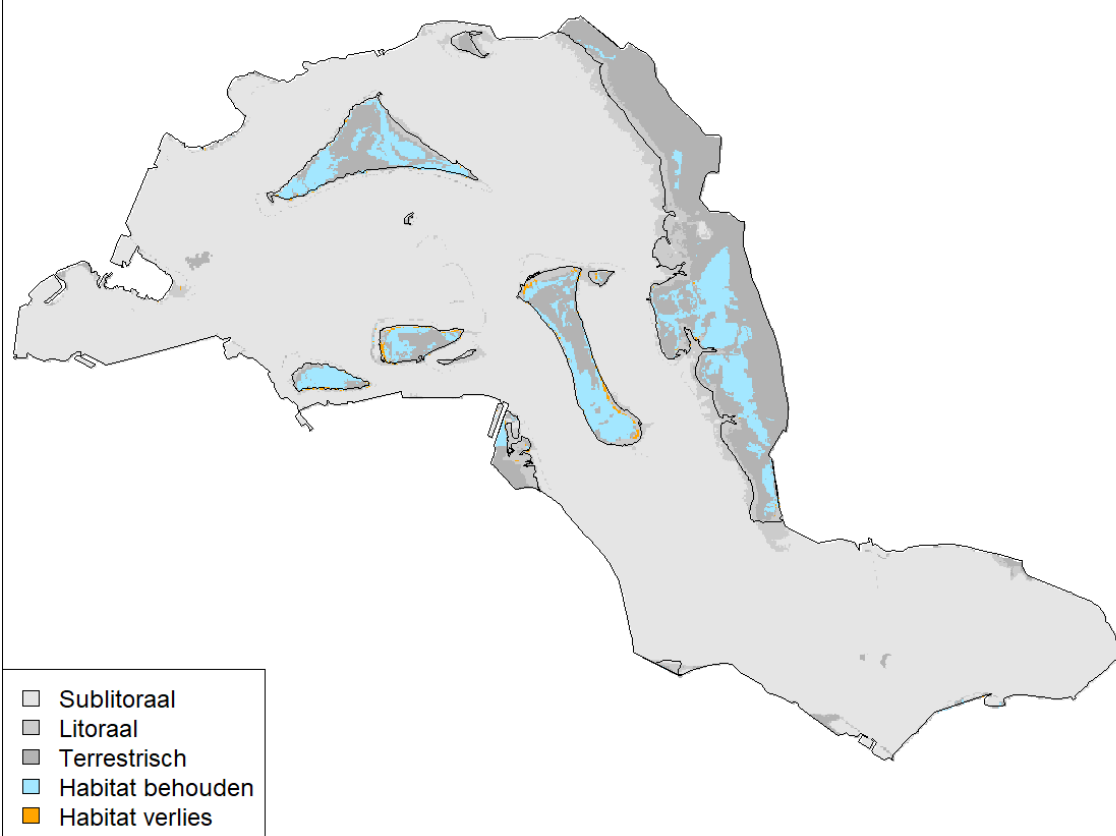
H2190B Vochtige duinvalleien (kalkrijk) Run: Verlaagd middenpeil +B +W



H2190B Vochtige duinvalleien (kalkrijk) Run: Basis +S



H2190B Vochtige duinvalleien (kalkrijk) Run: RGV scenario



H2190B Vochtige duinvalleien (kalkrijk) Run: Tussenscenario +B +W



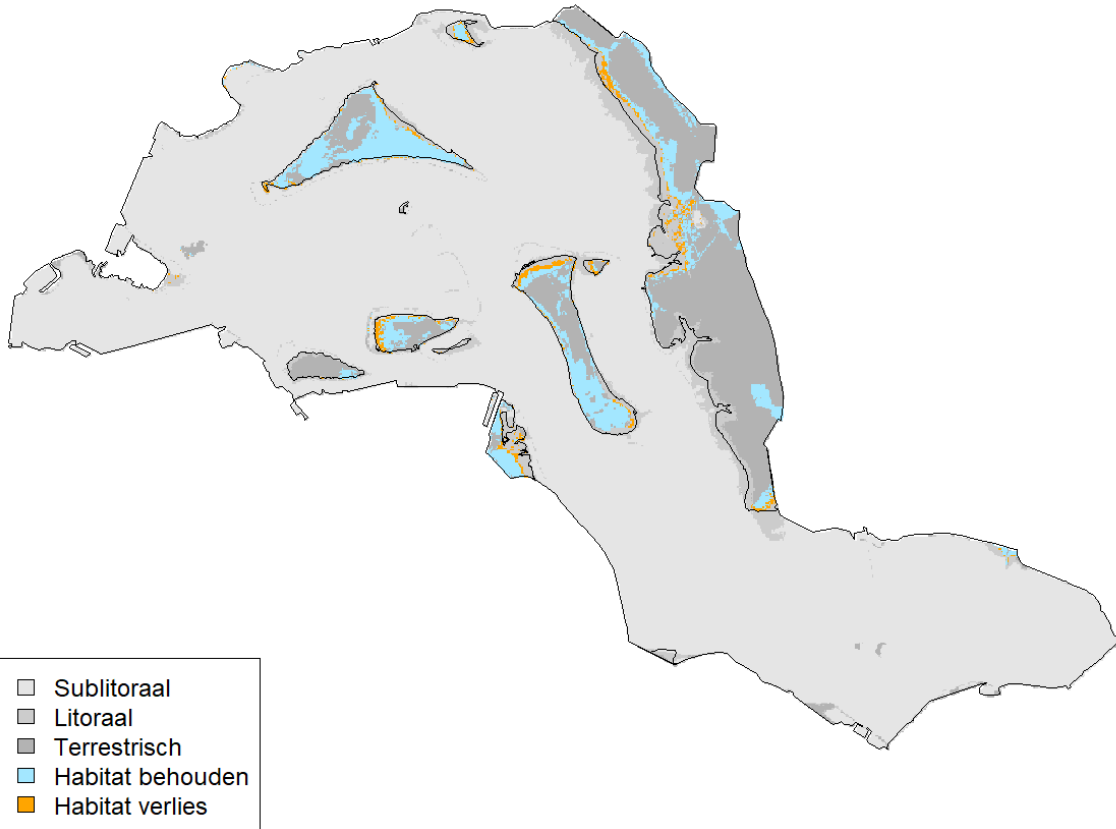
- Sublitoraal
- Litoraal
- Terrestrisch
- Habitat behouden
- Habitat verlies

NWoelmuis Geschikt gebied Noordse Woelmuis Run: Autonom

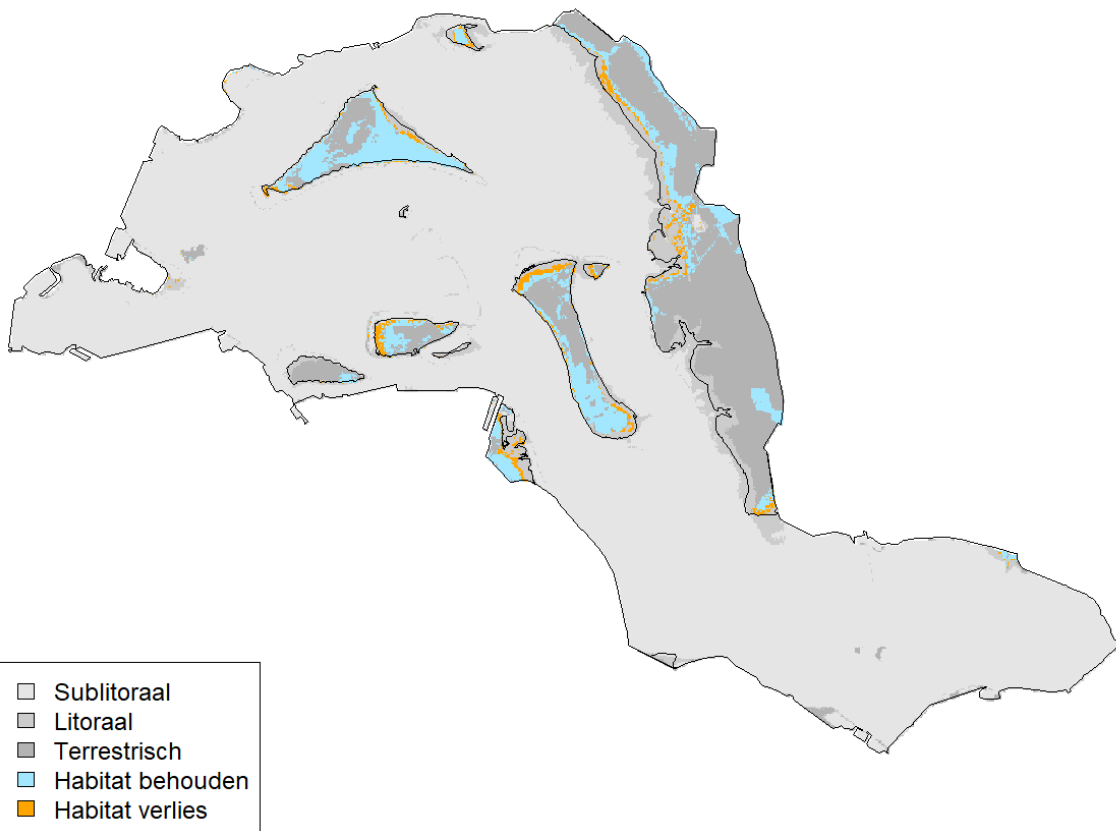


- Sublitoraal
- Litoraal
- Terrestrisch
- Habitat behouden
- Habitat verlies

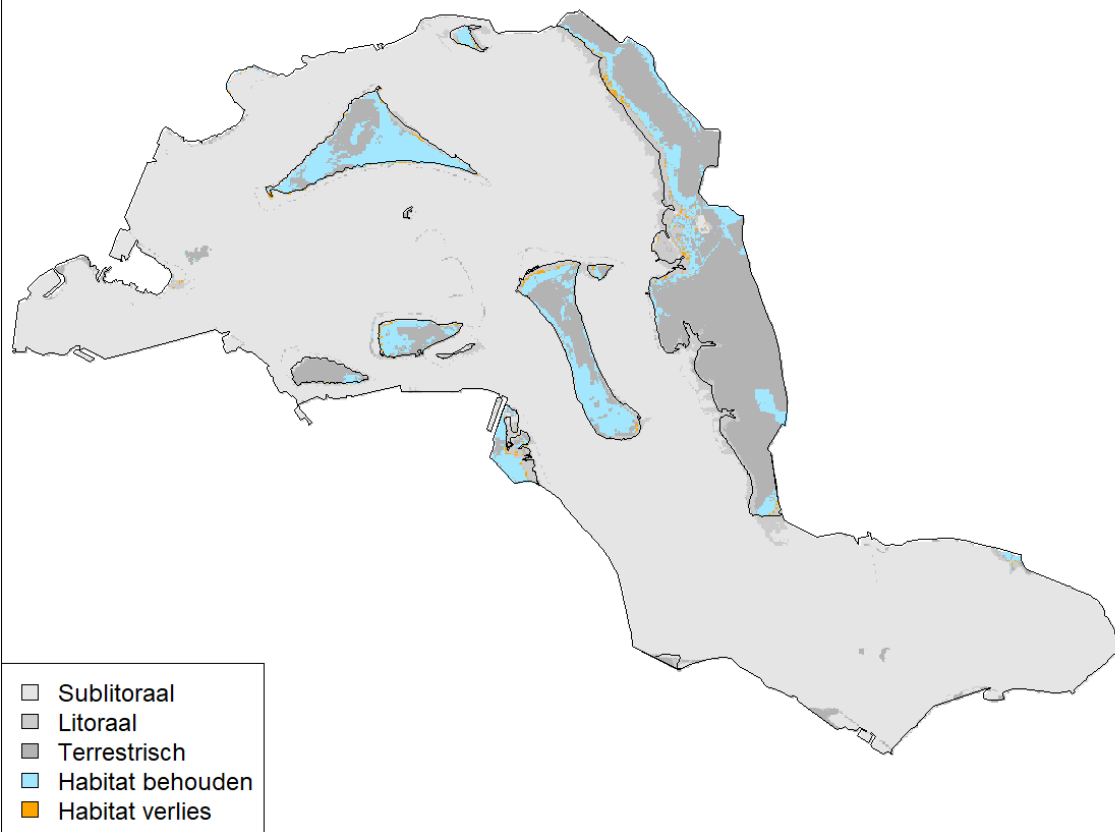
NWoelmuis Geschikt gebied Noordse Woelmuis Run: Basisscenario



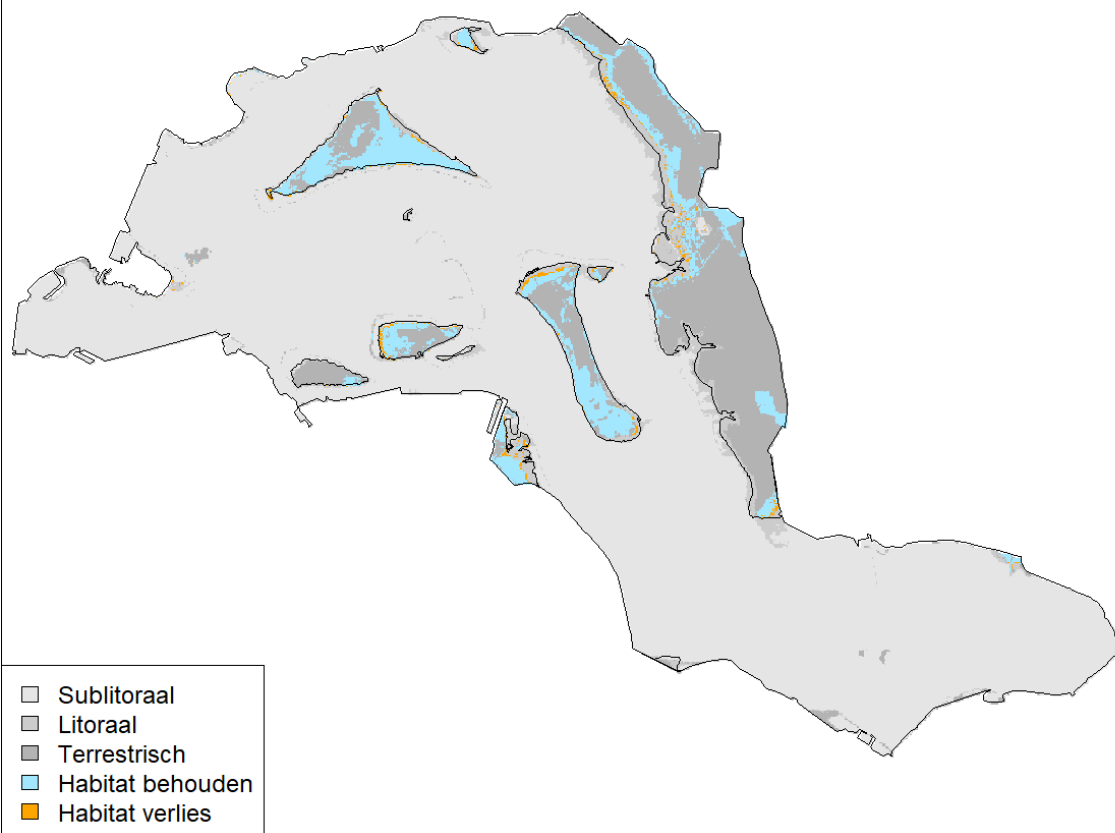
NWoelmuis Geschikt gebied Noordse Woelmuis Run: Basis +B +W



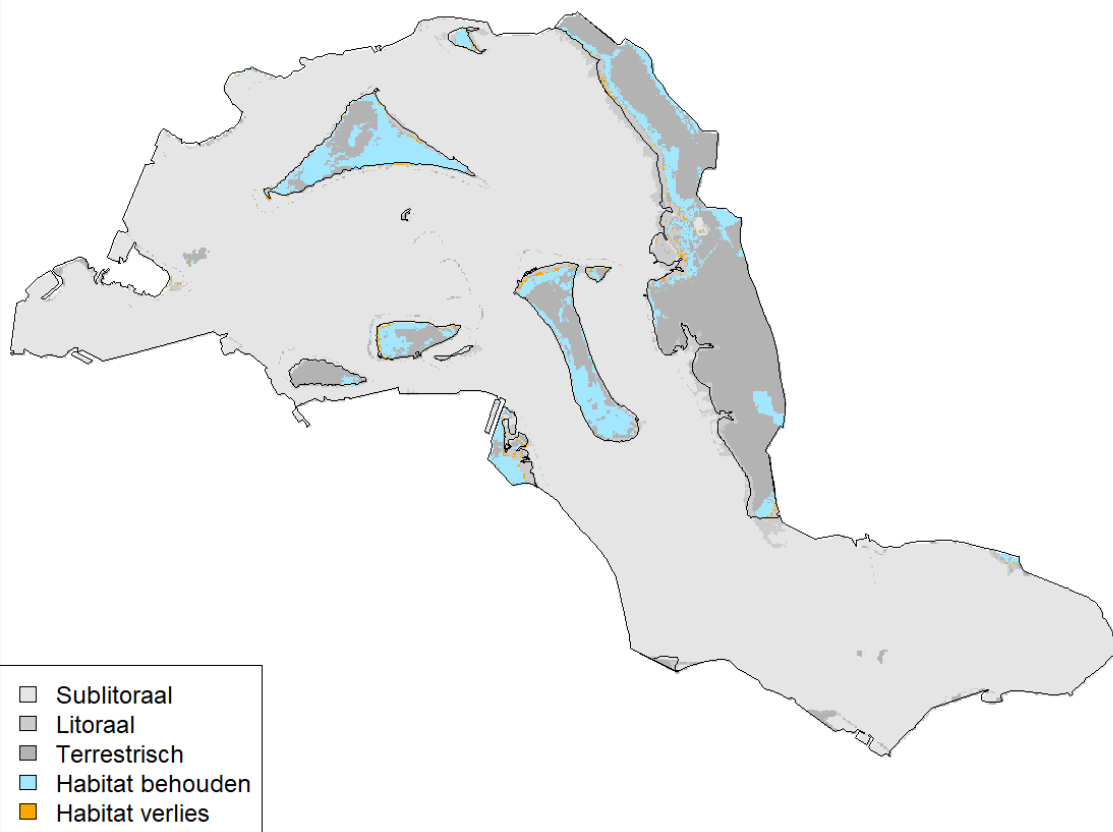
NWoelmuis Geschikt gebied Noordse Woelmuis Run: Verminderd getij



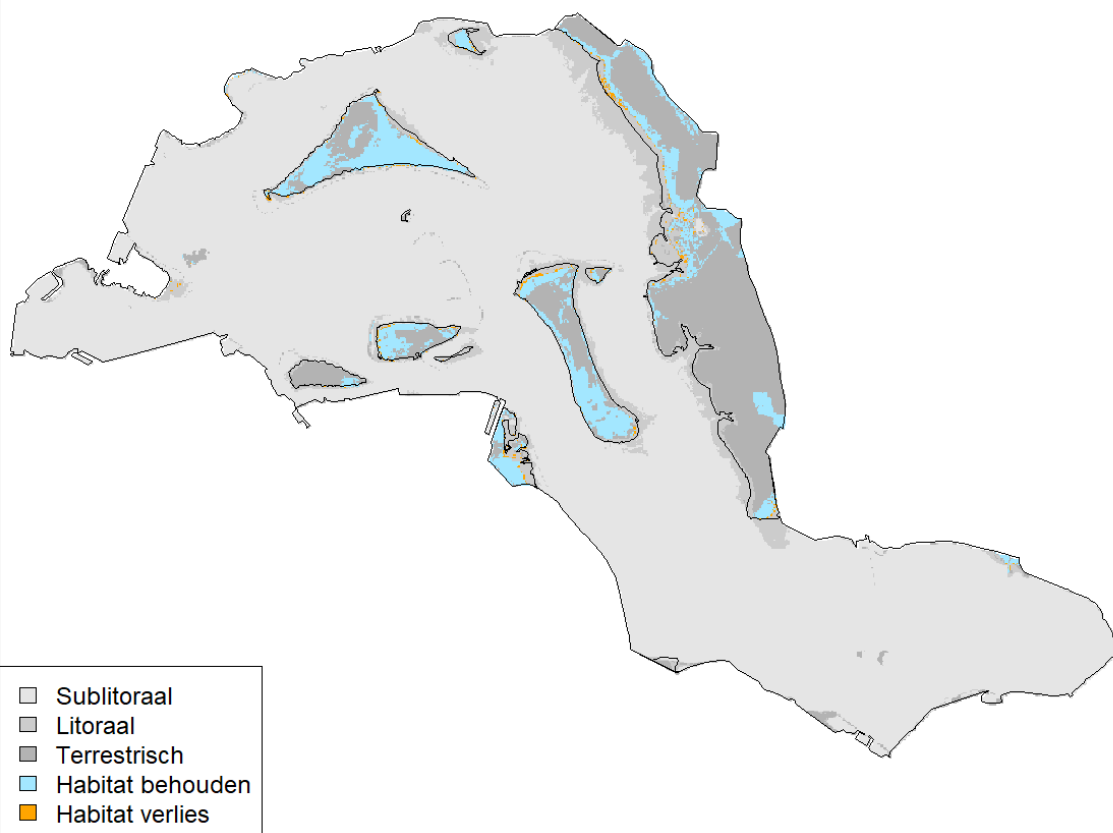
NWoelmuis Geschikt gebied Noordse Woelmuis Run: Verminderd getij +B +W



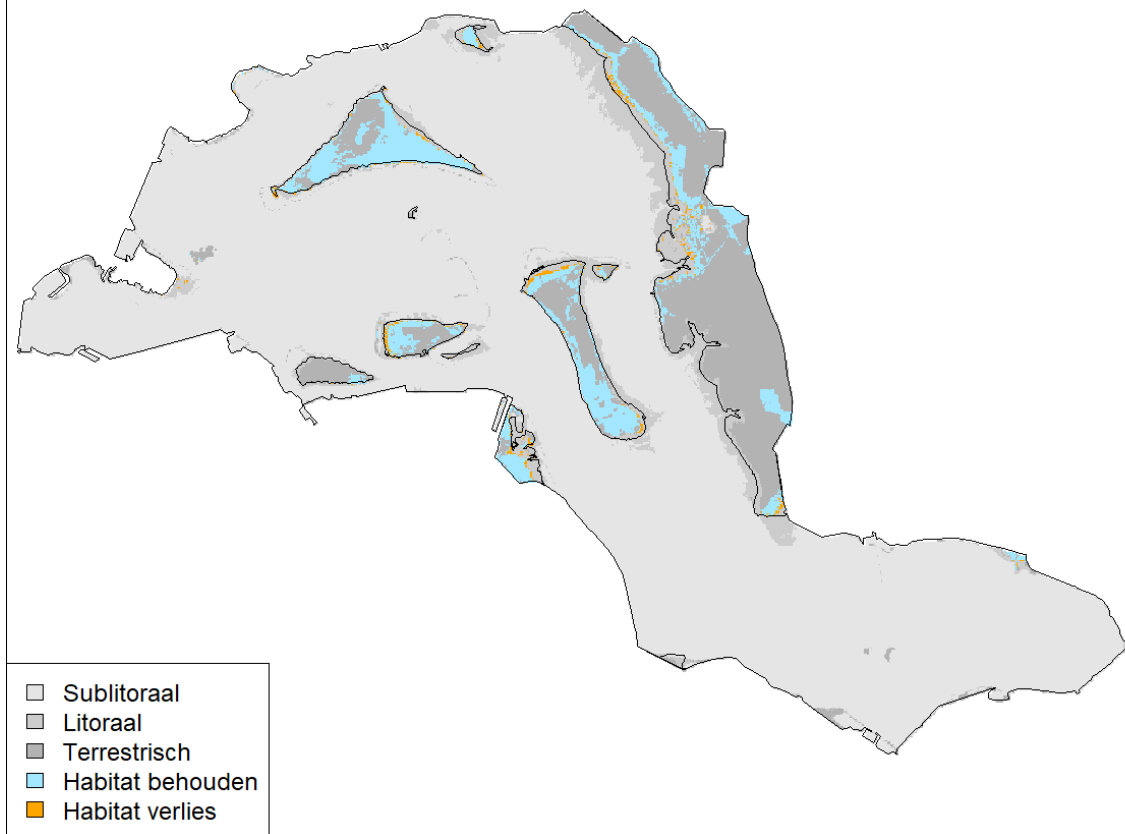
NWoelmuis Geschikt gebied Noordse Woelmuis Run: Verminderd getij +S



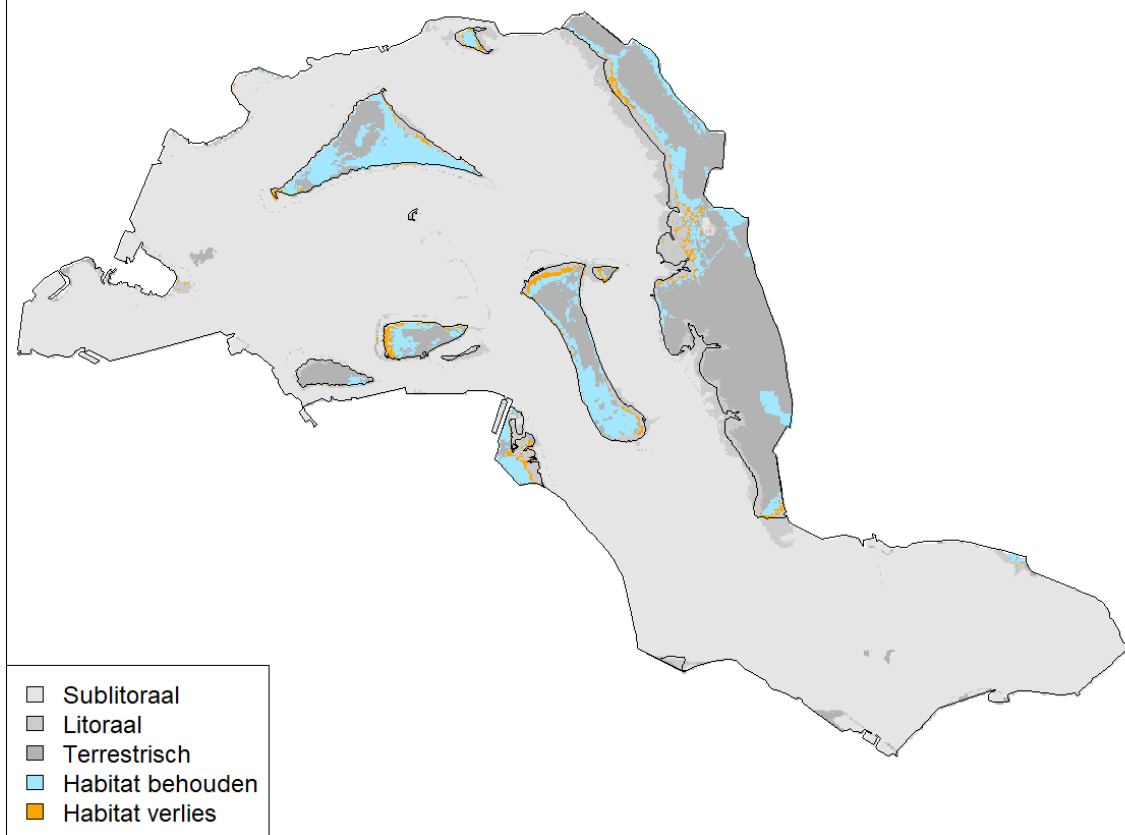
NWoelmuis Geschikt gebied Noordse Woelmuis Run: Verlaagd middenpeil



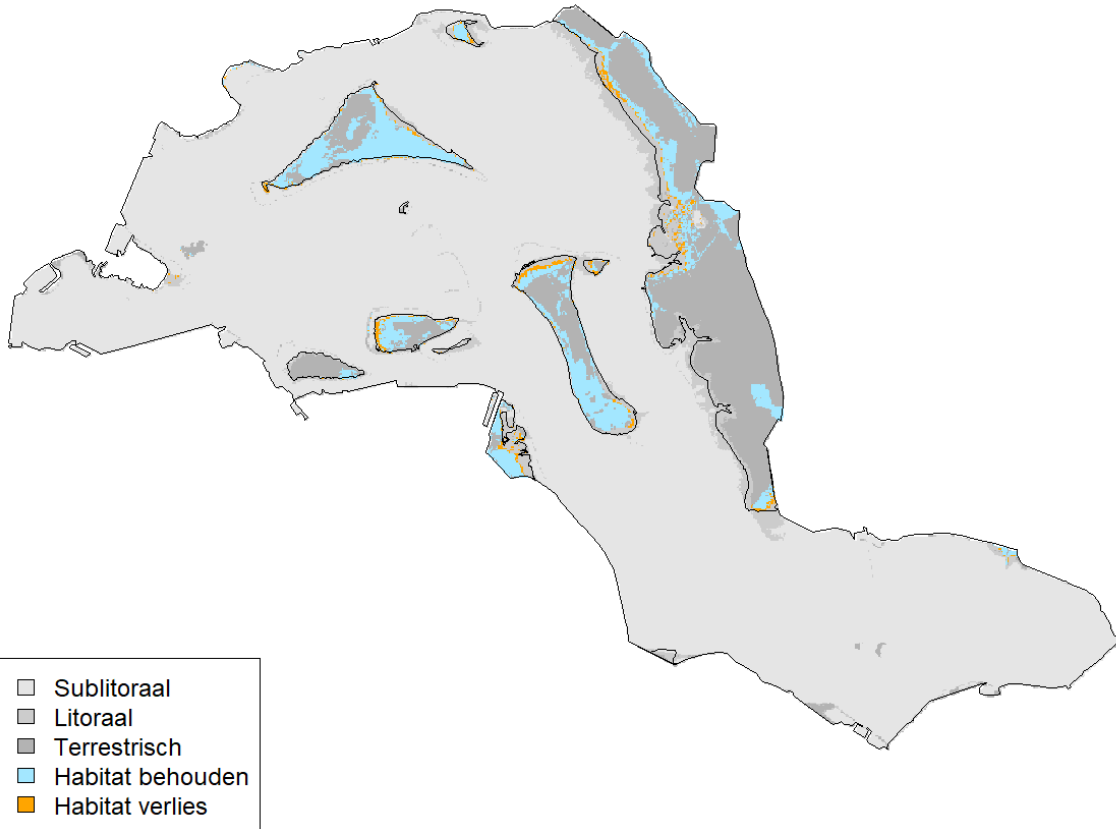
NWoelmuis Geschikt gebied Noordse Woelmuis Run: Verlaagd middenpeil +B +W



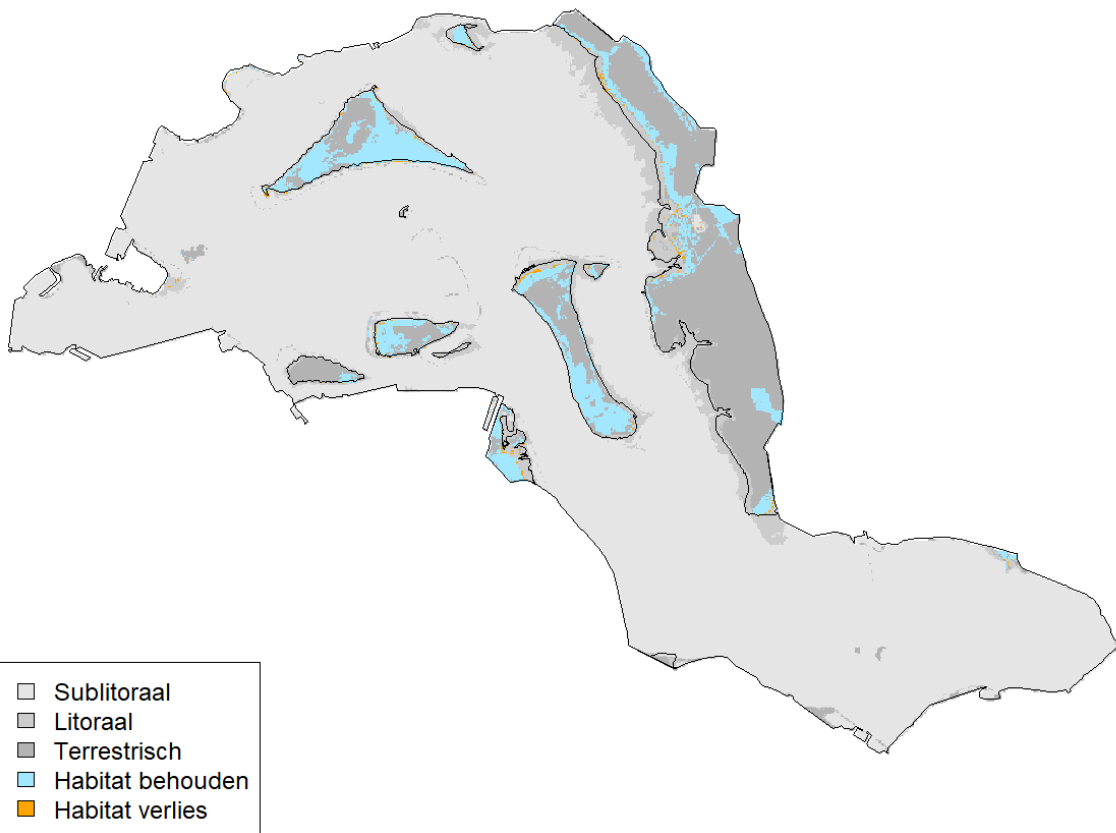
NWoelmuis Geschikt gebied Noordse Woelmuis Run: Basis +S



NWoelmuis Geschikt gebied Noordse Woelmuis Run: RGV scenario



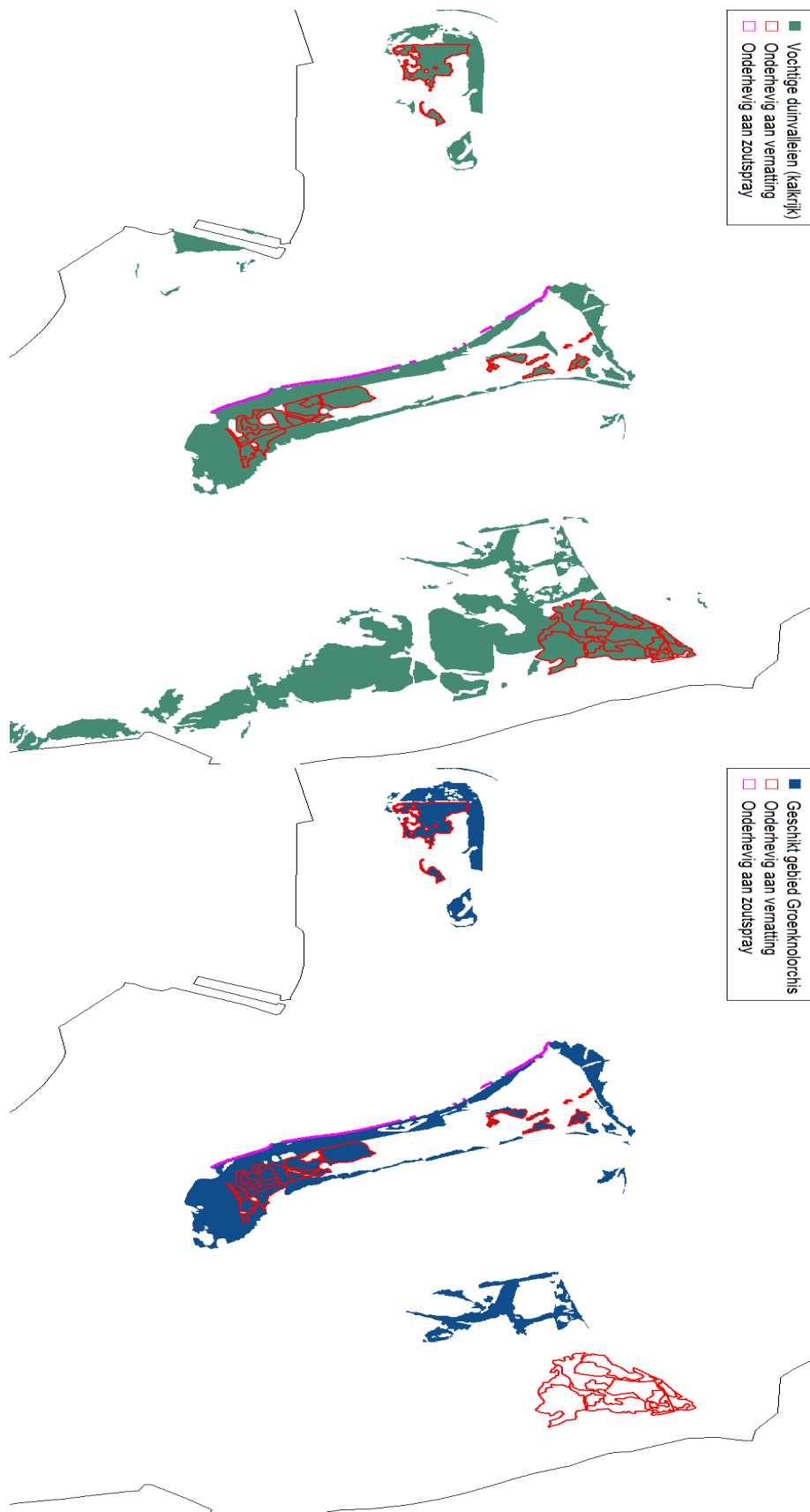
NWoelmuis Geschikt gebied Noordse Woelmuis Run: Tussenscenario +B +W



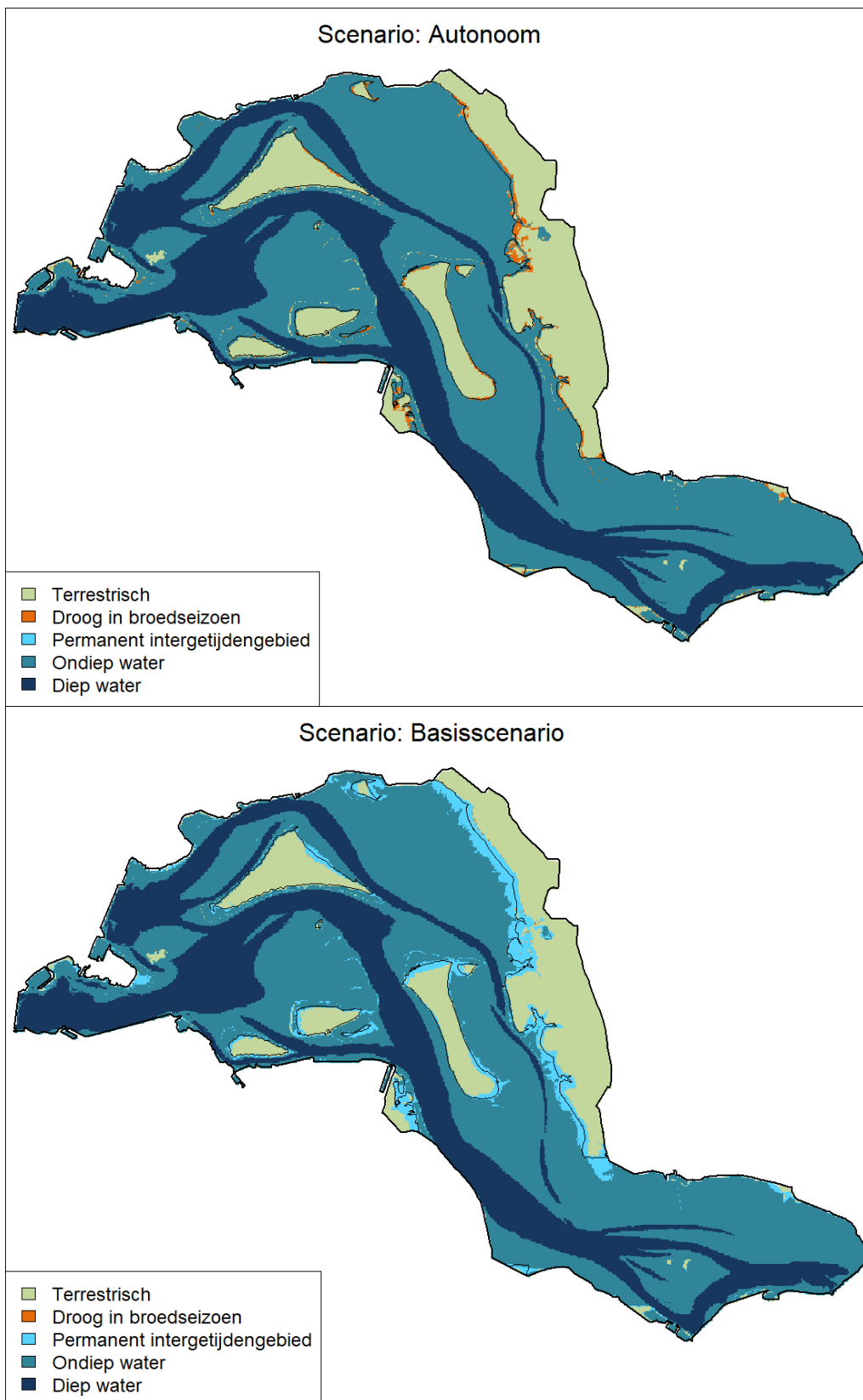
Bijlage 16. Verslag expertsessie indirecte effecten op Natura 2000 als gevolg van getij (B2 Consultancy en Houtekamer&Van Kleef)

Dit verslag is te downloaden op www.getijgrevelingen.nl

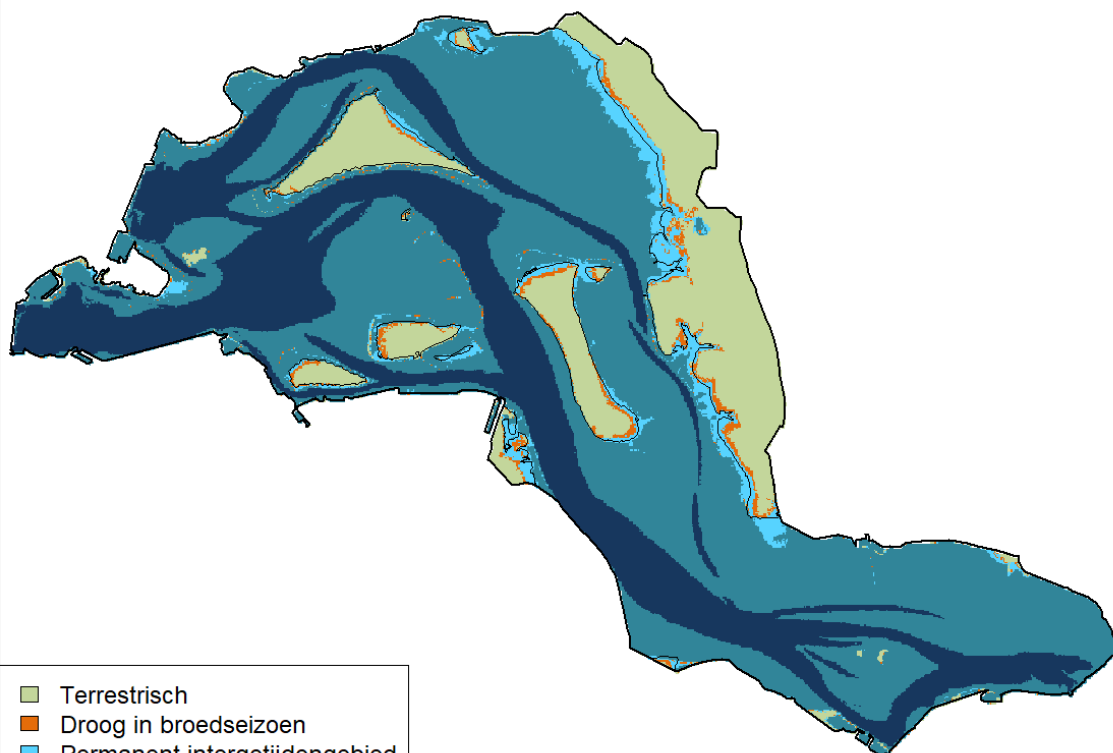
Bijlage 17. Indirecte effecten door zoutspray en verdroging (exclusief drainage door peilverlaging)



Bijlage 19. Ruimtelijke kaarten van ligging intergetijdengebieden en andere ecotopen voor getijscenario's.

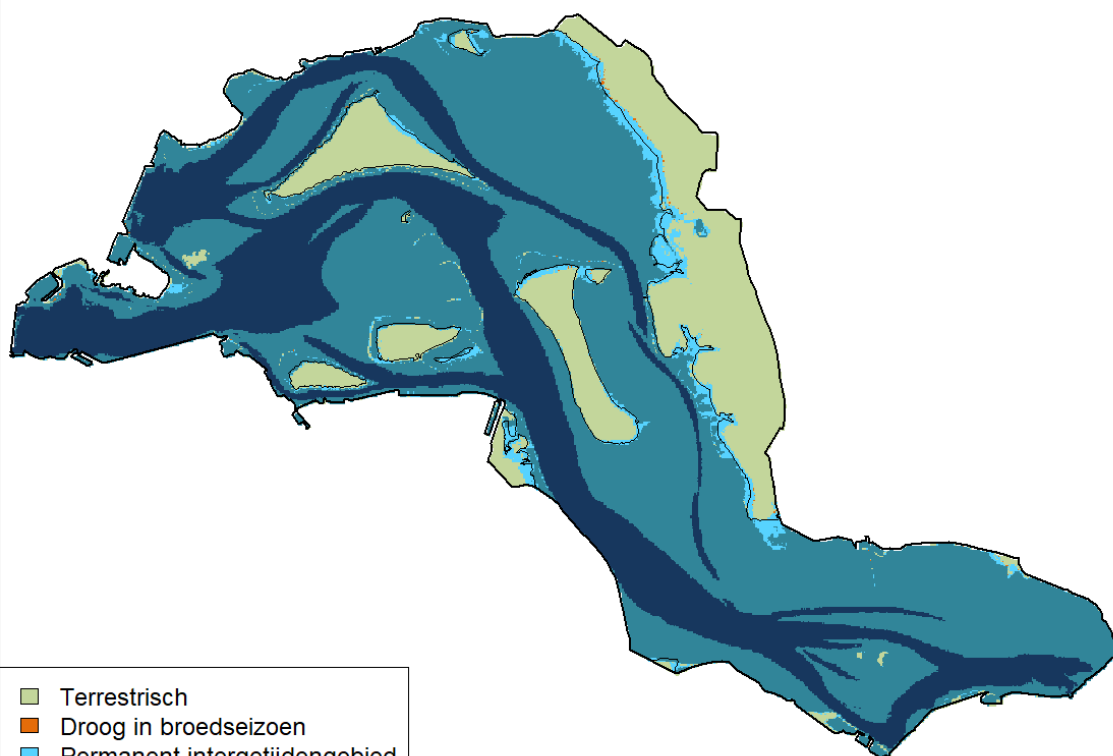


Scenario: Basis +B +W



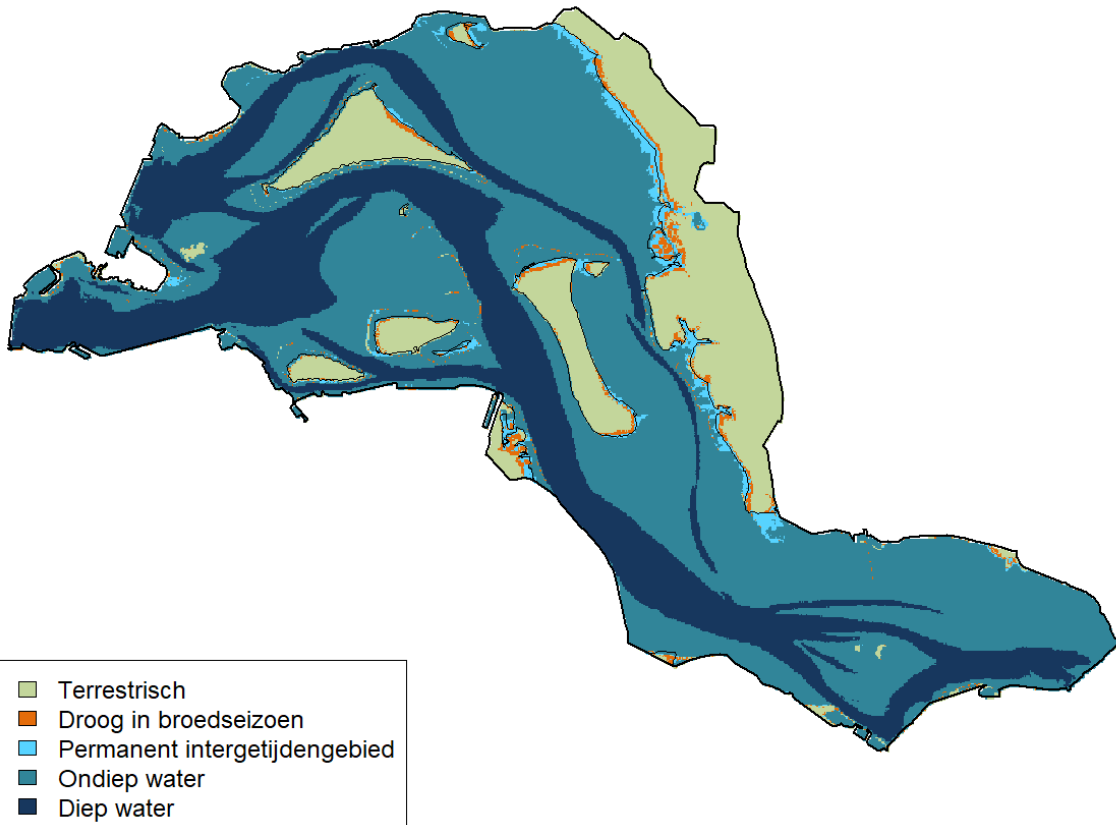
- Terrestrisch
- Droog in broedseizoen
- Permanent intergetijdengebied
- Ondiep water
- Diep water

Scenario: Verminderd getij

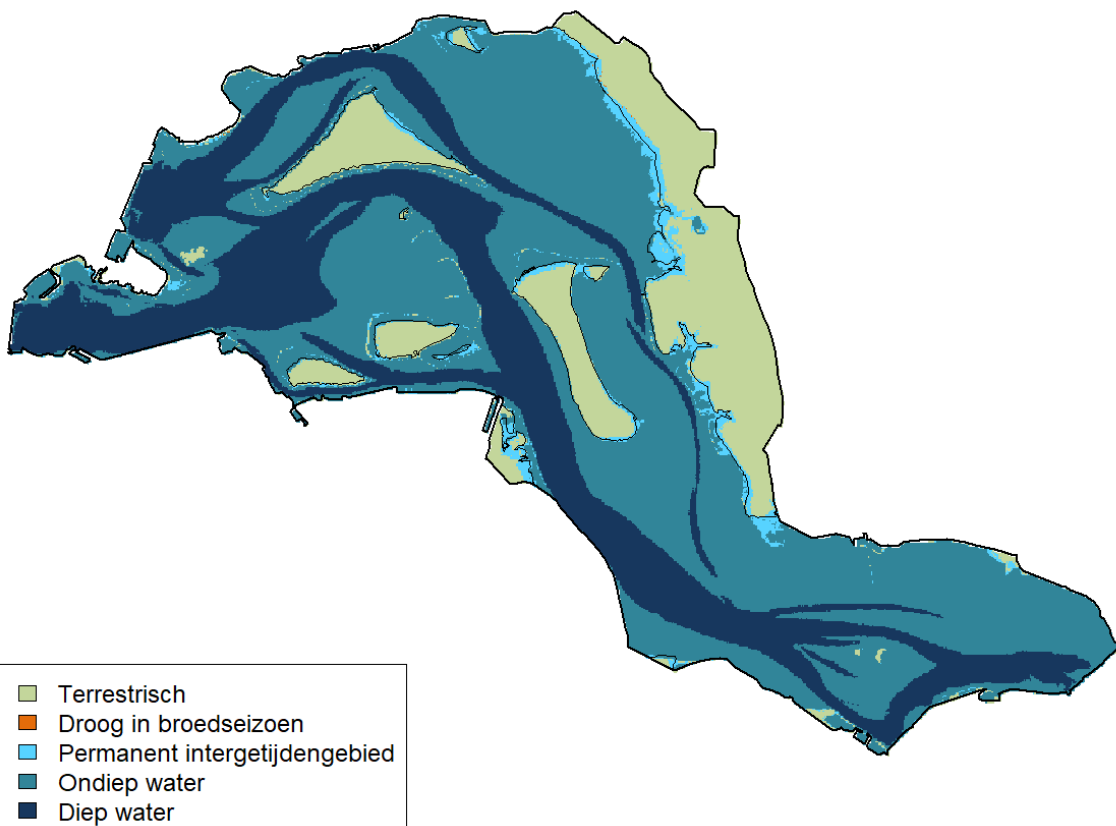


- Terrestrisch
- Droog in broedseizoen
- Permanent intergetijdengebied
- Ondiep water
- Diep water

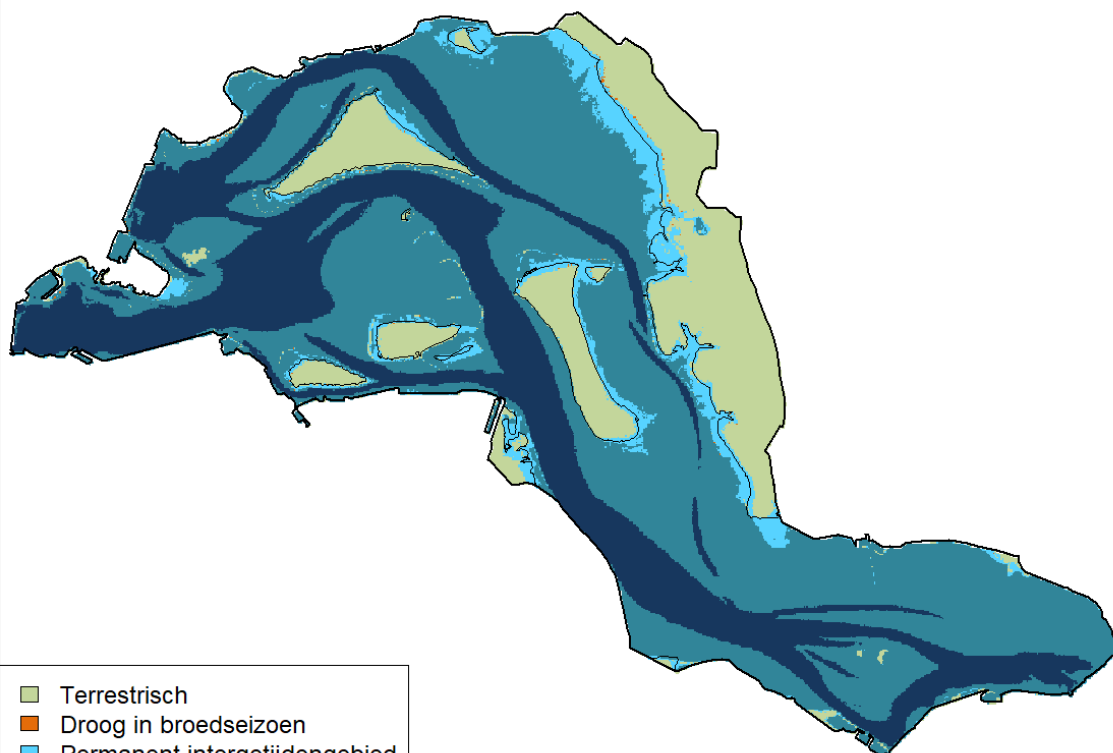
Scenario: Verminderd getij +B +W



Scenario: Verminderd getij +S

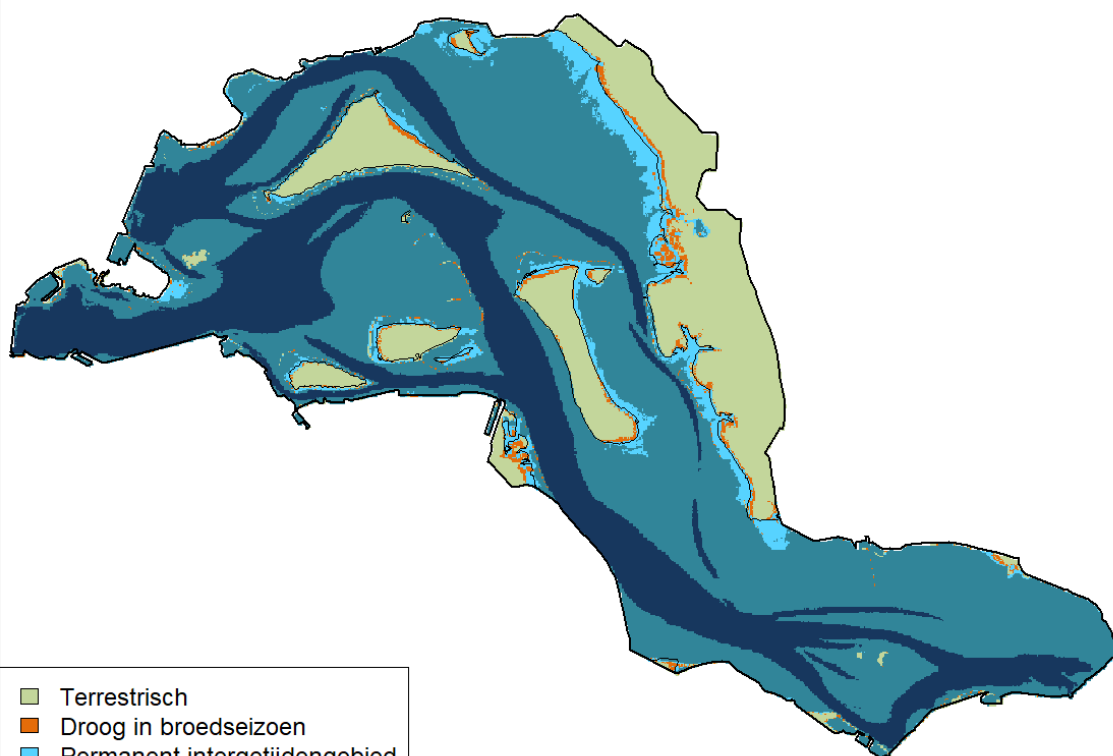


Scenario: Verlaagd middenpeil



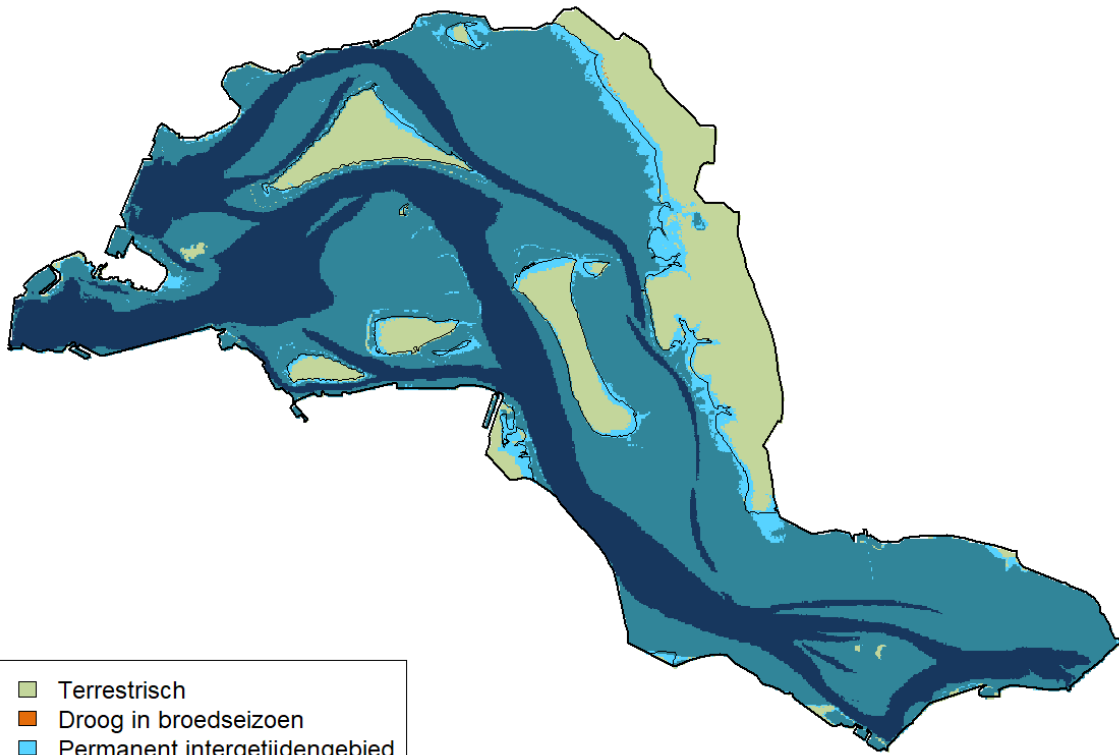
- Terrestrisch
- Droog in broedseizoen
- Permanent intergetijdengebied
- Ondiep water
- Diep water

Scenario: Verlaagd middenpeil +B +W



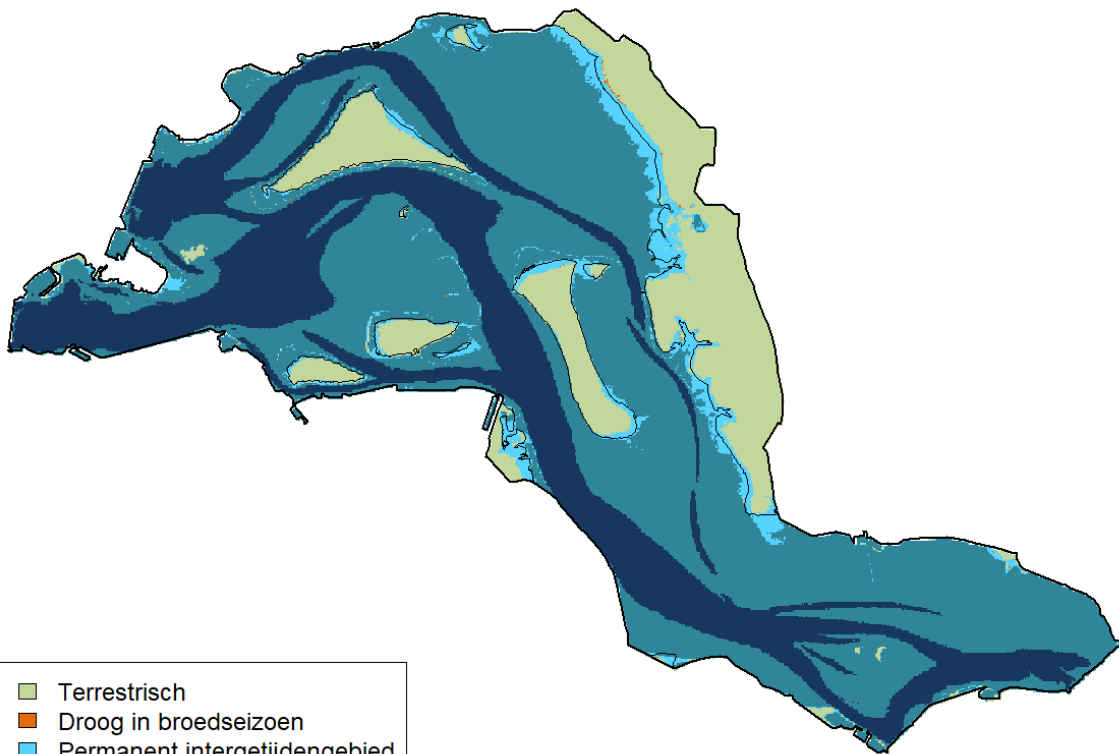
- Terrestrisch
- Droog in broedseizoen
- Permanent intergetijdengebied
- Ondiep water
- Diep water

Scenario: Basis +S



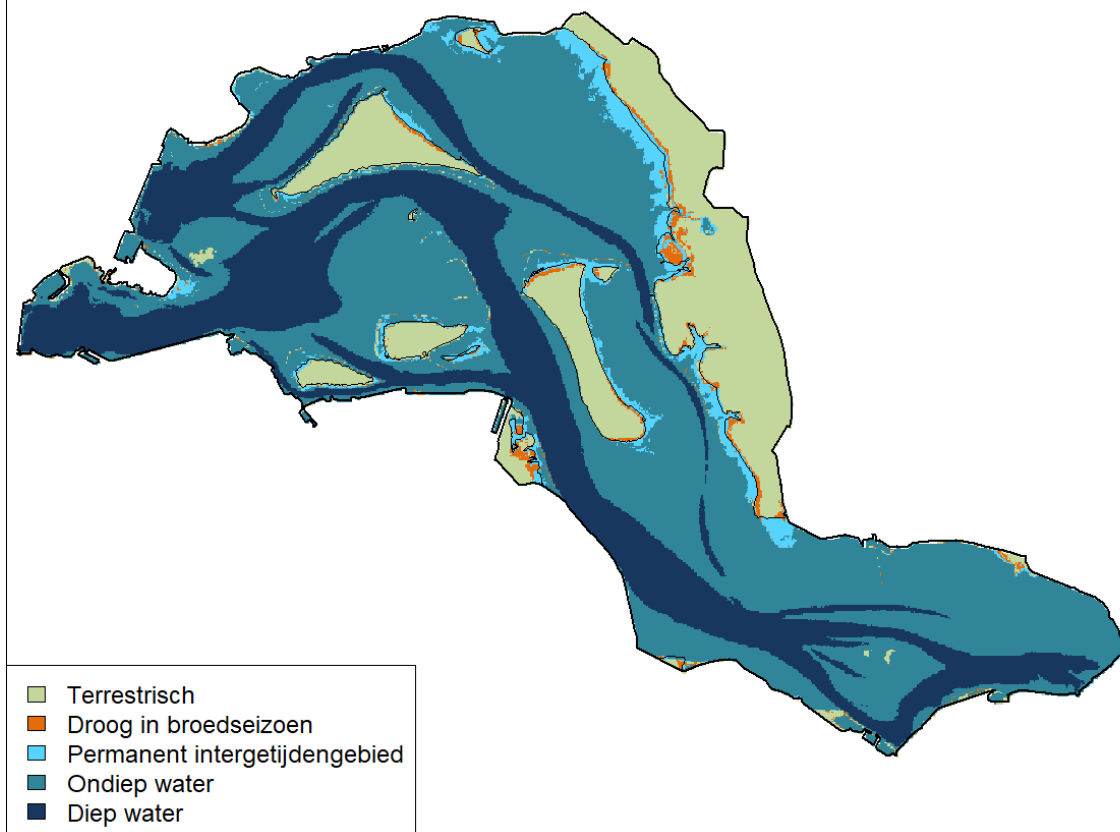
- Terrestrisch
- Droog in broedseizoen
- Permanent intergetijdengebied
- Ondiep water
- Diep water

Scenario: RGV scenario

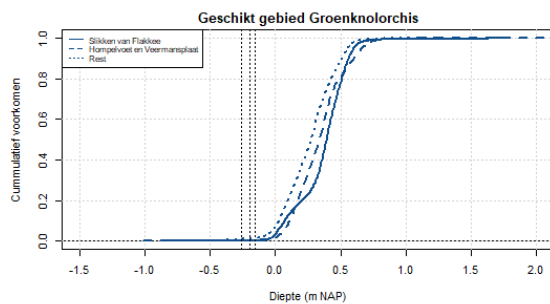
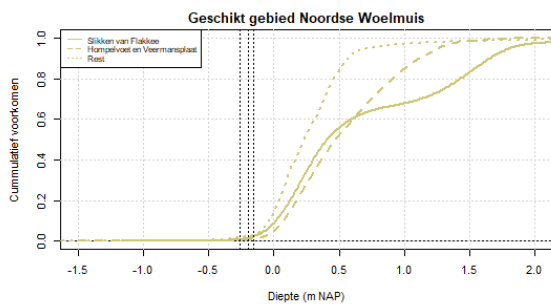
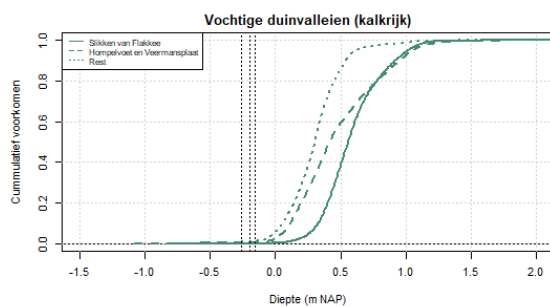
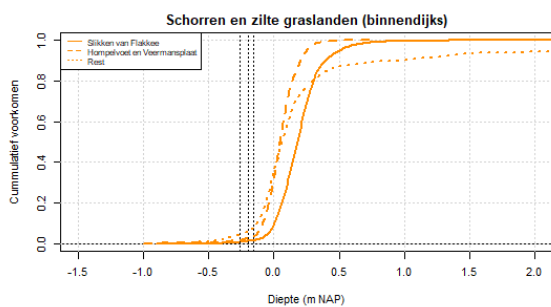
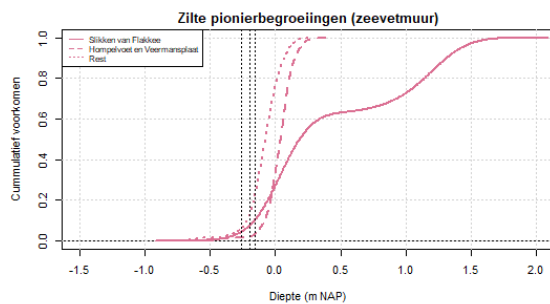
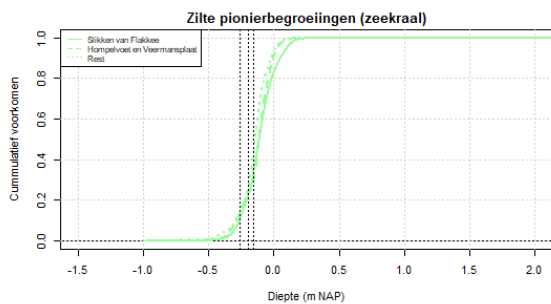
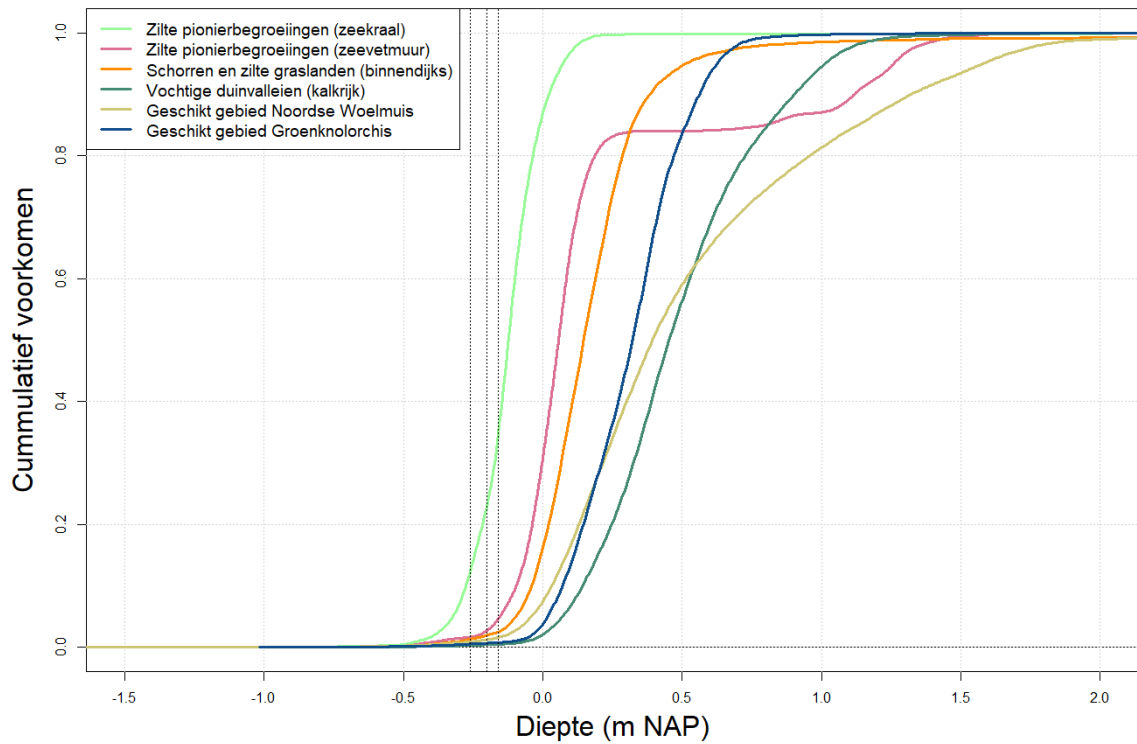


- Terrestrisch
- Droog in broedseizoen
- Permanent intergetijdengebied
- Ondiep water
- Diep water

Scenario: Tussenscenario +B +W



Bijlage 20. Cumulatief voorkomen van habitats en gevoeligheids analyse i.r.t. waterstanden



Wageningen Marine Research
T: +31 (0)317 48 09 00
E: marine-research@wur.nl
www.wur.nl/marine-research

Bezoekers adres:

- Ankerpark 27 1781 AG Den Helder
- Korringaweg 7, 4401 NT Yerseke
- Haringkade 1, 1976 CP IJmuiden

Wageningen Marine Research levert met kennis, onafhankelijk wetenschappelijk onderzoek en advies een wezenlijke bijdrage aan een duurzamer, zorgvuldiger beheer, gebruik en bescherming van de natuurlijke rijkdommen in zee-, kust- en zoetwatergebieden.



Wageningen Marine Research is onderdeel van Wageningen University & Research. Wageningen University & Research is het samenwerkingsverband tussen Wageningen University en Stichting Wageningen Research en heeft als **missie**: 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'
