



PAGW Biesbosch Rijn- Maasmonding Systeemanalyse





Contactpersoon

ROBBERT-JAN LENSELINK
Senior Projectleider Arcadis

JOS DE BIJL
Senior Projectleider Bureau
Stroming

M +31 6 252 38 053
E Robbertjan.Lenselink@arcadis.com

M +31 6 412 41 414
E Jos.debijl@stroming.nl

Arcadis Nederland B.V.
Postbus 220
3800 AE Amersfoort
Nederland

Stroming B.V.
Toernooiveld 300
6525 EC Nijmegen
Nederland



Inhoudsopgave

Samenvatting systeemanalyse Biesbosch Rijn-Maasmonding	7
1 Inleiding	22
1.1 Wat maakt de Biesbosch Rijn-Maasmonding uniek	22
1.2 Aanleiding	22
1.3 Gebiedsafbakening	23
1.4 Werkwijze en Leeswijzer	24
2 Ontstaansgeschiedenis	28
2.1 Sturende krachten in de Biesbosch Rijn-Maasmonding	28
2.2 Klimaatverandering in het Holoceen (9.700 v. Chr. – heden)	28
2.3 De zee als sturende kracht	31
2.3.1 Relatieve zeespiegelstijging	31
2.3.2 Sedimenttransport en de opbouw van de kust	34
2.4 De rivieren Rijn en Maas als sturende kracht	39
2.4.1 Veranderende rivierpatronen in het Holoceen	39
2.4.2 Verandering morfodynamiek in het Holoceen	42
2.4.3 Veenvorming in de Biesbosch Rijn-Maasmonding	43
2.5 De mens als sturende kracht	45
2.5.1 Toename riviersediment door ontbossing	45
2.5.2 Ontstaan Hollandse IJssel, Lek en Zeeuwse delta door veenontwatering en afgraving	46
2.5.3 Bedijkingen in de Middeleeuwen	47
2.5.4 Het ontstaan van de Biesbosch als groot zoetwatergetijdengebied	50
2.5.5 Graven van nieuwe rivierlopen	52
2.5.6 Afsluiten mondingsarmen Brielse Maas en Haringvliet en ontstaan Voordelta	55
2.6 Ecotopen ontwikkelingen in de Biesbosch Rijn-Maasmonding	57
2.6.1 Invloed klimaatverandering op vegetatiepatronen	57
2.6.2 Invloed sturende krachten zee, rivier en mens op ecotopen in de Biesbosch Rijn-Maasmonding	58
2.6.3 Historische ecotopen deelgebieden Biesbosch Rijn-Maasmonding	59
3 Abiotische Toestand en Processen	66
3.1 Estuariene dynamiek als leidraad	66
3.1.1 Gebiedsbegrenzing	67
3.1.2 Leeswijzer hoofdstuk abiotiek	68



3.2	Getijdendynamiek	68
3.2.1	Toelichting op het proces	68
3.2.2	Hoe de getijdendynamiek zichtbaar is in de RMM	72
3.2.3	Veranderingen in getijdenbeweging sinds 1900	83
3.3	Rivierdynamiek	88
3.3.1	Aanvoer en jaarlijkse ritmiek vanuit Rijn (Waal en Lek) en Maas	88
3.3.2	Verdeling rivierwater over het Benedenrivierengebied	92
3.3.3	Afvoertrends sinds 1970	96
3.4	Morfologie	99
3.4.1	Inleiding morfologische processen in Biesbosch Rijn-Maasmonding	99
3.4.2	Herkomst en verdeling sediment in de Biesbosch Rijn-Maasmonding	100
3.4.3	Huidige bodemhoogte in de Biesbosch Rijn-Maasmonding	104
3.4.4	Trends in bodemhoogte Biesbosch Rijn-Maasmonding en de relatie met menselijke ingrepen	108
3.4.5	Menselijke ingrepen in het systeem	109
3.4.6	Deelgebieden uitgelicht	111
3.5	Zoet-zout-overgangen	119
3.5.1	Fysisch proces	119
3.5.2	Huidige situatie	119
3.5.3	Oorspronkelijke situatie	121
3.5.4	Aangepast beheer Haringvlietsluizen (Kier)	122
3.6	Abiotische waterkwaliteit	123
3.6.1	Zwevend stof/ doorzicht	123
3.6.2	Organische en milieuvreemde stoffen	123
3.6.3	Zuurstof	125
3.6.4	Milieuvreemde stoffen	125
3.6.5	Waterbodem kwaliteit	127
3.7	Binnendijkse gebieden	129
3.7.1	Patronen in de ondergrond	129
3.7.2	Het binnendijks watersysteem	133
3.7.3	Bodemdaling	136
4	Synthese van de ontstaansgeschiedenis en abiotiek	139
4.1	Wat maakt de Rijn-Maasmonding uniek	139
4.2	Actuele toestand van de abiotische processen	140
5	Biotische toestand en functioneren	146
5.1	Inleiding en leeswijzer	146



5.2	Estuariene natuur, een algemene introductie	147
5.2.1	Hoe werkt een estuarium	147
5.2.2	Levensgemeenschappen en het voedselweb	150
5.2.3	Vegetatie, en de sturende rol van getijslag, saliniteit, hydrodynamiek, substraat en diepte	151
5.2.4	Macrofauna, en de sturende rol van substraat en saliniteit	159
5.2.5	Vissen	163
5.2.6	Vogels	165
5.2.7	Zoogdieren	166
5.3	De BRM in biotopen	166
5.3.1	Fysiotopen, ecotopen, biotopen, habitats, natuurbeheertypen en plantgemeenschappen.	168
5.3.2	Voorstel biotopen voor BRM	171
5.4	Toestandsbeschrijving en trends estuariene natuur in de BRM	179
5.4.1	Waterkwaliteit	180
5.4.2	Natura 2000	204
5.5	Samenvatting huidige toestand	236
6	Autonome ontwikkelingen	247
6.1	Inleiding en leeswijzer	247
6.2	Overzicht van sturende autonome ontwikkelingen	247
6.2.1	Klimaat gerelateerde autonome ontwikkelingen	247
6.2.2	Niet-klimaat gerelateerde autonome ontwikkelingen	253
6.3	Drukfactoren op de Biesbosch Rijn-Maasmonding	256
6.3.1	Bevolkingsgroei	257
6.3.2	Woningbouw	257
6.3.3	Recreatie	258
6.3.4	Ontwikkeling scheepvaart en havenbedrijven	259
6.3.5	Energietransitie	259
6.3.6	Landbouwtransitie	261
7	Leidende principes	263
7.1	Inleiding	263
7.2	Leidende principes	264
7.2.1	Versterk het functioneren van de estuariene dynamiek	264
7.2.2	Creër ruimte en tijd voor landschapsvormende processen (abiotiek)	266
7.2.3	Creër ruimte, tijd en rust voor een robuust ecologisch systeem (biotiek)	267
7.2.4	Vergroot de connectiviteit	268
7.3	Kritische succesfactoren	270



7.3.1	Zorg voor een goede water- en bodemkwaliteit	270
7.3.2	Beperk de impact van drukfactoren	270
7.3.3	Borg het belang van natuur in de governance	271

Referenties 273

Bijlagen 281

	Bijlage A Overzichtskaart Projectgebied	281
	Bijlage B Informatie over stormen	281
	Bijlage C Trends in de rivierafvoeren	282
	Gemiddelde rivierafvoer	282
	Hoge afvoeren	283
	Lage afvoeren	284
	Lek steeds minder belangrijk voor de aanvoer van zoet water	285
	Bijlage D Innamepunten voor het binnendijs gebied	286
	Functioneren van de innamepunten Bernisse en Gouda	286
	Bijlage E Trend in waterlopen per watergang	287
	Noordelijke waterlopen	287
	Verbindende waterlopen	288
	Zuidelijke waterlopen	290
	Bijlage F KRW toestand analyse	292
	Fytoplankton	294
	Overige Waterflora	297
	Macrofauna	309
	Vis 317	
	Bijlage G Natura 2000 toestandanalyse	322
	Habitattypen	323
	Habitatrichtlijnsoorten	333
	Vogelrichtlijnsoorten	339



Samenvatting systeemanalyse Biesbosch Rijn-Maasmonding



1 Inleiding

1.1 Biesbosch Rijn-Maasmonding

Het gebied van de Rijn-Maasmonding is uniek in Europa. Het kent een grote variatie in dynamiek, eb en vloed, overgangen van zoet naar zout water en een (semi-)open verbinding tussen de rivieren en de Noordzee. In dit gebied bevindt zich ook de Biesbosch, het grootste zoetwatergetijdengebied van Europa. Het vormt de schakel tussen het rivierengebied en de deltamonding en heeft een aanvoer, afvoer en bufferfunctie voor zoet water.

Ondanks diverse uitgevoerde maatregelen en projecten blijkt uit onderzoek dat de natuur- en waterkwaliteit in de Biesbosch Rijn-Maasmonding niet op orde is en op sommige plekken zelfs verder verslechtert. Daarnaast neemt de druk op het gebied steeds meer toe door de klimaatverandering en een toenemend maatschappelijk gebruik.

1.2 Preverkenning PAGW en systeemanalyse

Specifiek voor het gebied Biesbosch Rijn-Maasmonding zijn RVO, Staatsbosbeheer en Rijkswaterstaat, in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) en het ministerie van Landbouw Natuur en Voedselkwaliteit (LNV), gestart met een preverkenning. Deze preverkenning is onderdeel van de Programmatische Aanpak Grote Wateren (PAGW).

In de preverkenning Biesbosch Rijn-Maasmonding wordt onderzocht hoe de natuur en de ecologische waterkwaliteit verbeterd kunnen worden en welke maatregelen de meeste kansen bieden om een duurzaam robuust en veerkrachtig ecosysteem te ontwikkelen.

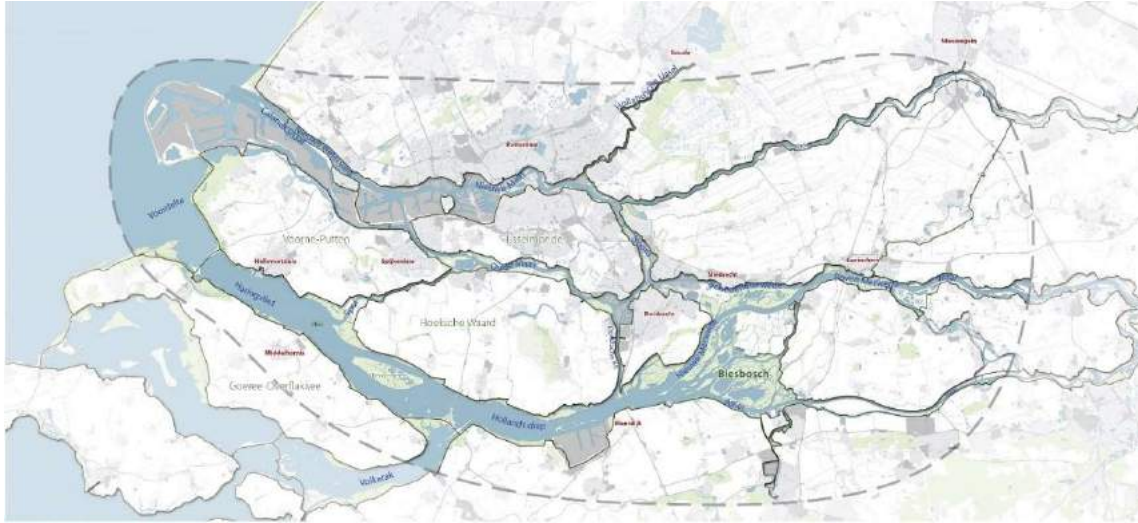
Via de Programmatische Aanpak Grote Wateren (PAGW) wordt gewerkt aan maatregelen om de grote wateren een impuls te geven en om ze daarmee “ecologisch robuust en veerkrachtig” te maken richting 2050. Een ecologisch robuust en veerkrachtig ecosysteem wordt in deze studie gedefinieerd als “een ecologisch systeem dat tegen een verandering of verstoring kan (robuust) en waarbij het systeem weer terug kan veren naar een evenwichtige balans (veerkrachtig)”. Deze impuls is noodzakelijk om het leefgebied (zowel in omvang als kwalitatief) voor soorten om te foerageren, rusten en/of voortplanten te verbeteren, om minder gevoelig te zijn voor veranderende (klimaat)omstandigheden en om economische ontwikkelingen en medegebruik mogelijk te maken.

De eerste stap in de preverkenning is het uitvoeren van een systeemanalyse van de grote wateren in de Biesbosch Rijn-Maasmonding. De systeemanalyse beschrijft het ontstaan en het functioneren van dit unieke systeem en geeft leidende principes voor het verbeteren van de natuur en de ecologische waterkwaliteit richting 2050, met een doorkijk naar 2100. De analyse bestaat uit de volgende onderdelen:

- de ontstaansgeschiedenis;
- de abiotische toestand van het systeem;
- de biotische toestand van het systeem;
- de autonome ontwikkelingen (op hoofdlijnen); en
- leidende principes om te komen tot een ecologisch robuust en veerkrachtig systeem.

1.3 Gebiedsafbakening

De systeemanalyse van de Biesbosch Rijn-Maasmonding gaat over het gehele gebied van de Biesbosch Rijn-Maasmonding. De scope van dit gebied is geografisch weergegeven in Figuur 1-2. Het omvat de Nieuwe Waterweg, Nieuwe Maas, Hollandsche IJssel (tot aan Gouda), Lek (tot stuw Hagestein), Haringvliet, Hollands Diep, de tussenliggende wateren (Oude Maas, Spui, Noord en Dordtsche Kil), de Merwedede en de Biesbosch. Ook het deel van de Voordelta, dat beïnvloed wordt door de werking van de Haringvlietssluis, is onderdeel van de systeemanalyse.





2 Ontstaansgeschiedenis

2.1 Wat maakt de Biesbosch Rijn-Maasmonding uniek

Mondingen van grote rivieren in zee zijn mondiaal gezien zeldzame milieus. Zo is er langs de hele westkust van Europa geen andere rivier te vinden met de omvang en de kwaliteiten van de Rijn. Rivieren zoals de Loire en de Douro hebben wel een uitgestrekt stroomgebied, maar het debiet van deze rivieren valt 's zomers veel verder terug dan dat van de Rijn. De Donau is dan wel groter dan de Rijn, maar mondt uit in de Zwarte Zee waar het getij ontbreekt en is daarom wat de abiotiek betreft onvergelijkbaar.

Het bijzondere krachtenspel van de zee en de rivieren heeft de basis gelegd voor het estuarium van de Biesbosch Rijn-Maasmonding zoals we dat nu kennen. Op verschillende tijdschalen hebben hier steeds weer andere processen gedomineerd. Van de kant van de zee waren de relatieve stijging van de zeespiegel en de mate van aanvoer van zandig sediment cruciaal en aan de kant van de rivieren het veranderende patroon van rivierlopen en veranderingen in morfodynamiek, sedimentatie en veenvorming. Al vanaf het begin van het ontstaan van de BRM is de mens in het gebied aanwezig; aanvankelijk ondergeschikt aan de krachten van de zee en de rivieren maar gaandeweg werd zij in toenemende mate, en van onbewust naar bewust, een sturende kracht in de vorming van de BRM. Basis van veel ontwikkelingen in het systeem is de verandering in het klimaat, het klimaat is als het ware de regisseur van het systeem.

2.2 De zee als sturende kracht

De invloed van de zee in de Biesbosch Rijn-Maasmonding was zeer bepalend vanwege de mate van zeespiegelstijging en de aanvoer van zandig sediment. Na de laatste ijstijd (van 10.500 v.Chr.) steeg de zeespiegel zeer snel (met 60 – 75 centimeter per eeuw) waardoor in enkele duizenden jaren de Noordzee ontstond. Zo ontstond de kustlijn zoals we die nu kennen (circa 5.500 v.Chr). Tot circa 4.000 v.Chr. was de relatieve zeespiegelstijging (vanwege het wegsmelten van de poolkappen) dominant in het vormgeven van de kustlijn. Daarna daalde de relatieve zeespiegelstijging en werden bodemdalingsprocessen bepalend voor de hoogte van de zee ten opzichte van het land. Vanaf circa 3.000 v. Chr. kwam meer sediment beschikbaar, waardoor de kustlijn in staat was zich te sluiten en uit te bouwen. Vanaf circa 250 v.Chr. won de zee weer terrein (door verminderde beschikbaarheid van zand) en sloeg deze gaten in de kustlijn.

2.3 De rivier als sturende kracht

De rivier als sturende kracht uitte zich door verandering van rivierpatronen, veranderingen in morfodynamiek en door veenvorming. Onder invloed van klimaatverandering wijzigden de rivierpatronen tussen 12.000 en 6.000 jaar geleden van vlechtend naar meanderend en tenslotte anatomiserend. Dit zorgde uiteindelijk voor de huidige mondingslocatie van de Rijn en Maas. Klimaatverandering en later de veranderingen in landgebruik resulteerden in veranderingen in de hoeveelheid en het type riviersediment dat de monding bereikte en de mate waarin het werd verspreid in de estuaria. In de tijd dat de kustlijn gesloten was tot 250 v. Chr. bestond het westen van Nederland uit een brede lagune, gevuld met zoetwater. Hierbij trad veenontwikkeling op, waardoor uiteindelijk meer dan 70% van de Biesbosch Rijn-Maasmonding bestond uit veenmoerassen. In de periode erna sloeg het veengebied weg door inbraken van de zee, door ontwatering en later door ontgravingen van veen.

2.4 De mens als sturende kracht

De mens heeft een grote rol gespeeld, bijvoorbeeld door ontbossing in het stroomgebied, ontwatering van hoogveengebieden en het aanleggen van afwateringskanalen. Dijken en dijkringen werden vanaf de 7e eeuw aangelegd om het land te beschermen, maar hebben ook geleid tot het ontstaan van de Biesbosch door overstromingen, zoals de Sint Elisabethsvloed in de 15e eeuw. De aanpassingen en ingrepen in het gebied, zoals dijken en vaarwegen hebben geleid tot economische groei, maar ook tot het verlies van ecologische kwaliteiten.



Daarbij is het gebied ook kwetsbaarder geworden omdat bodemdalingsprocessen zijn versterkt en sediment niet meer op de plaatsen terecht komt waar het bijdraagt aan het meegroeien van het land.

In de 19e eeuw werden nieuwe rivierlopen gegraven (zoals de Nieuwe Merwede en de Nieuwe Waterweg), voor waterafvoer en scheepvaart. De laatste grote ingreep was het sluiten van de Haringvliet en het Volkerak, waardoor de estuariene dynamiek in de Biesbosch Rijn-Maasmonding sterk afnam.

2.5 Conclusie

Over de gehele periode vanaf het einde van de ijstijd tot nu wordt het gebied gekenmerkt door een grote dynamiek van variaties en invloeden. Nu eens was de zee dominant, dan weer lieten de rivieren hun invloed gelden. Daardoor ontstond een uniek leefgebied voor dier- en plantensoorten. Maar ook voor mensen is het gebied aantrekkelijk gebleken. Sinds hun vestiging werd het gebied bebouwd en bedijkt voor de landbouw. Door steeds nieuwe technische mogelijkheden kon het mondingsgebied zich in de laatste eeuwen ontwikkelen tot een economische motor van formaat met een zeer hoge bevolkingsdichtheid. Dit ging ten koste van de natuurlijke processen van het gebied. Door eerst de fysieke ruimte van de estuariene processen te beperken en vervolgens de processen zelf, heeft de regio veel van de bij het estuarium passende ecologische kwaliteiten verloren.



3 Abiotische toestand en processen

3.1 Abiotische toestand

Het samenspel van zee en rivieren, ook wel de estuariene dynamiek genoemd, is onder te verdelen in vijf verschillende componenten, die samenhangen met de aanvoer en beweging van water, sediment en nutriënten. Het gaat om getijdendynamiek, rivierdynamiek, morfodynamiek, beweging van zoet en zout, en aanvoer van organische stoffen.

In een natuurlijk estuariumsysteem zijn deze vijf componenten in evenwicht, hoewel er dagelijkse en seizoensgebonden fluctuaties zijn. Echter, door menselijke ingrepen in de Biesbosch Rijn-Maasmonding (bijvoorbeeld vanwege waterveiligheid, scheepvaart en havenactiviteiten) werd de estuariene dynamiek beperkt, wat ongewenste gevolgen heeft voor het evenwicht in het systeem.

Per deelgebied van de Biesbosch Rijn-Maasmonding is een analyse gemaakt van het functioneren van de vijf componenten van de estuariene dynamiek. Daarbij is de beoordeling ten aanzien van nutriënten weergegeven in plaats van organische stoffen. Hiermee wordt de beoordeling vanuit de Kaderrichtlijn Water gevolgd.

- **Het noordelijke deel** (o/a Nieuwe Waterweg). De getijdendynamiek en de rivierdynamiek zijn nog grotendeels intact, maar de morfodynamiek is uit balans. Dit wordt veroorzaakt door voortdurend baggerwerk en het verharderen van de oevers door het aanbrengen van hard materiaal. Hierdoor zijn de oevers versteend. Zo wordt erosie door golfslag voorkomen. De zoet-zout overgangen zijn nog wel goed intact en de aanvoer en beschikbaarheid van nutriënten is enigszins intact. De ruimte voor ecologisch herstel is echter klein omdat de ruimte voor landwaterovergangen ontbreekt, waardoor kenmerkende ecotopen niet de ruimte hebben te ontwikkelen.
- **Het zuidelijke deel** (o/a Haringvliet). De getijdendynamiek is vrijwel verdwenen en de zoet-zout overgangen ontbreken. De rivierdynamiek is de enig overgebleven dynamiek. Echter, vanwege de dimensies van het gebied en de Haringvlietssluisen is deze beperkt en sterk gereguleerd. Verder krijgt de morfodynamiek de ruimte, maar is deze vanwege de dimensies van het gebied niet in staat het systeem te herstellen. Daarbij leidt golfslag in zachte oeverzones tot uitspoeling van fijn sediment en vindt - vanwege de geringe getijslag en het vaak sedimentarme water - nauwelijks sedimentatie plaats op intergetijdengebieden. De oevers zijn veelal versteend, waardoor de morfodynamiek ook daar ontbreekt. De aanvoer van nutriënten voor de biotiek is grotendeels intact. Er is ruimte voor ecologisch herstel, maar bij gebrek aan dynamiek komen kenmerkende ecotopen niet tot ontwikkeling.
- **De tussenlopen** (waaronder Oude Maas). De getijdendynamiek is in de tussenlopen deels aanwezig en de rivierdynamiek is grotendeels in takt. Echter, de morfodynamiek is sterk verstoord door de hoge stroomsnelheden. De zoet-zout-overgang (voor zover aanwezig) functioneert wel in dit gebied. De aanvoer en beschikbaarheid van nutriënten voor de biotiek is intact. De ruimte voor ecologisch herstel wisselt van erg klein tot vrij groot. Zo is er langs Spui en Dordtse Kil vrijwel geen ruimte omdat de landcomponent van het systeem ontbreekt, terwijl er langs de Oude Maas wel ruimte is.
- **De rivieren** (waaronder de Lek, Nieuwe Merwede): de getijdendynamiek is in de Lek nog grotendeels aanwezig, maar langs de Beneden-Waal, Nieuwe Merwede, Bergse Maas en Amer is deze vrijwel verdwenen. De rivierdynamiek is nog grotendeels intact (op de Lek na). De morfodynamiek is uit balans (o/a vanwege baggeren), de zoet-zout-overgang is hier niet van toepassing en de aanvoer en beschikbaarheid van nutriënten voor de biotiek is intact. De (fysieke) ruimte voor ecologisch herstel in de rivieren is veelal groot.
- **De Voordelta**: de getijdendynamiek is nog geheel intact en de morfodynamiek vanuit zee is nog in volle omvang aanwezig. De invloed van de rivier is echter niet natuurlijk vanwege de Haringvlietssluisen. Ook de fluctuaties in zoet en zoutwater zijn sterk verminderd. De aanvoer van nutriënten is in tact, maar vanuit de rivier sterk afgenomen. Het systeem is sinds de afsluiting door de Haringvlietssluisen een met name door de zee gedomineerd estuarien systeem geworden.

Samengevat, de vijf componenten van de estuariene dynamiek zijn allen in de Biesbosch Rijn-Maasmonding aanwezig, maar niet overal tegelijkertijd. In het zuidelijk deel valt op dat vrijwel alle componenten van de estuariene dynamiek niet meer in tact zijn (getijdendynamiek, rivierdynamiek, morfodynamiek en de beweging van zoet en zout).



Alleen de aanvoer van nutriënten is grotendeels aanwezig. In het noordelijk deel van het gebied zijn de meeste componenten van de estuariene dynamiek wél aanwezig, maar is de morfodynamiek uit balans en ontbreken landwaterovergangen. Ook in de andere gebieden ontbreken één of meerdere componenten van de estuariene dynamiek. Het systeem is daardoor niet in balans.

Een menselijke ingreep in het systeem levert altijd een reactie op van de estuariene dynamiek, omdat het systeem streeft naar een nieuw evenwicht. Voorwaarde is dan wel dat het systeem de mogelijkheid heeft om dat herstel door te zetten. Een voorbeeld hiervan is het afsluiten van zeearmen, wat leidde tot substantiële erosie en sedimentatie in het systeem. Om deze verstoring tegen te gaan, worden tot op heden baggerwerkzaamheden en suppleties uitgevoerd. Daardoor is herstel vanuit het systeem zelf niet mogelijk. Er zijn ook positieve voorbeelden, zoals in de Voordelta aan de zeezijde van de Haringvlietdam, waar de morfodynamiek op dit moment wel de kans krijgt om het evenwicht te herstellen, wat resulteert in grote ecologische waarden.



4 Biotische toestand en functioneren

4.1 Overkoepelend biotisch systeem

Het omvangrijke en diverse ecosysteem binnen de BRM wordt geconfronteerd met tal van knelpunten. Hierdoor lijkt de BRM als robuust en veerkrachtig systeem, zoals gewenst vanuit het oogpunt van de PAGW, nog ver weg. Het voornaamste knelpunt is een gebrek aan geschikt leefgebied (zowel in omvang als kwalitatief) voor soorten om te foerageren, rusten en/of voort te planten. Dit heeft uiteenlopende redenen, enkele voorbeelden zijn: afname in getijdenpeildynamiek, verharding van oevers, gebrek aan ruimte, ontoereikende connectiviteit tussen leefgebieden, ontoereikende waterkwaliteit, ontoereikende voedselbeschikbaarheid, verzuivering, concurrentie van invasieve exoten en drukfactoren zoals recreatie, visserij en scheepvaart.

De knelpunten in het systeem leiden er onder andere toe dat veel van de Natura 2000- en KRW-doelen, waarvoor een robuust en veerkrachtig ecosysteem de basis is, niet of met moeite worden behaald, ondanks alle reeds getroffen maatregelen. Uit de analyse blijkt dat het met name slecht gaat met vegetatie, macrofauna en vis. Met fytoplankton gaat het matig tot zeer goed. Het beeld voor vogels is wisselend (met sommige soorten gaat het zeer goed, met anderen juist slecht). De doelen voor de meeste grote predatoren en overige grote zoogdieren worden gehaald.

Ondanks deze knelpunten is gelukkig wel sprake van enkele positieve aspecten. Zo is de diversiteit aan bijvoorbeeld vissen nog relatief hoog in de gebieden waar sprake is van een natuurlijke overgang tussen zoet en zout (met name Nieuwe Waterweg). De estuariene soorten zijn dus nog aanwezig, zijnde het in lage dichtheden. Over het algemeen zijn kenmerkende kritische soorten dus niet volledig verdwenen. Veel soorten keren verassend snel en soms zelfs massaal terug wanneer de juiste omstandigheden worden gecreëerd. Dit zijn vaak gebieden in de BRM waar natuurherstel heeft plaatsgevonden en/of gebieden waar lokaal beheer er op is gericht verzuivering tegen te gaan.

4.2 Fytoplankton

Over fytoplankton, oftewel de basis van de aquatische voedselketen, is een relatief beperkte hoeveelheid informatie beschikbaar. Uit de informatie die wel beschikbaar is, blijkt dat de hoeveelheid fytoplankton in kust- en overgangswateren wel op een peil is dat gezond is voor het systeem. Er is dus geen sprake meer van overmatige algenbloei in deze grote wateren. Mogelijk is dit het resultaat van de relatief lagere concentraties aan opgeloste organische stoffen die tegenwoordig in de grote wateren aanwezig zijn, in combinatie met de massale aanwezigheid van filterende zoetwaterschelpdieren, die een overmaat aan fytoplankton uit het water filteren.

4.3 Zoöplankton

De levensgemeenschap zoöplankton kent geen specifieke juridische doelen en is zodoende niet meegenomen in de analyse aan de hand van de KRW en Natura 2000. De actuele toestand van zoöplankton in de BRM blijft daarom onduidelijk.

Zoöplankton vervult echter wel een belangrijke rol. Samen met fytoplankton vormt zoöplankton een belangrijke basis in de voedselketen waarvan (indirect) het gehele voedselweb afhankelijk is. Concurrentie voor fytoplankton met zoetwaterschelpdieren (o.a. exoot quaggamossel) vormt een grote drukfactor voor zoöplankton in de huidige, weinig dynamische, zoete wateren van de BRM. In natuurlijke overgangszones tussen zoet en zout kan zoöplankton beter concurreren voor voedsel omdat schelpdieren daar doorgaans in lage biomassa's aanwezig zijn. Mogelijk is de toestand van zoöplankton in de Voordelta, Nieuwe Waterweg en Nieuwe Maas daarom relatief beter dan in de zoete wateren van de BRM.

4.4 Vegetatie

De vegetatie in de Biesbosch-Rijn Maasmonding bevindt zich in zowel het water, de intergetijde- en oeverzone als op het land en is over het algemeen in een matige tot slechte staat. De kenmerkende vegetatievormen van natuurlijke estuaria zijn verdwenen of slechts in beperkte mate aanwezig in een goede kwalitatieve vorm. Veel van de doelen in



het kader van Natura 2000- en KRW met betrekking tot vegetatie worden niet behaald. Aangezien vegetatie een belangrijk element vormt in veel biotopen, heeft de matige tot slechte toestand van de vegetatie een negatieve invloed op de veerkracht en robuustheid van de BRM.

- **Onder water** vinden we in de zoute wateren van de BRM op nog slechts één minimaal oppervlak in de Voordelta (ca. 0,19 ha) zeegrassen. Voor natuurlijke uitbreiding van zeegras is de bronpopulatie echter onvoldoende aanwezig, ook wordt vestiging bemoeilijkt door frequente verstoring van de bodem. In het zoete dynamische rivierwater zijn kenmerkende soorten vaak nog wel aanwezig, maar is de abundantie erg laag.
- **In en net boven het intergetijdengebied** zijn nog kenmerkende soorten van zoetwatervegetatie aanwezig, maar de abundantie laat vaak te wensen over. Op veel plaatsen is sprake van verruiging door een gebrek aan dynamiek. Veel geschikt groeigebied is verdwenen als gevolg van een te beperkte getijslag, inpoldering, oeververharding en kanalisatie, golfwerking door scheepvaart en afname van zacht substraat in de oevers.
- **Op land** is in deze systeemanalyse de focus gelegd op vegetaties rondom het estuarium: duinvegetaties, (vochtige) graslanden en rivier-begeleidend bos. De toestand van de vegetaties op land is hooguit matig. Hier speelt een te hoge voedselrijkdom door stikstofdepositie vaak een grote rol. Hierdoor vindt versnelde successie en dus verruiging plaats van algemene soorten en invasieve exoten (o.a. Amerikaanse vogelkers). De beperkte dynamiek in verruigde duinen zorgt ook voor een afname in zandverstuiving en saltspray. De matige toestand van vochtige graslanden en rivier-begeleidende bossen wordt met name veroorzaakt door een gebrek aan periodieke inundatie.

4.5 Macrofauna

De **macrofaunagemeenschap** in de Biesbosch Rijn-Maasmonding is over het algemeen matig. Door de verandering van zoet naar zout water en het verstenen van oevers zijn specifieke biotopen voor macrofauna verloren gegaan. In de overgebleven zoete biotopen domineren algemene soorten, waaronder invasieve exoten. De hoge scheepvaartintensiteit zorgt voor constante omwoeling van de waterbodem, waardoor veel soorten zich niet goed kunnen vestigen. In de Voordelta zorgt bodemroerende visserij voor omwoeling van de waterbodem, waar de invasieve exoot Amerikaanse zwaardschede profiteert ten koste van inheemse soorten. De lage abundantie van watervegetatie, verstening van oevers en afname van vloedvlaktes zorgen voor een lage toevoer van dood organisch materiaal, wat een voedselbron is voor veel macrofauna.

4.6 Vis

De toestand van **vis** in zowel grote (overgangs)wateren als plantenrijke beschutte wateren in de Biesbosch Rijn-Maasmonding is overwegend slecht. In de grote wateren is er weinig diversiteit en worden kritische soorten weggeconcurrerd door invasieve exoten. Ook fysieke schade door scheepsschroeven en gemalen speelt een rol. Voor trekvis en estuariene soorten is het paai- en opgroeigebied achteruitgegaan en is de connectiviteit onvoldoende. In plantenrijke wateren is er een hoge abundantie van plantminnende vissoorten, maar zijn er knelpunten zoals slechte verspreiding, ontoereikende waterkwaliteit en aantasting van het leefgebied door Amerikaanse rivierkreeften en ganzen.

4.7 Vogels

De diversiteit aan **vogels** in de Biesbosch Rijn-Maasmonding is groot en elke soort heeft specifieke voorkeuren voor leefomstandigheden. Sommige soortgroepen doen het relatief goed, terwijl andere groepen het moeilijk hebben. Een veelvoorkomend knelpunt is verstoring door menselijke activiteiten, zoals scheepvaart, visserij en recreatie. Daarnaast is de kwaliteit van het leefgebied vaak ontoereikend, met name door een afname van getijdynamiek en grondpredatie. Sommige soorten, zoals ganzen en meeuwen, doen het juist goed, maar dit zorgt ook voor concurrentie om beschikbaar gebied. Voedselbeschikbaarheid is een belangrijk knelpunt, vooral voor vogels die zich hebben gespecialiseerd op specifieke prooisoorten. Veel vogelsoorten gebruiken de Biesbosch Rijn-Maasmonding overigens alleen voor een bepaalde functie, zoals broeden of overwinteren.



4.8 Grote predatoren en overige grote zoogdieren

In de Biesbosch Rijn-Maasmonding gaat het over het algemeen goed met **grote predatoren** en andere grote zoogdieren, wat wijst op voldoende voedselbeschikbaarheid. Het gaat om soorten in het zoute water van de Voordelta (bruinvis, gewone zeehond en grijze zeehond) en soorten in en rond het zoete water (o.a. zeearend, otter en bever). Het behoud van rust is een aandachtspunt voor deze grotere soorten.



5 Autonome ontwikkelingen

De doelen van de PAGW richten zich op 2050. Daarom is het relevant om ook te kijken naar toekomstige ontwikkelingen, die het ecologische functioneren van de Biesbosch Rijn-Maasmonding kunnen beïnvloeden. Hieronder een overzicht van de autonome ontwikkelingen tot 2050 met een doorkijk naar 2100, en de impact van deze ontwikkelingen op de Biesbosch Rijn-Maasmonding.

Als eerste zijn **klimaat gerelateerde autonome ontwikkelingen** relevant, namelijk de verwachte temperatuur- en zeespiegelstijging in Nederland, veranderde neerslagpatronen en rivierafvoeren.

De verwachte temperatuurstijging betekent voor het Biesbosch Rijn-Maasmonding-systeem een mogelijke toename in watertemperatuur, in algengroei, een verandering in het verspreidingspatroon van soorten, een toename in de concurrentiepositie van invasieve exoten, een disbalans in onderdelen van het voedselweb en een toename in het risico op botulisme en stratificatie. De verandering in de neerslagpatronen in het BRM-gebied beslaat een verwachte toename in verdamping die waarschijnlijk sterker zal worden dan de vernatting, waardoor een neerslagtekort kan ontstaan. De relatieve verwachte zeespiegelstijging zou betekenen dat meer gebieden onder invloed van het getij komen te staan, dat huidige intergetijdengebieden permanent onder water kunnen komen te staan en dat nieuwe intergetijdengebieden ontstaan. Vanwege veranderingen in de rivierafvoeren zal er bij lagere rivierafvoeren vooral een toename van zoutindringing zijn (en dus verzilting) in de Biesbosch Rijn-Maasmonding.

Als **niet-klimaat gerelateerde autonome ontwikkelingen** worden morfodynamische processen, toenemende successie en binnendijkse bodemdaling genoemd.

- De **sedimenttransporten** zijn in de afgelopen periode verstoord door bedijkingen, stuwen en afsluiting van zeearmen. Het watersysteem reageert op deze verstoringen door veranderingen in de morfodynamiek. Deze veranderingen zullen ook in de toekomst verder gaan totdat evenwicht in de sedimentbalans is bereikt, indien mogelijk. De meest zichtbare trend is de bodemdaling van met name de Oude Maas, Nieuwe Maas en de Nieuwe Waterweg.
- Sinds de afsluiting van het Haringvliet is de getijden-dynamiek grotendeels verdwenen. Hierdoor treedt verruiging op door **versnelde successie**, waardoor pionierssituaties niet meer beschikbaar zijn. De verwachting is dat het proces van verruiging, zonder aanpassingen in het beheer, areaal of getij, door zal zetten in de toekomst.
- Door bedijking is in het binnendijks gebied de sedimentaanvoer gestopt en kan geen opslibbing meer plaatsvinden vanwege het ontbreken van getij en overstromingen. Daarnaast wordt bestaand veen afgebroken door ontwatering. Dit vindt nog steeds actief plaats, waardoor **bodemdaling** verwacht wordt door te zetten in de toekomst.

Socio-economische drukfactoren. Vanuit de vraag naar ruimte vanuit verschillende functies van het BRM-gebied ontstaat druk op het abiotisch en biotisch functioneren. Het gaat onder andere om bevolkingsgroei, woningbouw, recreatie, ontwikkeling van scheepvaart en havenbedrijven en de energie- en landbouwtransitie. De vraag naar ruimte vanuit deze functies zal de komende periode naar verwachting alleen maar toenemen.



6 Leidende Principes

In het voorgaande is toegelicht hoe de Biesbosch Rijn-Maasmonding door de tijd heen is gevormd, wat het huidig abiotische en biotische systeem karakteriseert en aan welke toekomstige veranderingen het systeem waarschijnlijk onderhevig zal zijn. Uit deze analyse blijkt dat het ecologisch systeem op dit moment niet voldoet en dat kenmerkende estuariene natuur niet voldoende kan worden geaccommodeerd. Toekomstige ontwikkelingen, zoals het klimaat, zullen nog meer druk op de ecologie in het systeem geven. Maatregelen zijn nodig om de doelstelling van de PAGW (een robuust en veerkrachtig ecologisch systeem in 2050) te realiseren.

Vanuit de analyse van het ecologisch systeem zijn een aantal leidende principes gedefinieerd, “vuistregels om maatregelen te bepalen die helpen om de beoogde effecten van de PAGW te bereiken”, te weten een ecologisch robuust en veerkrachtig ecologisch systeem in 2050. Bij elk leidend principe wordt een aantal **mogelijke oplossingsrichtingen** voorgesteld. Om de haalbaarheid van de leidende principes te garanderen zijn ook enkele **kritische succesfactoren** gedefinieerd.

Bij de ontwikkeling van leidende principes is **een aantal uitgangspunten** gehanteerd:

- De leidende principes en oplossingsrichtingen zijn opgesteld uitsluitend vanuit het **ecologisch perspectief**. Hierbij is nadrukkelijk nog niet gekeken naar maatschappelijke aspecten en technische haalbaarheid. Dat vindt plaats in een volgende stap van de preverkenning BRM.
- Verder is geredeneerd vanuit de ambitie van de PAGW om **in 2050** een robuust en veerkrachtig ecosysteem te realiseren. Daartoe zijn voorbeelden van oplossingsrichtingen opgenomen voor de korte en de wat langere termijn.
- Tot slot, klimaat zal ook in de toekomst een zeer bepalende rol houden in het systeem, onder andere door zeespiegelstijging, veranderde rivierafvoer (droogte en zomerse hoogwaters) en een stijgende (water)temperatuur. Dit zal in acht genomen moeten worden bij de verdere ontwikkeling van oplossingsrichtingen.

6.1 Leidende principes

Er zijn vier leidende principes afgeleid voor de BRM. Ze geven allen een eigen invalshoek om naar het systeem te kijken en lopen logischerwijs in elkaar over qua oplossingsrichtingen. De principes zijn:

1. Versterk het functioneren van de estuariene dynamiek;
2. Creëer ruimte en tijd voor landschapsvormende processen (abiotiek);
3. Creëer ruimte, tijd en rust voor een robuust ecologisch systeem (biotiek);
4. Vergroot de connectiviteit ten gunste van vrije uitwisseling tussen ecologische subsystemen.

6.1.1 Versterk het functioneren van de estuariene dynamiek.

Het estuariën systeem in het BRM-gebied is sterk beïnvloed door de mens, waardoor voor veel van de natuurlijke processen geen ruimte meer is. Zodoende is de getijden- en rivierdynamiek sterk uit evenwicht geraakt. Daardoor is er beperkt (en slecht functionerend) areaal intergetijdengebied, is er sterke erosie in de tussenwateren (zoals Oude Maas en Spui) en sedimentatie op andere plekken, is de rivierdynamiek onbedoeld dominant geworden in de zuidelijke wateren, en staan veel van de nog resterende estuariene soorten onder druk.

Om het functioneren van de estuariene dynamiek te verbeteren, moet bekeken worden of bestaande belemmeringen in het systeem weggenomen kunnen worden of dat een verbetering anderzijds kan worden gerealiseerd. Daarbij is het van belang om het systeem in zijn geheel te beschouwen: een maatregel dat één van de vijf componenten verandert heeft gevolgen voor andere componenten.

De volgende mogelijke oplossingsrichtingen worden genoemd: aanpassen van het sluisbeheer van de Haringvlietsluizen, vergroten van land-waterovergangen en het stroomgebied van water, aanpassen van bagger- en suppletiebeheer, stimuleren van natuurlijke processen bij het suppletiebeheer van de kustzone, en het optimaliseren van de invloed van de rivier.



6.1.2 Creëer ruimte en tijd voor landschapsvormende processen (abiotiek)

In een natuurlijk estuarium zijn er dagelijkse fluctuaties vanuit de wind- en hydrodynamiek (bijvoorbeeld als gevolg van getij en variatie in rivierafvoeren) en incidenteel grotere veranderingen (bijvoorbeeld hoge waterstanden vanwege een zware storm). In een goed functionerend estuarien systeem volgt een natuurlijke reactie op deze fluctuaties door de morfodynamiek (bijvoorbeeld door afbraak en opbouw van intergetijdengebied). Dit cyclische proces van ontstaan en afbraak van landschap geeft het gebied een dynamisch en divers karakter. Daarmee wordt verzekerd dat er voldoende areaal beschikbaar is waar pionierssoorten zich tijdelijk kunnen vestigen.

In de BRM is op dit moment beperkt ruimte of tijd voor dergelijke landschapsvormende processen. Zo is het gebied, waar de estuariene dynamiek invloed op heeft sterk afgenomen (onder andere door het inpolderen van gebieden en het afsluiten van het Haringvliet). Ook krijgen landschapsvormende processen minder ruimte omdat oevers zijn vastgelegd en het beheer daar veelal niet op is ingericht.

Er zijn echter ook positieve voorbeelden, zoals de Voordelta en de Noordwaard.

Mogelijke oplossingsrichtingen zijn het optimaliseren van bestaand areaal in het estuarien systeem en het toevoegen van extra areaal. Ook de genoemde oplossingsrichtingen bij het eerste leidende principe zijn belangrijk voor het ruimte geven aan landschapsvormende processen.

6.1.3 Creëer ruimte, tijd en rust voor een robuust ecologisch systeem (biotiek)

Het ruimte geven aan landschapsvormende processen (zie 2^e leidend principe) zal gepaard moeten gaan met het gelijktijdig bezien van het systeem vanuit een biotisch perspectief: ontstaat er voldoende ruimte, tijd en rust voor een robuust ecologisch systeem met de kenmerkende biotopen, die nu deels beperkt voorkomen in de BRM.

Voor de biodiversiteit in de BRM is het van belang dat er grote aaneengesloten gebieden beschikbaar zijn. Als deze gecombineerd worden met kleinere gebieden, ontstaan verbindingen en daarbij ruimte om te foerageren, rusten en/of voort te planten. Naast ruimtelijke variatie is ook variatie in biotopen nodig tussen bijvoorbeeld zoete, zoute en brakke milieus, diepe en ondiepe zones, en gebieden met verschillende niveaus van getijdendynamiek. Deze variatie zorgt voor een grotere diversiteit aan biotopen. In ieder biotoop leven weer andere soorten. De ecologische waarde van de BRM profiteert verder van het periodiek terugzetten van het systeem zodat pionier-milieus steeds opnieuw ontstaan. Daarnaast is voldoende rust van belang.

Mogelijke oplossingsrichtingen zijn het meer ruimte geven aan specifieke biotopen, het optimaliseren van het huidige (natuur)beheer en het zoneren van rust- en recreatiegebieden.

6.1.4 Vergroot de connectiviteit

Ecologische connectiviteit vertaalt zich in het creëren van een omvangrijk aaneengesloten en samenhangend leefgebied zodat vrije uitwisseling mogelijk is van zowel energie, materie (water, sediment, voedingsstoffen) als van dier- en plantensoorten. De veerkracht van het systeem neemt dan toe, doordat soorten kunnen migreren, verspreiden en nieuwe gebieden koloniseren. Met name voor soorten die tijdens hun levenscyclus verschillende leefgebieden gebruiken, zoals trekvis en amfibieën, heeft het gebrek aan connectiviteit tussen leefgebieden een negatief effect. Ook geeft connectiviteit ruimte aan stoffen om vrij(er) te bewegen tussen de (sub)systemen. Tot slot is uitwisseling van binnendijks en buitendijks water en leefgebieden noodzakelijk om het binnendijks water te verversen, soorten te laten uitwisselen en het functioneren te verbeteren. Mogelijke oplossingsrichtingen zijn: het verbeteren van de longitudinale en laterale connectiviteit van het systeem en het versterken van de relatie tussen binnendijks en buitendijks gebied.

6.2 Kritische succesfactoren

De volgende **kritische succesfactoren** zijn geformuleerd voor het slagen van eventuele maatregelen die uit de leidende principes kunnen volgen. Ten eerste is een **goede water- en bodemkwaliteit** de basis voor een goed functionerend systeem. Ondanks dat de waterkwaliteit sinds de jaren 70 verbeterd is, blijft de ontoereikende waterkwaliteit een knelpunt. Het is belangrijk om het verbeteren van water- en bodemkwaliteit blijvend te agenderen.



Daarnaast zal met de status van de bodem- en waterkwaliteit rekening gehouden moeten worden in de verdere ontwikkeling van oplossingsrichtingen. Ten tweede gaat het om het **beperken van de impact van drukfactoren**. De Biesbosch Rijn-Maasmonding is een omvangrijk gebied waarin veel functies samenkomen, zoals recreatie, waterveiligheid, scheepvaart, beschikbaarheid van zoetwater en landbouw. Deze functies hebben allemaal een vraag naar ruimte, die de komende periode naar verwachting alleen maar zal toenemen. De functies zetten een zekere druk op het abiotisch en biotisch functioneren van de BRM (bij hogere druk is een relatief groter oppervlak natuur nodig). Belangrijk is het agenderen van de impact van drukfactoren en het zoeken naar samenwerking om de impact van deze factoren op de ecologie zoveel mogelijk te beperken. Tot slot gaat het om het **borgen van het belang van natuur in de governance**. Daarvoor is balans in het besluitvormingsproces essentieel, waarbij natuur een volwaardig onderdeel wordt van beleids- en besluitvormingsprocessen. Belangrijk punt is dat het beleid zoveel mogelijk uitgaat van het natuurlijk systeem en dat beheer uitgaat van integrale samenwerking, waarbij wordt uitgegaan van het geheel aan doelen, inclusief natuurdoelen. Tot slot is het belangrijk om verbinding te zoeken met andere relevante programma's, om daarmee voortdurend te bezien of en hoe oplossingen voor verschillende functies met elkaar verbonden kunnen worden.



Inleiding

Hoofdstuk 1



1 Inleiding

1.1 Wat maakt de Biesbosch Rijn-Maasmonding uniek

Estuaria zijn mondiaal gezien zeldzame milieus, omdat ze gebonden zijn aan plaatsen waar ondiepe zeeën en laagland met een of meerdere riviermonden samen komen. Estuaria zijn dynamisch gebieden, waarin tal van natuurlijke processen, aangestuurd door de zee en de rivier, leiden tot tal van gradiënten in ruimte en tijd. Dit zorgt voor een afwisseling van unieke landschappen met geulen, droogvallende platen en zelden overspoelde gorzen. De vegetatie in een estuarium kenmerkt zich door een hoge biodiversiteit door de deze gradiënten in saliniteit, droogvalduur, overstromingsfrequentie, waterdiepte of, in de drogere delen, de grondwaterstand.

Dit bijzondere krachtenspel van de zee en de rivieren heeft de basis gelegd voor het estuarium van de Biesbosch Rijn-Maasmonding (BRM) zoals we dat nu kennen. De Biesbosch Rijn-Maasmonding is een complex estuarien systeem, waarbij het water van de zee en van de grote rivieren van de Nederrijn/Lek, Waal en Maas samenkomen. Het watersysteem kenmerkt zich door een grote dynamiek. Naast het getij (met name aan de noordrand) kent het gebied variëteit in rivierafvoer, de overgang van zoet naar zout en een grote morfologische dynamiek met bijvoorbeeld erosie in de verbindende takken en sedimentatie in het Haringvliet en Hollandsch Diep. Op verschillende tijdschalen hebben steeds weer andere processen hier gedomineerd: waarbij aan de kant van de zee de relatieve stijging van de zeespiegel en de mate van aanvoer van zandig sediment cruciaal waren en aan de kant van de rivieren het veranderende patroon van rivierlopen en veranderingen in morfodynamiek, sedimentatie en veenvorming. Al vanaf het begin van het ontstaan van de BRM is de mens in het gebied aanwezig; aanvankelijk ondergeschikt aan de krachten van de zee en de rivieren maar gaandeweg werd zij in toenemende mate, en van onbewust naar bewust, een sturende kracht in de vorming van de Biesbosch Rijn-Maasmonding.

1.2 Aanleiding

Het gaat niet goed met het ecologisch functioneren van de grote wateren in Nederland. De grote Nederlandse waterstaatkundige ingrepen, zoals dijken, dammen, vaargeulverruiming, en inpolderingen, hebben de fysieke toestand veranderd. De natuurlijke stroming van water en sediment zijn aangepast. Hierdoor ontbreken onder andere zachte overgangen, zijn er minder voedselrijke slikken en platen en ook minder intergetijdengebieden. Bovendien ligt er een hoge gebruiksdruk op de grote wateren, door scheepvaart, toenemende recreatiedruk en landbouw. Dit samen heeft ervoor gezorgd dat kenmerkend leefomstandigheden (habitats) van planten en dieren verloren zijn gegaan. Op veel plaatsen leven dan ook steeds minder verschillende plant- en diersoorten en zijn migratieroutes geblokkeerd. Het ecologisch systeem van de grote wateren, van zowel de soortenrijke natuur als de gezonde ecologische waterkwaliteit, heeft daarom een impuls nodig.

Via de Programmatische Aanpak Grote Wateren (PAGW) wordt gewerkt aan maatregelen om de grote wateren deze impuls te geven en om ze daarmee "ecologisch robuust en veerkrachtig" te maken richting 2050. Een ecologisch robuust en veerkrachtig ecosysteem wordt in deze studie gedefinieerd als "een ecologisch systeem dat tegen een verandering of verstoring kan (robuust) en waarbij het systeem weer terug kan veren naar een evenwichtige balans (veerkrachtig)". Dit is noodzakelijk om het leefgebied (zowel in omvang als kwalitatief) voor soorten om te foerageren, rusten en/of voortplanten te verbeteren, om minder gevoelig te zijn voor veranderende (klimaat)omstandigheden en om economische ontwikkelingen en medegebruik mogelijk te maken. Een effectieve wijze om een ecologisch robuust systeem te realiseren is door te werken met een aantal grote eenheden natuurgebied, zogenaamde 'hotspots', die via corridors met kleinere stapstenen met elkaar verbonden zijn, zoals te zien in Figuur 1-1. Binnen de PAGW zijn er vier hotspots aangewezen, gebaseerd op hun ligging, kwaliteiten en de omgeving. De Biesbosch is één van deze vier hotspot-gebieden.



Figuur 1-1: De voorgestelde Hotspotgebieden en Corridors met de Biesbosch als één van de hotspot-gebieden (Heusden et al., 2021)

De PAGW hotspot Biesbosch is één van de grootste zoetwatergetijde gebieden van Europa en kent grote ecologische samenhang met de Rijn-Maasmondingsgebied. Omdat de Biesbosch, en het ecologisch functioneren van de Biesbosch, onlosmakelijk is verbonden aan de rest van het systeem kan de opgave voor de Biesbosch niet los gezien worden van het mondingsgebied. Alleen door de monding als één systeem te zien, en opgaven in samenhang te bekijken, kan het gebied een stap verder gebracht worden. Met deze reden kijkt de voorliggende systeemanalyse naar het gehele gebied van de Biesbosch Rijn-Maasmondingsgebied. Dit rapport geeft daarbij inzicht in de potenties om de natuur en de ecologische waterkwaliteit te verbeteren richting een robuust en veerkrachtig ecosysteem voor de Biesbosch Rijn-Maasmondingsgebied (BRM).

Om te komen tot een robuust en veerkrachtig ecosysteem is het begrip van het rivier- en ecosysteem en het landschapsecologisch functioneren van deze systemen cruciaal. Dat zegt immers veel over de natuur die daarbij past, en welke onderliggende processen en randvoorwaarden nog aanwezig zijn en in hoeverre deze processen benut kunnen worden voor verder ecologisch herstel. Deze systeemanalyse is daarmee een eerste stap richting een pakket van maatregelen en oplossingsrichtingen voor de Biesbosch Rijn-Maasmondingsgebied, die de natuur van deze hotspot ten goede moeten komen, in samenhang met een effectiever rivierbeheer.

1.3 Gebiedsafbakening

De systeemanalyse van de Biesbosch Rijn-Maasmondingsgebied gaat over het gehele gebied van de Biesbosch en de Rijn-Maasmondingsgebied. De scope van dit gebied is geografisch weergegeven in Figuur 1-2. Het projectgebied is groot weergegeven in Bijlage A. Het omvat de Nieuwe Waterweg, Nieuwe Maas, Hollandsche IJssel (tot aan Gouda), Lek (tot stuw Hagestein), Haringvliet, Hollands Diep, de tussenliggende wateren (Oude Maas, Spui, Noord en Dortsche Kil), de Merwedes en de Biesbosch. Ook deel van de Voordelta, dat beïnvloed wordt door de werking van de Haringvlietsluizen, is onderdeel van de systeemanalyse. Hierbij ligt de focus van de analyse op de grote wateren in de BRM, inclusief de oevers. De binnendijkse gebieden zijn geen onderdeel van de scope. Echter is de interactie van de binnendijkse gebieden met het buitendijkse gebied, indien kritiek om het systeem te begrijpen, meegenomen. Daarnaast is ook de interactie met het bovenstrooms gelegen rivierengebied van de Waal, Maas en Lek bekeken om de processen binnen het mondingsgebied beter te begrijpen.



Een belangrijk uitgangspunt van deze studie is dat de huidige situatie van de Biesbosch Rijn-Maasmonding is beschouwd als een *estuarium* en geen delta. Deltas zijn landvormen waarbij sedimenten worden afgezet door de rivier(en), zodat de rivierarmen de zee in steken. Estuaria zijn overgangsgebieden waar zoet en zout water samenkomen en zijn daarentegen juist binnen de kustlijn gelegen. Door het huidige, vastgelegde, systeem, kan de Biesbosch Rijn-Maasmonding worden benaderd als een overgangsgebied in plaats van een gebied dat zich uitbouwt.



Figuur 1-2: Projectgebied voor de systeemanalyse van de Biesbosch Rijn-Maasmonding

1.4 Werkwijze en Leeswijzer

Het uitgangspunt voor de PAGW is het starten vanuit gedegen systeembenadering, ook wel een landschapsecologische systeemanalyse (LESA). Een LESA redeneert vanuit de natuurlijke kwaliteiten van het systeem. In het geval van een rivier- of kuststelsel zijn dat dynamische systemen. Dat betekent dat bij de beschrijving van de abiotiek de natuurlijke processen centraal zullen staan en dat vanuit de basis van deze processen bij de beschrijving van de biotiek de afhankelijke ecotopen centraal staan. De inhoud van de hoofdstukken is dan als volgt:

Hoofdstuk 2: Ontstaansgeschiedenis

De historie van het gebied wordt beschreven aan de hand van de sturende krachten. Dit zijn zowel natuurlijke als maatschappelijke krachten: bv. rivier, zee en ijs, maar dus ook de mens. Het klimaat staat daar weer boven en stuurt deze krachten vanaf een hoger niveau aan. Je zou het als een toneelstuk kunnen zien, waarin het klimaat de regisseur is en de verschillende krachten als de hoofdrolspelers die het gebied vormgeven.

In dit hoofdstuk laten we zien hoe, op grote tijdschaal, het gebied zoals het er nu ligt, zich heeft ontwikkeld als gevolg van de veranderende werking van de sturende krachten. Via de mens als kracht laten zien hoe de sturende krachten gaandeweg veranderen, meestal betekent dat dat ze aan banden worden gelegd; wat dan vaak weer een reactie oproept van het natuurlijke systeem. Die wisselwerking is ook belangrijk om het huidige systeem te begrijpen.

De ontwikkelingen vanuit het verleden zoals we ze beschrijven, zijn terug te vinden in: het bodemarchief, de hoogteligging (reliëf), de ligging van oppervlaktewateren en de inrichting die de mens heeft achtergelaten.



Hoofdstuk 3: Abiotische toestand

Hierin wordt de abiotische component van het huidige landschap beschreven aan de hand van de verschillende vormen van dynamiek en de processen die daarbinnen actief zijn. Estuariene dynamiek is te verdelen in de volgende componenten: hydrodynamiek (die weer bestaat uit getij- en rivierdynamiek), morfodynamiek, verspreiding van zouten en verspreiding van organische stoffen. Deze dynamiek is te beschrijven via:

- Hoe werkt een proces/de processen
- Wat is daarvan zichtbaar in de ruimte (patronen)
- Hoe ontwikkelt dat zich in de tijd (trends)

Het gaat hierbij om een beschrijving op verschillende schaalniveaus van de huidige toestand en hoe die in de recente tijd (laatste eeuw/decennia) is veranderd. De samenhang tussen de verschillende vormen van dynamiek vinden we terug in de fysiotoepen.

Hoofdstuk 4: Synthese Ontstaansgeschiedenis en Abiotische Toestand

De ontstaansgeschiedenis, in combinatie met alle estuariene processen, vormen de randvoorwaarden voor de planten en dieren die het BRM-gebied (kunnen) leven. In dit hoofdstuk wordt de informatie uit de voorafgaande hoofdstukken gecombineerd tot een samenhangend en samenvattend hoofdstuk. Dit hoofdstuk geeft in vogelvlucht de basis voor de biotische toestand.

Hoofdstuk 5: Biotische toestand

De biotiek wordt beschreven op het niveau van de ecotopen die kenmerkend zijn voor het systeem waar de LESA zich op richt. Dit is te beschrijven via de volgende stappen:

- Introducerende toelichting op de werking van een natuurlijk estuarium vanuit biotisch oogpunt
- Kenmerkende ecotopen en hun relatie tot de fysiotoepen; met enkele karakteristieke soorten.
- Wat is de toestand en trends van de belangrijkste levensgemeenschappen of soortgroep per biotoop. Hierbij wordt als basis gebruik gemaakt van Kaderrichtlijn Water (KRW) oordelen van de Rijkswateren en Natura 2000 (N2000) rapporten, met in het bijzonder recent gepubliceerde natuurdoelanalyses, met aanvullingen vanuit beheerplannen en aanvullende literatuur.

Het hoofdstuk eindigt met een samenvatting, waarin de huidige toestand van de biotiek wordt beschreven

Hoofdstuk 6: Autonome ontwikkelingen

Waar de eerste hoofdstukken ingaan op de veranderingen die het BRM-systeem gemaakt hebben tot wat het nu is, gaat hoofdstuk 6 "Autonome ontwikkeling" in op de veranderingen die de komende jaren impact kunnen hebben op het systeem. Hierbij worden autonome ontwikkeling gedefinieerd als: "Ontwikkelingen en activiteiten die zeer waarschijnlijk zullen plaatsvinden". Hierbij ligt de focus op de ontwikkelingen tot 2050, maar wordt een doorkijk geboden naar 2100. Er wordt ingegaan in de ontwikkelingen waarvan verwacht wordt dat zij de meeste invloed hebben op het ecologisch functioneren van het BRM-systeem.

Hoofdstuk Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.: Leidende principes

Leidende principes zijn de stuurknoppen die helpen bij het vinden van kansrijke oplossingsrichtingen om de ambitie waar te maken. De ambitie van de PAGW is een duurzame instandhouding van de kenmerkende ecotopen van een gebied. Dat wil zeggen dat er voldoende areaal is en met voldoende ruimte voor de karakteristieke dynamiek waar de ecotopen van afhankelijk zijn. Hierbij komen de sleutelfactoren aan bod: schaal, dynamiek, kwaliteit, connectiviteit, variatie/gradiënten. In het vervolg kunnen, aan de hand van de ambitie van de PAGW en de kennis opgedaan met de LESA, de (systeem)opgaven geformuleerd worden die nodig zijn voor herstel van het ecosysteem. Daaruit kunnen dan weer de maatregelen bepaald worden die nodig zijn om dat te bereiken. De leidende principes helpen om de juiste keuze te maken voor passende maatregelen.



Naast leidende principes zijn ook kritische succesfactoren gedefinieerd. Deze factoren zijn cruciaal om (1) te zorgen dat de vuistregels de beoogde effecten veroorzaken en (2) te zorgen dat het haalbaar is om de vuistregels uit te voeren. De kritische succesfactoren zijn daarmee de zogenaamde 'achterliggende motor voor succes'. De kritische succesfactoren hebben betrekking op het menselijk handelen, waaronder het maken van keuzes en/of draagvlak van de keuzes voor ecologie, en hebben betrekking op factoren die buiten de invloedssfeer van het projectgebied vallen, zoals het verbeteren van de waterkwaliteit. Op deze factoren kan invloed uitgeoefend worden maar ze zijn niet alleen binnen de BRM-context te veranderen. De toestand van deze factoren is echter wel cruciaal voor het slagen van de maatregelen die uit de leidende principes volgen.

Het rapport eindigt met een overzicht van referenties en bijlagen.



Ontstaansgeschiedenis

Hoofdstuk 2



2 Ontstaansgeschiedenis

2.1 Sturende krachten in de Biesbosch Rijn-Maasmonding

De Nederlandse kust is een fragiel bouwwerk. De duinenrij, met daarachter de klei- en veenpolders van Holland en Zeeland, ligt op een vooruitgeschoven post in zee. Voor onze generatie Nederlanders is dat de normaalste zaak van de wereld, maar als je naar de morfologische processen kijkt die onze kustlijn hebben gevormd, dan valt op hoe veranderlijk en dynamisch deze zijn.

Als onderdeel van de Nederlandse kustlijn vormt de Biesbosch Rijn-Maasmonding het decor waar rivier en zee elkaar ontmoeten. Dit resulteert in een dynamisch krachtenspel tussen beiden, waar op verschillende tijdschalen andere processen kunnen domineren. Als derde sturende kracht deed de mens vanaf circa 3000 v. Chr. zijn intrede in de vorming van de Delta. Op een steeds dominantere wijze werd getracht de sturende kracht van zee en rivier te temmen. Op iedere ingreep volgde echter direct een tegenreactie, waaruit op te maken valt dat de delta zich wel laat beperken, maar nooit voor lang. De zee en rivier hebben de tijd aan hun zijde.

Deze paragraaf introduceert de belangrijkste processen die zich afspelen op grote tijdschalen maar wel bepalend zijn geweest voor de vorming van de Delta zoals we die nu kennen en de gevolgen van deze processen op de abiotiek en biotiek in het systeem. De processen die zich afspelen in het ritme van dagen en seizoenen worden toegelicht in Hoofdstuk 3: Abiotische Toestand en Functioneren. Het begrijpen van natuurlijke processen die de Biesbosch Rijn-Maasmonding hebben gevormd en de effecten hierop van menselijke ingrepen, kan helpen het handelingsperspectief in ons estuarium op waarde te schatten.

In dit hoofdstuk worden zee, rivier en mens als sturende krachten geïntroduceerd, waarbij ze in de tijdlijn worden geplaatst. Het klimaat, en de veranderingen daarin, worden daarbij als basis gezien voor de werking van het systeem. Daarnaast worden de effecten van menselijke ingrepen op de processen in de delta benoemd, waarmee een aanzet wordt gegeven voor de verdere analyse in de hoofdstukken abiotiek en biotiek.

2.2 Klimaatverandering in het Holoceen (9.700 v. Chr. – heden)

Klimaatverandering in ons huidige geologisch tijdvak, het Holoceen, vormt de motor bij de vorming van de Biesbosch Rijn-Maasmonding. Het ontstaan van de Noordzee, de verandering van rivierpatronen en de toenemende menselijke invloed in de Biesbosch Rijn-Maasmonding zijn hier direct het gevolg van.

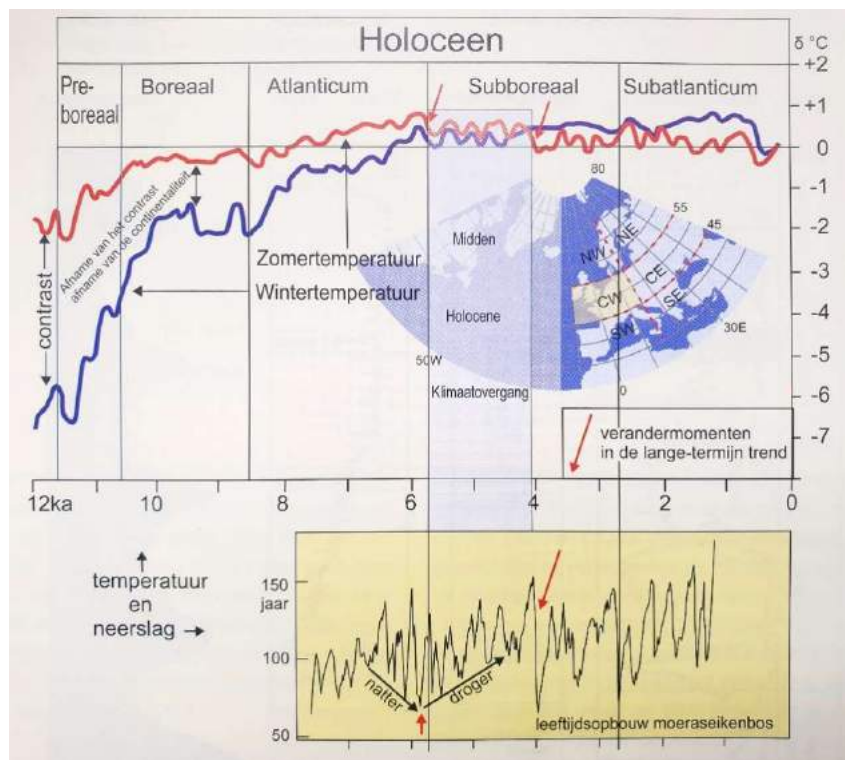
Het Holoceen wordt gekenmerkt door een sterke temperatuurstijging als gevolg van een geleidelijke toename van de zoninstraling. In de beginperiode van het Holoceen is in Noordwest-Europa het contrast tussen zomer- en wintertemperatuur groot (Figuur 2-1). Gaandeweg gaat de atmosferische circulatie door zeespiegelstijging steeds meer op de huidige lijken waardoor zomer- en wintertemperatuur dichter bij elkaar komen te liggen en de neerslag toeneemt.

Aan het begin van het Subboreaal vindt een overgang plaats naar een droger weertype met lagere zomertemperaturen, waarschijnlijk als gevolg van een verandering van de stand van de aardas ten opzichte van de zon. De straalstroom verschuift zuidwaarts waardoor minder warmte en vocht naar de Noordpool getransporteerd wordt en de overheersende windrichting verandert. Dit is terug te zien in de versnelde vorming van strandwallen die voor 5500 v. Chr. ZW – NO georiënteerd waren, terwijl de jongere strandwallen een ZZW – NNO strekking hebben door draaiing van de richting van invallende golven. In deze periode stopte ook het smelten van ijskappen en begonnen de overgebleven gletsjers zelfs opnieuw uit te breiden. Vanaf circa 2000 v. Chr. begint een tijd van grotere afwisseling tussen droge en natte perioden, die voortduurt in het Subatlanticum.

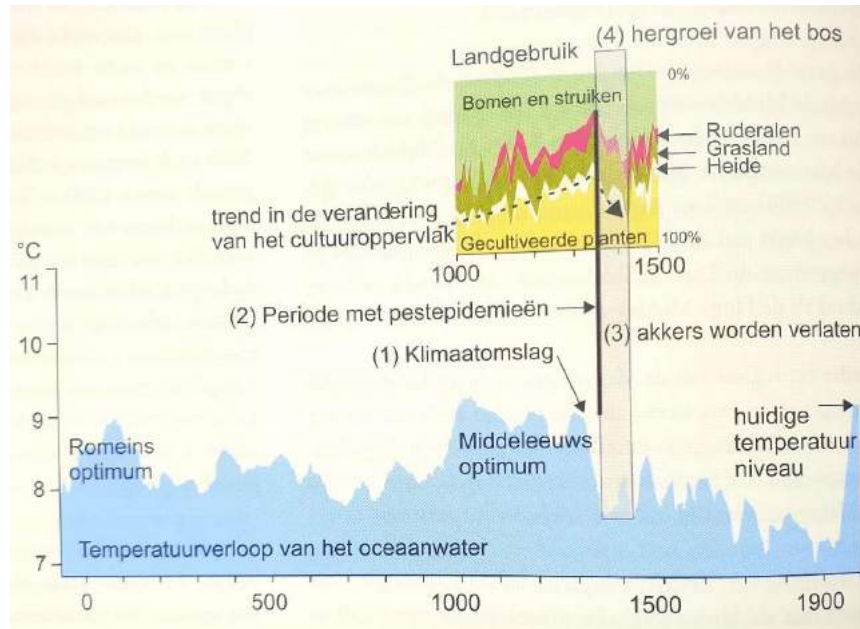
De overgang van een optimum in het klimaat naar nattere en koelere perioden heeft effect op landgebruik en maatschappelijke gebeurtenissen (Figuur 2-2). Zo viel het Romeins klimaatoptimum samen met de bloei van het Romeinse Rijk en de verslechtering van het klimaat met de neergang ervan. Het Middeleeuws klimaatoptimum rond 1000 n. Chr. viel samen met massale veenontginningen in West-Nederland. De periode tussen 1550 en 1900 (de Kleine IJstijd) wordt in Europa gedomineerd door natte zomers en koude winters.



De klimaatomslag na 1900 past in een lange reeks van klimaatomslagen en is daarmee natuurlijk van oorsprong. De antropogene invloed wordt echter steeds groter door ontbossing en de invloed die dit heeft op de weerkaatsing van zonnestraling (albedo) en vervolgens de exponentiële stijging van broeikasgassen in de atmosfeer door fossiele verbranding. De laatste decennia heeft dit de wereldwijde temperaturen versneld doen laten stijgen (Figuur 2-3). Ten opzichte van de gemiddelde temperatuur over de periode 1961 – 1990 is er een mondiale temperatuurstijging van bijna 1 °C bereikt die nog verder zal toenemen.

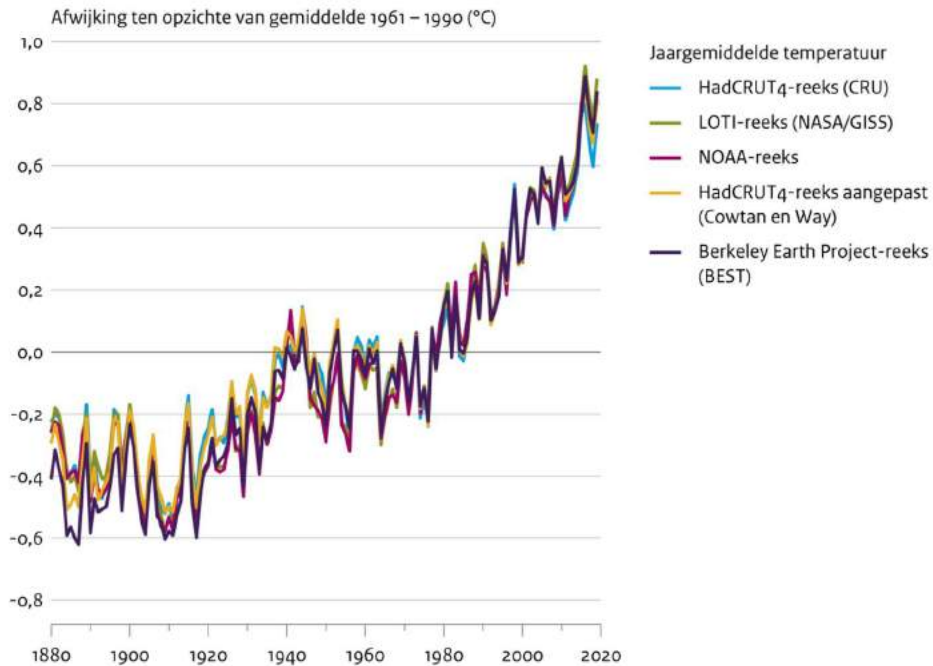


Figuur 2-1: Verandering klimaat (zomer- en wintertemperatuur en neerslagpatronen) in het Holocene. Neerslagpatronen zijn afgeleid uit de leeftijdsopbouw van moeraseikenbos, die jonger blijft bij nattere omstandigheden. (Bron: Landschappen van Nederland, Jongmans et. al., 2013)



Figuur 2-2: Temperatuurverloop van het oceaanwater bij IJsland vanaf het jaar 0 tot heden. De veranderingen in temperatuur volgen een lange termijn trend en veroorzaken veranderingen in landgebruik en sociale gebeurtenissen. (Bron: Landschappen van Nederland, Jongmans et. al., 2013)

Mondiale temperatuur



Bron: CRU; NASA/GISS; NOAA; Cowtan en Way; Berkeley Earth Project

PBL/mrtzo
www.clo.nl/nl022614

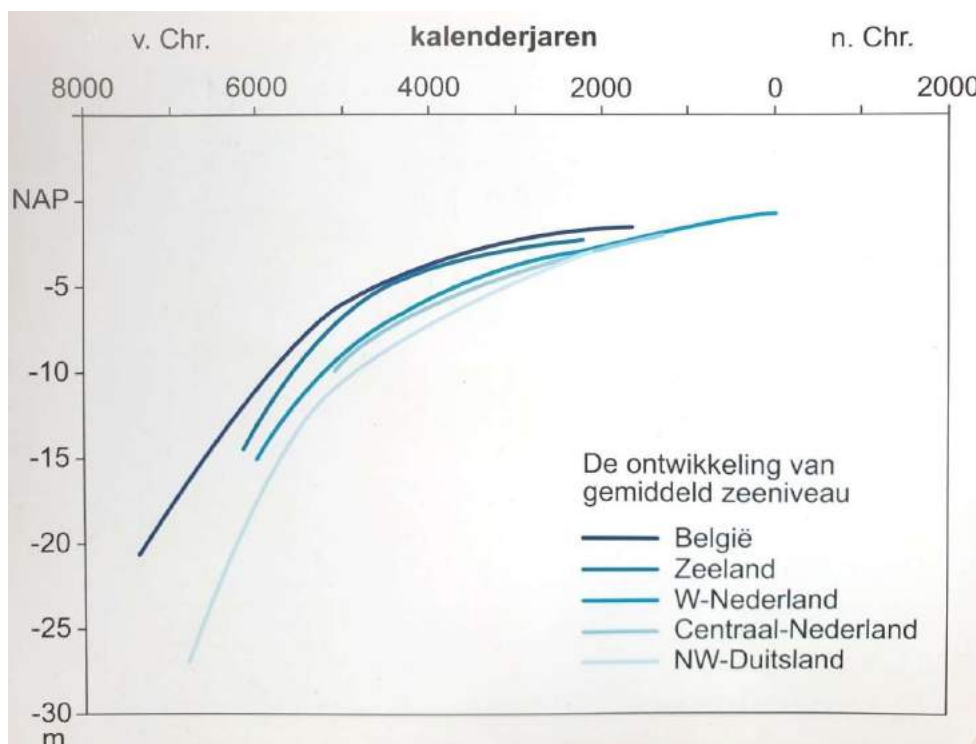
Figuur 2-3: Gemeten mondiale temperatuur (°C) ten opzichte van het gemiddelde uit de periode 1961 – 1990. Het eerste deel van de stijging kan beschouwd worden als een natuurlijke stijging na het eindigen van de Kleine IJstijd. De stijging vanaf 1980 wordt toegeschreven aan antropogene oorzaken, waarvan de toename van broeikasgassen in de atmosfeer de belangrijkste is.



2.3 De zee als sturende kracht

2.3.1 Relatieve zeespiegelstijging

De drijvende kracht achter de ontstaansgeschiedenis van de Biesbosch Rijn-Maasmonding is de relatieve zeespiegelstijging die zich in het Holoceen heeft voorgedaan. Onder invloed van temperatuurstijging en bodemdaling steeg de zeespiegel tientallen meters in het Holoceen (Figuur 2-4). De monding van de Rijn en Maas kwam hierdoor te liggen op de huidige locatie, terwijl deze bij lagere zeespiegelstanden in het einde van het Pleistoceen ver ten zuidwesten van de huidige delta lag (Figuur 2-7).



Figuur 2-4: Relatieve zeespiegelstijging in het Holoceen op verschillende locaties langs de Belgische, Nederlandse en Noord Duitse kust. De Biesbosch Rijn-Maasmonding volgt de curve tussen Zeeland en West Nederland Bron: Atlas van Nederland in het Holoceen, 2021

Omdat veranderingen in bodemhoogte sterk tijd en locatie afhankelijk zijn, heeft iedere locatie een eigen curve voor de relatieve zeespiegelstijging. Zo is in Figuur 2-4 is te zien dat het verschil in relatieve zeespiegelstand tussen België en Noordwest-Duitsland ongeveer 10 meter bedroeg in 7000 v. Chr. Daarna zijn door bodemprocessen de lijnen naar elkaar toe bewogen en de verschillen kleiner geworden. Voor de Biesbosch Rijn-Maasmonding bevindt de curve zich tussen de lijnen van Zeeland en West-Nederland.

De temperatuurstijging en de daarmee gepaard gaande smelt van de poolkappen zijn in het begin van het Holoceen een bepalende factor geweest voor de stijging van de zeespiegel. Het wegsmelten van de poolkappen van Noord-Amerika en Scandinavië duurde enige duizenden jaren, maar kwam ca. 6000 jaar geleden tot stilstand. Vanaf die tijd was de hoeveelheid ijs die zich jaarlijks vormde in evenwicht met de hoeveelheid ijs die smolt.

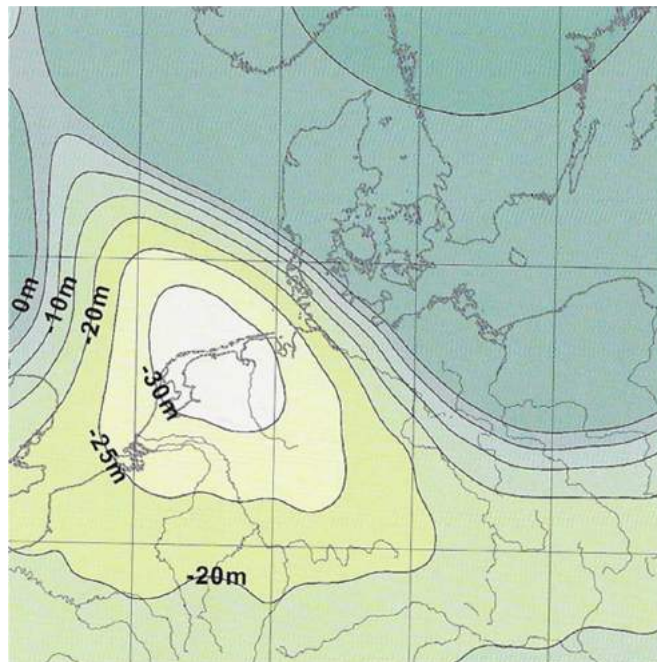
Dat ook na de smelt van de poolkappen de relatieve zeespiegel bleef stijgen, zij het minder snel, is te wijten aan bodemdaling. In de Biesbosch Rijn-Maasmonding daalde de bodem met meer dan 25 meter ten opzichte van de periode 18.000 v.Chr. (Figuur 2-5).



Het proces van bodemdaling kent voor de Biesbosch Rijn-Maasmonding meerdere oorzaken. De belangrijkste oorzaak van deze bodemdaling was de smelt van het landijs uit de laatste ijstijd. Het gewicht van het landijs zorgde eerder voor bodemdaling in Scandinavië en bodemstijging in Nederland. Door afsmelten van het landijs in het Holoceen zijn deze processen andersom gaan werken, de bodem in Scandinavië veerde terug, die in Nederland daalde. Dit proces heet isostasie en werkt in trage vorm (ca 0.2 mm / jaar in Zuidwest Nederland) nog door in de huidige tijd.

Daarnaast zorgde tektonische processen voor een dalend Noordzeebekken ten opzichte van een stabiel Europees vasteland. Dit resulteerde sinds het begin van het Holoceen in een bodemdaling in West-Nederland van circa 1,5 meter ten opzichte van de oostelijke helft van het land.

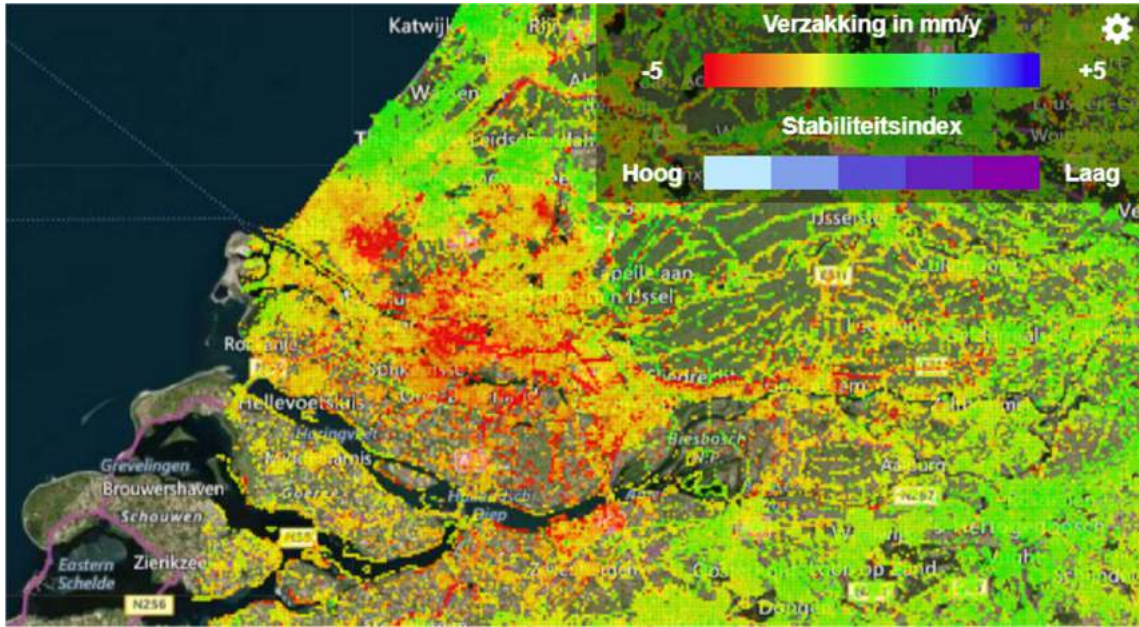
Tot slot speelt het proces van inklinking in klei en veenbodems een grote rol bij de bodemdaling in West-Nederland, met name als de snelheid van inklinking de snelheid van sedimentatie overschrijdt. Deels is dit een natuurlijk proces dat optreedt bij de compactering door de afzet van nieuwe lagen en rijping van bodems, deels heeft de mens dit in de afgelopen eeuwen versterkt door ontwatering, aanleg van dijken, bebouwing en delfstoffenwinning. Natuurlijke inklinking door compactie varieert in Nederland in snelheid van 0.1 – 1 mm / jaar, door menselijk handelen is dit sterk toegenomen (Figuur 2-6).



Figuur 2-5: Bodemdaling in Nederland ten opzichte van huidige hoogte sinds 18.000 v.Chr. Hoofdoorzaak is de beweging van de aardkorst na het afsmelten van het landijs in Scandinavië (bron: Atlas van het Holoceen, 2021).

De Biesbosch Rijn-Maasmonding behoort momenteel tot de gebieden in Nederland die het meest verzakken, met op sommige locaties een dalingssnelheid van meer dan 5 mm per jaar (Figuur 2-6). De oorzaak hiervan is enerzijds de compactering van de bodem door rijping, ontwatering en bebouwing en anderzijds omdat er geen natuurlijke sedimentatie meer mogelijk is door de aanleg van dijken. Tegelijkertijd is ook het proces van zeespiegelstijging aan het versnellen door de temperatuurstijging van de afgelopen decennia. De zeespiegelstijging in de Noordzee is momenteel 2,9 millimeter/ jaar en de stijging versnelt.

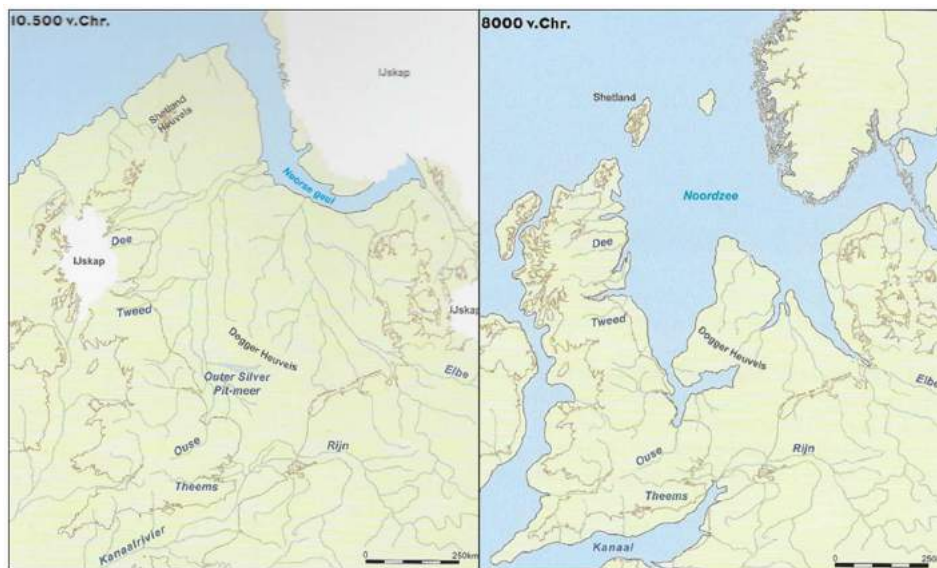
De processen die het ontstaan van de Biesbosch Rijn-Maasmonding duizenden jaren geleden mogelijk hebben gemaakt zijn dus ook in het heden volop actief!



Figuur 2-6 Huidige dalingsnelheid van de bodem in de Biesbosch Rijn-Maasmonding in mm / jaar (bron: bodemdalingskaart.nl). De bodemdaling valt ook in het heden samen met een zeespiegelstijging in de Noordzee die is opgelopen tot 2,9 mm / jaar.

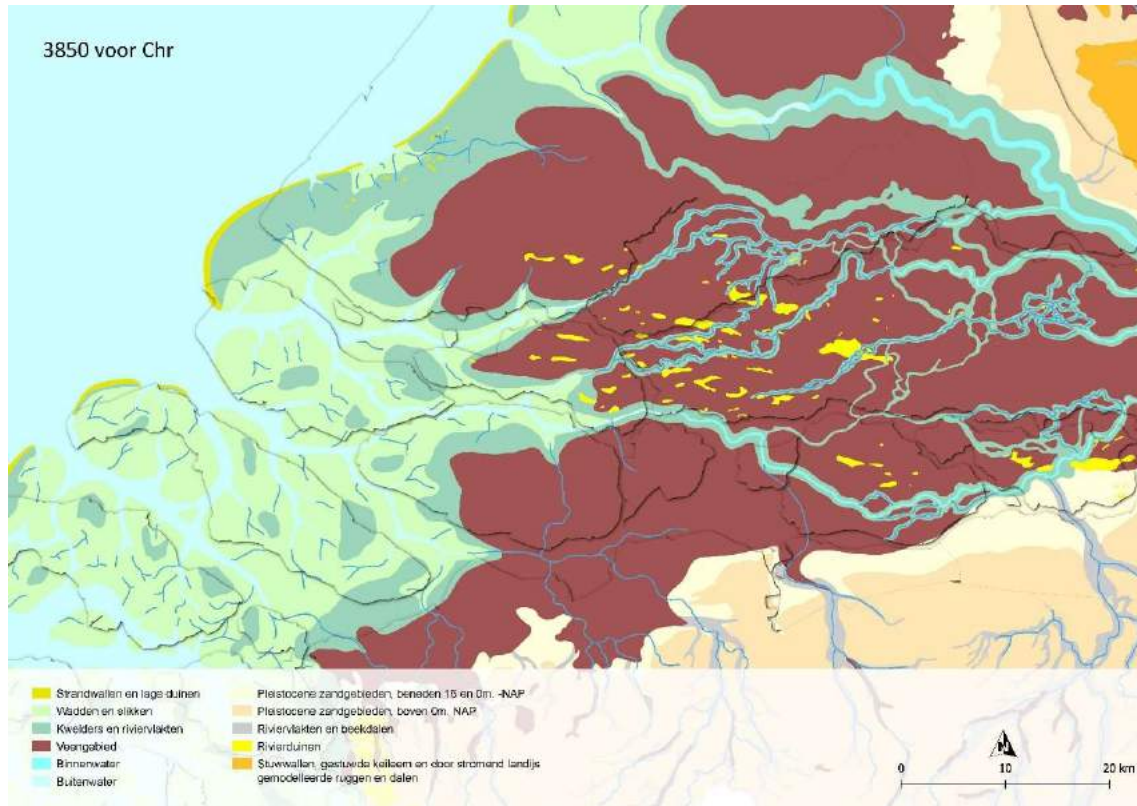
2.3.2 Sedimenttransport en de opbouw van de kust

In het eerste deel van het Holoceen steeg de zeespiegel zeer snel met 60 – 75 centimeter per eeuw, waardoor in enkele duizenden jaren de Noordzee ontstond (Figuur 2-7). Hierdoor kwamen grote hoeveelheden Pleistoceen riviersediment ter beschikking aan de zee om te transporteren en her te verdelen. Hier zou de Nederlandse kust later in het Holoceen van gaan profiteren.



Figuur 2-7 Het ontstaan van de Noordzee vond plaats in een kort tijdbestek aan het begin van het Holoceen. Pleistoceen riviersediment kwam weer beschikbaar voor transport en herverdeling door de krachten van zeestromingen en getij. (Bron: Atlas van Nederland in het Holoceen, 2021)

In 5500 v.Chr. bevond de toenmalige kustlijn zich ter hoogte van de huidige kustlijn. De zeespiegelstijging bedroeg in die tijd nog 40 – 50 cm per eeuw. De sedimentatiesnelheid in West-Nederland was in die periode hoog met circa 49 miljoen m³ / jaar. (Tabel 2-1). Toch was de sedimentatie toen ook al onvoldoende om stijging van de zeespiegel bij te houden, zodat de kustlijn open was en de zee vrij spel had om diep in de huidige Biesbosch Rijn-Maasmonding door te dringen. De meest oostelijke ligging van de kustlijn in West-Nederland werd circa 3850 v. Chr. bereikt (Figuur 2-8).



Figuur 2-8: Kustlijn Biesbosch Rijn-Maasmonding circa 3850 v. Chr. De aanvoer van sediment vanuit zee was groot, maar kon de snelheid van de zeespiegelstijging tot op dat moment niet bijhouden, waardoor de kustlijn open was. De balans tussen zeespiegelstijging en sedimentaanvoer zou echter spoedig veranderen (Bron: Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed, TNO en Deltares | 2022).



Kader - Sedimentatie in Laag Nederland

Het kustgebied is te beschouwen als een grootschalige sedimentbalans. Als er op één locatie iets verloren gaat door erosie, profiteert een andere locatie weer omdat het materiaal daar bezinkt. Zo werd de Zeeuwse kust opgebouwd met Pleistoceen zand afkomstig van een zandbult voor de Belgische kust. De doorbraak van de Zeeuwse kust (250 v. Chr.) leverde vervolgens het zand op voor een nieuwe duinenrij voor de Hollandse kust. Een ander voorbeeld: sediment wat beschikbaar kwam door het ontstaan van de Biesbosch zorgde voor het aangroeien van de slikplaten in de Hoekse waard en op Goeree- Overflakkee.

Ook de aanvoer van sediment vanuit het Rijn en Maas stroomgebied droeg bij aan de opbouw van de Rijnmaasmonding. Rond 3800 v. Chr. bereidde de Delta zich met riviersediment in stroomafwaartse richting uit ondanks de toegenomen invloed van de zee. Lokale veenafzettingen worden daarentegen niet getransporteerd en ergens anders afgezet, maar gaan bij erosie verloren voor de sedimenthuishouding.

De gemiddelde netto accumulatie van sediment in het totale Holoceen bedroeg ca. 24 miljoen m³ / jaar, waarbij een sterk afnemende snelheid te zien is in de tijd (Tabel 2-1). De percentages in Tabel 2-1 variëren in de ruimte; hoe westelijker in de Biesbosch Rijn-Maasmonding hoe hoger het aandeel kustafzettingen geweest zal zijn. Toch geeft het een goed beeld van de dominante processen in de verschillende tijdvakken.

Wat opvalt is een afnemend aandeel van kustafzettingen in de tijd. Dit wordt veroorzaakt door een verminderd aanbod van sediment en het geleidelijk sluiten van de kustlijn, waardoor minder kustsediment landinwaarts kon worden afgezet. Het aandeel lokale afzettingen groeide als gevolg van hogere grondwaterstanden en slechte afwatering. Door bedijking werden groter delen van de Biesbosch Rijn-Maasmonding niet meer bereikbaar voor kust of riviersediment en nam de sedimentatiesnelheid verder af. Zo heeft de interactie tussen de krachten van de zee, rivier en mens geleid tot een verandering van sedimentatieprocessen in het Holoceen.

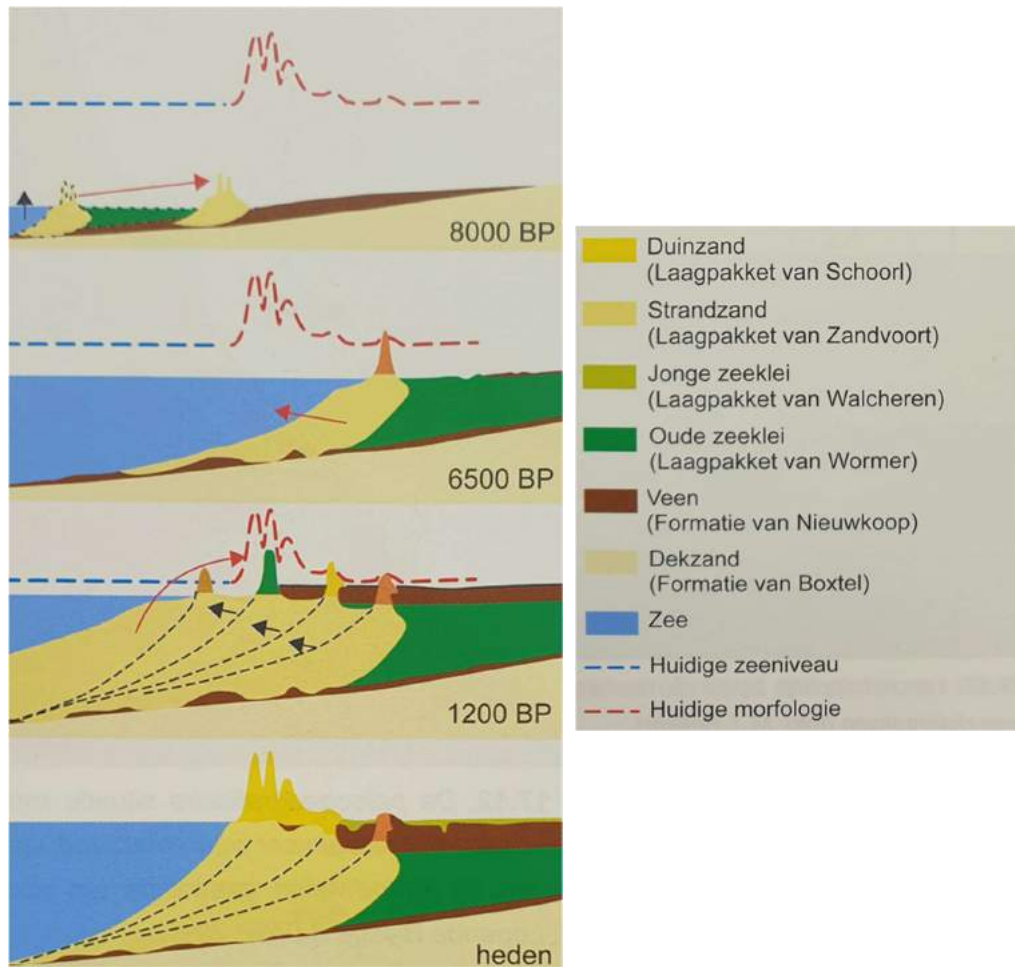
Tabel 2-1: Aandeel herkomst afzettingen in drie tijdvakken in laag Nederland.

Afzettingen	6.850 – 3.750 v. Chr.	3.750 – 1.150 v. Chr.	1.150 v. Chr. - heden
Kustafzettingen	60 %	30 %	10 %
Rivierafzettingen	31 %	29%	41 %
Lokale afzettingen (o.a. veen)	9%	41%	49%
Gemiddelde sedimentatiesnelheid	49 mln. m ³ /jaar	31 mln. m ³ / jaar	14 mln. m ³ / jaar

In de periode tussen 5500 en 3500 v. Chr. verminderde de relatieve zeespiegelstijging naar 30 – 40 centimeter per eeuw en tussen 3500 en 2500 v. Chr. verlaagde de snelheid van de stijging verder tot 20 – 30 centimeter per eeuw. De oorzaak van deze afname was het eindigen van de smelt van de noordelijke ijskappen, waardoor bodemdalingsprocessen dominant werden.

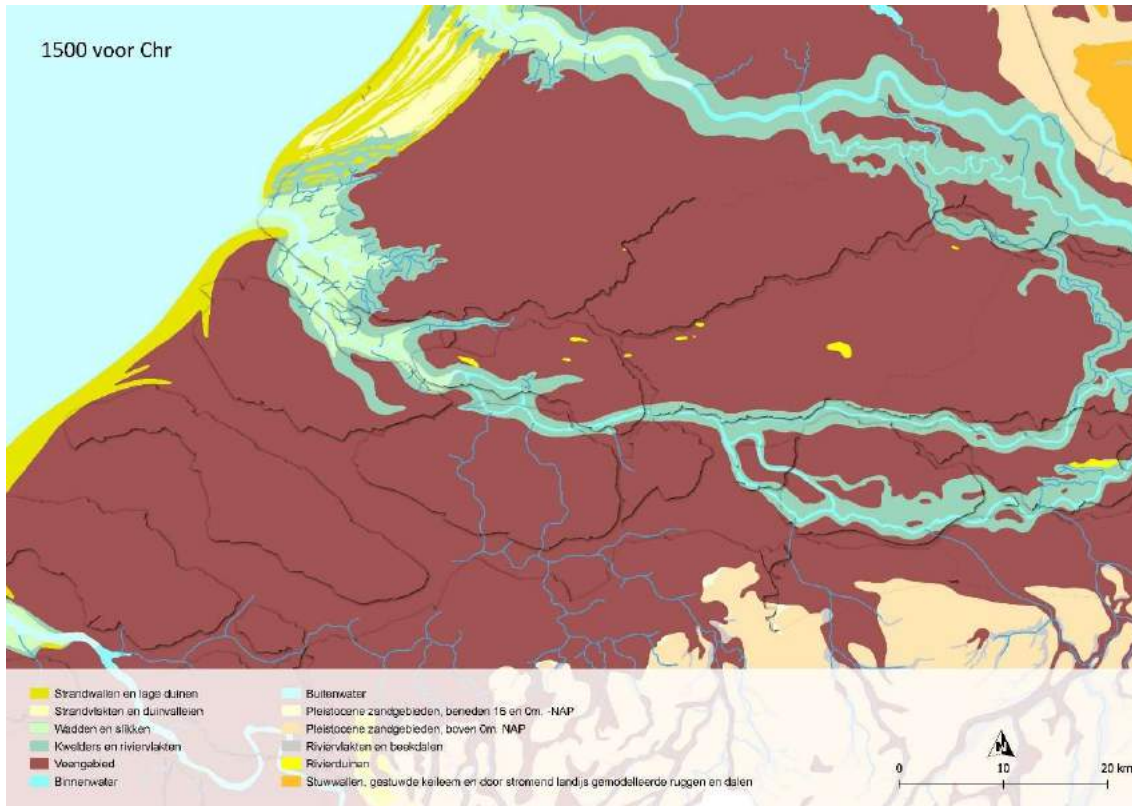
Naast een afname van de zeespiegelstijging zorgde een toename in getijdenverschil aan de Nederlandse kust (van < 1 meter naar 1,8 meter) voor meer zandtransport in de getijdenbekkens en maakte daarmee de vorming van strandwallen, slikken en schorren mogelijk.

Omdat de zee sediment bleef aanvoeren, meer dan nodig om de zeespiegelstijging te compenseren, konden de strandwallen zich geleidelijk in zeewaartse richting uitbreiden (Figuur 2-9).



Figuur 2-9: Opbouw van de Nederlandse kust ter hoogte van Voorschoten vanaf 8000 BP (6000 v. Chr.) tot heden. Bron: Landschappen van Nederland, 2021)

Door een verschuivende balans tussen sedimentaanvoer en zeespiegelstijging werden getijdenbekkens kleiner door opslibbing. Strandwallen werden steeds meer aaneensloten en de kustlijn sloot zich vrijwel helemaal in de periode tussen 3850 en 500 v. Chr. (Figuur 2-10). De mondingen van de Rijn Maas vormden de openingen in deze kustlijn ter hoogte van Hoek van Holland en Leiden. Hierdoor veranderde de delta (rivierarmen in zee) geleidelijk in een estuarium (zeearmen in het land). Het estuariëne karakter nam in de eeuwen erna verder toe door de toenemende invloed van de zee.



Figuur 2-10: Een vrijwel gesloten kustlijn 1500 v. Chr. was het resultaat van afnemende zeespiegelstijging, voldoende sedimentaanvoer en een toename van getijdekracht. Achter de gesloten kustlijn ontstonden uitgestrekte veenlandschappen. (Bron: Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed, TNO en Deltares | 2022).

Vanaf circa 250 v. Chr. neemt in Zeeland en de Maasmond de invloed van de zee weer sterk toe. Dit was slechts beperkt het gevolg van de zeespiegelstijging, deze was afgenomen tot 10 centimeter per eeuw. De natuurlijke oorzaak was de verminderde beschikbaarheid van zand, waardoor de nog altijd actieve kuststromen het Zeeuwse deel van de kust erodeerde en dit naar het noorden transporteerde, waardoor het gebied kwetsbaar werd voor stormvloed. Dit werd echter versterkt door een toenemende menselijke invloed. Veenontgravingen en ontwatering zorgden in de eeuwen die volgden voor een verdere versterking van de invloed van de zee in de Biesbosch Rijn-Maasmond (zie paragraaf 2.5).



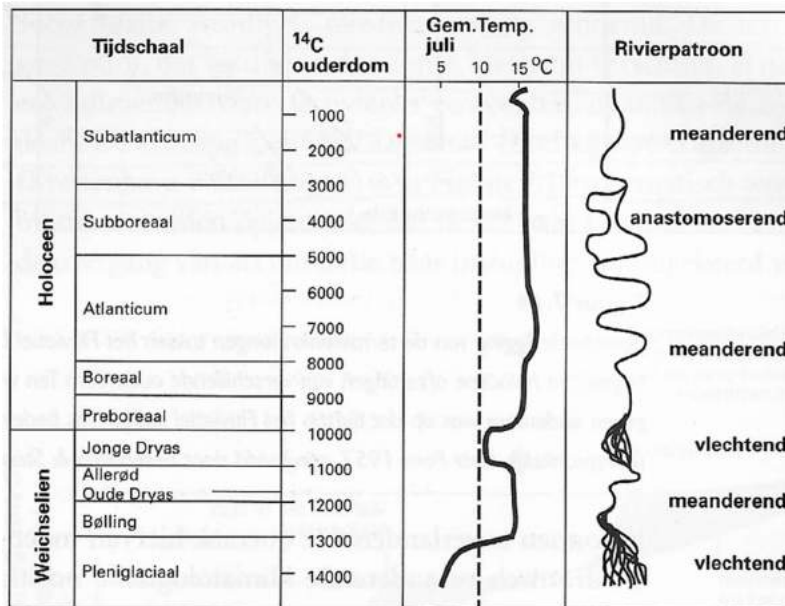
2.4 De rivieren Rijn en Maas als sturende kracht

2.4.1 Veranderende rivierpatronen in het Holoceen

Zowel de waterafvoer als het sedimenttransport kennen grote verschillen gedurende de seizoenen en op een tijdschaal van eeuwen / millennia. Oorzaken voor de verandering op grote tijdschaal zijn aanpassingen in rivierpatronen onder invloed van veranderingen in klimaat, zeespiegelstand en landgebruik (Figuur 2-11).

De belangrijkste aanpassing in de loop van de Rijn trad op in het begin van het Pleistoceen (2.5 miljoen jaar geleden). De huidige bovenlopen uit de Alpen waterde voor die tijd af naar de Middellandse Zee, maar door geologische processen veranderde dit en kreeg de Rijn de Alpen erbij als bovenstrooms gebied. Dit veranderde zowel het afvoerregime als sedimentaanvoer ingrijpend.

Later in het Pleistoceen, in het Elsterien (ca. 500.000 jaar geleden), zorgde de ijsskap die Noord-Nederland bedekte dat de Rijn naar het Zuidwesten afboog. Dit gaf de Rijn in Nederland zijn huidige westelijk georiënteerde loop en vormde de laagte die bij een stijgende zeespiegel in het Holoceen het Nauw van Calais werd.



Figuur 2-11: Verandering van rivierpatronen in Laag-Nederland gedurende het Holoceen door veranderingen in het afvoerregime en sedimentlast (Bron: Berendsen, De vorming van het land, 1996). Vlechtende rivierlopen kregen door een opwarmend klimaat een meanderend patroon, waarna verhoogde grondwaterstanden zorgde voor anastomoserende rivieren. De toename van sedimentlast in de rivieren leidde vervolgens tot een meanderend rivierpatroon wat we tot op heden kennen.

De piekafvoer van de Rijn in het Pleistoceen was naar schatting 1,5 – 2 keer zo hoog als de huidige piekafvoer. De neerslag kon door permafrost de bodem immers niet inzakken, het watervasthoudend vermogen van de vegetatie ontbrak, en de verdamping was lager waardoor een groter aandeel van de neerslag tot afvoer kwam. Daarbij was de variatie van afvoeren gedurende de seizoenen groter door het vastleggen van neerslag in de vorm van sneeuw en ijs en de smelt ervan in de korte zomerperiode.



Ook de sedimentatiesnelheden lagen naar schatting ongeveer tienmaal zo hoog dan in het Holoceen. De reden hiervoor was dat een groot deel van West-Europa ten noorden van de boomgrens lag en de periglaciale condities zorgde voor de beschikbaarheid van veel los puin, wat het aanbod van sediment verhoogde. De hoge rivierafvoeren in combinatie met hoge sedimentlast zorgde voor een vlechtend rivierpatroon (Figuur 2-12). De fundamenten van de Biesbosch Rijn-Maasmonding zijn gevormd door deze pleistocene rivierafzettingen.



Figuur 2-12: In het Laatglaciaal waren Rijn en Maas vlechtende rivieren die grind en grove zandpakketten hebben achtergelaten. Deze zandpakketten vormen het fundament waarop de Biesbosch Rijn-Maasmonding is opgebouwd (bron: Atlas van Nederland in het Holoceen, 2021).

In het begin van het Holoceen veranderde het rivierpatroon onder invloed van een meer gelijkmatig afvoerregime en minder sedimentbeschikbaarheid naar een meanderend patroon (Figuur 2-11 en Figuur 2-13). De monding van de Rijn en de Maas lag toen nog westelijker dan de huidige monding. Morfodynamiek zorgde voor het ontstaan van nieuwe rivierlopen en het verleggen van bestaande lopen.





Figuur 2-13: Zowel in het begin van het Holoceen als in de laatste 3000 jaar waren de rivieren in Nederland meanderend van patroon (zie ook Figuur 2-9). (bron: Atlas van Nederland in het Holoceen, 2021)

De snelle relatieve zeespiegelstijging leidde vanaf circa 5500 v. Chr. tot een stijging van het waterniveau in het mondingsgebied van de Rijn en Maas (die toen oostelijker lag dan de huidige monding). Hierdoor nam het verhang af en ontstonden talloze crevasse geulen. Dit proces werd versterkt door het sluiten van de kustlijn waardoor de afwateringsmogelijkheden van rivieren verder beperkt werden. Dit leidde tot de vorming van anastomoserende rivieren in West-Nederland (Figuur 2-11 en Figuur 2-14).

Een anastomoserende rivier bestaat uit onderling verbonden riviergeulen met beperkte morfodynamiek. Er wordt niet genoeg riviersediment afgezet om de relatieve zeespiegelstijging bij te houden. Door hoge grondwatercondities ontstaan ideale condities voor de vorming van bosveen en rietveen in de kommen. Toen de relatieve zeespiegelstijging in snelheid afnam en de kustlijn weer openbrak veranderde het rivierpatroon vanaf circa 1000 v. Chr. weer in een meanderend patroon. Door toenemende ontbossing nam ook de sedimentlast toe (zie paragraaf 2.5.1, Figuur 2-16)

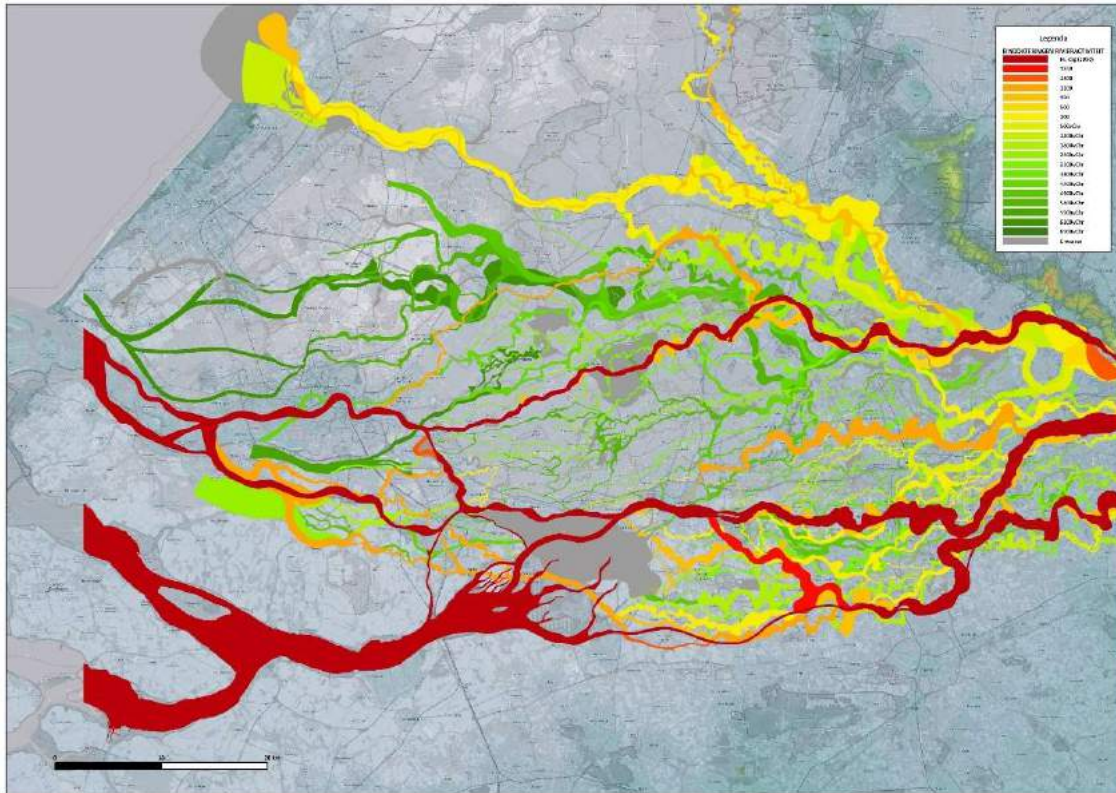


Figuur 2-14: Door snelle relatieve zeespiegelstijging konden de Rijn en Maas hun water moeilijk kwijt. Het resulteerde in vorming van anastomoserende riviergeulen in West Nederland. (zie ook Figuur 2-9). (bron: Atlas van Nederland in het Holoceen, 2021)

Op deze manier werden in het Holoceen talloze rivierlopen verlaten en nieuwe rivierlopen gevormd zoals te zien is in Figuur 2-15. De opeenvolging van verschillende rivierpatronen in de tijd is hierin goed terug te zien.

Het verleggen van bestaande rivierlopen en ontstaan van nieuwe rivierlopen zorgde uiteindelijk voor de huidige mondingslocatie van de Rijn en Maas, waarbij de mens een sturende hand bleek te hebben in het verleggen van de mondingslocatie van de Oude Rijn naar het zuiden (zie paragraaf 2.5).

Vanaf de Middeleeuwen maakten verschillende normalisatie maatregelen geleidelijk een einde aan deze vorm van rivierdynamiek.



Figuur 2-15: Ouderdom van de Holocene Stroomgordels in de Rijn Maas delta (Bron: Digitaal Basisbestand Paleogeografie van de Rijn-Maas Delta. Cohen et al., 2012).

2.4.2 Verandering morfodynamiek in het Holoceen

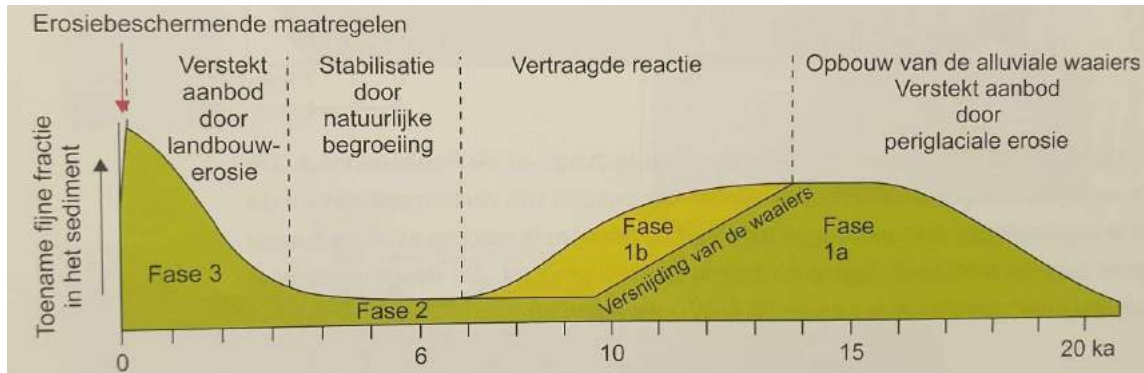
Rivieren zijn naast onderdeel van de watercyclus ook belangrijke transporteurs van bouwmaterialen voor deltagebieden. Dit is ook terug te zien in de sedimentbalans van Laag-Nederland (Tabel 2-1). Gedurende het Holoceen kunnen er drie hoofdfasen onderscheiden worden in de aanvoer van sediment door de Rijn en Maas.

In fase 1a en b (18.000 v. Chr. – 5500 v. Chr.) beweegt een sedimentgolf door het rivierengebied die bestaat uit erosiemateriaal afkomstig van periglaciale condities (Figuur 2-16). De ontdooiing van de permafrost bodems leidt tot veel oppervlakkige afstroming en erosie van toendrabodems. Deze fijnere sedimentfractie komt, zij het vertraagd, ook in de Biesbosch Rijn-Maasmonding aan en zorgt daarbij voor de uitbouw van de Delta ondanks de continue zeespiegelstijging.

In fase 2 zorgde de ontwikkeling van een volledig begroeide en bosrijke vegetatie voor een stabilisatie van sediment in het landschap. In deze periode nam de morfodynamiek sterk af en nam veengroei een belangrijke plaats in de opbouw van de rivierdelta. Veengroei compenseerde als het ware het gebrek aan sedimentaanvoer vanuit het bovenstroomse rivierengebied.

Door de ontwikkeling van de landbouw en daarmee gepaard gaande ontbossing begint circa 1500 v. Chr. een nieuwe fase 3 met hernieuwd aanbod van sediment (zie ook paragraaf 2.5.1, Figuur 2-17). Door zeer grote bodemverliezen is de orde grote van de sedimentflux in fase 3 even groot als tijdens natuurlijke omstandigheden in fase 1.

In de rivierdelta resulteerde de afzetting van klei op de veenkomen in een overgang van een anastomoserende rivierpatroon naar een meanderend rivierpatroon



Figuur 2-16: Fases in sedimentaanbod gedurende het Holoceen. (Bron: Landschappen van Nederland, A.G. Jongmans, 2013)

2.4.3 Veenvorming in de Biesbosch Rijn-Maasmonding

Ontwikkeling Basisveen

Met de zeespiegel steeg vanaf 7000 v. Chr. ook het grondwaterpeil in Laag-Nederland. Vanaf de hogere (zand)gronden kwam kwelwater in de kustzone aan het oppervlak en vormde een eutrofe veenlaag die basisveen wordt genoemd. Dit basisveen bestaat over het algemeen uit rietveen, al dan niet afgedekt met mariene sediment.

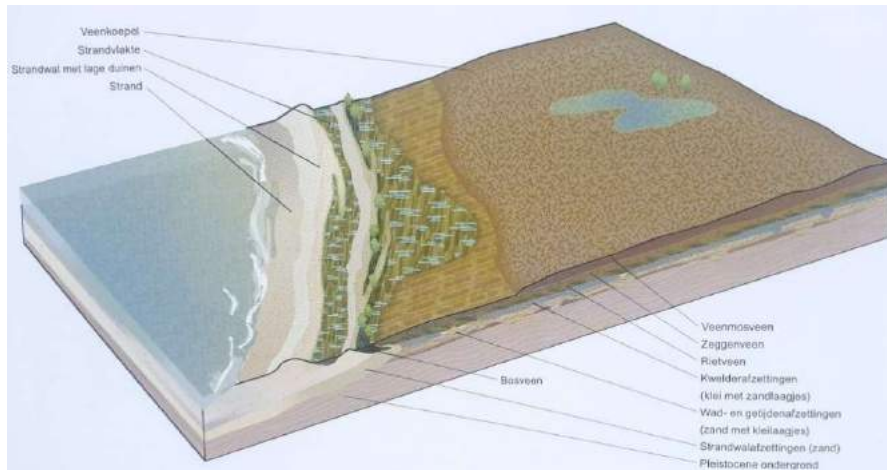
Veenontwikkeling op grote schaal door verzoeting watersysteem

Toen de kustlijn zich vanaf 2700 v. Chr. geleidelijk sloot slibde de afwateringsgeulen in het getijdengebied dicht en vormde zich een uitgebreid zoetwatersysteem in het Biesbosch Rijn-Maasmonding gebied. Het gebied achter de strandwallen begon te vernatten door hoge grondwaterstanden en een verslechterende afwatering. De huidige Biesbosch Rijn-Maasmonding verveende bijna helemaal met eutroof rietveen (Figuur 2-10 en Figuur 2-18).

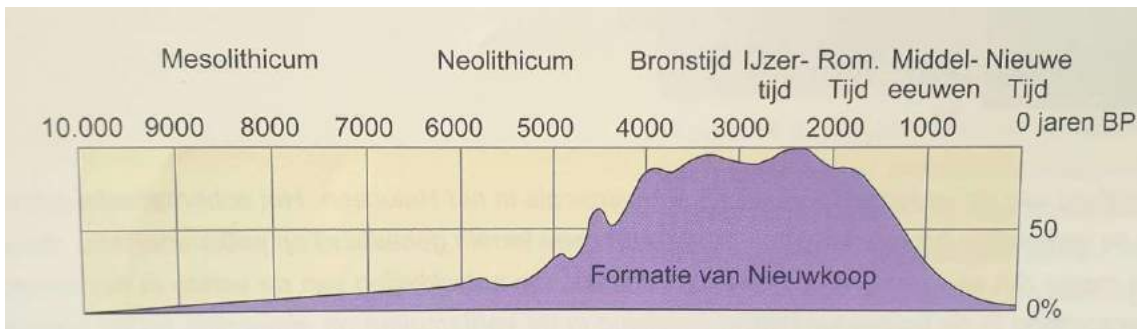
Daar waar het veen steeds hoger groeide werd het minder grondwater en meer regenwater afhankelijk en vormde zich mesotroof riet zeggegeven dat kon uitgroeien tot volledig regenwater gevoede veenkoepels (Figuur 2-17).

Ook in de delta van de grote rivieren vond op grote schaal veenvorming plaats. De laaggelegen kommen stonden vaak permanent onderwater met sedimentarm rivierwater. Hier ontwikkelde zich bovenop het rietveen een elzenmoerasbos wat zorgde voor dikke lagen broekveen, vaak afgewisseld met slibafzettingen. Zo zijn de bodems in de Krimpenerwaard en Alblasserwaard opgebouwd uit zowel moerasvormen die horen bij kustvlaktes als riviervlaktes.

Door ontwatering en afgraving van veengebieden is vanaf het begin van de jaartelling het areaal veen drastisch afgenomen (Figuur 2-18 en paragraaf 2.5).



Figuur 2-17: Veenontwikkeling in kustvlaktes nadat de kustlijn zich sloot. Op getijdenafzettingen vormde zich respectievelijk rietveen, zeggenveen en veenmosveen, wat de ontwikkeling volgt van een grondwater gevoed systeem naar een regenwater gevoed systeem (Bron: Atlas van Nederland in het Holoceen).



Figuur 2-18: Verandering van het veenareaal in de Nederlandse kustvlakte. Het areaal is afgezet ten opzichte van het veenoppervlakte van 2500 jaar geleden (100 %). De langzame opbouw van het basisveen, de snelle toename van het veenareaal na het sluiten van de kustlijn en de snelle afbraak na ontwatering en ontgraving zijn goed terug te zien. (Bron: Landschappen van Nederland, A.G. Jongmans et. Al., 2013)



2.5 De mens als sturende kracht

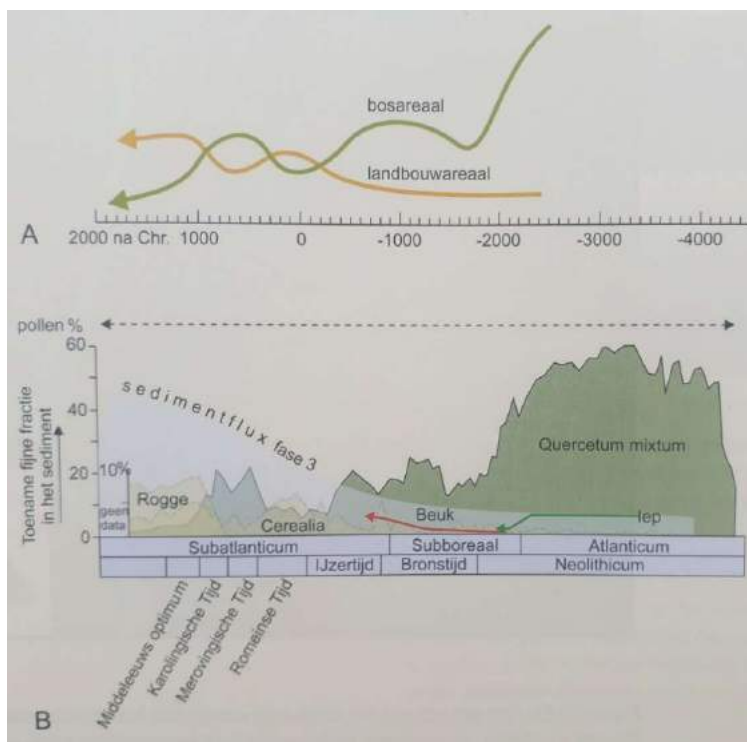
De mens werd gedurende het Holoceen in toenemende mate, en van onbewust sturend naar bewust sturend, een belangrijke kracht in de vorming van de Biesbosch Rijn-Maasmonding.

In deze paragraaf zijn de belangrijkste processen beschreven waarin de mens sturend was in de vorming van de Biesbosch Rijn-Maasmonding.

2.5.1 Toename riviersediment door ontbossing

De mens als (onbewust) sturende kracht doet circa 3500 v. Chr. zijn intrede in het stroomgebied van de Rijn en Maas. De jager-verzamelaars die het stroomgebied al langer bewoonde werden geleidelijk vervangen door landbouwers en de bevolkingsdichtheid nam toe. Deze ontwikkeling resulteert in ontbossing in het gehele Rijn Maas stroomgebied die in de Romeinse tijd en vanaf 1000 n. Chr. verder versneld (Figuur 2-19).

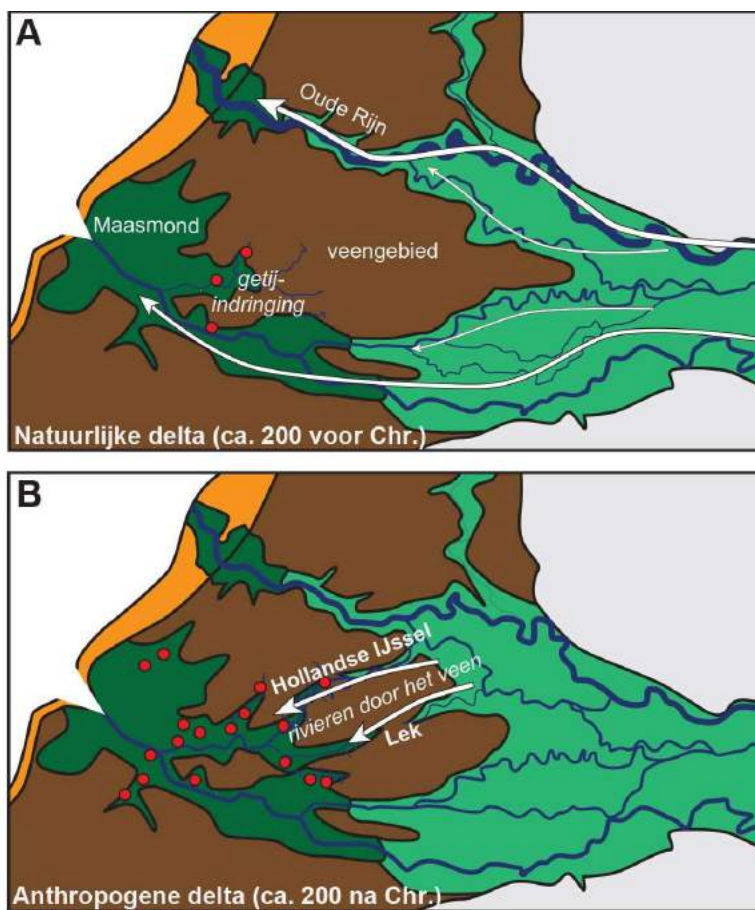
Door toenemende ontbossing in het stroomgebied, steeg de afvoer en erosiegevoeligheid van de zijrivieren van de Rijn en Maas. Dit leidde vanaf 500 v. Chr. tot een aanzienlijk groter transport van fijn sediment van Rijn en Maas. Uit de hoeveelheden riviersediment is af te leiden dat de Rijn in deze periode ruim tweemaal zoveel slib naar de delta transporteerde als in de situatie voor de ontbossingen, rond 5.000 jaar geleden. Tijdens overstromingen van de nog onbedijkte rivieren werd dit slib afgezet in de riviervlakte en vormde een kleidek op de venige komgebieden, dit proces leidde een einde in van de anastomoserende rivieren. De landbouw bovenstrooms maakte hiermee indirect ook de delta geschikt voor landbouw.



Figuur 2-19: Schematische weergave van de afname van bosareaal en toename landbouwareaal in de periode 2500 v. Chr. tot heden (A) en de effecten daarvan op de toename in fijn riviersediment (B) (lees tijdschaal van rechts naar links). De sedimentflux reageert vertraagt op de veranderingen in landgebruik. (Bron: Landschappen van Nederland, A.G. Jongmans et al., 2013)

2.5.2 Ontstaan Hollandse IJssel, Lek en Zeeuwse delta door veenontwatering en afgraving

Aan het begin van de jaartelling nam de bewoning in Rijn Maas Delta toe. De mensen vestigde zich aan de randen van het veen en op de oevers van krekens (o.a. ter hoogte van het huidige Rotterdam). Door de ontwatering van de omliggende veengebieden ten behoeve van de landbouw daalde de veenbodems. De uitgestrekte veenmoerassen waren tot dan toe moeilijk doordringbaar voor rivieren en krekens, maar nu kon het water vanaf de riviermonding steeds verder landinwaarts doordringen via de afwateringskanalen. Veen werd geërodeerd en zand en klei werden afgezet op het omliggende veen, waardoor deze nog verder inklonk. Aan de Utrechtse zijde van het veengebied vonden vergelijkbare processen plaats waardoor overstromingsgeulen zuidwestelijk het veengebied konden binnendringen in de richting van de Rotterdamse krekens. Ook hier zorgde ontwatering van veengebieden en het afzetten van slib op het omliggende veen voor inklinking. Het was een zichzelf versterkend proces geworden.



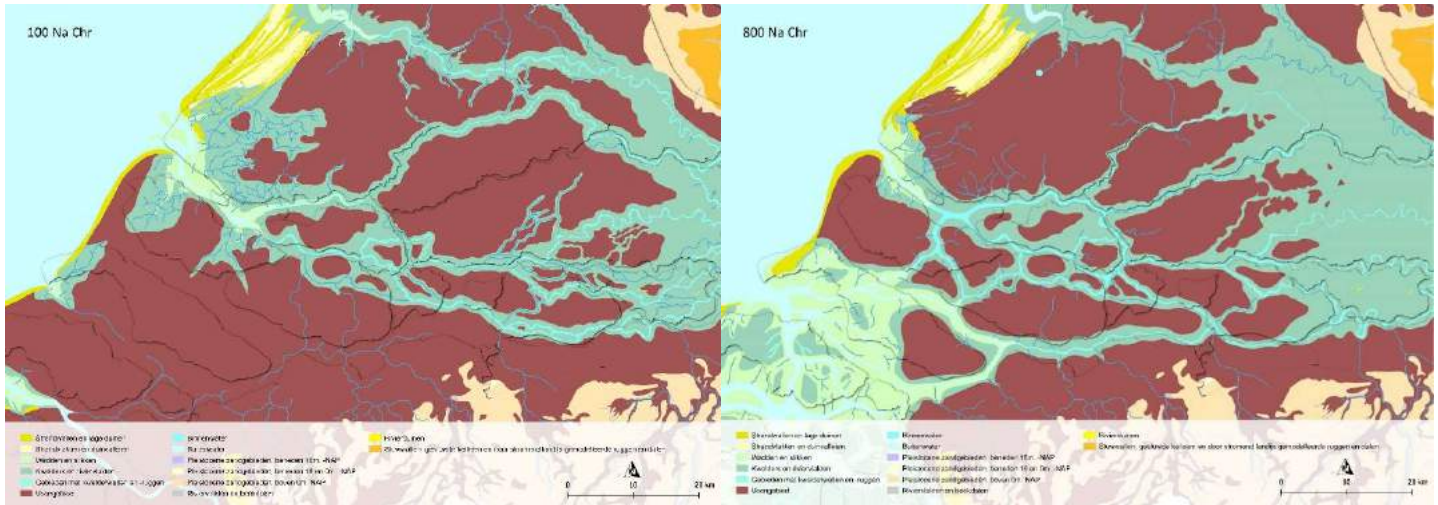
Figuur 2-20: Het ontstaan van de Hollandse IJssel en de Lek (en daarmee het verschuiven van de Rijnmonding naar de Maasmonding) vond zijn oorsprong in het ontwateren van veengebieden in de eerste eeuwen na het begin van onze jaartelling (Bron: Human-caused avulsion in the Rhine-Meuse delta before historic embankment, Harm Jan Pierink et. Al, 2018).

De Rotterdamse krekens en Utrechtse overstromingsgeulen groeide naar elkaar toe en tijdens hun ontmoeting ontstonden de Hollandse IJssel (100 n. Chr.) en de Lek (300 n. Chr.) (Figuur 2-20). Dit resulteerde in een verbinding tussen de oude hoofdloop van de Rijn bij Katwijk en de monding van de Maas bij Rotterdam. De nieuwe afwateringsroute bleek voordeliger voor de Rijn, waardoor de Oude Rijn verzandde en de Rijnmonding zich samenvoegde met de Maasmonding. Zo werd de mens onbewust sturend in de vorming van de huidige Biesbosch Rijn-Maasmonding.



Ook in Zeeland ontwaterde en wonnen mensen op grote schaal veen, waardoor veenbodems daalde en de zee zijn invloed kon vergroten. Rond 100 n. Chr. waren al meerdere openingen in de gesloten Zeeuwse kust ontstaan en vanaf 270 n. Chr. is in Zeeland sprake van grootschalige verdrinking van het land die is toe te schrijven aan toegenomen kwetsbaarheid door veenontginningen (Figuur 2-21). Dit resulteerde geleidelijk tot de vorming van kwelders door sedimentatie op de overstroomde veengebieden; een estuarium was geboren.

De Rijn Maas monding kreeg een nieuwe verbinding naar het zuidwesten (rechterplaatjeFiguur 2-21), hierdoor nam de afvoer via de noordelijke Maasmonding af.



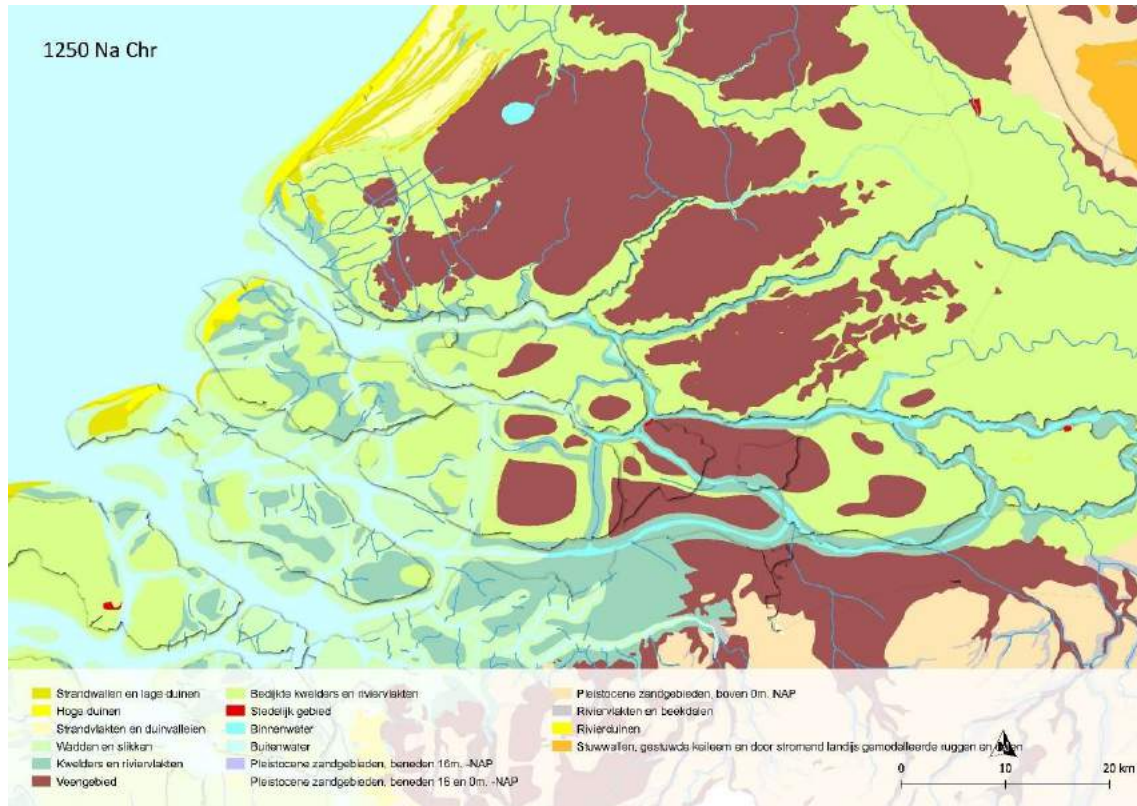
Figuur 2-21: Het ontstaan van de Biesbosch Rijn-Maasmonding in de eerste eeuwen na onze jaartelling was het gevolg van grootschalige veenontginning. Dit resulteerde in een nieuwe riviermonding van de Rijn en Maas ter hoogte van het huidige Hollands Diep (bron: Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed, TNO en Deltares | 2022).

2.5.3 Bedijkingen in de Middeleeuwen

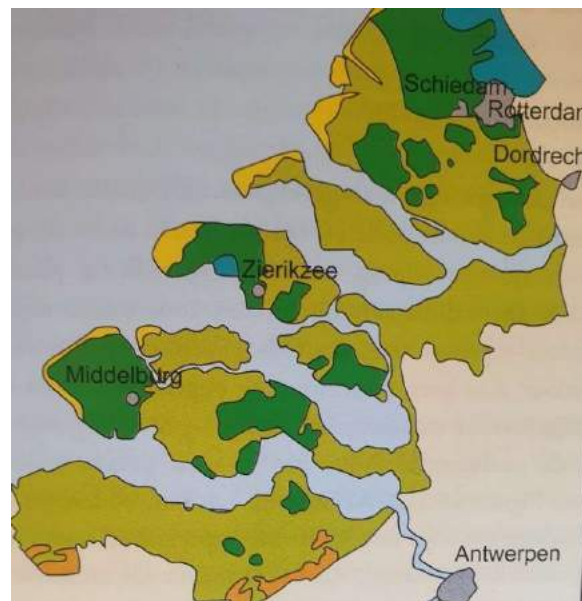
Vanaf de 12e eeuw neemt de invloed van de zee nog verder toe en worden grote delen van Zeeuwse en Zuid-Hollandse kustlijn en eilanden weggeslagen (Figuur 2-22). Het Haringvliet ontstond tijdens een stormvloed in 1216. De geul ontwikkelde zich tot een steeds bredere zeearm die landinwaarts uitbreidde in de richting van het huidige Hollands Diep. Zo werden Voorne en Flakkee van elkaar gescheiden.

In de eeuwen voorafgaand aan de St. Elisabethvloed (ca. 1000-1421) werden de bedijkingen in de Biesbosch Rijn-Maasmonding geregeld voorafgegaan door een fase waarin lage kades werden aangelegd, moerdijken. Het aanwezige veen werd daarbij afgegraven ten behoeve van de turf- en zoutwinning. Vervolgens werd het gebied weer tijdelijk aan de zee prijsgegeven om het na jaren van opslibbing te kunnen indijken.

Het Oudland (polders die voor 1200 bedijkt zijn) verdween grotendeels onder water. Deze periode van overstromingen is terug te herkennen aan de benaming ‘het verdronken land van...’ De zee zette nadien weer sediment af tegen de overgebleven delen van het Oudland en op ontstane kwelders. Deze werden in de eeuwen daarna ingepolderd en werden vervolgens het Nieuwland (Figuur 2-23).



Figuur 2-22: De Biesbosch Rijn-Maasmondung in 1250 n. Chr. De bedijkingen van voor die tijd waren niet bestand tegen de krachten van de zee en grote delen van de Zeeuwse en Zuid-Hollandse eilanden verdwenen onder water (bron: Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed, TNO en Deltares | 2022).



Figuur 2-23: De ligging van Oudland (donkergroen, ingepolderd voor 1200 n. Chr.) en Nieuwland (lichtgroen, ingepolderd vanaf 1200 n. Chr.) (bron: Landschappen van Nederland, A.G. Jongmans et. Al, 2013). Het geeft een beeld van hoe weinig land er overbleef na de toegenomen invloed van de zee in de delta in de 12e eeuw en hoe jong de Biesbosch Rijn-Maasmondung is.



In de eeuwen na 1200 werd vervolgens een groot deel van het kust en rivierengebied geheel omringd door dijken. Bedijking beschermde het achterland tegen hoge rivierstanden en stormvloed, maar door slecht onderhoud in combinatie met veenafgraving leidde het tevens tot grotere overstromingsrisico's. Daar waar werd ontwaterd en afgegraven daalde de bodem, terwijl door bedijking rivier en zee minder ruimte hadden bij hoogwater en de waterstanden daardoor verhoogde.

Een bijkomend negatief effect van bedijking is dat het beschermde land geen of minder sediment meer invangt en het maaiveld niet meer de kans krijgt om mee te groeien met de stijging van de zeespiegel.

In Figuur 2-24 is het effect van bedijking op de huidige maaiveldhoogte goed zichtbaar. Links de bedijkingen met jaartal van inpoldering op Goeree-Overflakkee en rechts een uitsnede van de AHN kaart nabij Middelharnis. Het verschil in maaiveldhoogte tussen de inpoldering uit 1465 en het jongere ingepolderde land uit begin 19e eeuw bedraagt 0,5 – 1 meter.



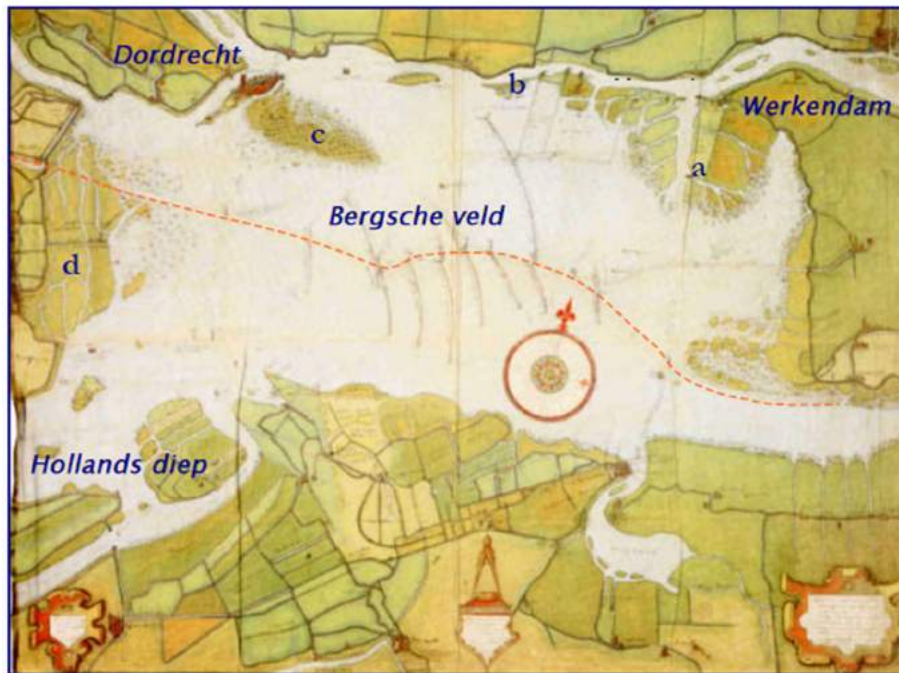
Figuur 2-24: Bedijkingen met jaartal van inpoldering op Goeree-Overflakkee (links) (bron: Landschappen van Nederland, A.G. Jongmans, 2013). Rechts het huidige maaiveldhoogte van de polders uit de rode cirkel. Hoe ouder de bedijking hoe (gemiddeld) lager het huidige maaiveld.

2.5.4 Het ontstaan van de Biesbosch als groot zoetwatergetijdengebied

Aan weerszijde van de Merwede grensden uitgestrekte veengebieden, die rond 1000 na Chr. vanaf de oeverwallen werden ontgonnen. Door oxidatie na ontwatering en afgraven trad een sterke daling van maaiveld van het veen op en ontstonden de laaggelegen bedijkte veen ontginningslandschappen: Ten noorden van de Merwede de Alblasserwaard en ten zuiden de voormalige Groote Waard. De Groote waard omvatte de huidige Biesbosch, het eiland van Dordrecht en het oostelijk deel van de Hoekse Waard.

Tijdens de tweede St. Elisabeth vloed in 1421 (de eerste vond plaats in 1404) leidde de combinatie van een noordwesterstorm en een hoge rivierafvoeren tot het doorbreken van kades in de Groote Waard. De bressen in de kades werden groter en er ontstond een doorgaande geul door de Groote Waard (Figuur 2-26).

Na de herstelwerkzaamheden in de jaren erna zorgde de derde St. Elisabethvloed in 1424 ervoor dat men zich gewonnen gaf. De voormalige Grote Waard veranderde in één groot estuarium (Bergsche Veld, Figuur 2-25). Uit de kaart van Pieter Sluyter (1560), blijkt dat bijna anderhalve eeuw na de St. Elisabethvloed het gebied nog vrijwel geheel onder water stond en zee en rivier vrij spel hadden. Op de kaart is te zien dat vanuit de monding van de Merwede door aanvoer van riviersediment een rivierdelta tot ontwikkeling komt (a) en dat langs de oorspronkelijke loop van de rivier de oeverwal van de Merwede (b) nog boven het water uitsteekt. Ten oosten van de eilandstad Dordrecht zijn de eerste contouren zichtbaar van het huidige eiland van Dordrecht (c). In het westen ontwikkelde zich, grenzend aan het oude land van Strijen een uitgestrekt gorzengebied (d).



Figuur 2-25: De Biesbosch stond 150 jaar na de St. Elisabeth Vloed nog steeds onder water. Het Bergse Veld met de reconstructie van het tracé van de Maas (rode stippellijn), Pieter Sluyter, 1560. Bron: G.J. Maas, 2000

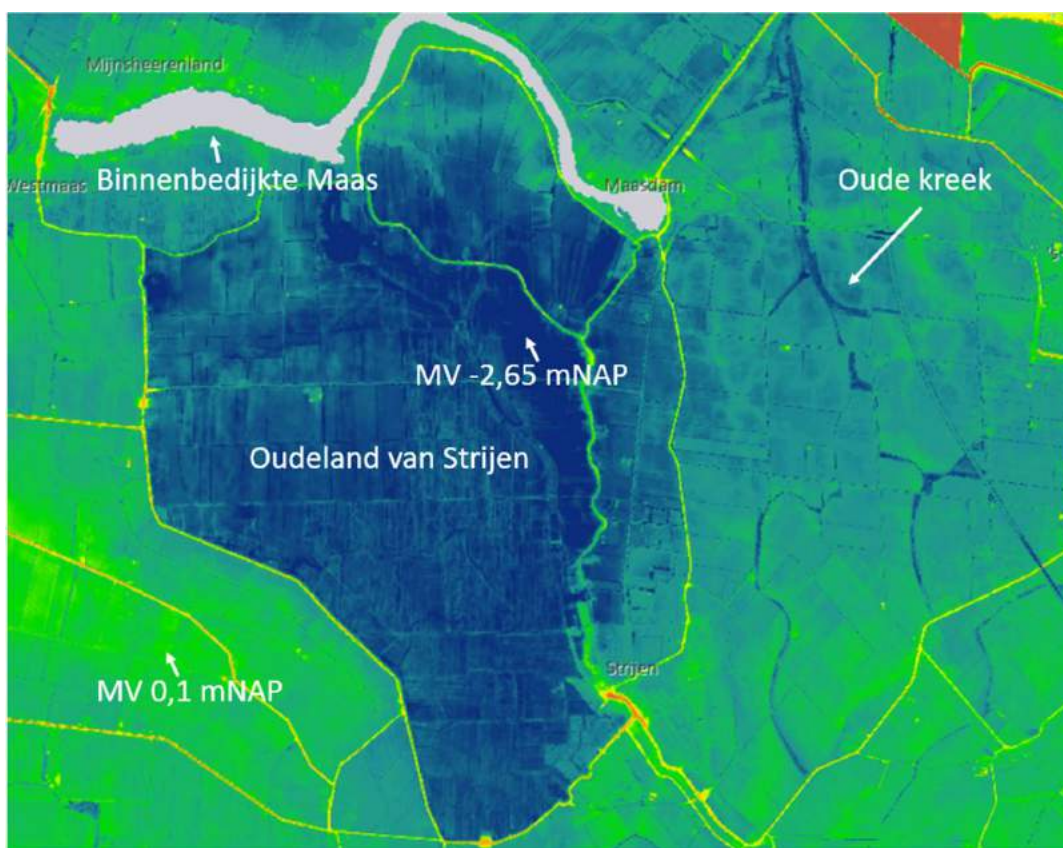
De opeenvolging stormvloeden forceerden een grote open zeearm: het **Haringvliet - Hollands Diep**. Door de toename van de zee invloed in het gebied werd niet alleen veel veen door getij-erosiekreken geërodeerd, maar werd

ook veel kleiig sediment in de bij de stormvloed verloren gegane polders afgezet. Door de verbinding met de Merwede werd het Haringvliet - Hollands Diep onderdeel van de riviermonding. Dit proces bracht veel marien sediment in beweging dat door getij kon worden afgezet om de Hoekse Waard, Voorne Putten en Goeree Overflakkee op te bouwen. Dit is terug te zien aan de verschillen in dikte van de kleidekken in de ingedijkte polders voor en na de St. Elisabethvloed.



De Oude Maas verzorgde tot de St. Elisabethvloed grotendeels de afvoer van de Merwede en vanaf 1282 ook die van de Maas. Na 1421 kreeg de rivier de Oude Maas meer het karakter van een getijgeul. Eén van de krekken die vanuit de Oud Maas ontstond werd het **Dortsche Kil**. Door het ontstaan van de open verbinding van de Merwede met het Haringvliet nam het belang van de Oude Maas voor de afvoer van rivierwater af, wat sedimentatie bevorderde. De opslibbende gebieden werden bedijkt voor landbouwkundig gebruik en hierdoor namen de getijdenstromen door de Oude Maas in omvang af.

Na de vorming van de Biesbosch werden delen van de Grootte Waard en omliggende gebieden weer bedijkt en dat is nu nog terug te zien in het **Oudeland van Strijen**. Dit veengebied lag voorheen net buitendijks van de Grootte Waard en werd vanaf 1288 onbruikbaar door overstromingen. Na de St. Elisabethvloed in 1432 werd het Oudeland van Strijen bedijkt en sindsdien is het beschermd geweest tegen overstromingen. Ten westen slibde het gorzengebied sterk op met als gevolg dat het Oudeland van Strijen meters lager lag dan de polders ten westen (Figuur 2-26). Na de bedijking van Mijnsheerenland in 1440 werd de afgedamde Maas ‘binnengedijkt’.



Figuur 2-26: Uitsnede van de AHN kaart van de het Oudeland van Strijen in de Hoeksche Waard (voorheen Grootte Waard). De veenpolder is meteen na de St Elisabethvloed ingedijkt en ligt meters lager dan omliggende polders. De afgedamde en Binnenbedijkte Maasgeul is zichtbaar ten noorden van het Oudeland.

Door de verdere uitbreiding van de rivierdelta in west- en zuidwestelijk richting kwam in de 17e eeuw en begin 18e eeuw vrijwel de gehele Hollandse Biesbosch onder invloed van zoetwatergetijden. Opslibbing werd door aanleg van slikvangers en dammen gestimuleerd. Er ontstond een opslibbend landschap van met respectievelijk biezene, vloedbos / griend en uiteindelijk ingepolderde weidegrond.

Zoals op onderstaande kaart uit 1973 te zien is (Figuur 2-27) zijn grote delen van de Biesbosch na opslibbing weer ingepolderd als weidegrond, dit kwam in een stroomversnelling na het graven van de Nieuwe Merwede (paragraaf 2.5.5). Het landschap bleef echter kwetsbaar, wat bleek in 1962 toen polder de Dood getroffen werd door

overstromingen en besloten werd de polder terug te geven aan de natuur. Recentelijk is de Noordwaard toegevoegd aan de Biesbosch als overstromingsgebied.

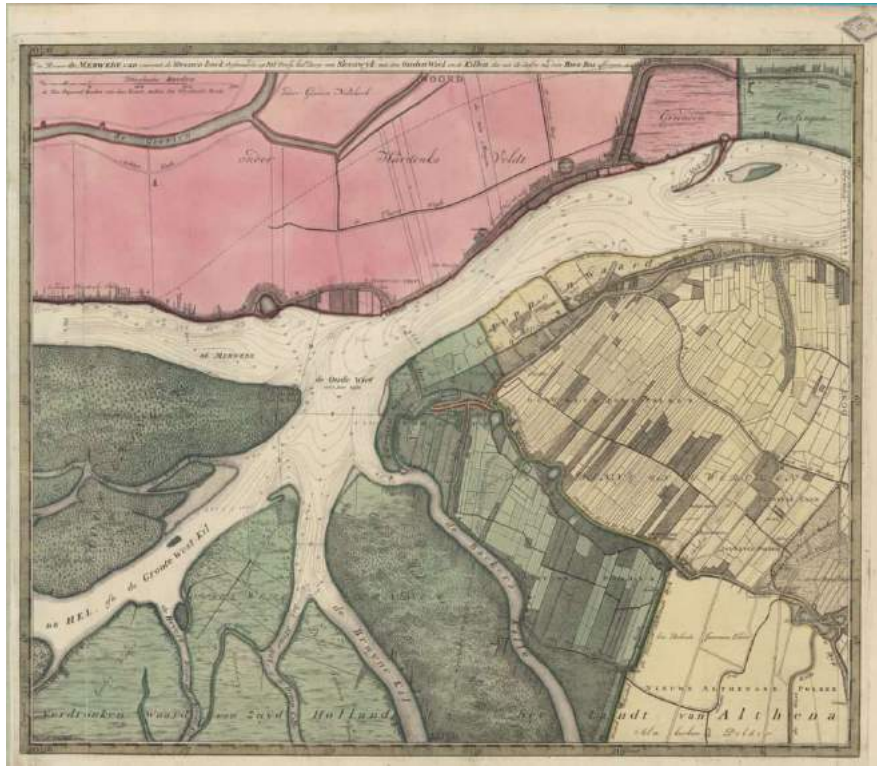


Figuur 2-27: Historische kaart uit 1973 in opdracht van waterwinbedrijf Brabantse Biesbosch. Grote delen van de Biesbosch zijn na opslibbing in de 19e eeuw weer ingepolderd voor landbouwkundig gebruik. De Nieuwe Merwede is dan reeds gegraven.

2.5.5 Graven van nieuwe rivierlopen

Aan het einde van de 17e eeuw was door de uitbreiding van de delta van de Merwede het gebied van de Hollandse Biesbosch vrijwel geheel gevuld met sediment. Het door de Merwede aangevoerde sediment hoopte zich op in het zomerbed van de Merwede mede omdat nog maar een klein deel (circa 1/3) van de totale afvoer via de Beneden Merwede plaatsvond. Om de bevaarbaarheid te vergroten werd meer dan een eeuwlang geëxperimenteerd met het afsluiten van killen in de Biesbosch. Het afsluiten van killen droeg echter mede bij aan rampen met ijsdammen in de periode 1726 – 1729, waardoor o.a. de Alblasserwaard en de Tielerwaard overstroomde. Ook in de decennia erna bleef de Biesbosch overstromingsgevoelig (Figuur 2-28).





Figuur 2-28: Doorbraakgeulen van de rivier de Merwede in de huidige Biesbosch in een kaart uit 1730 van Nicolaes Cruquius. De kil genaamd 'de Hel' (linksonder) zegt alles over de strijd die hier geleverd is om zich te beschermen tegen het rivierwater (Bron: UVA Erfgoed)

Uiteindelijk besloot men tot de aanleg van de Nieuwe Merwede in 1861 en de Bergsche Maas in 1883 om de afvoer van Waal en Maaswater te verbeteren (Figuur 2-29). Tevens werden Waal en Maas van elkaar gescheiden; De afgedamde Maas bleef over en vormt de oostgrens van het Land van Altena. De maatregelen hadden een verlaging van de waterstand tot gevolg en de griendcultuur werd hierdoor op veel plaatsen onmogelijk. Ze werden ingedijkt en omgevormd tot landbouwpolder. Met name in de Brabantse Biesbosch werden nieuwgevormde polders door dijken met elkaar verbonden en vergroot (Figuur 2-27).



Figuur 2-29: Biesbosch in 1850 (links) en zelfde gebied in 1904 (rechts) na het graven van de Nieuwe Merwede en de Bergsche Maas voor verbetering afvoer van de Waal. (Bron: Topotijdreis.nl)



Tegelijkertijd werd in 1863 gestart met de aanleg van de Nieuwe Waterweg en de normalisatie van de Nieuwe Maas om de verbinding van de Rotterdamse haven met de Noordzee voor de steeds dieperliggende schepen veilig te stellen (Figuur 2-30 en Figuur 2-31). Het areaal intergetijdengebieden aan de noordrand werd door deze ingrepen sterk verminderd, terwijl de estuariene dynamiek aanwezig bleef en zelfs groter werd.



Figuur 2-30: De Nieuwe Maas in 1850 (boven) en na normalisatie in 1907 (onder). Samen met de aanleg van de Nieuwe Waterweg maakte dit de ontwikkeling van de haven van Rotterdam mogelijk. (Bron: topotijdreis.nl)



Figuur 2-31: De monding van de Rijn en Maas bij Hoek van Holland. Links kaartbeeld uit 1850 met de monding via het Scheurgat, rechts de monding via de gegraven Nieuwe Waterweg in 1907. (Bron: Topotijdreis.nl)

Verdieping waterwegen ten behoeven van de scheepvaart

Om de Rotterdamse haven te ontwikkelen was het nodig om de waterdiepte van zeevaartgeulen te vergroten. In 1900 was de waterdiepte bij Hoek van Holland bij laag water nog zo'n zes meter, in 1960 was deze door baggerwerkzaamheden gestegen tot zo'n tien meter. De huidige waterdiepte bij Hoek van Holland bedraagt inmiddels meer dan zestien meter. Om de negatieve effecten van de verdieping van de Nieuwe Waterweg op zoutindringing te verminderen is de trapjeslijn ingesteld, een stapsgewijze verdieping naar de monding.



De Dortsche kil is ten behoeven van de scheepvaartroute Dordrecht – Moerdijk verdiept van 7 meter -NAP in 1970 tot 10 meter – NAP in 2000. De Nieuwe Merwede wordt door baggerwerkzaamheden op diepte gehouden, nadat deze watergang door het afsluiten van het Haringvliet ondieper werd.

2.5.6 Afsluiten mondingsarmen Brielse Maas en Haringvliet en ontstaan Voordelta

Al voor de afsluiting van het Haringvliet werd in 1950 overgegaan tot het afsluiten van de Brielse Maas als mondingsarm om zoutindringing in Voorne Putten en het eiland van Rozenburg te voorkomen. Het Brielse meer ontstond en speelt tot op de dag van vandaag een belangrijke rol in de zoetwaterbeschikbaarheid van de haven van Rotterdam en Hoogheemraadschap van Delfland. Door de afsluiting van de Brielse Maas ging veel intergetijdengebied verloren.

De watersnoodramp van 1953 werd de grootste Nederlandse natuurramp van de 20^e eeuw. De combinatie van een zware noordwesterstorm en springtij zorgde voor een springvloed met waterstanden van 3,85 meter boven NAP bij Hoek van Holland en 4,55 m boven NAP bij Vlissingen. Op meer dan 150 plaatsen in Zeeland, Zuid Holland en Noord Brabant braken de dijken. Ongeveer 150.000 ha grond overstroomde en de ramp kostte aan 1836 mensen het leven.

Het aanleggen van de Deltawerken was samen met het versterken van de veiligheidsnorm van primaire waterkeringen het antwoord van Nederland op deze ramp. Vijf stormvloedkeringen, twee sluisen en zes dammen maken er onderdeel van uit (Figuur 2-32). Dit resulteerde in een kortere kustlijn van 80 km ten opzichte van 700 km voor de aanleg van de Deltawerken.



Figuur 2-32: De deltaxerken met jaar van oplevering (links) en foto van de bouw van de Haringvlietdam en sluisen (rechts). Bron: RWS



Met de aanleg van de Haringvlietdam in 1971 werd de belangrijkste monding van de Rijn en Maas afgesloten (Figuur 2-33). Het omvangrijke intergetijdengebied in het Haringvliet, Hollands Diep en de Biesbosch zijn met de aanleg van de deltawerken gemarginaliseerd, net zoals de natuurlijke zoet – zout overgangen (paragraaf 3.5 en hoofdstuk 3). De Voordelta ontstond en ontwikkelt zich als een eigen gescheiden systeem (Figuur 2-33).

Hiermee vervolmaakte de mens zijn almaar toenemende invloed op de vorming van de Rijn Maas delta.



Figuur 2-33: De aanleg van de Haringvlietdam maakte van het Haringvliet en de Voordelta twee gescheiden systemen.



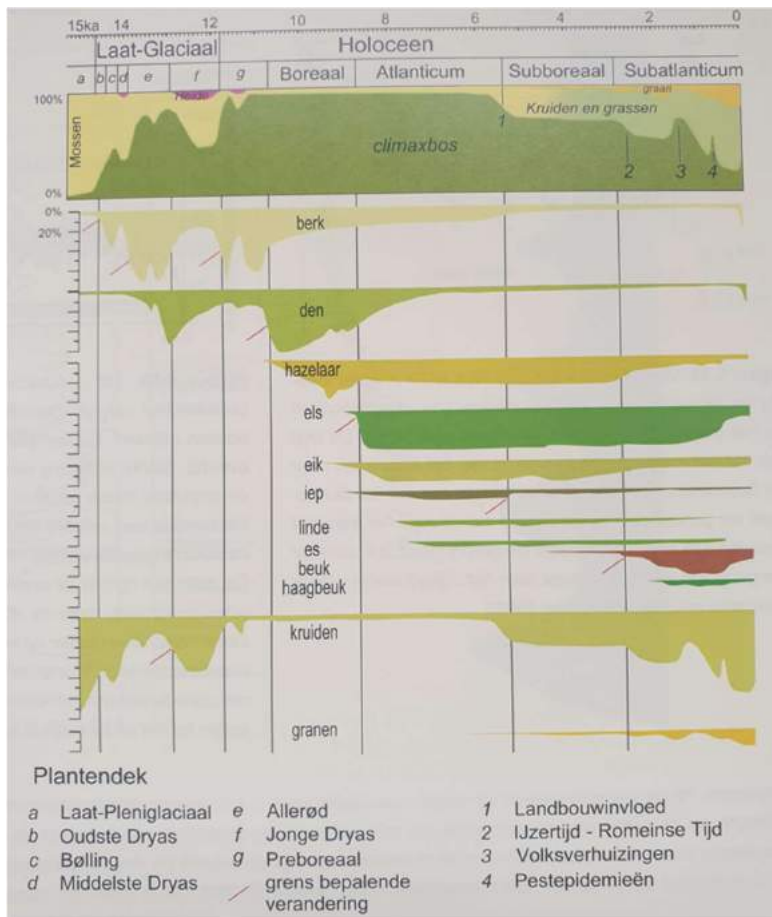
2.6 Ecotopen ontwikkelingen in de Biesbosch Rijn- Maasmondning

De ecotopen in de Biesbosch – Rijn-Maasmondning hebben zich gedurende het Holoceen aangepast aan een veranderend klimaat en de wisselwerking tussen de sturende krachten van zee, rivier en mens.

2.6.1 Invloed klimaatverandering op vegetatiepatronen

De invloed van de klimaatverandering op de Nederlandse vegetatieontwikkeling is leidend geweest in de onderverdeling van het Holoceen in verschillende tijdvakken (Figuur 2-34). Na een periode van dominantie van mossen en boreale boomsoorten in laat Glaciaal en het begin van het Holoceen volgde een geleidelijke opkomst van warmte minnende boomsoorten. De introductie en dominantie van de Els markeert de start van het Atlanticum en valt samen met de ontwikkeling van moerasbossen in de uitgestrekte veengebieden van laag Nederland. De toenemende invloed van de mens op de vegetatieontwikkeling door de opkomst van de landbouw leidt tot een afname van het aandeel bossen en sterke toename van kruiden en grassen.

Met de introductie van de mens in het landschap stierven diverse grote zoogdieren uit, waaronder de Grijze Walvis in de Noordzee en de Oeros, Eland en Bruine beer op het land. Gedomesticeerde dieren voor landbouwkundig gebruik werden geïntroduceerd.



Figuur 2-34: Zonering van het Laet- Glaciaal en het Holoceen op basis van vegetatie. Het ontstaan van een climaxbos in het Boreaal en Atlanticum en de introductie van de landbouw in het Subboreaal zijn goed terug te herleiden aan de hand van pollenanalyses (bron: Landschappen van Nederland, 2021).



2.6.2 Invloed sturende krachten zee, rivier en mens op ecotopen in de Biesbosch Rijn-Maasmonding

Om inzicht te krijgen in de verandering van ecotopen in de Biesbosch Rijn-Maasmonding over een langere tijdschaal is een kwantitatieve analyse uitgevoerd op de [beschikbare paleogeografische kaarten](#) van 250 v. Christus (nagenoeg natuurlijke situatie) tot heden (mens als dominerende kracht).

Van de kaarten zijn uitsneden gemaakt van het projectgebied (inclusief de Zuid Hollandse eilanden, Delfland, Krimpenerwaard, Alblasserwaard en Land van Altena). Vervolgens zijn de oppervlakten van de landschappelijke eenheden berekend voor ieder tijdvak en uitgedrukt in percentages van het totaal (Tabel 2-2).

De landschappelijke eenheden zijn niet één op één te koppelen aan fysiotopen en ecotopen, maar geven een goed beeld van het potentieel aan ecotopen en bijbehorende soortensamenstelling per tijdvak.

Tabel 2-2: Landschappelijke verandering in de Biesbosch Rijn – Maasmonding voor de periode 250 v. Chr. – 2000 n. Chr. Op basis van de paleogeografische kaarten van Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed, TNO en Deltares | 2022. De schorren en riviervlaktes zijn in de paleogeografische kaarten opgenomen als één legenda-eenheid. In deze analyse zijn ze van elkaar gescheiden en zijn de schorren toebedeeld aan aangrenzend buitenwater en riviervlaktes aan aangrenzend binnenwater. Groen gearceerd de in het oog springende veranderingen.

Paleogeografische eenheden	Jaar						
	250 v. Chr.	100 n. Chr.	800 n. Chr.	1250 n. Chr.	1500 n. Chr.	1850 n. Chr.	2000 n. Chr.
Buitenwater (zee)	3,6%	4,1%	5,4%	11,9%	13,6%	12,0%	4,5%
Slikken	3,4%	3,1%	8,0%	15,2%	19,5%	5,6%	0,7%
Schorren	7,4%	14,0%	4,8%	6,0%	2,6%	1,0%	0,0%
Strandvlakten en duinvalleien	1,2%	1,1%	1,2%	1,1%	0,8%	0,9%	0,1%
Strandwallen en lage duinen	2,0%	2,0%	2,3%	1,5%	1,7%	2,1%	0,8%
Hoge duinen	0,0%	0,0%	0,0%	0,8%	1,3%	1,0%	1,4%
Binnenwater (rivieren) (Buitendijkse) riviervlakte	1,7%	1,7%	3,7%	1,7%	5,7%	4,1%	11,9%
Rivierduinen	9,4%	11,7%	18,8%	5,4%	1,8%	5,0%	3,7%
Veengebied	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Droogmakerij	71,4%	62,2%	55,8%	27,9%	18,2%	11,8%	11,0%
Bedijkt landelijk gebieden	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	5,1%	4,3%
Bebouwd gebied	0,0%	0,0%	0,0%	28,3%	34,5%	51,0%	42,8%
Totaal	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	0,4%	18,7%
	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

De marine ecotopen komen voor in het **buitenwater (zee)** en ook brakwater ecotopen kunnen zich er bevinden mits de zee in verbinding staat met het binnenwater (rivier). Het areaal buitenwater in de Biesbosch Rijn-Maasmonding nam sterk toe door een toenemende invloed van de zee in de Middeleeuwen en het ontstaan van de Biesbosch. Eeuwen lang bleef het areaal hoog, waarna dit door het afsluiten van het Haringvliet sterk is afgenomen.

Met de toenemende invloed van de zee nam ook het areaal **slikken** (intergetijdengebied) sterk toe, tot bijna 20% van de Biesbosch Rijn-Maasmonding in 1500 n. Chr. uit slikken bestond. Door het inpolderen van de Zuid Hollandse eilanden en vervolgens het afsluiten van het Haringvliet is dit afgenomen naar minder dan 1%.

Door openbreken van de gesloten kustlijn, nam het areaal **schorren** sterk toe aan het begin van de jaartelling (tot ca. 14 %). In de eeuwen erna veranderde het zoetwatersysteem door het verleggen van de Rijnmonding naar de Maasmonding, waardoor schorren in de invloedssfeer van rivieren kwamen te liggen en in aandeel afnamen. Doordat



mensen de drogere schorren als eerste gingen bedijken nam het areaal na 1250 n. Chr. verder af, waarna de afsluiting van het Haringvliet het oppervlak schorren tot een minimum reduceerde.

Duinvalleien, strandwallen en hoge duinen hebben nooit een groot aandeel van het totale oppervlak ingenomen maar waren natuurlijk van groot belang voor het ontstaan en deels behouden van een gesloten kustlijn. In de tijd is te zien dat boven de strandwallen en oude duinvalleien van de Zuid-Hollandse kust hoge (jonge) duinen zijn ontstaan (Figuur 2-9). Toenemende verstedelijking na 1850 heeft gezorgd voor een sterke afname van het areaal duinvalleien (met 90%) en strandwallen (60%). De hoge duinen zijn niet bebouwd en in areaal gelijk gebleven.

In de eerste eeuwen van onze jaartelling verlegde de Rijnmond haar loop naar de Maasmond en nam het aandeel **rivieren** toe met een factor 2 (zie ook Figuur 2-21). Deze rivieren waren wel sterk onderhevig aan de invloed van de zee, waardoor dit geleid zal hebben in een sterke toename van brakwater ecotopen in het westen en zoetwater ecotopen in het oosten. Het ontstaan van de Biesbosch vergrootte rond 1500 het areaal zoetwater kreken en bijbehorende zoetwater ecotopen. Met het afsluiten van het Haringvliet werd dit een onderdeel van het riviersysteem en bereidde het areaal binnenwater in de Biesbosch Rijn-Maasmond sterk uit naar bijna 12%

Met het verleggen van de Rijnmond naar de Maasmond werd een deel van het veen onderdeel van het overstromingsgebied van de rivier. Het aandeel **rievlaktten** nam sterk toe naar circa 18% in 800 n. Chr.

Dit zijn riviervlakten die onder invloed stonden van het getijde en in het westen ook van brakwaterinvloeden. Waar de overgangen tussen zout, brak en zoetwater hebben gelegen is niet met zekerheid te zeggen. De toenemende invloed van de zee in de Middeleeuwen zorgde voor het overstromen van de riviervlakten waardoor het areaal afnam. Dit werd versterkt door toenemende bedijking. Het aanleggen van de Haringvlietsluizen zorgen ervoor dat de toenmalige slikken en schorren in het Haringvliet – Hollands Diep nu kunnen worden beschouwd als riviervlakten.

Aan het begin van onze jaartelling was ca. 2/3 van de Biesbosch Rijn-Maasmond bedekt met **Veen** met bijbehorende moeras ecotopen. Door rivierverleggingen en het openbreken van de kustlijn in combinatie met ontwatering en afgraving nam het areaal veen tot het eind van de middeleeuwen sterk af, waarna het stabiliseerde tot ca. 11 %. Het resterende veen bevindt zich grotendeels tot de Krimpenerwaard en Alblasserwaard.

Vanaf de middeleeuwen nam het aandeel **bedijkte landelijke gebieden** snel toe tot meer dan 50 % van het totale areaal van de Biesbosch Rijn-Maasmond in 1850. Deze gebieden waren grotendeels bestemd voor de landbouw en werden door het bedijken afgesloten voor dynamiek en de daarbij behorende estuariëne ecotopen.

Pas in de laatste 150 jaar nam het aandeel **bebouwd oppervlak** in de Biesbosch Rijn-Maasmond sterk toe tot bijna 20% van het totale areaal. Dit ging deels ten kosten van het bedijkte landelijke gebied, maar er werd ook gebouwd in duinvalleien, veengebieden en het mondingsgebied van de Nieuwe Waterweg.

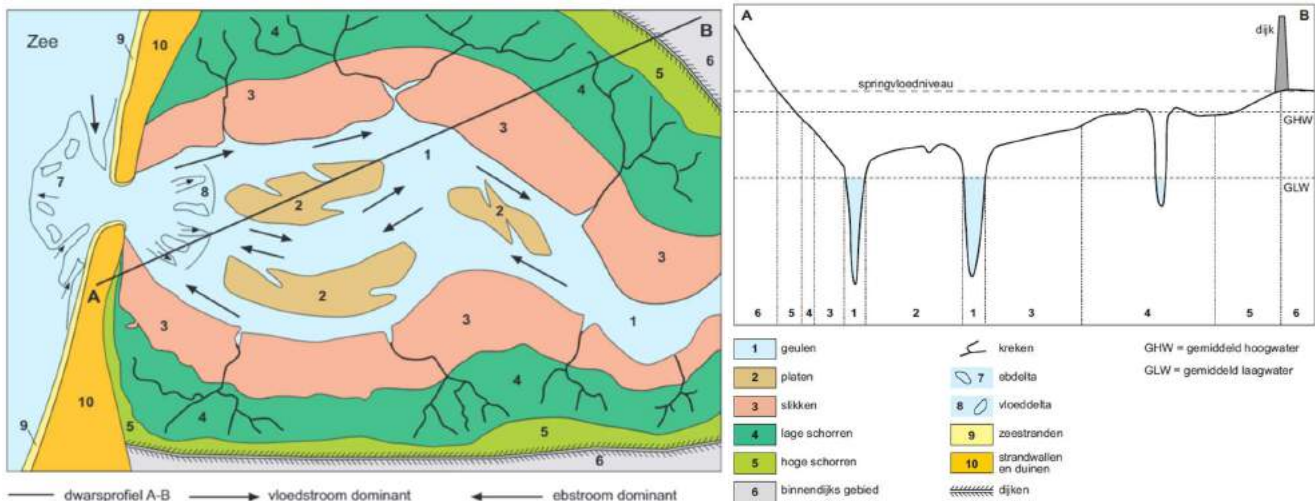
2.6.3 Historische ecotopen deelgebieden Biesbosch Rijn-Maasmond

Er zijn een tweetal onderzoeken verricht door G.J. Maas naar historische ecotopen in enkele deelgebieden van de Biesbosch Rijn-Maasmond in de periode 1730 – 1830 en 1885. In deze paragraaf zijn de belangrijkste bevindingen uit zijn onderzoek weergegeven.

Haringvliet – Hollands Diep

Door kaartmateriaal van de 19^e eeuw te analyseren is G.J. Maas tot een historische ecotopen verdeling van Haringvliet – Hollands Diep gekomen. Het kaartbeeld uit 1885 en de daaraan ontleende verdeling van ecotopen/fysiotopen vertoont sterke overeenkomsten met een schematische weergave van fysiotopen in open estuarium (Figuur 2-35, Figuur 2-36 en kadertekst).

Kader fysiotypen in een open estuarium – G.J. Maas, 2002



Figuur 2-35: Schematische weergave van de verschillende fysiotopen in een open estuarium. Het Haringvliet in 1885 vertoont grote overeenkomsten met deze schematische weergave. Naar Vos en Van Heeringen, in Berendsen, 1996 (Bron: G.J. Maas, 2002)

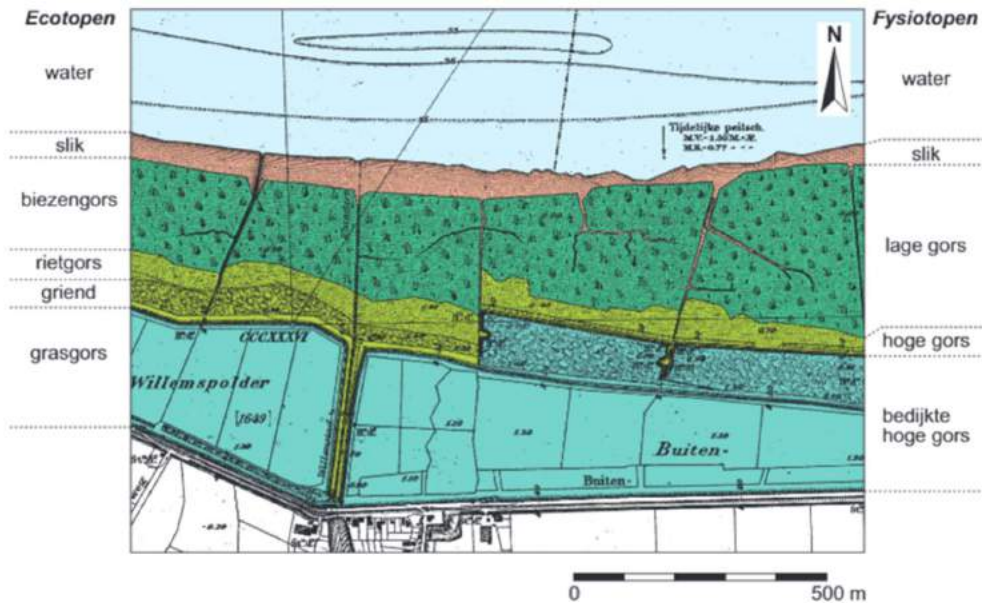
Kenmerkend voor een estuarium is de naar buiten gerichte ebstroom en de naar binnen gerichte vloedstroom. Bij de kentering van het getij neemt de stroomsnelheid af tot nul en neemt daarna weer toe in de tegenovergestelde richting. Door de hoge stroomsnelheden zijn getijgeulen (1) diep. De stroming is bij de ebstroom sterker omdat ook het rivierwater moet worden afgevoerd en de verschillende geulen worden vaak niet in gelijke mate door de eb- en vloedstroom gebruikt. In bepaalde geulen treden sterke vloedstromen op terwijl andere geulen vooral benut worden door de ebstroom. Dit effect kan ook optreden in de situatie dat twee estuariumarmen bij elkaar komen, zoals bij het Haringvliet en het Volkerak. Tussen de geulen liggen zandige platen (2), die bij laagwater droogvallen. Doordat de getijgeulen zich voortdurend verleggen veranderen ook de platen van vorm en positie. De hoge morfodynamiek zorgt ervoor dat deze platen vaak onbegroeid blijven. In de monding van het estuarium kan op de hoger gelegen platen bij laagwater duinvorming optreden

Langs de randen van de getijgeulen liggen de slikken (3). Slikken bevinden zich in de lage intergetijdzone, direct boven GLW. Vanaf een overstromingsduur kleiner dan 50% raken de slikken begroeid met pioniervegetatie. In het zoete tot brakke deel van het estuarium wordt deze eerste fase in de successie meestal gevormd door biezen. Vanaf het moment dat de slikken hiermee begroeid raken worden ze schorren of gorzen genoemd: biezen (4). Met het toenemen van de begroeiing wordt tijdens hoogwater steeds meer fijn sediment door de planten ingevangen. Naarmate het biezen verder opslibt, verandert de vegetatie in riet: rietgorzen. Ook deze rietgorzen bevinden zich nog beneden het GHW-niveau. Vanaf ca. 40 cm beneden het gemiddeld hoogwaterniveau komen onder natuurlijke omstandigheden in het zoete deel van het estuarium vloedbossen tot ontwikkeling.

In de historische situatie (voor 1900) werden rietgorzen omgevormd tot wilgengrienden. In Figuur 2-35 liggen deze grienden op de positie van de hoge gorzen (5). Deze grienden werden meestal voorzien van een kade. Tenslotte raakten ook de grienden te hoog opgeslibd en werden ze omgezet in grasland. Dit grasland werd uiteindelijk binnengedijkt (6) en aan het estuarium onttrokken.

De slikken en gorzen worden doorsneden door krekens, die bijdragen aan de opslibbing en ontwikkeling van het gors. Wanneer het gors overspoeld raakt van uit het kreeksysteem wordt fijn materiaal in een smalle rug langs de kreek afgezet en vormt zich een getijoeverwal.

In 1885 begeleidde brede oeverzones met slikken, biezen en rietgorzen het Haringvliet en Hollands Diep. Er was een getijverschil van 207 cm tussen eb en vloed, de mediane ebstand (ME) was 77 cm -AP en de mediane vloedstand (MV) was 130 cm +AP. Hiermee kon de hoogteligging en zonering van de verschillende ecotopen in de intergetijdzone van de zuidoever van het Hollands Diep worden bepaald (Figuur 2-36).



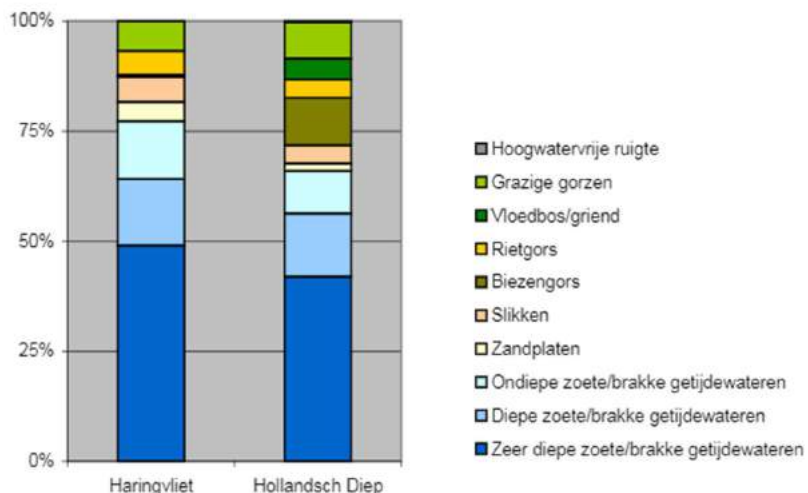
Ecotopen	Hoogte
Slikken	-60 t/m -40 cm AP
Biezengors	-40 t/m +40 cm AP
Rietgors	+40 t/m +100 cm AP
Griend (gedeeltelijk bedijkt)	+70 t/m +100 cm AP
Grasgors (bedijkt)	+100 t/m +120 cm AP

Figuur 2-36: Rivierkaart van het Hollands Diep bij Willemstad uit 1885, waaraan de fysiotoop- en ecotoop zonerings zijn toegevoegd. Aan de hand van eb en vloed gegevens kon de hoogteligging en zonerings van de ecotopen worden vastgesteld. Bron: G.J. Maas, 2002

De historische ecotopen samenstelling in het Haringvliet week af van die in het Hollands Diep (Figuur 2-37). De overgang tussen beide trajecten lag ter hoogte van Willemstad. Verschillen tussen beide trajecten werden vooral gevonden in:

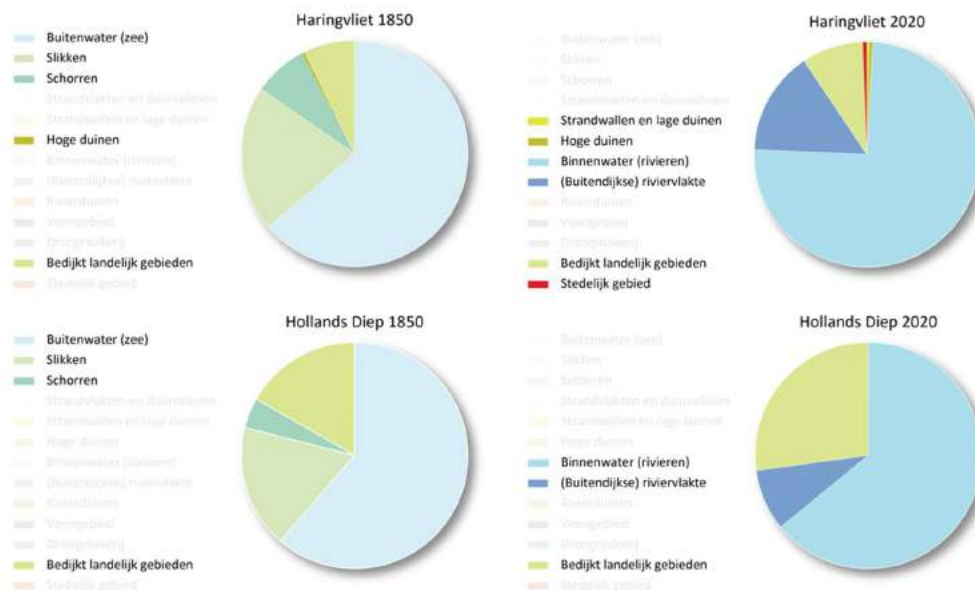
- De verhouding water / intergetijdenzone: In het Hollands Dieps was de intergetijdenzone in verhouding breder.
- De aanwezigheid van platen: In het Haringvliet kwamen meer platen voor
- De aanwezigheid van biezen- en rietgorzen. Biezengorzen kwamen vooral voor langs het Hollands diep, rietgorzen vooral langs het Haringvliet
- De aanwezigheid van vloedbos/griend. Vloedbossen en grienden werden langs het Haringvliet niet aangetroffen vanwege te hoge zoutconcentraties in het water.

De waargenomen verschillen tussen beide gebieden lijkt goed samen te vallen met de grens tussen zoet- en brakwater bij gemiddeld hoogwater (GHW) en een gemiddelde rivierafvoer (2200m³/sec. bij Lobith) voorafgaand aan de afsluiting van het Haringvliet



Figuur 2-37: Historische ecotopen verdeling Haringvliet en Hollands Diep 1885 (bron: G.J. Maas, 2002)

Na afsluiten van het Haringvliet is de ecotopen verdeling in het Haringvliet en Hollands Diep niet meer vergelijkbaar met de situatie in 1885. De getijdeamplitude geminimaliseerde en waterstanden beneden 0 NAP kwamen na afsluiting niet meer voor (zie hoofdstuk 3). De historische zonering van ecotopen uit Figuur 2-36 was niet handhaafbaar in de nieuwe afgesloten situatie. Slikken en lage gorzen 'verdrongen' waardoor het areaal water is toegenomen ten kosten van het intergetijdengebied (Figuur 2-38). Daarnaast is het watersysteem verzoet waardoor de buitendijkse hoge gorzen in de praktijk zijn veranderd in riviervlakten, een ecotoop die in een natuurlijke situatie niet voorkomt in een estuarium.

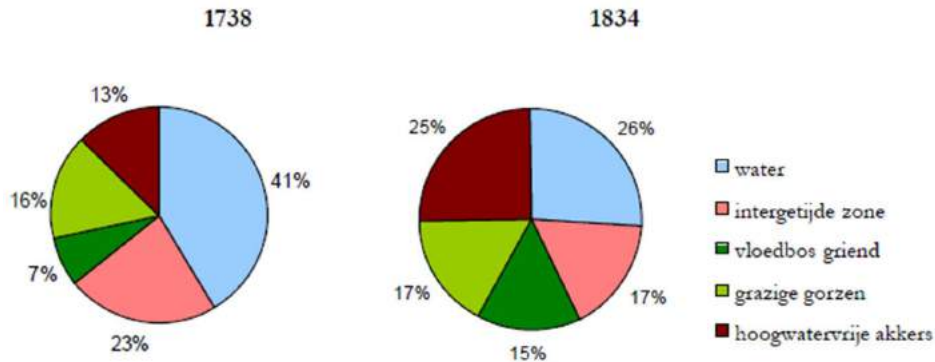


Figuur 2-38: Verschillen paleogeografische eenheden Haringvliet en Hollands Diep in 1850 en 2020. Het effect van het afsluiten van het Haringvliet is goed zichtbaar. Bron: analyse op basis van de paleogeografische kaarten van Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed, TNO en Deltares | 2022.

Oude Maas



De verbinding van de Merwede met het Haringvliet Hollands Diep na de St. Elisabeth vloed zorgde voor een afname van rivierdynamiek in de Oude Maas. Een hoge mate van sedimentatie was hiervan het gevolg en er trad alleen op de splitsingspunten met andere riviertakken enige erosie op. Hierdoor reduceerde het aandeel water van 43% in 1738 tot 25% een eeuw later. Killen en getij-nevengeulen zijn in deze periode nagenoeg verdwenen en ook slikken en platen kwamen niet meer voor. Dit had gevolgen voor de ecotopen verdeling in deze periode (Figuur 2-39).



Figuur 2-39: ecotopen verdeling Oude Maas in 1738 en 1834 (bron: G.J. Maas, 2000)

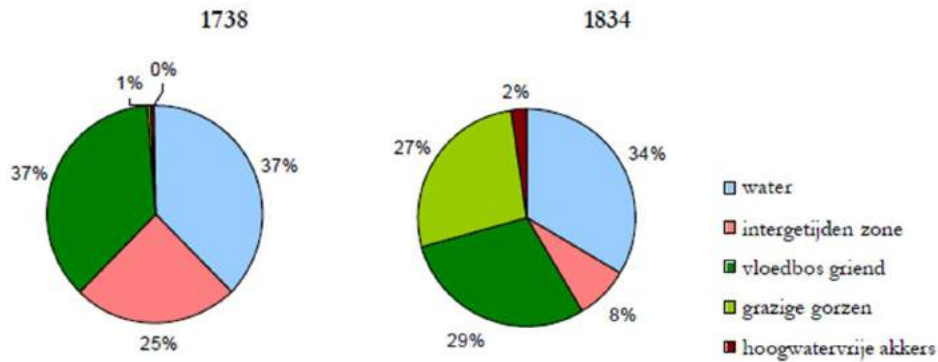
Het areaal water en intergetijden zone neemt tussen 1738 en 1834 af als gevolg van sedimentatie, wat resulteert in een toename van landbouwkundig gebruik (hoogwatervrije akkers). Opvallend is een toename van vloedbos grienden in deze periode wat mogelijk duidt op een afname van zoutindringing in de Oude Maas. Ten westen van de lijn Oud-Beijerland-Willemstad kwamen vloedbossen nauwelijks meer voor.

Merwede - Hollandse Biesbosch

Door uitbreiding van de rivierdelta in westelijke richting vond er in de gehele Hollandse Biesbosch in de 17^e en begin 18^e eeuw sedimentatie plaats. Er ontstond een zoetwatergetijden landschap met biez en vloedbos / griend, doorsneden met krek en brede killen. De eerste bekadingen in dit gebied kwamen tot stand rond 1780.

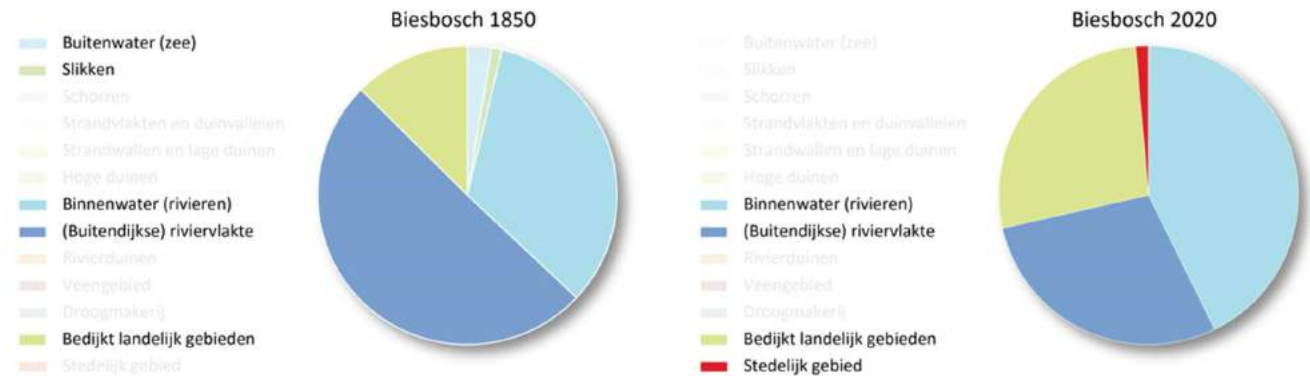
Tussen 1738 en 1834 is ca. 20% van de gebiedsoppervlakte veranderd van water in land of andersom. Netto is in het gebied een toename van land van ca. 4%. Deze toename is voornamelijk te danken aan veranderingen in morfologie (sedimentatie) van de zomerbedding van de Merwede en in de killen.

Vergeleken met 1738 vertoonde de ecotopen in de intergetijdenzone (platen/slikken & biez en rietgors) een sterke achteruitgang. (Figuur 2-40). Met name grienden werden omgevormd tot graslandpolders (grazige gorzen) en biez en rietvelden tot grienden. De totale oppervlakte vloedbos/ griend was daardoor ten opzichte van 1738 nauwelijks gedaald, terwijl biez en rietgors sterk in areaal afnamen. De oppervlakte akkerbouw was in 1834 in de Biesbosch zeer beperkt.



Figuur 2-40: ecotopen verdeling Merwede Hollandse Biesbosch in 1738 en 1834 (bron: G.J. Maas, 2000)

In de periode vanaf 1850 tot het heden is door het graven van de Nieuwe Merwede en het afsluiten van het Haringvliet de ecotopen verdeling in de Biesbosch sterk gewijzigd (**Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**). De zee-invloed en kwelders in het westen van de Biesbosch verdwenen en de getijdeamplitude minimaliseerde. Daarnaast werd de Biesbosch na het graven van de Nieuwe Merwede beter geschikt voor landbouw wat het areaal bedijkt gebied vergrootte.



Figuur 2-41: Verschillen paleogeografische eenheden in de Biesbosch in 1850 en 2020. Het effect van het afsluiten van het Haringvliet en het graven van de Nieuwe Merwede is goed zichtbaar. Bron: analyse op basis van de paleogeografische kaarten van Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed, TNO en Deltares | 202

Abiotische Toestand en Processen

Hoofdstuk 3

3 Abiotische Toestand en Processen

3.1 Estuariene dynamiek als leidraad

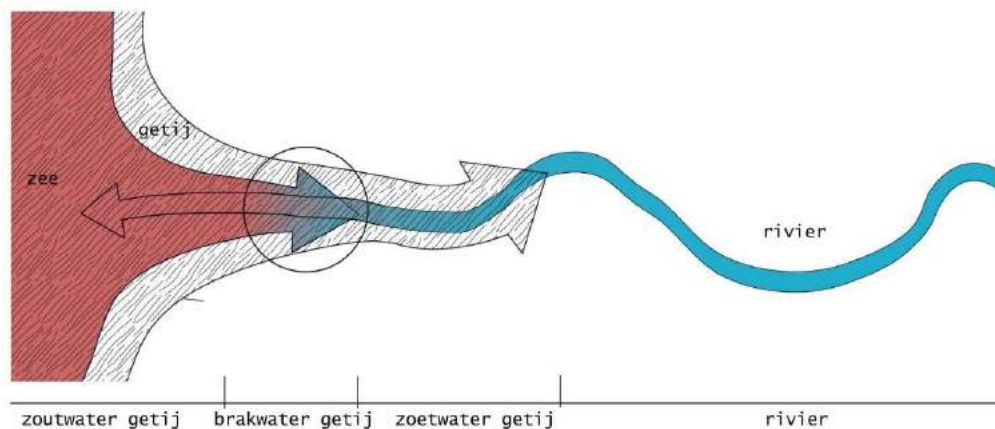
Het vorige hoofdstuk beschrijft de processen die de patronen in het huidige landschap hebben veroorzaakt; de genese van de Biesbosch Rijn-Maasmonding. Hiermee is de fysieke basis gelegd voor de dynamiek in het systeem. Dit hoofdstuk gaat verder in op deze estuariene dynamiek.

De Biesbosch Rijn-Maasmonding is het grensgebied tussen land en zee én het overgangsgebied van zoet rivierwater en zout zeewater. In de huidige situatie is de monding een estuarium en geen delta, ook al wordt het gebied vaak zo genoemd. Delta's steken de rivierarmen uit in zee, terwijl in estuaria het overgangsgebied juist binnen de kustlijn is gelegen. Estuaria zijn mondiaal gezien zeldzame milieus, omdat ze gebonden zijn aan plaatsen waar ondiepe zeeën en laagland met een of meer riviermonden samen komen. Het is een dynamisch gebied, waarin tal van natuurlijke processen aangestuurd door de zee en de rivier leiden tot tal van gradiënten in ruimte en tijd en een afwisseling van unieke landschappen met geulen, droogvallende platen en zelden overspoelde gorzen.

De abiotiek is het niet-levende deel van het ecosysteem en vormt daarmee de basis voor al het leven in een gebied. Voor dynamische gebieden zoals de Biesbosch Rijn-Maasmonding laat de abiotiek zich goed beschrijven aan de hand van de processen die in het gebied actief zijn en die bepalen hoe water en door het water meegevoerde stoffen zich over het gebied verspreiden. De indeling van dit hoofdstuk volgt de vijf belangrijkste componenten van de estuariene dynamiek die binnen een estuarium te onderscheiden zijn (naar RIKZ, 2005):

1. Getijdedynamiek: tweemaal dagelijkse verschil tussen hoog en laag water (eb en vloed) en de daaruit volgende getijdenstromingen.
2. Rivierdynamiek: invloed van (fluctuatie van) rivierafvoeren.
3. Morfodynamiek: erosie en sedimentatie en transport van sediment. Morfodynamiek wordt aangestuurd door de getijdebeweging en de rivierafvoer en door zand- en slibaanvoer. Naar mate de invloed van het getij minder groot is, worden wind en golfslag belangrijker voor de morfodynamiek.
4. Zoet-zoutovergang: gradiënt in zoutgehalte die ontstaat uit getijde- en rivierdynamiek. De lengte wordt bepaald door de mate van getijdeninvloed en hoeveelheid rivierafvoer. Een estuarium bevat daarom zout, brak en zoet water.
5. Aanvoer en omzetting van organische stoffen (opgelost, als zwevende stof en als organismen), die vooral vanuit de rivier worden aangevoerd en zich onder invloed van de getijdenbeweging over het estuarium verspreiden. Al het leven in de delta is hiervan afhankelijk.

In Figuur 3-1 is de kenmerkende interactie tussen zee en rivier in een estuarium schematisch weergegeven. Aan de rechterkant van de figuur stroomt de rivier met zoet water, sediment en organische stoffen het gebied binnen tot waar de getijdengolf tweemaal daags doordringt. Vanaf de monding in de kustlijn dringt met het getij relatief voedselarm zout zeewater naar binnen waarmee ook sediment wordt aangevoerd. De influx van zeewater is doorgaans veel groter dan die van rivierwater en richting zee wordt de invloed van de rivier in het systeem daarom steeds minder merkbaar. In het zoute getijdengebied is zij vrijwel alleen nog een bron van organische stoffen en fijnere sedimenten. Naast deze gemiddelde situatie wordt het estuarium ook gekenmerkt door plotselinge extreme gebeurtenissen, zoals een stormvloed of een hoge rivierafvoer, die een grote impact kunnen hebben op het functioneren.



Figuur 3-1: Schematische weergave van de interactie tussen getijdendynamiek en rivierdynamiek.

3.1.1 Gebiedsbegrenzing

Het watersysteem van de RMM bestaat uit een groot aantal waterlopen die ieder een eigen naam hebben; zie Figuur 3-1. Vanuit abiotisch perspectief is een clustering mogelijk in drie deelgebieden, Noordrand, tussenlopen, Zuidrand, omdat met name de processen die het getij genereerd binnen deze clusters in grote lijnen vergelijkbaar zijn. Als vierde cluster zijn daarbij de rivieren onderscheiden, waarvan vooral in het oosten de dynamiek merkbaar is. De verdeling van de waterlopen over de 4 clusters is in weergegeven in **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden..** Voordelta heeft een aparte status als het om de abiotiek gaat en wordt meestal apart beschreven. De Lek en de Nieuwe Merwede zijn grensgevallen en kunnen bij twee eenheden worden ingedeeld.

Tabel 3-1: Indeling van het buitenwater van de BRM in 4 hoofdeenheden zoals gebruikt in het beschrijven van de abiotische toestand. De met * gemarkeerde watergangen komen twee maal in de lijst voor omdat ze ook tot de riviertrajecten kunnen worden gerekend.

Noordelijke lopen	Zuidelijke lopen	Verbindende lopen	Riviertrajecten
Lek*	Nieuwe Merwede*	Oude Maas	Lek
Hollandsche IJssel	Biesbosch	Spui	Waal
Nieuwe Maas	Amer	Noord	Boven Merwede
Nieuwe waterweg	Hollands Diep	Dordtsche Kil	Beneden Merwede
Hartelkanaal	Haringvliet	Beneden Merwede*	Nieuwe Merwede
			Maas



Figuur 3-2: Overzichtskartaart Rijn-Maas monding met de belangrijkste waterlopen van het hoofdwatersysteem en de binnendijkse gebieden. Meetpunten van RWS die in de rapportage worden genoemd: 1. Hoek van Holland, 2. Maassluis, 3. Vlaardingen, 4. Rotterdam, 5. Krimpen, 6. Schoonhoven, 7. Hagestein, 8. Spijkenisse, 9. Goidschlaxoord, 10. Dordrecht, 11. Werkendam, 12. Vuren, 13. Haringvliet buiten, 14. Stellendam, 15. Hellevoetsluis, 16. Willemstad, 17. Moerdijk, 18. Keizersveer, 19. Heesbeen en 20. Lith.

3.1.2 Leeswijzer hoofdstuk abiotiek

De paragrafen in dit hoofdstuk volgen de vijf componenten van het estuariene systeem: getijdendynamiek (Paragraaf 3.2), rivierdynamiek (Paragraaf 3.3), morfodynamiek (Paragraaf 3.4), verspreiding van zouten (Paragraaf 3.5) en verspreiding van organische stoffen en milieuvreemde stoffen (Paragraaf 3.6). Waar mogelijk beginnen de paragrafen met een toelichting op het proces en daarna wat daarvan zichtbaar is in de ruimte (de patronen) en tenslotte hoe het zich ontwikkelt in de tijd (de trends). Deze trends focussen vooral op de situatie sinds de afsluiting van het systeem door de Haringvlietdam in 1971 (Hoofdstuk 2.5.6), maar om de grote veranderingen te duiden die daardoor zijn opgetreden, wordt ook ingegaan op de situatie voor de afsluiting. Naast het gebied waar de estuariene dynamiek in de BRM nog actief is, is een groot deel van het mondingsgebied in de loop der eeuwen bedijkt of opgehoogd zodat de dynamiek daar niet meer merkbaar is. Tussen deze binnendijkse en buitendijkse gebieden zijn er wel tal van relaties op het gebied van abiotiek en biotiek en daarom zijn ze ook van belang voor de ambities vanuit de PAGW. In paragraaf 3.7 wordt beschreven hoe deze binnendijkse gebieden functioneren en wat die relaties zijn. In het volgende hoofdstuk synthese (Hoofdstuk 4) wordt de interactie tussen de verschillende vormen van dynamiek beschreven en de toestand waarin zij verkeren.

Tenzij anders vermeld zijn de figuren in H2 gemaakt in het kader van deze LESA aan de hand van meetdata van RWS, meestal via waterinfo.nl.

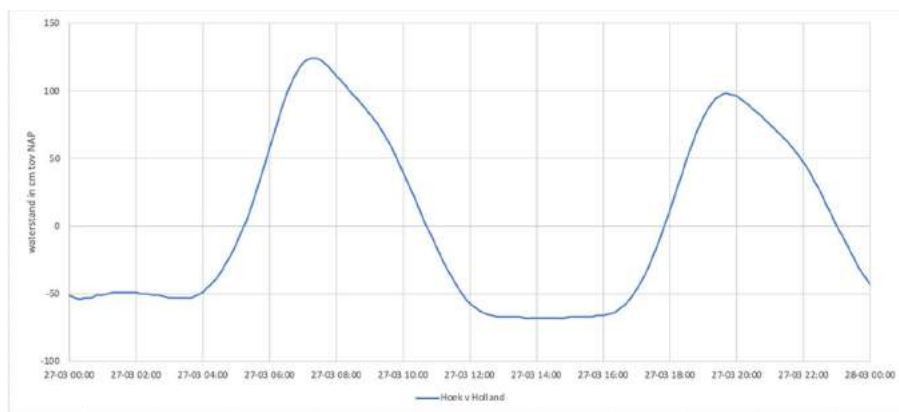
3.2 Getijdendynamiek

3.2.1 Toelichting op het proces

Herkomst en vorm van de getijdengolf

De getijdedynamiek is de sterkste en grootste kracht in de BRM en de motor achter veel van de andere processen. De getijdendynamiek wordt gekenmerkt door dagelijkse, maandelijkse, meerjarige en incidentele processen die de kracht en daarmee de hoogte ervan. Bepalen. De getijdendynamiek volgt dagelijks een strak ritme waarbij tweemaal een golf vanuit zee het gebied in- en uitstroomt (Figuur 3-3). Naast de dagelijkse cyclus is er onder invloed van de stand van de maan een tweewekelijkse cyclus waarin de golf gedurende een week langzaam hoger wordt, tot aan springtij, en in de week daarna weer lager, tot aan doodtij. Daarnaast is er ook een meerjarige cyclus (18,6 jaar) door de variatie in de hoek die de as van de maan maakt met het vlak waar de aarde in staat. Incidenteel zijn er uitschieters tijdens een storm die de golf veel hoger doen oplopen dan tijdens de reguliere getijdenbeweging. De invloed van stormen op de waterstand worden besproken in paragraaf 3.2.2.

De getijgolf in de BRM is oorspronkelijk afkomstig van het zuiden van de Atlantische Oceaan en is twee dagen onderweg voordat ze onze breedtegraad bereikt. In de Noordzee arriveert de getijdengolf zowel via het Kanaal als rondom de noordkant van Schotland. Vanwege het verschil in looptijd zijn er gebieden in de Noordzee waar de golven elkaar versterken of juist opheffen. Ter hoogte van de BRM is er een deel van de dag sprake van een vereffening en dit verklaart het opvallende verloop van het getij, waarbij de periode van laagwater circa 4 uur duurt (zie Figuur 3-3). Dit is kenmerkend voor de BRM, want elders langs de Nederlandse kust is deze vereffening minder groot en zakt het peil tijdens laagwater wel door tot een kortdurend laagste punt. Verder valt op dat van twee getijgolven er altijd een lager is dan de ander (zie ook Figuur 3-3). Dit wordt de dagelijkse ongelijkheid genoemd en doet zich overal in het getij voor.



Figuur 3-3: Karakteristieke vorm van de gemiddelde getijgolf zoals deze ter hoogte van Hoek van Holland via de Nieuwe Waterweg de BRM binnen gaat.

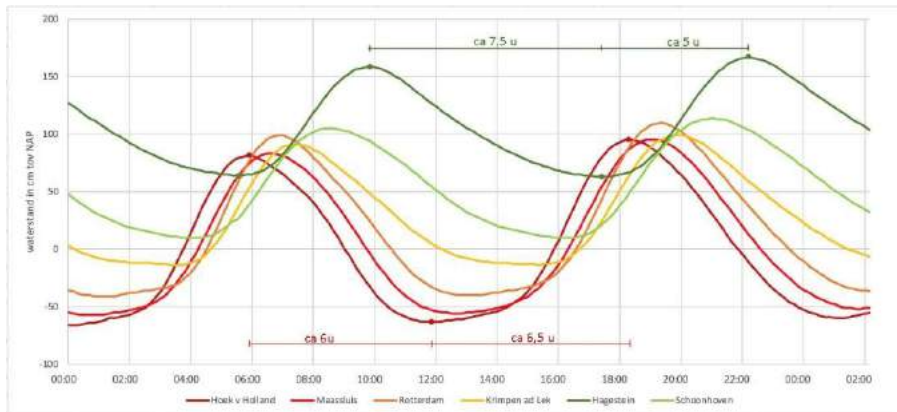
Dagelijks verloop van de golf in de BRM; grote verschillen tussen noord- en zuidrand

De getijgolf dringt via de enige open rivierarm, de Nieuwe Waterweg, tweemaal daags het Benedenrivierengebied binnen (zie Figuur 3-4). Aan de Noordrand, in de Hollandsche IJssel en Lek, en in de Zuidrand, in de Haringvliet en Maas, loopt de golf door tot deze op een sluis of stuw stuit. In de Waal dempt de golf langzaam uit tegen het aanstromende Rijnwater. Onderweg verandert de golf van amplitude en van vorm als gevolg van de geometrie van de riviertakken en bekkens die worden gepasseerd. Er is een opvallend verschil tussen de golf die de noordrand volgt (Figuur 3-5) en de golf die naar het zuiden afbuigt (Figuur 3-6). Dit verschil wordt in deze paragraaf verder toegelicht.



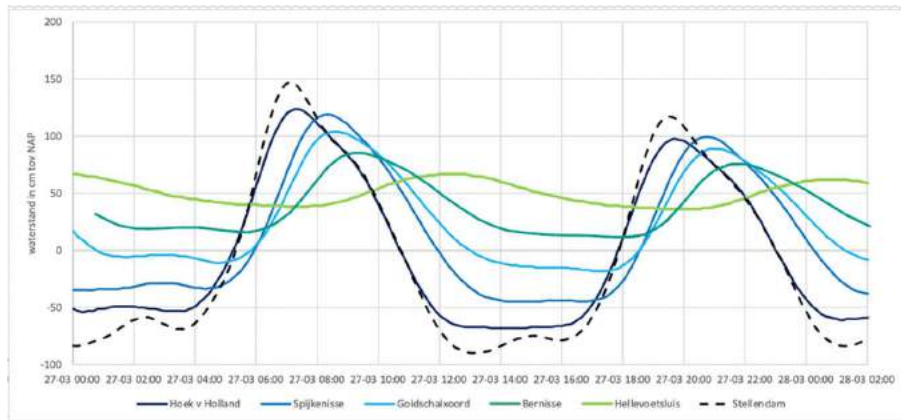
Figuur 3-4: De getijgolf stroomt van zuid naar noord langs de Nederlandse kust en dringt via de Nieuwe Waterweg het Benedenrivierengebied binnen. De dikte van de peilen is op schaal van de getijdenslag.

In Figuur 3-5 is het verloop aan de noordrand weergegeven, met in donkerrood de golf ter hoogte van Hoek van Holland zoals die het BRM-systeem binnen gaat. In oostelijke richting wordt de golf aanvankelijk vooral aan de basis hoger (tot aan de lichtgroene lijn). De top wordt pas hoger in het tweede gedeelte van de Lek, waar de ondergrond langzaam op begint te lopen (de donkergroene lijn). Verder valt op dat de asymmetrie van de golf toeneemt. Bij Hoek van Holland daalt de golf ca 6 uur en stijgt ze ca 6,5 uur, terwijl dit bij Hagestein respectievelijk 7,5 en 5 uur is. Hierbij wordt vooral de lange periode van laagwater langzaam opgeheven. Omdat het stijgen stroomopwaarts in het systeem sneller verloopt, zijn de stroomsnelheden daar tijdens het stijgen hoger dan tijdens het dalen. In het westelijk deel is dit effect minder groot.



Figuur 3-5: Verloop getijdegolf door het noordelijk deel van de BRM

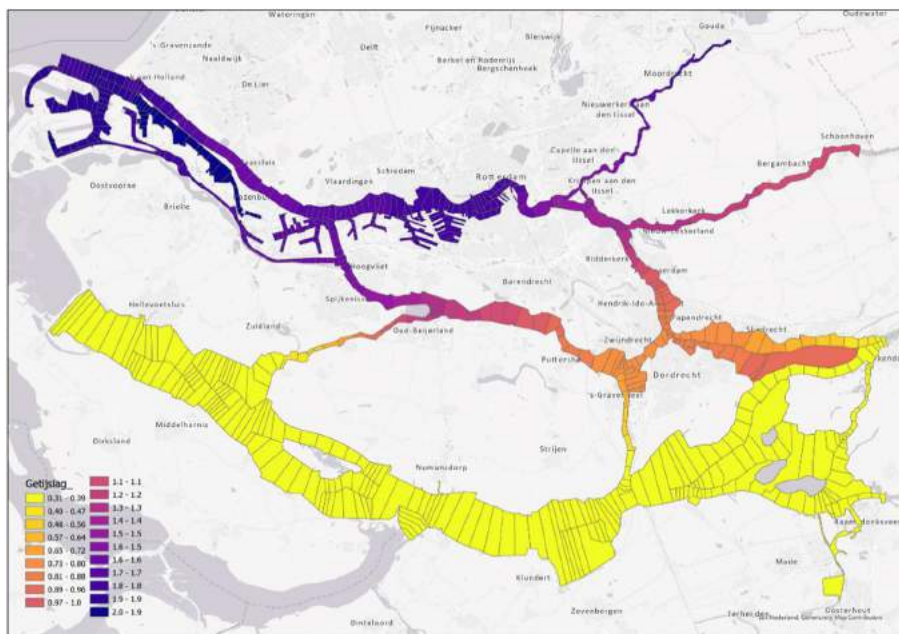
Een deel van getijdegolf dringt vanuit het noorden via Oude Maas, Spui en Dordtse Kil ook door naar de Zuidrand van de BRM en verandert onderweg veel meer dan de golf in het noorden van de BRM (zie Figuur 3-6 ivm Figuur 3-5). De veranderingen lijken in de Oude Maas nog op die van de golf in de Nieuwe Maas, met een oplopende laagwaterstand en een weinig veranderende hoogwaterstand, maar in het Spui zakt ook de hoogwaterstand sterk in om uiteindelijk als een sterk gereduceerde golf in het Haringvliet aan te komen. Ondanks de reductie van de amplitude en het splitsen over verschillende takken is het totale volume van de golf onderweg niet veranderd. Dit vertaalt zich in hogere stroomsnelheden in o.a. Spui en Dordtse Kil dan in de noordelijke en vooral de zuidelijke wateren.



Figuur 3-6: Verloop getijdeweg naar het zuidelijk deel van de BRM

In de figuur is ook de waterstand bij Stellendam in de Voordelta weergegeven (streepjeslijn). Zonder de aanwezigheid van de Haringvlietdam zou dit ongeveer de omvang van de getijdeweg zijn geweest binnen het Haringvliet. Het verschil met de lichtgroene lijn laat duidelijk zien hoe anders de golf tegenwoordig is die in het Haringvliet aankomt. Verder valt op dat als gevolg van de looptijd de vloed in het Haringvliet samenvalt met de eb in de Voordelta en omgekeerd. Het betekent dat de perioden dat er binnen één getijslag gespuid kan worden gemiddeld ruim 8 uur duren en dat via een open Kier maximaal 4 uur zeewater het Haringvliet in kan stromen.

In Figuur 3-7 is het grote verschil in de amplitude tussen gemiddeld laag- en hoogwater binnen de BRM goed zichtbaar. Ruwweg valt het gebied in drieën uiteen: de noordrand met een groot peilverschil, de zuidrand met een heel klein peilverschil en de tussenliggende lopen waarin het peil vanaf zee naar binnengaats sterk afneemt.



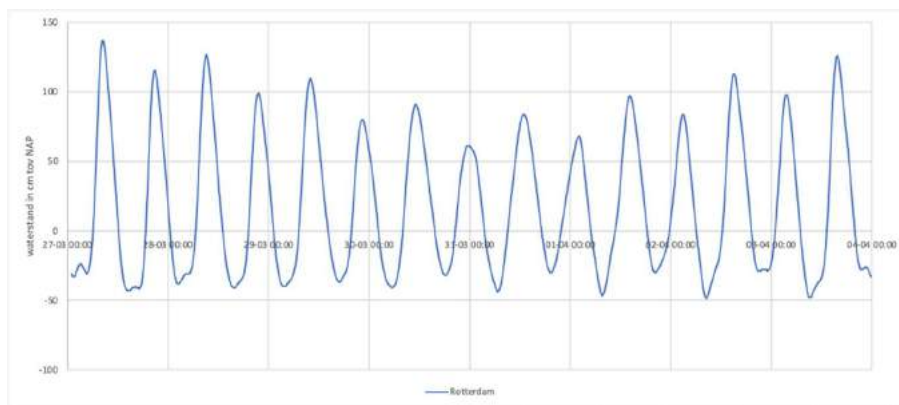
Figuur 3-7: Waterstandsverschil (amplitude) tussen gemiddeld hoog- en laagwater in de BRM (bron RWS)

Tweewekelijkse variatie als gevolg van de maancyclus, doortij en springtij

Naast de dagelijkse variatie verandert de omvang van de getijdeweg ook maandelijks door de stand van de aarde t.o.v. de maan en de zon. In een periode van een week loopt de amplitude van het hoogste punt (springtij) langzaam terug

tot het laagste punt wordt bereikt (doodtij). In de week daarna loopt het getij weer op tot aan springtij op het moment dat zon en maan in een lijn staan met de aarde. In Figuur 3-8 is het verloop van springtij tot 2 dagen na doortij weergegeven voor Rotterdam. Het verschil in hoogste stand tussen doortij en springtij bedraagt hier ruim 50 cm. Zoals te zien in Figuur 3-8, heeft de maancyclus in de BRM veel minder invloed op het doortij. Binnen de springtijden is er ook weer een variatie, veroorzaakt door de afstand van de maan tot de aarde. Als de volle maan in haar ellipsvormige baan juist dicht bij de aarde staat is het springtij tot 40% groter dan als zij het verst af staat. Dit gebeurt eens in de 14 volle manen.

Spring- en doortij hebben invloed op de overstromingsfrequentie van de intergetijdengebieden. Zoals Figuur 3-8 laat zien wordt vooral de vloedstand in de BRM hierdoor beïnvloedt en bij springtij overstromen ook de relatief hooggelegen delen, waardoor deze gebieden tijdens iedere cyclus slechts enkele dagen overstromen. Omdat laagwater tijdens doortij niet extra laag is, valt er dan geen extra gebied droog.



Figuur 3-8: Verloop van het getij gedurende een cyclus van springtij tot ca 2 dagen na doortij.

Meerjarige variatie

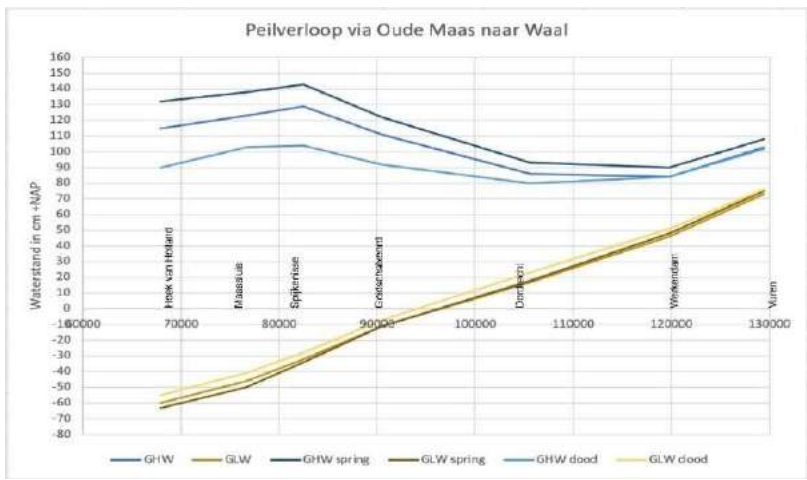
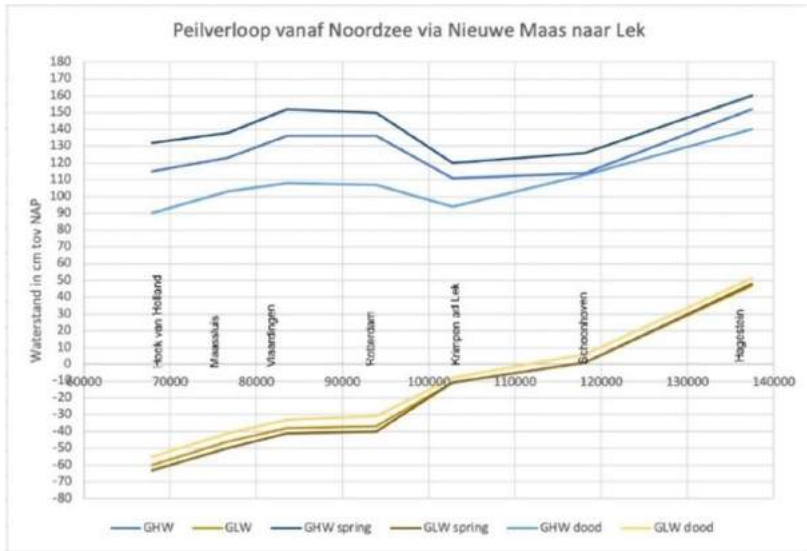
Naast de variatie gedurende de dag, de maand en het jaar zijn er ook nog langere cycli in de beweging van de maan om de aarde. Zo varieert de hoek die de as van de maan maakt met het vlak waar de aarde in staat; wat resulteert in een cyclus van 18,6 jaar. De gemiddelde stand van de zeespiegel is tijdens de toppen van deze cyclus voor de kust bij Hoek van Holland ca 3 - 4 cm hoger dan tijdens de dalen. Jaren met een hoogste stand als gevolg van deze cyclus zijn: 2004, 2023, 2041 etc. en jaren met een gemiddeld lagere stand zijn: 1995, 2014, 2032 etc.

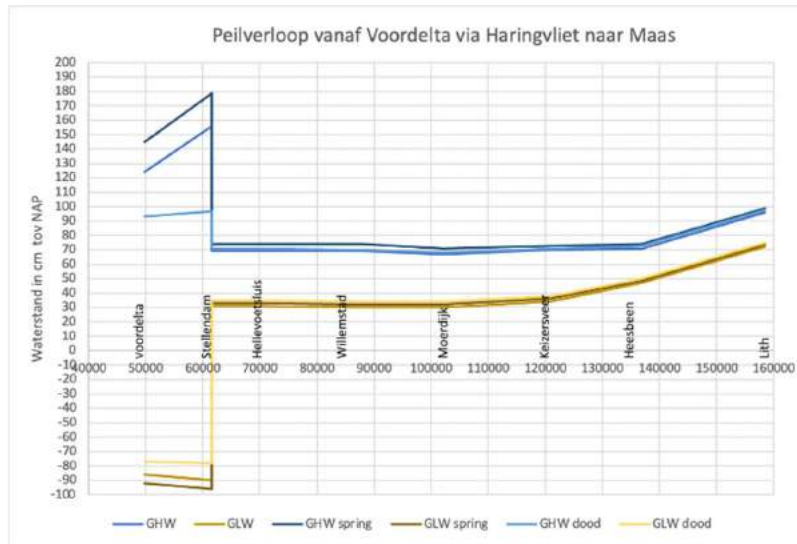
3.2.2 Hoe de getijdendynamiek zichtbaar is in de RMM

Het binnendringen en weer teruglopen van de getijdengolf laat de waterstanden in de BRM tweemaal per dag oplopen en weer dalen. Hierbij varieert ook de afvoer en in sommige trajecten keert de stroming zich ook om; de zogenaamde kentering. Deze drie aspecten van getijdendynamiek (waterstanden, afvoer en stroming) worden allereerst omschreven, waarna de impact van incidentele (stormen) op de waterstand aan bod komt. Een van de bijzondere kenmerken van de getijdendynamiek is het intergetijdengebied; dit wordt aan het eind van deze paragraaf beschreven.

Verloop in waterstanden agv het getij in de BRM

In de Figuur 3-9a t/m c is het verloop van de getijslag voor gemiddeld tij, springtij en doortij weergegeven bij de verschillende meetstations in de Noordrand, de tussenlopen en de Zuidrand (voor ligging zie Figuur 3-1). De demping van de getijgolf verloopt in de rivierarmen niet gelijkmatig. Zo loopt in de Nieuwe Maas tot aan Rotterdam en in de Oude Maas (Figuur 3-9a) tot aan Spijkenisse (Figuur 3-9b) de hoogwaterstand langzaam op, om daarna plotseling ca 20-30 cm af te nemen. In de Nieuwe Maas valt dit punt samen met de plaats tot waar de bodem is verdiept is (zie figuur in paragraaf 3.4.3) en in de Oude Maas is dit het traject waar de bodem door erosie het diepst is. In deze diepe delen is het verschil in vloedstanden tussen springtij en doortij ook het grootst. De laagwaterstanden lopen vrij constant op van west naar oost en de verschillen tussen doortij en springtij zijn klein.





Figuur 3-9: a t/m c. Verloop van de waterhoogte tijdens gemiddeld tij (GHW voor hoogwater en GLW voor laagwater), springtij en doottij in de 3 trajecten (Noordrand (Figuur 3-9a), tussenlopen (Figuur 3-9b) en Zuidrand (Figuur 3-9c) waar de getijgolf via de Nieuwe Waterweg van in doordringt. In de figuur van de Zuidrand is ook het verloop buitengaats in de Voordelta weergegeven.

Bij vergelijking van de 3 grafieken in Figuur 3-9 is de sterke afname van de getijslag te zien die van noord naar zuid optreedt. De tussenlopen fungeren hierbij als intermediair waarlangs de Zuidrand van het BRM-systeem van water wordt voorzien. De getijgolf stroomt uit in het grote bekken dat Haringvliet en Hollands Diep beslaat, en heeft 6 uur de tijd om dat te vullen. Maar 6 uur is te kort om de beschikbare ruimte volledig van water te voorzien en voordat het bekken en zelfde waterstand zou kunnen bereiken als in de Noordrand, is de 6 uur verstreken en gaat de waterstand alweer dalen. Er is dus altijd een latente hoeveelheid ruimte aanwezig die gevuld zou kunnen worden en dit is de oorzaak dat het zuidelijke deel van de BRM als het ware altijd blijft trekken aan het noordelijke deel om zoveel mogelijk water aan te voeren.

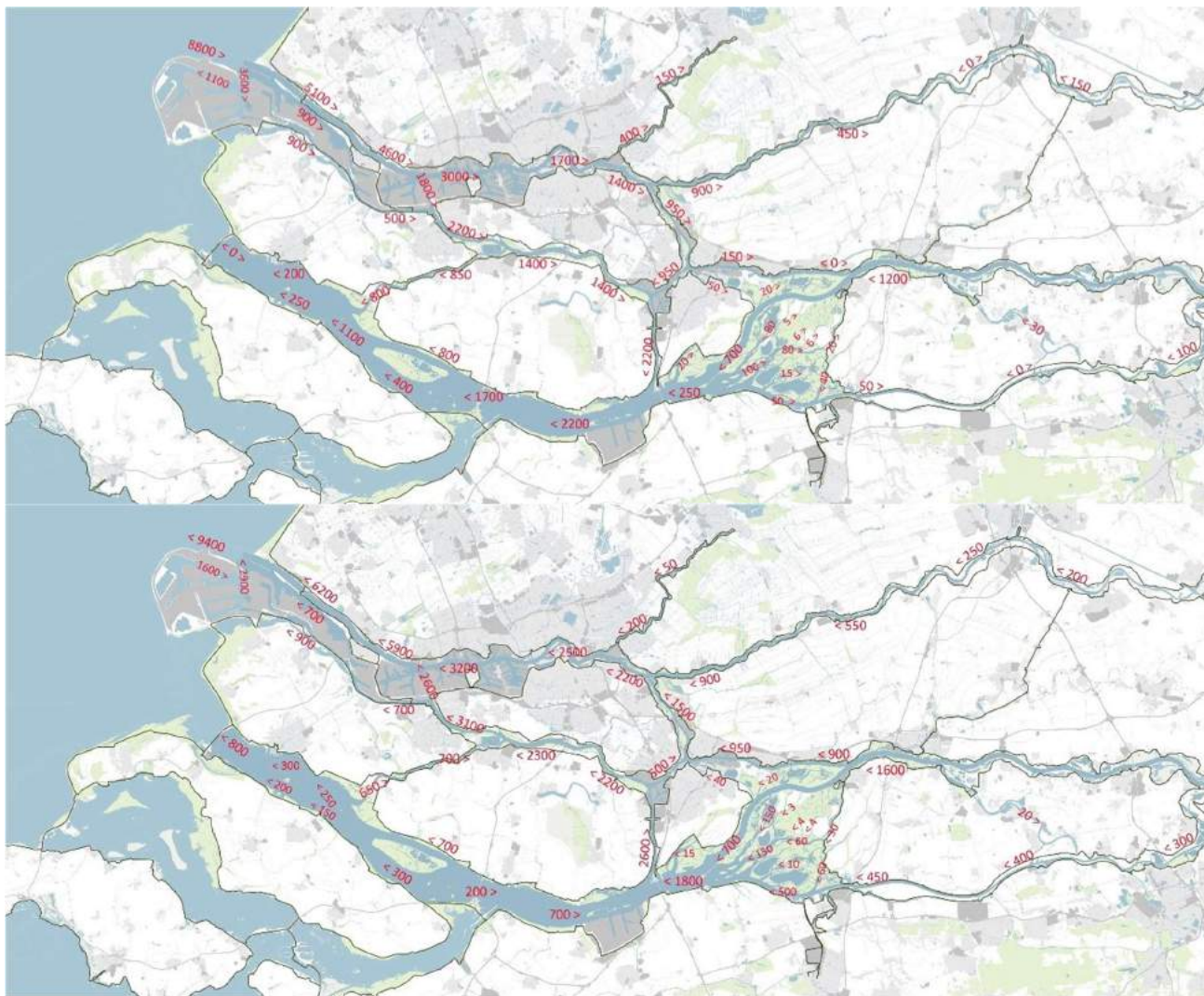
In Figuur 3-9c van de zuidrand van de BRM is de Voordelta (die niet meer verbonden is met binnengaats) ook afgebeeld waardoor het effect van de afsluiting van de Haringvlietmond goed zichtbaar is. Buitengaats in de Voordelta is er een groot getijverschil, dat vanaf de Noordzee nog wat oploopt door de langzaam versmallende en ondieper wordende voormalige riviermonding. Buitengaats is er ook een groot verschil tussen spring- en doottij. In het Haringvliet en Hollands Diep is ervan oost naar west geen verschil in waterstand en er is ook geen verval over dit traject, wat aansluit bij het karakter van een groot bekken dat tweemaal daags een beetje wordt gevuld met water en dan weer leegloopt.

Afvoerverloop in BRM als gevolg van het getij

Figuur 3-10 a en b laten zien hoe de afvoer tijdens respectievelijk vloed en eb varieert in de verschillende waterlopen. Het gaat om een gemiddelde situatie met geen windopzet en gemiddelde rivierafvoeren van zowel de Rijn als de Maas (Waal: 1400 m³/s, Maas 200 m³/s en Lek 175 m³/s). Tijdens vloed dringt het water op het maximum met ca 8800 m³/s de BRM in via de Nieuwe Waterweg. Meteen aan het begin splitst daar ca 40% van af naar de wateren in de Maasvlakte en het Hartelkanaal. De rest (ca 5.100 m³/s) stroomt verder de Nieuwe Waterweg in. Verder stroomopwaarts splitst steeds weer een deel van het water af en de hoeveelheid die verder stroomt wordt bepaald door het areaal van het gebied (de kom) die gevoed moet worden met water tijdens de vloed. Zo stroomt voorbij de Botlek het meeste water de Nieuwe Maas in, maar dit volume neemt al snel af tot ca 1.700 m³/s na de grote havenkommen op de zuidelijke oever. De oude Maas ontvangt minder bij de Botlek, maar wordt net voor Spijkenisse weer wat extra gevoed vanuit het Hartelkanaal. Haringvliet en Hollands Diep worden gevoed vanuit het Spui en de Dordtse Kil, waarbij opvalt dat deze laatste ca 70% van het volume voor zijn rekening neemt. Dit zorgt ervoor dat in het Haringvliet het meeste water vanuit het oosten wordt aangevoerd en niet via het Spui.

Stroomopwaarts neemt het debiet in de naar binnenlopende getijgolf steeds verder af en geheel in het oosten in de rivierarmen is het debiet vanaf een bepaald punt nul. Dit is het punt waar het debiet vanuit de rivier en het getij elkaar precies opheffen. Stroomopwaarts van dit punt is er nog wel sprake van getij, maar wordt de opzet veroorzaakt doordat het aanstromende rivierwater bij vloed enige tijd langzamer gaat stromen en treedt daarna een daling op omdat het water bij eb juist sneller gaat stromen. In de Lek en Maas, die een laag debiet hebben, ligt dit punt vrij ver oostelijk, voor het Waalwater ligt het in de Beneden-Merwede. In de Nieuwe Merwede is dit punt er niet omdat de rivierafvoer hier dominant blijft, en alleen wat vertraagd tijdens vloed, tot aan de instroom vanuit de Dordtse Kil. Ook in de Kleine Noordwaard is de stroomrichting altijd van oost naar west, terwijl er in de rest van de Biesbosch sprake is van een duidelijke heen en weer gaande waterbeweging. In de nieuw aangelegde kreken bedragen de debieten slechts enkele m^3/s .

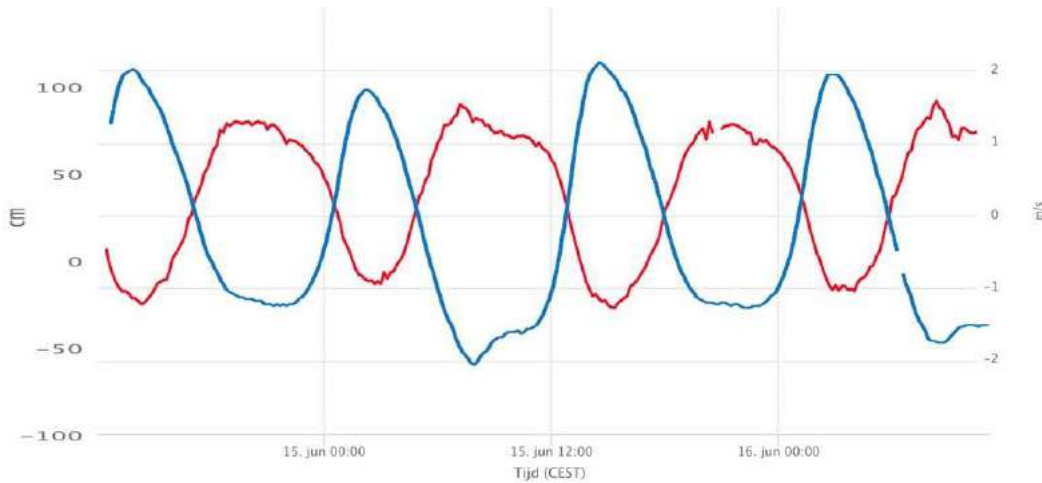
Tijdens afnemend tij is de waterbeweging overal zeewaarts en tijdens een periode van gemiddelde afvoeren neemt ook het spuien via de Haringvlietdam een deel van de afvoer voor zijn rekening. De afvoeren zijn tijdens eb bijna overal groter omdat nu ook het rivierwater, dat 6 uur lang niet uit kon stromen, mee naar zee stroomt. Uitzonderingen zijn het Spui en het oostelijk deel van de Oude Maas bij Dordrecht. Verder valt de stroomrichting in het Hollands Diep op die, ondanks dat er bij eb gespuid wordt, niet naar de Haringvlietmonding is gericht. De hoeveelheid water die via de Dordtse Kil naar het noorden stroomt is namelijk nog altijd veel groter en deze bepaalt in het Hollands diep de oostwaarts gerichte stroming tijdens eb. Pas bij veel hogere rivierafvoeren (boven een Rijnaafvoer van ca $5.000 \text{ m}^3/\text{s}$, ca 10 d/jr) keert de stroomrichting in het Hollands Diep zich tijdens eb om in een zeewaartse richting omdat er dan wel veel water via de Haringvlietmond wordt gespuid.



Figuur 3-10: a en b. Maximale afvoeren in de verschillende waterlopen van de BRM tijdens vloed (boven) en eb (onder). De stroomrichting is aangegeven met < voor water dat richting zee stroomt en > voor water dat naar binnengaats stroomt.

Verloop in stroming gedurende de getijcyclus

Het getij bepaalt in een groot deel van de BRM ook de stroomsnelheid. Alleen aan de oostkant in de rivierarmen is de getijgolf zover afgezwakt dat de rivierafvoer bepalend is voor de stroomsnelheid, zoals in de Nieuwe Merwede, waarlangs het meeste rivierwater het gebied in stroomt. De stroomsnelheid en de waterstand in het gebied waar het getij domineert zijn precies elkaars spiegelbeeld (zie Figuur 3-11): het sterkst uitstromend op het moment van de laagste waterstand (tijdens eb) en het sterkst instromend op het moment van de hoogste stand (tijdens vloed). De kentering van het getij vindt ca 3 uur na het bereiken van de hoogste dan wel laagste stand plaats.



Figuur 3-11: Stroomsnelheid in m/s (rood) en waterstand in cm tov NAP (blauw) van het meetpunt Spijkenisse in de Oude Maas bij gemiddelde omstandigheden.

In Figuur 3-10 a en b zijn de stroomsnelheden en de stroomrichting weergegeven tijdens respectievelijk eb en vloed voor alle wateren in de BRM. Beginnend in het oosten in de rivierarmen is de stroomsnelheid in de Waal het grootst tijdens eb en neemt deze langzaam af in stroomwaartse richting. In de Lek neemt de stroomsnelheid in stroomafwaartse richting juist langzaam toe omdat er naast het rivierwater ook steeds meer getijdenwater mee naar zee stroomt. In de Maas is de stroomsnelheid het kleinst van de rivierarmen. Tijdens vloed wordt de snelheid van het rivierwater afgeremd omdat het getijdenwater ertegen instroomt. In de Waal, die veel water aanvoert, is dit effect klein en neemt de snelheid met slechts 0,15 m/s af. Pas ver stroomafwaarts ter hoogte van de overgang in het Hollands Diep ligt het punt tot waar de instroom van rivierwater en tegenstroom van het getij elkaar opheffen. Stroomafwaarts van dit punt, aangegeven met een cirkel, treedt kentering op. In de Lek stroomt tijdens vloed zoveel getijdenwater naar binnen dat het punt van kentering pas ter hoogte van Vianen ligt. In de Maas tenslotte stroomt niet maar weinig getijdenwater naar binnen en de Bergse Maas verandert tijdens vloed in een stationaire rivier met geringe stroomsnelheden.

In de Nieuwe Merwede blijft de rivierafvoer bepalend voor de stroomrichting bij vloed. Wel wordt de stroomsnelheid ongeveer gehalveerd t.o.v. de stroming tijdens eb. In het Hollands Diep staat de stroming bijna stil maar neemt bij eb zeer sterk toe in de Dordtsche Kil waar het water als het ware naar binnen schiet. Aan Figuur 3-12 is te zien dat de vloedstroom nog dominant is in de Beneden Merwede maar de lage stroomsnelheid van 0,15 m/s t.o.v. 0,75 m/s in de Noord toont dat de Waal afvoer de stroomsnelheid in de Beneden Merwede beïnvloed. De lichte fluctuaties in stroomsnelheid voor de Waal (Figuur 3-12) geeft aan dat, ondanks een dominante rivierafvoer, stroomsnelheid toch lichtelijk beïnvloed wordt door het tij.



Figuur 3-12: a en b. Stroomsnelheden in m/s tijdens eb (boven) & vloed (onder) bij een gemiddelde Rijn- en Maasafvoer. Met < en > is de stroomrichting aangegeven. Bron: Rijn-Maasmond km uitvoer www.waterberichtgeving.nl

In de overige wateren van de BRM wordt de stroomsnelheid bepaald door een combinatie van enerzijds de hoeveelheid getijdenwater en anderzijds de dwarsdoorsnede van de watergang. Het Haringvliet en Hollands Diep zijn zeer ruim, omdat ze nog de omvang hebben van de voormalige zeearm en de hoeveelheid getijdenwater is in verhouding zo klein dat de stroomsnelheden laag zijn. In het Haringvliet gaat het om slechts enkele centimeters per seconde en de verschillen tussen eb en vloed zijn hier ook heel klein. In een dergelijk ruim watersysteem is de factor wind vaak een grotere aanjager van de stroomsnelheid dan het getij. In het Hollands Diep is de stroming bij vloed ook heel gering, maar is bij eb wel duidelijk groter en de stroming is daar dan ook naar het oosten gericht. Dit wordt veroorzaakt door de grote afvoercapaciteit van de Dordtsche Kil waar het water als het ware naar binnen schiet. De stroomsnelheid neemt hier binnen enkele kilometers toe van slechts 20 cm/s naar 1 m/s. Ook bij de monding van het Spui is er een groot verschil zichtbaar over korte afstand.

In de wateren in de Noordrand en de tussenlopen variëren de stroomsnelheden van ongeveer 0,5 m/s tot lokaal boven de 1 m/s; de hoogste in de Dordtse Kil en de Nieuwe waterweg. De in- en uitstroom zijn ongeveer tegengesteld aan elkaar en de ebstroom is doorgaans het grootst omdat ook het rivierwater mee naar zee stroomt. Op enkele plaatsen wijkt dit af, zoals in de Hollandsche IJssel en het stroomafwaartse deel van de Nieuwe Maas. De oorzaak is de asymmetrische getijgolf, met een kortere periode van opkomend water en een lange van afgaand water. Daarnaast is

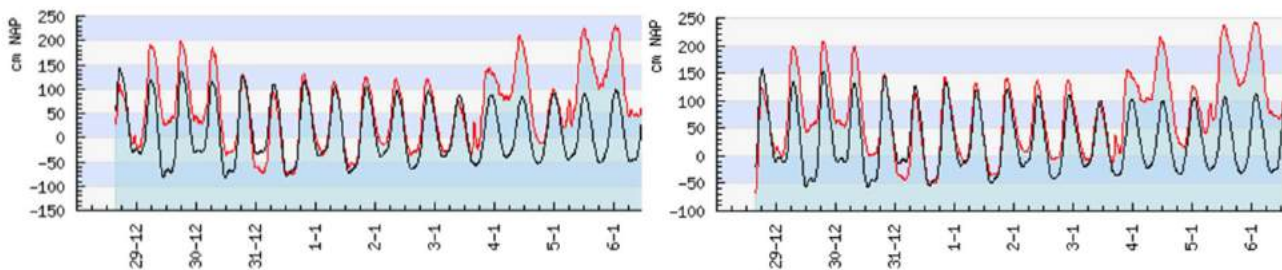
ook in de monding van de Nieuwe waterweg ter hoogte van Hoek van Holland de snelheid tijdens instromen groter dan tijdens het uitstromen.

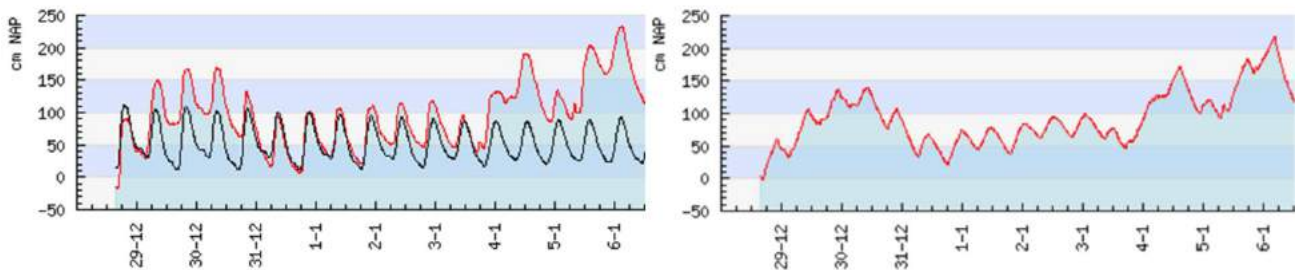
Incidentele hoge waterstanden agv stormvloed

Door harde, vooral noordwesten, wind kunnen de waterstanden in de hele BRM sterk oplopen. De getijgolf die vanaf de Noordzee binnen dringt is dan veel hoger en een peilopzet van 1,5 m of meer boven op de GHW-stand is dan mogelijk. Ook al komen deze waterstanden maar incidenteel voor, toch hebben ze grote impact op het buitendijkse gebied omdat veel meer areaal overstroomt en er ook veel meer sediment in beweging is dat kan worden afgezet. De bovengrens van de waterhoogte tijdens stormcondities wordt bepaald door het sluitingsregime van de Maeslantkering. Als bij Rotterdam een stand boven 3 m +NAP wordt verwacht, sluit de kering. Dit is tot nu toe eenmaal gebeurd in 2007. In Stellendam en Hoek van Holland was dit met resp. 3,5 en 3,1 m +NAP tevens de hoogste stand die sinds het jaar 2000 is waargenomen (zie tabel in Bijlage B voor een overzicht van de 20 zware stormen sinds het jaar 2000). Als sluitingen bij 3m lang uitblijven, wordt het sluitpeil tijdelijk verlaagd naar een peil van 2,60. Sluiting om die reden is één keer gebeurd in 2018.

Sinds het jaar 2000 zijn er 2 stormen geweest waarbij de waterstand bij Hoek van Holland tot 3 m of hoger opliep en 17 waarbij de stand tussen 2 en 3 m +NAP uit kwam (zie tabel in Bijlage B) . Op 5 december 2103 werd het sluitpeil van de Maeslandkering net niet bereikt (Rotterdam kwam tot 2,9 m +NAP) en tijdens deze storm is in de regio rond Rotterdam de hoogste waterstand opgetekend sinds de kering er ligt.

De waterstanden binnengaats tijdens een storm worden behalve door de stormopzet ook bepaald door de lengte van de storm en door de rivierafvoer. Tijdens de duur van de storm hoopt zich namelijk al het rivierwater op dat het gebied vanuit het oosten instroomt wat voor extra peilopSSSzet zorgt. Zo zorgt een licht verhoogde Rijnafvoer (4.000 m³/s) en Maasafvoer (1.000 m³/s) al voor een extra opzet van ruim 1 meter als de storm 24 uur duurt. Van de 20 zware stormen die er sinds 2000 zijn geweest was de Rijnafvoer in de meeste gevallen relatief laag voor de tijd van het jaar (zie tabel in Bijlage B) en de impact op de waterstanden was daarom gering. Een uitzondering is de storm van 10 feb 2020 toen de Rijnafvoer 6100 m³/s bedroeg en ook de Maasafvoer was met 1100 m³/s vrij hoog. Vooral bovenstreams in het gebied werden toen de hoogste tot op één na hoogste standen gemeten. Wat de stormduur betreft deed zich een bijzondere storm voor op 5 januari 2012. De hoogste stand bij Hoek van Holland (2,25 m) en Rotterdam (2,40 m) was toen zeker niet uitzonderlijk maar omdat zich gedurende de storm steeds meer water in het haringvliet en Hollands Diep verzamelde, liepen de standen hier op tot de hoogste sinds het jaar 2000. Bij Moerdijk en Hellevoetsluis was de waterhoogte toen ca 35 cm hoger dan tijdens de storm met de op één na hoogste waterstand (zie Figuur 3-13)

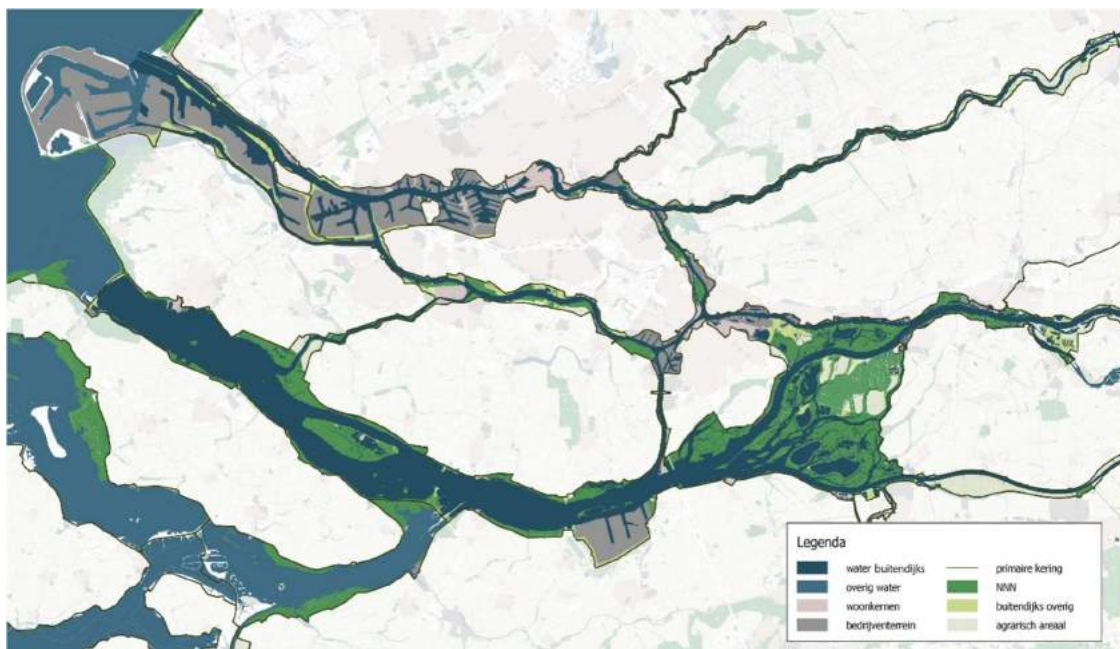




Figuur 3-13: Waterstandsverloop bij een langdurige stormsituatie op 4 en 5 januari 2012. Beginnend bij Hoek van Holland (linksboven) is de getijgolf in Rotterdam (rechtsboven) nog weinig veranderd. Verder binnengaats bij Dordrecht (linksonder) daalt de waterstand na de eerste stormdag al minder sterk omdat het vele ingestroomde water niet snel genoeg weg kan stromen. Tijdens de tweede stormdag die uit twee vloedperiodes bestaat is dit effect nog sterker, wat leidt tot een bijna net zo hoge stand als bij Rotterdam. Dit effect is nog groter in het Hoolands Diep bij Moerdijk (rechtsonder). Het waterpeil in het bekken is bij de eerste golf ruim 1 meter gestegen en daarna maar 50 cm gezakt. Bij de tweede storm die langer duurde stroomt er vrijwel helemaal geen water terug. Het bekken heeft ruim 48 uur nodig voordat het weer is leegestroomd. Tijdens een lange storm, verzamelt zich daar dan steeds meer water.

Intergetijdengebieden, arealen en voorkomen

Intergetijdengebieden zijn de meest karakteristieke landschappen van het getijdengebied. Twee maal daags overstromen deze gebieden en doorgaans zijn ze schaars begroeid zodat er bij laagwater enige tijd een slikkige bodem droog valt. Vanouds besloegen deze gebieden een groot deel van de BRM, maar inmiddels zijn ze door bedijking, aanleg van havens en industriegebieden en afname van de getijds slag sterk in areaal gereduceerd. In de huidige BRM (zie Figuur 3-14) valt op dat er in de Noordrand, waar de getijslag het grootst is en daarmee de potentie voor dagelijks overstromde intergetijdengebieden, er nauwelijks intergetijdenareaal aanwezig is. Terwijl langs de Zuidrand, waar wel veel buitendijks areaal ligt er juist een heel beperkte getijslag is, waardoor intergetijdengebieden zich er niet goed kunnen ontwikkelen. De meeste buitendijkse gebieden langs de Zuidrand overstromen daarom niet dagelijks, maar alleen incidenteel tijdens een periode van stormopzet evt. in combinatie met een hoge rivierafvoer.



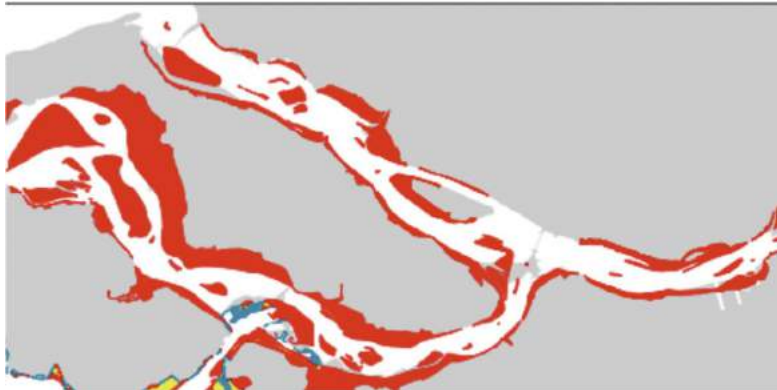
Figuur 3-14: Buitendijkse gebieden in de BRM onderverdeeld naar huidig landgebruik.

Kenmerkend voor een estuarium is de aanwezigheid van een groot areaal aan intergetijdengebieden. Op dit moment is er in de BRM nog ca 2.500 ha aanwezig, maar dat is minder dan 30% van het oorspronkelijke areaal van bijna 9.000 ha (zie Tabel 3-2). Het huidig functioneren van het resterende areaal en de oorzaken van de afname verschillen van in de drie deelgebieden:

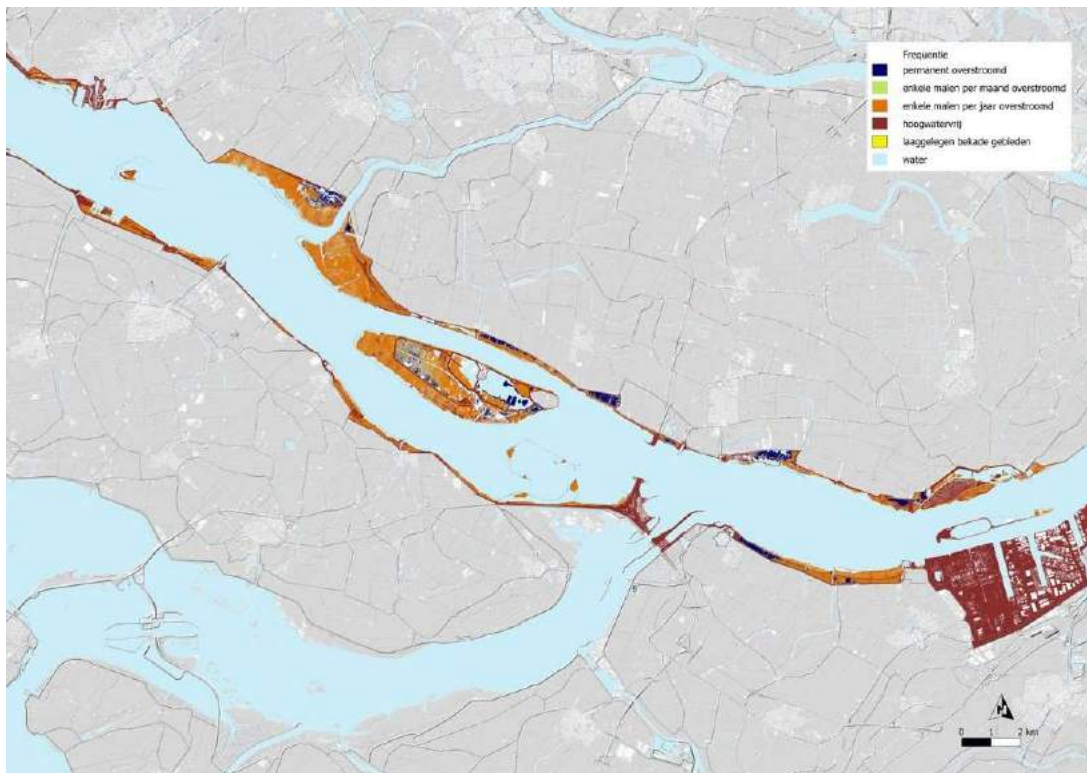
- In de Noordrand is het areaal intergetijdengebied vanouds beperkt omdat de dijk altijd al vrij dicht op het watersysteem lag en de resterende buitendijkse gebieden in de loop der tijd steeds meer in gebruik werden genomen voor havenactiviteiten en industrie. Langs de Nieuwe Maas en de Lek ligt tegenwoordig nog ca 200 ha intergetijdengebied, waar dat voor 1900 nog ca 1500 ha was. Het meeste daarvan is al voor 1950 omgezet in industriegebied of haven. De afsluiting van het Haringvliet had op het getijdenareaal in dit gebied geen invloed. Langs de Lek liggen enkele kleine intergetijdengebieden, waarvan er enkele (oa Opperduits) recent zijn hersteld. De getijslag in het gebied is groot en de aanwezige intergetijdengebied overstromen veelal dagelijks.
- Langs de tussenwateren is er al vanuit een verder verleden vrij weinig getijdengebied geweest, behalve langs de Oude Maas. Ook hier is het grootste areaal voor 1950 verdwenen, maar ook na 1970 nog door de afname van de getijslag en door ophogingen (t.b.v. gronddepots) en bekadingsen. Op enkele plaatsen heeft recent herstel plaatsgevonden door het verlagen of verwijderen van kades rond voormalige gorzen (bv Sophiapolder, Crezeepolder en Wolvenpolder), daardoor is het areaal recent weer met ca 175 ha toegenomen.
- In de Zuidrand is het getij nu nog dagelijks merkbaar in de smalle zone tussen 0,3 en 0,7 m +NAP. Langs het Haringvliet gaat het om de gebieden die voor de afsluiting iets boven de gemiddelde waterstand lagen op het niveau van de hogere onbegroeide slikken (zie Figuur 3-13 en Figuur 3-14). Een deel van de terreinen, oa in Tiengemetten en de APL-polder, is door recente verlaging op dit niveau terecht gekomen. De afname van het areaal is vooral veroorzaakt door het afsluiten van de Haringvliet in 1970, waardoor het getij sterk is gereduceerd. Het areaal nam hierdoor af met ca 95% afgenomen van ruim 6.000 naar tot slechts enkele honderden ha's (zie Figuur 3-15). Recent is dat areaal door het verwijderen van kades en dijken (oa Tiengemetten, APL-polder en grote delen van de Hollandsche en Brabantse Biesbosch) weer toegenomen tot ruim 2000 ha. Lokaal zijn gebieden daarvoor verlaagd, maar een groot areaal lag ongeveer op het niveau van het getij en hier was het verwijderen van kades voldoende. Omdat de getijslag in al deze gebieden zeer gering is, functioneren ze ondanks hun buitendijkse ligging, nog maar nauwelijks als intergetijdengebieden. De getijdendynamiek is er zo gering dat de rivierdynamiek er dominant is. Zie Figuur 3-16 en Figuur 3-17 voor het huidige functioneren van het intergetijdengebied langs de Zuidrand.

Tabel 3-2: Areaal intergetijdengebied dat in de huidige situatie onder invloed staat van het getij (dagelijks of bij springtij) en ter vergelijking het areaal van voor de afsluiting van het Haringvliet. In de laatste kolom is aangegeven in hoeverre de getijdendynamiek er nog aanwezig is.

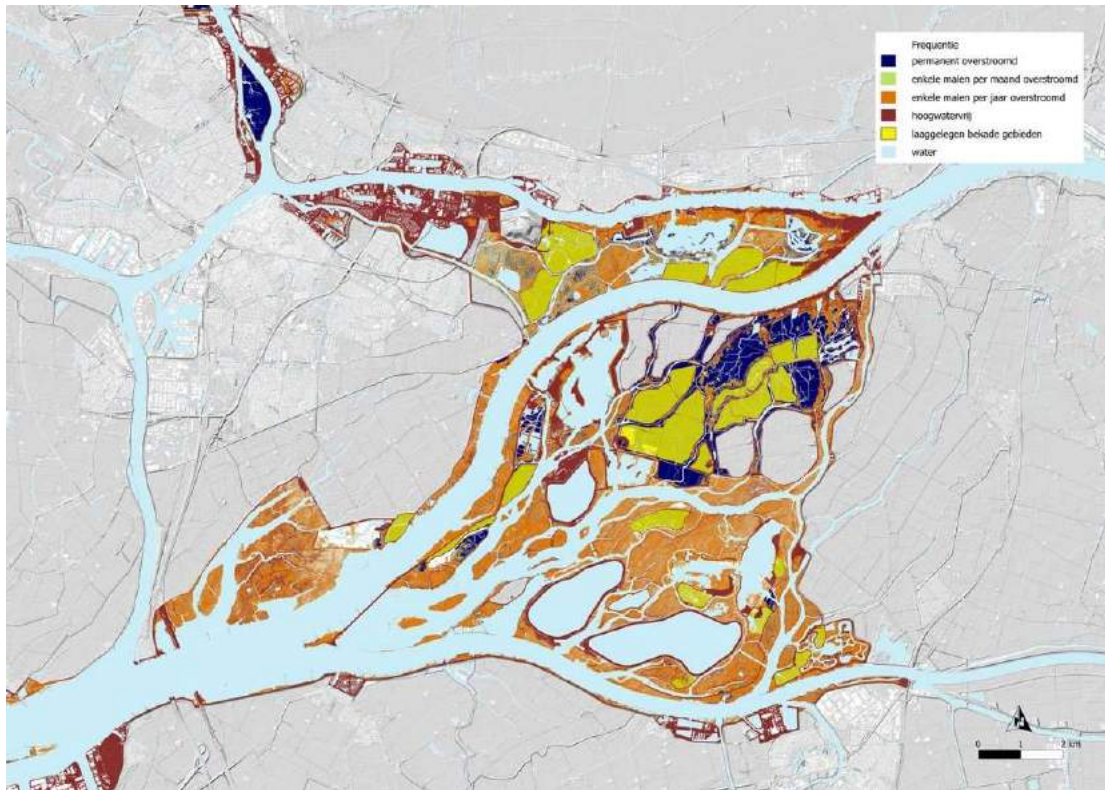
	Huidig areaal (ha)	Areaal voor 1970 (ha)	Af/toename	Mate van getijdendynamiek
Noordrand				
Langs Nieuwe Maas	100	100	+/-	hoog
Langs Lek	100	50	+ 50	hoog
Tussenwateren				
Langs Noord	120	0	+ 125	gemiddeld
Langs Oude Maas	300	750	-/- 450	gemiddeld
Langs Dordtse Kil	0	50	-/- 50	laag
Langs Spui	50	30	+ 50	laag
Zuidrand				
Haringvliet	540	1830	-/- 1290	laag
Hollands Diep	150	440	-/- 290	laag
Brabantse Biesbosch	850	4250	-/- 3400	zeer laag
Hollandse Biesbosch	300	1500	-/- 1200	laag
Totaal	2.500	9.000	6.500	o.h.a. laag



Figuur 3-15: Gebieden die voor de afsluiting van het Haringvliet en de Grevelingen onder invloed stonden van het getij; zowel dagelijks als incidenteel bij hoge vloed (vervangen door kaart BRM).



Figuur 3-16: Buitendijkse gebieden langs Haringvliet en Hollands Diep die binnen de range liggen die kan overstroomd, met onderscheid waar dit dagelijks, waar dit dagelijks, ca 5% van de tijd of incidenteel (enkele keren per jaar of minder) gebeurt. Gebieden die permanent onder water staan zijn lichtblauw aangegeven, de gebieden die nooit overstroomd roodbruin. NB de hoogtekaart geen data geeft onder de ca 0,5 à 0,6 m NAP, waardoor een deel van de intergetijdenzone achter vooroevers niet zichtbaar is. Naar schatting is het dagelijks overstroomde areaal daarom circa een factor 2 groter.



Figuur 3-17: Buitendijkse gebieden die in de Brabantse en Hollandsche Biesbosch en langs de Noord die binnen de range liggen die kan overstroomen, met onderscheid waar dit dagelijks, ca 5% van de tijd of incidenteel (enkele keren per jaar of minder) gebeurt. Gebieden die permanent onder water staan zijn lichtblauw aangegeven, de gebieden die nooit overstroomd worden roodbruin. Er is een relatief groot areaal dat binnen de zone ligt van het dagelijks getij, maar wat omsloten is door een lage kade, zodat het getij er op een incidentele overstrooming na, niet in door kan dringen (geel op de kaart). Het water blijft er dan soms wekenlang staan, waardoor het gebied veel weg heeft van een overstroomde uiterwaard.

3.2.3 Veranderingen in getijdenbeweging sinds 1900

De getijdenbeweging is in de loop van de laatste eeuw sterk veranderd, deels gebeurde dit door ingrepen in het watersysteem, zoals het verdiepen van bv de Nieuwe waterweg en door het afsluiten van zeearmen zoals de Haringvliet en (voor de BRM minder belangrijk) Grevelingen en Oosterschelde. Deze ingrepen hadden veelal grote gevolgen die zich al meteen na de ingreep manifesteerden. Daarnaast zijn er langzame veranderingen die het gevolg zijn van klimaatverandering. In Tabel 3-3 zijn recente en historische waterstanden weergegeven van een aantal meetstations langs respectievelijk de Noordrand, de tussenwateren en de Zuidrand.

Tabel 3-3: huidige en historische getijbeweging en verandering (bron historische gegevens: rivierkaarten RWS)

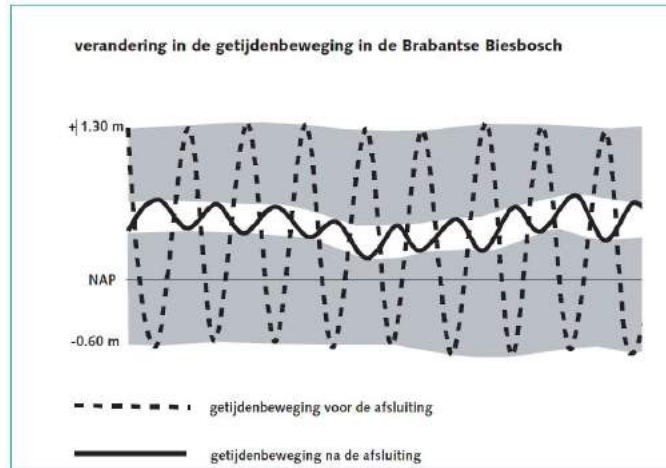
Locatie	Huidig getij		Getij voor 1970 (rond 1950)		Verandering		
	GHW	GLW	GHW	GLW	GHW	GLW	Getijslag
Noordrand							
Hoek v Holland	1,15	-0,6	0,87	-0,63	+0,28	+0,03	+0,25
Rotterdam	1,36	-0,37	0,98	-0,50	+0,38	+0,13	+0,25

Krimpen ad Lek	1,11	-0,11	1,12	-0,43	-0,01	+0,32	+0,33
Schoonhoven	1,14	0,01	1,23	-0,09	-0,09	+0,10	-0,19
Tussenwateren							
Spijkenisse	1,29	-0,32	0,98	-0,64	+0,31	+0,32	-0,01
Goidschalxoord	1,11	-0,11	1,15	-0,65	-0,04	+0,54	-0,58
Bernisse	0,75	0,25	1,13	-0,66	-0,38	+0,91	-1,29
Dordrecht	0,86	0,17	1,30	-0,52	-0,34	+0,69	-1,03
Werkendam	0,84	0,46	1,53	0,07	-0,69	+0,39	-1,08
Gorinchem	0,93	0,60	1,67	0,37	-0,74	+0,23	-0,97
Zuidrand							
Hellevoetsluis	0,69	0,31	1,03	-0,80	-0,34	+1,11	-1,45
Willemstad	0,67	0,30	1,29	-0,81	-0,62	+1,11	-1,73
Moerdijk	0,67	0,30	1,28	-0,80	-0,61	+1,10	-1,71
Brab. Biesbosch	0,67	0,30	1,30	-0,60	-0,63	+0,90	-1,53
Lith	0,96	0,72	1,26	0,14	-0,30	+0,58	-0,88

Veranderingen in de getijdenbeweging door ingrepen in het watersysteem

De ingrepen in het watersysteem zorgden voor veranderingen in de getijslag. De grootste veranderingen traden op in het Hollands Diep en de Biesbosch, waar de getijslag afnam van ruim 2 m tot slechts ca 30 cm. Het was vooral de laagwaterstand die sterk veranderde; deze liep op met ruim 1,1 m, waardoor een relatief groot areaal slikken en lage gorzen permanent onder water kwam te staan. De hoogwaterstand nam met ca 60 cm minder af en de gemiddelde waterstand nam daardoor toe met ca 30 cm. In Figuur 3-18 is de veranderde getijdenbeweging afgebeeld voor de Brabantse Biesbosch. Ook in de tussenwateren nam de getijslag af, het sterkst in de trajecten waar de invloed van de getijgolf vanuit het Haringvliet het grootst was, bv in het Spui, met 1,3 m, en de Oude Maas met ca 60 cm bij Goidschalxoord en met ca 1 meter bij Dordrecht. Langs de Noordrand nam de getijslag juist toe als gevolg van de verdieping van de Nieuwe waterweg. Mogelijk is hier ook een effect van de zeespiegelstijging zichtbaar, die tussen 1950 en nu bij Hoek van Holland ongeveer 15 cm bedraagt. In dat geval is de verwachting echter dat laag- en hoogwaterstanden gelijdelijk veranderen, terwijl de hoogwaterstanden duidelijk meer gestegen zijn. Langs de drie riviertrajecten zijn de veranderingen het grootst langs de Beneden-Maas waar de getijslag net als in de Biesbosch met ca 1,5 meter afnam en iets minder langs de Beneden-Waal met een afname van ca 1 meter. Langs de Lek bleef het getijdenkarakter grotendeels behouden en bedraagt de afname slechts ca 20 cm.

Behalve dat in de Noordrand de getijslag groter is geworden, nam hier ook het getijvolume sterk toe. Vanaf de afsluiting van de Haringvlietdam moest via de Nieuwe Waterweg namelijk ook de hele Zuidrand van getijdewater worden voorzien. Het wateroppervlak van dit gebied bedraagt ca 16.000 ha, waar bij een getijslag van ca 30 cm dagelijks tweemaal 50 miljoen m³ water heen stroomt. Voorheen kwam dit water direct via de Haringvlietmond het gebied binnen en nu stroomt het via een omweg via Oude Maas en Spui en Dordtse Kil. Deze laatste neemt hiervan het grootste deel voor zijn rekening, ca 75%. Om deze grote hoeveelheid water van noord naar zuid te verplaatsen is, in vergelijking met de situatie voor de afsluiting, de stroomsnelheid in de gehele waterkolom sterk toegenomen, wat weer leidt tot een sterke bodemerrosie (zie verder H3 bij erosie van de wateren tussen de Noord- en de Zuidrand).

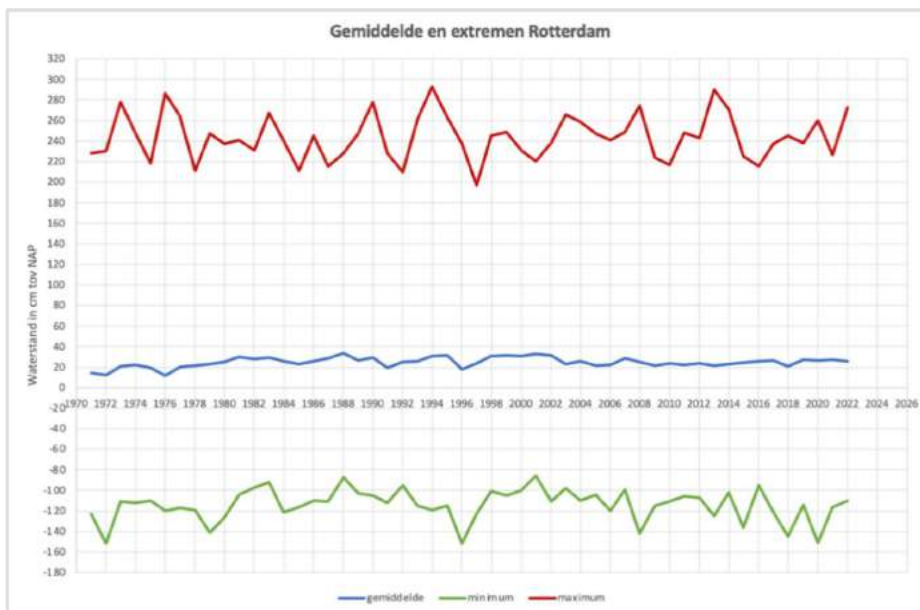


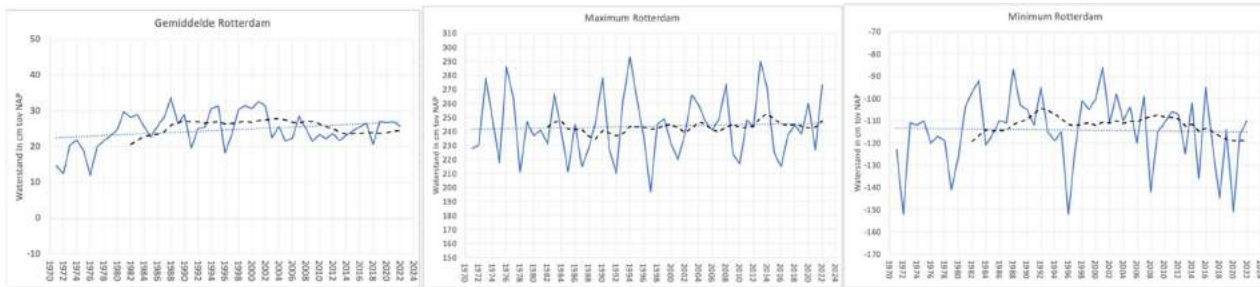
Figuur 3-18: Veranderde getijdenbeweging na afsluiting van het Haringvliet in de Brabantse Biesbosch.

Veranderingen in de waterstanden sinds 1970

Naast de veranderingen door grote ingrepen in het systeem zijn de waterhoogten in het gebied ook onderhevig aan een aantal langzame ontwikkelingen die mogelijk tot trends kunnen leiden. Dit zijn o.a.: zeespiegelstijging, veranderde aanvoer van rivierwater en morfologische veranderingen. Voor zover er trends zijn, zijn deze alleen waar te nemen in de waterstanden vanaf 1971, omdat door de afsluiting van het Haringvliet in 1970 een trendbreuk heeft plaatsgenomen. In de figuren hierna zijn de gemiddelde en uiterste waterstanden weergegeven voor respectievelijk Rotterdam, als locatie in de meer dynamische Noordrand, dicht bij de opening naar zee, en Moerdijk, als locatie in de minder dynamische Zuidrand, relatief ver van zee en meer onder invloed van de rivier.

Wat opvalt in Figuur 3-19 en Figuur 3-20 is dat er over de afgelopen ca. 50 jaar weinig duidelijke veranderingen zijn opgetreden. Zowel de hoogste als de gemiddelde standen zijn in de Noordrand en Zuidrand vrijwel niet veranderd. Alleen de laagste stand is langzaam opgelopen en dan nog alleen langs de Zuidrand. Van een effect van de hogere zeespiegel op de Noordzee is binnengaats nog niets merkbaar. Een mogelijkheid is nog dat die er wel is, maar wordt gecompenseerd door andere veranderingen, bv in die van de rivierafvoeren, een andere geometrie van de watergangen of het beheer van de Haringvlietdam.

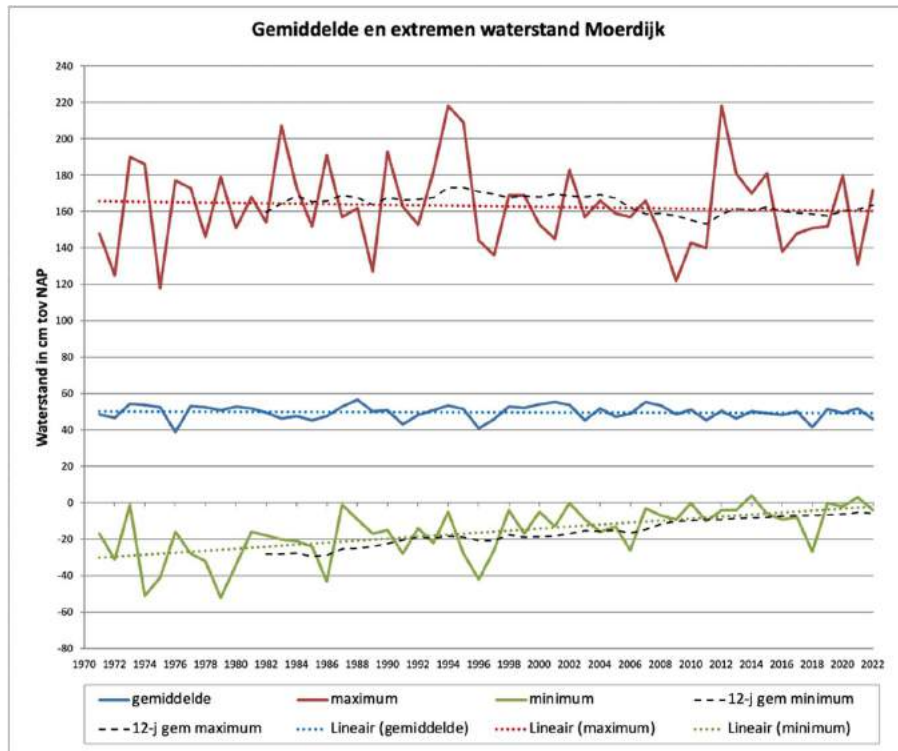




Figuur 3-19: Waterstandsverloop Rotterdam sinds 1970 van respectievelijk hoogste, gemiddelde en laagste waarde. In de onderste grafieken is ingezoomd op de afzonderlijke standen, met daarbij de trendlijn en het 12-jarig gemiddelde.

In de figuur linksonder is loopt de trendlijn door de gemiddelde waterstand iets op, maar dit is voor het gevolg van lage standen in de eerste 10 jaar. Sinds ongeveer 1980 is de gemiddelde stand niet verder opgelopen, zoals ook blijkt uit het 12-jarig gemiddelde. Dit stabiele verloop is opvallend en niet meteen te verklaren, want alleen al de zeespiegelstijging ter hoogte van Hoek van Holland in deze 50 jaar bedroeg ongeveer 10 cm. Blijkbaar is hier binnengaats weinig van te merken, of het wordt gecompenseerd door effecten van andere veranderingen, zoals een lagere rivierafvoer of in de bodemligging van de Nieuwe Waterweg. Het 12-jarig gemiddelde is aanvankelijk vrij sterk gestegen, maar sinds het jaar 2000 weer wat gedaald.

De hoogste waterstand die jaarlijks is opgetreden (rode lijn in Figuur 3-19) varieert tussen ca 2 en 3 m +NAP en het gemiddelde over deze 50-jarige reeks komt uit op ca 2,4 m +NAP. De uitschieters worden vooral veroorzaakt door zware stormen. De figuur midden-onder laat zien dat de trendlijn van de hoogste waterstand heel langzaam iets oploopt, maar gezien de grote schommelingen is deze stijging niet significant. Het 12-jarig gemiddelde schommelt ook steeds rond de 2,4 m +NAP. De laagste waterstand bij Rotterdam bedraagt jaarlijks ongeveer 1,15 m (-NAP). Net als bij het gemiddelde is er geen trend waarneembaar in de laagste stand (zie Figuur 3-16 rechtsonder). Het 12-jarig gemiddelde schommelt licht: in de 80-er en 90-er jaren liep het wat omhoog en de laatste 10 jaar daalt het weer. Ook hier zien we een verband met de Boven-Rijnafvoer die in de laatste 20 jaar vaak relatief laag was en voor die tijd juist relatief hoog.



Figuur 3-20: Waterstandsverloop Moerdijk sinds 1970 van gemiddelde, hoogste en laagste waarde van een jaar met 12-jarig gemiddelde en trendlijn.

Bij Moerdijk (zie Figuur 3-20) varieert de gemiddelde waterstand rond de 50 cm +NAP en is dus ca 25 cm hoger dan in de noordrand. Dit is het effect van de afsluiting van het Haringvliet, waardoor het peil in de Zuidrand enkele decimeters hoger is geworden. Evenals in Rotterdam is geen trend zichtbaar in de gemiddelde waterstand. Deze is opvallend stabiel en van een effect van een hogere zeespiegel, waardoor spuien naar zee minder lang mogelijk is, is gedurende deze periode geen sprake geweest. De spuicapaciteit van de Haringvliet is blijkbaar vooralsnog groot genoeg om het water af te voeren.

De jaarlijks hoogste waterstand bedraagt iets meer dan 1,6 m +NAP en is steeds opgetreden tijdens stormsituaties. De hoogste waterstand is veel lager dan bij Rotterdam en dit laat zien dat de invloed van stormvloed op het peil hier minder groot is (ca 80 cm) dan langs de noordrand omdat de vloedgolf sterk uit dempt op zijn weg van noord naar zuid. In de hoogste standen die jaarlijks optreden is geen trend zichtbaar: het 12-jarig gemiddelde liep aanvankelijk duidelijk op, maar is sinds 2005 weer gaan afnemen. Dit wordt veroorzaakt door het minder vaak optreden van hoge afvoeren in de Rijn, waardoor de kans op een door veel rivierwater gevuld Haringvliet tijdens een periode met storm kleiner was dan voor 2005.

Bij de laagste waterstanden die jaarlijks optreden zien we de grootste verandering van de standen die onderzocht zijn. Sinds 1970 is het laagste peil dat jaarlijks optreedt met ca 30 cm gestegen en het is inmiddels uitgekomen rond 0 cm (NAP). Het is niet meteen duidelijk waardoor dit effect is opgetreden. De grootste kans op een lage waterstand langs de Zuidrand is er gedurende perioden met een lage rivierafvoer, maar daarin is bij Lobith geen dalende trend waarneembaar. Het meest waarschijnlijk is dat het spui-beheer van de Haringvliet beter inspeelt op het voorkomen van lage waterstanden. Een waterstand onder de 0 cm +NAP is onwenselijk voor de scheepvaart van en naar de haven van Moerdijk en hier wordt mogelijk meer op geanticipeerd dan in het verleden, door wanneer een lage waterstand wordt verwacht het spuien eerder af te breken.

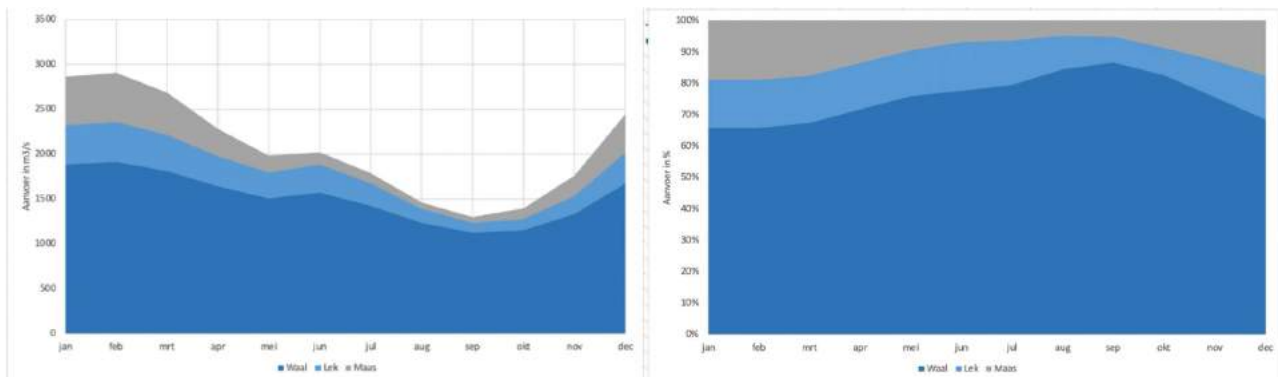
3.3 Rivierdynamiek

3.3.1 Aanvoer en jaarlijkse ritmiek vanuit Rijn (Waal en Lek) en Maas

Naast het getij is de rivierdynamiek het tweede component die verantwoordelijk is voor de estuariene dynamiek in de BRM. Zoals de naam al zegt monden Rijn en Maas in het studiegebied uit. Het Rijnwater bereikt het gebied zowel via de Waal als de Lek en het Maaswater stroomt het gebied in via de Bergse Maas. Ondanks dat de Rijn een van de grootste rivieren is van Europa is de invloed op de waterbeweging in het estuarium gering. De rol van de rivierdynamiek is dan ook vooral de aanvoer van zoetwater en de daarbij meegevoerde sedimenten en in het water zwevende en opgeloste stoffen.

Overzicht aanvoer rivierwater via de drie riviertakken

De hoeveelheid rivierwater die het estuarium bereikt volgt in grote lijnen een seizoensritme met de grootste aanvoer in de periode januari t/m maart en de kleinste in de periode augustus t/m oktober (zie Figuur 3-21). Gemiddeld over de meetreeks van 1971 t/m 2022 bereikte ca. 2.050 m³/s de BRM. De hoogste gemiddelde afvoer gedurende het jaar bedraagt ca. 2.900 m³/s in februari en de laagste 1.250 m³/s in september (zie Figuur 3-21). De periode van het jaar dat de gemiddelde afvoer daalt duurt veel langer dan dat deze weer stijgt. Hierin zien we het effect van de Alpen terug op de afvoer van de Rijn.



Figuur 3-21: Links: Aanvoer vanuit de 3 rivieren die in de BRM uitmonden, gebaseerd op afvoergegevens vanaf 1970 t/m 2022. Rechts: Relatief aandeel dat de 3 riviertakken bijdragen aan de zoetwateraanvoer in de BRM, gebaseerd op afvoergegevens vanaf 1970 t/m 2022.

Rijnwater in de BRM

De Rijn heeft niet alleen een hoge jaarrondafvoer, maar ook in vergelijking met de meeste andere rivieren een relatief hoge zomerafvoer. De Alpen zijn in de zomermaanden goed zijn voor z'n 70 tot 80% van de totale wateraanvoer. Dit water is deels afkomstig van smeltwater van sneeuw uit de voorafgaande winter, dat in het voorjaar smelt en de Rijn in de periode van april t/m juni voedt met enkele honderden m³/s. Daarna, in hoogzomer, profiteert de Rijn in veel jaren ook van de vele neerslag die er dan valt (tweemaal zoveel als in de winter) en vanuit het boomloze hogere deel van het gebergte komt ook nog eens relatief veel water tot afstromen. Gletsjerwater maakt slechts een klein deel van de Rijnafvoer en draagt alleen in de maanden juli t/m september enkele tientallen m³/s bij aan de afvoer. Tenslotte dragen ook de grote Zwitserse meren bij aan de relatief hoge zomerafvoer. Deze meren fungeren als grote buffers die afvoerpieken vanuit het hooggebergte mondjesmaat doorgegeven. Na binnenkomst in Nederland splits de Rijn zich over 3 takken, waarbij de Waal (die de BRM binnenstroomt als de Merwede) gemiddeld over het jaar 1.600 m³/s afvoert (ca 72%) en de Neder-Rijn (in BRM Lek genaamde) 255 m³/s (ca 12%). De overige 365 m³/s (ca 16%) van de Boven-Rijnafvoer wordt via de IJssel afgevoerd naar het noorden. Vanwege seizoeneffecten varieert de Boven-Rijnafvoer en wordt in de winter ca. 2.350 m³/s aangevoerd naar de BRM, waarvan 1900 door de Waal en 450 door de Lek. In de nazomer en herfst is de afvoer veel lager en daalt dan tot gemiddeld ca. 1.250 m³/s, waarvan de Waal 1200 voor haar rekening neemt en de Lek slechts 50 m³/s. De verdeling van water over Waal en Lek is dus niet het hele jaar door hetzelfde. In de verhouding tussen de blauwe vlakken in Figuur 3-21-rechts is dit ook zichtbaar, terwijl het

aandeel van de Waal toeneemt, neemt dat van de Lek af in het najaar. Bij lager dan gemiddelde Boven-Rijnafoeren sluit de stuw van Driel de Neder-Rijn grotendeels af en gaat een groter gedeelte via de Waal (tot ca 80%) en via de IJssel (tot ca 20%). De Neder-Rijn zelf ontvangt dan alleen nog een restdebiet [van](#) slechts 2% van het water. Omdat vervolgens bij Wijk bij Duurstede een deel van het water (20-25 m³/s) wordt gebruikt om het Amsterdam-Rijnkanaal te voeden, blijft er nog minder over voor de Lek. Zo kan het gebeuren dat er tijdens perioden met een lage Neder-Rijnafvoer weken- tot maandenlang zelfs helemaal geen water via de Lek naar de BRM stroomt.

Maaswater in de BRM

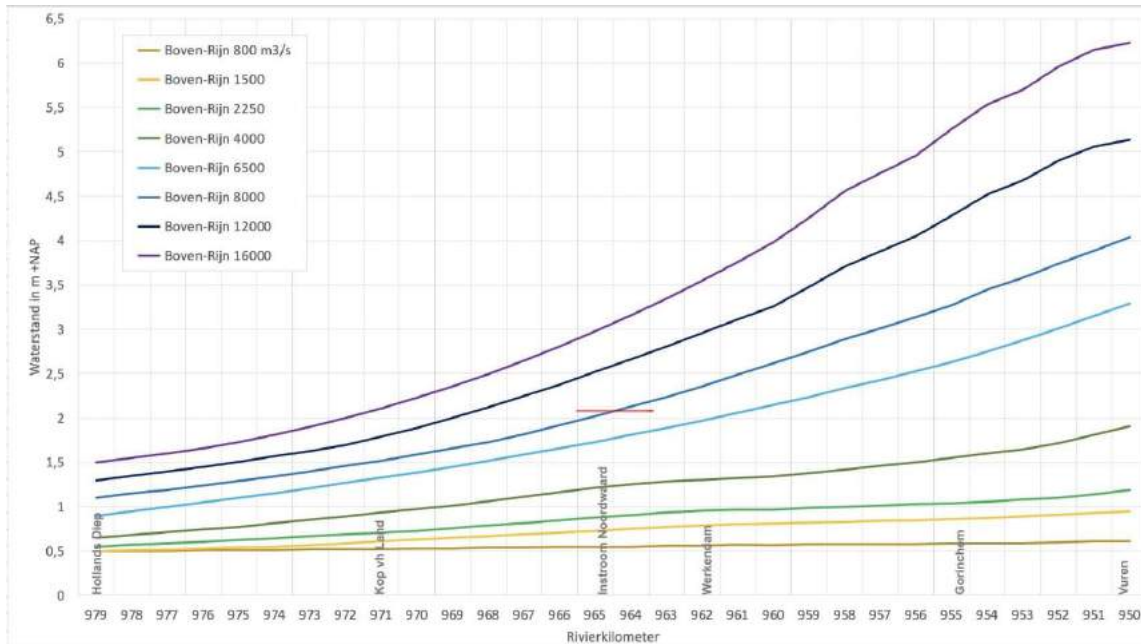
De Maas is een heel ander type rivier en het afvoerverloop is hier vooral afhankelijk van de neerslag die tot afstroom komt in de eerste dagen tot weken nadat het gevallen is. Voor het seizoensverloop is vooral de hoeveelheid verdamping van belang. Als vanaf maart de begroeiing en de verdamping toeneemt daalt de gemiddelde afvoer al snel om pas vanaf november weer toe te nemen. Vanwege het grote seizoen effect bedraagt het aandeel Maaswater in het totaal in de wintermaanden ca 20% tegenover 5% in de zomer (zie Figuur 3-21 rechts). In absolute waarden wordt in de wintermaanden ca 550 m³/s aangevoerd, waarvan ca 400 m³/s uit België (vnl uit de Ardennen), 100 m³/s uit Frankrijk en ongeveer 50 m³/s vanuit beken die in Nederlands Limburg in de Maas uitmonden. In de zomer droogt het stroomgebied meestal sterk uit en neemt de gemiddelde afvoer af tot zo'n 70 m³/s. Dit is vooral water dat vanuit België en Frankrijk wordt aangevoerd, omdat het Nederlandse deel van het stroomgebied vrijwel geen water meer aanvoert.

Invloed van de rivier op de waterstanden in de BRM

In het verloop van de waterstand in de BRM is de invloed van het getij dominant. Alleen in de riviertrajecten die in het oosten het gebied instromen is, zei het in beperkte mate, ook de invloed van de rivierafvoer merkbaar. Ter illustratie is het waterstandsverloop bij toenemende afvoeren weergegeven voor het traject van de Beneden-waal en Nieuwe Merwede afgebeeld in Figuur 3-22. Tussen een lage (bruine lijn) en gemiddelde afvoer (groene lijn) bedraagt het waterstandsverschil bovenstrooms ca 50 cm. Naar benedenstrooms neemt dat eerst langzaam af en voorbij Werkendam sneller tot het bij het begin van het Hollands Diep vrijwel nul is. Ter vergelijking de getijslag bedraagt hier ca 30 cm en door windopzet vanuit zee kan de stand al snel vele decimeters stijgen. Ondanks de beperkte getijdenbeweging is deze dynamiek hier toch dominant over de peilfluctuaties die de rivierdynamiek veroorzaakt.

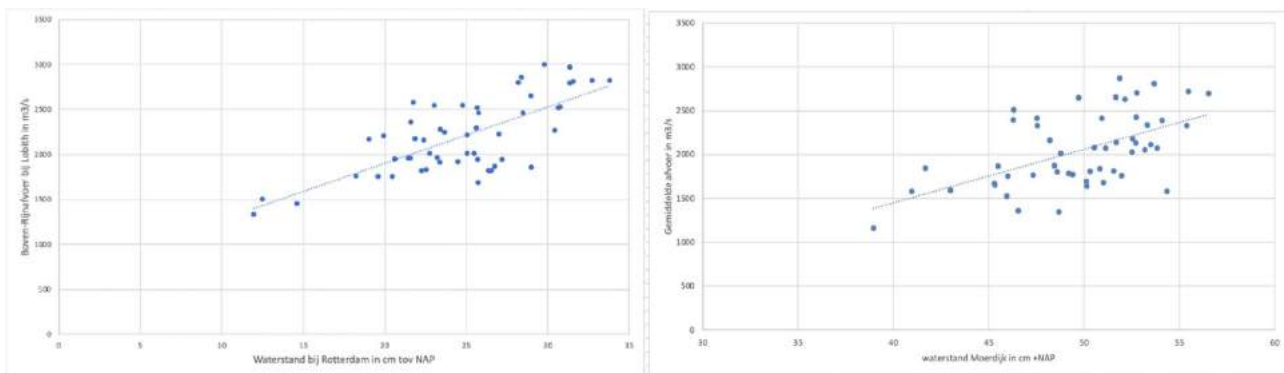
Bij toenemende afvoeren gaat de waterstand wel duidelijk stijgen en bij een afvoer die jaarlijks gemiddeld eenmaal optreedt (6.500 m³/s) is de stand bovenstrooms 3 meter gestegen, bij Werkendam ca 1,5 m en benedenstrooms op de overgang naar het Hollands Diep ca 0,5 m. Ook hier zien we een grens bij Werkendam, bovenstrooms daarvan stijgt de waterstand door de rivier jaarlijks hoger dan dat dit agv het getij tijdens een jaarlijks optredende stormvloed kan gebeuren; stroomafwaarts wordt dit overgenomen door de getijdendynamiek en bij de instroom in het Hollands Diep is de rivierdynamiek valt de rivierdynamiek in het niet bij de waterbeweging door het getij.

Bij nog hogere afvoeren stijgt de waterstand verder, maar zelfs bij een maatgevende Rijnafoer (16.000 m³/s) is de waterstand in het Hollands Diep nog maar 1 meter gestegen. Hierbij is er wel van uitgegaan dat er onbelemmerd gespuid kan worden op de Noordzee via de Haringvlietdam. Als dat niet mogelijk is, vanwege een langdurige storm, dan loop het peil in het Hollands Diep en Haringvliet snel verder op. Bij een Boven-Rijnafoer van 12.000 m³/s is de stijgsnelheid ongeveer 1 meter per 12 uur. In de figuur is ook de drempelhoogte van het Ruimte voor de Rivierproject Noordwaard aangegeven. Bij een Boven-Rijnafoer van 8.000 m³/s (eens in de 5 jaar) wordt deze overschreden.



Figuur 3-22: Relatie tussen waterstanden en Boven-Rijnafvoer in de Beneden-Waal en Nieuwe Merwede. (NB het gaat hier om de Boven-Rijnafvoer, waarvan ca 70% via de waal wordt afgevoerd).

Verder stroomafwaarts in de BRM hebben de rivierafvoeren vrijwel geen invloed meer op de waterstanden. Toch is er in de waterstand bij Rotterdam en Moerdijk wel enig effect merkbaar (zie Figuur 3-23). Bij een hogere jaargemiddelde Rijnafvoer is de waterstand in Rotterdam en in Moerdijk gemiddeld ook iets hoger. Het gaat overigens om een gering effect: per 500 m³/s extra Boven-Rijnafvoer (waarvan ca 425 m³/s) in de BRM aankomt, is de waterstand bij Rotterdam ca. 5 cm hoger.

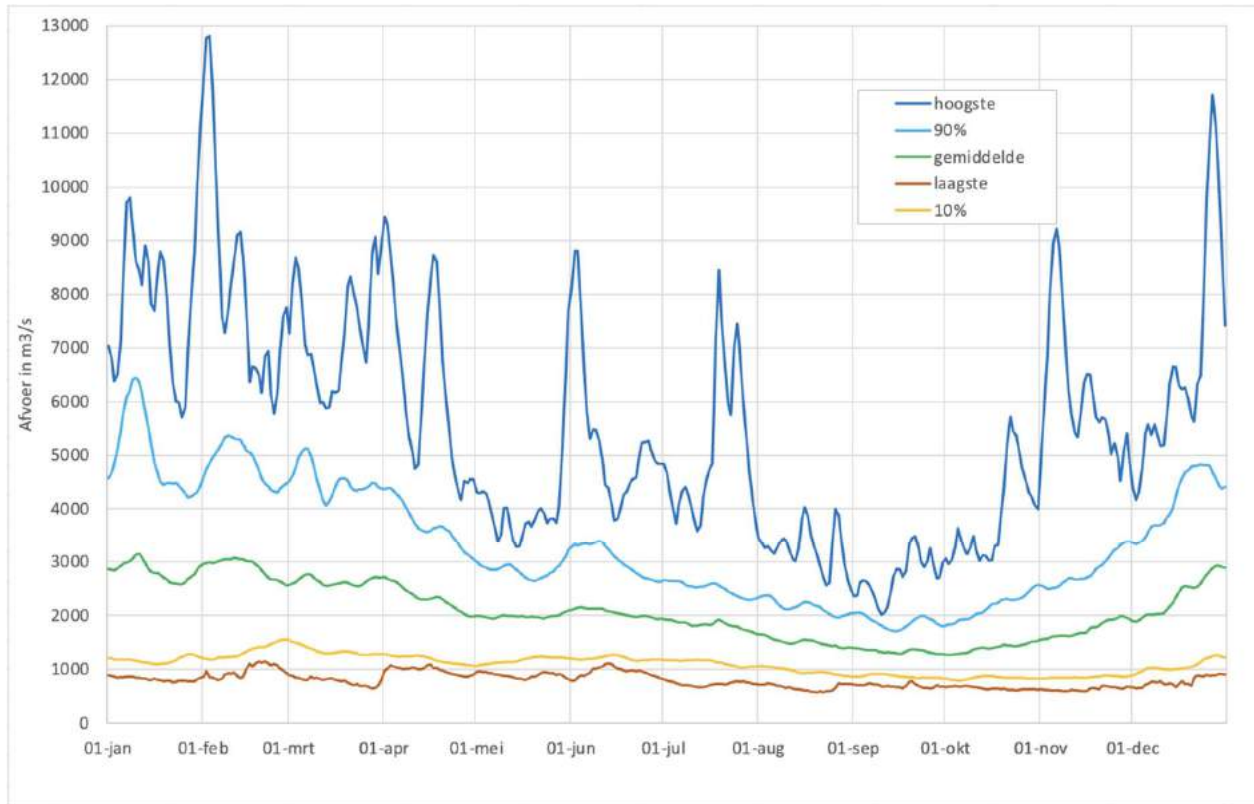


Figuur 3-23: Relatie tussen de gemiddelde Rijnafvoer bij Lobith en gemiddelde waterstand in Rotterdam (links) en in Moerdijk (rechts).

Fluctuaties in afvoeren gedurende het jaar

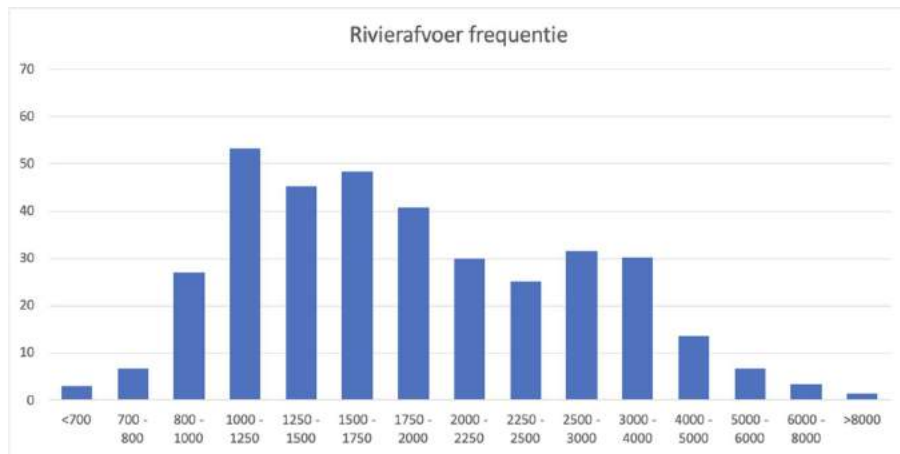
De gemiddelde seizoensvariatie gaat bij zowel de Rijn als de Maas het hele jaar door vergezeld door perioden met een hoge afvoer als gevolg van weken dat er veel neerslag valt of juist lage afvoer als het wekenlang droog is. Figuur 3-24 laat deze schommelingen zien voor de afvoerreeks van de 3 riviertakken samen. Vooral in het winterhalfjaar komen hoogwaterperioden met een waterstand boven het langjarig gemiddelde het meest voor en dit is het moment dat veel zoetwater in de BRM aankomt. De 90% is daarom hoog in deze periode. Vanaf het begin van het groeiseizoen rond half april neemt de kans op hoge afvoeren af daalt ook de 90% vrij snel. Ook in de zomer blijft er

kans op een incidentele hoogwatergolf, vooral vanuit de Rijn. Lage en extreem lage afvoeren komen het hele jaar voor, maar de grootste kans hierop is in de nazomer, vanaf half augustus t/m eind oktober. Dit is ook de enige tijd van het jaar dat de 5% afvoer onder de 1000 m³/s daalt. Laagwater in de winter is vooral het gevolg van langdurig vriezend weer, wat door klimaatverandering de laatste 30 jaar steeds minder vaak voorkomt.



Figuur 3-24: Gemiddelde maandaflower vanuit de 3 rivieren in de BRM gedurende het jaar (groene lijn) en de uitersten in het hoge bereik (blauwe streepjeslijn) en het lage (rode streepjeslijn) en daartussen de 5 en 10% onder- en overschrijdingswaarden. Gebaseerd op de afvoerdata voor de periode 1970 t/m 2022.

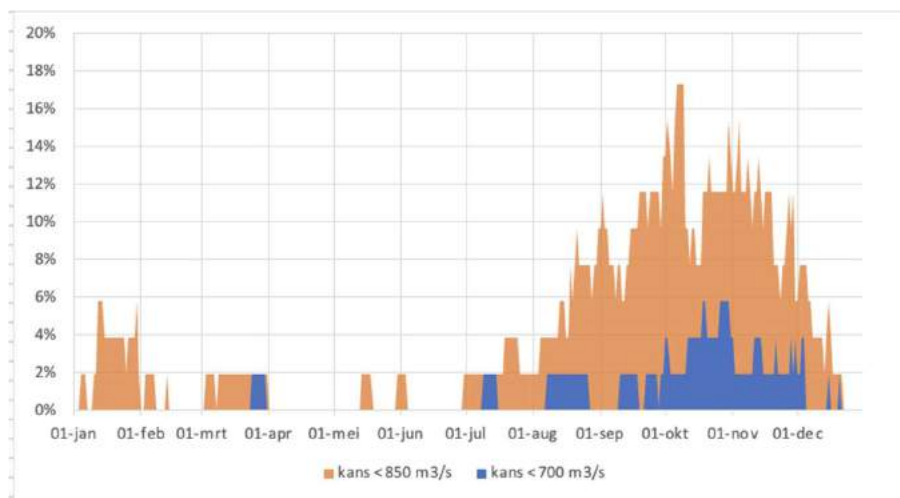
In Figuur 3-25 is de frequentie van de hoeveelheid water die de BRM bereikt (Rijn & Maas) weergegeven. Het grootste deel van het jaar (>80%) ligt de afvoer tussen de 1000 en 3000 m³/s en zeer lage en hoge afvoeren komen relatief weinig voor. Zo komt een afvoer van 1.000 m³/s (dit is het moment dat de zoutindringing via de Nieuwe Waterweg tot voorbij de mond van de Hollandsche IJssel doordringt) gemiddeld iets meer dan 1 maand per jaar voor. Nog lagere waarden van 800 m³/s komen gemiddeld 10 dagen per jaar voor en 700 m³/s slechts 3 dagen. Doorgaans gaat het bij deze heel lage waarden wel om langere perioden, bv van 10 tot 15 dagen die dan slechts eens in de 3 tot 5 jaar voorkomen. In de range van hoge afvoeren komt >3000 m³/s gemiddeld 55 dagen per jaar voor. Echt hoge afvoeren boven de 6.000 m³/s komen hoogstens een paar dagen per jaar voor en 8000 m³/s gemiddeld slechts 1 dag. Het gaat hierbij om events die ongeveer eens in de ca. 5 jaar voorkomen. Ter vergelijking de influx van getijdenwater via de Nieuwe waterweg bedraagt onder de gemiddelde omstandigheden ruim 8.000 m³/s en bereikt dus bijna iedere dag een volume dat groter is dan de hoogste rivierafvoer die eenmaal per jaar het gebied bereikt.



Figuur 3-25: Frequentie (aantal dagen per jaar) van optreden van rivierafvoeren die via Maas, Waal en Lek samen de BRM bereiken

Jaarverloop in het optreden van lage afvoeren

Lage en zeer lage afvoeren van komen niet heel veel voor, maar hebben wel grote impact op de BRM omdat dan bij vloed zout zeewater verder het gebied in kan dringen en de brakwaterzone ver binnengaats komt te liggen. Het optreden van lage en zeer lage afvoeren vertoont een duidelijk verloop over het jaar met de grootste kans in de periode augustus t/m november (zie Figuur 3-26). Hier zien we het jaarverloop van de Rijnafvoer vanuit de Alpen in terug. Met name in de nazomer en de herfst als er geen smeltwater meer beschikbaar is vanuit de vorige winter, de buffers in de Zwitserse meren zijn leeggestroomd en de kans op buien in het hooggebergte afneemt, is de kans op lage afvoeren het grootst. De kans neemt toe vanaf juli en bereikt zijn hoogste waarde tussen half september en half november. Voor het Nederlandse waterbeheer is dat gunstig want de lage afvoeren komen vooral voor in de periode dat de waterbehoefte voor landbouw, drinkwater en natuur alweer lager is.

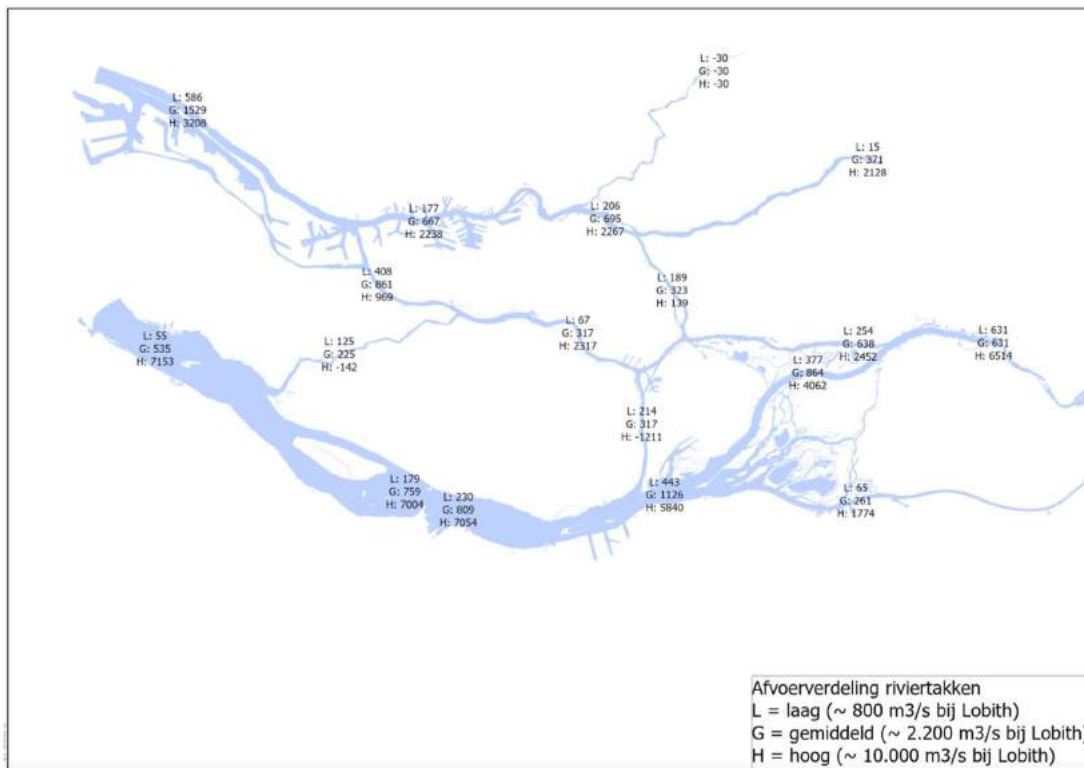


Figuur 3-26: Kans dat op een kalenderdag in de BRM een lage rivierafvoer optreedt van 850 m³/s of een zeer lage van 700 m³/s. (NB. 850 m³/s komt gemiddeld overeen met een Bovenrijnafvoer van ca 1000 m³/s bij Lobith en 700 m³/s met ca 850 m³/s).

3.3.2 Verdeling rivierwater over het Benedenriviereengebied

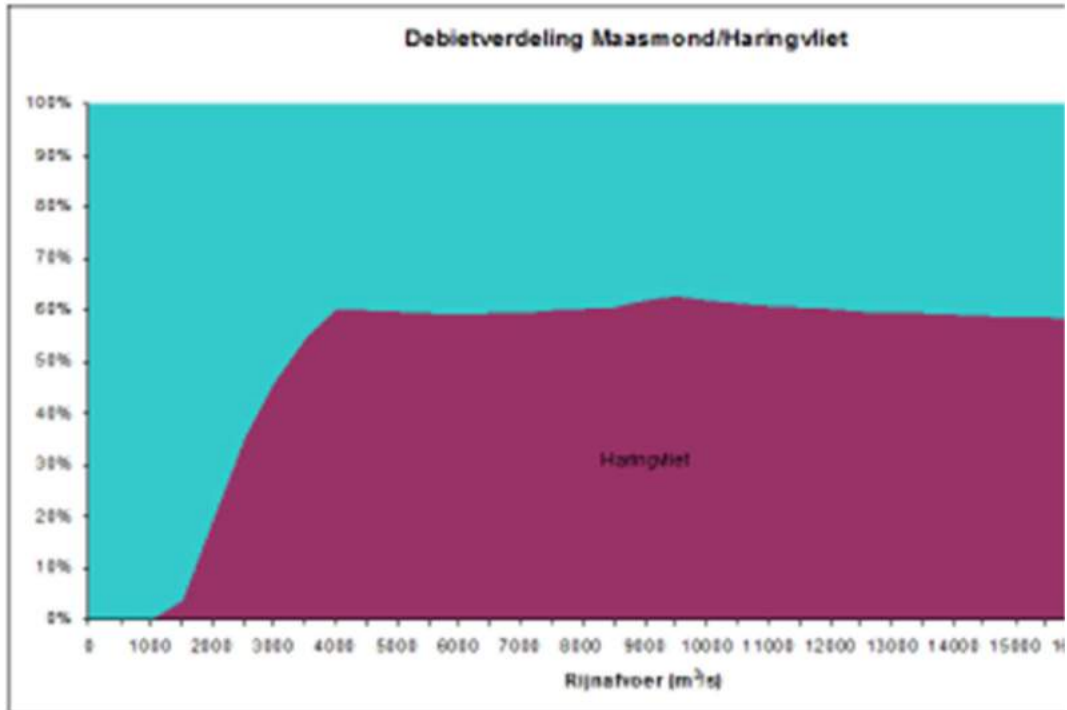
Eenmaal in de BRM aangekomen kan het rivierwater via verschillende routes naar zee stromen en komt het zoete water ook onder invloed van de getijdenbeweging, waardoor het ook weer tijdelijk stroomopwaarts wordt gevoerd en

uiteindelijk na meerdere keren heen en weer bewogen te hebben, de zee bereikt. De waterbeweging die het getij veroorzaakt (zie Figuur 3-11 a en b) is ook vrijwel altijd veel groter dan de rivierafvoer zelf. De netto rivierafvoer gedurende de dag kan hier alleen met een rivierkundig model worden bepaald (zie Figuur 3-27). Bij lage rivierafvoeren stroomt al het rivierwater via de Nieuwe waterweg naar zee en ook bij gemiddelde afvoeren stroomt uiteindelijk het meeste rivierwater via de Noordtak. Pas bij hoge tot zeer hoge afvoeren neemt het aandeel via de Haringvlietsluizen steeds verder toe en ontstaat in het Hollands Diep ook pas een zeewaartse stroomrichting.



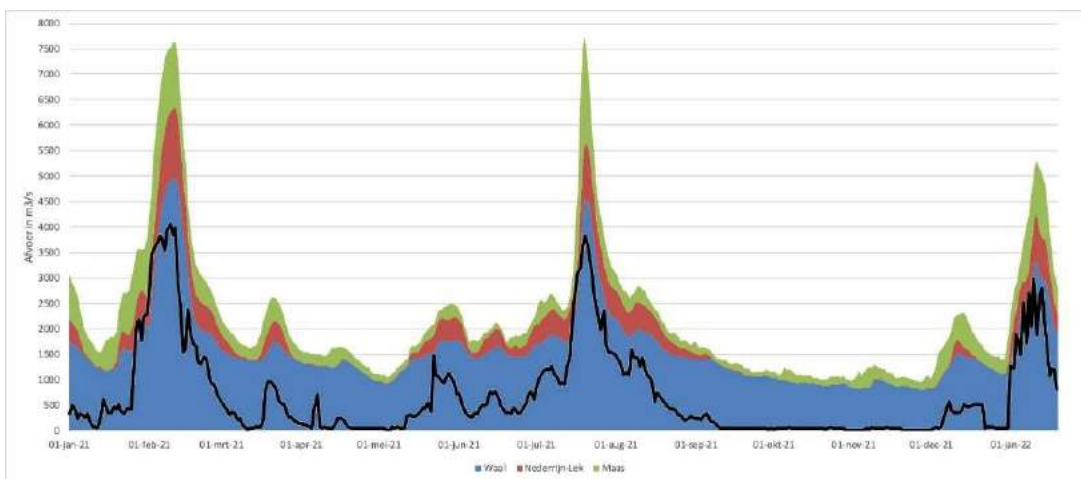
Figuur 3-27: Modelmatig bepaalde afvoerverdeling van het rivierwater bij lage, gemiddelde en hoge rivierafvoeren.

In Figuur 3-28. Is de verdeling van het rivierwater over de Haringvliet en de Nieuwe Waterweg weergegeven zoals die met het beheer van de Haringvlietsluizen wordt gestuurd: tot ca 1.500 m³/s stroomt er niets tot vrijwel niets via de Haringvlietdam, om daarna gestaag toe te nemen tot ca 60% bij een Boven-Rijnafvoer van ca 4.000 m³/s; een situatie die gemiddeld 25 dagen per jaar optreedt.



Figuur 3-28: Debietverdeling tussen de Nieuwe Waterweg en het Haringvliet (Rijkswaterstaat, 2012).

In Figuur 3-27 is weerverdeling hoe de verdeling van rivierwater over Haringvliet en Nieuwe Waterweg gedurende een jaar varieert. De grafiek beslaat een periode van iets meer dan een jaar (i.c. 2021) en omvat, vanwege het zomerhoogwater van 2021, drie hoogwaterperioden en een lange periode van relatief lage afvoeren.



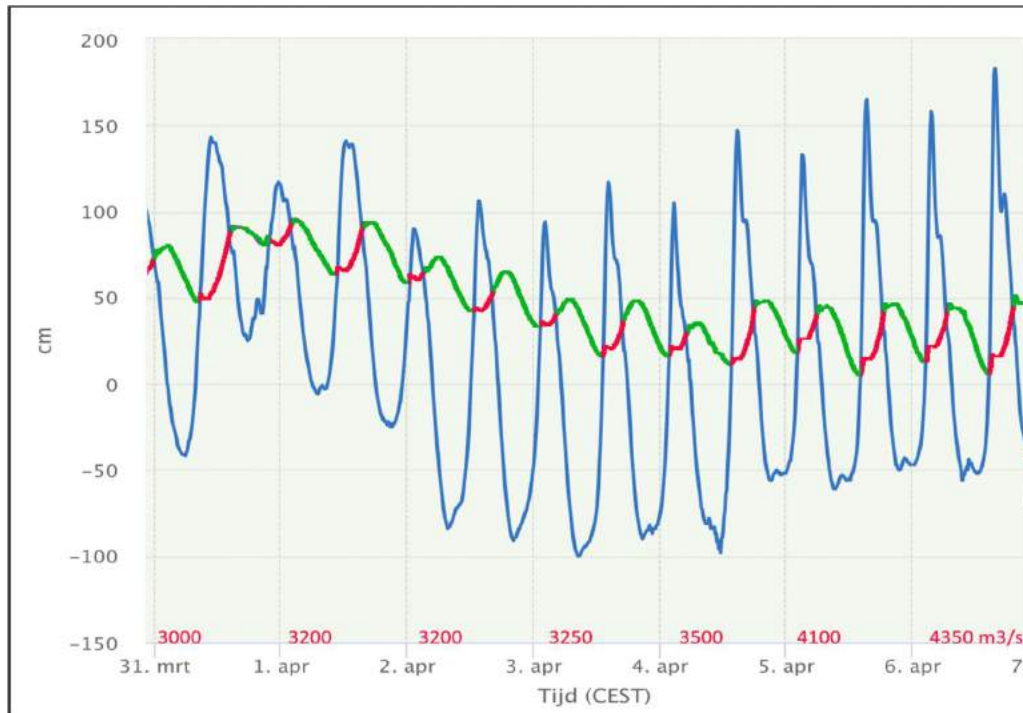


Figuur 3-29: Absolute (boven) en relatieve (onder) afvoer van rivierwater via Nieuwe Waterweg en Haringvlietssluisen. Boven: in kleur de aanvoer van rivierwater naar de BRM. Het gedeelte dat via de Haringvlietssluisen naar zee stroomt is met een zwarte lijn aangegeven. De rest stroomt via de Nieuwe Waterweg. Onder: Percentage van het rivierwater dat via Nieuwe Waterweg (rood) en Haringvliet (blauw) naar zee stroomde tijdens deze periode.

Het aandeel water dat via de Haringvlietdam naar zee stroomt (Figuur 3-29) is op de meeste dagen beperkt om pas als de rivierafvoer toeneemt in korte tijd sterk te stijgen. Procentueel gaat het tijdens de hoogwatergolven om 50 tot 60%, maar dit duurt meestal maar enkele dagen. Tijdens perioden met een lagere rivierafvoer neemt het deel dat via de Haringvliet naar zee stroomt sterk af. In de periode dat de Boven-Rijnafvoer zich tussen de 1100 en 1500 bevindt, is er nog een klein restdebiet dat wordt gespuid, wat vaak weken- of maandenlang kan duren. Wanneer de rivierafvoer onder de ca. 1.100 m³/s zakt gaat de sluis geheel dicht. Al het rivierwater wordt dan naar de noordelijke armen van het Benedenrivierengebied geleid om daar tegendruk te bieden tegen het zeewater, dat gedurende perioden met een lage rivierafvoer, via de Nieuwe Waterweg naar binnen dringt. In 2021 duurde dit enkele weken, maar er zijn ook jaren, zoals 1976 en 2018, dat dit ca. 150 dagen het geval was. Sinds enkele jaren is in de dam wel de Kier in werking, maar hierbij gaat het om een zo geringe hoeveelheid water dat het geen invloed heeft op de afvoerverdeling en bij lage rivierafvoeren is ook de Kier gesloten.

Dagverloop van de uitstroom van rivierwater via de Haringvliet

Het spuien van rivierwater via de Haringvlietdam naar zee vindt plaats onder vrij verval en is daarom alleen mogelijk tijdens perioden dat de waterstand binnengaats hoger is dan buitengaats. In Figuur 3-30 is aan de hand van het peilverloop binnen- en buitengaats inzichtelijk gemaakt wanneer er gespuid kan worden (het groene gedeelte in de lijn van Hellevoetsluis). Als de waterstand buitengaats hoger is, kan er niet gespuid worden en loopt de waterstand op (rode lijn). Onder gemiddelde omstandigheden is de tijd dat er gespuid kan worden ca. 50% langer dan dat de sluis gesloten is.



Figuur 3-30: Waterstand buitengaats bij Stellendam (blauw) en in het Haringvliet bij Hellevoetsluis (groen-rode lijn) van 31/3 t/m 6/4/17. In groen de perioden met een hogere stand binnengaats, waarbij er gespuid kon worden, in rood de perioden dat het peil buitengaats hoger staat. Onderaan is de gezamenlijke afvoer van Rijn en Maas weergegeven, waarvan in die periode ongeveer 40% via de Haringvliet werd gespuid.

3.3.3 Afvoertrends sinds 1970

De verwachting is dat de afvoeren van de rivieren vanwege de klimaatverandering zullen veranderen, waarbij lage zomerafvoeren toenemen vanwege het vaker optreden van droogte in de zomer en in de winter juist hoge afvoeren vaker voor kunnen komen omdat dan langdurige regenperioden met veel neerslag vaker worden verwacht. Uit de afvoergegevens van de rivieren blijkt echter dat er tot nu toe nog geen sprake is van grote veranderingen in de gemiddelde omstandigheden en ook extreme situaties komen niet vaker voor dan vroeger. Omdat de rivierafvoer een belangrijk aandeel heeft in de aanvoer van sediment en ook bepalend is voor de grens tussen zoet en zout, betekent dit dat veranderingen die daarin optreden (nog) niet aan veranderingen in de rivierafvoer kunnen worden toegerekend. In Bijlage C wordt nader ingegaan op de fluctuaties die er in de afgelopen 50 jaar zijn geweest. Hieronder een korte samenvatting daarvan.

Gemiddelde rivierafvoer

De jaargemiddelde afvoer die de BRM bereikt bedraagt ca 2.050 m³/s en varieerde in de afgelopen 50 jaar tussen 1.150 m³/s in 1976 en bijna 2.900 m³/s in 1981. Over de hele meetperiode vanaf 1971 t/m 2020 is slechts een licht negatieve trend zichtbaar. Vooral de laatste 20 jaar zijn er relatief veel jaren met een vrij lage afvoer geweest en het 12-jarig gemiddelde vertoont daarom sindsdien een dalende lijn. Jaren met lage gemiddelde afvoeren zijn er echter ook eerder al geweest en in de '70-er jaren waren ze vaak nog extremer dan nu en ook rond 1990 waren er veel jaren met een lage afvoer. Uitschieters naar boven zijn er vooral geweest in de jaren '80 en '90, waarna er sinds 2003 weer vaker jaren optreden met een lage rivierafvoer.

Hoge afvoeren

De hoogste jaarlijkse dagafvoer bedraagt gemiddeld ca 6.750 m³/s en laat net als de gemiddelde afvoer een langjarig verloop zien. In de '70-er jaren was de hoogste jaarafvoer vaak laag (tussen 3.500 en 6.000 m³/s), waarna in de jaren '80 en '90 veel jaren volgden met juist een hoge dagafvoer met eens in de 2 jaar een afvoer tot boven de 8.000 m³/s. In deze periode vond ook de hoogste afvoer sinds 1970 plaats: 12.800 m³/s op 3 februari 1995 (zie ook Figuur 3-24); waarvan 22% via de Maas weerd aangevoerd. In de laatste 20 jaar is deze trend van oplopende afvoeren weer omgekeerd en is de hoogste jaarafvoer weer vaak aan de lage kant. Een afvoer boven de 8.000 m³/s is sindsdien nog maar twee keer voorgekomen. Van een toename in hoge afvoeren is daarom ook geen sprake en de trendlijn loopt vlak.

Ook het aantal dagen per jaar met een hoge afvoer is de laatste jaren duidelijk verminderd. Over de hele meetreeks zijn er per jaar ca. 25 dagen met afvoeren boven de 4.000 m³/s, maar dit aantal is in de laatste 20 jaar is dit gezakt tot ca 15 terwijl het er in de 80'er en '90er jaren gemiddeld ruim 30 waren. Dit heeft tot gevolg dat het aantal dagen dat het rivierwater de hele BRM vult en het zeewater buitengaats blijft, sterk is afgenomen. Een volledig met zoet- en brakwater gevulde Voordelta is in de afgelopen 20 jaar dan ook niet meer is voorgekomen. Een mogelijke oorzaak voor de verminderde kans op hoge afvoeren is het steeds vaker ontbreken van sneeuw in de Middelgebergten, waardoor piekafvoeren, waar smeltwater altijd een belangrijk aandeel in vormt, minder vaak hoog oplopen.

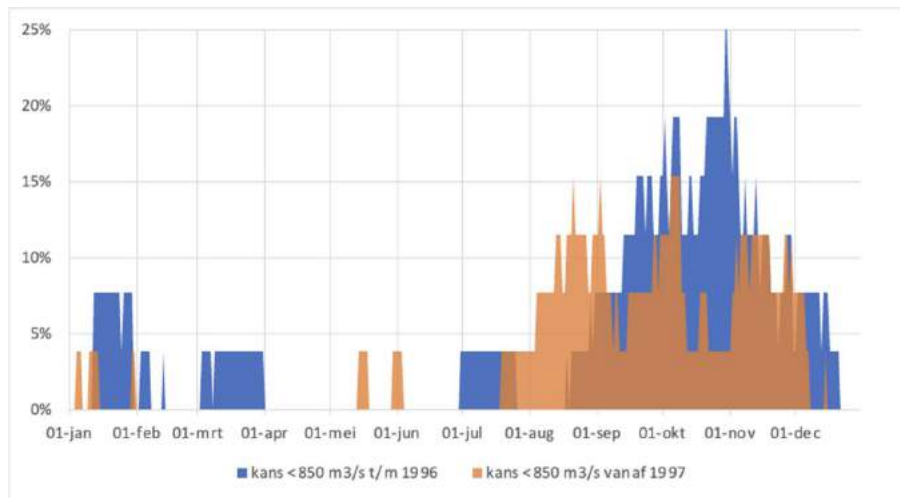
Lage afvoeren

Bij de laagste dagafvoer die jaarlijks de BRM bereikt is er ook geen duidelijke trend zichtbaar, ondanks de vaak langdurig lage afvoeren in de laatste 10 jaar. Vanwege de recente jaren met een lage afvoer is het 12-jarig gemiddelde sinds 2 decennia terug wel gedaald. In deze periode is ook de laagste afvoer sinds 1971 gemeten: op 22 augustus 2022 (zie ook Figuur 3-24) bereikte 565 m³/s het gebied, waarvan ca 6% via de Maas werd aangevoerd. Eerder in de meetreeks zijn er echter ook perioden geweest met een vrijwel even lage afvoeren, zoals in de '70-er jaren en rond 1990. Het is vanwege deze schommelingen dat de trendlijn voor de lage afvoeren niet daalt, maar zelfs iets oploopt.

Het aantal dagen per jaar met een lage tot zeer lage afvoer is ook niet toegenomen. In deze reeks vallen ook weer enkele cycli op met perioden met heel weinig lage afvoeren (van 1980 t/m 1982, 2000 t/m 2002 en 2012 t/m 2013) en daartussen perioden met een gemiddeld aantal dagen en soms uitschieters naar een hoog aantal. Sinds 2105 is het aantal dagen weer duidelijk hoger, maar niet zo veel dat het sterk afwijkt van eerdere perioden.

Jaarverloop optreden lage afvoeren

Vanwege de verwachte afname van de rivierafvoeren mag in de loop van de meetreeks een toename van de kans op lage afvoeren worden verwacht. In Figuur 3-30 is dat in beeld gebracht door de meetreeks vanaf 1970 in twee gelijke delen op te delen en voor beide de kans op een lage afvoer gedurende het kalenderjaar te bepalen. Uit deze analyse blijkt dat de kans op een lage afvoer in het najaar niet groter is geworden, maar zelfs wat kleiner: In de eerste helft van de reeks (in blauw) piekte de kans in de tweede helft van oktober op ca 20%, terwijl deze in het tweede deel van de reeks (in oranje) niet hoger komt dan ca 12%. Verder valt een verschuiving op naar eerder in het jaar. Waar vroeger de kans pas begon te stijgen vanaf 1 september, is dat nu al vanaf half juli. Tegelijkertijd neemt de kans aan het eind van het jaar ook enkele weken eerder af. Deze verschuiving is goed verklaarbaar als effect van klimaatverandering. Het sneeuwdek in de Alpen smelt eerder en de Rijn krijgt eerder in de zomer met minder water te maken. Tegelijkertijd is de kans op lage afvoeren aan het eind van de reeks afgenomen omdat de sneeuw in de Alpen ook langer op zich laat wachten, waardoor de neerslag langer als regen valt.



Figuur 3-31: Kans dat op een dag in het jaar een lage rivierafvoer optreedt van $850 \text{ m}^3/\text{s}$, waarbij de meetreeks in twee gelijke delen is opgedeeld. NB. Een afvoer van $850 \text{ m}^3/\text{s}$ in de BRM komt gemiddeld overeen met een Boven-Rijnafvoer van $1.000 \text{ m}^3/\text{s}$.

Lek steeds minder belangrijk voor de aanvoer van zoet water

Een opvallende trend in het riviersysteem is de Lek, die steeds minder belangrijk wordt voor de aanvoer van rivierwater. Vanouds voert de Lek gemiddeld ca 19% van de Rijnafvoer af naar de BRM, maar dit percentage neemt de laatste decennia steeds verder af, tot nu nog ca 12% en de laatste 10 jaar voert de Lek vaak maandenlang helemaal geen water aan. Dit heeft consequenties voor de waterkwaliteit en met name de kans op verzilting van de Lek. De verminderde aanvoer van Rijnwater via de Lek hangt samen met het beheer van de stuw van Driel. Deze stuw is tegelijk met de Haringvlietdam in gebruik genomen als belangrijke ‘kraan’ waarmee het water over de Rijntakken kan worden verdeeld. Aanvankelijk werkte de stuw alleen bij perioden met een lage Bovenrijnafvoer maar inmiddels is het regime steeds verder opgeschoven tot in de licht verhoogde Rijnafvoeren. De Neder-Rijn/Lek verwerkt daardoor steeds minder water en de gemiddelde afvoer is gedaald van ca $350 \text{ m}^3/\text{s}$ naar $250 \text{ m}^3/\text{s}$. In extreme jaren met een lage gemiddelde Rijnafvoeren zoals 2022 is de gemiddelde afvoer relatief nog lager met nog maar $120 \text{ m}^3/\text{s}$ (7% van de Rijnafvoer). Ook het aantal dagen met een gedeeltelijke of totale sluiting is daardoor sterk toegenomen, van 115 dagen per jaar naar 290.

De hogere sluitfrequentie is het gevolg van het feit dat het stuwbeheer wordt bepaald door de waterstand bij Lobith. Vanwege de bodemdaling van de rivier treden deze waterstanden op bij steeds hogere rivierafvoeren en daarom sluit de stuw tegenwoordig bij steeds hogere rivierafvoeren. Omdat de bodemdaling voorlopig nog verder gaat, is het de verwachting dat de stuw steeds vaker gesloten zal zijn en de BRM nog minder water ontvangt via de Lek.

3.4 Morfologie

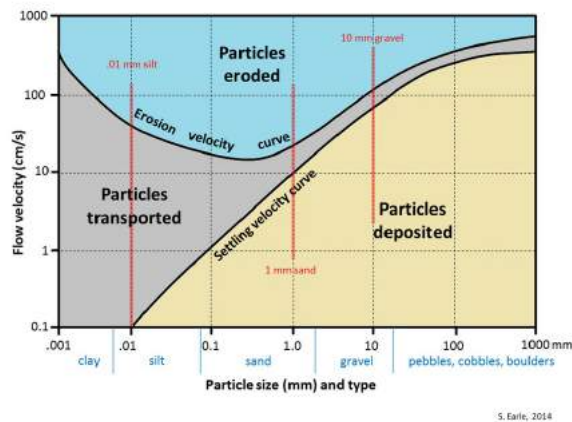
3.4.1 Inleiding morfologische processen in Biesbosch Rijn-Maasmonding

Door het samenspel van getij- en rivierdynamiek is de morfologische situatie in de Biesbosch Rijn-Maasmonding een complex systeem. Zand en slib wordt aangevoerd door de rivieren en ook de zee voert met het getij sediment aan die via de Nieuwe Waterweg naar binnen wordt getransporteerd. Als derde component is er sediment in omloop wat door zee- en rivierstromen binnen het gebied wordt opgepakt en weer wordt neergelegd. Het complexe samenspel van erosie en sedimentatie in de Biesbosch Rijn – Maasmonding is sterk beïnvloed door menselijke ingrepen in het systeem.

De sedimentbalans is bewust en onbewust verstoord door bedijkingen en afsluiting van zeearmen. Op deze hydrologische ingrepen reageert het systeem door veranderingen in de morfodynamiek. Ook het uitdiepen van rivierlopen, het graven van nieuwe lopen en havenaanleg hebben grote morfologische veranderingen tot gevolg. Om het veelal verstoorde evenwicht te handhaven zijn op uitgebreide schaal baggerwerkzaamheden nodig om de waterlopen bevaarbaar te houden of suppleties en harde oevers om de erosie te beperken. Buitengaats is de sedimentbalans nog meer in evenwicht met de natuurlijke dynamiek, maar vindt wel aanvulling plaats door zandsuppletie in de kustzone en wordt lokaal slib gestort dat bij baggerwerkzaamheden beschikbaar komt. Deze paragraaf gaat dieper in op de aanvoer en verdeling van sediment in de Biesbosch Rijn-Maasmonding als geheel en in de verschillende deelgebieden.

Hoe morfodynamiek beïnvloed wordt door menselijk ingrepen.

Morfodynamiek bestaat uit de optelsom van sedimentdeeltjes die kunnen eroderen, transporteren of bezinken naar gelang de stroomsnelheid en de grootte van de deeltjes. Zo eroderen kleideeltjes pas bij hoge stroomsnelheden, en zijn ze bij lage stroomsnelheden nog op transport. Kleideeltjes bezinken pas in nagenoeg stilstaand water. Zandeeltjes eroderen en bezinken makkelijker en hebben een relatieve kleine marge qua stroomsnelheid waarin er alleen transport is en geen netto erosie of sedimentatie (Figuur 3-14). Dit proces, gestuurd door het volume aan water wat aan- en afgevoerd wordt, bepaald de omvang van rivier- en zeearmen.

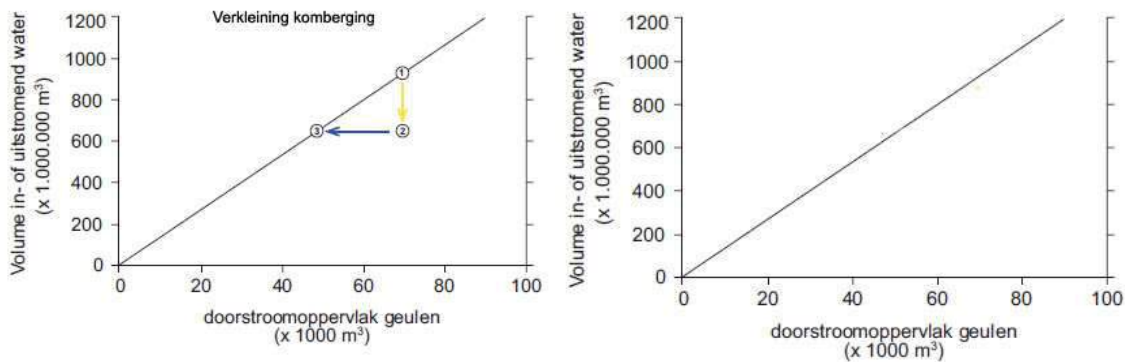


Figuur 3-32: The Hjulstrom-Sundborg diagram (Bron: Earle, 2014)

Er bestaat een evenwichtsrelatie tussen het volume water wat in- en uitstroomt door getijdenstromen en het doorstroomoppervlak van het estuarium. Hoe groter de oppervlakte, hoe meer water er in- en uit zal stromen en hoe groter de doorsnede van de zeearm (zie Figuur 3-15)

Als door bedijkingen of afsluiting het areaal van het estuarium afneemt, neemt het in- en uitstromende watervolume af en daarmee de stroomsnelheden. Dit zorgt voor sedimentatie (het gebied heeft zandhonger), waardoor de zeearm kleiner wordt en het evenwicht weer hersteld.

Omgekeerd zal wanneer een dijk wordt teruggelegd de kom groter worden, waardoor meer water wordt aangetrokken, de stroomsnelheden weer toenemen en er erosie op zal treden. Dit proces kan zich afwisselen in de tijd. Zo werden Haringvliet en Hollands Diep na de St Elizabethvloed veel ruimer om het extra getijdenwater door te kunnen voeren, terwijl na de afsluiting van het Haringvliet de processen andersom zijn gaan werken.



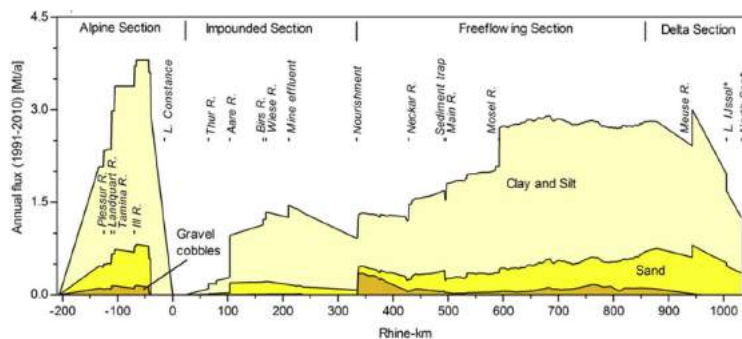
Figuur 3-33 Evenwichtsrelatie kom en volume in- en uitstromend getijdenwater. Het verkleinen van de kom leidt tot een geringere in- en uitstroom en als er voldoende sediment beschikbaar is tot een afname van de doorsnede van een geul. Bij een uitbreiding van de kom wijzen de pijlen in de andere richting.

3.4.2 Herkomst en verdeling sediment in de Biesbosch Rijn-Maasmonding

Sediment komt de Biesbosch Rijn-Maasmonding binnen vanuit de zee en rivieren. Door de afsluiting van het Haringvliet komt het kustsediment alleen nog via de Nieuwe Waterweg het gebied in. In deze paragraaf wordt de herkomst en volumes van het inkomende sediment beschreven. In de vele onderzoeken die zijn uitgevoerd naar de herkomst en verdeling van riviersediment komt aanzienlijke verschillen naar voren. In dit rapport werken we met de getallen uit de analyse van Frings et. al. (2019) voor de rivieren en J.R. Cox et al (2021) voor de kustzone.

3.4.2.1 Rivieren Rijn en Maas

De Biesbosch Rijn-Maasmonding is de laatste halte voor het sediment in het stroomgebied van de Rijn en Maas voordat het de Noordzee instroomt. In het benedenstroomse deel van het stroomgebied zorgen de Moezel en de Maas voor een aanzienlijke verhoging van de sedimentlast, waarna in de Delta de totale jaarlijkse flux snel afneemt door sedimentatie (Figuur 3-34). De klei en silt fractie overheersen bij aankomst, maar ook een aanzienlijk gewicht aan zand bereikt het mondingsgebied. De grindfractie is hiervoor te zwaar (Figuur 3-34). Uit de studie van Frings (2019) valt af te leiden dat de Biesbosch Rijn-Maasmonding orde grootte 0,7 Mton/jaar aan zand en 1,9 Mton/jaar aan silt en klei ontvangt uit het Rijn en Maas stroomgebied.



Figuur 3-34: Sedimenttransport in het Rijn stroomgebied. Goed zichtbaar is dat de hoeveelheid klei en silt toeneemt bij de instroom van de Moezel en vervolgens bij de samenvloeiing van de Rijn en Maas. Door sedimentatie in de Delta neemt de sedimentflux daarna snel af voordat het de Noordzee bereikt. Klei en silt vormen de grootste flux die aankomt in de Biesbosch Rijn-Maasmonding. (Bron: From source to mouth: Basin-scale morphodynamics of the Rhine River, Frings et al., 2019)

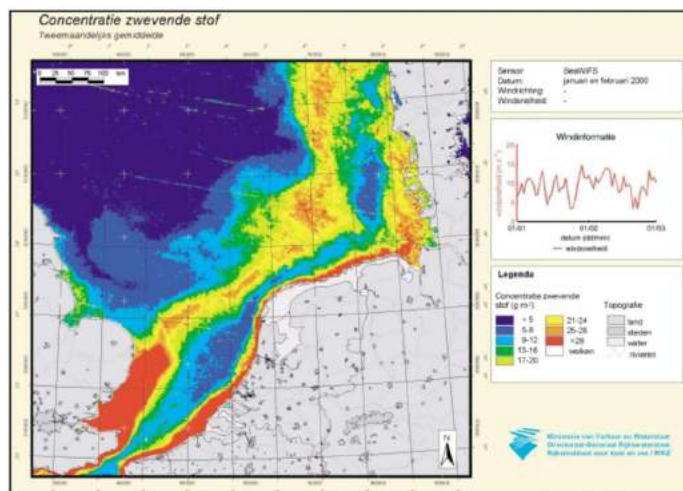
Onderverdeeld naar de riviertakken resulteert dit in een verdeling waarin de Waal veruit de grootste hoeveelheid sediment aanvoert, gevolgd door de Maas en de Lek (Tabel 3-4). De sedimentafvoer van de Lek is in de afgelopen decennia naar alle waarschijnlijkheid verminderd door een toegenomen inzet van de stuw van Driel.

Tabel 3-4: Gewicht zand en slib die door de rivieren naar de Biesbosch Rijn-Maasmonding worden gevoerd. Waardes afkomstig uit het Verhaal van het Sediment en verwijzen naar Sedimenttransport in de Rijntakken, de Maas en de Rijn-maasmonding voor de periode 1991-2010. Bron: Frings et al. 2017 en Frings et al., 2019

	Zand (Mton/jaar)	Slib (Mton/jaar)
Waal	0,5	1,3
Lek	0,05	0,2
Maas	0,2	0,4
Totaal	0,7	1,9

3.4.2.2 Kust

Zandaanvoer naar de Biesbosch Rijn-Maasmonding vanaf de Noordzee wordt meegevoerd met de waterstromen die ontstaan door het getij en de wind. Er kan onderscheid gemaakt worden in sedimentstromen parallel aan de kustlijn en sedimentstromen dwars op de kustlijn. Stromingen parallel aan de Nederlandse kust zorgen voor een netto sedimenttransport van ca. 3 Mton zand en ca. 10 Mton slib van het zuidwesten naar het Waddengebied (Figuur 3-35).



Figuur 3-35: Impressie van de slibstromen die langs de kust naar het noorden bewegen. Beeld uit de Noordzee-atlas voor zwevend stof, gebaseerd op een inventarisatie in 2000 (RIKZ, 2002).

Het transport van zand loodrecht op de kust als gevolg in- en uitstromen van getijdenwater en golfslag is de sedimentstroom die de Biesbosch Rijn-Maasmonding bereikt. Na het afsluiten van het Haringvliet is de sedimentbeweging in de kustzone sterk veranderd. Ter hoogte van het Haringvliet is de dagelijkse in- en uitstroom grotendeels weggefallen, waardoor de voormalige buitendelta zich onder invloed van een netto op de kustgerichte stroming, langzaam naar de kust beweegt. Het gaat hier dus om lokaal verplaatst sediment en minder om sediment dat langs de kust naar het noorden beweegt. Anders is de situatie bij de Nieuwe Waterweg, waar nog wel een dagelijkse een sterke in- en uitstroom plaatsvindt, waarmee zand dat langs de kust beweegt naar binnengaats (tot ongeveer aan de Botlek) wordt gevoerd. De massa aan zand en slib die netto de Nieuwe Waterweg inkomt vanuit de kust kent een grote variatie, maar worden door J.R. Cox, 2021 geschat op 1,83 Mton (+/- 1,43) aan slib en 1,91 Mton (+/-0,55) aan zand.

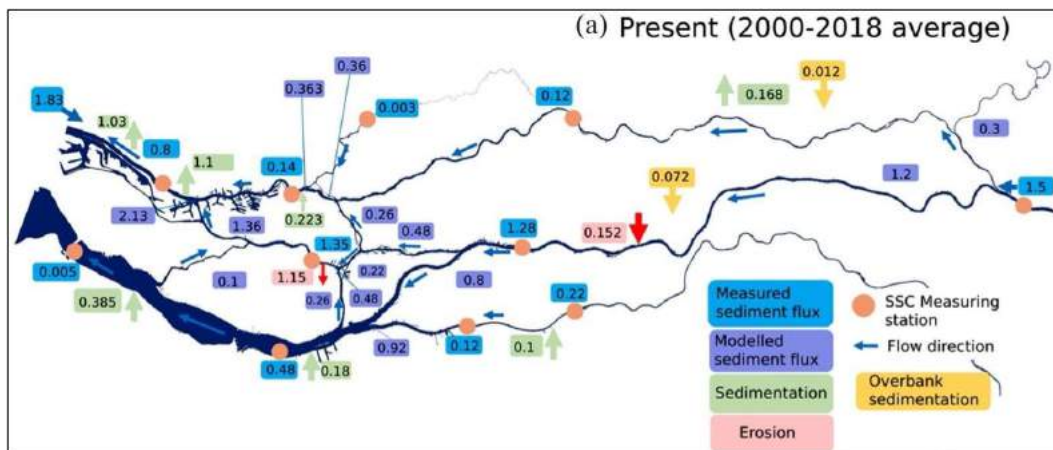
3.4.2.3 Verdeling binnenkomend sediment in de Biesbosch Rijn-Maasmonding

Zand bereikt voornamelijk de randen van het BRM-systeem en verspreid zich daarmee niet over het gehele areaal. Zand bezinkt daar waar de stroomsnelheden in het systeem afnemen. Dit is voor de rivieren Waal en Maas (bij

gemiddelde afvoeren en bij vloed) het geval in de Nieuwe Merwede, Boven Merwede, Beneden Merwede, Bergsche Maas en Hollands Diep (oostelijk van Moerdijk).

Voor de zee bezinkt het zand wanneer de naar binnen gerichte stroomsnelheden tijdens vloed groter zijn dan de naar buiten gerichte stroomsnelheden tijdens eb. Dit is het geval in de Maasmond ter hoogte van het Calandkanaal / Maasvlakte en ter hoogte van de Botlek en de uitstroom van de Oude Maas. In de bocht bij Maassluis wordt ook zand aangetroffen. Bij de monding van Nieuwe Waterweg is de stroomsnelheid bij eb groter dan bij vloed en vindt netto erosie plaats.

Omdat slib ook bij lagere stroomsnelheden nog getransporteerd wordt, verspreidt het zich over een veel groter areaal in de BRM dan het zand. In Figuur 3-36 is recent onderzoek van Cox weergegeven met daarin de verspreiding van het zwevende sediment over de BRM en de plaatsen waar het bezinkt. Bij een gemiddelde rivierafvoer bezinkt het slib (0.18 Mton/jaar) in het Hollands Diep. Via een omweg (Dortsche Kil, Oude Maas, Spui) komt het water ook in het Haringvliet waar de stroomsnelheden laag zijn slib bezinkt (0.385 Mton/jaar). Het gaat hierbij om slib aangevoerd vanuit de rivieren, maar ook afkomstig uit erosie van de tussenwateren.



Figuur 3-36: Huidige verdeling van gesuspenseerd sediment (slib) (jaargemiddelde flux 2000–2018), met vermelding van meetstations (roze stip), gemeten (blauw) en gemodelleerde (paars) sedimentfluxen en de daaruit voortvloeiende erosie (roze) en sedimentatie (groen). In oranje is de verspelde sedimentatie op de uiterwaarden weergegeven.
<https://cdns.cpub.com/doi/10.1139/anc-2021-0003#sec-4>

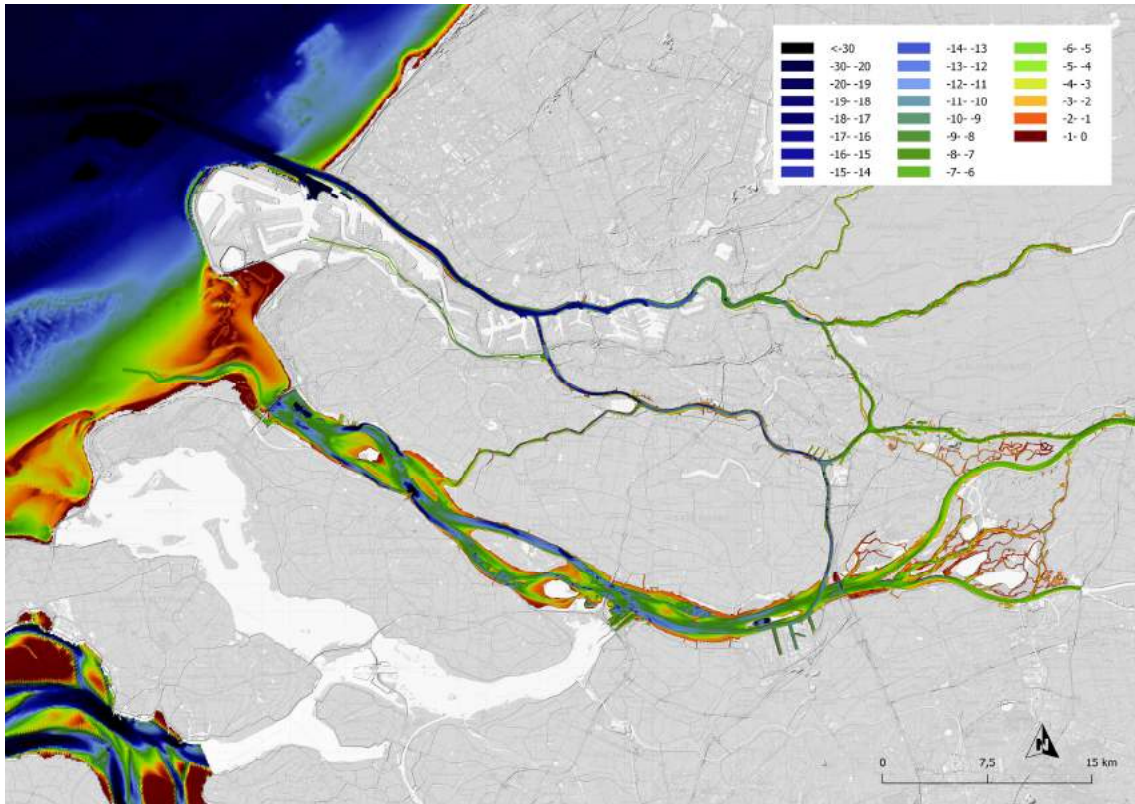
In Figuur 3-37 is de slib zwevend in het water goed te zien tijdens een periode van licht verhoogde rivierafvoeren waarbij ca 1.500 m³/s via de Haringvliet naar zee stroomde (treedt ca 25-30 dagen per jaar op). Het slibgehalte in het water neemt van boven- naar benedenstrooms duidelijk af en beperkte hoeveelheid weet de westkant van het Haringvliet te bereiken, waarvan weer een klein deel de Voordelta bereikt. Twee weken later (Figuur 3-37 onder), is de slibaanvoer bij afvoeren net onder het mediaan ook in de rivier sterk afgenomen.



Figuur 3-37: Satellietbeeld van het Haringvliet van 15 februari 2019 (boven) tijdens een periode van relatief hoge rivierafvoeren (Bovenrijn 3.200 m³/s en Maas 1.200 m³/s). Op 27 februari (onder) toen de afvoer al sterk was afgenomen (Bovenrijn 1.800 m³/s en Maas 250 m³/s. (bron: <https://apps.sentinel-hub.com/sentinel-playground>).

3.4.3 Huidige bodemhoogte in de Biesbosch Rijn-Maasmondning

Erosie en sedimentatieprocessen streven naar een dynamisch evenwicht, maar worden in dat streven beïnvloed door menselijke ingrepen in het systeem. In deze paragraaf wordt ingegaan op de huidige bodemhoogte (Figuur 3-38). In paragraaf 3.4.4 wordt ingegaan op de recente trends en de invloed van menselijke ingrepen.



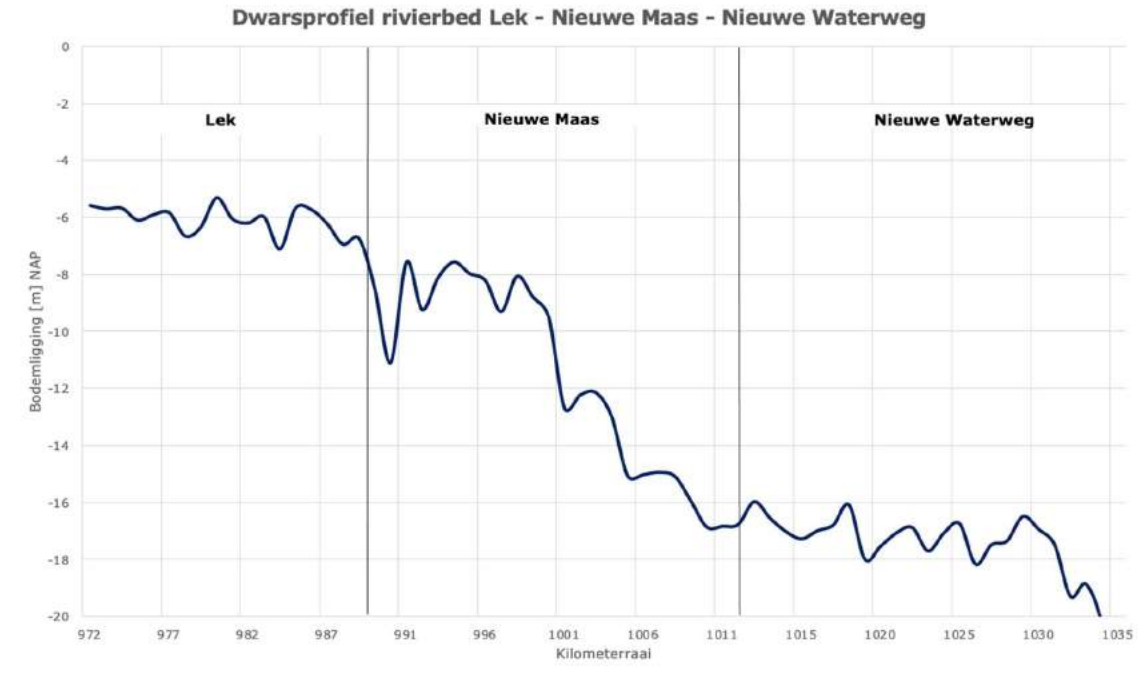
Figuur 3-38: Overzichtskaat bodemdiepte Biesbosch Rijn-Maasmondning (t.o.v. NAP). De diepe geulen in het Haringvliet, de Nieuwe Waterweg en de Dortsche kil/ Oude Maas zijn goed zichtbaar. (Bron: Stroming)

De bodem van de Noordelijke waterlopen worden geleidelijk steeds dieper met (a) een diepe kuil bij de monding van de Lek in de Nieuwe Maas, (b) een trapsgewijs bodemprofiel in de Nieuwe Maas en (c) een diep bodemprofiel van de Nieuwe Waterweg (Figuur 3-39).

De monding van de Lek in de Nieuwe Maas staat onder invloed van het getij waardoor de bodem lager ligt. Bij de uitstroom van de Hollandse IJssel in de Nieuwe Waterweg is dezelfde eroderende werking van het getij terug te zien. In een natuurlijk systeem zouden deze mondingen uitweiden en verbreden. Doordat de rivier is vastgelegd zoekt het haar ruimte in de diepte.

Bovenstrooms in de Hollandse IJssel neemt de bodemhoogte toe met de afnemende invloed van het tij. Op Figuur 3-38 is een sterke daling in bodemhoogte in de overgang van de Lek naar de Nieuwe Maas te zien. Kilometerraai 991 is het deel van de Nieuwe Maas tussen de Lek en de Hollandse IJssel. Deze diepe kuil is te verklaren door de grote hoeveelheid water wat door het smalle stuk van de Nieuwe Maas tussen de Hollandse IJssel en de Lek stroomt, tevens komt de afvoer via de Noord erbij.

In de Nieuwe Maas komt het trapsgewijze bodemprofiel als gevolg van het op diepte houden van de vaargeul tot de ingang van de verschillende havens sterk naar voren. De diepte van delen van de Nieuwe Waterweg en Nieuwe Maas wordt onderhouden om de toevoer naar deze havens open te houden.



Figuur 3-39: Dwarsprofiel Lek, Nieuwe maas en Nieuwe Waterweg

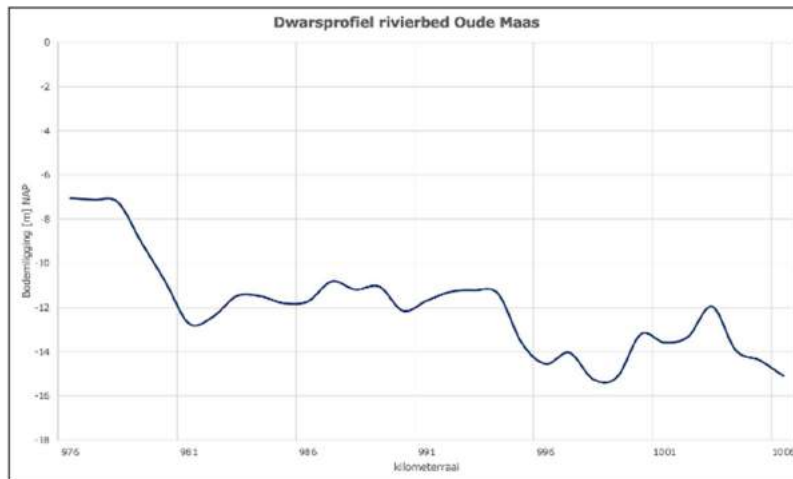
3.4.3.1 De verbindende waterlopen

De verbindende waterlopen kenmerken zich door de grote getijvolumes en rivierwater die ze verwerken sinds de afsluiting van het Haringvliet. Dit heeft invloed op de bodemligging van de betreffende waterlopen.

Een afname van de bodemligging in de stroomafwaartse richting van de Oude maas is grotendeels toe te schrijven aan de grote getijvolumes die via de Nieuwe Waterweg aan worden geleverd (Figuur 3-40). De Dordtsche Kil functioneert als een stroomgeul voor getijdenstromingen en speelt een belangrijke rol in de afvoer van rivierwater vanuit het Hollands Diep. Na het afsluiten van het Haringvliet wordt het water bij vloed via de Oude Maas door de smalle openingen van de Dordtsche Kil en het Spui geduwd, waardoor het eroderende proces en het aantrekken van meer water zichzelf versterkt.

Bij de instroompunten van de Dordtsche Kil (km-raai 981) en het Spui (km-raai 995) in de Oude Maas is een daling van de bodemhoogte (Figuur 3-40). De afsplitsing van het Spui wordt opgevolgd door een bocht in de Oude Maas waardoor de bodem tussen km-raai 996-998 verder inslijt en voor de diepte zorgt zichtbaar in het dwarsprofiel. Rond km-raai 1003-1004 komt de Hartelkanaal samen met de Oude Maas. Het Hartelkanaal is een minder dynamische watergang en de stroomsnelheden nemen bij de splitsing af waardoor de bodem in dit deel ondieper wordt. In de overgang van de Oude Maas naar de Nieuwe Waterweg neemt de bodemdiepte toe door de terugschrijdende erosie.

In het Spui is de eroderende werking van de vloedstroom ook duidelijk terug te zien in de bodemligging in het benedenstroomse deel. Waar het Spui in het Haringvliet mondt valt de stroomsnelheid weg en ligt de bodem juist weer hoger. In het Spui en Dordtsche Kil zijn meerdere erosiekuilen aanwezig. Door de erosieve kracht slijt de toplaag van klei of veen weg waardoor de onderliggende zandlaag versneld weg kan spoelen.



Figuur 3-40: Bodemligging van de Oude Maas

3.4.3.2 De zuidelijke waterlopen

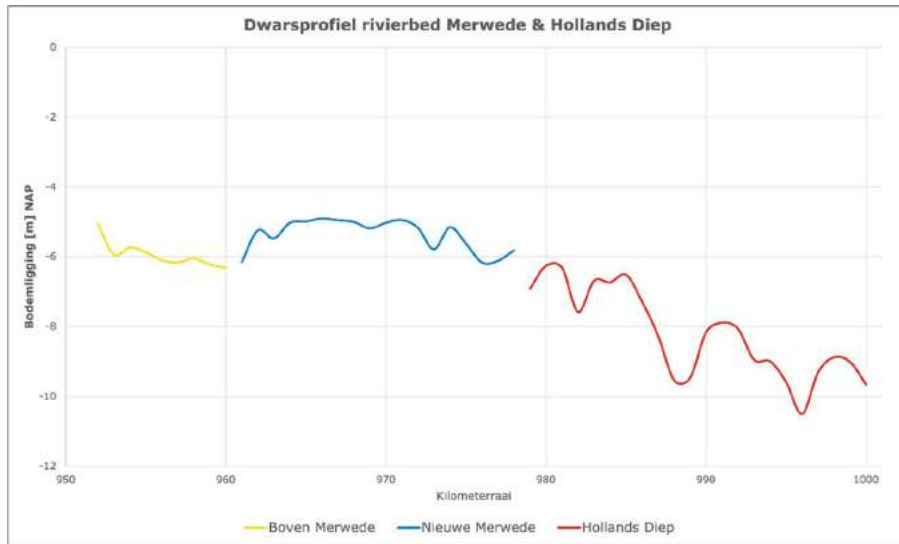
De zuidelijke waterlopen kenmerken zich door de overgang van rivierlopen naar een (voormalige) estuariumgeul.

De bodemhoogte in de Nieuwe Merwede neemt na de aftakking van de Beneden-Merwede sterk toe (Figuur 3-41). Dit komt omdat de Beneden-Merwede meer onder invloed van het getij staat waardoor het water vanuit de Waal eerder zijn weg vindt naar de Nieuwe Merwede. Zo stroomt er vanuit de Waal bij normale afvoeren 920 m³/s verder in de Nieuwe Merwede en 560 m³/s in de Beneden-Merwede. Dit zorgt in de Nieuwe Merwede voor extra aanvoer van sediment en daarnaast ontbreekt de eroderende werking van het getij.

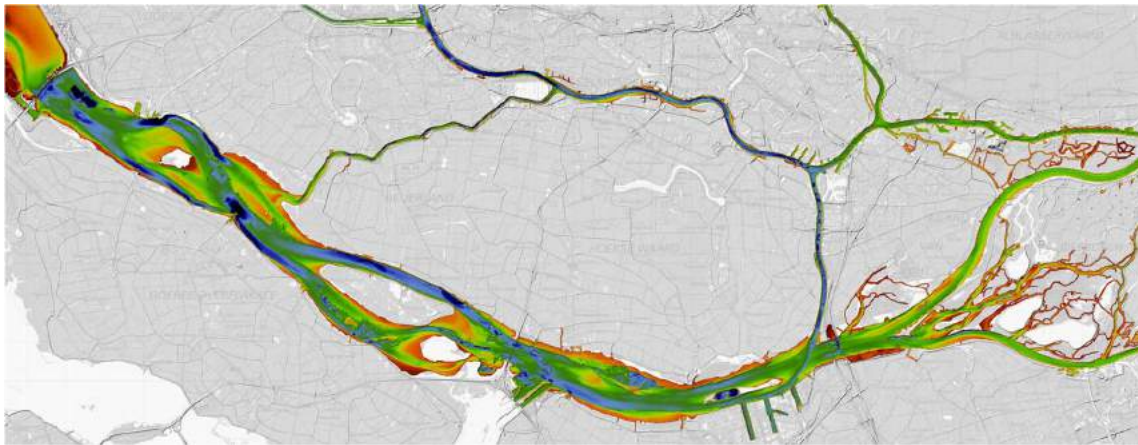
Waar de Nieuwe Merwede uitmondt in het bredere Hollands Diep neemt de stroomsnelheid af en beslaat het sediment. Ook vindt hier de kentering plaats waardoor de stroming ook vanuit het tij zeer gering is. Deze ondiepte is in het dwarsprofiel (Figuur 3-41) duidelijk terug te zien op de plek waar de Amer en Nieuwe Merwede samen komen rond kilometerraai 980.

Door de Moerdijkspoorbrug wordt het Hollands Diep vernauwd en dit fungeert als een soort flessenhals waardoor het sneller stromende water de bodem na de brug uitslijt. Hierna komt de bodem weer omhoog tot aan Moerdijk (km-raai 985). Na Moerdijk neemt de bodemhoogte weer sterk af. Het Hollands Diep wordt daar gesplitst door het eiland ter hoogte van de haven van Moerdijk (tot km-raai 988). Door deze vernauwing, en door de uitstroom van de Dordtsche Kil, neemt de stroming toe en doordat de buitenranden zijn vastgelegd zoekt het water de ruimte in verticale richting. Tot aan het Volkerak neemt de breedte van het Hollands Diep toe, daalt de bodem en komt de bodem weer omhoog ter hoogte van de Volkerak sluisen.

In het Haringvliet zijn de diepe geulpatronen, kenmerkend voor een estuarium, duidelijk zichtbaar (Figuur 3-42). De geulen bevatten enkele zeer diepe plekken in de buitenbochten. In het westen van het Haringvliet zijn diepe putten ontstaan door zandwinning. De huidige functie van het Haringvliet als zoetwaterbuffer past niet meer bij de dimensies waardoor sedimentatie van de diepe delen ontstaat.



Figuur 3-41: Profiel van de as van de rivier. Vanaf Vuren via de Nieuwe Merwede door het Hollands Diep tot aan de Volkerak sluizen.

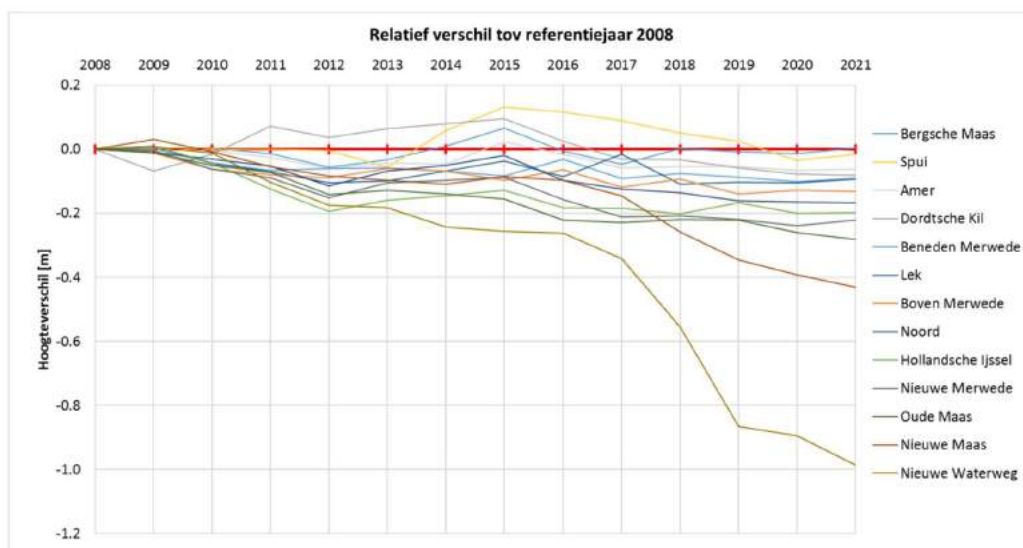


Figuur 3-42: Bodemdpte in het de zuidelijke rivierlopen en het voormalig estuarium Hollands Diep - Haringvliet.

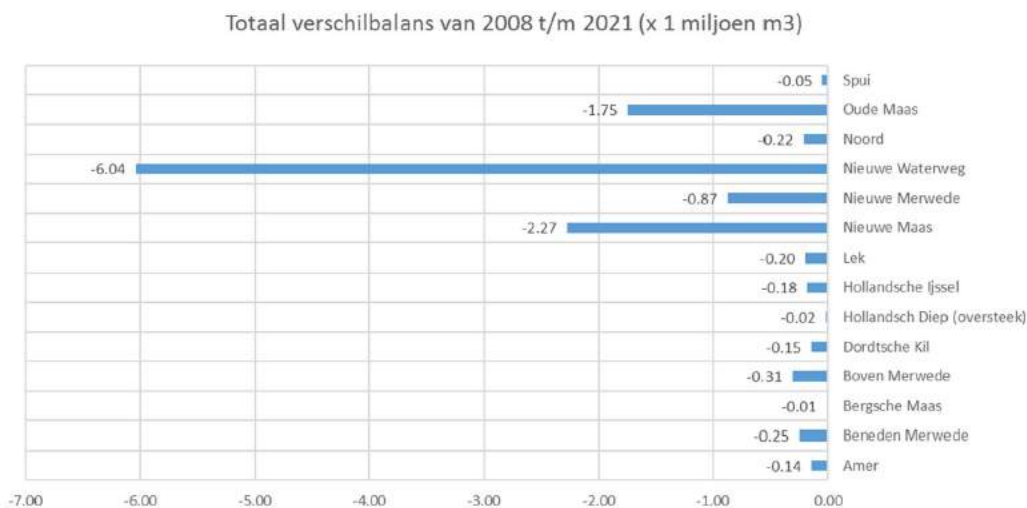
3.4.4 Trends in bodemhoogte Biesbosch Rijn-Maasmonding en de relatie met menselijke ingrepen

3.4.4.1 Trend in bodemhoogte

Door erosie en baggerwerkzaamheden laten bijna alle wateren een lagere gemiddelde bodemligging zien in 2021 dan in 2008 (Figuur 3-43). In de Oude Maas, Nieuwe Maas en met name de Nieuwe Waterweg (-1 m mede door verdieping) is de bodemdaling het sterkst. Gemiddelde bodemstijging vindt plaats in het Hollands Diep en Haringvliet. De baggerwerkzaamheden zorgen voor de geanalyseerde riviertakken samen voor een totaal verlies van 12,5 miljoen m³ sediment sinds 2008. Ongeveer de helft van dit volume komt voor rekening van de Nieuwe Waterweg (Figuur 3-44).



Figuur 3-43: Relatief hoogteverschil (m) per waterloop (exclusief Hollands Diep en Haringvliet) ten opzichte van referentiejaar 2008. Bron: Jaarrapportage sedimentbalans Rijkswaterstaat WNZ (2021)



Figuur 3-44: Volumeverschil per geanalyseerde riviertak voor de periode 2008 – 2021. Het totale verlies aan sediment bedraagt 12,5 miljoen m³. De waarden zijn inclusief menselijke ingrepen. Bron: Jaarrapportage sedimentbalans Rijkswaterstaat WNZ (2021)

In Bijlage E wordt de trend in bodemhoogte nader gespecificeerd voor de verschillende waterlopen.

3.4.5 Menselijke ingrepen in het systeem

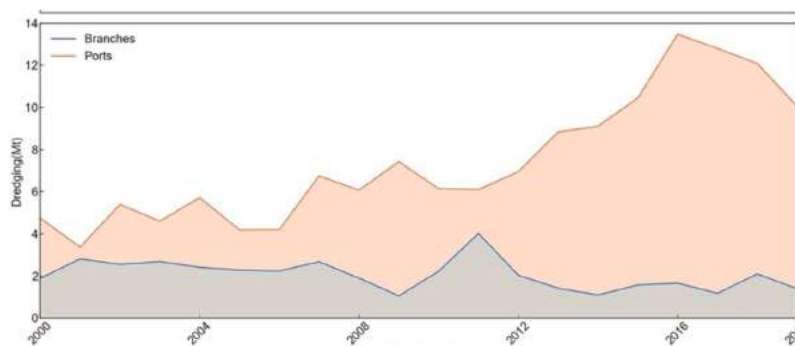
Omdat bodemhoogte sterk beïnvloed wordt door nautisch onderhoud, zandwinningen en suppleties van o.a. stortsteen wordt in deze paragraaf de menselijke ingrepen nader toegelicht.

Nautisch onderhoud en zandwinning

Naast de specifieke ingrepen in het beheergebied laat RWS nautisch baggeronderhoud uitvoeren door de markt. In 2021 werd ca. 1,7 miljoen m³ sediment gebaggerd voor nautisch onderhoud.

De grootste baggerhoeveelheden komen beschikbaar in de Merwedede, in totaal bijna 300.000 m³. Deze hoeveelheden bestaan hoofdzakelijk uit zandwinning en niet uit nautisch onderhoud. Ook in het Hollands Diep wordt veel gebaggerd omdat daar het fijne sediment uit de Maas bezinkt. In trajecten die niet genoemd zijn, het Haringvliet, de Biesbosch en het Spui vindt geen baggerwerk plaats. Niet al het materiaal gaat overigens verloren voor de Biesbosch Rijn-Maasmonding soms wordt het herverdeeld.

Door Cox (2022) is de totale massa aan baggerwerk in de vaarwegen en havens in beeld gebracht. Van 2000 tot 2012 liep dit langzaam op van 4 tot 7 Mton. Dit is ongeveer de hoeveelheid sediment die vanuit de zee en de rivieren het gebied bereikt. Tussen 2012 en 2019 is vooral het baggerwerk in de Rotterdamse havens sterk toegenomen tot 8 à 10 Mt per jaar. Dit volume is veel groter dan de jaarlijkse aanvoer naar het gebied en hier zien we vooral de incidentele verdieping van de Nieuwe waterweg en delen van de Nieuwe Maas en de aanleg van Maasvlakte 2 in terug. Het baggerwerk in de vaarwegen bleef in die tijd ongeveer gelijk. Aan het eind van de grafiek daalt het totale volume baggerwerk weer wat naar 10 Mt per jaar. De verwachting is dat het in de jaren daarna verder terug zal zakken omdat de eenmalige verlaging van de Nieuwe Waterweg is afgerond. De volumes blijven echter hoog.



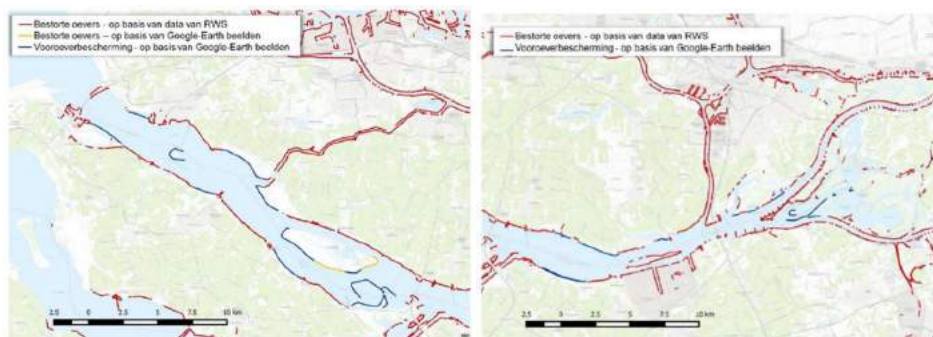
Figuur 3-45: Totale massa (in Mt) gebaggerd sediment in de BRM in de periode 2000-2019 (Uit Cox, 2022).

Beschermde oevers

Door sterke toename van de erosie van voormalige platen en gorzen zijn veel oevers beschermd door zogenaamde vooroevers. Na het wegvallen van de getijdestromingen in de afgesloten zeearmen werd de windgolfbeweging namelijk de dominante kracht en vanwege de sterk verminderde peïfluctuaties kwamen die windgolven ook steeds op hetzelfde niveau terecht in de oevers. Het leidde al snel tot een sterke erosie van de voormalige platen en gorzen. In enkele jaren werd de oever vaak meters teruggezet en het materiaal dat hierbij beschikbaar kwam verdween uit de oeverzone en kwam vooral terecht in de voormalige diepe getijdengeulen. Na verloop van tijd is een grote campagne gestart om de oevers te beschermen met stenen dammen, meestal gelegen op 50 tot 200 m uit de oever liggen (Figuur 3-46). Deze zogenaamde vooroevers vinden we langs vrijwel al de oevers van de zuidelijke lopen (zie Figuur 3-47). Alleen in smallere wateren met een kleine strijklengte zoals in de Biesbosch liggen nog onbeschermde oevers.



Figuur 3-46: Situatie bij de Korendijkse Slikken voor afsluiting (rond 1960), na afsluiting en fase van oeverafslag (1980) en na aanleg van de vooroevers (2010).



Figuur 3-47: Overzicht beschermde oevers in Haringvliet, Hollands Diep en enkele tussenlopen (onder) (Wijsman et al., 2018).

Ook in de noordelijke lopen en tussenlopen waar de getijdebeweging in takt bleef zijn de oevers vrijwel allemaal versterkt. Dit hing in de noordelijke lopen vooral samen met de functieverandering van het landgebruik op de oevers. De voormalige buitendijkse gebieden werden hier al vanaf de 19e eeuw omgezet ten behoeve van havens en woonlocaties, onderdeel daarvan was dat de oevers versterkt werden met steenbestorting en kademuren. Ook de bevaarbaarheid van de wateren droeg bij aan de verstening: om erosie door golfslag te voorkomen werden bestortingen uitgevoerd.

In de tussenlopen zijn in het vastleggen van de oevers verschillende fasen te onderscheiden. Vanaf het begin van de 20e eeuw ging het hier vooral om werken waarmee de vaargeul werd vastgelegd met een vaste breedte. Er bleven daardoor wel open oevers over, met intergetijdengebied. Aanvankelijk veranderde hier niet veel, behalve dat de oevers die hoger werden door sedimentatie in gebruik werd genomen voor andere functies. De laatste 20 tot 30 jaar zijn alsnog veel van deze oevers over de gehele lengte bestort. De oorzaak is de bodemerrosie van deze trajecten die voor een negatieve sedimentbalans zorgt en er netto meer sediment van de oevers verdwijnt dan er wordt aangevuld.

3.4.6 Deelgebieden uitgelicht

In deze paragraaf worden de Biesbosch, het Haringvliet en de Voordelta uitgelicht omdat dit drie gebieden zijn met een eigen identiteit, die morfologisch sterk zijn gewijzigd na het afsluiten van het Haringvliet.

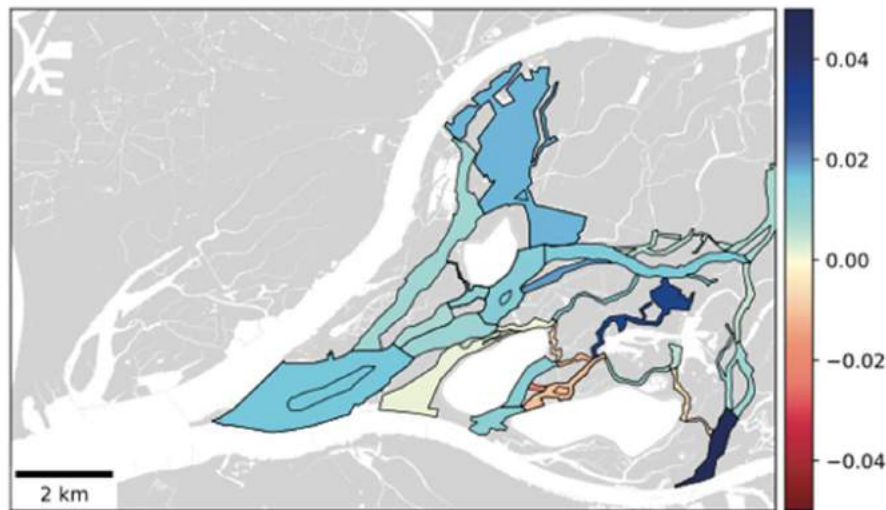
3.4.6.1 Biesbosch

Sinds het grootschalig herstel van de dynamiek in de Biesbosch heeft het water weer toegang tot een groot areaal, maar vanwege de beperkte getijslag/getij-indringing en de kleine hoeveelheden sediment die worden aangevoerd ontstaan er nauwelijks meer nieuwe platen en bestaande platen eroderen (Staatsbosbeheer, 2017). In het zuiden en het midden van de Brabantse Biesbosch staat de stroming onder invloed van het getij. In het noorden is de invloed van de rivier op de stroming dominant tijdens de hogere afvoeren vanuit de Nieuwe Merwede. De Grote Noordwaard gaat meestromen als de waterstand bij Werkendam > 2,0 m + NAP, komt overeen met ca. 6000 m³/s bij Lobith.



Figuur 3-48: Uitgedijkte gebieden in de Noordwaard (Brabantse Biesbosch) waar rivier- en getijdynamiek sinds ca 2015 weer toegang toe hebben.

Vanuit de Amer wordt in tegenstelling tot de Nieuwe Merwede weinig sediment de Biesbosch ingebracht en bepaald het getij de stroming. Hier vindt dan ook erosie plaats, terwijl waterlopen grenzend aan de Nieuwe Merwede juist sedimenteren (Figuur 3-49).



Figuur 3-49: Gemiddelde bodemhoogte verandering in [meter / jaar] voor de Brabantse Biesbosch (van der Deijl, 2018).

De beperkte hoeveelheid getijdewater wat vanuit de Amer naar binnenstroomt zorgt ervoor dat het sediment neergelegd wordt bij de ingang, terwijl de waterlopen verder het gebied in dan eroderen.

Langs de noordkant van het gebied gebeurt dit ook tijdens perioden met een lage rivierafvoer, als het getij ook daar dominant is. Dit verandert als de rivierafvoer toeneemt. De stroomsnelheden nemen dan toe en sedimentrijk water dringt dan verder het gebied in, waar het wordt afgezet op plaatsen met geringe stroming. In combinatie met hoge rivierafvoeren kan dit sediment dan ook op de hogere delen terecht komen.

Van het tussen 2014 en 2018 aangevoerde sediment uit de Amer (0.83 Mton) en de Nieuwe Merwede (2.21 Mton) trad 29% de Brabantse Biesbosch binnen. Van deze hoeveelheid blijft 12% achter in het systeem (ca 0,35 Mton), voornamelijk afkomstig uit de Nieuwe Merwede. De overige 88% spoelt weer door of wordt later weer afgevoerd tijdens perioden van hoge rivierafvoeren. (van der Deijl, 2018).

De grootste morfologische veranderingen vinden plaats in recentelijk (2009) ontpolderde gebieden zoals de Kleine Noordwaard en de Zuiderklip. Vooral de brede en diepe waterlopen sedimenteren met een maximale toename van 5 cm/jaar. De in- uitlaten naar deze nieuwe gebieden eroderen tot 1,4 m/jaar. Het gaat waarschijnlijk om tijdelijke veranderingen, tijdens de transitie naar een nieuw evenwicht.

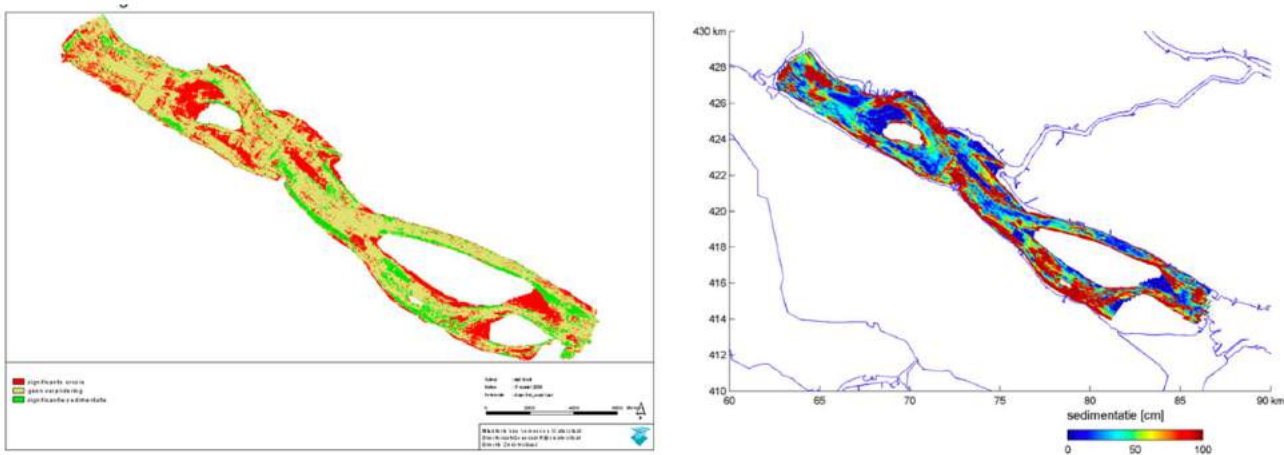
3.4.6.2 Haringvliet

Het Haringvliet is van een estuarium veranderd in een gestuwde rivierloop met beperkt getij. Het sediment wat aankomt in het Haringvliet kan in het stilstaande water bezinken. De snelheden van sedimentatie liggen naar schatting tussen de 1 en 3 mm per jaar (Van Maren en Wang, 2009) of tussen 2 en 10 mm per jaar (Becker, 2015). Rijkswaterstaat (2016) gaat uit van een sedimentatiesnelheid in het Haringvliet en Hollands Diep samen van 5 mm / jaar. De meeste sedimentatie vindt plaats in de diepere geulen (Figuur 3-50). In ondiepere, open delen zorgt golfwerking telkens weer voor heropname van het sediment in het water en is er geen sedimentatie of zelfs erosie. Er vindt dan ook een netto sediment transport plaats van de ondiepe delen naar de diepe delen.

In Figuur 3-50 is aangegeven waar in de periode sinds de afsluiting erosie is opgetreden en waar sedimentatie. De rode gebieden zijn de ondiepere delen waar door golfwerking sediment is losgewoeld, waarna het in suspensie komt. Bij het weer neerslaan komt een deel in de diepere delen terecht. De ondiepe delen hebben daarom te maken met nettoverlies, de diepe delen met nettowinst. De verliespost betreft vaak niet meer dan enkele decimeters, op de plaatsen waar het sediment terecht komt gaat het vaak om een meter of nog veel meer. Deze verspreiding van het sediment gaat ook op voor het aangevoerde sediment door de rivieren. Vooral in het Haringvliet is dit fijn sediment dat

initieel mogelijk wel nog op de hogere delen neerdwarrelt, maar later na opwerveling ook naar de diepere delen zal verdwijnen. Een deel van dit sediment is ook buiten het water op de hogere gorzen terecht gekomen.

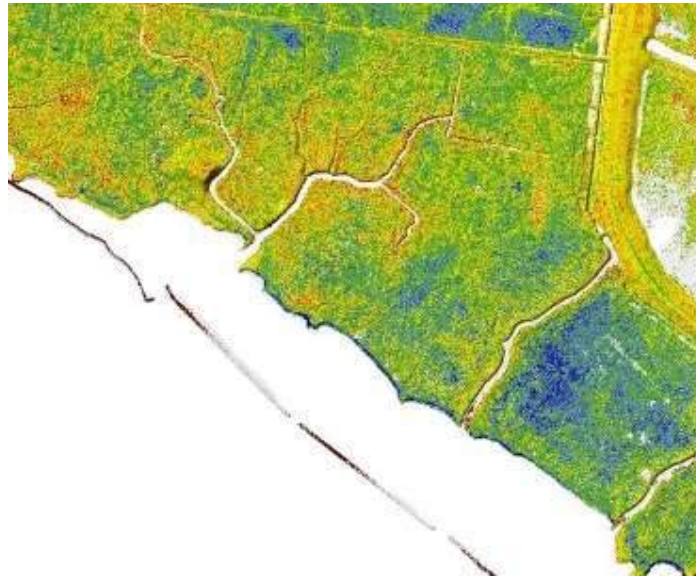
Het verlies aan sediment in de ondiepere delen betreft vooral fijner sediment en het gevolg is dat deze ondiepe delen gaandeweg relatief zandiger zijn geworden en de diepe delen juist met een sliblaag bedekt zijn (Van Maren en Wang, 2009). De verspreiding van zandige en slibbige delen is hiermee dus tegengesteld aan de situatie voor de afsluiting van het Haringvliet. Dit proces speelt ook in de oeverzones die binnen het bereik liggen van golven. Zelfs als er een vooroever is aangelegd is de golfwerking vaak nog voldoende om het fijne materiaal op te werfelen, wat vervolgens naar de diepere delen verdwijnt en incidentele hogerop de gors zal worden afgezet.



Figuur 3-50: Erosie en sedimentatiepatronen in het Haringvliet (links) Dikte afzettingen in het Haringvliet vanaf 1972 (rechts) Bron: Van Maren en Wang, 2009.

De sedimentatie in het Haringvliet bestaat tegenwoordig vooral uit fijn rivierslib, waar dat voor de afsluiting marien zand was. Aan slib hechten zich makkelijker verontreinigingen, zodat het grootste deel van de verontreinigingen na de sluiting is afgezet (Sloff, 2021). Vanaf begin jaren 80 is de emissie en aanvoer van verontreinigingen sterk afgenomen en in de rustige gebieden is het vervuilde slib daarom afgedekt door schoon sediment.

In de zuidrand van het Haringvliet liggen relatief veel buitendijkse gebieden die kunnen overstromen. Vooral de begroeide gebieden vangen dan vrijwel al het sediment in. Het overstromen van de begroeide gebieden gebeurt alleen tijdens de zeldzame hoogwaters zoals een hoog springtij en nog incidentele opzet door storm. Vooral in die laatste situatie is er ook vrij veel opgewerveld sediment in het water aanwezig, wat dan de hogere delen kan bereiken. De onderstaande hoogteverschilkaart van de Blanke Slikken op het eiland Tiengemeten (Figuur 3-51) laat zien wat dit proces van invangend slib door vegetatie betekent. Langs de randen van de kreek is de meeste sedimentatie opgetreden in 12 jaar. De gele en oranje kleuren betekenen resp. 0 tot 12,5 cm en 12,5 tot 25 cm bodemverhoging. In de groene en blauwe gebieden is er erosie (langs de randen) of inklinking van resp. 0 tot -12,5 cm en -12,5 tot -25 cm bodemverlaging. In de periode heeft een dijkversterking plaatsgevonden die ook terug te zien is in deze kaart.

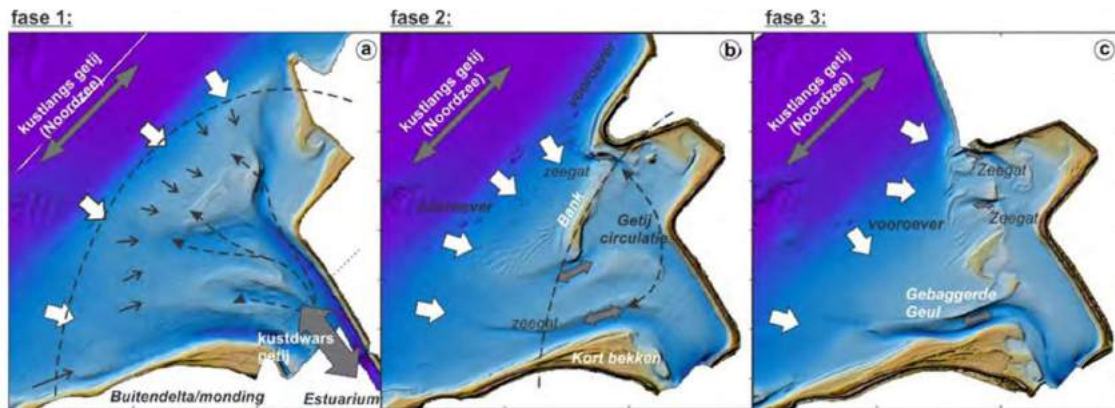


Figuur 3-51: Hoogteverschilkaart Blanke slikken (Tiengemeten) van de periode 2008-2020.

3.4.6.3 Voordelta

Sinds de Brielse Maas, het Haringvliet en de Grevelingen zijn afgesloten door de Deltawerken is de Voordelta, de ondiepe kustzone (tot ca 15 m diep) voor de Zuid-Hollandse en Zeeuwse eilanden, sterk in verandering. Voor de afsluiting stroomden er onder invloed van het getij dagelijks grote hoeveelheden zeewater de zeearmen in en uit en dat zorgde voor sterke in- en uitgaande stroomsnelheden (de kustdwarse stromingen). Sediment dat langs de kust beweegt, onder invloed van de kustlangse stroming, wordt door deze stromingen loodrecht op de kust heen een weer gevoerd, waardoor een uitstulping (buitendelta) in de kustlijn ontstaat. Zo'n buitendelta bestaat uit grote zandbanken, die deels bij eb droog kunnen vallen, doorsneden met een stelsel van geulen (zie fase 1 in Figuur 3-52). De zandbanken in de buitendelta groeien nooit tot zover boven de waterlijn uit dat ze begroeid raken of dat duinvorming op kan optreden.

Wanneer de kustdwarse stroming door de afsluiting van de zeearmen grotendeels wegvalt, begint een proces waarbij de buitendelta van vorm gaat veranderen. De voormalige dynamische evenwichtssituatie verdwijnt en het aan de buitenrand van de delta gelegen zand wordt door de nu dominante golf gedreven stroming de Voordelta in getransporteerd. De buitendelta wordt door deze veranderde stromingen gestaag kleiner en het naar de kustlijn gevoerde zand vormt nieuwe zandbanken dicht bij de kust. De uitstulping in de kustlijn verdwijnt en de nieuwe situatie is meer in lijn met de concave vorm van de Nederlandse kustlijn als geheel (fase 2 en 3 in Figuur 3-52).



Figuur 3-52: Conceptueel model van de verandering op de buitendelta van het Haringvliet na afsluiting van het zeegat (Van der Spek en Elias, 2019).

Tegelijk met de veranderingen in de buitendelta verandert ook de kustlijn van de aangrenzende eilanden. Door het wegvallen van de buitendelta komen de uitstekende koppen van de eilanden meer onder druk te staan. Zand dat hier erodeert beweegt langs de kust en zet zich af in de voormalige monding van het zeegat. In de Haringvlietmond is dit het duidelijkst zichtbaar waar zich in relatief korte tijd een aantal nieuwe strandwallen heeft gevormd (de Kwaade Hoek). Deze uitbreiding zorgt er tegelijk voor dat de diepe geul (het Slijkgat) die voor de kust langs loopt, van de kust af wordt weggeduwd. De Maasvlakte is tegenwoordig als het ware de noordelijke eilandkop van de Voordelta. Hier speelt zich eenzelfde proces af en zand vanaf deze kustlijn wordt naar het zuiden gevoerd en komt ook in de Voordelta terecht, waar het aan de zuidwestpunt van de Maasvlakte een strandwal gevormd, in de vorm van een strandhaak. Deze strandhaak duwt ook een geul (het gat van Hawk) weg van de kust.

Achter het stelsel van zandbanken en strandwallen dat zich in fase 3 in de lagune heeft gevormd, ontstaat een relatief rustig gebied waar ook veel fijn sediment kan bezinken. Hoe rustiger een gebied, hoe sneller deze sedimentatie verloopt, met relatief meer slib. Slibafzettingen vinden we in de huidige Voordelta vooral in de luwe zones tussen de strandwallen van de Kwaade Hoek en in de kom ter hoogte van de vroegere uitmonding van de Brielse Maas. Dit laatste gebied ligt ingeklemd tussen de Maasvlakte en de kust van Voorne en er is geen uitstroom van rivierwater zoals er bij de mond van Haringvliet wel is.

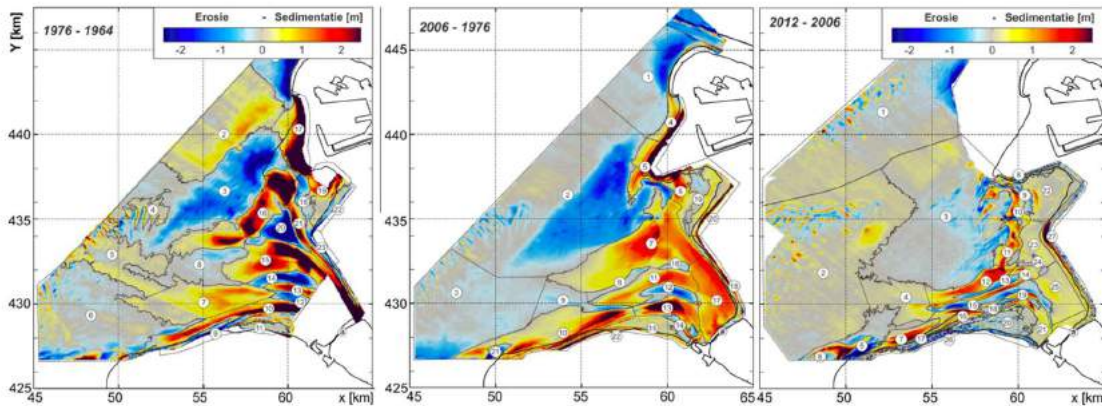
Het afsluiten van de zeearmen (Brielse Maas en Haringvliet) is de belangrijkste antropogene gebeurtenis in de Voordelta gebied die tot de grootschalige morfologische veranderingen hebben geleid. Daarnaast is ook de aanleg van de Maasvlaktes belangrijk geweest omdat daardoor de vaste kustlijn in het noorden verder naar buiten is komen te liggen. Dit heeft de lagunevorm van het gebied versterkt en het noordwaarts gerichte transport als gevolg van getijdenstromingen vermindert. Het meeste zand dat vanaf de buitendelta erodeert komt sindsdien in de lagune terecht. Tenslotte spelen ook suppleties (op de kop van Goeree, bij het Flaauwe Werk, de kop van Voorne en de Maasvlakte) een belangrijke rol omdat die voor een onuitputtelijke bron van zand zorgen dat vanaf de kusten naar het gebied migreert. Zonder deze suppleties was de aanvulling van het gebied minder snel verlopen.

Het proces van een buitendelta, die langzaam wordt opgerold in de richting van de kustlijn, is nog steeds aan de gang. De nieuwe evenwichtssituatie is namelijk nog niet bereikt en zal naar verwachting nog enkele decennia op zich laten wachten. Wel zullen verschillende processen gaandeweg langzamer gaan verlopen. Hierna wordt in detail nog wat verder ingegaan op de verschillende morfologische processen in de Voordelta.

Historische bewegingen van zand en slib naar en binnen de Voordelta

Verreweg het meeste sediment dat in de Voordelta in beweging is, is zand dat lokaal is geërodeerd en na een korte afstand weer neerslaat. Door Elias & van der Spek (2014) is berekend dat tussen 1965 en 1980 in totaal 57 Mm³ sediment in de Voordelta voor het Haringvliet is verplaatst en gesedimenteerd. Dit komt neer op een positieve balans van 3,8 Mm³ per jaar. In vergelijking met andere gebieden in de RMM is dit een zeer groot volume, ongeveer net zo groot als al het totale sedimenttransport (vanuit zee en rivier samen) in de rest van de RMM. Sinds 1980 is er echter sprake van netto erosie in de Voordelta. Deze afname verliep tot 1990 vrij snel en is daarna kleiner geworden. Tussen

1980 en 1990 bedroeg de afname in totaal 21 Mm³ (2,1 mm³ per jaar) en tussen 1990 en 2010 ging het om 12 Mm³, wat neerkomt op 0,6 Mm³ per jaar. Waarschijnlijk is de aanleg van de Maasvlakte de oorzaak van deze verminderde erosie, omdat de noordwaarts gerichte getijstroom sindsdien minder zand kon opnemen vanaf de rand van de buitendelta (Elias, 2014). In Figuur 3-53 is in drie opeenvolgende fasen zichtbaar gemaakt waar erosie (blauw) en sedimentatie (geel en rood) op zijn getreden. Duidelijk zichtbaar is hoe de morfodynamiek vooral in de beginfase zeer groot was en langzaam vermindert (NB. De verschillende fasen in de kaartjes zijn ongelijk in tijdsperiode). Hoewel de Voordelta morfologisch zeer dynamisch blijft als respons op de wijziging van kust-geometrie en stromingen tendeedt het systeem naar een evenwichtssituatie.



Figuur 3-53: Erosie en sedimentatie Voordelta Haringvliet in 3 fasen: 1) vanaf afsluiting Brielse Maas en aanleg Haringvlietdam (gesloten in 1970), 2) vanaf aanleg Maasvlakte en 3) vanaf aanleg Maasvlakte II (Elias, 2014).

Ruwweg zijn er 3 hoofdbewegingen te onderscheiden in het sedimenttransport: 1. materiaal dat vanaf de voordelta kustwaarts wordt verplaatst en 2. sediment dat respectievelijk uit het zuiden en het noorden langs de kust naar de voormalige monding van de zeearm wordt gevoerd. Bij deze stromen gaat het vooral om zand; daar bovenop is er ook 3. slib dat grotendeels van buiten het gebied via de kustlangse slibstroom naar het gebied wordt gevoerd en in de stroomluwe gebieden neerslaat. Vanuit het Haringvliet bereikt, vooral tijdens perioden van verhoogde rivierafvoer (ca 30 dagen per jaar), ook nog steeds een beperkte hoeveelheid slib het gebied (zie Figuur 3-53). Waarschijnlijk bereikt er ook zand vanuit de noordwaarts gerichte kuststroom het gebied, maar tegelijkertijd staat het gebied ook weer zand af aan deze stroom.



Figuur 3-54: Uitstroom van slibrijk rivierwater tijdens een periode van verhoogde rivierafvoer op links: 14/03/19 (Boven-Rijn: 5.700 m³/s en Maas: 1.500 m³/s) die gemiddeld 5 d/j optreedt en rechts twee weken later (Boven-Rijn: 2.400 m³/s en Maas: 350 m³/s) die gemiddeld 100 d/j optreedt en waarbij de Haringvlietluis weer grotendeels gesloten is.

In 2022 is een uitgebreide studie gedaan naar de recente ontwikkelingen in de Voordelta (Arcadis 2022). Hierbij zijn gegevens van eerder onderzoek gebruikt, aangevuld met recente data en modelberekeningen. Hieruit komt een goed beeld naar voren van de huidige sedimentstromen in de Voordelta en de richting waarin het gebied zich ontwikkelt (Figuur 3-55).



Figuur 3-55: Conceptueel model van huidige sedimentstromen in de Voordelta. Bron: Arcadis, onderzoek aanzanding kust Haringvlietmonding, 2022

Deze processen worden ondersteund door analyse van satellietbeelden (Figuur 3-56), waarin de recente beweging van de zandplaten in de Voordelta in beeld gebracht. De volgende ontwikkelingen vallen op:

1. Bij de zuidpunt van de Maasvlakte is een langgerekte strandhaak ontstaan; waardoor de geul (het gat van Hawk) die hier ligt is afgesloten en verschoven. Het water dat hierdoor in- en uitstroomt moet nu met een grote omweg onder de strandhaak door.
2. Een aantal kleinere zandbanken beweegt hier relatief snel (300 tot 400 m in 5 jaar) in oostelijke richting
3. Deze zandbank sluit langzaam de baai af tussen de Maasvlakte en Voorne, waardoor het gebied ten oosten van deze bank steeds rustiger wordt en er meer slib zal bezinken. Voor de aanleg van de Nieuwe Waterweg was dit de monding van de Brielse Maas en toen nog ca 10 m diep. Nu ligt het rond NAP.
4. De Hinderplaat schuift langzaam verder naar de kust, beweegt minder snel dan de kleine zandbanken in het noorden, maar het gebied ten oosten van de Hinderplaat wordt steeds smaller. De vrij diepe geul (het Rak van Scheelhoek) die hier ooit lag is inmiddels grotendeels opgevuld.
5. De Kwade Hoek is vooral na de afsluiting van de Haringvliet in 1970 snel aangegroeid, maar de oostrand laat zien dat er nu niet zoveel meer verandert. Ook de kustlijn in oostelijke richting is stabiel gebleven.
6. Vanuit de Noordzee wordt nog steeds zand aangevoerd naar de Hinderplaat. Hier zijn kleine zandbankjes ontstaan die langzaam naar de zuidpunt van de Hinderplaat bewegen. Deze zuidpunt is in de afgelopen 5 jaar ook een naar de kust bewogen en het zeegat, tevens vaarroute, is daardoor een smaller geworden. Deze uitbreiding is ook het gevolg van golven die langstransporten veroorzaken over de Hinderplaat, die het sterkst zijn bij het zuidelijke uiteinde.



Figuur 3-56: De beweging van de zandplaten in de Voordelta is goed te volgen via satellietbeelden. Op deze foto de veranderingen tussen voorjaar 2017 (gele contouren) en voorjaar 2022 (ondergrondfoto).

3.5 Zoet-zout-overgangen

3.5.1 Fysisch proces

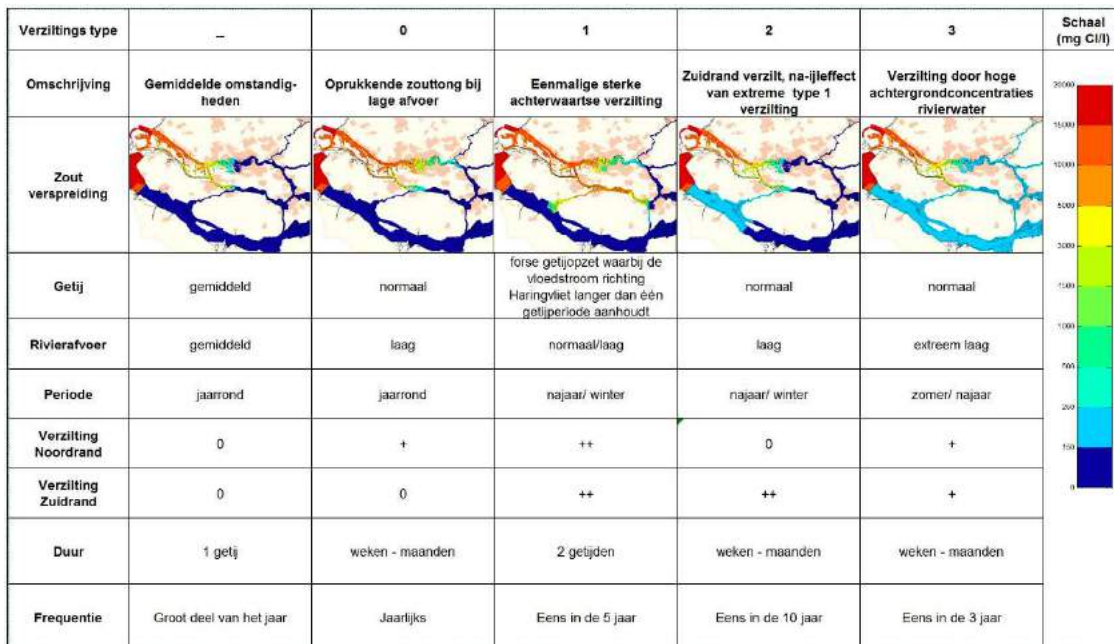
Door de menging van rivierwater met zeewater ontstaat in estuaria een zoet-zoutgradiënt. De grens tussen zoet en zout water wisselt in de tijd en in de driedimensionale ruimte. In de lengte en breedteligging speelt de dagelijkse dynamiek van eb en vloed een rol, maar ook springtij, doortij en stormen beïnvloeden de grens tot hoever het zoute water de monding kan binnendringen. De rivier zorgt met de toevoer van zoet water voor tegendruk, met een afvoer die wisselt als gevolg van seizoensdynamiek en incidentele perioden van extreme regenval of droogte in het stroomgebied van de rivier.

Als een estuarium onvoldoende dynamisch is, kan er ook sprake zijn van een zoet-zout gradiënt in de diepte. Zout water zakt, als gevolg van het hogere soortelijk gewicht, naar de bodem, terwijl zoet water er bovenop drijft. In systemen met weinig dynamiek water treedt deze stratificatie op. Het zoute en zoete water drijven boven op elkaar, waarvan de zouttong zich landinwaarts kan verplaatsen over de bodem en het zoete rivierwater zeewaarts in de richting van de afvoer. Veel estuaria kennen geen duidelijke zouttong, maar zijn goed gemengd.

3.5.2 Huidige situatie

In de Biesbosch Rijn-Maasmonding dringt zout zeewater met de getijdengolf het gebied in via de Nieuwe Waterweg (zie paragraaf 3.2.1), vanaf daar verspreidt het zich naar de verbindende waterlopen zoals de Oude Maas. Daarnaast komt er (beperkt) zout water binnen via de sluisen bij Stellendam en ook tijdens het 'kieren', zie paragraaf 3.5.4.

Onder normale omstandigheden komt in het noordelijke deel het zoute water ongeveer tot Rotterdam. Bij lagere rivierafvoeren komt het zout steeds verder landinwaarts. Figuur 3-57 laat de verschillende verziltingssituaties in de Rijn-Maasmonding zien met de frequentie van voorkomen. De verzilting in de noordelijke takken (Nieuwe Maas, Hollandsche IJssel & Lek) is afhankelijk van de windopzet en de rivierafvoer.

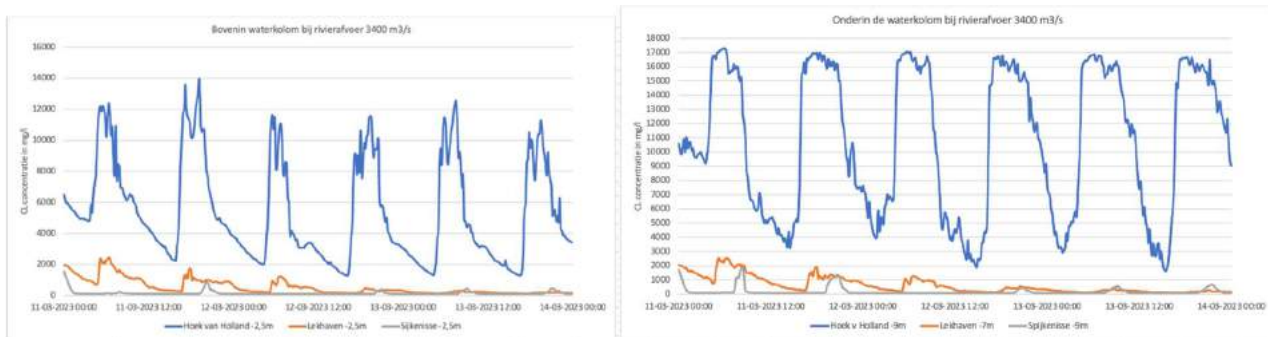


Figuur 3-57: Verzilting van de Rijn-Maasmonding onder verschillende omstandigheden

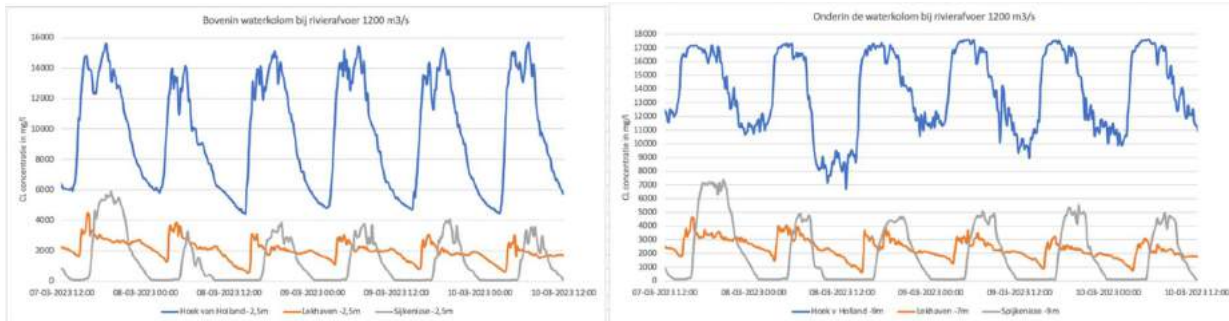
Via de Oude Maas kan het zoute water ook het zuidelijke deel bereiken. Bij gemiddelde omstandigheden komen lichtelijk verhoogde zoutconcentratie (150-250 mg/l) voor tot aan de verbinding met het Spui. Figuur 3-57 laat zien dat wanneer het Spui verzilt en het zout het Haringvliet bereikt, de Dordtsche Kil ook grotendeels (lichtelijk) verzilt is, dit komt door het fenomeen van achterwaartse verzilting.

Bij achterwaartse verzilting is de tegendruk van het zoete water zo gering dat het zout via het Spui het Haringvliet bereikt. Het opduwen van zout door de Nieuwe Waterweg, via de Oude Maas naar het Spui door windopzet speelt hierbij ook een rol. Door de lage afvoeren en windopzet wordt de vloedstroom als het ware verlengd en stroomt zoutwater langer dan één cyclus het gebied in. Wanneer de rivierafvoeren laag blijven, en er vanuit het Haringvliet niet kan worden geloosd blijft het zout hangen in het Haringvliet.

Hoe ver het zoute water binnen kan dringen, is dus onder andere afhankelijk van het rivierwater. Hoe lager de rivierafvoer, hoe verder het zoute water binnen kan dringen. In de onderstaande figuren is voor een hoge en lage afvoer het zoutgehalte weergegeven voor drie meetpunten langs de Noordrand: Hoek van Holland (Nieuwe Waterweg), Lekhaven (Nieuwe Maas) en Spijkenisse (Oude Maas).



Figuur 3-58: Verloop van het zoutgehalte bovenin (links) en onderin (rechts) de waterkolom gedurende 3 dagen met een licht verhoogde rivierafvoer ter hoogte van Hoek van Holland (blauwe lijn), Lekhaven (oranje lijn) en Spijkenisse (grijze lijn).



Figuur 3-59: Verloop van het zoutgehalte bovenin (links) en onderin (rechts) de waterkolom gedurende 3 dagen met een lage rivierafvoer ter hoogte van Hoek van Holland (blauwe lijn), Lekhaven (oranje lijn) en Spijkenisse (grijze lijn).

Uit de figuren zijn de volgende conclusies te trekken:

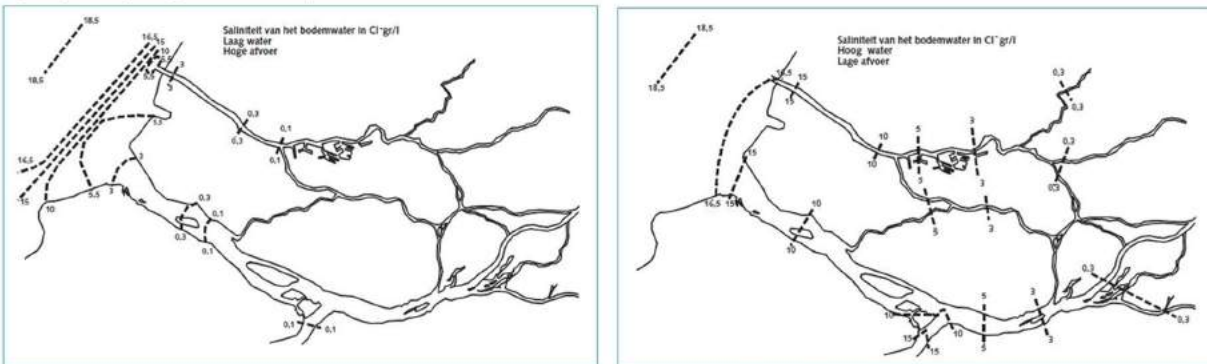
- Er is een groot verschil in zoutgehalte tussen de monding en ca 20 km binnengaats waar Spijkenisse en Lekhaven liggen.
- In de Nieuwe Maas (Lekhaven) en Oude Maas (Spijkenisse) is het binnendringende zoute water tijdens vloed duidelijk waarneembaar. In de Oude Maas wordt het water tijdens laagwater weer geheel zoet, in de Nieuwe Maas blijft in de hele waterkolom brakwater achter.
- Bij licht verhoogde rivierafvoeren kan het zoete water bijna tot bij Hoek van Holland komen. Dit gebeurt vooral tijdens perioden van laagwater.
- Bij lage rivierafvoeren komt het zoetere water nog wel tot in het mondingsgebied, maar blijft het zoutgehalte er veel hoger, vooral aan de bodem.
- Ook bij lage rivierafvoeren zijn de verschillen in zoutgehalte aan de bodem en bovenin de waterkolom klein. Er is dus maar zeer beperkt sprake van een zouttong die over de bodem beweegt, maar meer van een verticaal zoutfront dat met het getij mee het gebied in dringt.

- Bij opkomend tij begint het zoutgehalte het eerst onder in de waterkolom op te lopen. Boven in de waterkolom duurt dat veel langer tot ongeveer het moment van de kentering. Vervolgens blijft het water zout tot de waterstand het laagste niveau heeft bereikt.

3.5.3 Oorspronkelijke situatie

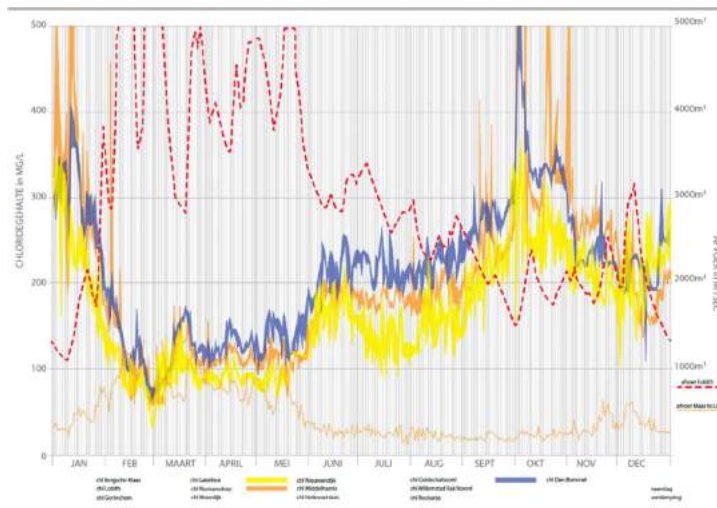
In de situatie voor de afsluiting in 1970 zorgde het getij vanuit zee en de wisselende afvoer van zoet water door de rivieren Rijn en Maas voor een voortdurend wisselend overgangsgebied tussen zout en zoet water in de gehele Biesbosch Rijn Maasmonding. Gezien het estuariën karakter is er voor 1970 ook geen sprake van verzilting maar is de zout- zoutbalans onderdeel van het systeem. We spreken pas van verzilting sinds het Haringvliet door de dam als zoetwater meer wordt beschouwd.

Waar in de huidige situatie het Haringvliet, Hollands Diep en Biesbosch geen brakwaterzone bevatten was dit voor de afsluiting van het Haringvliet anders. Bij gemiddelde afvoer was het Haringvliet geheel brak; de overgang naar sterk brak water lag meestal in zee. Bij zeer grote rivierafvoeren werd zelfs de overgang van zoet naar brak in zee teruggedrongen (Figuur 3-60). Bij lage afvoeren in combinatie met vloed kon zwak brak water gedurende korte tijd ver het binnenland indringen (Driesprong et al., 1998).



Figuur 3-60: Chloride-gehalte van het water bij de bodem in het benedenrivierengebied tijdens laag water en bij een hoge rivierafvoer (A= links) en tijdens hoog water en bij een lage rivierafvoer (B= rechts) vóór de uitvoering van de Deltawerken (Driesprong et al., 1998).

Door de bouw van de Haringvlietdam zelf (voordat de sluis operationeel waren) werd het zoutgehalte in het Haringvliet al enorm beïnvloed. Dit komt omdat diepe getijdegeulen werden afgesloten, waardoor getijdeninvloed werd verminderd en daarmee de zoutgehalte. (Figuur 3-61). In het figuur is het verloop van het chloridegehalte op drie locaties in het Haringvliet in het jaar 1970 zien in relatie tot de Rijn- en Maasafvoer. Dit was het jaar dat de Haringvlietdam al gereed was, maar de sluisen nog niet in werking waren. De pieken in het zoutgehalte bij lage rivierafvoeren lagen vermoedelijk tussen de 500 en 1.000 mg Cl/l (schatting). Dit is een heel stuk lager dan de zoutgehalten vóór de afsluiting (3.000-10.000 mg Cl/l, zie Figuur 3-60-B). De figuur laat zien dat de bouw van de Haringvlietdam al een enorme invloed had op het zoutgehalte en is daardoor een goede referentie voor zoutgehalten bij het verder openen van de haringvlietssluisen.



Figuur 3-61: Verloop van het chloridegehalte op 3 locaties in het Haringvliet in het jaar 1970 in relatie tot de Rijn- en Maasafvoer. Dit was het jaar dat de Haringvlietdam al gereed was, maar de sluizen nog niet in werking.

3.5.4 Aangepast beheer Haringvlietsluizen (Kier)

In het jaar 2000 is ervoor gekozen om de Haringvlietsluizen in beperkte mate open te stellen. Dit is vastgelegd in het Besluit Beheer Haringvlietsluizen (RWS, 2009). Daarin is afgesproken dat de sluizen op een kier worden gezet als de waterstand op zee hoger is dan op het Haringvliet. Hierdoor stroomt er zeewater in het Haringvliet. Om dit mogelijk te maken, zijn compenserende maatregelen genomen om de zoetwatervoorziening voor de omliggende functies te borgen.

Het aangepaste beheer van de Haringvlietsluizen is in eerste instantie gericht op een betere vismigratie vanuit zee naar de grote rivieren (Rijn en Maas) en omgekeerd: trekvissen waaronder zalm en zeeforel kunnen de sluizen passeren richting de stroomopwaarts gelegen paaigebieden.

Tevens draagt de uitwisseling van zoet en zout water (beperkt) bij aan de ontwikkeling een brakwater zone in het westelijk deel van het Haringvliet. De verwachting is echter dat alleen in de diepere delen van het Haringvliet zoet-zout overgangen kunnen ontstaan. De ondiepe oeverzones en overige delen van het Haringvliet blijven (permanent) zoet.

Met lerend implementeren wordt onderzoek gedaan, naar het transport en verspreiding van zoutwater tijdens het kieren. De resultaten van deze onderzoeken worden in de komende jaren gepubliceerd.

3.6 Abiotische waterkwaliteit

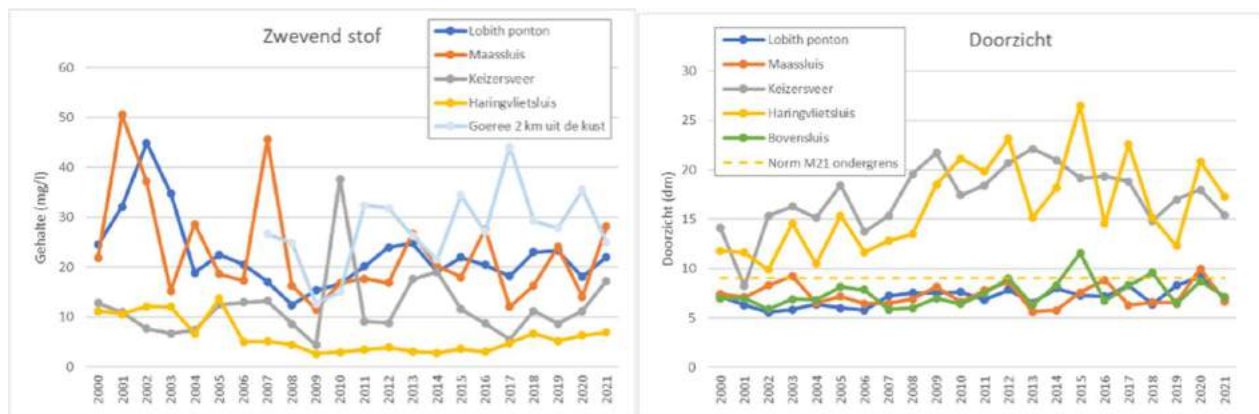
3.6.1 Zwevend stof/ doorzicht

Het voorkomen van troebel water is kenmerkend voor estuaria. Hoge concentraties zwevende stoffen maken dat het water nooit helemaal helder wordt. De zwevende stoffen komen op twee manieren in het estuarium terecht:

- De rivier voert tijdens haar tocht naar de zee slib met zich mee.
- Het getij voert sediment vanuit zee naar het estuarium.

De dynamiek van de getijdenbeweging doet bovendien veel bodemmateriaal omhoogkomen.

De troebelheid (of turbiditeit) bereikt een maximum op de plaats waar de inwaartse stroom van zout water stopt en het zich gaat mengen met zoet water (troebelheidsmaximum). Hier komen vaste deeltjes samen, stroomafwaarts vervoerd door het rivierwater en stroomopwaarts aangevoerd door het zeewater. Door een combinatie van fysische, chemische en biologische processen vormen zich op dit punt bovendien organische vlokken. De positie van dit maximum kan zich verplaatsen in perioden van langdurige droogte of hevige regenval. Op plaatsen met permanent lage stroomsnelheden bezinkt het slib.



Figuur 3-62: Zwevend stof in het water (links) en doorzicht in het zomerhalfjaar (rechts).

In Figuur 3-62 is het zwevend stofgehalte (links) en het doorzicht (rechts) weergegeven voor de meetpunten Lobith (inkomend Rijnwater), Keizersveer (inkomend Maaswater), Maassluis (uitgaand water noordrand) en Haringvlietsluis (uitgaand water zuidrand). Aan de zuidrand zijn de gehalten zwevend stof beduidend lager dan aan de meer dynamische noordrand.

Een opvallende ontwikkeling is de toename van het doorzicht in het Haringvliet in het zomerhalfjaar. Dit kan worden toegeschreven aan het stagnante karakter van deze wateren (weinig dynamiek) en de ontwikkeling van de quaggamossel (Reeze et al., 2020b en 2021). De quaggamossel kan hoge dichtheden bereiken en filtert algen en zwevend stof uit de waterkolom. Het tussenliggende Hollands Diep (meetpunt Bovensluis) is minder helder en wordt gedomineerd door het inkomende Rijnwater dat meer zwevend stof bevat.

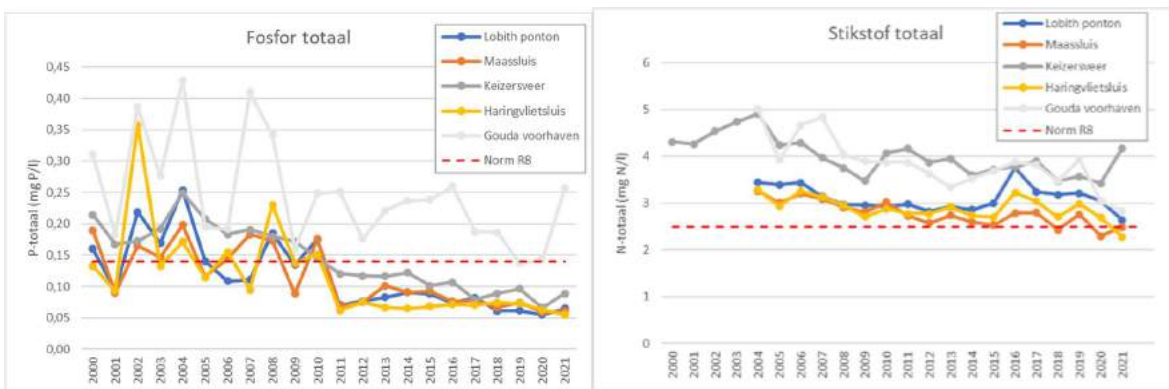
3.6.2 Organische en milieuvreemde stoffen

Estuaria zijn van nature voedselrijke en hoog productieve systemen. Dit wordt veroorzaakt door verschillende factoren. In de eerste plaats is er in estuaria sprake van een voortdurende aanvoer van organisch materiaal, met name vanuit de rivier maar ook vanuit zee. De organische stof is opgelost in water of gebonden aan slib. In de overgang van zoet naar zout water sterven tevens meegevoerde bacteriën, fytoplankton en zoöplankton af. De organische vlokken die hierdoor ontstaan vormen bovendien een belangrijke bron van organische stof. Ten slotte worden estuaria gekenmerkt door de aanwezigheid van veel ondiepe plekken. Op deze plekken is er veel licht en warmt het water snel op,

waardoor diverse biologische processen sneller verlopen, zoals de afbraak van organisch materiaal, (primaire) productie van algen en planten en de groei van macrofauna en vis. De beschikbare organische stof vindt hun weg naar het plaatselijk voedselweb met vaak grote concentraties aan plankton, wormen, kreeftachtigen en weekdieren tot gevolg.

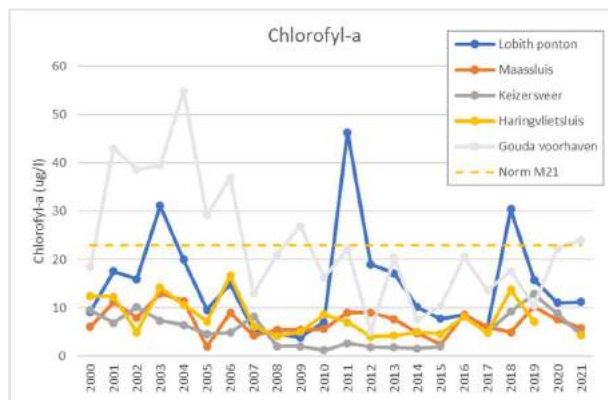
In Figuur 3-63 is de ontwikkeling van de voedselrijkdom in het water weergegeven voor de meetpunten Lobith (inkomend Rijnwater), Keizersveer (inkomend Maaswater), Maassluis (uitgaand water noordrand) en Haringvlietsluis (uitgaand water zuidrand).

De voedselrijkdom van het water van de grote rivieren neemt al jaren af (Reeze et al., 2017 en 2020). De gehalten voor totaal fosfor liggen daarbij al een aantal jaren ruim onder de KRW-norm. Uitzondering is de Hollandsche IJssel (locatie Gouda Voorhaven); hier liggen de fosfor-gehalten aanzienlijk hoger. Voor totaal stikstof is het beeld anders: hier liggen de waarden nog grotendeels boven de KRW-norm. Hierbij liggen de gehalten benedenstrooms (Maassluis, Haringvlietsluis) lager dan bovenstrooms (Lobith en Keizersveer).



Figuur 3-63: Totaal fosfor (links) en totaal stikstof (rechts) in het water

In de onderstaande figuur is de ontwikkeling van de algengroei (chlorofyl-a) weergegeven als maat voor de primaire productie in het water. Het gehalte aan zwevende algen (chlorofyl-a) in het water is met ca 10 µg/l vrij laag. In (beneden)rivieren geldt er geen KRW-norm voor fytoplankton. Ter indicatie is de norm voor afgesloten zee-armen zoals het IJsselmeer getoond (gele gestippelde lijn); de gehalten liggen hier ruim onder. Hierbij geldt dat een score onder de norm juist goed is(!), dit geeft namelijk aan dat de algenconcentratie op een gezond peil zit, en er dus geen sprake is van algenbloei, wat kan duiden op eutrofiëring. Bij de lagere concentratie fytoplankton speelt filtering door quaggamosselen (exoot) ook een belangrijke rol. In Hoofdstuk 5 Biotiek is fytoplankton in nader detail behandeld.



Figuur 3-64: Chlorofyl-a als maat voor de primaire productie in het water

3.6.3 Zuurstof

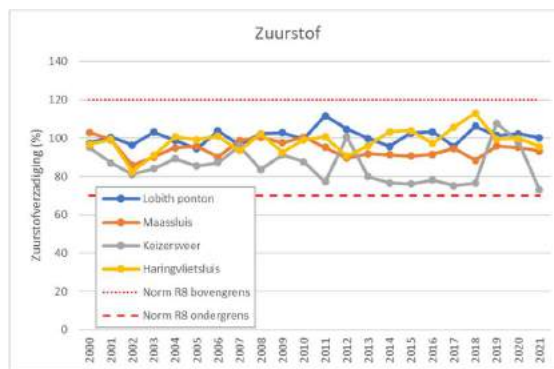
De hoeveelheid opgelost zuurstof is een essentiële parameter voor het ecologisch functioneren van waterecosystemen. Voor veel organismen is het zuurstofgehalte in het water cruciaal om te kunnen overleven.

Het zuurstofgehalte in het water is afhankelijk van verschillende processen. De belangrijkste processen in estuaria zijn zuurstofverbruik door de afbraak van organisch materiaal dat wordt aangevoerd en wordt gevormd (zie eerdere paragrafen) en het oplossen van zuurstof vanuit de lucht in het water (reaëratie). Dit proces wordt versterkt door een sterke menging als gevolg van de waterbeweging.

Op plekken waar onvoldoende menging plaatsvindt, kan zuurstofloosheid optreden. Dit is met name relevant voor de plekken waar zoet water en zout water bij elkaar komen. Als in een gestratificeerd systeem afgestorven algen uit de bovenste (zoetere laag) naar beneden zakken, kan de afbraak van dit organisch materiaal tot zuurstofloosheid leiden. Dit proces kan ook optreden in diepere waterbekkens zoals het Haringvliet en het Hollands Diep, waar stratificatie kan ontstaan als gevolg van de temperatuur (warme laag boven en koude laag onder).

Samenhangend met de gradiënt in troebelheid is er nog een andere belangrijke gradiënt die in zuurstofgehalte. Ook ter plaatse van het troebelheidsmaximum treedt een verlaagd zuurstofgehalte op. Dit heeft te maken met de afbraak van het organisch materiaal dat zich ophoopt in het troebelheidsmaximum.

Estuaria zijn van nature voedselrijke en hoog productieve systemen. Hierbij is de kwaliteit van het Maaswater wat slechter dan de kwaliteit van het Rijnwater (Figuur 3-65).



Figuur 3-65: Zuurstofverzadiging (%) in het bovenste oppervlaktewater

Bovenstaande metingen zijn alleen representatief voor eerste meter van de waterkolom. Uit metingen is gebleken dat zuurstofloosheid zich alleen voordoet in de diepe delen van het Haringvliet (Reeze et al., 2020b). De diepte waarop dit voorkomt varieert globaal tussen de 15 en 35 m. Zuurstofloosheid ontstaat met name bij lage rivier afvoeren waarbij er niet gespuid kan worden (< 1.100 m³/s). Bij hogere rivier afvoeren was er voldoende zuurstof op 35m diepte. Het verwachte ecologische effect van zuurstofloosheid is klein omdat de diepe delen waarschijnlijk weinig organismen bevatten en het totale oppervlak ervan relatief klein is: in het Haringvliet-west is circa 4% van het oppervlak dieper dan 15 m.

3.6.4 Milieuvreemde stoffen

Tabel 3-5 & Tabel 3-6 tonen alle normoverschrijdingen voor prioritaire stoffen en specifieke verontreinigende stoffen in waterlichamen in de Rijn-Maasmonding zoals gerapporteerd door Rijkswaterstaat (Osté et al., 2022).

Op basis van het biotameetnet van Rijkswaterstaat zijn er 9 parameters (deels individuele, deels gesommeerde stoffen) die de *KRW-normen voor biota* overschrijden: benzo[a]pyreen (BaP), kwik (Hg), som van 6 polybroomdifenyylethers (sPBDE6), fluorantheen (Flu), som heptachloor en cis-heptachloorepoxide (sHpC11), som van 29 dioxines en dioxineachtige stoffen (sDOnxs29), som van lineaire en vertakte PFOS (sInvertPFOS), benzo[a]antracene (BaA), chryseen (Chr).

Een aantal stoffen vormt in het hele rivierengebied een probleem (benzo[a]antraceen, benzo[a]pyreen, sHpCl1, som PBDE6, som PFOS). Kwik4 lijkt vooral een probleem te vormen in het Rijnstroomgebied. Fluorantheen en chryseen overschrijden de biotanorm alleen in de Hollandsche IJssel. De dioxines vormen een probleem in het Noordelijk deel (Hollandsche IJssel) en in het Haringvliet Oost/ Hollandsch Diep, maar ook in de Nieuwe Maas en Nieuwe Waterweg (Osté et al., 2022).

Van de anorganische stoffen (voornamelijk metalen, maar ook ammonium) overschrijden zilver (MAC-MKN), arseen (JG-MKN/MAC-MKN), kobalt (JG-MKN), seleen (JG-MKN), zink (MAC-MKN) en ammonium (JG-MKN/MAC-MKN) de norm in één of meerdere waterlichamen. Kwik overschrijft in drie waterlichamen niet de biotanorm, maar dit komt door het ontbreken van metingen in vis (Osté et al., 2022).

Van de organische stoffen overschrijft een zestal PAK de JG- en/of MAC-normen in het hele gebied: benzo(b)fluorantheen (BbF: MAC-MKN), benzo(ghi)peryleen (BghiPe: MAC-MKN), benzo[a]pyreen (BaP: JG-MKN), fluorantheen (Flu: JG-MKN), benzo[a]antraceen (BaA: JG-MKN/MAC-MKN) en chryseen (Chr: JG-MKN/MAC-MKN). Naast deze PAK overschrijden de volgende stoffen de norm in een of meerdere waterlichamen: TBT (JG-MKN/MAC-MKN), cypermethrin (JG-MKN/MAC-MKN), deltamethrin (MAC-MKN), en lambda-cyhalothrin (MAC-MKN). Voor cypermethrin, deltamethrin en lambda-cyhalothrin (behorend bij de pyrethoiden) geldt dat er alleen in het Maasstroomgebied (incl. Hollandsch Diep/Haringvliet Oost) overschrijdingen worden gerapporteerd. TBT overschrijft in waterlichamen Oude Maas en Hollandsche IJssel (en ook in de Nieuwe Maas en de Nieuwe Waterweg). Samen betreft dat het gebied rond Rotterdam (Osté et al., 2022).

Tabel 3-5: Prioritaire stoffen die in één of meerdere waterlichamen de norm overschrijden (bron: RWS-spreadsheet: Overzicht_probleemstoffen_waterlichamen_toetsing2021, d.d. 12-07-2021). Er wordt aangegeven of het gaat om overschrijding van de biotanorm (BIO), de jaargemiddelde concentratienorm (JG) of maximale concentratienorm (MAC).

	Alomtegenwoordige PBT-stoffen ²					
	BaP	BbF	BghiPe	Hg	sPBDE6	TC4ySn (TBT)
Dordtse Biesbosch	BIO	MAC	MAC	JG	BIO	
Boven- en Beneden Merwede	BIO	MAC	MAC	JG	BIO	
Oude Maas	BIO			JG	BIO	JG
Hollandsche IJssel	BIO	MAC	MAC	BIO	BIO	JG/MAC
Beneden Maas	BIO	MAC	MAC		BIO	
Bergsche Maas	BIO	MAC	MAC		BIO	
Brabantse Biesbosch	BIO	MAC	MAC		BIO	
Haringvliet-oost	BIO	MAC	MAC	BIO	BIO	
Totaal overschrijdingen	8	7	7	5	8	2

	Niet-alomtegenwoordige PBT-stoffen		Nieuwe prioritaire stoffen		
	Flu	cypmtn	sHpCl1	sDOxns29	slinvertPFOS
Dordtse Biesbosch			BIO		JG
Boven- en Beneden Merwede			BIO		JG
Oude Maas			BIO		JG
Hollandsche IJssel	BIO		BIO	BIO	BIO
Beneden Maas		JG/MAC	BIO		BIO
Bergsche Maas		JG/MAC	BIO		BIO
Brabantse Biesbosch		JG/MAC	BIO		BIO
Haringvliet-oost			BIO	BIO	BIO
Totaal overschrijdingen	1	3	8	2	8

Tabel 3-6: Specifieke verontreinigende stoffen die in één of meerdere waterlichamen de norm overschrijden (bron: RWS-spreadsheet: Overzicht_probleemstoffen_waterlichamen_toetsing2021, d.d. 12-07-2021). Er wordt aangegeven of het gaat om overschrijding van de biotanorm (BIO), de jaargemiddelde concentratienorm (JG) of maximale concentratienorm (MAC).

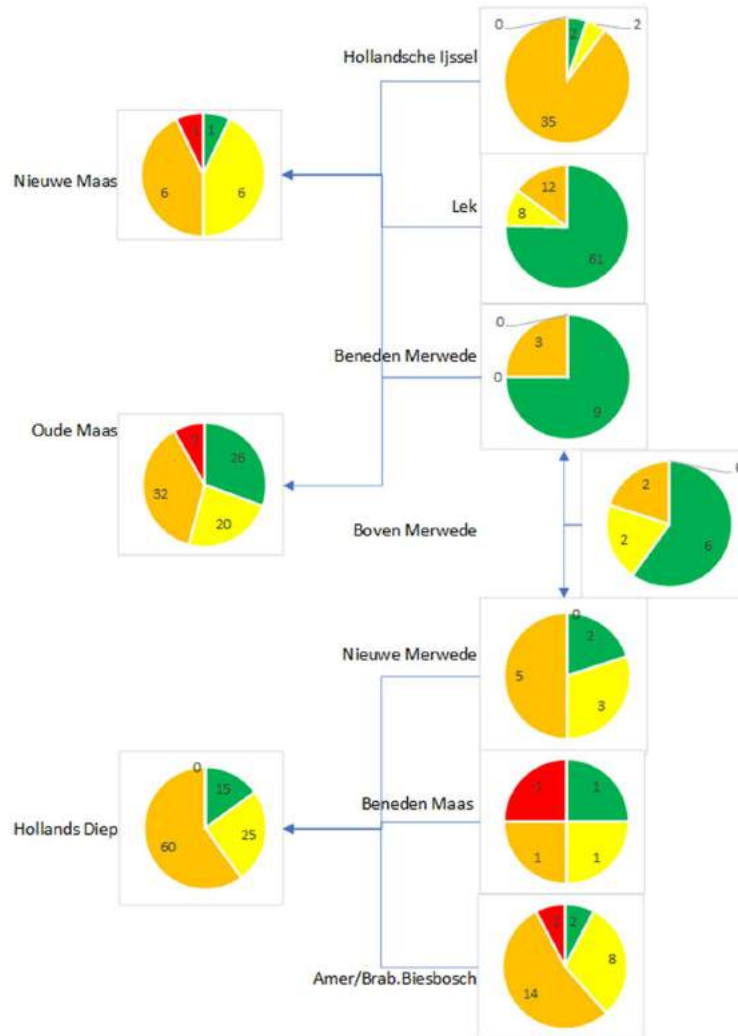
	BaA	Chr	Ag	As	Co	Se	Zn	NH4-N	dmtn	Icyhlt
Dordtse Biesbosch	BIO		MAC			JG	MAC			
Boven- en Beneden Merwede	BIO		MAC			JG				
Oude Maas	BIO			JG		JG		JG/MAC		
Hollandsche IJssel	BIO	BIO	MAC	JG	JG	JG		JG/MAC		
Beneden Maas	BIO		MAC		JG	JG				MAC
Bergsche Maas	BIO		MAC		JG	JG				MAC
Brabantse Biesbosch	BIO		MAC		JG	JG				MAC
Haringvliet oost	BIO			JG		JG		JG/MAC	MAC	
Totaal overschrijdingen	8	1	6	3	4	8	1	4	1	3

3.6.5 Waterbodem kwaliteit

Er worden in het benedenrivierengebied waterbodemonderzoeken uitgevoerd in het kader van onderhoudsbaggerwerk. Op basis van deze onderzoeken is een kwalitatief beeld geschetst van de kwaliteit van de waterbodem (Osté et al., 2022). De eindoordelen zijn per watersysteem geaggregeerd tot een taartdiagram waarin het percentage monsters in een bepaalde klasse wordt weergegeven zie Figuur 3-66:

- Altijd toepasbaar (AT): is schone bagger → groen
- klasse A: is bagger die voldoet aan het herverontreinigingsniveau (licht verontreinigd) → geel
- klasse B: is bagger die voldoet aan de vroegere interventiewaarde die een indicatie was om te onderzoeken of sanering nodig was (middelmatig verontreinigd) → oranje
- Niet/nooit Toepasbaar (NT): is bagger die niet voldoet aan de interventiewaarde (sterk verontreinigd) → rood.

De volgorde is min of meer geografisch met de benedenstroomse watersystemen aan de linkerzijde en de bovenstroomse watersystemen aan de rechterzijde van de figuur.



Figuur 3-66: Kwaliteit van de waterbodem op basis van waterbodemonderzoeken. Weergegeven is het aantal monsters in een bepaalde kwaliteitsklasse: AT=altijd toepasbaar (groen), A=klasse A (geel), B=klasse B (oranje) en NT=nooit toepasbaar (rood) (bron: Osté et al., 2022).

Uit de figuur blijkt dat de waterbodem in de bovenstroomse Rijntakken (Lek en Boven Merwede) relatief schoon is. De Hollandsche IJssel is een stuk vuiler met (voornamelijk) klasse B bagger. De benedenstrooms gelegen Oude en Nieuwe Maas hebben een slechtere waterbodemkwaliteit in de delen waarin onderzoek is uitgevoerd. Omdat de Hollandsche IJssel een zeer lage netto afvoer heeft, zal er weinig invloed zijn van de Hollandsche IJssel op de Oude en Nieuwe Maas. Als bovenstroomse waterbodems schoner zijn, is het aannemelijk dat lokale en/of historische verontreinigingen hier de oorzaak zijn van de slechtere oordelen. Ook in de Nieuwe Merwede is de baggerkwaliteit slechter dan in de bovenstroomse Boven Merwede, wat duidt op lokale en/of historische verontreiniging. Mogelijk komt hier ook nog verontreiniging uit de Biesbosch terecht. De Biesbosch heeft nog steeds veel ernstig verontreinigde hotspots.

De zuidelijke route via Hollandsch Diep wordt gevoed door de Amer (Maas) en de Nieuwe Merwede. Deze watersystemen hebben een vergelijkbare baggerkwaliteit. De waterbodem in het Hollandsch Diep lijkt het resultaat van dit aangevoerde materiaal (Osté et al., 2022).

3.7 Binnendijkse gebieden

De ambitie van de PAGW richt zich op de grote wateren, maar vanwege het belang van connectiviteit van watersystemen wordt in deze paragraaf stilgestaan bij de binnendijkse gebieden.

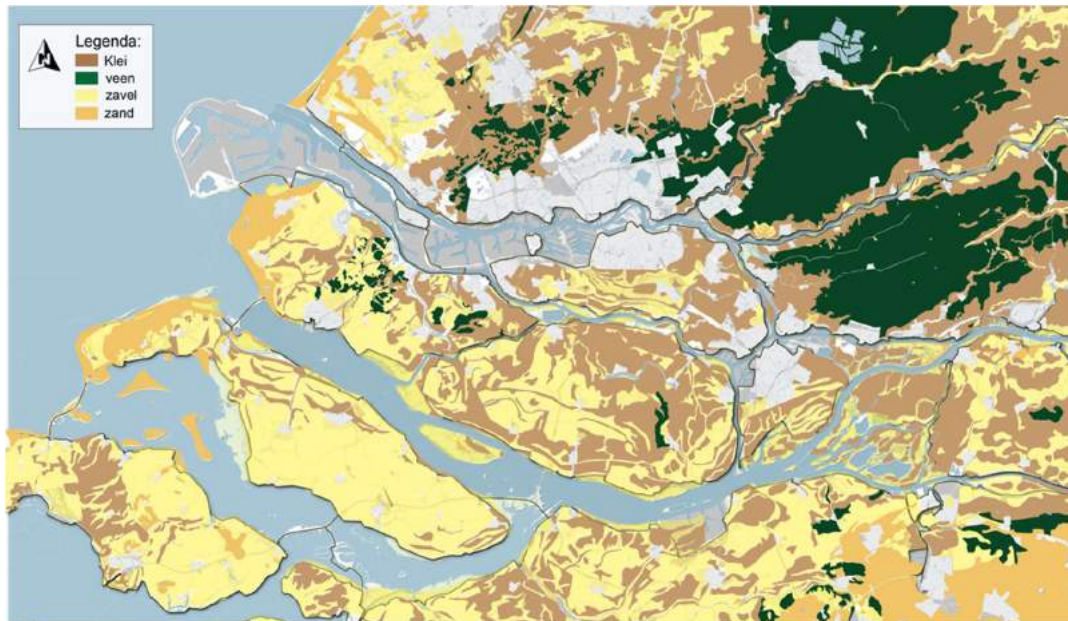
3.7.1 Patronen in de ondergrond

Sinds de aanleg van dijken zijn de binnendijkse gebieden in de BRM geïsoleerd geraakt van de estuariene dynamiek en sindsdien ontwikkelden buiten- en binnendijs zich onafhankelijk van elkaar. De gebieden waar de zee voorheen toegang tot had overstromden niet meer, bleven verstoken van de aanvoer van zand en klei en hoogden niet meer op. Afhankelijk van de tijd die verstreken is sinds de bedijking zijn deze gebieden relatief steeds lager komen te liggen t.o.v. het buitendijkse gebied dat nog wel ophoogde door sedimentatie.

De bedijking ging vrijwel altijd gepaard met een inrichting t.b.v. landbouwkundig gebruik en verstedelijking en het waterbeheer kon daarop worden afgestemd. In de eerste eeuwen na de bedijking bestond het waterbeheer vooral uit het afvoeren van overtollig water tijdens natte perioden. Hiervoor werd een uitgestrekt binnendijs watersysteem aangelegd bestaande uit ene boezem, kanalen en sloten. Het gemiddelde waterniveau kwam door het afvoeren van het water vooral in de zomer lager te liggen en in gebieden met veen in de bodem zorgde dit voor extra bodemdaling door het verteren van het veen. Met name in de polders aan oostkant van de BRM zorgt dit tot op de dag van vandaag voor een doorgaande bodemdaling.

In de loop van de afgelopen eeuw werd het waterbeheer aangevuld met het aanvoeren van water tijdens perioden van droogte. Deze aanvoer is nodig voor het op peil houden van het binnenwater als daar gebruik van wordt gemaakt voor irrigatie van landbouwgewassen. Ook is water nodig voor het uitspoelen van zoutwater dat vanuit de ondergrond via kwel naar boven komt en om de verdamping te compenseren.

In Figuur 3-67 is de ondergrond weergegeven van de binnendijkse gebieden. In het oosten zijn de polders met een veenbodem zichtbaar, van zuid naar noord de Alblasserwaard, Krimpenerwaard en de Reeuwijkse polder. Verspreid over het gebied liggen ook nog kleinere veengebieden. Het gaat hier om restanten van veel grotere veengebieden die voor het inbreken van de zee het hele gebied bedekten. De rest van het gebied heeft na het inbreken van de zee kortere of langere tijd onder invloed gestaan van de estuariene dynamiek tot aan de bedijking. Uitzondering is het gebied ten noorden van Rotterdam, waar het veen is verdwenen door vergraving. In het gebied dat onder invloed heeft gestaan van de estuariene dynamiek is ruwweg een tweedeling te zien van meer zavelige gebieden in het westen en gebieden met klei in het oosten. Hierin zien we de invloed van de rivieren terug die in de tijd de meeste klei aanvoerden en deze bezonk vooral in het oosten, waardoor de Noordwaard, de Hoekse waard en het oosten van IJsselmonde een meer kleiige bodem hebben. In het westen was relatief minder klei aanwezig en meer zand dat door de zee werd aangevoerd en bestaat de bodem nu uit zavel, zoals zichtbaar in Goerree, Voorne en het Westland.



Figuur 3-67: Ondergrond van de binnendijkse gebieden.

De aanwezigheid van de estuariëne dynamiek in het gebied is in de ondergrond ook terug te zien aan het voorkomen van getijdengeul afzettingen. In grote lijnen zijn hier de huidige rivierarmen in terug te vinden zoals Haringvliet/Hollands Diep en de Maasmond, maar er zijn ook tal van kleinere systemen die nu binnendijks liggen. De watergangen in het oosten zoals de Noord, de Merwedede en de Dordtse Kil zijn geen voormalige getijdengeulen, maar rivierbeddingen. Binnendijks liggen hier ook geulrestanten vanuit de tijd dat het gebied nog niet bedijkt was (zie Figuur 3-68 en Figuur 3-69). Het gaat om voormalige natuurlijke afwateringsstelsels vanuit de tijd dat deze gebieden als hoogveen nog enkele meters boven de zeespiegel lagen.



Figuur 3-68: Voorkomen van getijdengeul afzettingen in de bodem.

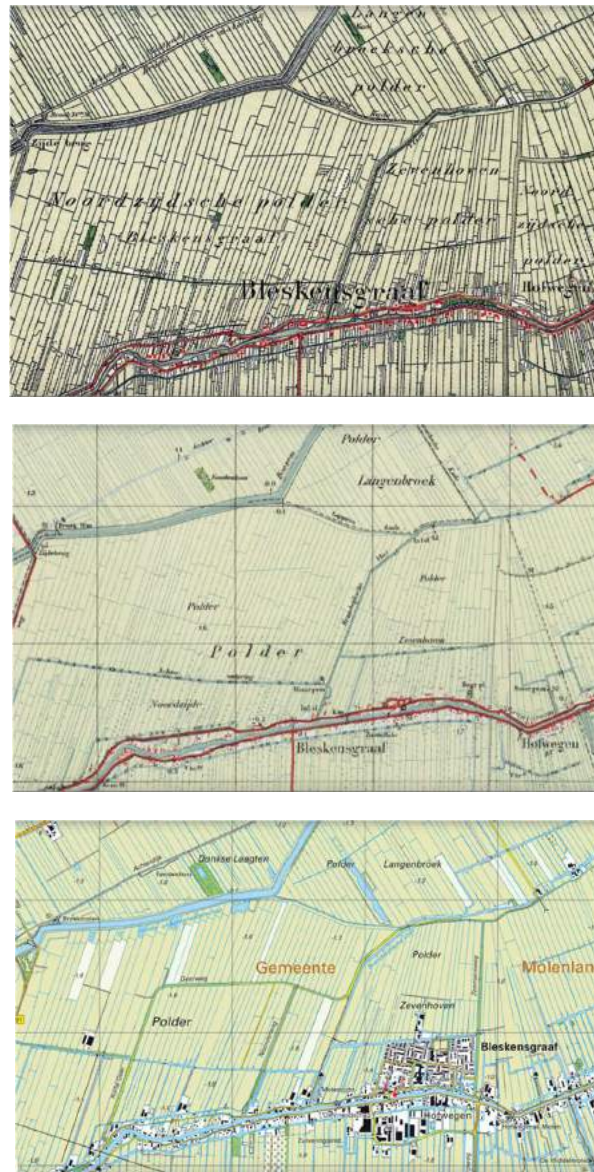


Figuur 3-69: Afzettingen van oude getijdenkreken en (met name in de veenpolders) voormalige afwateringsstelsels in het binnendijkse gebied. Bron: Dinloket.nl/ondergrondmodellen

Veranderingen in binnendijks landgebruik

De veen en kleigebieden, die buiten de invloed van de estuariëne dynamiek lagen, maken ieder een ontwikkeling door. De gebieden met een veenbodem waren tot aan de ontginning hoogveenkoepels, die boven het zeeniveau lagen en werden eerder ontgonnen dan bedijkt. In de 10e eeuw startte hier de ontginning door het gebied vanuit langgerekte ontginningsassen te ontwateren, waardoor een patroon ontstond van smalle kavels, met slootjes daartussen. De sloten waterden af op de boezem, veelal gelegen op de plaats van het voormalig afwateringsstelsel van het veen. De ontwatering maakte landbouw mogelijk. In eerste instantie waren dat akkers, maar later toen het gebied vanwege de inklinking steeds lager kwam te liggen en natter werd, ging men over op graslanden. De bedijking vond onafhankelijk van de ontginning plaats toen, enkele eeuwen later, de bodem zover was gedaald dat het gebied vaker dreigde te overstromen.

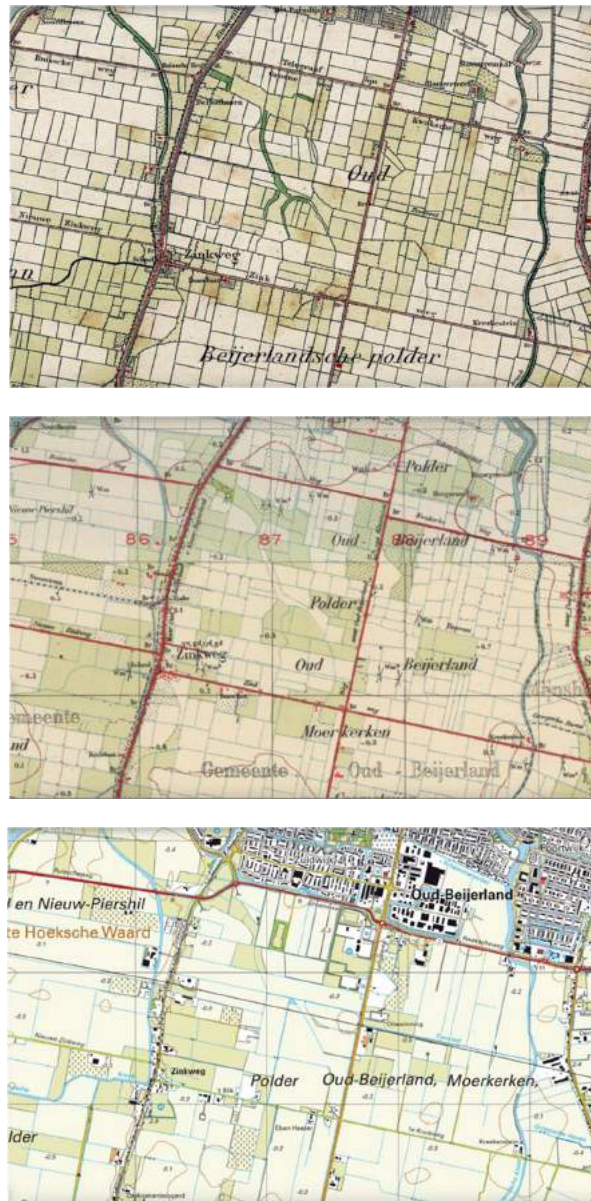
Figuur 3-70 laat het kaartbeeld zien van een deel van de Alblasserwaard, met de karakteristieke smalle percelen en daartussen het uitgestrekte netwerk van sloten. Aan de onderrand bij Bleskensgraaf ligt de boezem. In de loop van de afgelopen 120 jaar is het landgebruik in dit gebied nauwelijks veranderd en de percelen zijn nog vrijwel ongewijzigd. In de eerste kaart waren er iets meer bosjes, in de laatste wat meer akkers. Wat wel veranderde was de bodemligging, die vanwege de inklinking steeds lager kwam te liggen. Om agrarisch gebruik mogelijk te houden was het namelijk nodig het slootpeil telkens weer met de dalende bodem mee enkele decimeters te verlagen. Zo hield de vertering van het veen aan en daalde de bodem gestaag tot aan de huidige ligging van 2 tot 2,5 m onder het zeeniveau, ca 5 tot 7 m lager dan het niveau van de oorspronkelijke veenkoepels.



Figuur 3-70: Kaartbeeld van een veenpolder rond 1900, 1955 en 2020.

De gebieden met een kleibodem hadden vele honderden jaren onder invloed gestaan van de zee en, op beweiding met schapen na, was agrarisch gebruik hier pas mogelijk na de bedijking. De bedijking en inrichting t.b.v. de landbouw vond vaak plaats door ontginningsmaatschappijen die het 'nieuwe' land in rechthoekige kavels uitgaven aan nieuwe eigenaren of pachters. De kavels waren ook hier begrensd door sloten en deze waterden af op de voormalige kreek die daartoe waren ingericht. In Figuur 3-71 is de kenmerkende blokverkaveling goed zichtbaar evenals de restanten van enkele voormalige kreek die nu gebruik werd om het overtollige water af te voeren naar het buitenwater.

De kleiige of zavelige bodem klonk veel minder in dan de veenbodem en het hoogteverschil met de buitendijkse gronden liep daarom minder ver op dan bij de veengronden. Grote delen liggen nu nog steeds rond de zeespiegel. Mede vanwege de goede ontwatering bleef het daarom in de weinig gedaalde kleipolders tot op de dag van vandaag mogelijk om akkerbouw te bedrijven. De grootste verandering in de afgelopen eeuw was de herverkaveling waardoor de percelen steeds groter werden en het kleinschalige karakter verdween. Veel sloten werden opgeheven of vervangen door drainage en de voormalige kreek werden omgevormd tot kanalen.



Figuur 3-71: Kaartbeeld van een kleipolder rond 1900, 1955 en 2020.

3.7.2 Het binnendijks watersysteem

Het binnendijkse gebied wordt tegenwoordig intensief gebruikt voor wonen, werken, recreëren, industrie en landbouw en het waterbeheer is daarop afgestemd. Dat betekent dat overtollig water moet worden afgevoerd, zoals neerslagwater, als er veel regen valt, maar ook kwelwater dat vooral in de lagere gebieden naar het maaiveld stijgt. Op andere momenten wordt ook water ingelaten om het systeem door te spoelen en zoutindringing als gevolg van kwel tegen te gaan. In tijden van droogte wordt ook water ingelaten ten behoeve van het peilbeheer en watervoorziening.

Figuur 3-72 laat zien waar de grote wateren zijn verbonden met het binnendijkse watersysteem via in- en uitlaatpunten. De locaties waar de watersystemen verbonden zijn, liggen verspreid over de dijktrajecten; vaak om de 5 tot 10 km. Op plaatsen waar het buitenwater altijd of vaak een hoog chloridegehalte bevat liggen alleen

uitwateringsgemalen, daar waar vaak of altijd zoetwater beschikbaar is liggen ook innamepunten. Terwijl uitwatering altijd via gemalen plaats moet vinden, kan het innemen van water overal plaats vinden onder vrij verval omdat het peil van het buitenwater vrijwel altijd hoger is dan het binnenwater.

Met het ingelaten water worden verschillende functies bediend, zoals industrie, drinkwater en landbouw. De grootste hoeveelheid water is echter nodig om de binnendijkse watersystemen door te spoelen om het zoutbezwaar in het water onder het streefniveau te houden van meestal 150 mg/l. Een ruwe schatting van het waterverbruik (in dit geval Rijnland) is dat ca 65% van het water nodig is voor doorspoeling, 25% voor peilhandhaving en 10% voor daadwerkelijk gebruik.

De grootste gebruiker van zoetwater is de landbouw gevolgd door de industrie en natuur. De landbouw onttrekt het water vooral voor beregening direct uit de boezen en de sloten. Lokaal zijn er de laatste jaren in de veengebieden ook proeven met infiltratie via drainage. De natuur is het meest gebaat bij gebiedseigen water dat in de winter wordt vastgehouden en in het zomerhalfjaar langzaam uitzakt, maar bepaalde natuurgebieden op veen zijn zo gevoelig voor verbranding dat hier ook wateraanvoer voor nodig is in droge perioden. Industrie is de enige afnemer die het hele jaar door water gebruikt en het is daarom dat het Brielse Meer, waar veel industrie zijn water uit onttrekt, het hele jaar door via de Bernisse vanuit het Spui wordt aangevuld. De andere functies vragen vooral water in de zomer als er onvoldoende regenwater valt en de verdamping groot is.

De drinkwater liggen verder naar het oosten vanwege een zo gering mogelijke kans op verzilting. Het water wordt vanaf deze punten via een leidingsysteem vervoert. In de Biesbosch ligt een viertal spaarbekkens, die in de 70-er jaren gebouwd zijn als waterbuffer om perioden te kunnen overbruggen met een lage rivierafvoer of met een slechte waterkwaliteit. Inmiddels is de waterkwaliteit van het rivierwater sterk verbeterden en hebben de buffers vooral een functie als voorzuivering. Vanuit de Biesbosch wordt het water via leidingen verder geleid naar o.a. Zuid-Holland. Langs de Lek liggen innamepunten die water onttrekken dat via oeverinfiltratie is voorgezuiverd. Langs het Haringvliet ten slotte ligt een belangrijk innamepunt waarmee Goeree en Overflakkee van zoetwater wordt voorzien voor landbouw en drinkwater; het ligt zover naar het oosten dat het buiten de invloedsfeer ligt van eventuele verzilting via de Kier in de Haringvlietdam.



Figuur 3-72: Overzicht van locaties waar binnen- en buitenwater met elkaar verbonden zijn via sluisen en gemalen. Hier kan water in- en/of uitgelaten worden. In het binnendijkse gebied is met cijfers het gemiddelde waterpeil weergegeven.

Inname van rivierwater en verzilting

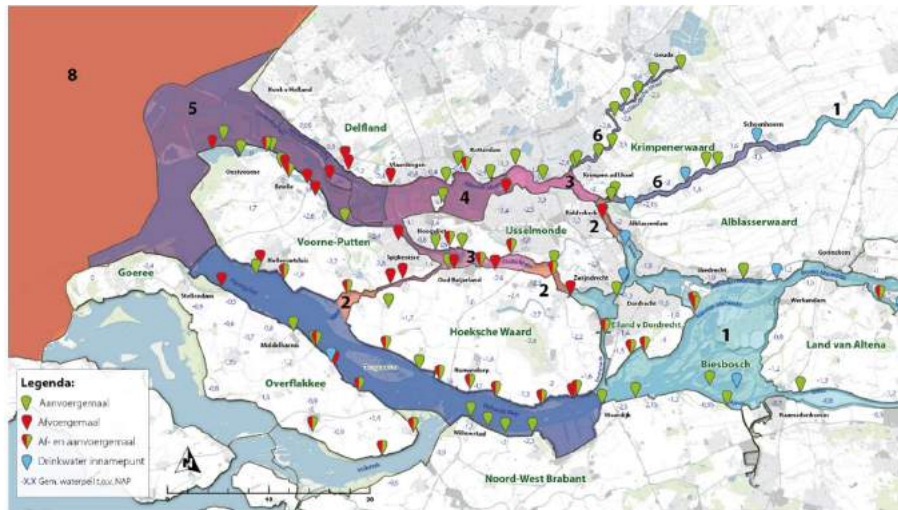
Wat de verzilting van het buitenwater betreft en de invloed daarvan op het innamebeleid zijn er buiten het zoete rivier- en zoute zeewater 6 tussencategorieën te onderscheiden (zie Figuur 3-73 en Tabel 3-7). Vanaf het gebied waar altijd zoet rivierwater aanwezig is (cat. 1) is er in de trajecten met getijdendynamiek, naarmate de Boven-Rijnafvoer afneemt, een toenemende kans op verzilting (cat. 2 t/m 5). Tijdens het afnemende peil direct na de vloed dringt het zoute water hier het verst door en de kans op verzilting is dan het grootst. In gebieden van cat. 2 is er daarom alleen tijdens heel lage rivierafvoeren (hoogstens enkele dagen per jaar) net na de periode van vloed geen inname mogelijk. Bij het andere uiterste (cat. 5) is er alleen tijdens hoge rivierafvoeren en dan nog alleen bij opkomend tij na de eb inname mogelijk. Hier liggen geen innamepunten.

Een bijzondere situatie treedt op in de waterlopen zonder aanvoer vanuit het achterland, zoals de Hollandsche IJssel en de Lek (cat. 6). Deze doodlopende riviertrajecten kunnen verzilten als in de Nieuwe Maas verzilting optreedt tijdens een lagere Bovenrijn-afvoer dan 1.000 m³/s. Het zoute water dringt dan bij vloed ook de Hollandsche IJssel en Lek in en als er ondertussen water ingenomen wordt, kan zich dan zoutwater ophopen omdat de uitstroom minder groot is dan de instroom. In de Lek speelt dit alleen tijdens perioden met lage Rijnafvoer als er via Hagestein geen water wordt doorgevoerd.

Onder meer extreme omstandigheden, met harde westelijke winden of storm dringt het zoute zeewater makkelijker de BRM in. De in Figuur 3-73 aangegeven grenzen schuiven dan verder naar binnen en verzilting kan dan al optreden bij hogere rivierafvoeren dan onder gemiddelde omstandigheden zoals aangegeven in de tabel. Storm of harde wind in combinatie met een lage rivierafvoer kan er ook voor zorgen dat het zoute water het Haringvliet en (nog extremer) het Hollands Diep (cat. 7) bereikt; de zogenaamde achterwaartse verzilting. Deze wateren zijn doorgaans zoet, maar als de storm samenvalt met een periode van lage rivierafvoer laag, dan is de tegendruk van het zoete water zo gering dat het zoute water het bekken kan bereiken via Spui en Dordtse Kil. Dit instromende water zakt daar meteen naar de bodem en stroomt tijdens eb niet weer terug. Gemiddeld eens in de ca 5 jaar zijn de hoeveelheden zo groot dat het zout zich naderhand door de werking van wind en stroming langzaam over de waterkolom verspreid, waardoor het zoutgehalte ook aan de oppervlakte de innamenorm overschrijdt. De enige weg naar buiten in zo'n situatie is via de Haringvlietssluisen, maar die zijn gesloten bij lage rivierafvoeren.

Tabel 3-7: Frequentie waarbij waterlopen verzilten onder invloed van de rivierafvoer; bij gemiddelde windcondities.

Categorie	Frequentie bij vloed	Bovenrijn-afvoer	Frequentie bij eb	Bovenrijn-afvoer
1	Nooit			
2	Incidenteel (eens in 3 – 5 j)	< 800	Nooit	
3	Zelden (ca 15 – 20 d/j)	< 1000	Incidenteel (eens in 3 – 5 j)	< 800
4	Regelmatig (ca 170 d/j)	< 2000	Zelden (ca 15 – 20 d/j)	< 1500
5	Vaak (ca 360 d/j)	< 6000	Regelmatig (ca 170 d/j)	< 2000
6	Zelden (ca 15 – 20 d/j)	< 1000	Incidenteel (eens in 3 – 5 j)	< 800
7	Bij storm (ca 3 – 5 d/j)	< 1500	Nooit	
8	Altijd			



Figuur 3-73: Verdeling van de waterlopen naar gelang de kans op verzilting. Nummers worden verklaard in Tabel 3-7.

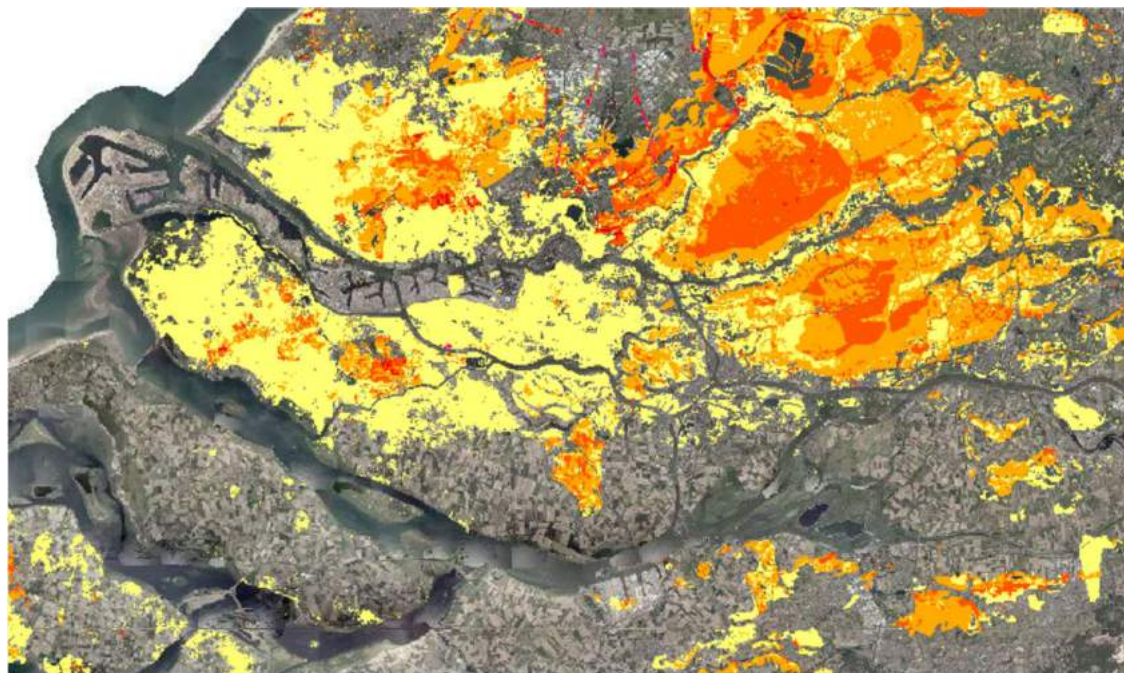
De innamepunten in de regio zijn erop ingesteld om met de verzilting om te kunnen gaan. De punten in de trajecten van cat. 2 en 3 nemen daarom alleen in tijdens de periode van opkomend tij na laagwater als het water zoet is en locaties in de zones van cat. 4 nemen alleen in, in het seizoen dat er voldoende zoetwater beschikbaar is en schalen af als het water te vaak zout is. De inname in de trajecten van cat. 6 kunnen soms tijdens perioden van lage rivierafvoer wekenlang niet innemen en daar wordt dan overgeschakeld op alternatieve aanvoerroutes vanuit het oosten.

In de BRM zijn er twee grote innamepunten waar samen ruim 50% van de totale watervraag van de regio mee wordt bediend: innamepunt Bernisse langs het spui waarmee waterbuffer van het Brielse Meer wordt gevoed en innamepunt Gouda in de Hollandsche IJssel waarlangs vrijwel het hele Groene Hart van water wordt voorzien. Bij ingrepen in het systeem, zoals bv de ingebruikname van de Kier, wordt altijd in eerste instantie getoetst in hoeverre de situatie bij deze twee punten verandert.

3.7.3 Bodemdaling

Een belangrijk issue dat speelt in de binnendijkse gebieden is de bodemdaling. Er zijn immers geen sturende krachten meer actief die het gebied laten stijgen. In de mate van bodemdaling is duidelijk de tweedeling terug te zien die voortkomt uit de ontstaanswijze van de gebieden. In de gebieden met een venige bodem zoals de Krimpenerwaard en de Alblasserwaard bedraagt de verwachte daling tot 2050 circa 10 tot 40 cm. Zolang de grondwaterstand hier op een lager niveau wordt gehouden dan het maaiveld, en nog niet alle veen is verdwenen, zullen deze processen doorgaan en zal de bodem blijven dalen.

In de gebieden met een kleibodem, waar de estuariëne dynamiek honderden jaren actief is geweest bedraagt de daling minder dan 10 cm. Duidelijk herkenbaar zijn hier de oudste inpolderingen, waar zich dicht onder het maaiveld nog veenlagen bevinden, en waar de bodemdaling bijna net zo snel verloopt als in de veengebieden. De polders grenzend aan het Haringvliet en Hollands Diep waar het veen gehele is weggeslagen en de estuariëne sedimenten het dikst zijn, wordt beperkte bodemdaling verwacht.



Figuur 3-74: Verwachte bodemdaling tussen 2020 en 2050 (bron: Klimaatatlas)

Synthese van de ontstaansgeschiedenis en abiotiek

Hoofdstuk 4

4 Synthese van de ontstaansgeschiedenis en abiotiek

De ontstaansgeschiedenis, in combinatie met alle estuariene processen, vormen de randvoorwaarden voor de planten en dieren die het BRM-gebied (kunnen) leven. In dit hoofdstuk wordt de informatie uit de voorafgaande hoofdstukken gecombineerd tot een samenhangend en samenvattend hoofdstuk. Dit hoofdstuk geeft in vogelvlucht de basis voor het volgende hoofdstuk: de biotische toestand.

4.1 Wat maakt de Rijn-Maasmonding uniek

Mondingen van grote rivieren in zee zijn mondiaal gezien zeldzame milieus. Zo is er langs de hele westkust van Europa geen andere rivier te vinden met de omvang en de kwaliteiten van de Rijn. Rivieren zoals de Loire en de Douro hebben wel een uitgestrekt stroomgebied, maar het debiet van deze rivieren valt 's zomers veel verder terug dan dat van de Rijn en soms vallen ze zelfs bijna droog. De Donau is dan wel groter dan de Rijn, maar mondt uit in de Zwarte Zee waar het getij ontbreekt en is daarom wat de abiotiek betreft onvergelijkbaar.

Het bijzondere krachtenspel van de zee en de rivieren heeft de basis gelegd voor het estuarium zoals we dat nu kennen. Op verschillende tijdschalen hebben steeds weer andere processen hier gedomineerd: waarbij aan de kant van de zee de relatieve stijging van de zeespiegel en de mate van aanvoer van zandig sediment cruciaal waren en aan de kant van de rivieren het veranderende patroon van rivierlopen en veranderingen in morfodynamiek, sedimentatie en veenvorming. Al vanaf het begin van het ontstaan van de RMM is de mens in het gebied aanwezig; aanvankelijk ondergeschikt aan de krachten van de zee en de rivieren maar gaandeweg werd zij in toenemende mate, en van onbewust naar bewust, een sturende kracht in de vorming van de Biesbosch Rijn-Maasmonding.

De zee als sturende kracht

Zo was tot circa 4000 v. Chr. de relatieve zeespiegelstijging dominant, waarna, toen de stijging minder werd, bodemdalingsprocessen de rol als sturende kracht overnamen en de hoogte van de zee t.o.v. het land gingen bepalen. Door de beschikbaarheid van voldoende sediment was de kustlijn in staat zich te sluiten (circa 3000 v. Chr.) en uit te bouwen ondanks het stijgen van de zeespiegel. Toen de beschikbaarheid van sediment afnam kon de zee weer terrein winnen en gaten slaan in de kustlijn (circa 250 v. Chr.). Dit proces werd versterkt door de toenemende invloed van de mens op het achterland en heeft de laatste decennia een extra dimensie gekregen door de versnelling van de zeespiegelstijging.

De rivier als sturende kracht

Voor het aandeel van de rivieren in het ontstaan van de Biesbosch Rijn-Maasmonding waren drie processen cruciaal: verandering van rivierpatronen, veranderingen in morfodynamiek en veenvorming. Onder invloed van klimaatverandering wijzigden de rivierpatronen tussen 12.000 en 6.000 jaar geleden van vlechtend naar meanderend en tenslotte anatomiserend. Dit zorgde uiteindelijk voor de huidige mondingslocatie van de Rijn en Maas. Klimaatverandering en later de veranderingen in landgebruik resulteerden in veranderingen in de hoeveelheid en het type riviersediment dat de monding bereikte en de mate waarin het werd verspreid in de estuaria. Er ontstond een gradiënt met een van oost naar west afnemend aandeel riviersediment en meer kustsediment. In de tijd dat de kustlijn gesloten was tot 250 v. Chr. bestond het westen van Nederland uit een ca. 40 tot 50 km brede lagune, gevuld met zoetwater. Hier trad eerst laagveenontwikkeling in op en vervolgens hoogveenontwikkeling als gevolg van hoge grondwaterstanden. Het hoogtepunt van veenvorming was ongeveer rond 500 v. Chr., waarbij meer dan 70% van de Biesbosch Rijn-Maasmonding bestond uit veenmoerassen. In de periode erna sloeg het veengebied weg door inbraken van de zee in het westen en door ontwatering en later ook door ontgravingen in het oosten.

De mens als sturende kracht

Al vanaf het ontstaan van de RMM op de huidige plaats (ca 6.000 v. Chr.) is de mens aanwezig in het gebied. De eerste invloed zien we terug in de ontbossing van het gehele stroomgebied vanaf 3000 v. Chr., waardoor de aanvoer van fijn sediment toenam die zich af kon zetten in de kustregio. Dit maakte landbouw mogelijk. Rond het begin van de jaartelling werd de ontwatering en afgraving van het hoogveen ter hand genomen, wat de impact van de meer opdringerige zee versterkte en grote delen van het westelijk veengebied deed wegslaan. Door de gegraven afwateringskanalen in veengebieden ontstond voor de Rijn een kortere weg naar zee. Dit zorgde voor het ontstaan van de Hollandse IJssel en Lek en maakt het mogelijk voor de Rijn om haar loop te verleggen naar de huidige monding.

Om het resterende land in het steeds wijdere estuarium te beschermen tegen de zee werden vanaf ca 1.000 n. Chr. dijken en dijkeringen aangelegd. Maar dit maakte het land ook kwetsbaar voor overstromingen, die mede de Biesbosch

hebben doen ontstaan. Het ontstaan van het Hollands Diep zorgde voor het vrijkomen van zoveel sediment dat de intergetijdengebieden zich snel ophoogden en daarna ingedijkt konden worden. Het bedijken vormde een stop op het sedimentatieproces en gaandeweg kwam het land lager te liggen ten opzichte van de langzaam stijgende zeespiegel. In de Middeleeuwen werden ook veel, vooral kleinere waterlopen en kreken afgedamd waardoor de eilanden in omvang groeiden. Zodra de techniek het mogelijk maakte werden nieuwe rivierlopen gegraven (Nieuwe Merwede, Bergsche Maas, Nieuwe Waterweg) om het rivierwater sneller naar zee af te kunnen voeren en de scheepvaart en havenactiviteiten te bevorderen. De (voorlopig) laatste grote ingreep was het sluiten van de Haringvliet en het Volkerak, waardoor de estuariëne dynamiek in de Biesbosch Rijn-Maasmonding sterk afnam en het rivierwater sindsdien vooral via de Nieuwe Waterweg naar zee wordt afgevoerd.

Karakteristiek van het mondingsgebied

Het mondingsgebied van Rijn en Maas is geen delta, ook al wordt het vaak wel zo beschreven, maar de rivier verdwijnt als het ware in het netwerk van waterlopen, enkele tientallen kilometers voordat het water de zee bereikt. Het punt waar de bedding zich opsplijt valt ongeveer samen met de oostgrens van de voormalige lagune die, in de beschutting van de zandige strandwal, vanaf 2000 v. Chr. met moeras en veen werd opgevuld. In dit laatste traject voegt ook de Maas zich bij de Rijn, maar die rivier is vanwege de geringere aanvoer van water (slechts 15% van het totaal) minder bepalend voor de karakteristiek van het gebied. Via het netwerk van waterlopen kan het getij vanuit zee tot ver in het binnenland doordringen. De getijdendynamiek is zo sterk dat ze de rivierdynamiek overheerst; zelfs tijdens perioden met hoge rivierafvoeren. Als we de RMM in het kort zouden willen karakteriseren dan gaat het om een systeem waar:

- een jaarrond hoge rivierafvoer zorgt voor de aanvoer van zoet voedselrijk water en sediment; met variatie tussen de seizoenen
- een zandige strandwal een moerassige en waterrijke lagune afschermt, waar de rivieren via een netwerk van waterlopen in uitmonden
- de zee een dominante invloed heeft door middel van het getij dat via de rivierarmen ver stroomopwaarts kan doordringen en daarbij zout, relatief voedsel arm water en sediment aanvoert
- de combinatie van de krachtige getijdendynamiek en de grote aanvoer van voedselrijk rivierwater de sturende kracht is achter de vele bijzondere ecotopen van het estuarium

De sturende krachten die de Rijn-Maasmonding hebben gevormd zijn tot op de dag van vandaag actief, al zijn ze vooral in de laatste eeuwen in toenemende mate aan verandering onderhevig. De unieke kwaliteiten van de BRM hadden ook een sterke aantrekkingskracht op de mens. Zo zorgde de hoge Rijnafvoer ervoor dat de rivier tot ver stroomopwaarts het hele jaar door bevaarbaar was en maakte het wijdvertakte netwerk van waterlopen het mogelijk dat zich op korte afstand meerdere welvarende steden konden ontwikkelen, die veilig per schip bereikbaar waren. Daarbij leverde het voedselrijke overgangsgebied tussen zee en rivier volop vis en schelpdieren en was het land rondom de monding vruchtbaar om de stedelijke bevolking te voeden. Door steeds weer nieuwe technische mogelijkheden kon het mondingsgebied zich in de laatste eeuwen ontwikkelen tot een economische motor van formaat met een zeer hoge bevolkingsdichtheid. Dit ging ten kostte van de natuurlijke processen die aanvankelijk een bondgenoot waren in de vorming van het gebied. Door eerst de fysieke ruimte van de estuariene processen te beperken en vervolgens de processen zelf aan banden te leggen is de regio veel van de bij het estuarium passende ecologische kwaliteiten kwijtgeraakt. Daarbij is het gebied ook kwetsbaarder geworden omdat bodemdalingsprocessen zijn versterkt en sediment niet meer op de plaatsen terecht komt waar het bijdraagt aan het meegroeien van het land.

4.2 Actuele toestand van de abiotische processen

Het samenspel van zee en rivieren, ook wel de estuariene dynamiek genoemd, is onder te verdelen in 5 verschillende componenten die samenhangen met de aanvoer en beweging van water, sediment en organische stoffen: de getijdendynamiek, rivierdynamiek, morfodynamiek, beweging zoet en zout en aanvoer van organische stoffen. Hiervan is de getijdendynamiek de belangrijkste sturende factor omdat er de meeste energie mee gepaard is, veel groter dan de rivierdynamiek. De waterbeweging, zowel horizontaal als verticaal, wordt dan ook vrijwel geheel aangestuurd door het getij. Alleen aan de oostrand van de RMM waar de getijdendynamiek tegen de oplopende bodemhoogte van de rivieren langzaam uitdooft, is de rivierdynamiek de belangrijkste kracht.

Met het water van de zee en de rivieren bereikt ook sediment, voedsel en in het water opgeloste stoffen het mondingsgebied, die zich in wisselende hoeveelheden over de wateren verdelen. In een natuurlijk functionerend estuarien systeem zijn deze vijf componenten met elkaar in dynamisch evenwicht. Er zijn grote dagelijkse fluctuaties als gevolg van de getijden en seizoenfluctuaties vanwege de variatie in rivierafvoeren, maar deze blijven binnen een zekere bandbreedte, waar de voor het estuarium kenmerkende biotiek zich op in kan stellen. Incidenteel zijn er ook grootschalige veranderingen, zoals een zeearm die zich verlegt, een zware storm die de strandwal laat doorbreken of versnelde zeespiegelstijging waardoor de balans tussen de estuariene componenten verstoord raakt. In een goed functionerend systeem volgt daarop een reactie, in eerste instantie van de morfodynamiek, waarmee het systeem gaat bouwen tot een nieuw evenwicht is bereikt. De biotiek beweegt daarin mee, want zij is aangepast aan de veranderingen waarmee het estuarium dagelijks en incidenteel te maken heeft. Morfodynamiek volgt dus altijd op de hydrodynamiek en de biotiek voegt zich dan telkens weer naar de op een bepaald moment heersende omstandigheden. Deze volgorde van reageren is ook in de huidige, sterk door de mens beïnvloedde, BRM nog steeds aan de orde.

De menselijke ingrepen in de BRM hadden tot doel om waterveiligheid, scheepvaart & havenactiviteiten, industriële en agrarische productie te verbeteren. Het waren stuk voor stuk ingrepen waarmee abiotische processen aan banden werden gelegd, waardoor van de estuariene dynamiek uiteindelijk alleen dat deel resteert dat de economische en maatschappelijke ontwikkelingen niet in de weg zit. In een dynamisch systeem zoals de BRM gaat het aan banden leggen van de dynamiek echter niet vanzelf en vaak heeft het ook ongewenste gevolgen (gehad) waar dan weer op gereageerd werd, en wordt, met nieuwe ingrepen en/of een grote beheerinspanning. Het is een van de kenmerken van een dynamisch gebied zoals de RMM dat op iedere menselijke ingreep een reactie volgt van het systeem; dat is ook in de huidige tijd nog niet anders.

In iedere eeuw zijn er hiervan voorbeelden, zoals de inpoldering van intergetijdengebieden in de 16^e eeuw, die vanwege het afnemen van de komberging, leidde tot het verzanden van de kreken en rivierarmen. De handelsstadjes aan deze kreken en rivierarmen waren al snel niet meer bereikbaar en uiteindelijk stokte zelfs hun verdere ontwikkeling. Het is een duidelijk voorbeeld hoe het aan banden leggen van de hydrodynamiek een reactie oproept van de morfodynamiek. In die tijd kreeg het estuariene systeem nog wel de kans en de tijd om weer in evenwicht te komen, ook al ging het ten koste van de economische voorspoed van een groot aantal stadjes. Een voorbeeld van meer recente datum is het afsluiten van twee van de 3 zeearmen (Brielse Maas en Haringvliet). De getijdendynamiek en de rivierdynamiek raakten daardoor sterk uit evenwicht met langs de Noordrand nog een grote getijslag en een grote waterbeweging en langs de Zuidrand een sterk gedempte beweging. Het systeem reageert hierop met sterke erosie in de tussenwateren zoals Oude Maas en Spui en met sedimentatie op de plaatsen waar de rivieren en de zee dit getemde systeem binnen stromen. Nu geven we het systeem niet de mogelijkheid om een nieuw evenwicht te vinden en baggeren en suppleren we om de erosie en sedimentatie weer teniet te doen.

Aan de zeezijde van de Haringvlietdam, in de Voordelta, is te zien dat ook in de huidige tijd een met de estuariene dynamiek meebewegende aanpak nog steeds mogelijk is. Hier veranderde de hydrodynamiek ook dramatisch door de afsluiting van de zeegaten, maar kreeg de morfodynamiek vervolgens volop de tijd en de ruimte om de situatie weer in evenwicht te brengen. De grote ecologische waarden hielden hier grotendeels stand. Het herstel wordt hier zelfs, onbedoeld, wat geholpen doordat vanaf de omliggende kusten zand wordt aangevoerd dat daar in het kader van dynamisch kustbeheer wordt gesuppleerd. Voordat het nieuwe evenwicht is bereikt zal nog wel even duren, en mits deze abiotische processen niet worden verstoord zal de ecologische kwaliteit hoog blijven.

De voorbeelden laten zien dat een menselijke ingreep altijd een reactie oplevert van de estuariene dynamiek, omdat het systeem streeft naar een nieuw evenwicht. Maar dan moet het systeem wel de mogelijkheid hebben om dat herstel door te zetten. Binnengaats in de BRM is daar nu bijna nergens sprake van, want de morfodynamiek wordt er te niet gedaan door het zand en de klei die sedimenteren weg te baggeren. Daarnaast is de estuariene dynamiek in met name het zuidelijke deel van het gebied zodanig teruggezet dat de dynamiek die afkomstig is uit de zee het gebied niet meer kan bereiken. Ondertussen heeft het watersysteem in dit gebied nog wel de dimensies van een gebied dat volop door de zee wordt beïnvloed. Het is nu een gebied geworden waar de rivierdynamiek onbedoeld dominant is geworden, maar daarvoor zijn de dimensies een maatje te groot. Zo groot dat het niet meer binnen de mogelijkheden ligt van de morfodynamiek om het systeem te herstellen.

In onderstaande tabel is per component van de estuariene dynamiek voor de verschillende waterlopen en deelgebieden in de BRM de huidige toestand weergegeven. Daarnaast is in de eerste kolom de mate waarin er areaal

beschikbaar is in het traject en indien dat het geval is, of het bereikbaar is voor de dynamiek. Voor toelichting zie ook de tekst na de tabel.

Huidige toestand van de 5 componenten van de estuariene dynamiek in de verschillende waterlopen van de BRM. Daarnaast is ook de beschikbaarheid van areaal weergegeven in de tweede kolom.

Tabel 4-1: Huidige toestand van de 5 componenten van de estuariene dynamiek in de verschillende waterlopen van de BRM. Daarnaast is ook de beschikbaarheid van areaal weergegeven in de tweede kolom.

	Areaal	Getijden-dynamiek	Rivier-dynamiek	Morfo-dynamiek	Zoet-zout-overgang	Nutriënten*
Noordelijke lopen						
Nieuwe Waterweg	Goed	Goed	Goed	Goed	Goed	Goed
Nieuwe Maas	Slecht	Goed	Goed	Slecht	Slecht	Goed
Lek	Goed	Goed	Matig	Goed	Goed	Goed
Hollandsche IJssel	Slecht	Goed	Afwezig	Slecht	Afwezig	Afwezig
Verbindende riviertakken						
Oude Maas	Goed	Goed	Goed	Matig	Goed	Goed
Noord	Matig	Goed	Goed	Matig	Afwezig	Goed
Spui	Slecht	Matig	Goed	Slecht	Goed	Goed
Dordtse Kil	Slecht	Matig	Goed	Slecht	Afwezig	Goed
Zuidelijke lopen						
Haringvliet	Goed	Slecht	Slecht	Goed	Slecht	Matig
Hollandsch Diep	Goed	Slecht	Slecht	Goed	Afwezig	Matig
Biesbosch	Goed	Slecht	Goed	Goed	Afwezig	Matig
Rivieren						
Boven-Merwede	Matig	Slecht	Goed	Matig	Afwezig	Goed
Beneden Merwede	Slecht	Matig	Goed	Matig	Afwezig	Goed
Nieuwe Merwede	Matig	Slecht	Goed	Matig	Afwezig	Goed
Amer/Bergse Maas	Slecht	Slecht	Goed	Matig	Afwezig	Matig
Kustzone						
Voordelta	Goed	Goed	Matig	Goed	Slecht	Goed

In deze tabel is de beoordeling ten aanzien van *nutriënten* opgenomen in plaats van organische stoffen. Hiermee wordt de beoordeling vanuit de Kaderrichtlijn Water gevolgd.

Goed
Matig
Slecht
Afwezig

Als we de BRM langs de maatlat van de estuariene dynamiek leggen dan ziet dat er voor de vijf deelgebieden van de BRM als volgt uit:

1. De Noordelijke lopen

- De getijdendynamiek is nog grotendeels intact, met de daarbij horende verticale waterbeweging en kentering van het getij. De horizontale waterbeweging is echter wel te groot voor een riviermond van deze breedte.
- De rivierdynamiek is ook nog vrijwel intact, maar met name bij lage rivierafvoeren vrij groot omdat al het rivierwater dan naar het noorden wordt afgeleid; dat heeft echter weinig impact op het functioneren. De Lek neemt steeds verder af als aanvoerweg voor zoet water.
- De morfodynamiek is uit balans en wordt niet in staat gesteld tot herstel vanwege het voortdurende baggerwerk. Oevers zijn veelal versteend, zelfs van de natuurgebieden om erosie door golfslag te voorkomen.

- De zoet-zout-overgangen functioneren, al is de dagelijkse beweging veel groter geworden door de vergrootte getijgolf.
- De aanvoer en het beschikbaar zijn van organische stoffen voor de biotiek is intact.
- De ruimte voor ecologisch herstel is erg klein omdat de landcomponent van het systeem ontbreekt en ondanks de dynamiek vinden de kenmerkende ecotopen van het estuariene systeem er niet de ruimte voor ontwikkeling

2. De Zuidelijke lopen

- De getijdendynamiek is hier vrijwel verdwenen, waardoor er onvoldoende energie is om het watersysteem in beweging te brengen; zowel horizontaal als verticaal
- De rivierdynamiek is de enig overgebleven dynamiek, maar vanwege de dimensies van het gebied is deze te beperkt. De waterbeweging in het oostelijk deel is tot hoge rivierafvoeren niet naar het Haringvliet gericht ook al zijn de sluisen geopend.
- De zoet-zout-overgangen ontbreken en de Kier is niet in staat om dat te herstellen
- De morfodynamiek krijgt hier wel de ruimte, maar is vanwege de dimensies niet in staat het systeem binnen afzienbare tijd te herstellen. De golfslag is in veel zachte oeverzones de dominante kracht wat tot uitspoeling van fijn sediment leidt. Vanwege de geringe getijslag en het vaak sedimentarme water vindt nauwelijks sedimentatie plaats op de intergetijdengebieden. Oevers zijn veelal versteend, zelfs van de natuurgebieden, waardoor morfodynamiek daar geheel ontbreekt.
- De aanvoer van organische stoffen voor de biotiek is intact, maar vanwege de lange verblijftijd van het water en de geringe dynamiek is het aanbod te groot en ontstaan met name in de zomer problemen met de waterkwaliteit.
- Er is volop ruimte voor ecologisch herstel en de laatste decennia zijn ook grote gebieden aan het natuurareaal toegevoegd, maar bij gebrek aan dynamiek komen de kenmerkende ecotopen van het estuariene systeem niet tot ontwikkeling.

3. De tussenlopen

- De getijdendynamiek is hier nog deels aanwezig, het meest in het noordelijke deel van de tussenlopen. De horizontale waterbeweging is echter veel groter dan passend bij de breedte en diepte van de waterlopen.
- De rivierdynamiek is nog grotendeels in takt.
- De morfodynamiek is sterk verstoord door de hoge stroomsnelheden en kan niet in balans komen omdat verdieping en/of verbreding van de waterlopen niet mogelijk is.
- De zoet-zout-overgang, voor zover aanwezig, functioneert, al is de dagelijkse beweging veel groter geworden door de grote verticale waterbeweging.
- De aanvoer en het beschikbaar zijn van organische stoffen voor de biotiek is intact.
- De ruimte voor ecologisch herstel wisselt van erg klein tot vrij groot. Zo is er o.a. langs Spui en Dordtse Kil vrijwel geen ruimte omdat de landcomponent van het systeem ontbreekt, terwijl er langs de Oude Maas wel ruimte is.

4. De rivieren

- De getijdendynamiek is in de Lek nog grotendeels aanwezig en horizontale en verticale waterbeweging zijn daar ook in balans. Langs de Beneden-Waal, Nieuwe Merwede, Bergse Maas en Amer is de getijdendynamiek vrijwel verdwenen.
- De rivierdynamiek is nog grotendeels intact, op de Lek na die tijdens perioden van gemiddelde en lage Boven-Rijnafoeren meer en meer verstoken blijft van de aanvoer van rivierwater.
- De morfodynamiek is uit balans: de Waal en de Maas voeren nog veel sediment aan, maar het zandig sediment bereikt de RMM niet omdat het aan de ooststrand van het gebied voortdurend wordt weggebaggerd. Fijn kleiig sediment wordt wel doorgevoerd, maar verder stroomafwaarts opgebaggerd, wanneer het in rustiger water neerslaat.
- De zoet-zout-overgang is hier niet van toepassing.
- De aanvoer en het beschikbaar zijn van organische stoffen voor de biotiek is intact.
- De ruimte voor ecologisch herstel is groot langs de Beneden-Waal en Nieuwe Merwede, maar klein langs de Lek en Bergse Maas.

De Voordelta past niet in de bovenstaande indeling en is apart te beschouwen:

5. De Voordelta

- De Noordzee heeft onbeperkt toegang en de getijdendynamiek is nog geheel intact.
- Door de Haringvlietdam is de invloed van de rivier grotendeels verdwenen.
- De morfodynamiek is nog in volle omvang aanwezig, met op uitgebreide schaal erosie en sedimentatie. Zand en klei vanuit zee kunnen het gebied nog onbelemmerd bereiken. Vanuit de rivier is de aanvoer echter grotendeels opgedroogd, waardoor vooral minder fijn sediment het gebied bereikt dan voorheen. Het sediment dat in de Voordelta in beweging is, betreft vooral een herverdeling van oude sediment dat voor de afsluiting in zich ver in zee uitstreckende buitendelta lag. Op termijn zal dit proces meer en meer tot rust komen, waardoor het gebied meer het karakter krijgt van een ondiepe kustlagune dan een riviermonding.
- De fluctuaties in zoet en zoutwater zijn sterk verminderd, vooral tijdens perioden van lage tot bovengemiddelde rivierafvoeren. Alleen tijdens hoge rivierafvoeren (ca 50 dagen per jaar stroomt veel zoetwater in het gebied en ontstaan overgangszones).
- De aanvoer van organische stoffen vanuit de rivier is sterk afgenomen door de verminderde aanvoer van rivierwater. Het is daardoor meer in door de zee gedomineerd estuarien systeem geworden.

Biotische toestand en functioneren

Hoofdstuk 5

5 Biotische toestand en functioneren

5.1 Inleiding en leeswijzer

In de voorgaande hoofdstukken is de ontstaansgeschiedenis en zijn de abiotische processen in het BRM-gebied aan bod gekomen. Het gebied kent een stormachtige ontstaansgeschiedenis. Deze geschiedenis, in combinatie met alle estuariene processen - eerder in Hoofdstuk 3 Abiotiek samengevat als *estuariene dynamiek* - vormen de randvoorwaarden voor de planten en dieren die het BRM-gebied (kunnen) leven.

In dit hoofdstuk komt de **biotiek van het BRM-gebied** aan bod. Aangezien veel deelgebieden in de BRM wettelijke natuurdoelstellingen kennen met estuariene raakvlakken, is de biotiek in de BRM in deze systeemanalyse ook beschouwd vanuit het estuariene perspectief. Hierbij ligt de focus op de grote wateren in de BRM, inclusief de oevers, op de binnendijkse gebieden wordt minder gefocust.

Er is voor gekozen om eerst, in paragraaf 5.2, een goede basis te geven middels een **introducerende toelichting op de werking van een natuurlijk estuarium vanuit biotisch oogpunt**. Een aantal processen is namelijk uniek voor estuariene natuur en komen we in de meer bovenstrooms gelegen delen van rivieren niet tegen. Denk aan getijslag en zoet-zoet overgangen en de belangrijke rol van estuaria voor vismigratie, de kraamkamerfunctie voor vis en pleisterplaats voor trekvogels. Daarnaast is ingezoomd op de relevante ecotopen en de levensgemeenschappen die hier voorkomen. Wat is de huidige situatie en zijn bepaalde ontwikkelingen zichtbaar? Dit wordt zowel voor het overkoepelende BRM-gebied besproken, als per kenmerkende zone: het zoetwater(getijde)gebied, het overgangswater, en het zoute kustwater. Vaak met aanvullende voorbeelden op waterlichaamniveau. In paragraaf 5.3 wordt de **indeling van biotopen in de BRM** besproken.

Vervolgens wordt in paragraaf 5.4 de **toestand en trends van de biotiek in de BRM** besproken, onderverdeeld in de belangrijkste levensgemeenschappen of soortgroep per biotoop. Hierbij wordt als basis gebruik gemaakt van Kaderrichtlijn Water (KRW) oordelen van de Rijkswateren en Natura 2000 (N2000) rapporten, met in het bijzonder recent gepubliceerde natuurdoelanalyses, met aanvullingen vanuit beheerplannen en aanvullende literatuur. Deze keuze is gemaakt omdat de BRM vrijwel vlak dekkend bestaat uit KRW-waterlichamen, ook zijn er veel N2000-gebieden aangewezen in de BRM. Verder is voor de natuurwaarden die onder deze beleidskaders beschermd zijn een relatief grote hoeveelheid kennis beschikbaar. Ook gaat het veelal om de kritische en typerende soort(groep)en en habitats die specifieke (leef)omstandigheden vereisen. De toestand van deze kritische soort(groep)en en habitats dient als indicator voor minder kritische soorten en habitats die ook voorkomen in de BRM. Samen leidt het overkoepelende oordeel op basis van N2000 en KRW tot een overzicht van de huidige kwaliteit van de natuur in en om het water van de BRM en de knelpunten die hierin spelen. **Dit overkoepelende overzicht van de kwaliteit en knelpunten sluit goed aan op de holistische visie van de PAGW.**

Tot slot is in paragraaf 5.5 een **samenvatting** gegeven van de huidige toestand van de biotiek, welke in Hoofdstuk 6 uitgebreid is beschreven. In de samenvatting komen ook alle knelpunten en de bijbehorende oorzaken terug die in het gebied spelen.

5.2 Estuariene natuur, een algemene introductie

De sturende abiotische processen die ten grondslag liggen aan estuariene natuur creëren een enorme diversiteit aan leefomstandigheden (biotopen). Hierdoor is in en rond een estuarium doorgaans een grote variatie en een grote hoeveelheid aan levensgemeenschappen aanwezig. Veel van de karakteristieke estuariene levensgemeenschappen of hun leefgebieden in de BRM zijn beschermd middels wettelijke doelstellingen.

Om de hiernavolgende biotische systeemanalyse van het BRM-gebied goed te kunnen interpreteren moet eerst een basisreferentie gelegd worden: Hoe werkt een goed functionerend natuurlijk estuarium precies? Welke fysiotopen zijn grofweg te onderscheiden? Welke kenmerkende levensgemeenschappen komen voor en hoe interacteren zij met elkaar in het voedselweb? De antwoorden op deze vragen worden gegeven in deze paragraaf middels een algemene introductie van wat estuariene natuur is. Hierbij wordt relatief veel aandacht besteed aan de levensgemeenschap vegetatie. Vegetatie is namelijk van grote invloed op de vorming van het getijdenlandschap en de biotopen daarbinnen, en daarmee het voorkomen van andere soorten.

Ook een koppeling tussen de biotiek en abiotiek valt niet te vermijden. Iedere soort heeft een bepaalde tolerantie voor iedere abiotische parameter. Als gevolg van de ruimtelijke en temporele variatie binnen het estuarium ontstaat er een mozaïek aan milieufactoren wat sturend is voor het al dan niet voorkomen van specifieke soortgroepen. Enige basiskennis van hoe deze processen werken op de biotiek is van belang voor het begrijpen van de estuariene natuur in de Biesbosch Rijn-Maasmonding. Zonder te veel te herhalen wordt daarom vanuit ecologisch perspectief nog kort ingegaan op de meest relevante sturende processen in een estuarium in. Hierbij wordt veel terugverwezen naar Hoofdstuk 5 Abiotiek.

Het is in deze introducerende paragraaf niet de bedoeling om volledig te zijn. Het gaat om de hoofdlijnen. Het gaat nadrukkelijk niet om trends of knelpunten. Dat wordt in paragraaf 5.4 onderzocht en beschreven. Verder lezen kan via de genoemde literatuur, zie bijvoorbeeld Zoet zout Zuid-Holland (Paalvast, 2000).

5.2.1 Hoe werkt een estuarium

Een estuarium is globaal in drie zones op te delen:

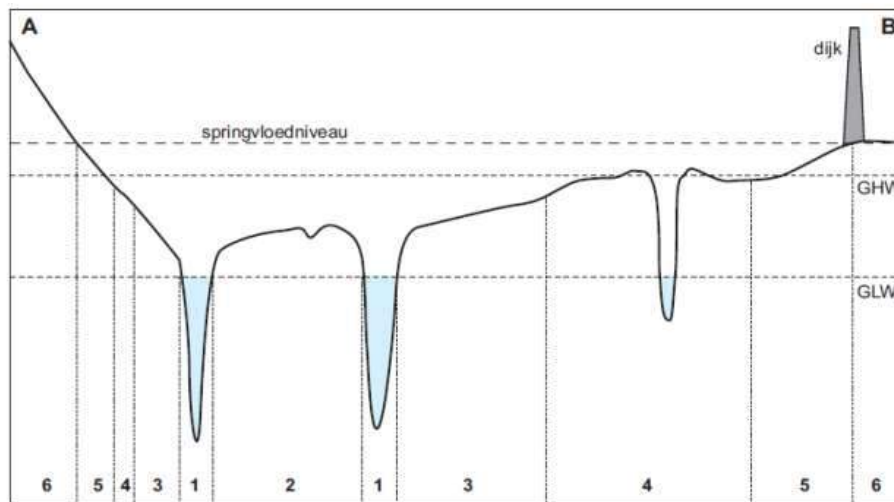
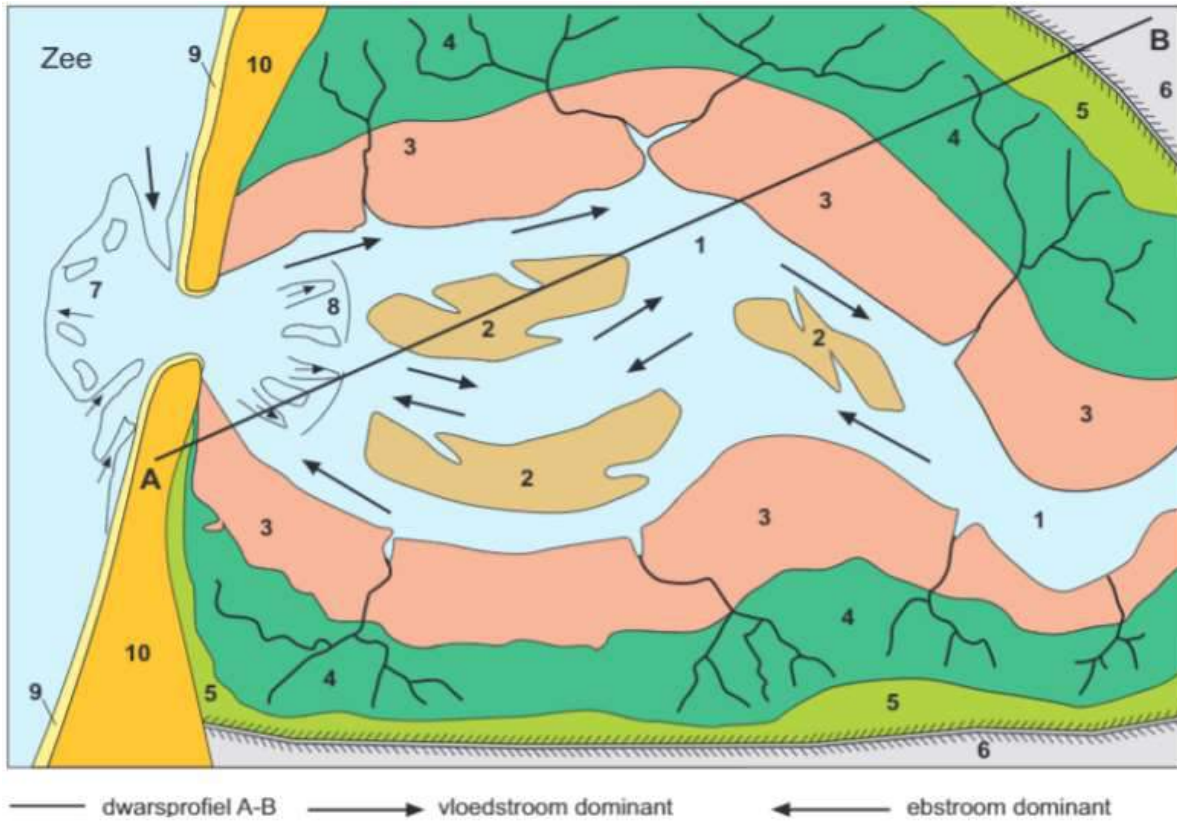
1. Zoetwatergetijdenrivier;
2. Overgangszone van zoet naar zout;
3. Kustzone.

In Hoofdstuk 3 is al veel hiervan aan bod gekomen maar we herhalen beknopt het meest essentiële in het kader van de biotiek: Komend vanaf de rivier neemt de invloed van de zee toe. Dat is te zien aan de getijslag, de stromingsrichting die regelmatig van richting veranderen (afhankelijk van eb, vloed en onderstromen), en het stijgende zoutgehalte. Ook kenmerkend voor een estuarium is dat richting zee de breedte/diepte verhouding toeneemt waardoor de rivier steeds breder wordt. In het samenspel van rivierafvoer, getij, stroming en golfslag treedt aan- en afvoer op van sediment en ontstaan door erosie en sedimentatie kenmerkende **fysiotopen**. Dat zijn bijvoorbeeld de eb- en vloeddelta, stranden, strandwallen en duinen, slikken, schorren, platen, killen en kreken (Figuur 5-1, Figuur 5-2). De benaming van fysiotopen in het estuarium leidt soms tot verwarring, omdat deze streekgebonden is. Om verwarring te voorkomen wordt dit in onderstaand tekstkader) toegelicht.

KADER: Babylonische spraakverwarring over slikken, schorren, gorzen, wadden en kwelders

In Zuid-Holland, Noord-Brabant en Zeeland gebruikt men voor oeveraanwassen de benaming slikken, schorren en gorzen. Deze liggen in het zogenaamde **intergetijdengebied**: de oever tussen gemiddeld hoog en laag water (GHW, GLW) wat dus twee keer per dag droogvalt en bij vloed weer onderstroomt. De **slikken** liggen in het laagste deel van deze zone. Zodra een slik begroeid raakt, spreekt men over **schorren** of **gorzen**. Deze kunnen, afhankelijk van de overstromingsfrequentie, weer onderverdeeld worden in **laag, middel of hoog (zout)** of **laag en hoog (zoet)**. Deze liggen dus boven de slikken (ezelsbrug: als je een droge keel hebt, ben je schor).

In Nederland lijkt het gebruik van de term schorren meer gebonden te zijn aan zoute en brakke wateren (*Schorrekruid* groeit in zilte omstandigheden) en spreekt men van gorzen in het zoetwatergetijdengebied van de Rijn-



- | | | |
|--|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> 1 geulen 2 platen 3 slikken 4 lage schorren 5 hoge schorren 6 binnendijs gebied | <ul style="list-style-type: none"> kreeken 7 ebdelta 8 vloeddelta 9 zeestranden 10 strandwallen en duinen dijken | <p>GHW = gemiddeld hoogwater
GLW = gemiddeld laagwater</p> |
|--|--|--|

De laag in de voedselpiramide boven de producenten worden de primaire consumenten genoemd, zij zetten de energie uit fytoplankton en planten om in dierlijke biomassa. Zo vormt fytoplankton belangrijk voedsel voor schelpdieren en zoöplankton (alle kleine in het water zwevende diertjes, zoals watervlooien, maar ook larven van kreeftachtigen, vis, schelpdieren etc.). Planten worden daarnaast begraasd door allerlei herbivoren, bijvoorbeeld ganzen, konijnen, insecten en slakken. De voedselpiramide wordt verder gevuld door secundaire en tertiaire consumenten. Dit zijn soorten die jagen om aan voedsel te komen. In het water vormt zoöplankton voedsel voor kleine/juvenile vissen (zoals blankvoorn en zandspiering), welke op hun beurt worden gegeten door grote vissen (zoals snoek en zeebaars), maar ook vogels (zoals grote stern en roodkeelduiker) en (zee)zoogdieren (zoals bruinvis en otter). Op het land worden bijvoorbeeld insecten gegeten door o.a. kleine amfibieën en zoogdieren (zoals muizen en kikkers), welke vervolgens worden gegeten door roofdieren (zoals bunzing en ringslang). Uiteindelijk is de cirkel min of meer gesloten doordat dieren doodgaan en via de afbraakketen als (opgeloste) organische stof weer in het voedselweb beschikbaar komen voor producenten.

De hoge biomassa en diversiteit in en rond een estuarium zorgt ervoor dat vele soorten soortgelijke functies vervullen in het voedselweb. Dit zorgt voor een veerkrachtig systeem dat tegen een stootje kan. Tijdelijk of gedeeltelijk weggevallen soorten leiden hier dus niet direct tot het instorten van het ecosysteem. Wanneer te veel soorten/functies weggevallen begint het natuurlijk wel te knellen.

Het diverse en veerkrachtige systeem is bij uitstek geschikt als kraam- en kinderkamer voor veel soorten. Dieren die zich hier voortplanten en opgroeien migreren op termijn vaak van het estuarium naar open zee of juist het binnenland en nemen zo organische stoffen het systeem in- en uit. Daarmee staat het voedselweb van de delta niet los van dat van de omliggende ecosystemen.

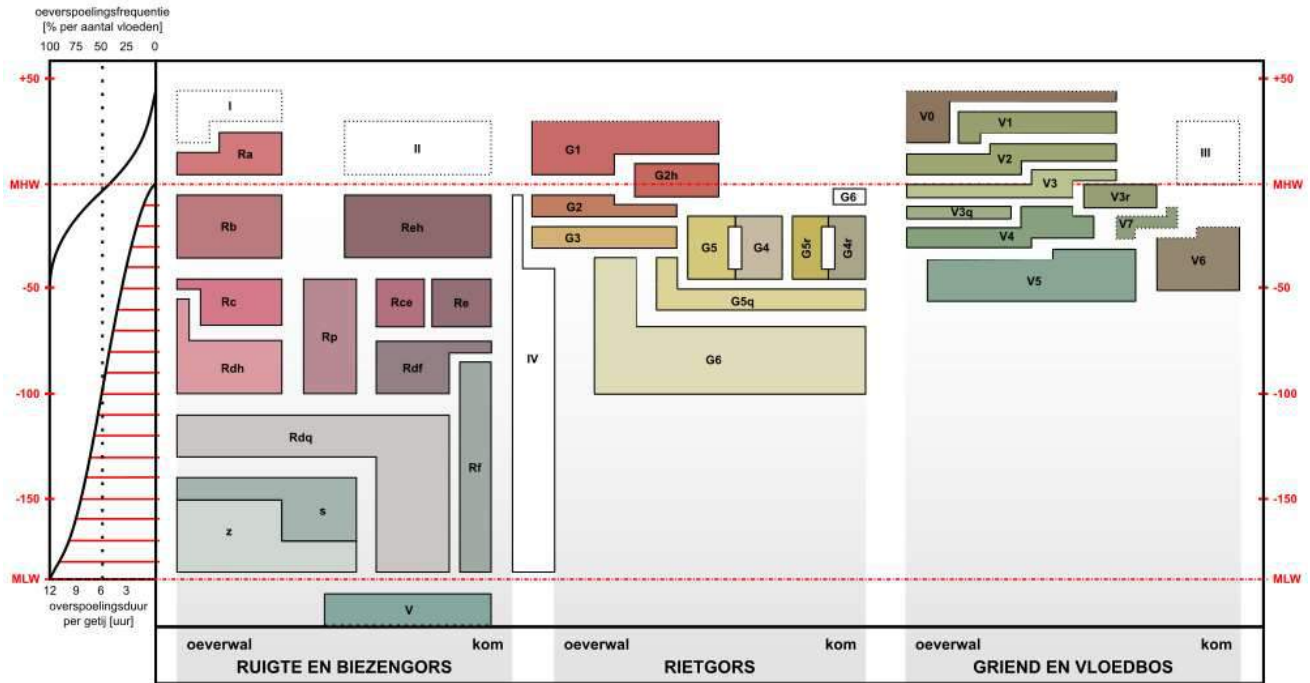
5.2.3 Vegetatie, en de sturende rol van getijslag, saliniteit, hydrodynamiek, substraat en diepte

De vegetatie in een estuarium kenmerkt zich door een hoge biodiversiteit door de gradiënten in saliniteit, droogvalduur, overstromingsfrequentie, waterdiepte of, in de drogere delen, de grondwaterstand. Komend vanaf de bovenstrooms gelegen zandrivieren veranderen de vegetatietypen via het zoetwatergetijdengebied in de brakke en zoute schor- en duinvegetaties van de Voordelta. In de hogere delen van de uiterwaarden kunnen drogere vegetatietypen van de zandrivieren nog lang een plek vinden tot het ook daar te droog of zout wordt. In onderstaande paragrafen wordt op stilgestaan bij de meest belangrijke sturende principes rondom vegetatie in een estuarium.

5.2.3.1 Zoetwatergetijdenvegetatie

De vegetatieontwikkeling van zoetwatergetijdenrivieren zijn in tegenstelling tot mariene getijdengebieden (Waddenzee, Zuidwestelijke Delta) minder goed onderzocht. Veel rivierstudies stoppen precies op de overgang naar het estuarium. Bijvoorbeeld aan het eind van de Waal bij Gorinchem. Ook wereldwijd krijgen zoetwatergetijdenrivieren als onderdeel van estuaria relatief weinig aandacht. De zoetwatergetijdenrivieren kunnen daarmee worden gezien als een vergeten riviertraject wat net nergens bij hoort.

Prof. Ies Zonneveld is in Nederland een van de pioniers geweest die zoetwatergetijdennatuur systematisch in kaart bracht en relaties legde tussen vegetatietypen, bodem en getij. Bekend is zijn promotieonderzoek naar de Brabantse Biesbosch (Zonneveld, 1960) en het 50 jaar lang volgen van de ontwikkeling van slikken en gorzen in een hele serie vegetatieplots, onder andere door luchtfoto's te maken vanuit een hoogspanningsmast (Zonneveld, 2000). De kaart die Zonneveld in zijn proefschrift opnam, staat in Figuur 5-4 en is de eerste volledige vegetatiekaart van de Brabantse Biesbosch. Het gaat hier overigens om de theorie, welke ook toepasbaar is op zoutwatergetijdegebieden buiten de Biesbosch. Door ook abiotische condities te meten op de groeiplaatsen kon Zonneveld vrij nauwkeurig kenmerkende vegetatiezones een plek geven in de tijdenzone in relatie tot *overspoelingsduur* (0-12 uur) of *overspoelingsfrequentie* rondom gemiddeld hoog water (GHW, % per aantal vloed). Daarbij maakt hij onderscheid tussen oeverwal (veel dynamiek) en kom (weinig dynamiek) en drie gorstypen (biezen, riet, wilg). Deze typen komen niet zo duidelijk gescheiden voor, maar kunnen zich onderling mengen als gevolg van beheer (biezen en riet snijden en grienden) of dynamiek (extreem hoogwater zet de successie terug; moment van vestiging van een soort geeft de soort voorsprong).



R RUIGTE EN BIEZENGORS	G RIETGORS	V GRIEND en VLOEDBOS
Ra Bereklaauw en Valeriaan	G1 Riet en Bereklaauw	V0 Griend- en vloedbosgemeenschap met Heksenkruid en Zegge
Rb Harig Wilgenroosje en Rietgras	G2 Riet, Beemdgras en Speenkruid	V1 Wilg en Helmkruid
Rc Moeraskruiskruid, Kattestaart en Heen	G2h Riet en Fluitekruid	V2 Wilg en Bereklaauw
Rce Grote en Kleine Lisdodde	G3 Riet, Dotterbloem, Beemdgras en Speenkruid	V3 Wilg, Bittere Veldkers en Fluitekruid
Re Lisdodde en Egeiskop	G4 Riet en Moerasvergeetmeniet	V3r Wilg, Fluitekruid en Dotterbloem
Reh Moerasandoorn, Lisdodde en Egelskop	G4r G4 Dotterbloem-rijk	V3q Wilg, Bittere Veldkers en Nopjeswier
Rdh Heen en Rietgras	G5 Riet en Dotterbloem	V4 Wilgen, Kleine Waterreppel en Bosridderzuring
Rdq Driekantige Bies en Heen	G5r G5 Dotterbloem-rijk	V5 Bittere Wilg, Waterweegbree en Kleine Waterreppel
Rdf Mattenbies en Kattestaart	G5q G5 Dotterbloem-arm	V6 Bittere Wilg en Egelskop
Rf Mattenbies en Pijlkruid	G6 Kruidenloos rietgors	V7 Kruidenarme griend
Rp Water-ereprijs en Waterpeper		
PLATEN	NIET GEKARTEERDE VEGETATIE/Gemeenschap	
s Kale slikplaten	I Tanaceto-Artemisietum (Boerenwormkruid-Bijvoet)	
z Kale zandplaten	II Magnocaricion (Grote Zeggen)	
	III Alnion (Elzenbroekbos)	
	IV Drijftil-vegetatie	
	V Gele Plomp, Doorgroeid Fonteinkruid en Kamfonteinkruid	

Figuur 5-5. Classificatie van kenmerkende vegetatiezones in de Brabantse Biesbosch voor de afsluiting van het Haringvliet bij een getijslag van 2 m voor een biezenegors, rietgors en griend of vloedbos (naar Zonneveld, 1960; MLW = GLW; MHW = GHW)

De vegetatiezones laten direct ook de successie zien bij de verdere aanwas of opwas van slikken en schorren. In de permanent overstroomde zones (kil, kreek, rivier) kunnen bij een relatief beperkte hydrodynamiek en diepte uitbundige begroeiingen aanwezig zijn van fonteinkruiden en drijfbbladplanten, zoals witte waterlelie en gele plomp. Watervegetatie groeit tot de diepte waar licht kan doordringen, bij benadering de waterdiepte tot 1,5 m beneden GLW (Figuur 5-5), maar dat hangt af van het waterdoorzicht. Diepere zones zijn voor waterplanten niet interessant meer, maar wel nog voor macrofauna en vis (zie verder). Vroeger, voor afsluiting van de Deltawerken, kwamen ook uitgebreide **drijftillen** (ook wel veek, deek of daak) voor. Dit zijn drijvende matten van dood en levend plantmateriaal met ook wel wilgentakken of losgeslagen rietzodden waar weer andere oeverplanten in tot ontwikkeling kunnen komen via wortelstokken (riet), wortelknollen (heen) of via zaden die op het vochtige substraat goed tot ontwikkeling kunnen komen. Stukken drijftil kunnen losraken en wegdrijven en op een nieuwe plek voet aan de grond zetten. Zo kan de drijftil een bijdrage leveren bij de verspreiding van planten. Onder meer door het hedendaagse intensievere beheer en het wegvallen van de dynamiek is dit tegenwoordig een zeldzamer verschijnsel geworden.

Belangrijk in het water is ook het fytoplankton (algen drijvend in het water) en fyto-benthos (algen op de bodem). Overgangswateren (estuaria) vormen een extreem milieu voor fytoplankton en -benthos (Altenburg et al., 2018). Het water is (zeer) slibrijk waardoor het lichtklimaat beperkend is voor de groei. Daarnaast spelen de zoutgehalten een belangrijke rol. Deze zijn zeer bepalend voor de hoeveelheden en samenstelling van het fytoplankton en -benthos. De grootte van de primaire productie hangt verder sterk samen met de diepte en is hoog in de diepere (en zoutere) en zeer laag in de ondiepere (en brakker) delen. De soortenrijkdom is het grootst in de meest zoute delen, bereikt een minimum in de brakwaterzone, en neemt in zoetere delen ten slotte weer sterk toe waar ook de primaire productie hoog is. De belangrijkste groep binnen het fytoplankton wordt gevormd door diatomeeën. Het aantal soorten en de vormenrijkdom zijn groot en ze worden het gehele jaar aangetroffen. In de zoetere delen van het overgangswater wordt het fytoplankton een groot deel van het jaar gedomineerd door blauwwieren en groenwieren uit het zoete water. Dinoflagellaten en andere flagellaten zijn minder belangrijk. De kolonievormende soort *Phaeocystis* is, na de voorjaarsbloei van diatomeeën, alleen belangrijk in de diepere overgangswateren.

De grens tussen onbegroeide slikken, platen en biezen- en rietgorzen werd door Zonneveld vastgesteld op het niveau van GLW tot de 50 % - overstromingsduurlijn bij gemiddelde omstandigheden (Figuur 5-5). Mits de hydrodynamiek niet te hoog is, komen daar verschillende pioniers tot ontwikkeling. Bekend zijn de verschillende biezensoorten die ook een KRW-kensoort zijn voor zoet getijdenwater (zie verder par. 0). Minder bekend is de algenlaag van nopjeswieren (*Vaucheria spec.*) op het kale slik (in Figuur 5-5 aangeduid als 's') of op open plekken in het ooibos (V3q). Zonneveld (1960) spreekt hier van: "*een dicht wiervilt, ... dat als een van nopjes voorzien smaragdgroen tapijt over de bodem ligt uitgespreid*". Er is weinig bekend over nopjeswier. We noemen het hier wel omdat het goed mogelijk is dat het dienst doet als biobouwer en helpt bij het vasthouden van slikken, het invangen van extra slib en organische stof voor macrofauna, vis en vogels. Dit is, voor zover bekend, nooit onderzocht. Maar uit het waddengebied is bekend dat algen deze rol kunnen spelen.

De bovengrens van de intergetijdenzone en tevens de begrenzing van de riet- en biezen- en rietgorzen wordt bepaald door het hoogste hoogwaterniveau bij gemiddelde omstandigheden, het niveau waarbij de overstromingsfrequentie onder genoemde omstandigheden tot nul nadert. Dit komt ongeveer overeen met gemiddeld springtij-hoogwater (GHWS). Dit noemt men de lage gorzen. In de lage gorzen groeien riet en soorten van natte strooiselruigtes. In sommige periodes van het jaar hebben deze een zeer kleurrijk voorkomen door het massaal bloeien van grote, kruiden. Een kenmerkende getijdensoort in het rietgors is de spindotterbloem. Op de grens tussen de slik en biezen- en rietgorzen komt een gordel voor met waterereprijs en waterpeper (Rp) in open plekken tussen de biezen en het riet. Die zone bevat kensoorten van het habitatype slikkige rivieroever. Het is een pioniervegetatie die verdwijnt als de grotere oeverplanten te massaal tot ontwikkeling komen.

Rondom de vloedlijn kunnen wilgenzaden massaal tot ontwikkeling komen. Daar bevinden zich dan ook de wilgenvloedbossen (ook wel alluviale bossen of ooibossen). Kenmerkend voor het zoetwatergetijdengebied is het Veldkers-ooibos wat pas goed functioneert bij een getijslag van 80 cm of meer en dan een zeer rijke kruidengroei kent met forse planten. Het zijn de moeilijkst toegankelijke bostypen van Nederland. Ze zijn nat, lieslaarzen of zelfs een waadpak zijn aan te raden, maar ook de doorgang wordt belemmerd door greppels en krekens en een grote jungle van hoog opschietende ruigte, dood hout en omgevallen wilgen die gewoon weer doorgroeien (de zogenaamde wentelwilgen; Bijlsma et al., 2009).

Op de hoge gorzen (tussen gemiddeld hoogwater bij springtij (GHWS) en de overstromingsvrije zone) kunnen soorten van de zandrivieren langer standhouden. Denk aan vochtige en droge graslanden (bijv. vossenstaarthooiland, stroomdalgrasland, glanshaverhooiland), doornstruwelen, ruigten en zomen, en hardhoutooibos (vochtig en droog). Het bodemtype, de overstromingsfrequentie en het beheer spelen een belangrijke rol.

5.2.3.2 Meest voedselrijke natuur van Nederland

De continue aanvoer van slib en de aanwezigheid van zeeklei maken het getijdengebied tot een van de meest voedselrijke natuurgebieden van Nederland. Het is bekend dat soorten die ook elders in het land voorkomen, aan de oevers van de dynamische grote wateren extreem groot kunnen worden. Een bekend voorbeeld is dat van riet. Afhankelijk van de hydrodynamiek, zuurgraad (veen), invloed van zout (daar wordt riet korter van) en invloeden van wind kan riet voorkomen als dun en kort land-/vochtig riet, of (zeer) robuust en lang water-/stromingsriet met lengtes tot wel 5 meter (Figuur 5-6). Het gaat hier om rietrassen met andere genetische eigenschappen. Deze verschillende typen riet vervullen ook verschillende rollen als leefgebied. De typische rietvogel grote karekiet vindt bijvoorbeeld uitsluitend in dit robuustere rivier- en stromingsriet geschikt leefgebied. Dit komt doordat de dunnere typen riet het

gewicht van de vogels en nesten niet kunnen dragen. De grotere typen riet komen vrijwel uitsluitend tot stand in grote zoete wateren met dynamische omstandigheden: veel wind of getijslag.

Door de verversing van het water door de eb- en vloedstroom en inundatie van de slikken en schorren is in de hoogdynamische delen minder snel sprake van eutrofiëring. Bij de afwezigheid van dynamiek, zoals meer stagante wateren, is sneller sprake van eutrofiëring, waardoor algen en kroos kunnen domineren.



Figuur 5-6 Verschillende typen riet die tot stand komen onder verschillende omstandigheden (van der Winden, 2017).

5.2.3.3 Effect van getijslag op vegetatiezones

De getijslag is van invloed op de concurrentie van planten in de oever. Zonneveld noemt dit het **duikereffect**. Bij een getijslag van 30-40 cm is riet zo dominant dat biezen alleen voorkomen op de meer geëxponeerde plekken of nieuwe slikken (Figuur 5-7). Zodra riet tot ontwikkeling komt, zullen de biezen op termijn verdwijnen. Echter, bij een toenemende getijslag lukt het biezen om aan de concurrentie met riet te ontkomen door dieper in de oever te groeien. Riet kan daar geen standhouden, maar biezen (heen, driekantige bies en mattenbies) als echte pionierssoorten wel.

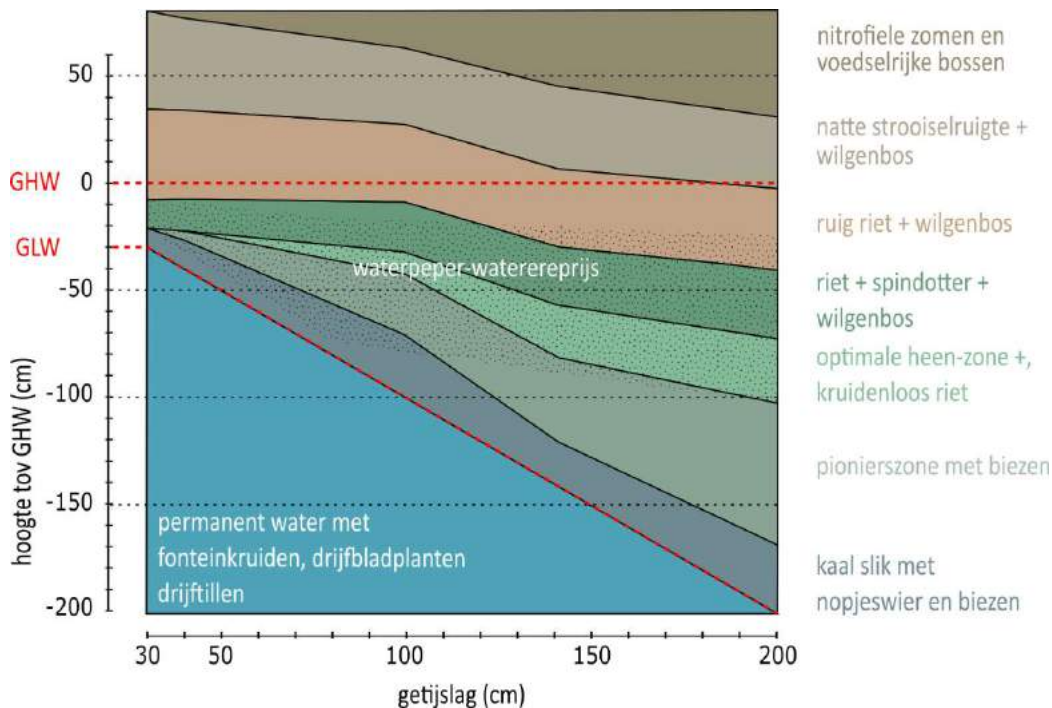
Dit principe geldt voor meer plantensoorten. Hierboven is al genoemd dat het kenmerkende Veldkers-ooibos pas goed functioneert bij een getijslag van 80 cm of meer. Bij minder getijslag treedt verbrandneteling op en ontstaat een situatie die lijkt op de ooibossen langs de zandrivieren: dicht aan de rivier het bijvoet-ooibos en op meer luwe delen, hoger en verder van de rivier, het lissen-ooibos en op nog hoger gelegen delen het hardhoutooibos met weer eigen associaties.

De afname van de getijslag door de Deltawerken hebben er onder andere toe geleid dat het biezenareaal en het areaal van het Veldkers-ooibos in areaal en kwaliteit sterk achteruitging (zie verder in par. 4). Door de gevoeligheid van biezen voor een afnemende getijslag is ze in de KRW-systematiek aangewezen als kensoort voor het type R8 - zoetwatergetijdenrivier (zie verderop). Ter illustratie: in de Oude Maas, Noord en Lek kwam vroeger een biezenareaal voor van meer dan 850 ha. Daar is nu vrijwel geen biezenareaal meer te vinden. Dit is tekenend voor het hele zoetwatergetijdengebied. Van de bijna 2000 ha aan biezen is nog geen 1% meer over. Naast getijslag spelen ook andere invloeden een rol (scheepvaart, inpoldering, stoppen biezenteelt, verganzening), maar toch is dit tekenend en vermoedelijk speelt de afname van de getijslag hierin een belangrijke rol.

Voor het wilgenvloedbos speelt dit effect ook een rol. De meest typische subassociatie van het Veldkers-ooibos (met fluitenkruid) is na de afsluiting van het Haringvliet vrijwel uit de Brabantse Biesbosch verdwenen en komt nu alleen

nog goed ontwikkeld voor in de Sliedrechtse Biesbosch, langs de Oude Maas (Rhoonse Grienden, Klein Profijt) en de Nieuwe Maas (Stormpoldervloedbos). De subassociatie met grote waterweegbree is zeer zeldzaam geworden. De afname van de getijdeninvloed (en toename stikstof/eutrofiering) leidt er verder toe dat de bossen verdrogen en verbrandnetelen door de hoge voedselrijkdom. Bij storm vallen zones open wat ruimte biedt aan de ontwikkeling van ruigtevegetaties met dus brandnetel maar ook late guldenroede, reuzenbalsemien en braam. Die kunnen dermate domineren dat het de verdere bosontwikkeling (richting hardhoutoibos) remt.

Ook in brak en zoutwater heeft de getijslag invloed op de ligging van de slikken en schorren en vegetatiezones daarin. Dit is onderzocht in het kader van de aanleg van de Deltawerken (Saeijs & Cnossen, 1975). We werken dit verder niet uit, omdat dit voor de huidige Rijn-Maasmonding minder sturend is (in de Voordelta zijn ruimtelijk gezien weinig verschillen in de getijslag aanwezig).



Figuur 5-7. Vegetatiezones in het zoetwatergetijdengebied in relatie tot getijslag. De gestippelde arcering is de waterpeper-waterereprijs zone (naar Zonneveld, 2000; van de Rijt, 2001). De zones zijn een benadering en de grenzen zullen in de praktijk niet zo hard zijn.

5.2.3.4 De rol van vegetatie bij de vorming van het getijdenlandschap

Het getijdenlandschap is het resultaat van een dynamisch samenspel van hydromorfologie en vegetatie. Uit stroomgootstudies van de Universiteit van Utrecht (M. Kleinhans) met de zogenaamde Metronoom, een kantelende bak om de eb- en vloedstroom na te bootsen, bleek namelijk dat ze een estuarium alleen goed konden laten ontwikkelen als niet alleen de dagelijkse getijslag aanwezig was, maar als ook verschillende typen sediment (grof en fijn) én vegetatie (in de vorm van microgroenten zoals waterkers) aan de stroomgoot werden toegevoegd.

Wat precies leidt tot de vestiging van de eerste planten op een kaal slik is niet duidelijk onderzocht. Zonneveld (1960) beschrijft dat voor begroeiing van zandige aan- en opwassen in het zoetwatergetijdengebied deze altijd eerst wat slibhoudend moeten worden. Dat fijne sediment zorgt ervoor dat het zand minder in beweging is en zaden of aangespoelde plantendelen zich kunnen vestigen en zich kunnen handhaven. Hij kent daarbij een belangrijke rol toe aan hydrologisch rustige periodes. Dat biedt blijkbaar een 'window of opportunity' voor aanslibbing en vestiging van pioniers zoals biezen (deze kiemen in tegenstelling tot riet ook onder water). Een andere manier waarop vegetatie zich volgens Zonneveld kan vestigen, is alleen mogelijk bij voldoende aanvoer van zand en bij voldoende getijslag. Er kunnen dan hoge zandruggen ontstaan, zelfs tot boven GHW. Deze zijn daardoor bereikbaar voor oeverplanten (wilg, riet, etc.), dus zonder dat het eerst slibrijker hoeft te worden. In het huidige estuarium is de laatste manier van

vestiging echter zeldzaam geworden aangezien de ontwikkeling van hoge zandruggen in oevers of op platen zeldzaam is geworden (zand verdwijnt in de diepe vaargeul).

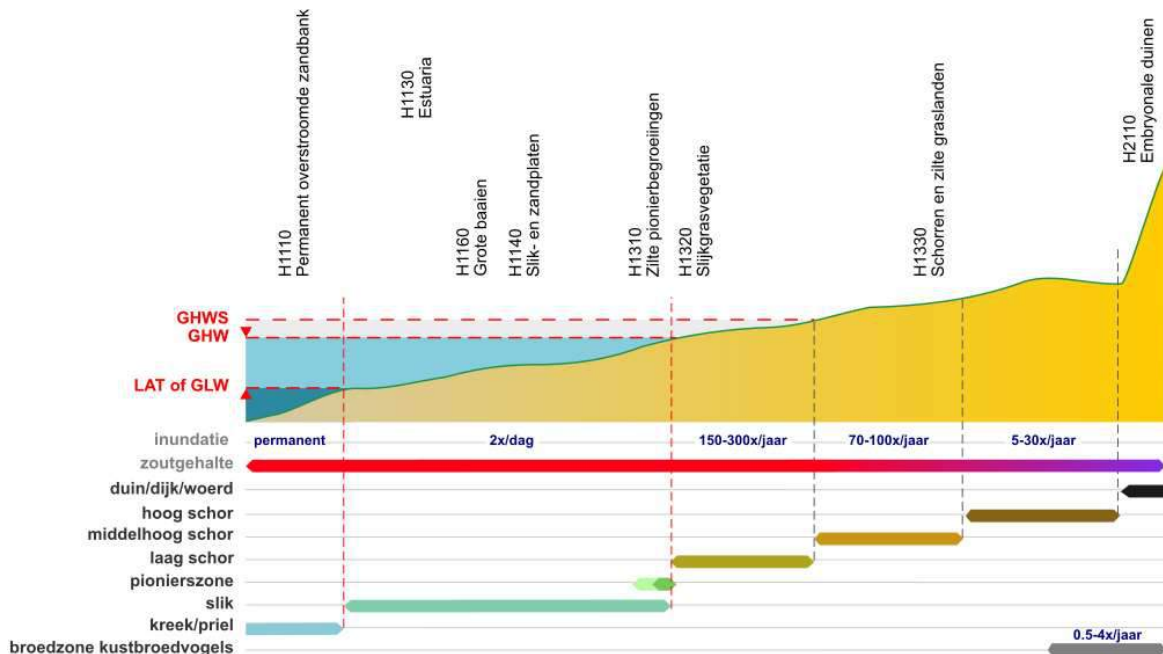
Een speciale rol voor verspreiding van soorten is weggelegd voor **drijfveilvegetaties** (andere benamingen zijn veek, deek of daak). Het betreft vegetaties op drijvende, dode plantenresten van voornamelijk rietstengels, wilgentakken en ander plantaardig afval wat uit de oevers spoelt en wat zich in luwe plaatsen ophoopt. Ze bieden een ideale vestigingsplaats voor allerlei soorten (kenmerkend zijn bitterzoet en zwart tandzaat) omdat de vochtomstandigheden optimaal zijn en er ruim voldoende organische stof voorhanden is. Wanneer zo'n wortelmassa loslaat kan het elders aanspoelen waarna de vegetatie zich kan vestigen. Dit kan ook op kaal zand omdat er in de dode plantenmassa altijd ruim voldoende organische stof aanwezig is.

Als vegetatie zich eenmaal heeft gevestigd, vangt ze sediment in met slibdiktes tot wel meer dan 80 cm. Zo groeien slikken langzaam uit tot gorzen. Daarnaast stuurt de vegetatie de stroming en daarmee de vorming van kreken. Een flink hoogwater kan de successie echter weer een flink eind terugzetten. Dat is gunstig voor pioniersoorten die daardoor weer vestigingsmogelijkheden krijgen.

In zout water speelt de vegetatie een vergelijkbare rol, met dat verschil dat ze pas hoger in de getijdenzone tot ontwikkeling komen en er minder dichte en hoge vegetatiestructuren ontstaan. Er spelen wel andere biobouwers een rol, denk aan de mossel- en oesterbanken en bijvoorbeeld zeegras en Engels slijkgras.

5.2.3.5 Zoutwatergetijdennatuur en de sturende rol van saliniteit op vegetatie

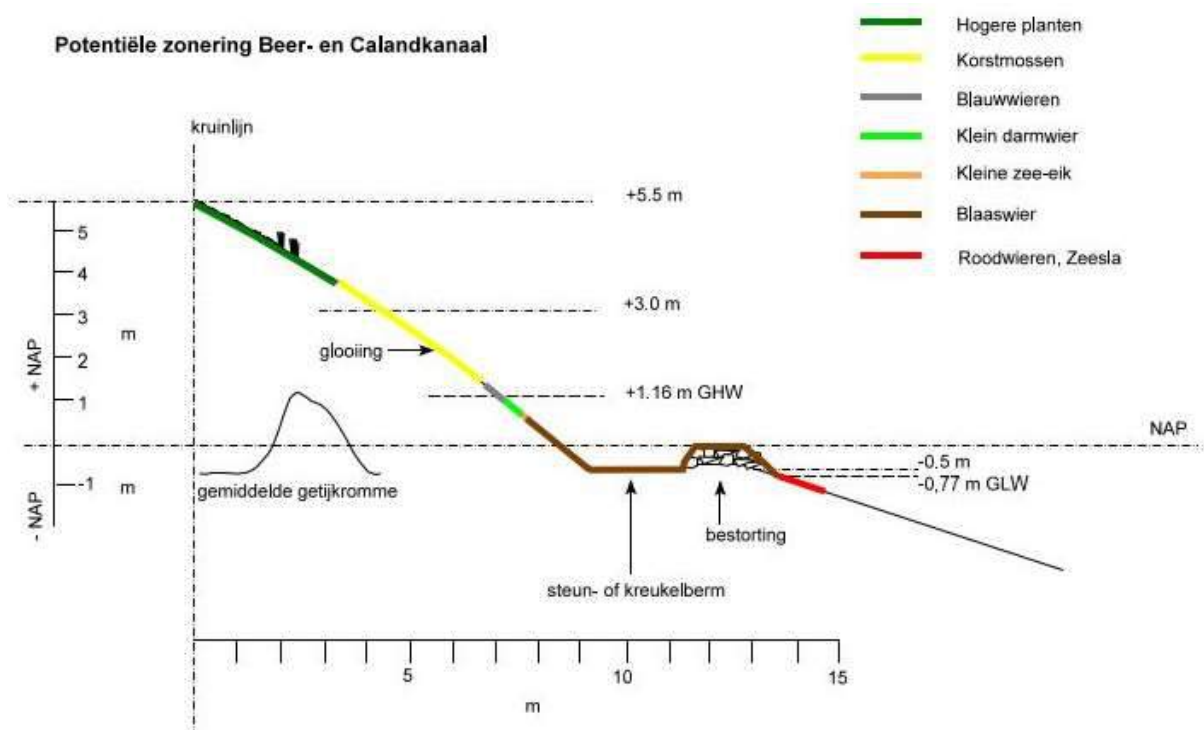
Hierboven gaat het vooral over de zoetwatergetijdennatuur. Dat komt ook het meeste voor in het studiegebied. De rol van saliniteit kan echter niet onbesproken blijven. Het is sturend voor het waterdoorzicht, voor de biodiversiteit in het algemeen (zie onder macrofauna) en voor het voorkomen van verschillende soortgroepen (bijvoorbeeld visgildes of vegetatietypen). Bovendien horen vegetatie van brak en zout water bij een estuarium en komen deze voor in de Voordelta en in de Noordrand van de BRM. De opbouw van een zoutwatergetijdenoever met de begrenzing van slikken en schorren is weergegeven in Figuur 5-8.



Figuur 5-8. Getijdennatuur zout- tot brakwater. Boven de afbeeldingen zijn enkele Natura 2000-habitattypen aangegeven die binnen die zone voor kunnen komen.

In permanent overstroomd brak tot zout water kan groot zee gras voet aan de grond krijgen op plekken waar een evenwicht is tussen sedimentatie en erosie. Het zoutgehalte heeft invloed op de verschillende stadia van zee gras gedurende de levenscyclus, zoals de kieming van de zaden en de zaailingoverleving (Reitsma et al., 2019). Als ondergrens voor het voorkomen van zee gras populaties is ca. 9 g Cl/l / 16 PSU vastgesteld. Groot zee gras kan soms in nog brakker water voorkomen, tot 5 g Cl/l. In brakker situaties wordt zee gras vervangen door soorten als *Ruppia*, *Zanichellia* en Schedefonteinkruid. Ze kan tot wel 6 m diep groeien (Grevelingenmeer met goed waterdoorzicht), maar ook hoger op het slik tot halvertij. Klein zee gras is vooral gebonden aan het slik en kan beter tegen droogval. Wanneer zee grassen zich hebben gevestigd vormen zij een habitat op zich. Ze beïnvloeden de hydrodynamiek waardoor er meer slib en voedsel achterblijft. Het luwere en voedselrijkere gebied vormt vervolgens uitstekend leefgebied voor o.a. macrofauna en vis en foerageergebied voor o.a. watervogels die van het zee gras eten.

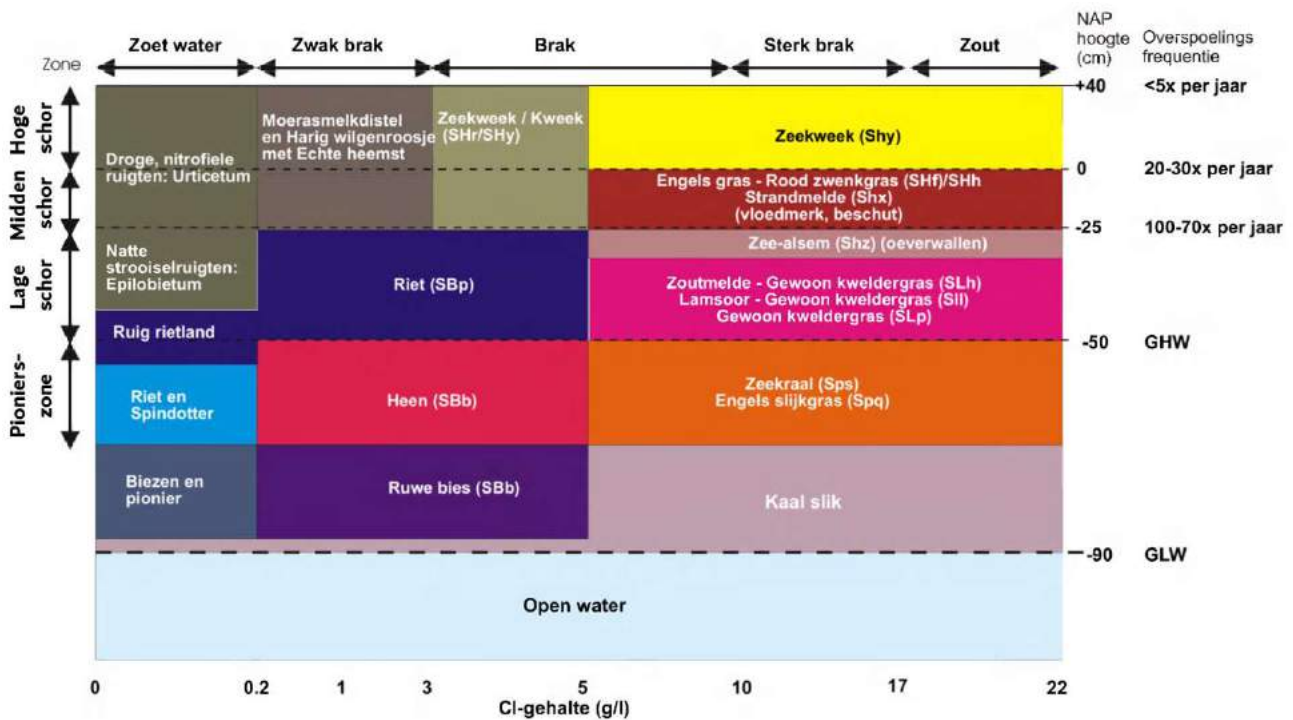
In permanent overstroomd brak tot zout water en in de spatwaterzone komen ook zee wieren voor. Dit zijn eigenlijk geen planten maar meercellige algen. De wieren groeien uitsluitend op hard substraat (schelpenbanken, steen, hout) en zie je daarom veel rond dammen en andere kunstmatige structuren, maar niet tot nauwelijks op het strand. Paalvast heeft het havengebied van Rotterdam geïnventariseerd en een potentiële zonerings opgesteld van een oeververdediging met stort- en zetsteen (Figuur 5-9) met voorkomende wieren. Boven de wieren bevindt zich een korstmoszone gevolgd door een zone met hogere planten die zich tussen de voegen van de zetsteen vestigen.



Figuur 5-9. Potentiële zonerings van hogere planten, korstmossen en wieren op de oeververdediging in het Rotterdamse Havengebied (Beer- en Calandkanaal) met zout tot brak water en relatief luwe omstandigheden (Paalvast, 1998).

Boven GLW ligt het **slik**. Het verschil met zoetwatergetijdenoever is dat de vegetatie veel hoger in de intergetijdenzone tot ontwikkeling komt, namelijk rondom GHW (zie pionierszone in Figuur 5-8). Net boven gemiddeld laag water (GLW) blijft het slik in het zoute milieu dus veelal onbegroeid (muv zee gras en wieren). Pas vanaf een enigszins langere droogvalduur kunnen pioniersoorten (o.a. zee kraal en slijkgrassen) voet aan de grond krijgen. Afhankelijk van de inundatiefrequentie onderscheidt men een **laag, middelhoog en hoog schor**. Het zoutgehalte in het schor neemt in landinwaartse richting af als gevolg van zoet regenwater wat als een zoetwaterlens op het zoutere (en zwaardere) grondwater drijft. Door extreem hoogwater, spatwater en saltspray kan zout water boven GHWS wel invloed hebben op de vegetatie. Verder landinwaarts komen vegetaties voor van de zeereep en de duinen.

In het kader van de ontwikkeling van het EMOE-model (Ecohydrologisch Model voor de Oevervegetatie van Estuaria) zijn de vegetatiezones in getijdenwateren uitvoerig onderzocht in relatie met getijslag, beheer en zoutgehalte. Figuur 5-10 toont de vegetatiezones die in het EMOE-model zitten met het effect van saliniteit op de vegetatietypen bij een bepaalde getijslag, een flauw oplopend talud (1:10-20) en een onbeheerde situatie. Er zijn diverse vegetatietypen te onderscheiden. In **(zwak) brak water** kunnen tot een chloridegehalte van ca. 5 g Cl/l soorten als riet, biezen en andere zouttolerante soorten als heemst en echt lepelblad nog voorkomen. Riet kan in deze zone sterk dominant zijn. Bij hogere gehalten komen soorten voor van mariene wateren zoals zeekraal en lamsoor. Uit monitoring door Paalvast & Limpens (1998) blijkt dat de soorten van mariene wateren alleen voorkomen in de oevers van zoute havenbekkens en kanalen in de noordwesthoek van de BRM. Blijkbaar is het water voorbij de Maeslantkering (landinwaards) daarvoor gemiddeld genomen niet zout genoeg (de saliniteit in de BRM is uitvoerig aanbod gekomen in Hoofdstuk 3). Dat geldt overigens ook voor zeewier, mossel- en oesterbanken en zeegras (Paalvast, 2017). Brakwatersoorten (2e kolom in de figuur met riet en heen) zijn voorbij de Maeslantkering dus wel aanwezig en komen voor tot voorbij Schiedam (Vijfsluizerhaven, Waalhaven).



Figuur 5-10. Vegetatietypen in estuaria in relatie tot het zoutgehalte door (van de Rijt & Esselink, 2006). Het figuur is gemaakt voor het Lauwersmeer in een natuurlijke situatie (onbeheerd), maar het principe in de BRM is vergelijkbaar. (GHW = gemiddeld hoogwater, GLW = gemiddeld laagwater).

5.2.4 Macrofauna, en de sturende rol van substraat en saliniteit

Macrofauna omvat de groep van met het blote oog zichtbare ongewervelde dieren waaronder schelpdieren, wormen, slakken, krabben en kreeften en insectenlarven. Ze zijn onmisbaar, omdat zij als primaire consument in het voedselweb vaak in grote getalen aanwezig zijn. Macrofauna vervult daarmee de belangrijke functie als stapelvoedsel voor met name vogels en vissen. Vogels kunnen de onderwater gelegen macrofauna bereiken door hier gericht naar te duiken (duikende benthoseters, zoals eidereend en brilduiker). Maar omdat veel soorten macrofauna tolerant zijn voor tijdelijke droogval komen ze ook veel voor in het intergetijdengebied. Veel soorten vogels komen daarom bij laagtij naar het intergetijdengebied om daar te foerageren op macrofauna (wadende vogels, zoals wulp en tureluur).

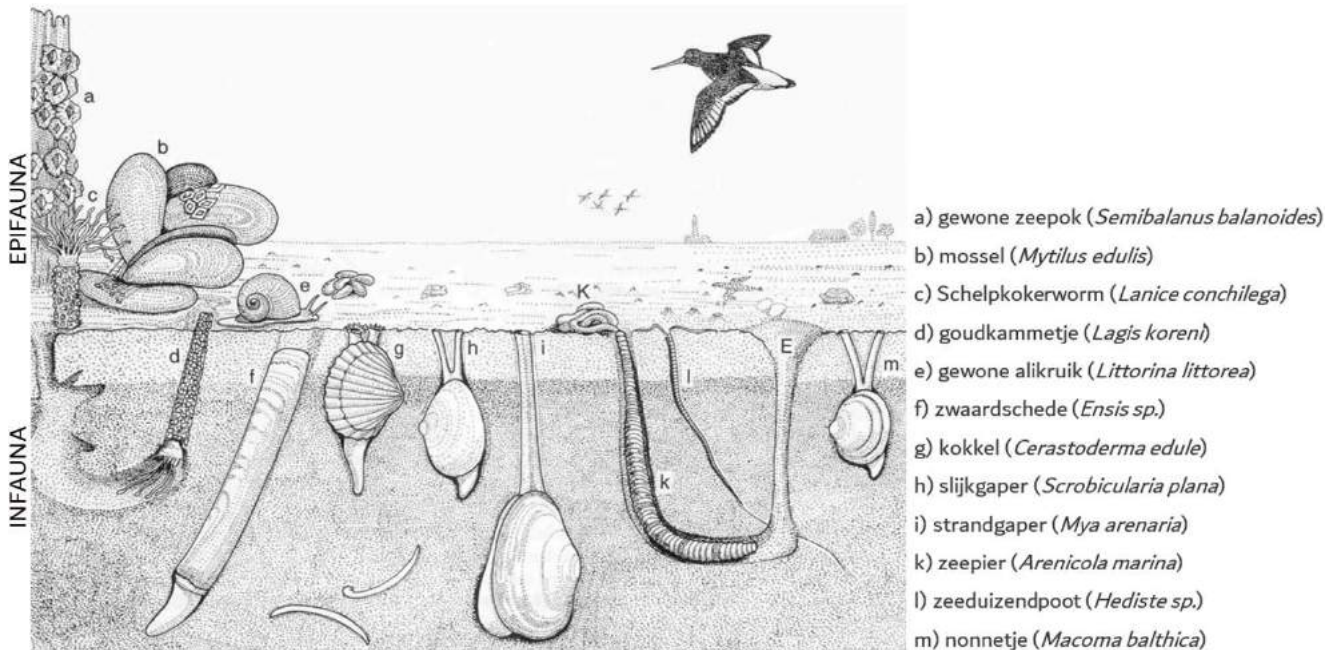
Macrofauna komt voor in en op zachte waterbodems van slib tot zand, maar ook op hard substraat in het zoute tot brakke water. De harde ondergrond kan natuurlijk zijn, zoals schelpen, een verwaalde zwerfkei of dood hout, of onnatuurlijk, zoals betonnen oevers, stortstenen dammen of structuren van metaal. Soorten die óp de bodem leven worden ook wel *epifauna* genoemd. Dit zijn bijvoorbeeld krabben, kreeften en slakken, maar ook mossels en oesters.

Soorten die in de waterbodem leven, zoals diverse soorten wormen en schelpdieren, worden *infauna* genoemd. In Figuur 5-11 is een impressie gegeven van epifauna en infauna in de zoute wateren van de Nederlandse kustzone, zoals de Voordelta.

Voor infauna is de korrelgrootte van het sediment waar de waterbodem uit bestaat belangrijk. Soorten hebben zich gespecialiseerd op het leven in zandig sediment of juist in slibrijk sediment. Slib is sediment met een zeer kleine korrelgrootte (2-63 μm), denk aan modderachtige waterbodems. De macrofaunagemeenschap is dus anders in zandig sediment (minder soorten) dan in slibrijk sediment (Paalvast, 2000). De concentraties van specifieke prooidiersoorten trekt ook weer specifieke soorten aan die in dit habitat foerageren. Bergeend en zwarte ruiter foerageren bijvoorbeeld het liefst op slibrijke plaatsen.

Macrofauna is niet gebonden aan licht, zoals waterplanten en algen dat wel zijn, daardoor kunnen ze op grote diepte in het water voorkomen. Een belemmering op grote diepte is het ontstaan van zuurstofarme condities in wateren die stratificeren. Dit is bekend van het Grevelingenmeer waar beneden ca. 9 m een 'death zone' is ontstaan. Door de beperkte getijdendynamiek door de afsluiting van de zeearm ontstaat thermische stratificatie, met name in de zomer. Organisch materiaal wat door de spronglaag zakt, komt niet meer terug en zinkt naar de bodem. Daar wordt het door bacteriën afgebroken. Dit kost zuurstof wat echter door de spronglaag niet meer aangevuld wordt. De zuurstofarme conditie zijn nadelig voor het leven daar, maar kan ook leiden tot vorming van giftig sulfide of ammonium. Uit metingen in het BRM-gebied is gebleken dat zuurstofloosheid zich alleen voordoet in de diepe delen van het Haringvliet (Reeze et al., 2020). De diepte waarop dit voorkomt varieert globaal tussen de 15 en 35 m¹. Zuurstofloosheid ontstaat met name bij lage rivier afvoeren waarbij er niet gespuid kan worden (< 1.100 m³/s). Bij hogere rivier afvoeren was er voldoende zuurstof op 35m diepte. Het verwachte ecologische effect van zuurstofloosheid is klein omdat de diepe delen waarschijnlijk weinig organismen bevatten en het totale oppervlak ervan relatief klein is: in het Haringvliet-west is circa 4% van het oppervlak dieper dan 15 m.

Naast zout, zuurstof en slibgehalte speelt de hydrodynamiek een rol. In zandige slikken in het Scheur en de Nieuwe Waterweg (Landtong Rozenburg, Gors van de Lickebaert) is de belasting door golfslag en stroming net klein genoeg om zand te laten liggen, maar is veelal nog te hoog voor vestiging van macrofauna of water- en oeverplanten. Alleen bij Rozenburg is een gors tot stand gekomen van beperkte omvang. Los van het feit dat in zandig substraat minder macrofauna voorkomt dan in slibrijk substraat (Paalvast, 2000), is het substraat met vaak ook nog grof grind of stenen door de scheepvaart dermate veel in beweging dat vestiging is uitgesloten. In het kader van de Slibproef Rijnmond is een kribvak bemonsterd op macrofauna en daarbij werd geen macrofauna aangetroffen. Soorten die wellicht in deze meer luwe condities voor hadden kunnen komen zijn veelkleurige zeeduizendpoot, groengele wadpier, stevige hoornschaal en vlokreeften (*Gammarus spec.*). Naast scheepvaart speelt mogelijk ook de sterke wisseling van het chloridegehalte nog een rol. Dit is echter nooit onderzocht.



Figuur 5-11 Een impressie van macrofauna in de Noordzee, met zowel in- als epifauna (vogels zijn hier geen onderdeel van). Epifauna kan op zowel hard als zacht substraat leven. Aangepast overgenomen van (Senckenberg, n.d.)

5.2.4.1 De sturende rol van saliniteit

De macrofaunagemeenschap is erg afhankelijk van de saliniteit in de omgeving. Er bestaan verschillen definities over wat men zoet, brak of zout water noemt. Ecologen gebruiken graag een indeling die is gebaseerd op effecten van zout op macrofauna, zie Figuur 5-12. De soortensamenstelling verandert over het gehele traject van zoet tot zout, omdat niet alle soorten even goed tegen zout dan wel zoet water kunnen. Dit heeft overeenkomsten met wat eerder is toegelicht voor vegetatie. De variatie in saliniteit binnen een estuarium is eerder uitgebreid toegelicht in Hoofdstuk 3 abiotiek.

De macrofaunagemeenschap in het zoetwatergetijdengebied bevat maar een klein aantal echte karakteristieke zoetwatergetijdenssoorten. Dit zijn het getijdenslakje (*Mercuria confusa*) en een muggenlarve (*Thalassosmittia thalassophila*). Deze soorten zijn voor hun verspreiding in Nederland vrijwel geheel of zelfs geheel aangewezen op het zoetwatergetijdengebied.

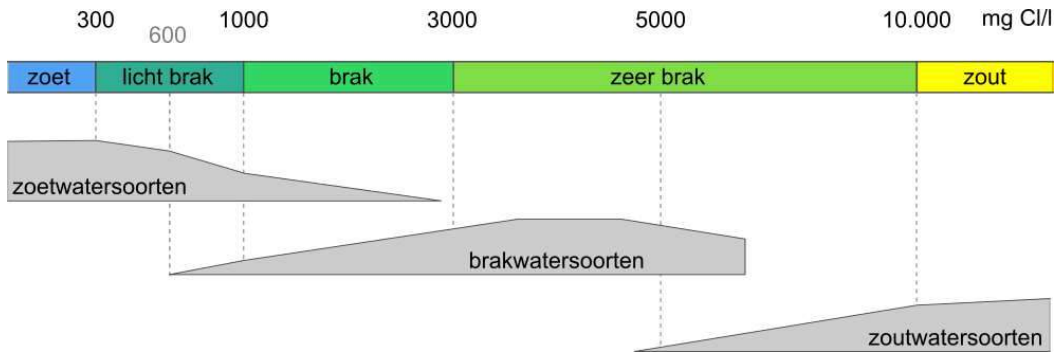
Het brakwatergebied is voor macrofauna, en andere soorten, een moeilijke omgeving om te overleven. Dit is het gevolg van de vaak wisselende zoutgehaltes die hier voorkomen waarbij het zoutgehalte wisselt tussen zoet en brak water. Bij vloed stroomt zout zeewater het estuarium in en bij eb wordt dit er met wat vertraging door het rivierwater weer uitgedrukt. Het gemiddelde zoutgehalte ligt rond de 500-600 mg Cl/l, maar de minimum en maximum gehalten fluctueren tussen zoet en zwak brak. Er is maar een beperkt aantal soorten wat bestand is tegen deze specifieke zoutwisseling (Figuur 5-13). Vissen kunnen wegzwemmen en schelpdieren kunnen tijdelijk hun schelp sluiten, maar minder trage soorten houden het daarbij niet vol. Daar komt nog bij dat het water in de brakwaterzone vaak troebel is door slib en het uitvlokken van stoffen in de mengzone tussen rivier- en zeewater. In het overgangsbied van zoet naar zout, globaal op het traject van 0,3 tot 3,0 ‰ Cl⁻, treedt in het estuarium de grootste troebelheid op. Deze vindt zijn oorzaak in (Paalvast, 2000):

- hoge hydrodynamiek waardoor slib in suspensie blijft;
- grote sterfte onder zowel mariene als zoetwaterorganismen in de overgangszone;
- aanwezigheid van grote hoeveelheden klei, anorganisch en organisch materiaal en uitvlokking van stoffen.

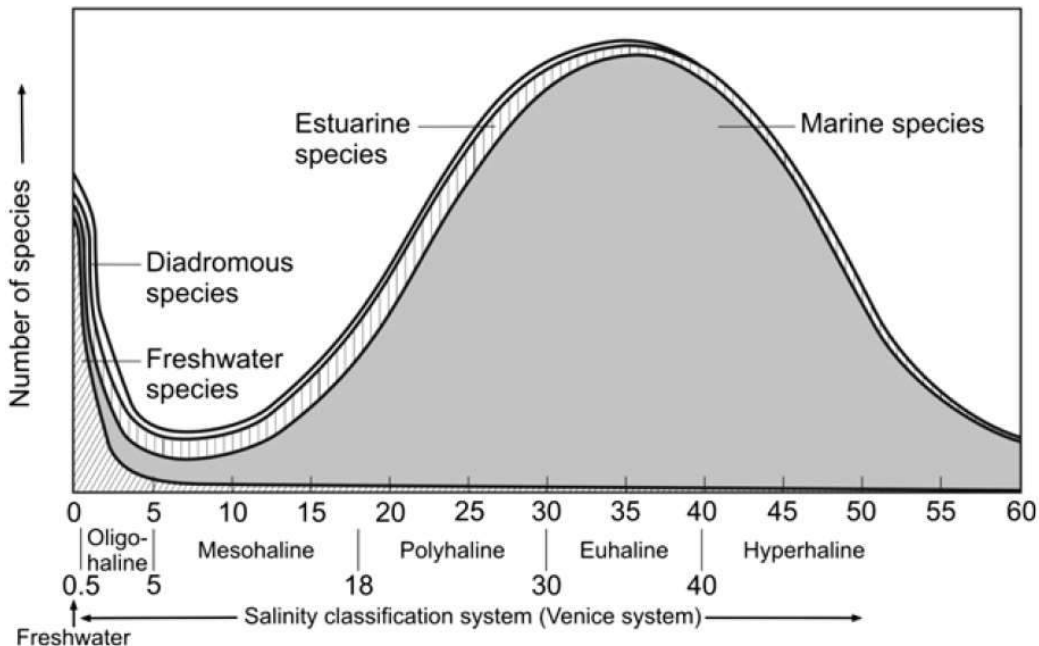
Dat heeft een negatieve invloed op de aanwezigheid van bodemdieren, maar vanwege het effect op het lichtregime ook op het voorkomen van waterplanten. De uitvlokkende stoffen zijn vaak ook nog slecht verteerbaar (Van der Molen et al., 2018). Bodemdieren die leven van het organisch materiaal wat op en in de bodem voorkomt, domineren de

biomassa in het brakke getijdengebied. Daartoe behoren bijvoorbeeld de zeeduizendpoot, het slijkgarnaaltje en gewone aasgarnaal.

In de brakwaterzone is daarom zowel de biodiversiteit als biomassa van macrofauna lager dan in de naastgelegen zoete en zoute wateren (Altenburg et al., 2018). Enerzijds dus door het gemiddelde zoutgehalte, maar anderzijds ook door de fluctuatie daarvan over tijd en plaats inclusief het troebele water. Gemiddelde zoutgehalten zeggen dus niet alles. De soorten die in het brakke water kunnen voorkomen zijn vaak wel minder algemeen en dus zeldzaam. Dit patroon zien we ook terug bij fytoplankton (zie eerder).



Figuur 5-12. Indeling van wateren op basis van zoutgehalten (mg Cl/l) en veranderingen in macrofaunasamenstellingen (Van Riel & Verdonschot, 2020).



Figuur 5-13. Conceptueel model van de biodiversiteit van flora en fauna (niet alleen macrofauna) in een estuarium als gevolg van het zoutgehalte (Whitefield et al., 2012).

5.2.4.2 Rifgemeenschappen en biobouwers

Rifgemeenschappen vormen belangrijke epifauna in het brakke tot zoute water. Zowel schelpdieren zoals oesters en mossels en kokerwormen vormen riffen. Schelpdierbanken zijn natuurlijke elementen in de Delta en hebben effect op

de vorming van slikken en krekens. Zij remmen lokale stroming en golfslag en beschermen slikken en platen tegen de afslag. Schelpdieren filteren hun voedsel (fyto- en zoöplankton) uit het water en vangen daarbij ook anorganische slibdeeltjes in. De resten worden samen met het slib als pakketjes weer uitgescheiden (**pseudofeces**). Dit pseudofeces fungeert als substraat en organische stof (voeding) voor bodemdieren. De ruimtelijke structuur van oester- en mosselbanken en de luwte die ze bieden zorgt lokaal voor een verhoogde biodiversiteit. Ze vormen het substraat voor andere schelpdieren, wieren, zakpijpen, anemonen en poliepen, maar ook het leef- en/of foerageergebied voor kreeften, krabben, vissen en zeesterren. De voedselrijkdom van oester- en mosselbanken zijn bij uitstek een geschikt foerageergebied voor vogels als steltlopers, eenden en meeuwen. Dit effect kan zich enkele tientallen meters rondom de schelpenbank uitstrekken. Uit proeven in de havens en havenkanalen van Rotterdam, vooral beschreven door Peter Paalvast, blijkt dat mosselen zich makkelijk vestigen op kunstmatige substraten zoals ecobeton (beton met ruw oppervlak en holtes erin), rokjes van touwtjes rondom meerpalen (hula's), palenbossen, mosseltouwen, etc. waardoor hangende of verticale rifgemeenschappen ontstaan. Het rijke dijk-principe speelt hierop in. Dit wordt vaak nog aangevuld met kunstmatige getijdenpoelen.

In zoetwater komen geen vergelijkbare, grootschalige rifgemeenschappen voor met bijbehorende soortenrijkdom. De optimale zoutgehaltenes waarbij verschillende soorten voorkomen zijn:

- Oesters en zoutwatermossel: ca. 5-10 g Cl/l, maar lagere gehaltenes bij hogere rivierafvoeren worden overleefd door de klep te sluiten. Groei en voortplanting worden dan geremd.
- Zoetwatermosselen: 0,5 g Cl/l. Extremen tot 7 mg Cl/l overleven ze door de klep te sluiten, maar dan vertonen ze geen groei of voortplanting.

Sommige zoetwatermosselen kunnen wel mosselbanken vormen (quaggamossel, driehoeksmossel), maar deze liggen doorgaans niet in de getijdenzone. Er zijn ook geen zoetwaterwieren, waterplanten en andere organismen die hier vervolgens weer gebruik van maken. Het toepassen van ecobeton, paal- of pontonhula's, mosselpalen, getijdenpalen, etc. in zoet water wat in inrichtingsprojecten wel gebeurt, leidt vooral tot aangroei van algen, mos en bacteriën (epifyton) of het dichtgroeien met riet (getijdenpoelen). Het epifyton vormt op zichzelf wel weer voedsel voor allerlei organismen en de holtes en het riet bieden schuilmogelijkheden, maar een echte rifgemeenschap komt er niet op tot ontwikkeling. Een goed en natuurlijk alternatief in zoetwater is **dood hout**. Zeker in de vorm van structuurrijke, dode bomen kan dit lokaal een boost geven aan de biodiversiteit van macrofauna en ontstaat een aantrekkelijk habitat voor vis. RWS experimenteert hier de laatste jaren mee door dode bomen in rivieren aan te brengen en deze aan de bodem te verankeren. Belangrijk is echter te beseffen dat het hier om kleinschalige maatregelen gaat gericht op een specifiek habitat. Voorliggende studie richt zich op systeemmaatregelen. Het watersysteem dient van de BRM dient namelijk eerst op orde te zijn.

Naast dat mosselen een refugium vormen voor een heel ecosysteem (in brak-zout water) verwijderen mosselbanken grote hoeveelheden slib en organisch materiaal uit de waterkolom en dragen ze bij aan een versnelde recirculatie van organische stoffen. Dit geldt zowel voor de zoetwater- als zoutwatermosselen en het gaat om onvoorstelbaar grote hoeveelheden water die gezuiverd worden. Omdat mosselen in hun pseudofeces ook toxische stoffen vastleggen, is dit ooit uitvoerig onderzocht door Rijkswaterstaat voor het Hollands Diep en Haringvliet (de Hoog & Ruster, 1999). Daaruit blijkt dat vijf soorten zoetwatermosselen (zwanenmossel, korfmossel, driehoeksmossel, erwtenmossel en schildersmossel) in het Hollands Diep tot circa 40% van het langsstromende water kunnen filtreren. In het Haringvliet kunnen de mosselen ongeveer 50% van het aangevoerde water filtreren. In beide wateren wordt 15-31 % van het zwevend stof vastgelegd in pseudo-feces. Overigens was de conclusie van het onderzoek dat de bodemkwaliteit hier nauwelijks door verslechtert.

5.2.5 Vissen

De Rijn-Maasmonding is een van de gebieden van Nederland met de hoogste en ook meest dynamische visbiodiversiteit, met name in de Noordrand. Dat heeft er alles mee te maken dat de overgangszone van rivier naar zee aan veel visgildes ruimte biedt (Figuur 5-14). **Visgildes** zijn groepen van vissoorten die soortgelijke eisen hebben qua levenswijze en het leefgebied dat ze gebruiken.



Figuur 5-14 Schematische weergave van de ecologische gilden van vissen die worden aangetroffen in estuaria. Figuur oorspronkelijk uit Ybema & Backx (2001).

Trekvissen, ook wel **diadrome** vissen genoemd, gebruiken tijdens verschillende levensfasen zowel zoet- als zoutwater als leefgebied. Om hun levenscyclus te voltooien moeten trekvissen dus tussen zoet- en zoutwater migreren, hierbij doorkruisen ze het estuarium. Denk bijvoorbeeld aan de Atlantische zalm, waarvan het paaigebied in een bovenstroomse delen van rivier gelegen is, terwijl ze opgroeien in zee (**anadroom**), of de Europese aal, die het grootste deel van hun leven in zoetwater doorbrengen terwijl het paaigebied in zee ligt (**katadroom**). De Nieuwe Waterweg vormt voor hen nu nog de **laatste open verbinding van Nederland** tussen de Noordzee en het internationale stroomgebied van de Rijn en Maas. Dit vormt een groot verschil met de historische situatie, toen iedere rivier vrij optrekbaar was.

De periode en levensfase waarin de trekvissen richting zee of juist richting het zoete water trekken verschilt per soort (Reeze et al., 2018). In het voorjaar en de vroege zomer is de trekbeweging van een heel aantal soorten, waaronder elft, fint, zalm, driedoornige stekelbaars en spiering stroomopwaarts. In het najaar komen de juvenielen weer terug (m.u.v. fint) waarbij heel wat soorten voor korte of lange tijd in het estuarium verblijven en er opgroeien. Andere soorten zoals paling en bot komen als jonge vis uit zee en groeien in het estuarium op of trekken verder stroomopwaarts. Veel soorten trekvissen blijven dus voor enige tijd in het estuarium hangen voordat ze hun weg vervolgen. Het estuarium vervult dus een belangrijke **kraamkamerfunctie**.

Soorten die hun hele levenscyclus doorbrengen in het estuarium worden **estuariale resident** genoemd. Dit is een kleine groep soorten die is aangepast aan het leven in brakke wateren. Daarom moeten zij tolerant zijn voor fluctuaties in zoutgehalte als gevolg van hoge of juist lage afvoeren. De brakwatergrondel is een typische estuarine residente soort.

In het estuarium zijn vaak ook soorten uit het zoutwatermilieu te vinden, welke worden opgedeeld in drie gilden: **marien juveniel**, **mariene seizoensgast** en **mariene dwaalgast**. Marien juvenielen gebruiken de estuaria als opgroeigebied, wanneer ze voldoende gegroeid zijn trekken ze richting zee. Voorbeelden hiervan zijn haring en zeebaars. Het estuarium vervult dus ook een belangrijke kraamkamerfunctie voor zowel marien juveniele soorten. Mariene seizoensgasten komen gedurende een vast seizoen vanuit zee richting het estuarium. De sprong en ansjovis zijn seizoensgasten in Nederlandse estuaria. Mariene dwaalgasten bezoeken af en toe het estuarium, maar voor hen vervult het gebied geen specifieke noodzakelijke functie. Onder andere de horsmakreel wordt gekenmerkt als mariene dwaalgast.

Tot slot bevestigen **zoetwater vissoorten** zich ook wel eens stroomafwaarts richting het brakker water in het estuarium. Het gaat om soorten zoals snoekbaars, brasem en blankvoorn. Zij komen hier om te foerageren of te overwinteren in diepe havenbekkens. Het heersende zoutgehalte is daarbij sturend voor hun verspreiding, waardoor zij gelimiteerd zijn

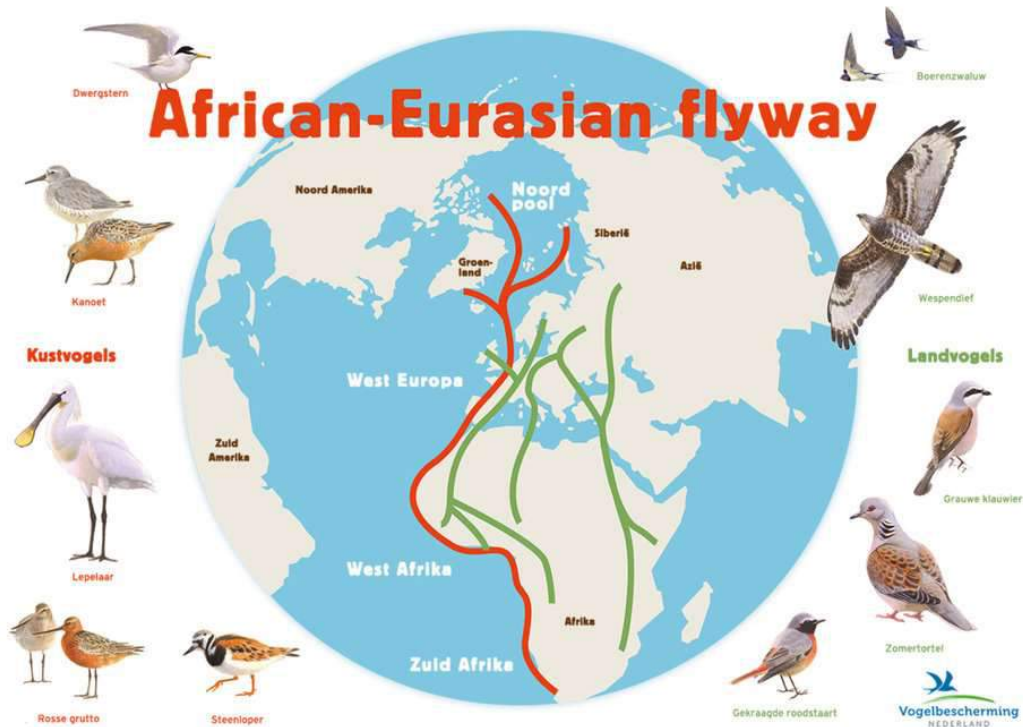
tot de zoetere delen van het estuarium. Omdat het estuarium en de saliniteit sterk worden beïnvloed door de rivierafvoer zullen ook deze soorten bij hoge rivierafvoeren diep doordringen in de kustzone.

Bovenstaande geldt vooral voor de overgangswateren. De visgemeenschap in de zoetwatergetijdenrivieren bestaat uit soorten van langzaam stromende rivieren zoals **rheofiele** (stromingsminnende), **limnofiele** (plantminnend) en **eurytope** soorten (algemene soorten). Hiernaast kunnen ook de al eerdergenoemde **diadrome** soorten voorkomen, het gaat dan met name om adulten of opgroeiende juvenielen. De spiering en fint planten zich voort in de zoetwatergetijdenzone, bot gebruikt de zoetwatergetijdenzone als opgroei habitat. Voor de fint hebben zandplaten in het intergetijdengebied waar een voldoende hoge stroomsnelheid heerst een belangrijke functie als paaigebied. Hiernaast fungeert dit riviertype als doortrekgebied voor anadrome soorten als zalm, zeeforel, elft en houting die zich voortplanten in de bovenloop van de rivier of zijrivieren.

5.2.6 Vogels

Wereldwijd migreren miljarden vogels ieder jaar van hun overwinteringsgebieden naar hun broedgebieden, om in het najaar trekken weer terug te vliegen. De routes die ze hierbij gebruiken worden ook wel *flyways* genoemd. Kustvogels gebruiken meestal de kustlijn als flyway (Figuur 5-15). Ze komen dan langs estuaria, die ze gebruiken als belangrijke tussenstops om op te vetten en te rusten tijdens de trek. De estuaria vormen hier de ideale plaats voor omdat hier grote hoeveelheden voedsel te vinden zijn (macrofauna, jonge vis, vegetatie, zie de voorgaande paragrafen), daarnaast zijn er vaak grote arealen aan relatief onverstoorde gebied beschikbaar. Veruit de meesten vogelsoorten vliegen overigens niet tot het uiterste noorden en zuiden van een flyway. Zij vinden hun geschikte broed- en overwinterplaats eerder op de route.

De Zuidwestelijke Delta, waaronder de Biesbosch-Rijn-Maasmonding, vormt een onmisbare schakel in de keten van estuaria langs de Oost-Atlantische flyway. Het gebied fungeert als opvet- en rustplaats voor doortrekkers (zoals kanoet en zilverplevier), maar ook als broedgebied voor broedvogels (zoals lepelaar en dwergstern) en overwinteringsplaats voor wintervogels (zoals roodkeelduiker en sneeuwgorst). Hierbij vertoont iedere soort een voorkeur van een specifiek biotoop om te foerageren, rusten of broeden.



Figuur 5-15 De grote hoofdtrekroutes (flyways) voor kust- en landvogels die in Nederland voorkomen. Via Vogelbescherming Nederland (2022).

5.2.7 Zoogdieren

In en rond een estuarium komen ook zoogdieren voor die zich veel in en om het water bevinden. In het zoute water leven uitsluitend zeezoogdieren, het gaat dan met name om de bruinvis, gewone zeehond en grijze zeehond. Dit zijn allen grote predatoren, oftewel consumenten bovenaan in de voedselketen (Figuur 5-3). In het zoete deel gaat het om bever en otter. De otter is een carnivoor en kan door zijn goede zwemvaardigheden ook op vis jagen. De otter kan daarmee ook geclassificeerd worden als grote predator. De bever is een herbivoor, door het omknagen van bomen en het maken van burchten zet de bever zijn leefgebied naar zijn eigen hand. Hierdoor wordt de soort ook wel een ‘ecosystem engineer’ genoemd. Rond natuurlijke oevers van het zoete tot brakke water van de BRM vinden soorten als de Noordse woelmuis en waterspitsmuis soms ook geschikt leefgebied. Ze leven graag in verlandingszones, moerasachtige situaties en andere drassige ruigtes. Er zijn nog maar een paar populaties van de Noordse woelmuis over binnen Nederland, de metapopulatie van de Zuidwestelijke delta (waaronder enkele plekken langs het Haringvliet en de Oude Maas) vormt een belangrijk bolwerk voor de soort. Ten slotte is het luchtruim boven de grote wateren van de BRM (met name de Biesbosch) van belang voor de Meervleermuis en watervleermuis.

5.3 De BRM in biotopen

Hoofdstuk 3 laat zien dat het ecohydrologische systeem van de Biesbosch-Rijn-Maasmonding zeer complex en divers is. De omvang van de rapportages in deze studie onderstreept de complexiteit en veelzijdigheid van het studiegebied. Binnen de kaders van het klimaat, de geologie en menselijke ingrepen vinden er allerhande fysische, chemische en biologische processen plaats die het vestigingsklimaat creëren voor duizenden soorten. Op hun beurt beïnvloeden zij weer hun omgeving (Figuur 5-16).

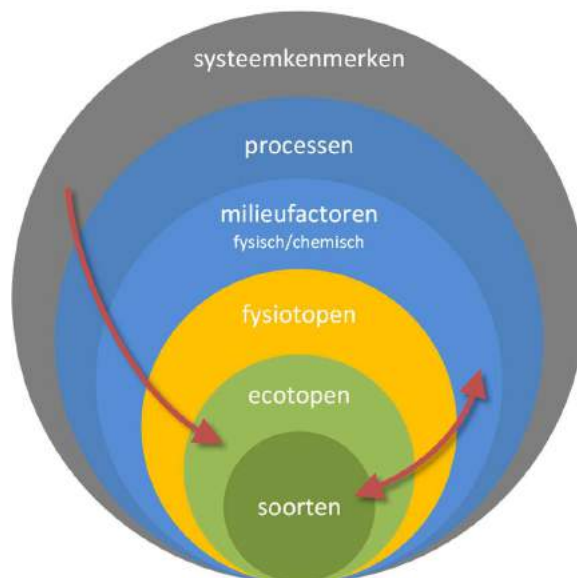
Er worden verschillende soortenstudies verricht in het rivierengebied. Er wordt bijvoorbeeld gemonitord voor de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) en in beschermde natuurgebieden (N2000, NNN), er worden vogeltellingen

verricht door SOVON, RAVON monitort vis in het project 'Een zegen in de Delta' en natuurliefhebbers geven zelf waarnemingen door op waarneming.nl. Een mooi voorbeeld van een studie naar het voorkomen en trends van soorten is het rapport Biodiversiteit in de Zuidwestelijke Delta (Schaminée e.a., 2019). Voorliggende studie beoogt echter begrip te krijgen op een hoger schaalniveau dan dat van soorten.

Vanwege de complexiteit en grootte van het gebied werkt men in rivierstudies graag met meer behapbare **fysiotopen** en **ecotopen** op landschapsschaal dan met specifieke soorten. Dat zijn afgebakende gebiedjes met een vergelijkbare fysische of ecologische toestand. In Hoofdstuk 3 abiotiek van de systeemanalyse is al aandacht besteed aan de fysiotopen. In analogie daarmee kunnen ook ecotopen onderscheiden worden: gebiedjes dus met vergelijkbare ecologische toestand en soortensamenstelling. De ecotopen zijn eigenlijk de bouwstenen van het rivierenlandschap van de Biesbosch-Rijn-Maasmonding. Ze leggen een relatie tussen systeemkenmerken, processen en milieufactoren enerzijds en soorten anderzijds (Figuur 5-16). Elke ecotoop kent haar eigen kenmerkende soorten. Dat soorten niet overal voorkomen, heeft ermee te maken dat elke soort eisen stelt aan haar ecotoop (combinatie van fysiotop en aanwezige flora en fauna). Zo groeien veel jonge vissen op in de getijdengeulen en krekken, vormen slikken een belangrijk foerageergebied voor steltlopers en leidt een getijslag van meer dan 40-80 cm tot de ontwikkeling van zeldzame biezenkorzen en het Veldkers-oobos. Het werken met fysiotopen en ecotopen schept dus orde in een ogenschijnlijke chaos van soorten. Begrip van ecotopen in het studiegebied kan dus niet ontbreken in de systeemanalyse. Ze zijn behulpzaam bij effectstudies: verandert door bijvoorbeeld menselijke ingrepen het areaal aan fysiotopen en ecotopen, dan kan ook een verwachting uitgesproken worden over de verandering van het aantal soorten. En andersom, als een bepaalde soort in het kader van natuurbescherming een meer robuust leefgebied nodig heeft, dan kan gestuurd worden op de ecotopen waar deze soort zich in thuis voelt.

Een voordeel van fysiotopen en ecotopen is dat ze karteerbaar zijn. Er kunnen dus kaarten van gemaakt worden. In het kader van streefbeelden voor de PAGW Rijn-, Maas-, Scheldemonding (RMS) heeft Staatsbosbeheer al een concept **biotopenkaart** opgesteld. **Voor de BRM-studie is gevraagd om daarop aan te sluiten.** De kaart beslaat een groter gebied dan het studiegebied van de BRM en is opgebouwd uit een combinatie van tientallen RWS-ecotopen en N2000-habitattypen. Om verwarring in terminologie te voorkomen, spreekt men daarom niet over ecotopen, maar over **biotopen**. In paragraaf 5.3.2 zijn deze biotopen uitgewerkt voor alleen het BRM-studiegebied. In die paragraaf is toegelicht welke biotopen. Er is ook een link gelegd met kansrijke habitattypen. Dit is samengevat in een overzichtstabel, ingedeeld op basis van de sturende factoren: van aquatisch tot terrestrisch, van zoet tot zout. De meest typerende en waardevolle biotopen komen aan bod.

Naast biotopen en ecotopen zijn ook andere classificaties in omloop zoals het RWS-ecotopenstelsel, de N2000-habitattypen, de NNN-natuurbeheertypen en de Vegetatietypen van Nederland. Dat kan verwarrend zijn. Paragraaf 5.3.1 geeft daarom een korte toelichting op deze classificaties zodat helder is waar het in dit hoofdstuk over gaat.



Figuur 5-16. Relatie tussen systeemkenmerken, processen, milieufactoren, fysiotopen, ecotopen en soorten. De mens grijpt op alle cirkels in, maar wordt er op haar beurt ook door beïnvloed.

5.3.1 Fysiotopen, ecotopen, biotopen, habitats, natuurbeheertypen en plantgemeenschappen.

Vanuit verschillende beleidsvelden wordt de natuur in het rivierengebied ingedeeld in karteerbare eenheden die in het veld te onderscheiden zijn. De volgende vier methodes zijn het meest bekend:

1. Rijkswateren-Ecotopen-Stelsel van Rijkswaterstaat met *ecotopen* (RWES)
2. Natura 2000-netwerk met *habitattypen*
3. Natuurnetwerk Nederland met *beheertypen*
4. Vegetatiekundigen gebruiken de *Vegetatietypen van Nederland*

Enig begrip van deze methodes is zinvol.

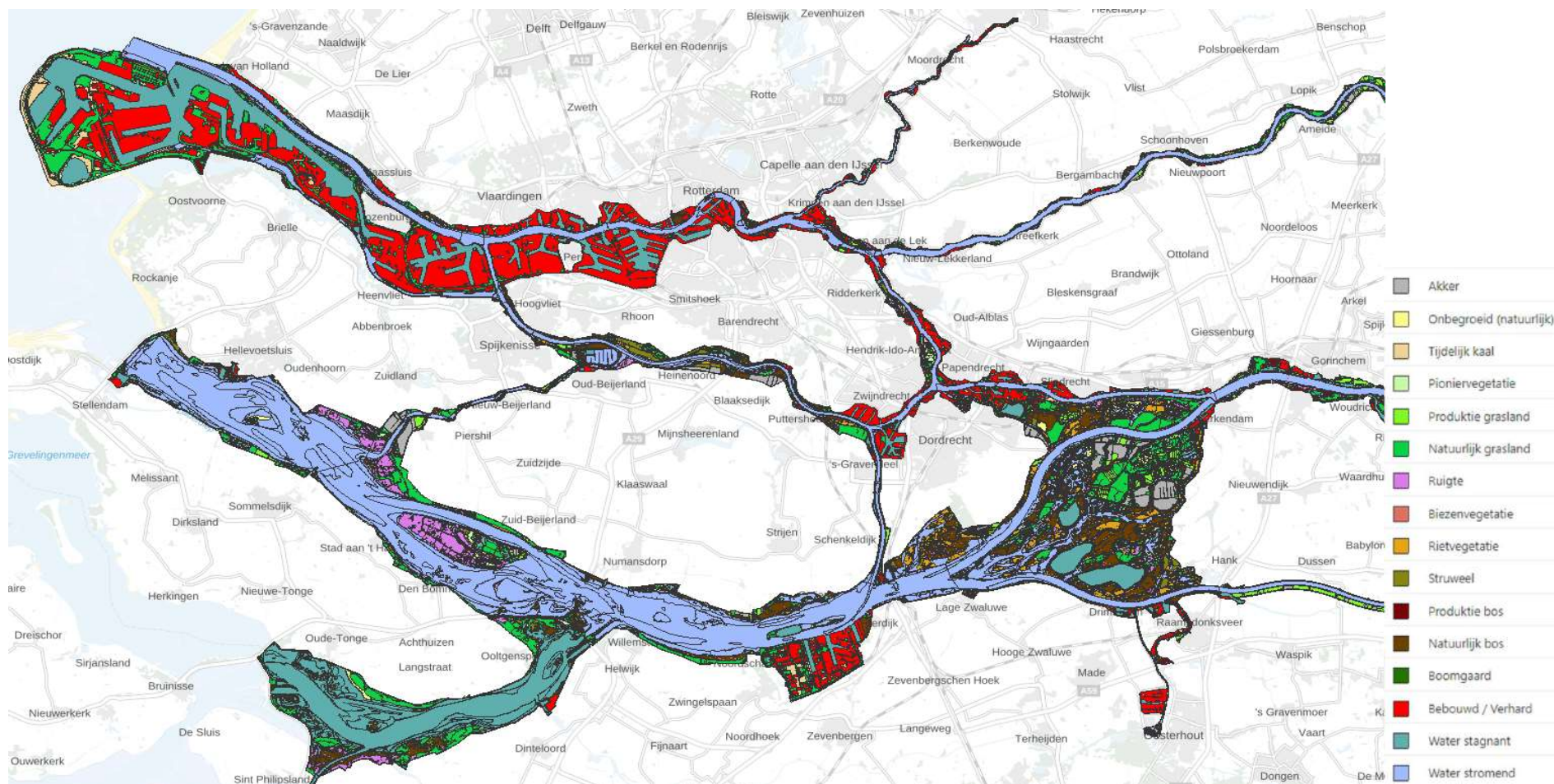
Het **Rijkswateren-EcotopenStelsel (RWES)** is een grondig uitgewerkte methodiek ontwikkeld in de vorige eeuw voor de zoute en zoete Rijkswateren (Wolfert, 1996). De definitie van ecotoop komt overeen met die uit de inleiding op dit hoofdstuk: *“Binnen het stelsel wordt een ecotoop gedefinieerd als een ruimtelijk te begrenzen ecologische eenheid, waarvan de samenstelling en ontwikkeling wordt bepaald door abiotische, biotische en antropogene aspecten samen. Het zijn min of meer homogene eenheden op de schaal van het landschap die te herkennen zijn aan hun overeenkomsten en verschillen in geomorfologie en hydrologie, vegetatiestructuur en landgebruik.”* Binnen het RWES-stelsel worden watersystemen onderverdeeld in natte delen (RWES-Aquatisch), overgangszone (RWES-Oevers) en droge delen (RWES-Terrestrisch). Naast deze zoete stelsels bestaat ook het zoute ecotopenstelsel. De kartering vindt plaats door een combinatie van fysiotopen en vegetatie en leidt tot kaarten die periodiek geüpdatet worden². RWS werkt aan de 5^e cyclus. Voor het studiegebied is de kaart van de 4^e cyclus beschikbaar (Figuur 5-17). **De zoute en brakke ecotopen in de voordelta zijn niet gekarteerd door RWS.** Staatsbosbeheer maakt daar gebruik van de habitattypenkaarten voor de RMS-biotopen.

De **Vegetatietypen van Nederland** bevat de wetenschappelijke benaming van alle plantgemeenschappen in Nederland. Deze zijn ingedeeld in klassen, ordes, verbonden en associaties. Een associatie bevat een groep van

plantensoorten die vaak bij elkaar voorkomen en vergelijkbare eisen stellen aan hun standplaats (bodemtype, grondwaterregime, beheer, overstromingsfrequentie, etc.). De standplaatscondities zijn weer te linken aan het landschap. De habitattypen zijn direct gelinkt met de vegetatietypen.

De **N2000-habitattypen** zijn³ “ecosysteemtypes op het land of in het water met karakteristieke geografische, abiotische en biotische kenmerken, die zowel geheel natuurlijk als halfnatuurlijk kunnen zijn”. In het kader van de Europese Habitatrichtlijn zijn Natura 2000-gebieden aangewezen om bepaalde habitattypen te beschermen. Een habitatype is te karteren op basis van **vegetatietypen**. Een habitatype is pas van goede kwaliteit als een bepaalde associatie voorkomt. Welke dat moet zijn, is beschreven in de habitatprofiel-documenten⁴. Het habitatype H91E0A Vochtige alluviale bossen (zachthoutoobossen) bestaat bijvoorbeeld uit associaties van het verbond van de Wilgenvloedbossen en -struwelen (r41Aa). In het zoetwatergetijdengebied is het Bittere veldkers-ooibos (r41Aa3) kenmerkend. De Provincies stellen habitattypenkaarten op. Merk op dat deze habitattypen dus niet het volledige rivierenlandschap afdekken zoals het RWES wel doet. Vanwege de zwaar beschermde status en het raakvlak met natuurbeleid zijn habitattypen wel van belang voor deze studie. In de volgende paragraaf zullen we waar relevant steeds de relatie leggen tussen biotopen en habitattypen.

In het kader van het provinciale natuur- en landschapsbeheer werken provincies met de Index Natuur en Landschap⁵. Hierin zijn natuur(**beheer**)typen, landschapstypen en agrarische natuurtypen opgenomen met een beschrijving en afbakening op basis van specifieke kenmerken zodat alle partijen op het gebied van natuur(beheer) dezelfde terminologie hanteren. De index vormt de basis voor de provinciale Natuurbeheerplannen. Daarin staat bijvoorbeeld voor het areaal binnen het Natuurnetwerk Nederland (NNN) waar welke natuurbeheertypen aanwezig zijn of waar men de ambitie heeft om een bepaald natuurbeheertype te realiseren (de ambitiebeheertypen). Alle Natura 2000-gebieden liggen ook binnen de NNN. Ook van deze beheertypen bestaan kaarten (zie de Natuurbeheerplannen van de provincies of landelijke GIS-data via bij12.nl).



Figuur 5-17. Ecotopenkaart Rijkswaterstaat van het zoetwatersysteem, 4^e cyclus. De ecotopen zijn t.b.v. een overzichtelijke legenda gegroepeerd op structuur. De ecotopen van de Voordelta zijn niet gekarteerd.

5.3.2 Voorstel biotopen voor BRM

In het kader van streefbeeld(en) voor de PAGW Rijn-, Maas-, Scheldemonding (RMS) heeft Staatsbosbeheer al een concept biotopenkaart opgesteld. Voor de BRM is gevraagd om daarop aan te sluiten. Hieronder is uitgewerkt hoe dat is gebeurd.

Terlouw et al. (2023) en Wolff (2023) hebben gezamenlijk voor de biotopen in de Zuidwestelijke Delta een combinatie gemaakt van de **Natura 2000-habitattypen** en **Ecotopenkarteringen van RWS** (cyclus 4, zie vorige paragraaf). Dit omdat N2000-habitats of Ecotopen afzonderlijk een te beperkt beeld geven van het aquatische en terrestrische systeem tezamen. Een groot voordeel van deze aanpak is dat het beter aansluit bij de situatie buiten. Van zowel de habitattypen als ecotopen bestaan namelijk GIS-kaarten van karteringen in het veld (zie vorige paragraaf). Hierdoor is direct een ruimtelijke koppeling mogelijk en kunnen bijvoorbeeld areaalberekeningen gedaan worden. De naam **biotoop** is gekozen om geen verwarring te krijgen met habitat of ecotoop. De biotopen zijn vervolgens weer gekoppeld aan karakteristieke soorten.

Om het aantal biotopen in het grote gebied van de RMS behapbaar te houden, heeft Staatsbosbeheer verschillende habitats en ecotopen geclusterd. Als voorbeeld zijn rietvegetaties geclusterd in het biotoop 'Riet-/moerasruigte'. Dat is dan 'riet- en moerasvegetatie onder invloed van zoet getijde of in laag dynamische delen onder invloed van periodieke hoogwaters, kwelwater of hoge grondwaterstanden'. De clustering is voor zo'n groot gebied (Rijn-, Maas-, Scheldemonding, afgekort RMS) onoverkomelijk, maar heeft in dit geval als nadeel dat een veenmoeras toch een heel ander ecosysteem is dan een rietgors die nu beiden onder hetzelfde biotoop vallen. Daarom is voor de BRM nog een uitsplitsing gemaakt zodat kenmerkende getijdenbiotopen meer tot hun recht komen.

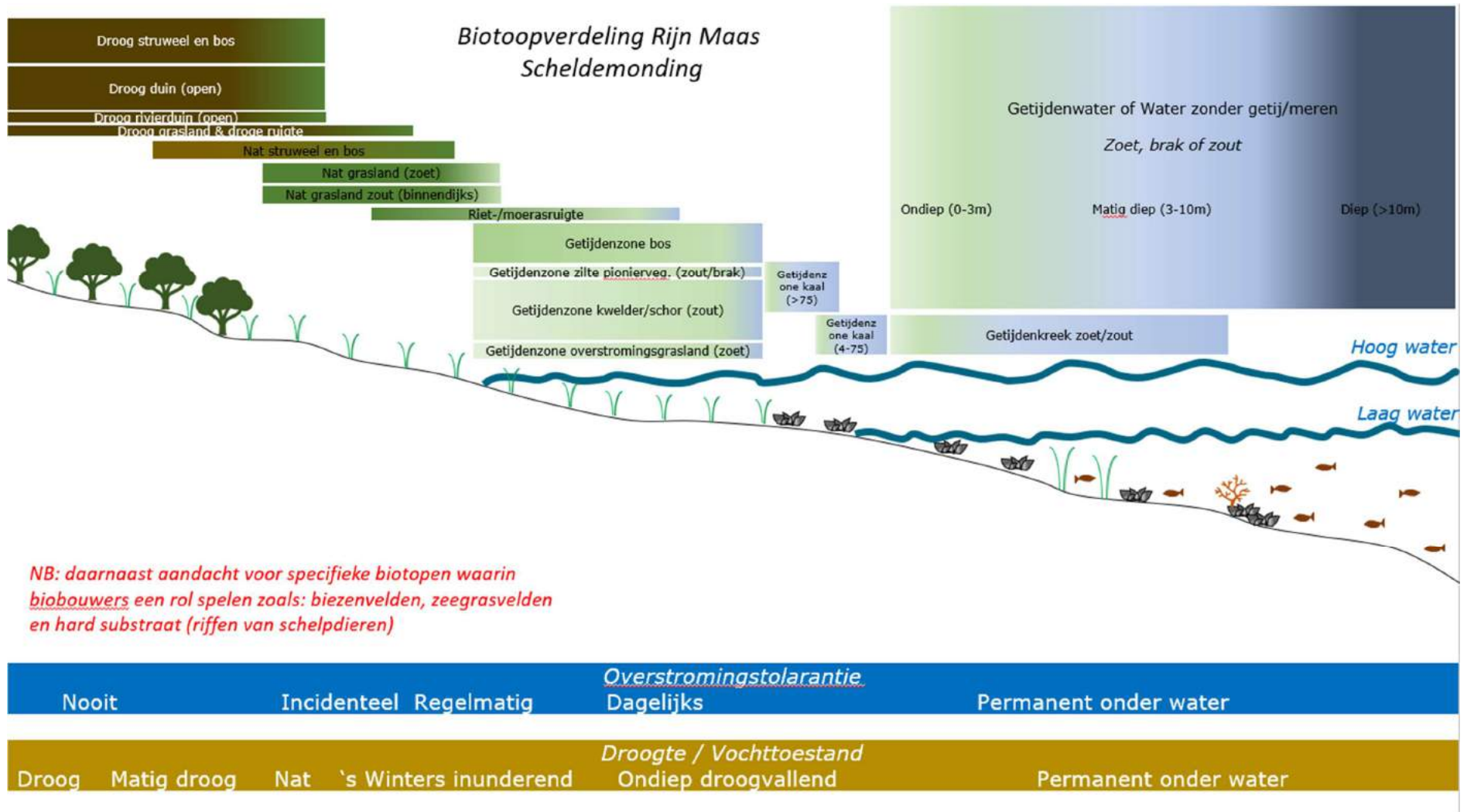
De basis bestaat uit excel-tabellen, aangeleverd door SBB, met daarin de aggregatie van de N2000-habitattypen en RWS-ecotopen tot RMS-biotopen (dit vormt de 'RMS-tabel'). Daarin is in een extra kolom een uitsplitsing of vertaling gemaakt naar BRM-biotopen (deze toevoeging op de RMS-tabel vormt de 'koppeltabel'). Soms gaat het om een andere naam, soms dus om een splitsing (bijvoorbeeld van Riet-/moerasruigte naar rietgors en veenmoeras binnendijks). Met de **koppeltabel** zijn de BRM-biotopen altijd weer te herleiden tot de RMS-biotopen en gebruikte ecotopen en habitattypen, en andersom. In de RMS-tabel is door SBB ook een kolom opgenomen met karakteristieke soorten. Deze is voor de overzichtelijkheid in voorliggend deelrapport weggelaten, maar kan met beperkte moeite ook gekoppeld worden aan de BRM-biotopen.

De volgende klassegrenzen zijn gehanteerd voor verschillende abiotische parameters:

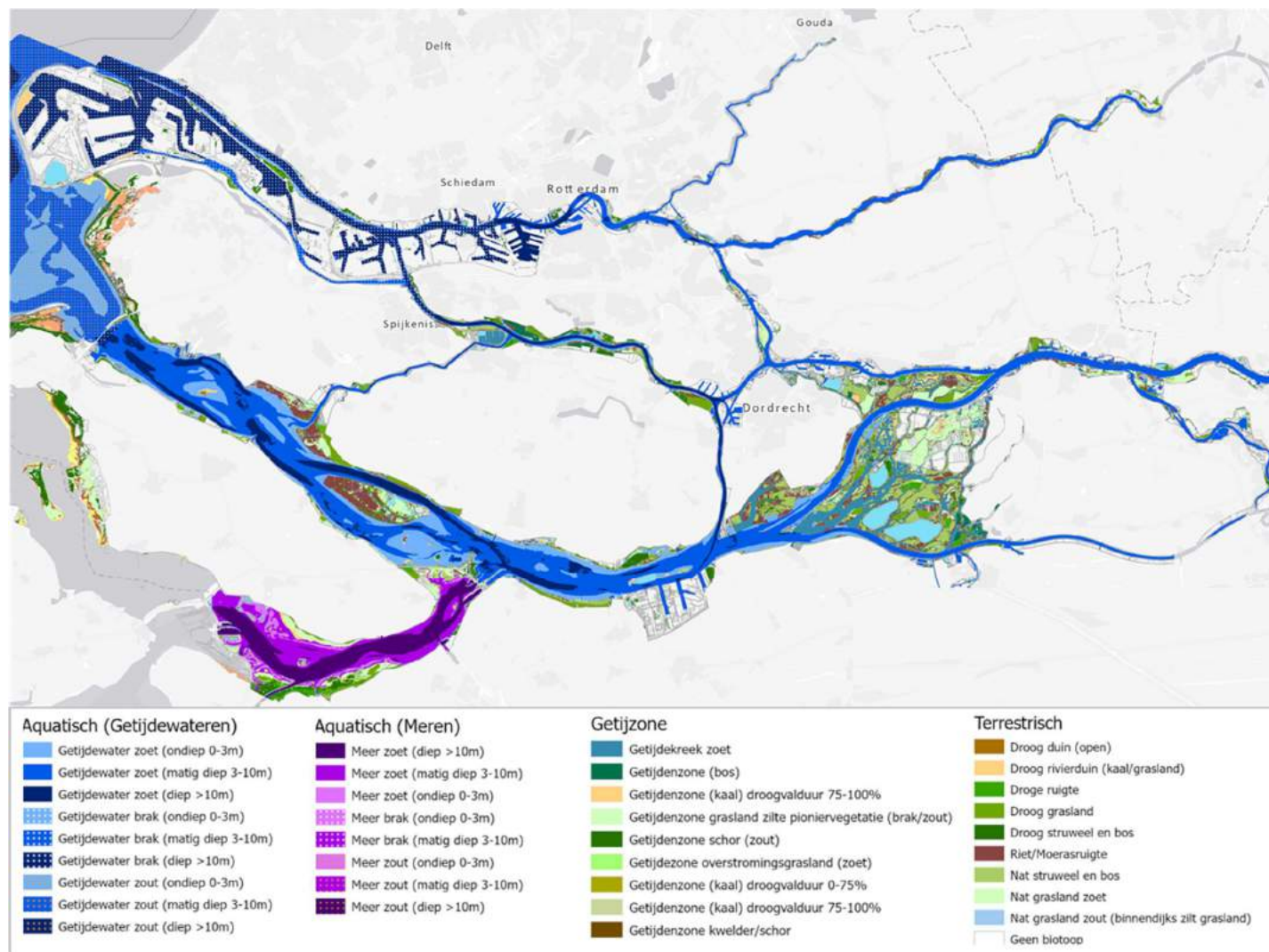
- Er is een verdeling gemaakt in positie van het biotoop in het landschap, namelijk: terrestrisch, intergetijde of aquatisch.
- Daarbinnen is een verdeling gemaakt in saliniteit van zoet, via brak naar zout. Voor de aquatische biotopen zijn de volgende saliniteitsgrenzen gehanteerd: zoet: < 0,3 g Cl-/l; brak: 0,3-10 g Cl-/l; zout >10 g Cl-/l. Dit sluit aan bij de zoutgrenzen van de RWES-aquatisch. Een saliniteit van 10 mg Cl-/l is ongeveer gelijk aan een zoutgehalte van 5 g Cl/l wat als grenswaarde genoemd is in Figuur 5-10 voor de begrenzing van vegetatietypen in de oever van brak naar de echt zout schorvegetaties met zeekraal, Engels slijkgras en lamsoor.
- Voor waterdiepte is als grens 0-3 m; 3-10 en > 10 meter aangehouden. De ondiepe zone is relevant voor waterplanten, de diepere zone is alleen voor macrofauna en vis nog van belang. Onder 10 meter bestaat de kans op stratificatie en dus zuurstofloosheid (voor de BRM is aangetoond dat dit risico beperkt is).
- De slikken en schorren zijn in zones te verdelen met een bepaalde droogvalduur of inundatiefrequentie. De begrenzing verschilt echter voor zout en zoet water.

Door enerzijds het gebrek aan inventarisatiegegevens en anderzijds de aggregatie op grotere schaal, vallen enkele kleinere elementen weg die wel van belang zijn, denk aan schelpdierbanken (zout), hard substraat (vooroevers, kademuren in zout tot zoet), dood hout (zoet), steilwanden/afslagoevers (zout tot zoet), etc.

Hieronder zijn de belangrijkste biotopen toegelicht. Het gaat om de hoofdlijn. Voor meer details over het functioneren van het ecosysteem verwijzen we naar het voorgaande hoofdstuk in deze deelstudie (H2). Er is een koppeling gelegd met de habitattypen. Voor details over de habitattypen verwijzen we naar de habitatprofiel-documenten op natura2000.nl.



Figuur 5-18. Schema van de biotopverdeling RMS-monding (bron: Staatsbosbeheer). Deze biotopen zijn hieronder meer specifiek gemaakt voor de BRM-studie.



Figuur 5-19. Biotopenkaart RMS-monding ingezoomd op het studiegebied (bron: Staatsbosbeheer). De biotopen zijn hieronder meer specifiek gemaakt voor de BRM-studie.

5.3.2.1 Getijdenwater

Onder getijdenwater verstaan we de permanente wateren. Wateren dus die bij GLW niet droogvallen. Deze zijn zoet, brak of zout. Ecologisch is er nog onderscheid te maken tussen ondiep (0-3 m), matig diep (3-10 m) en diep water (>10 m). Hieronder vallen dus de getijdenkreeken, killen, getijdenrivieren en de kustwateren in de Voordelta. In de tabel (Tabel 5-1) is ook het biotoop ‘water zonder getij’ opgenomen. Dit betreft binnendijkse wateren buiten de invloed van de rivier of zee. De diepte van 0-3 m wordt overigens in het kader van KRW-studies vaak begrensd op 1,5 m beneden GLW omdat zich daar de meeste waterplanten bevinden.

De ondiepe zone is relevant voor waterplanten, de diepere wateren zijn alleen voor macrofauna en vis nog van belang. Beneden 10 meter bestaat de kans op stratificatie en dus zuurstofloosheid wat nadelig is voor de macrofauna (voor de BRM is aangetoond dat dit risico beperkt is).

Plankton (algen, zoöplankton) komt uiteraard in alle wateren voor. Of waterplanten in de ondiepe zone tot ontwikkeling komen, hangt voornamelijk af van het waterdoorzicht, de hydrodynamiek (golfslag of stroming) en begrazing. Oevervegetatie, zowel van zoet of zout water, komt in de permanente getijdenwateren beneden GLW niet voor, met uitzondering van de trajecten waar de getijslag nog maar enkele decimeters is (Haringvliet en Hollands Diep) en er condities ontstaan die lijken op zoete meren. Naast het aquatische leven zijn de grote wateren van belang voor vogels als foerageer en rustplek. Grote zoogdieren zoals de bever en otter kan men er aantreffen. Voor trekvis zijn de wateren een belangrijke migratieroute tussen polders, bovenstroomse riviertrajecten en de zee.

In de tabel is een kolom opgenomen met habitattypen die passen bij de biotopen. Habitatype H1160 - Grote, ondiepe kreeken en baaien is ook nog overwogen bij zoute getijdenwateren, maar dit habitat is niet aangewezen in de Voordelta. Het Brielsche Gat, wat iets wegheeft van een baai, is daar te klein en te dynamisch voor.

Tabel 5-1. Biotopen Getijdenwater.

Saliniteit	Biotoop BRM	Habitatype
Zout/Brak	Getijdenkreek (zout/brak)	H1130 - Estuaria H1110 - permanent overstromde zandbanken
	Getijdenwater diep	
	Getijdenwater matig diep	
	Getijdenwater ondiep	
Zoet	Getijdenkreek (zoet)	H3260B - Beken en rivieren met waterplanten (grote fonteinkruiden)
	Getijdenwater diep	Geen
	Getijdenwater matig diep	Geen
	Getijdenwater ondiep	H3260B - Beken en rivieren met waterplanten (grote fonteinkruiden)
Zout/Brak/Zoet	Water zonder getij diep	Geen
	Water zonder getij matig diep	Geen
	Water zonder getij ondiep	Zoet: H3150 - Meren met krabbenscheer en fonteinkruiden

5.3.2.2 Getijdenoever

Onder getijdenoevers verstaan we de biotopen in de oeverzone die onder invloed staat van rivier- of zeewater. De biotopen die onder getijdenoever vallen staan in Tabel 5-3. Hieronder vallen zones die dagelijks of minstens enkele keren per jaar overstromen. Het betreft kale slikken en schorren (zoet, zout), schorvegetaties (zout tot zoet), biezen-, riet- en wilgenvegetaties (zoet) en natte graslanden (in het RWES vallen natte graslanden nog onder oevers als ze meer dan 40x/jr inunderen). Overstromingsgraslanden zijn graslanden die buiten het groeiseizoen langere tijd onder water staan. Doorgaans betreft het ingedijkte percelen of percelen in een afgesloten laagte achter de oeverwal. Dit biotoop hebben we toegekend aan zout tot brakke wateren. Daar is deze term het meest gangbaar. In zoet water is het biotoop vergelijkbaar met nat grasland.

Het zoutgehalte en de getijslag zijn sterk sturend voor de ecologie. Dit is in detail uitgewerkt in hoofdstuk 3 van voorliggend deelrapport. Daarnaast speelt de hydrodynamiek een rol voor het wel of niet kunnen vestigen van

oeverplanten. De hydrodynamiek hebben we niet expliciet meegenomen, maar langs de kust is dat wel zeer bepalend voor de vestiging van de zoute biotopen. Daar waar de dynamiek hoog is, liggen zandstranden tot aan de duinen. Vegetatie vestigt zich daar in het vloedmerk (aanspoelzone) en de embryonale duintjes.

Voor een ruimtelijk begrip van de ligging van de biotopen verwijzen we naar Figuur 5-20 en Figuur 5-21. Komend vanaf het water, vinden we kale slikken die hoger op de oevers langzamerhand begroeid raken met pioniervegetaties (zie H2 voor meer details). Vanaf GHW gaat beheer en begrazing een rol spelen en kunnen verschillende biotopen op dezelfde locatie voorkomen. Dat is het meest duidelijk in de zoete oever waar oibos, ruigten en zomen, en grasland op ongeveer dezelfde plek voor kunnen komen. Vroeger toen er nog riet- en biezenteelt en griendbeheer plaatsvond, had beheer ook een sterke invloed op het voorkomen en de ligging van die biotopen.

Binnendijkse riet-/moerasruigte is ook tot de oever gerekend. Dat biedt kansen aan bijvoorbeeld overgangs- en trilvenen en galigaanmoeras mits de standplaatscondities daarvoor geschikt zijn (buiten het zeekeleigebied). Er zijn binnendijks meer biotopen aan te treffen die erg nat zijn. De focus ligt echter op de buitendijkse gebieden van de BRM.

Een complicerende factor bij de ruimtelijke afbakening van deze biotopen is dat er verschillende definities de ronde doen over de begrenzing van slikken en schorren van zout dan wel zoet getijdenwater. De grenzen verschillen vervolgens ook nog eens tussen de methodiek van de RWES en N2000-habitattypen. Op hoofdlijn liggen alle grenswaardes echter dicht bij elkaar aangezien er een link ligt met het voorkomen van specifieke vegetatiezones. Onderstaande tabel (Tabel 5-2) kan als richtlijn gebruikt worden. Het meest opvallend is dat in zout water vaatplanten pas de kans krijgen om te groeien rondom de GHW-lijn (zie Figuur 5-20 en Figuur 5-21). In zoet water is dat al in de onderste helft van de intergetijdenzone (biezen). Dat is bepalend voor de grens tussen kale slikken en begroeide schorren. Het zoutwaterslik wordt soms ook nog in 3 zones verdeeld op basis van de overstromingsduur (bijv. laag: 100-75%; middelhoog: 75-25%; hoog: 25-0%). De overstromingsduur is bepalend voor het voorkomen van macrofauna. Om het niet te complex te maken, spreken we in de biotopen alleen over slikken en schorren met de toevoeging zout, brak of zoet. Bij de technische afleiding voor kaarten en voor begrip van het ecosysteem is kennis van deze grenzen echter wel relevant (zie ook de achtergronddocumenten bij de RWES en N2000-habitats).

Tabel 5-2. De begrenzing van slikken en schorren van zout en zoet getijdenwater.

zone	zoet	zout
slik	GLW tot 50% overstromingsduur	GLW (of LAT) tot GHW
laag schor	50% overstromingsduur tot GHWS	GHW tot GHWS met 150-300x/jr inundatie
middelhoog schor	nvt	Boven GHWS met 70-100x/jr inundatie
hoog schor	GHWS tot overstromingsvrije zone	5-30x/jr inundatie

GLW: Gemiddeld Laagwater

GHW: Gemiddeld Hoogwater

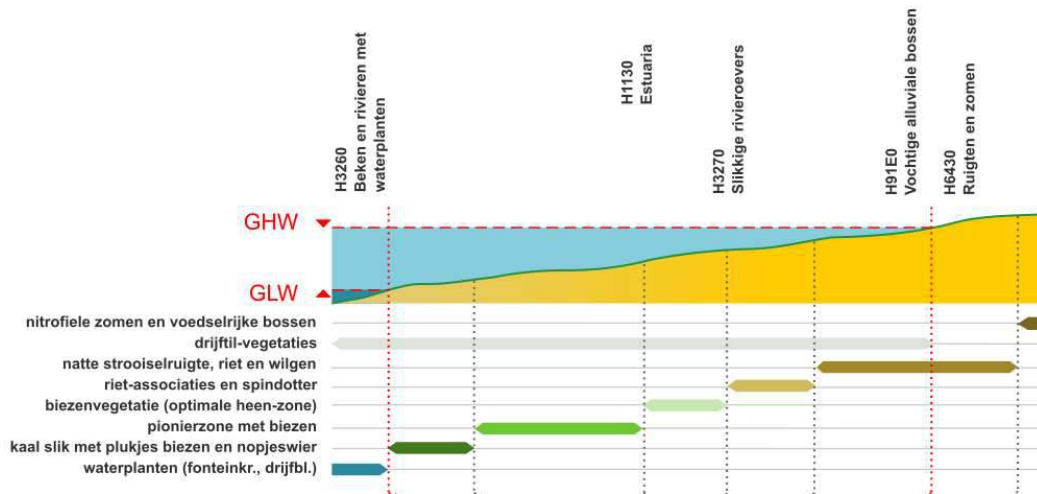
GHWS: Gemiddeld Springtijd Hoogwater

LAT: Lowest Astronomical Tide

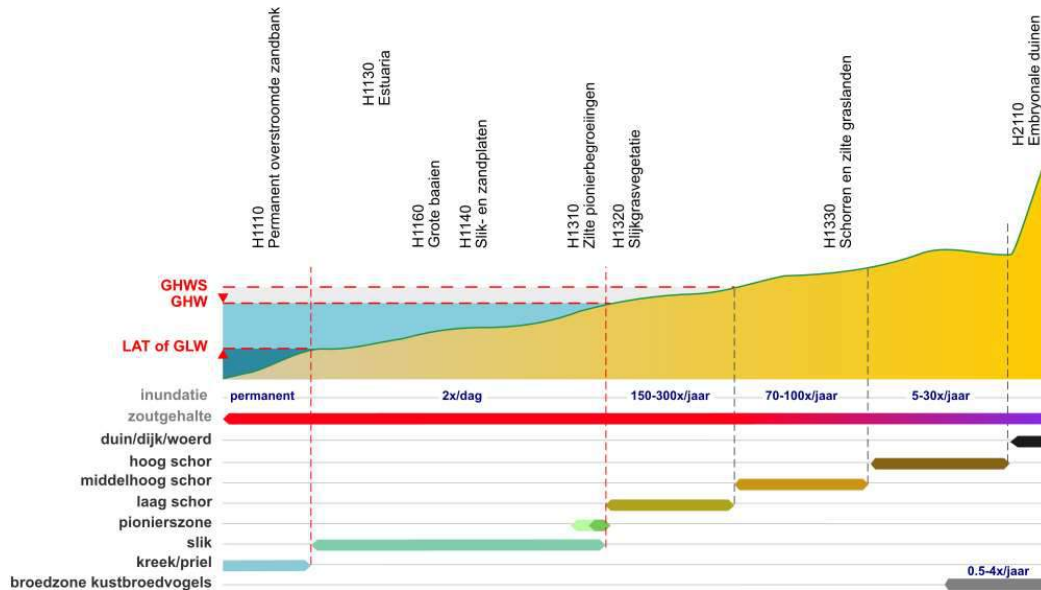
Tabel 5-3. Biotopen Getijdenoever.

Saliniteit	Biotoop BRM	Habitatype
Zout/Brak	Kale slikken (zout/brak)	H1140 - Slik- en zandplaten
	Schorren (zout/brak)	H1320 - Slijkgrasvelden
		H1330A - Schorren en zilte graslanden (buitendijks)
		H1310A - Zilte pionierbegroeiingen (zeekraal)
	Droog duin (open)	H2110 - Embryonale duinen
Overstromingsgrasland (zout/brak)	H1310B - Zilte pionierbegroeiingen (zeevetmuur)	
	H1330B - Schorren en zilte graslanden (binnendijks)	
Zoet/Brak	Riet-/moerasruigte	H6430B - Ruigten en zomen (harig wilgenroosje)

Saliniteit	Biotoop BRM	Habitattype
Zoet	Kale slikken (zoet)	Geen
	Biezen-/Rietgors	H3270 - Slikkige rivieroever
		H6430 - Ruigten en zomen
	Riet-/moerasruigte	H6430 - Ruigten en zomen
	Zachthout ooibos en struweel	H91E0A - Vochtige alluviale bossen (zachthoutoibossen)
		H91E0C - Vochtige alluviale bossen (beekbegeleidende bossen)
	Nat grasland	H6510B - Glanshaver- en vossenstaarthoïlanden (grote vossenstaart)
	Griend	H91E0A - Vochtige alluviale bossen (zachthoutoibossen)
Riet-/moerasruigte (binnendijks)	H7140B - Overgangs- en trilvenen (veenmosrietlanden)	
	H7210 - Galigaanmoerassen	



Figuur 5-20. Vegetatiezones in een zoetwatergetijdenoever met bijbehorende Natura 2000-habitattypen (eigen materiaal).



Figuur 5-21. Vegetatiezones in een zoutwatergetijdenoever met bijbehorende Natura 2000-habitattypen. In de kustzone is door wind, golven en continue aanvoer van zand het slik en schor een kaal strand zijn tot aan de duinen (eigen materiaal).

5.3.2.3 Terrestrisch

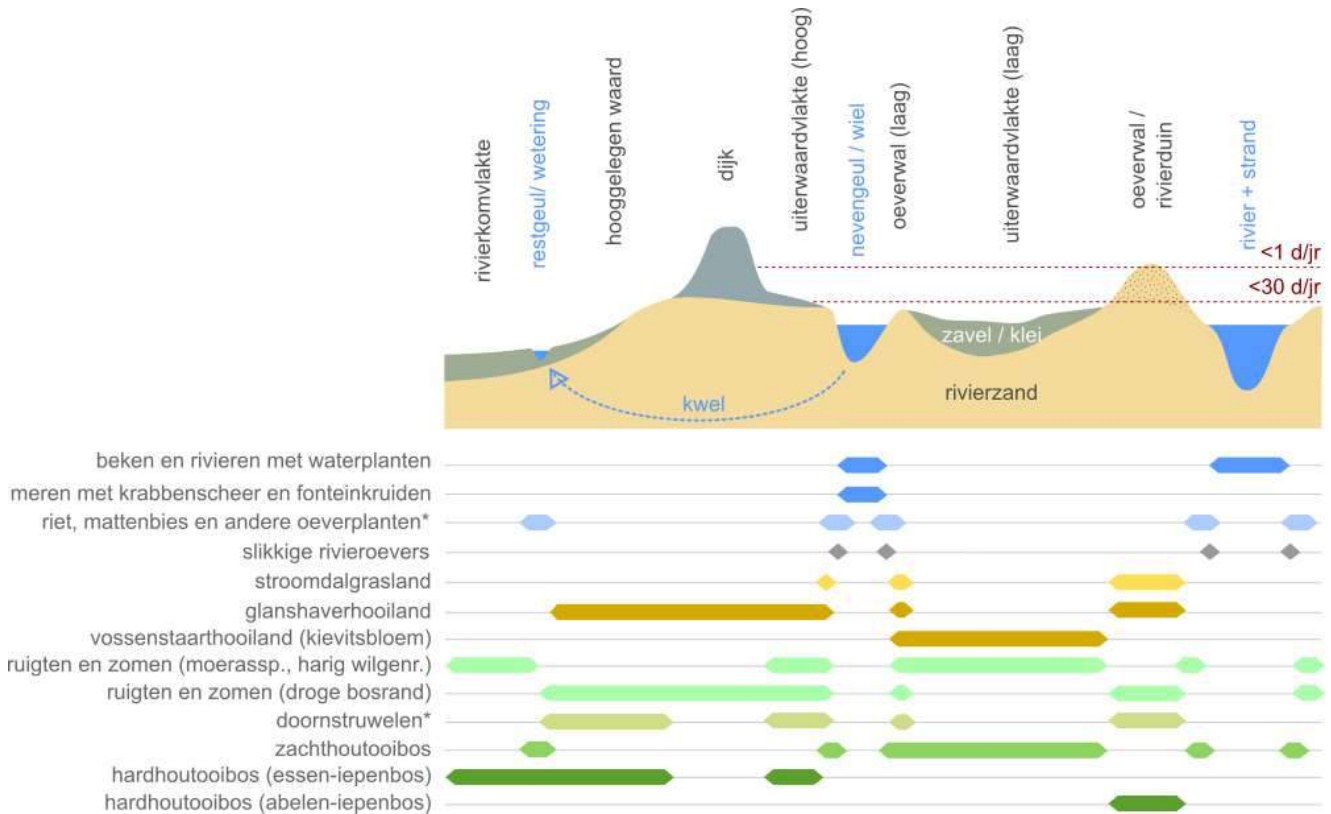
Onder terrestrisch vallen de biotopen die bij benadering minder dan 40x (zoet) of 5x (zout) per jaar inunderen (begrenzing RWES), zie Tabel 5-4. Komend vanaf de zandrivieren is er een gradiënt te zien van biotopen. De biotopen langs de rivier lijken sterk op die van de drogere biotopen in het bovenstrooms gelegen rivierengebied (Figuur 5-22) omdat de getijdenwerking op deze hogere zones maar zeer beperkt van invloed is. Oeverwallen met stroomdalgraslanden zijn richting zee steeds minder prominent aanwezig en minder zandig. Stroomdalgrasland zie je dan ook vooral langs de Lek en de Merwedens. Kenmerkend zijn verder de bloemrijke graslanden en hardhoutoibossen (vochtig tot droog). Struweel met sleedoorn en meidoorn heeft daarin haar eigen plek. Een ander kenmerk is dat het uiterwaardenbeheer ten opzichte van de andere biotopen hier een grotere rol speelt. Er is agrarisch beheer mogelijk en zal ook rivierbeheer worden toegepast (ivm stroomlijn). Afhankelijk van dat beheer, eventuele begrazing en uiteraard de natuurkrachten zijn er diverse successiestadia aanwezig van kale grond via pioniers naar kruidenrijke graslanden, struweel en bos. Biotopen zijn in het dynamische rivierengebied en de Voordelta nooit statisch, maar bewegen zich in de loop van verschillende jaren door het landschap en variëren in omvang.

Richting de kust gaan de rivierbiotopen over in duinvegetaties wat weer een heel eigen landschap is met variatie in zout en zoet, kalkgehalten, droog en nat, warm en koud (Figuur 5-23) en daarbij behorende biotopen en soorten. Op korte afstand is er een grote diversiteit aan standplaatscondities aanwezig wat ook te zien is aan relatief veel habitattypen. Door saltspray staat de buitenste duinrand nog onder invloed van zout, maar al snel landinwaarts neemt dat effect af en ontstaan zoete condities.

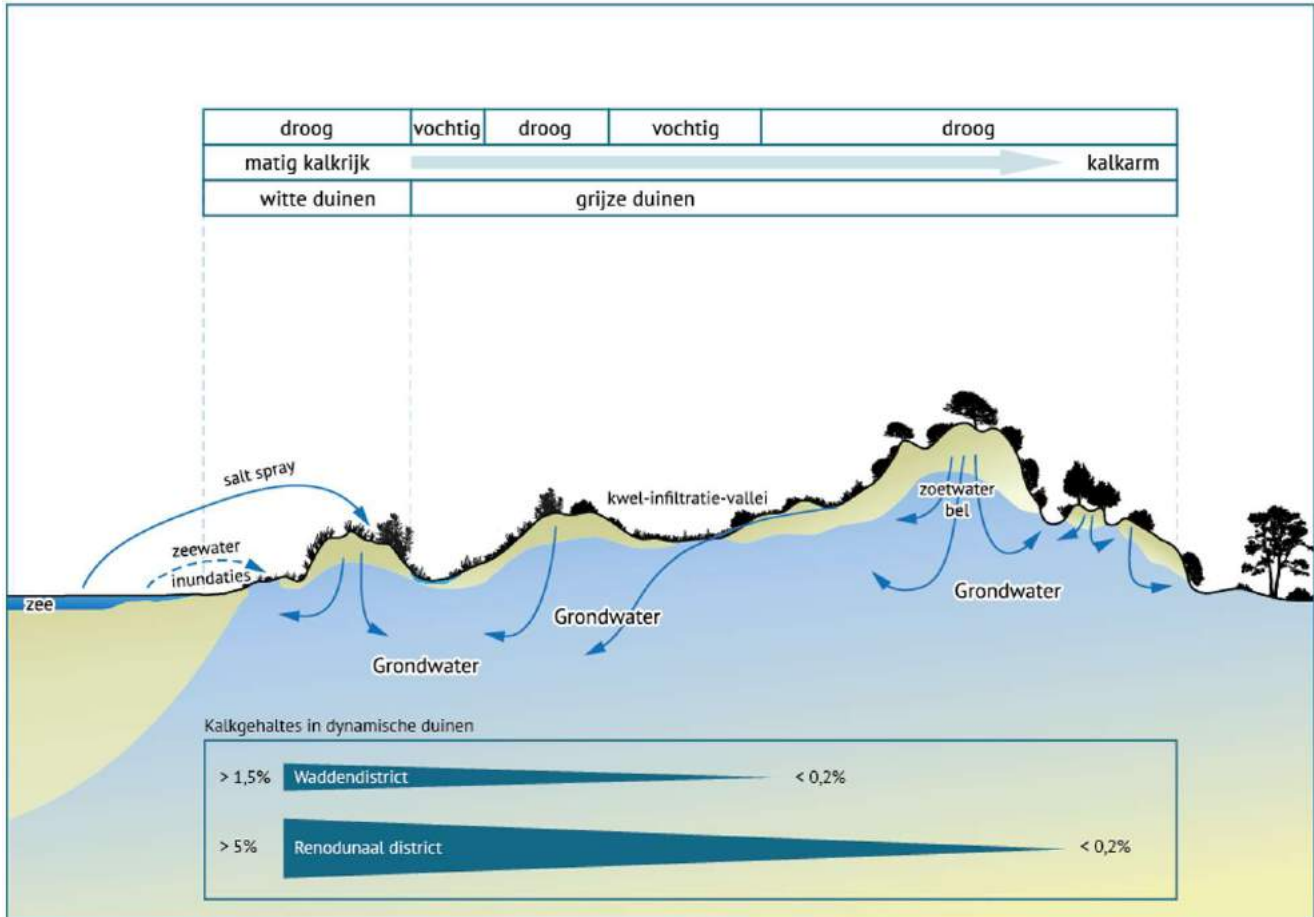
Tabel 5-4. Biotopen Terrestrisch.

Saliniteit	Biotoop BRM	Habitatype
Brak/zoet	Vochtige duinvallei	H2190 - Vochtige duinvalleien (open water)
	Droog duin (open)	H2120 - Witte duinen
Zoet	Droog duin (open)	H2130 - Grijze duinen
	Duinstruweel en bos (nat)	H2170 - Kruiplwilgstruwelen
		H2180B - Duinbossen (vochtig)
		H2180C - Duinbossen (binnenduinrand)
	Duinstruweel en bos (droog)	H2160 - Duindoornstruwelen

Saliniteit	Biotoop BRM	Habitatype
		H2180A - Duinbossen (droog)
		H2150 - Duinheiden met struikhei
	Rivierduin/oeverwal	H6120 - Stroomdalgraslanden
	Bloemrijk grasland	H6510A - Glanshaver- en vossenstaarthooilanden (glanshaver)
	Hardhoutooibos (vochtig, droog)	H91F0 - Hardhoutooibos
		H91E0B - Vochtige alluviale bossen (essen-iepenbossen)
	Struweel	geen
	Nat grasland (binnendijks)	H6410 - Blauwgraslanden



Figuur 5-22. Rivierenlandschap met landschapselementen (zie tekst boven de doorsnede), het potentiële voorkomen van de belangrijkste habitattypen en andere kenmerkende vegetaties (*). De rode lijnen geven de inundatieduur aan.



Figuur 5-23. Principeschets van de duinen (Bron: OBN Kennisnetwerk)

5.4 Toestandsbeschrijving en trends estuariene natuur in de BRM

Om een doorkijk te geven in de huidige staat van de estuariene natuur in het BRM-gebied wordt in dit hoofdstuk een beschrijving gegeven van de huidige toestand en trends van relevante levensgemeenschappen en biotopen. Hierbij wordt als basis gebruik gemaakt van Kaderrichtlijn Water (KRW) oordelen van de Rijkswateren en Natura 2000 (N2000) rapporten, met in het bijzonder recent gepubliceerde natuurdoelanalyses, met aanvullingen vanuit beheerplannen. Waar nodig en waar mogelijk wordt verdieping gegeven middels specialistische literatuur. Voor deze toestandsbeschrijving is dus geen (ruwe) monitoringsdata gebruikt voor nieuwe data-analyses.

De keuze om KRW en Natura 2000 als basis te gebruiken is gemaakt omdat middels de KRW- en Natura 2000-beleidskaders de soort(groep)en en habitats worden beschermd waarvoor de (deel)gebieden de meest belangrijke functies vervullen. Daarnaast is er voor de natuurwaarden die onder deze beleidskaders beschermd zijn een relatief grote hoeveelheid kennis beschikbaar. Het gaat doorgaans om kritische en typerende soort(groep)en en habitats die specifieke (leef)omstandigheden vereisen. Denk hierbij aan de juiste abiotische omstandigheden, waardoor voldoende kwalitatief foerageer- en rustgebied aanwezig is. Andere -vaak weinig kritische- soorten die niet specifiek beschermd zijn in een gebied profiteren wel mee van de kwalitatieve leefgebieden. Verder beperkt de verspreiding van soorten en de abiotische omstandigheden zich veelal niet tot de begrenzingen van de beschermde gebieden, maar straalt het uit naar de omgeving. **De toestand van een geanalyseerde soort(groep)en en habitats staat daarmee symbool voor de toestand van leefomstandigheden in de BRM.** Om een volledig beeld te krijgen wordt de biotische toestand van het BRM gebied uiteindelijk gebaseerd op een gecombineerd beeld van de toestand vanuit de KRW en Natura 2000.

Eerst wordt de toestand aan de hand van de KRW beschreven in paragraaf 5.4.1. De hierbij behorende gedetailleerde toestandsanalyse is te vinden in Bijlage A. Vervolgens wordt de toestand aan de hand van Natura 2000 beschreven in paragraaf 5.4.2. In Bijlage B is de gedetailleerde toestandsanalyse voor Natura 2000 terug te vinden. In Paragraaf 5.5 is een huidige toestand integraal samengevat.

5.4.1 Waterkwaliteit

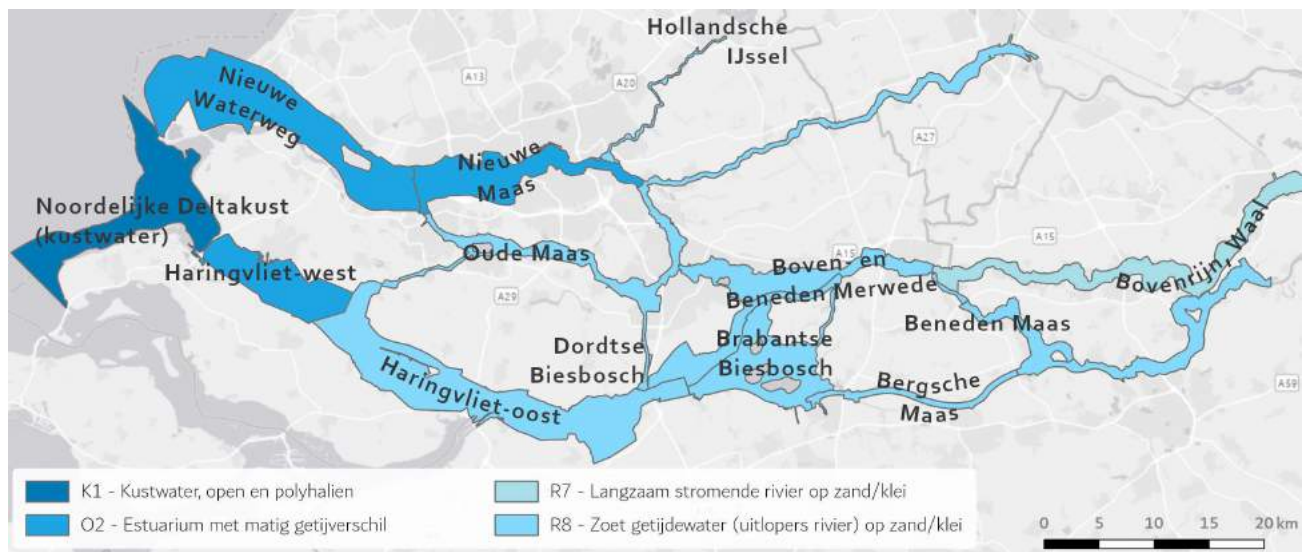
5.4.1.1 Introductie en methode

Waarom Kaderrichtlijnwater-waterlichamen voor deze analyse?

Sinds 2000 is de Europese Kaderrichtlijnwater van kracht. Alle lidstaten dienen te zorgen voor voldoende en schoon grond- en oppervlaktewater voor natuur, drinkwater en zwemwater. Specifiek voor de oppervlaktewaterkwaliteit heeft de overheid het watersysteem ingedeeld in waterlichamen. Daar zijn waterkwaliteitsdoelen voor opgesteld waar die wateren in 2027 aan moeten voldoen. Denk aan doelen voor o.a. vis en waterplanten. De waterbeheerders, Rijkswaterstaat voor de Rijkswateren, dienen maatregelen te nemen om die doelen te behalen. Om te weten hoe het met de doelen gesteld is, wordt relatief frequent en goed gemonitord (zie MWTL). Van de KRW-waterlichamen is dus voldoende data beschikbaar om de huidige toestand en trends te bepalen. Daarnaast beperkt de verspreiding van soorten en de abiotische omstandigheden zich veelal niet tot de begrenzingen van de KRW-waterlichamen. Zodoende vormt de toestand van de doelen van KRW-waterlichamen in en rond het BRM-gebied een goede graadmeter voor deze systeemanalyse.

Welke KRW-waterlichamen gaat het om?

In de BRM en net stroomopwaarts liggen 13 waterlichamen, zie Figuur 5-24. De Bovenrijn, Waal, Beneden Maas en Bergsche Maas liggen buiten het studiegebied of net op de grens. Ze kunnen echter wel van invloed zijn op het BRM-gebied. Deze waterlichamen worden daarom meegenomen maar krijgen minder aandacht dan de waterlichamen die binnen de BRM gelegen zijn.



Figuur 5-24 Begrenzing van de KRW-waterlichamen met bijbehorende watertypen in de BRM

Welke data is gebruikt, en hoe? (en toelichting principe toestand KRW-waterlichamen)

Om te weten wat de huidige toestand is van deze 13 waterlichamen monitort Rijkswaterstaat elk waterlichaam en beoordeelt zij de kwaliteit volgens een landelijke methodiek. Men meet de gehalten van toxische stoffen (prioritaire stoffen, overige relevante stoffen, eerder behandeld in Hoofdstuk 3), kijkt naar ecologisch ondersteunende parameters (temperatuur, zuurstof, organische stoffen, etc.), beoordeelt de hydromorfologie en monitort de biologie op het voorkomen (abundantie) en de soortdiversiteit van vier biologische kwaliteitselementen, namelijk:

1. Fytoplankton (in het water zwevende algen);
2. Overige waterflora (waterplanten, oeverplanten);
3. Macrofauna (wormen, kreeften, schelpdieren, etc.);
4. Vissen

Aan de hand van deze monitoring wordt de kwaliteit van het waterlichaam beoordeeld. Dat gebeurt voor stoffen, fysisch-chemische parameters en hydromorfologie door te toetsen aan normen, maar voor de biologische kwaliteitselementen zijn zogenaamde **maatlatten** opgesteld die de aangetroffen soorten (abundantie en diversiteit) vertaalt naar een score, de **EKR** (ecologische kwaliteitsratio). Het is een ratio omdat in de maatlatten een vergelijking wordt gemaakt met een natuurlijke, niet verstoorte situatie van een vergelijkbaar watertype. Dat referentietype wordt afgeleid uit historische data of van soortgelijke watertypen elders in de wereld die zo min mogelijk onder invloed staan van menselijke ingrepen. De EKR-ratio loopt van 0 tot 1. Bij een EKR van 1 is er sprake van een optimale situatie zonder verstoring, vergelijkbaar met de referentiewaarde van dat watertype. Bij een EKR van 0 zijn de typerende soorten afwezig of is er sprake van storingssoorten en is het slecht gesteld met het kwaliteitselement. Met de EKR-score van de vier maatlatten kan dus snel en relatief eenvoudig een goed beeld worden verkregen van de staat van de biologische kwaliteit.

De maatlatten verschillen dus per watertype. De maatlatten om te komen tot de EKR-score zijn beschreven in een dik boekwerk: *Referenties en maatlatten voor Natuurlijke watertypen voor de Kaderrichtlijn Water 2021-2027* (Altenburg et al., 2018). Een zandrivier werkt ecologisch nu eenmaal anders dan bijvoorbeeld de kustzone of een zoetwatergetijdenrivier. Daar mag je dan ook andere soorten verwachten. In de BRM liggen vier watertypen, namelijk:

- K1 - Kustwater, open en polyhalien
- O2b - Estuarium met matig getijverschil (type b: met scheepvaart en/of geen getijdestroming).
- R8 - Zoet getijdewater (uitlopers rivier) op zand/klei.
- R7 - Langzaam stromende rivier op zand/klei. Dit watertype krijgt in de verdere analyse minder aandacht omdat het niet tot het eigenlijke estuarium behoort.

De EKR-scores zijn niet het eigenlijke KRW-doel waar Rijkswaterstaat naar streeft. Dat is namelijk het **GEP**, het Goed Ecologisch Potentieel. Waterbeheerders mogen namelijk lagere doelen vaststellen als herstel van de natuurlijke referentie onevenredig veel schade aanricht aan gebruiksfuncties. Zo kan Rijkswaterstaat er rekening mee houden dat dijken, stuwen, sluizen, scheepvaart, inpolderingen, havens, visserij, etc. niet meer verwijderd of gestopt kunnen worden. De GEP's zijn vastgelegd in de Stroomgebiedsbeheerplannen en de KRW-factsheets op <http://www.waterkwaliteitsportaal.nl>. Recent is nog een voorstel gedaan voor aanpassing van de GEP's (Buijse, 2021). Belangrijk is dat het wel of niet behalen van de GEP's feitelijk niets zegt over de huidige waterkwaliteit. Het GEP is een waterkwaliteitsdoel waarbij bepaalde maatregelen zijn afgefallen en die dus per definitie gekleurd is. **De EKR's geven wel een feitelijk oordeel. Deze scores hebben we daarom opgenomen in voorliggende studie en geanalyseerd.** Daarbij focussen we ons alleen op de biologische kwaliteitselementen. Voor de abiotische toestand verwijzen we naar hoofdstuk 3.

De analyse van de EKR's is een flinke klus aangezien het om 13 waterlichamen gaat en 4 verschillende watertypen met elk 4 maatlatten die vaak ook nog uit deelmaatlatten en verschillende indicatoren (parameters) bestaan en dat ook nog voor meerdere jaren. Met behulp van data analyse (Rstudio) is de openbaar beschikbare brondata van RWS (Toetsresultaten biologie, deelmaatlatten en indicatoren) omgezet in tabellen en grafieken voor de periode 2011-2021. Zie bijlage A voor de resultaten en een toelichting op de methodiek. Een samenvatting van de EKR's is opgenomen in Tabel 5-5. Het betreft de totaalscores per kwaliteitselement. Hieronder zijn de resultaten in meer detail toegelicht. Uit de getallen is uiteraard niet direct de oorzaak van de scores te halen. Dat moet afgeleid worden uit andere onderzoeken of het vergelijken met stuurfactoren zoals abiotiek (H2).

*Tabel 5-5 KRW-waterlichamen in de BRM met de totaalscore (EKR-totaal) van de bijbehorende kwaliteitselementen uit het jaar 2021, indien het een ander jaar betreft is dit aangegeven in ^{superscript}. De klassen komen overeen met de beoordeling van een natuurlijk waterlichaam **Zeer goed** (0,80-1,00), **Goed** (0,60-0,79), **Matig** (0,40-0,59), **Ontoereikend** (0,20-0,39), **Slecht** (0,00-0,19). Grijs = kwaliteitselement niet van toepassing voor betreffende watertype. Blauw/ND = Geen data beschikbaar. * = EKR totaal niet beschikbaar, EKR score voor deelmaatlat kwaliteit weergegeven. Voor details zie Bijlage A.*

KRW-waterlichaam	KRW-watertype	Fytoplankton	Overige Waterflora	Macrofauna	Vis
Noordelijke Deltakust	K1	0.72	nvt	0,73 ²⁰¹⁸	nvt

KRW-waterlichaam	KRW-watertype	Fytoplankton	Overige Waterflora	Macrofauna	Vis
Haringvliet-west	O2b	1.00	0,00 ²⁰¹³	0,33	0,37
Nieuwe waterweg	O2b	0.91 ²⁰²⁰	0,00 ²⁰¹⁸	0,38	0,51
Nieuwe Maas	O2b	0.52 ²⁰²⁰	0,00 ^{2013*}	ND	ND
Oude Maas	R8	nvt	0,20 ²⁰¹⁸	0,42	0,14
Hollandse IJssel	R8	nvt	0,39	0,31	0,10
Haringvliet-oost	R8	nvt	0,43	0,33	0,05
Boven- en B. Merwede	R8	nvt	0,45	0,30 ²⁰¹⁹	ND
Dordtse Biesbosch	R8	nvt	0,40 ²⁰²⁰	0,35 ^{2020*}	0,09
Brabantse Biesbosch	R8	nvt	0,49	0,48	0,36
Bergsche Maas	R8	nvt	0,54*	0,31*	ND
Beneden Maas	R8	nvt	0,49 ²⁰¹⁹	0,33	0,09
Bovenrijn, Waal	R7	nvt	0,28	0,35	0,16

Leeswijzer

In de komende 4 paragrafen worden de huidige toestand en trends besproken van de biologische kwaliteitselementen: fytoplankton, overige waterflora, macrofauna en vis. De chemische kwaliteit, overige relevante stoffen en biologie ondersteunende parameters is niet behandeld. Zie daarvoor deelrapport 2.

5.4.1.2 Fytoplankton

Algemeen

Het kwaliteitselement fytoplankton wordt alleen gebruikt in overgangs- en kustwateren (typen K1 en O2). Men beoordeelt de abundantie (het voorkomen) aan de hand van het chlorofyl-a gehalte wat een maat is voor de hoeveelheid alg. De soortensamenstelling wordt niet beoordeeld. In de R-typen wordt fytoplankton niet beschouwd. Als gevolg van de seizoenswisselingen en dynamiek wisselen de gehalten flink en zijn ze minder geschikt om de waterkwaliteit mee te beoordelen. Fytobenthos (algen op substraat kunnen minder goed wegspoelen) wordt wel meegenomen, maar als onderdeel van overige waterflora (zie verderop).

Huidige toestand

Een hoge EKR (goede score) betekent dat de algenconcentratie als gevolg van menselijke invloeden, met name eutrofiëring, niet te hoog is. De scores van fytoplankton zijn ten opzichte van de andere kwaliteitselementen hoog (Tabel 5-5). Het is het best scorende kwaliteitselement. Drie waterlichamen scoren goed tot zeer goed. Het minst goed scoort het waterlichaam Nieuwe Maas met een matige score van 0,52 in 2020. Dat betekent dat het 90-percentiel van chlorofyl-a rond de 27 µg/l ligt wat inderdaad laag is. Ter vergelijking, in meren kunnen wel waarden van enkele honderden microgrammen per liter bereikt worden.

Uit de detailanalyse (bijlage A) blijkt dat de waarden sinds 2011 kunnen variëren per jaar maar niet lager dan 0,6 worden. De EKR-score van het jaar 2021 zit voor alle waterlichamen, m.u.v. de Nieuwe Maas, bovenin de range van de metingen. De score van de Nieuwe Maas in 2020 was juist de laagste. In 2018 was de score met een EKR van 0,85 daar zeer goed.

Uit de getallen is niet direct de oorzaak af te leiden van deze goede scores. In ieder geval kunnen de volgende zaken een rol spelen:

1. Uit monitoring blijkt de gehalten van de opgeloste stoffen fosfaat en stikstof (zie H2.6) een dalende trend vertonen. Fosfaatgehalten liggen al langere tijd onder de norm bij Maassluis en de Haringvlietssluis. De Hollandse IJssel (Gouda voorhaven) blijft echter achter. Dit kan van invloed zijn op de score van de Nieuwe Maas die gemiddeld genomen nog vooral uit zoet water bestaat. Waterlichaam de Nieuwe Waterweg staat al meer onder invloed van zout zeewater met blijkbaar een lagere algenconcentratie.
2. De komst van de quaggamossel (invasieve exoot) in Nederland kan de algenconcentraties laag houden. Deze soort kan hoge dichtheden bereiken en filtert algen en zwevend stof uit de waterkolom. Dat gebeurt

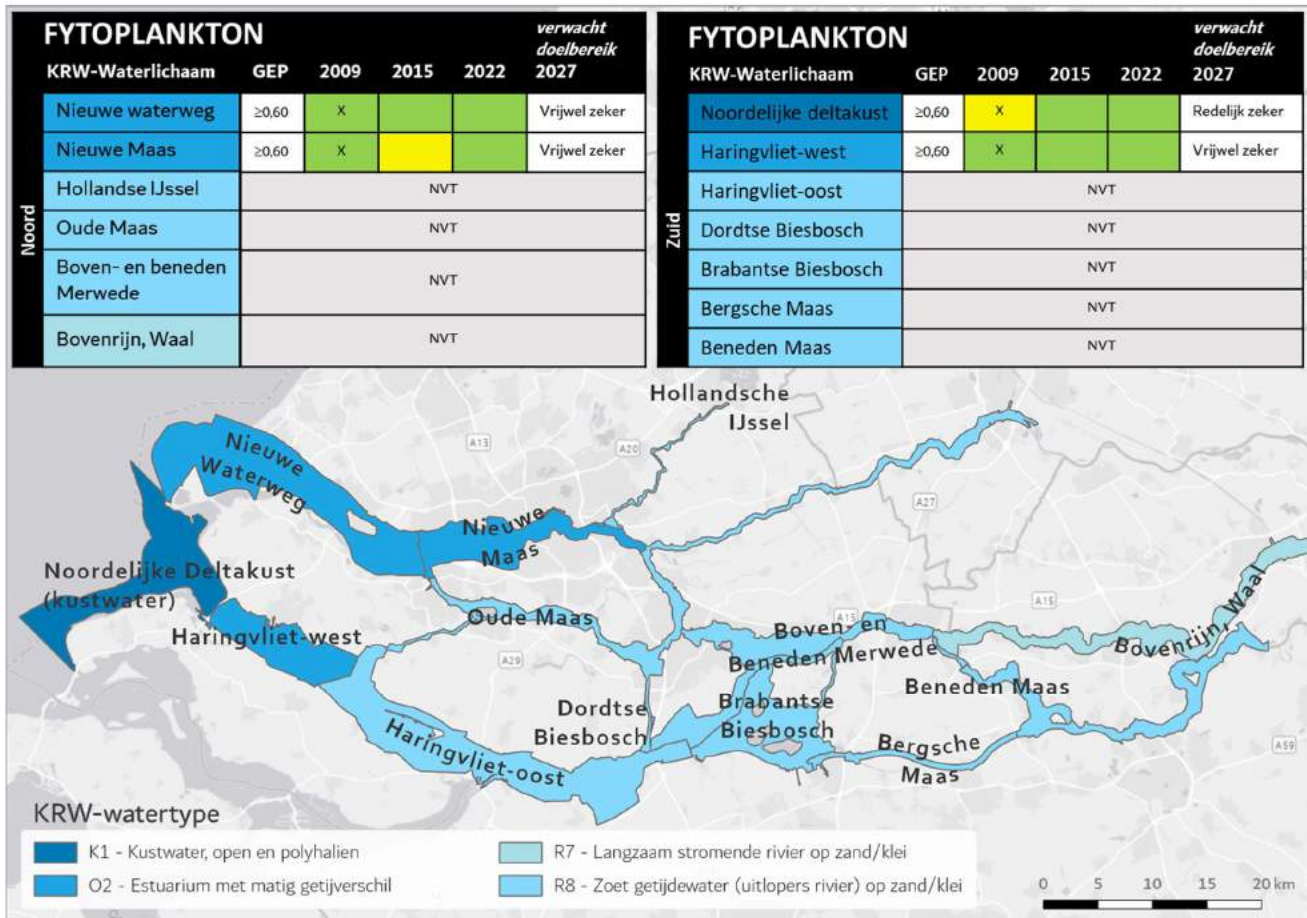
bijvoorbeeld in het Haringvliet en Hollands Diep, waar na de vestiging van deze soort knelpunten met algenbloei sterk zijn verminderd.

3. In hoofdstuk 3 is al gewezen op de opvallende ontwikkeling in de toename van het doorzicht in de Maastakken en het Haringvliet in het zomerhalfjaar. Dat wordt toegeschreven aan het stagnante karakter van deze riviertakken (weinig rivierdynamiek, uitzakkend slib) en de ontwikkeling van de quaggamossel (de la Haye et al., 2022; Reeze et al., 2020). Het tussenliggende Hollands Diep (meetpunt Bovensluis) is minder helder en wordt meer beïnvloed door het inkomende Rijnwater dat meer zwevend stof bevat.
4. Seizoenswisseling en dynamiek (zie inleidende paragraaf).

Wat precies bepalend is voor de variatie van de EKR-score in de tijd, is niet zonder meer duidelijk. Wellicht dat dit met de variatie in waterdoorzicht of variatie in populatie, activiteit e.d. van mosselen te maken heeft.

Aanpassing GEP

De GEP voor fytoplankton is niet aangepast voor de KRW-waterlichamen in de BRM waar fytoplankton van toepassing is (Figuur 5-24). De GEP is voor alle van toepassing zijnde wateren $\geq 0,6$. Dat is de standaardnorm voor sterk veranderde wateren waar het hier over gaat. Dit betekent dat er geen redenen zijn (geweest) om de doelen voor fytoplankton binnen de BRM naar beneden bij te stellen.



Figuur 5-25. Toestandsoordelen van kwaliteitselement Fytoplankton in de KRW-waterlichamen in de zuidelijke en noordelijke helft van het BRM-gebied. Oordelen overgenomen uit de Factsheet KRW Oppervlaktewater Rijkwateren - Behorende bij Stroomgebiedbeheerplannen 2022-2027. Betekenis kleuren/symbolen Groen = 'goed', Geel = 'matig', Oranje = 'ontoereikend', Rood = 'slecht'. 'NVT' = Kwaliteitselement fytoplankton is niet van toepassing voor dit KRW-watertype en wordt daarom niet beoordeeld. 'X' = toestandsoordeel niet afkomstig uit Aquo-kit (een applicatie voor de gestandaardiseerde verwerking van waterkwaliteit-monitoringgegevens).

5.4.1.3 Overige waterflora

Algemeen

Het kwaliteitselement overige waterflora wordt gebruikt in alle watertypen met uitzondering van KRW-type K1 - Kustwater. Er zijn in dat type namelijk amper geschikte groeimogelijkheden voor hogere planten en wieren. Die verwacht je meer in beschutte wateren zoals de Waddenzee (KRW-type K2). De maatlatten verschillen wel per type. Kennis van de beoordelingsmethodiek is nodig om de EKR-scores te kunnen duiden. Zodoende wordt dit in onderstaande toestandsbeschrijving kort besproken.

Huidige toestand

Eerst wordt ingegaan op de toestand van overige waterflora in KRW-watertype Estuarium met matig getijverschil (O2b), daarna volgt de toestand van overige waterflora in KRW-watertype Zoet getijdewater (R8).

Voor KRW-type O2b kijkt men alleen naar kwelders en schorren (zoutgehalte > 10.000 mg Cl/l), namelijk:

1. Het aandeel kwelder/schor-areaal ten opzichte van het areaal van hele waterlichaam Voor de grotere overgangswateren is die referentiewaarde van het kwelder/schor-areaal 15% (zie Tabel 5-6). Dit is gebaseerd op de periode rond 1000 n.Chr. Voor de overgangswateren in de Rijn-Maasmonding is deze waarde bijgesteld op basis van expert judgement tot 5% (Reitsma et al., 2019). Dit heeft men gedaan omdat de natuurlijke situatie nooit meer bereikt kan worden. Men heeft onderzocht 1) wat er op basis van het voorkomen van slikken en schorren (zoet tot zout) bij zou kunnen komen; 2) wat er door KRW-maatregelen aan areaal bij komt; 3) voorgaande 2 als het zoutgehalte ook toeneemt. Let op dat dit een flinke onderschatting is van wat er ooit, zelfs in bedijkte toestand, voorkwam (Figuur 5-26).
2. Kwelderkwaliteit: Uitgangspunt voor de kwaliteit van kwelders/schorren is een evenwichtige verdeling (aandeel tussen 5-35%) van vegetatiezones pionier, laag, midden, climax hoog met strandkweek, climax brakke zone met riet. De laatste twee mogen niet domineren (aandeel niet meer dan 50%). Voor de beoordeling daarvan wordt een puntensysteem gehanteerd. De referentiewaarde voor de overgangswateren in de BRM is 5.

In type O2b kijkt men niet naar zeegras. In type O2a wel. Wat betreft het zoutgehalte voldoet van de O2b wateren alleen het westelijk deel van de Nieuwe Waterweg (met het Calandkanaal) aan de ondergrens voor zeegras (gedurende het groeiseizoen veelal waarden rond 10 g Cl/l). De overige overgangswateren vallen af omdat het water jaarrond te zoet is (in de bovenste waterlagen).

Tabel 5-6. Klassengrenzen en genormaliseerde EKR voor de areaal-deelmaatlaten van het type o2

		Referentiewaarde	Klassengrens Goed-Zeer goed	Klassengrens Matig-Goed	Klassengrens Ontoereikend-Matig	Klassengrens Slecht- Ontoereikend
Kwelder/schor (% totaal. waterlichaam)	Eems-Dollard, Westerschelde	15	11	7,6	4,9	2,6
	Nieuwe Maas, Nieuwe Waterweg, Haringvliet-West, Noordzeekanaal	5	4	3	1,5	0,5
Kwelder kwaliteit		5,0	4,5	3,5	2,5	1,5
EKR		1,0	0,8	0,6	0,4	0,2

* Voor de bedekking wordt zowel met Groot (Z. marina) als Klein zeegras (Z. noltii) gerekend.

TABEL 26.3B BEREKENING EKR VOOR DE KWELDER-KWALITEIT VAN HET TYPE O2

	Zeer goed	Goed	Matig	Ontoereikend	Slecht
Punten	5	4	3	2	1
EKR	1	0,7	0,5	0,3	0,1

Tabel 5-7. Schorareaal in de overgangswateren van de Rijn-Maasmonding, huidig en potentieel op basis van aanwezige ecotopen en het nemen van KRW-maatregelen (Reitsma et al., 2019). In de huidige situatie liggen er meer slikken en schorren in de huidige situatie, maar deze zijn niet zout genoeg (>10.000 mg Cl/l).

Waterlichaam	totaal opp WL (ha)	oppervlakte (ha) actuele kwelderareaal	kwelderareaal potentieel op basis van ecotopen en/of AHN (ha)	extra kwelderareaal potentieel op basis van KRW projecten (ha)	(potentieel) kwelderareaal totaal (ha)	% (potentieel) kwelderareaal per WL
Noordzeekanaal	2183	0	0,67	0,00	0,67	0,03
Nieuwe Waterweg	11998	3,4	36,38	7,62	47,40	0,40
Nieuwe Maas	4979	0	13,14	9,47	22,61	0,45
Haringvliet-west	4644	0	144,84	2,80	147,64	3,18

De scores van dit kwaliteitselement voor type O2b zijn laag, namelijk slecht met een EKR-score van nul (Tabel 5-5). Op basis van de hierboven staande gegevens zal duidelijk zijn dat het areaal kwelders/schorren én de kwelderkwaliteit voor de drie waterlichamen niet voldoet (score slecht-ontoereikend). Zelfs met de bijgestelde referentiewaarde (GEP). De volgende oorzaken worden genoemd (Reitsma et al., 2019):

- droogvallende platen/slikken ontbreken (vrijwel) geheel;
- oeverzones zijn verhard dan wel bekaad, uitzondering hierop is het Haringvliet-West;
- de dynamiek van het water is (te) groot als gevolg van golfwerking door scheepvaart en periodiek hoge afvoer van rivierwater;
- de mogelijkheden voor de ontwikkeling van de benodigde zandplaten in verband met de intensieve scheepvaartfunctie nihil zijn;
- bronpopulaties van zoute tot brakke soorten in de omgeving ontbreken volledig of grotendeels (zeker voor zeegras, alleen op de Slikken van Voorne binnen de Voordelta is nog ca. 0,19 ha aan klein zeegras aanwezig, zie Bijlage B);
- het Haringvliet bevat nog een groot oppervlak slikken en schorren. Echter is de getijslag te beperkt en het zoutgehalte te laag. Voor de Nieuwe Waterweg en Nieuwe Maas geldt net het omgekeerde. Het areaal is beperkt, maar de getijslag en zoutgehaltes zijn nog (deels) aanwezig.

Rijkswaterstaat heeft op basis van de hierboven genoemde analyse (Reitsma et al., 2019) de GEP dan ook flink bijgesteld. Een lagere GEP kan niet (0,01 zie Figuur 5-30). Het doelbereik van Haringvliet-West is onzeker als gevolg van de effecten van het Kierbesluit.



Figuur 5-26. De historische ontwikkeling van de Noordrand. Bron: Historische kaart 1738-1744 van Melchior Bolstra (boven); Militaire Kaart 1850 (midden); topografische kaart 2020 (onder; de Jong, 2023).

Voor KRW-watertype Zoet getijdewater (R8) kijkt men voor de overige waterflora naar:

1. abundantie van verschillende groeivormen: submers & drijvend en oeverplanten.
2. soortensamenstelling waterplanten: aan de hand van een soortenlijst wordt een score berekend. Betreft kenmerkende soorten of stringsoorten.
3. fyto benthos: idem.

Voor de soortensamenstelling en fyto benthos betekent een hoge score dat er veel scorende soorten voorkomen (bijv. behorend tot een kenmerkend vegetatietype voor dit watertype), dat ze een hoog bedekkingspercentage van het begroeibaar areaal hebben, dat er geen stringsoorten aanwezig zijn en/of dat er geen exoten zijn waargenomen.

Voor de abundantie van de groeivorm oeverplanten is het relevant om te noemen dat er voor type R8 alleen gekeken wordt naar het voorkomen van biezen in de onderste helft van het intergetijdengebied. Deze zone is namelijk het meest gevoelig voor verstoring en krijgt daarom aandacht in de maatlaat. Men kijkt naar zeven biezensoorten (Tabel

5-8) en hun bedekkingspercentage binnen het begroeibaar areaal (Tabel 5-9). De referentiewaarde is dat 30% van ongeveer de onderste helft van de intergetijdenzone (de helft - 10 cm) uit biezen bestaat. Hoe groter het areaal hoe beter.

Tabel 5-8. Criteriumsoorten voor oeverbegroeiing van KRW-type R8.

Nederlandse naam	Wetenschappelijke naam
heen*	<i>Bolboschoenus maritimus</i>
mattenbies	<i>Schoenoplectus lacustris</i>
stekende biezen	<i>Schoenoplectus pungens</i>
ruwe biezen	<i>Schoenoplectus tabernaemontani</i>
driekantige biezen	<i>Schoenoplectus triquetus</i>
mattenbies x driekantige biezen (bastardbies)	<i>Schoenoplectus x carinatus</i>
ruwe biezen x driekantige biezen (grijs bastardbies)	<i>Schoenoplectus x kuekenthalianus</i>

* 'zoete heen' (*Bolboschoenus laticarpus*) zou aan dit lijstje toegevoegd moeten worden

Tabel 5-9. Maatlat voor abundantie van groeivormen van KRW-type R8.

Groeivorm	Slecht	Ontoereikend	Matig	Goed	Zeer goed	Referentiewaarde
Submers & Drijvend	0 - 0,5%	0,5 - 1%	1 - 2% 50 - 100%	2 - 5% 25 - 50%	5 - 25%	10%
Oeverplanten	0 - 2%	2 - 7%	7 - 15%	15 - 25%	25 - 100%	30%

De totale EKR-score voor dit kwaliteitselement voor KRW-type R8 is ontoereikend tot matig (Tabel 5-5). De Oude Maas scoort het laagst, de anderen liggen qua score bij elkaar in de buurt. Uit de detailanalyse in bijlage A blijkt dat de biodiversiteit van waterflora en de deelmaatlat fyto-benthos doorgaans matig tot zeer goed zijn (ca. 0,5-0,9), maar dat de abundantie van waterflora de score naar beneden haalt. Dit springt vooral in het oog bij de Hollandse IJssel en Oude Maas waarin de EKR voor deze parameter duidelijk afneemt sinds 2011.

Wat trends van de totale EKR-score betreft van overige waterflora voor R8, laat de Oude Maas een dalende score zien over drie jaren, van EKR 0,6 in 2012 naar 0,2 in 2018. De Boven- en Beneden Merwede neemt sinds 2012 juist toe in kwaliteit. De anderen vertonen minder spreiding in de EKR-score en geen duidelijke trend. Niet duidelijk is wat de jaarlijkse wisseling veroorzaakt.

Kortom, kenmerkende soorten van zoetwatergetijdenwateren komen nog voor, met regelmatig zelfs een goede score, maar de abundantie van waterplanten en oeverplanten laat te wensen over. Dat is ook wat Schaminée et al. (2019) concluderen bij hun analyse van de biodiversiteit in de Zuidwestelijke Delta. Een analyse van de monitoringsdata is nodig om de exacte oorzaak te achterhalen, maar uit andere studies is al overduidelijk gebleken dat het met de biezen in Nederland en specifiek in de BRM niet goed gaat. Dat is eerder in het document al aangehaald bij de algemene introductie van estuariene natuur in 'het effect van getijslag op vegetatiezones'. Als er wel begroeibaar areaal is door aanwezigheid van zachte oevers en getijslag, maar er zijn geen biezen, dan is de EKR-score een stuk lager. Dat is waarschijnlijk het geval in de Oude Maas en Hollandse IJssel. Daar is nog een behoorlijke getijslag en er ligt buitendijkse natuur (vaak achter een vooroever), maar er zijn blijkbaar nauwelijks biezen. Ook in de andere wateren speelt dit effect, maar gezien de EKR-score wat minder. Kortom, ook met submerse en drijvende waterplanten gaat het minder goed dan in de referentiesituatie het geval zou zijn.

Als we ons focussen op de biezen, dan blijkt dat het biezenareaal (begroeibaar areaal) al voor de Deltawerken aan het afnemen was door inpoldering, havenuitbreiding, slibdepots, etc. Zie ook H1 Ontstaansgeschiedenis. De laatste 60 jaar is het areaal echter steeds verder afgenomen. Hieronder zijn de belangrijkste oorzaken genoemd (Coops, 2019; de Jong & Coops, 2021):

1. Afname begroeibaar areaal: in Tabel 5-10 zijn de referentiearealen weergegeven voor biezen. Van de genoemde arealen is nog geen 1% over in de BRM. Dit heeft uiteraard ook effect op andere soortgroepen;
2. Afname getijslag door de Deltawerken: dit heeft twee effecten. biezen verliezen bij een kleinere getijslag eerder de concurrentie met riet. Het principe hiervoor is eerder toegelicht in paragraaf 5.2.3.3. Een tweede effect is dat steilranden ontstaan. De golfaanval op de oever richt zich bij een kleinere getijslag namelijk op

een kleiner deel van de oever waardoor de erosie niet meer gelijkmatig plaatsvindt. Langs het Haringvliet en Hollandsch Diep zijn daardoor steilranden ontstaan en is er ondanks de getijslag van ca. 40 cm geen echte intergetijdenzone mee over met een flauw talud;

3. Toenemende successie: De biezen zijn pioniersoorten. Ze vestigen zich via zaad, maar meestal door delen van elders losgeslagen wortelstokken. Na vestiging speelt vegetatieve uitbreiding een belangrijke rol. Biezenvegetaties houden na vestigen hooguit één tot twee decennia stand, daarna zijn ze vervangen door een gevorderd stadium in de successie of weg geërodeerd. De vegetaties met Waterpeper en Blauwe waterereprijs zijn nog flexibeler, en houden veelal niet langer dan 5 jaar stand op een bepaalde locatie. Dit geldt vooral daar waar de vegetatie grenst aan vegetaties (riet-associaties) in een verder gevorderd stadium van successie en van waaruit snelle kolonisatie naar andere delen optreedt. De ecologische waarde van het getijdengebied zal dus afnemen wanneer er elders geen gelijktijdige aangroei plaatsvindt of de verlanding niet door kortdurende, extreme situaties of beheer wordt teruggezet (hoogwater). Het stoppen van het biezenbeheer en de Deltawerken hebben de successie sterk gestimuleerd.
4. Toename scheepvaartintensiteit: de toename van de intensiteit en grootte van de scheepvaart leidt tot meer dynamiek in de getijdenoevers. Dit leidt tot fysieke schade, vertroebeling van het water en tot een verminderde vestigingskans vanuit zaden, worteldelen of stengels. Er zijn, mede door het wegvallen van de getijslag in de Zuidrand, vele kilometers aan vooroevers aangelegd om slikken en schorren te beschermen en getijdennatuur een kans te geven. Het risico is dat de vooroevers soms te ver van de oever liggen waardoor de dynamiek te hoog blijft door windgolven (Beninger en Blanken Slikken), of dat er achter een vooroever net weer te weinig dynamiek ontstaat waardoor de oever tot aan de vooroever volledig dichtgroeit met riet.
5. Verstening van de oevers: door de afname van de getijslag en toename van de scheepvaart zijn veel oevers beschermd met stort- en zetsteen (zie ook Hoofdstuk 3 abiotiek).
6. Minder verspreiding zaden en wortelstokken: Mogelijk versterkt de afnemende populatie van biezen de verdere afname van de huidige populatie. Er zal namelijk steeds minder aanvoer van zaden of wortelstokken uit de omgeving plaatsvinden. Zaden en wortelstokken kunnen via vogels (ze eten het zaad), zoogdieren (klevend aan vacht of poten), stroming en beheermaterieel verspreid worden. Zaden van biezen hebben een relatief korte drijftijd: enkele uren tot hooguit enkele dagen. Daarom is te verwachten dat langeafstandstransport via waterstroming (meerdere km) nauwelijks een rol speelt. Vooral voor verspreiding via stroming dienen dan bovenstreams op korte afstand populaties aanwezig te zijn. In de Noordwaard lijkt dit het geval te zijn. In de Noord is dat minder het geval. Biezen, maar ook riet, in de nieuwe getijdennatuur van bijvoorbeeld de Crezeépolder en Sophiapolder hebben veel moeite om zich te vestigen (de Jong & Coops, 2021).
7. Verganzen en vraat door watervogels: Wat betreft begrazing door vogels ging men er lange tijd vanuit dat de rol van herbivore watervogels op de water- en oevervegetatie verwaarloosbaar was. Ondertussen is echter duidelijk dat het voorkomen en de soortensamenstelling van aquatische vegetaties sterk gestuurd kan worden door de vraat en betreding door herbivore watervogels (zwanen, ganzen, meerkoeten) en muskusratten. Met name ganzen staan in de belangstelling, omdat zij van alle watervogels lokaal veel schade kunnen toebrengen aan oevervegetaties. Daarbij is er sprake van 'verganzen'. Met name van de brandgans, kolgans en grauwe gans is de populatie enorm toegenomen in de afgelopen decennia (Figuur 5-29), en daarmee lokaal ook de schade aan oevervegetaties. Vraat door ganzen beperkte zich vroeger vooral tot de winter. Tegenwoordig is echter ook lokaal sprake van zomervraat, met name als de ganzen zich tijdens de ruiperiode terugtrekken in rietmoerassen. De effecten verschillen per seizoen:
 - a. Zomervraat: jonge scheuten en uitlopers worden gegeten door ganzen en meerkoeten, met name in het broedseizoen (apr. - jun.) en ruiseizoen (jul. - aug.). Rietblad wordt gegeten door knobbelzwaan, wilde zwaan, grauwe gans en grote Canadese gans tijdens de vleugelrui;
 - b. Wintervraat: wortelstokken worden zowel boven als onder water gegeten door ganzen en zwanen, met name in de winter.

De vraat leidt lokaal tot kale oevers en vergroot de kans op erosie. Naast begrazing van oeverplanten (helofyten) eten watervogels ook waterplanten (submers, emers en drijvend) en kunnen ze een aanzienlijke hoeveelheid aan faeces produceren en oevers flink kaaltrappen. Een onderzoek van RWS in de Sophiapolder moet meer zicht geven in de vestigingskans voor specifieke oevervegetatie en de rol van watervogels daarbij.

Tabel 5-10. Referentiearealen biezen voor waterlichamen van het type R8 (Coops, 2019).

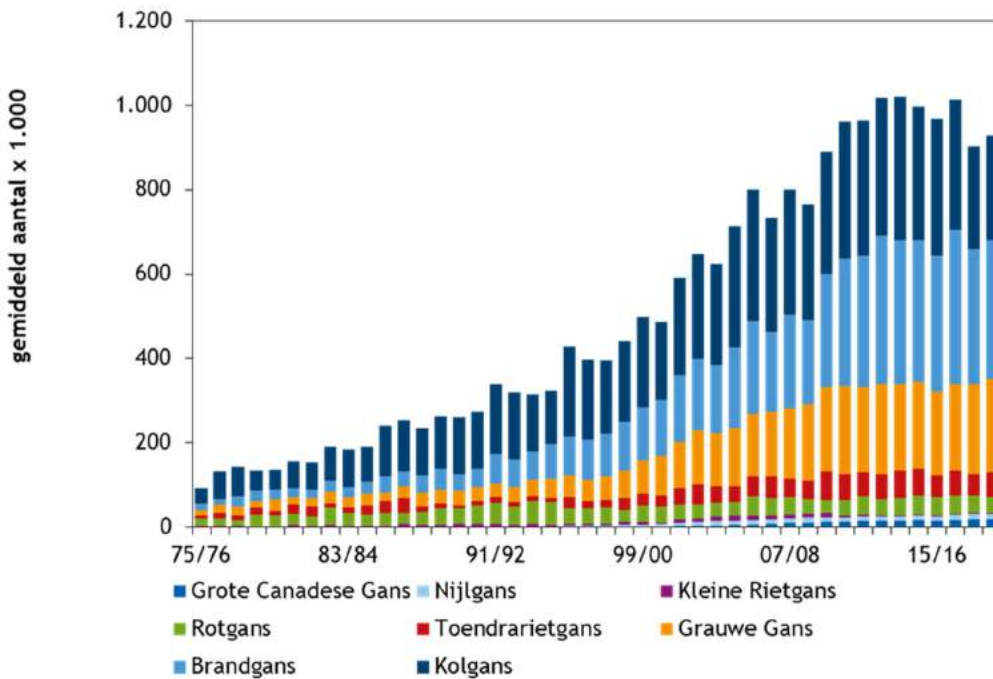
waterlichaam	referentie (ha)
NL94_4 Oude Maas	876 ha
NL94_3 Boven- en Beneden Merwede	100 ha
NL94_7 Hollandsche IJssel	20 ha
NL94_2 Dordtse Biesbosch	140 ha
NL94_5 Beneden-Maas	10 ha
NL94_6 Bergsche Maas	n.b.
NL94_10 Brabantse Biesbosch	400 ha
NL94_1 Haringvliet-Oost	436 ha



Figuur 5-27. Westoever van de Crezéepolder toont het lokale begrazingseffect van ganzen. De rechter helft is beschermd tegen vraat door ganzen middels een raster. Daar kan riet nog voorkomen. Op de linker helft buiten het raster (oranje zone) is de vegetatie volledig kortgevreten (foto's door B. de Jong, juli 2021).



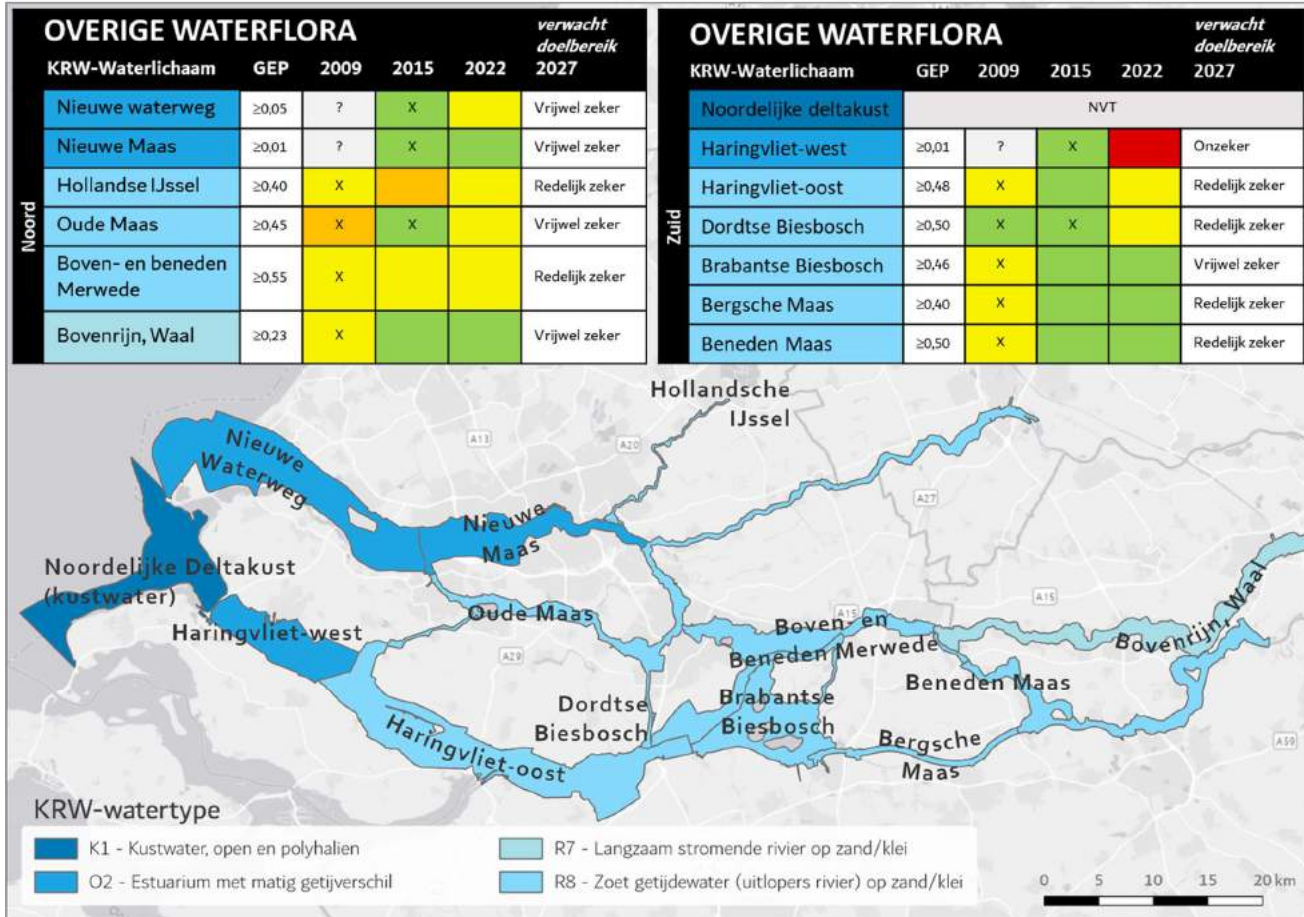
Figuur 5-28. Kade in de Crezéepolder die gebruikt wordt als slaapplek. Geheel kaalgevreten, platgetrapt en volgepoept (foto's door B. de Jong, februari, 2021).



Figuur 5-29 Ontwikkeling gemiddelde ganzenaantallen in het winterhalfjaar, weergegeven met de gemiddelde aantallen over alle tellingen (niet persé op hetzelfde moment aanwezig). Bron: Netwerk Ecologische Monitoring, Sovon/CBS. Via <https://sovon.nl/onderzoek/onderzoeksthemas/ganzen-en-faunaschade/aantallen-ganzen>.

Aanpassing GEP

De GEP voor kwaliteitselement overige waterflora is voor alle van toepassing zijnde KRW-waterlichamen binnen de BRM naar beneden bijgesteld (zie Figuur 5-30). Dit betekent dat in de huidige situatie de standaard GEP van 0,60 niet redelijkerwijs haalbaar wordt geacht. Redenen die hieraan ten grondslag kunnen liggen zijn de in deze paragraaf behandelde knelpunten voor overige waterflora.



Figuur 5-30. Toestandsoordelen van kwaliteitselement Overige waterflora in de KRW-waterlichamen in de zuidelijke en noordelijke helft van het BRM-gebied. Oordelen overgenomen uit de Factsheet KRW Oppervlaktewater Rijkswateren - Behorende bij Stroomgebiedbeheerplannen 2022-2027. Betekenis kleuren/symbolen Groen = 'goed', Geel = 'matig', Oranje = 'ontoereikend', Rood = 'slecht'. 'NVT' = Kwaliteitselement Overige waterflora is niet van toepassing voor dit KRW-watertype en wordt daarom niet beoordeeld. 'X' = toestandsoordeel niet afkomstig uit Aquo-kit (een applicatie voor de gestandaardiseerde verwerking van waterkwaliteit-monitoringgegevens).

5.4.1.4 Macrofauna

Algemeen

Het kwaliteitselement macrofauna wordt gebruikt voor de beoordeling van alle watertypen. Net als bij het kwaliteitselement overige waterflora verschilt de opbouw van de maatlatten per watertype. De methodiek is het meest complex van de vier kwaliteitselementen en het voert te ver om deze in detail te beschrijven. Voor de meeste watertypen komt het in hoofdlijn op het volgende neer: men maakt gebruik van kenmerkende, positief dominante en negatief dominante taxa. Negatief dominante soorten zijn soorten die bij dominant voorkomen een slechte ecologische toestand indiceren. Positief dominante soorten kunnen in de referentiesituatie dominant voorkomen. Kenmerkende soorten zijn soorten die in de referentiesituatie bij uitstek in het betrokken watertype voorkomen. Met behulp van soortenlijsten en formules kan zo de EKR berekend worden.

Voor zoet getijdenwateren (R8) is de methodiek om verschillende redenen aangepast:

- Er is onderscheid gemaakt tussen diepe (profundaal; meestal >2 m diep zonder waterplanten) en ondiepe monsters (litoraal; oeverzone die veelal met een handnet bemonsterd wordt). Ook is een onderscheid gemaakt tussen locaties in de hoofdstroom en in zijstromen (lagere stroomsnelheid en langere verblijftijd);
- Voor het profundaal zijn deelmaatlaten voor: zoetwaterkarakter, algemene verstoring en sedimentvervuiling die allemaal weer hun eigen aanpak kennen;
- Voor het litoraal zijn deelmaatlaten voor: zoetwaterkarakter en diversiteit.

In bijlage A zijn EKR-scores van deze deelmaatlaten weergegeven.

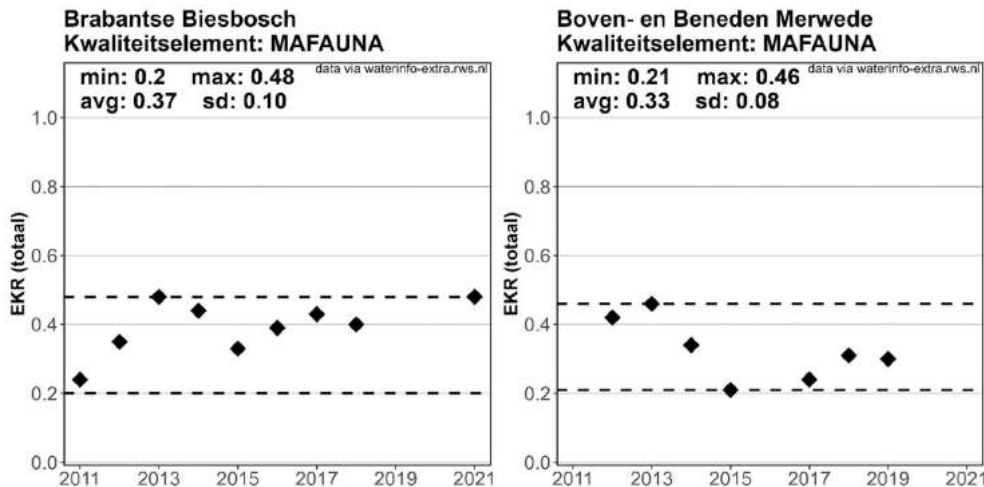
Voor de K en O wateren maakt men gebruik van een specifieke maatlat (BEQI2-maatlat) die weer opgebouwd is uit drie indexen. De bemonstering vindt plaats over verschillende ecotopen (gedefinieerd door zoutgehalte en hoogte in de oever). In bijlage A is één EKR-score weergegeven waarin die drie indexen dus al verwerkt zijn.

Huidige toestand

De scores van EKR-totaal voor macrofauna zijn eerder weergegeven in (Tabel 5-5). De Noordelijke Deltakust (KRW-type K1) scoort goed. Alle andere waterlichamen (O2 en R8) scoren ontoereikend met uitzondering van de Oude Maas en Brabantsche Biesbosch die beide matig scoren. Buiten die twee is er geen waterlichaam wat er echt uitspringt in positieve dan wel negatieve zin. Duidelijk is dat de toestand behoorlijk afwijkt van de referentietoestand.

Voor type K1 en O2 is alleen de totaal-EKR score beschikbaar (bijlage A). Van type R8 zijn ook deelmaatlatscores gegeven. Daar valt het volgende op:

- De EKR-score van de Noordelijke Deltakust (K1) is sinds 2012 bijna verdubbeld (van 0,44 naar 0,73) van matig tot goed.
- De Nieuwe Waterweg (O2) is sinds 2017 gezakt van 0,63 naar 0,38. Er is geen informatie voor 2017 beschikbaar. Of er sprake is van een trend is dus niet duidelijk, het geeft wel aan dat de score flink kan verschillen over de meetjaren. Voor Haringvliet-West (O2) zijn de resultaten daarentegen weer zeer stabiel, tussen 0,33 en 0,38 (2017 t/m 2021). Waarschijnlijk dat de verschillen in weerjaren (verschil in rivierafvoer) in de Nieuwe Waterweg minder uitgedempt worden en tot meer variatie leiden in de abiotische condities, met name het zoutgehalte.
- De waterlichamen van het R8-watertypen rondom de Merwede en Biesbosch vertonen een vergelijkbaar patroon met een piek rond 2013, een minimum in 2015 en vervolgens weer langzame toename naar 2021, soms nog met een afname rond 2018. Ter illustratie zijn de scores van de Brabantse Biesbosch en Boven- en Beneden Merwede opgenomen. Dit veronderstelt ook hier weer effecten van de variatie in rivierafvoer of weergemiddelden.
- In de R8-watertypen valt tenslotte nog op dat de lage scores vooral veroorzaakt zijn door de parameter 'diversiteit' gevolgd door 'sediment vervuiling' en 'verstoring'. De parameter 'zoetwater' scoort doorgaans vrij hoog wat erop duidt dat er weinig invloed is van zout water op de macrofaunagemeenschappen van de R8 types in de BRM. Op hoofdlijn betekent dit dat er een breed palet is aan knelpunten. Hieronder is dat verder uitgewerkt.



Figuur 5-31. Ter indicatie de EKR-totaalscores over de jaren van macrofauna voor de Brabantse Biesbosch en Boven- en Beneden Merwede. Zie ook bijlage A.

Wijnhoven & Hummel (2008) hebben voor de BRM (zonder de Noordrand) een historische analyse uitgevoerd naar macrofauna levensgemeenschappen voor de periode 1960-2006. Zij zien de volgende ontwikkelingen:

- Afsluiting Haringvliet met als gevolg een **afname van de getijslag** en het **verdwijnen van de zoet-zout overgang**. Dit is in eerdere hoofdstukken al uitvoerig beschreven. Voor de afsluiting was een gradiënt te zien in de gemeenschappen van de Voordelta tot Biesbosch van zout, via brak naar meer zoete gemeenschappen. Allemaal van een dynamisch milieu. Zoutinvloed was tot in de Biesbosch merkbaar in de gemeenschappen. De huidige gemeenschappen zijn nu, na afsluiting, in grofweg twee gemeenschappen te onderscheiden. Eén van het zoute vrij dynamische milieu met zoetwater invloeden in de Voordelta en één van het stagnerende zoetwatermilieu, ten oosten van de Haringvlietsluizen. De gemeenschappen de meer dynamische rivieren op, wijken iets af van de laatst genoemde gemeenschap maar zijn varianten hierop. De hedendaagse gemeenschappen zijn voor het gehele zoete gedeelte dus vergelijkbaar en bestaan door het ontbreken van specifieke niches (droogval, brak) uit meer **algemene soorten** die in grote delen van de wereld succesvol zijn, waaronder een groot aantal **exoten** (bijv. Chinese wolhandkrab, gevlekte Amerikaanse rivierkreeft, quagga mossel, etc.). Het aantal exoten neemt toe met de sterkste toename vanaf de 80-er jaren. Dit is een drukfactor voor de inheemse soorten (meer concurrentie en predatie). Dit is een verklaring waarom de parameter ‘diversiteit’ in de R8-types laag is (zie hierboven).
- Door het sluiten van de Haringvliet ontstond er een tijdelijke verstoring waardoor het aantal pioniers sterk toenam (r-strategen). Ondertussen is de toestand gestabiliseerd. Tegelijk nam de **waterkwaliteit van het door de rivieren aangevoerde water toe na een dieptepunt in de jaren 70** met als gevolg dat ook binnen de BRM de waterkwaliteit en het onderwatermilieu verbeterde. De **gehalten aan toxische stoffen in de bodem nemen bijvoorbeeld af** (het slib wat bezinkt is schoner, eerder behandeld in Hoofdstuk 3). Dit leidt in de metingen tot een **toename van het aantal soorten, dichtheden en diversiteit**. Wijnhoven & Hummel (2008) verwachten echter dat **met een volledige zoet-zout gradiënt de soortenrijkdom en -diversiteit veel hoger zou kunnen zijn**. Zij zijn dan ook positief over het Kierbesluit, mits er niet teveel wordt zoetgespoeld. Dat zou de successie steeds een stap terugzetten waardoor de macrofaunagemeenschappen niet goed tot ontwikkeling kunnen komen.

Ondanks dat de kwaliteit van macrofauna verbeterd is in de Zuidrand, blijft deze achter bij de natuurlijke referentie. Specifiek voor **Haringvliet-West speelt mee dat het aangewezen is als overgangswater (O2) terwijl de karakteristiek (nog) niet past bij een overgangswater**. De Kier is daarvoor te klein.

Wijnhoven & Hummel (2008) gaan niet in op de macrofauna in de Noordrand (Lek, Nieuw Maas, Scheur, Nieuwe Waterweg, Noordzee). Daar zou nog wel een zoet-zout verschil te zien moeten zijn in de levensgemeenschappen. Dit is echter door het **ontbreken van slikken en schorren met bijbehorende vegetatie** en door de scheepvaart, diepe wateren en versteende oevers een moeilijk milieu voor macrofauna. Dat is ook te zien in de EKR-scores. We wijzen erop dat de verschillende kwaliteitselementen met elkaar verbonden zijn. Een lage EKR-score van overige waterflora zal doorwerken in een lagere score van macrofauna. Vegetatie levert organische stof, is een vestigingsplaats en een schuilplek wat gunstig is voor macrofauna. Dit speelt in de hele BRM een rol.

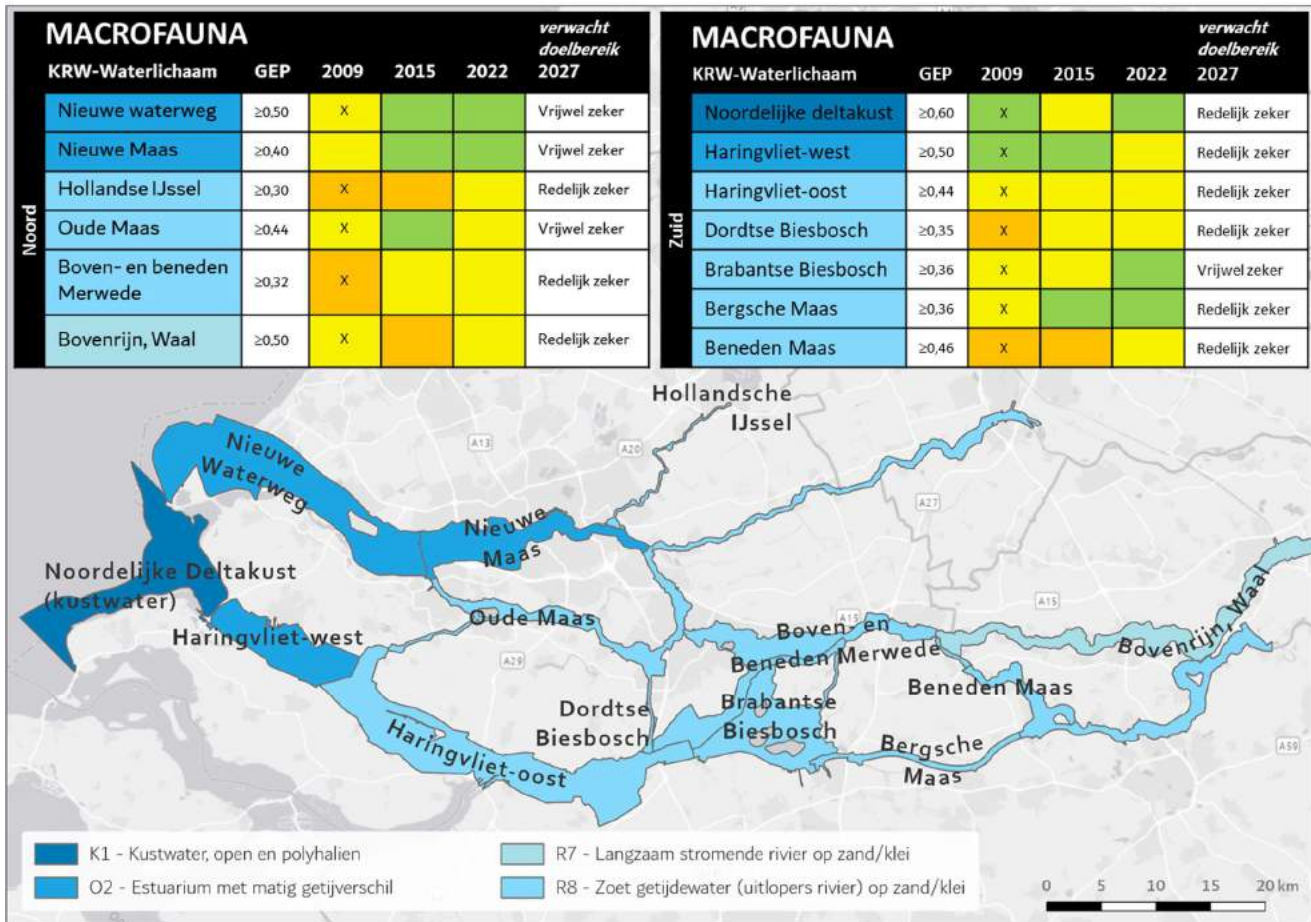
De rol van **hard substraat** is in paragraaf 5.2.4.2 al behandeld. Voor zoetwater is er geen rifgemeenschap die daarvan gebruik kan maken. De sterke toename van vooroevers, kademuren, stort- en zetsteen zijn nadelig voor macrofauna die meer baat hebben bij zacht substraat (zand, slib, klei). Een alternatief voor stenig substraat is dood hout. Dit is echter maar zeer beperkt in de BRM aanwezig, o.a. als gevolg van potentiële knelpunten rondom beheer en waterveiligheid. In de trajecten van de Noordrand waar wel brak- en zoutwaterriffen voor kunnen komen, zijn kansen voor de ontwikkeling van rijke dijk principes, mosseltouwen, etc. (zie ook de algemene introductie van estuariene natuur onderdeel 'Macrofauna').

Verder speelt de **scheepvaart** in de hele BRM een rol. Op plaatsen met veel scheepvaart kan dit een grote nadelige invloed op de soortenrijkdom en dichtheid van macrofauna. Door de continue omwoeling van het bodemsediment ontbreekt voor een aantal macrofaunasoorten namelijk stabiel substraat (zoals waterplanten). Bovendien zorgt de golfslag voor het wegspoelen van macrofauna en slib (incl. organische stof) (Gabel et al., 2017). Alleen soorten die ingegraven in de bodem leven of goed verankerd zijn (driehoeks- of quaggamosselen), hebben hier minder problemen mee. Recentelijk zijn er ook steeds meer aanwijzingen dat het onderwatergeluid dat geproduceerd wordt door scheepvaart een negatieve invloed heeft op bepaalde soorten macrofauna (Carter et al., 2020).

Een positief punt is dat **zuurstofloosheid geen knelpunt** lijkt te zijn. Uit metingen in het BRM-gebied is gebleken dat zuurstofloosheid zich alleen incidenteel voordoet in de diepe delen van het Haringvliet (Reeze et al., 2020). De diepte waarop dit voorkomt varieert globaal tussen de 15 en 35 m. Zuurstofloosheid ontstaat met name bij lage rivier afvoeren waarbij er niet gespuid kan worden (< 1.100 m³/s). Bij hogere rivier afvoeren was er voldoende zuurstof op 35m diepte. Het verwachte ecologische effect van zuurstofloosheid is klein omdat de diepe delen waarschijnlijk weinig organismen bevatten en het totale oppervlak ervan relatief klein is: in het Haringvliet-west is circa 4% van het oppervlak dieper dan 15 m.

Aanpassing GEP

De GEP voor kwaliteitselement macrofauna is voor alle KRW-waterlichamen, met uitzondering voor de Noordelijke Deltakust, naar beneden bijgesteld (zie Figuur 5-32). Dit betekent dat in de huidige situatie het behalen van de standaard GEP van 0,60 niet redelijkerwijs haalbaar wordt geacht, met uitzondering van voor de Noordelijke Deltakust. Redenen die hieraan ten grondslag kunnen liggen zijn de in deze paragraaf behandelde autonome knelpunten voor macrofauna.



Figuur 5-32 Toestandsoordelen van kwaliteitselement Macrofauna in de KRW-waterlichamen in de zuidelijke en noordelijke helft van het BRM-gebied. Oordelen overgenomen uit de Factsheet KRW Oppervlaktewater Rijkwateren - Behorende bij Stroomgebiedbeheerplannen 2022-2027. Betekenis kleuren/symbolen Groen = 'goed', Geel = 'matig', Oranje = 'ontoereikend', Rood = 'slecht'. 'X' = toestandsoordeel niet afkomstig uit Aquo-kit (een applicatie voor de gestandaardiseerde verwerking van waterkwaliteit-monitoringegevens).

5.4.1.5 Vissen

Algemeen

Het kwaliteitselement vissen wordt met uitzondering van de Noordelijke Deltakust (K1) gebruikt voor de beoordeling van alle watertypen. Net als bij het kwaliteitselement overige waterflora verschilt de opbouw van de maatlatten per watertype. Voor beide watertypen kijkt men naar zogenaamde visgildes. Dat zijn groepen van vissoorten die soortgelijke eisen hebben qua leefgebied en levenswijze. Dit is in dit Hoofdstuk in de algemene introductie van estuariene natuur onderdeel 'Vissen' al in meer detail beschreven. Naast de genoemde gilden in Tabel 5-11 zijn er ook nog de algemene soorten, de eurytopen. Deze zijn zo algemeen voorkomend dat ze geen waarde hebben voor de kwaliteitsbeoordeling.

Voor type R8 wordt gekeken naar:

- **Soortensamenstelling:** aantal rheofiele, diadrome en limnofiele soorten. In het optimale geval komen respectievelijk meer dan 16, 11 en 5 soorten voor die tot die gildes behoren.
- **Abundantie:** relatieve abundantie van de soorten in de gilden rheofiele en limnofiele soorten als aantalspercentages. De referentie is respectievelijk >35% en >15%. Stromingsminnende vis en plantminnende vis maken in de referentietoestand dus >50% uit van totale visgemeenschap.

Veel rheofiele soorten (= stromingsminnende soorten) dus en minder limnofiele soorten (= plantminnende soorten). Het aandeel limnofiele soorten is in verhouding tot meer stagnante wateren lager omdat waterplanten er ook minder begroeibaar areaal hebben of voor kunnen komen als gevolg van de hogere dynamiek (stroming, golfslag) en waterdoorzicht (meer troebel water).

Voor type O2 kijkt men naar de gildes. Deze gildes komen veelal in vaste, relatieve verhoudingen in het estuarium voor, maar de visfauna kent wel een sterke seizoensgebondenheid en dynamiek, zowel in soortensamenstelling als in abundantie. Men kijkt naar:

- Soortensamenstelling: aantal soorten in de vijf gildes waarbij de volgende aantallen als referentie gelden:
 - o diadroom (CA): 12
 - o estuarien resident (ER): 14
 - o marien juveniel (MJ): 11
 - o seizoensgast (MS): 7
 - o zoetwater (FW): 11

Hoe minder soorten van een gilde, hoe lager de score.

- Abundantie: voor KRW-type O2b kijkt men naar de abundantie van enkele kenmerkende soorten per gilde (in aantal per ha), namelijk:
 - o spiering (CA): 54 – 148
 - o fint (CA): 14 - 37
 - o schol (MJ): 95 – 259
 - o wijting (MJ): 217 – 591
 - o slakdolf (ER): 27 – 70
 - o bot (ER): 217 – 591
 - o pos (FW): 82 – 222

Voor dit KRW-type (O2b) is de verwachting dat de Nieuwe Waterweg het meest overeenkomt met een overgangswater zoals dat behoort te functioneren. Daarom is besloten om Nieuwe Waterweg als ijkpunt te nemen voor de referentiesituatie. Echter, het waterlichaam kent morfologische en hydrologische beperkingen waardoor vishabitats ontbreken. Er is daarom verondersteld dat de gemiddelde vangstdichtheid (n/ha, in de jaren 2012-2013) in Nieuwe Waterweg overeenkomt met de grens tussen matig en goed (EKR=0.6 op de index voor een natuurlijk overgangswater). Voor pos, die niet is aangetroffen in de Nieuwe Waterweg, maar wel in het Haringvliet, gaat men uit van de pos-dichtheden in het Haringvliet (gecorrigeerd voor de lagere zoutgehaltes).

Tabel 5-11. Vissoorten en de gildes waartoe ze gerekend worden in watertype R8 en O2 (Altenburg et al., 2018)

soort	R8	O2
Aal/Paling	D	CA
Alver	R	
Ansjovis		MS
Baars		FW
Barbeel	R	
Bittervoorn	L	
Blankvoorn		FW
Bot	D	ER
Botervis		ER
Brakwatergrondel		ER
Brasem		FW
Dikkopje		ER
Driedoornige stekelbaars	D	CA
Dunlipharder		CA
Elft	DR	CA
Fint	D	CA
Glasgrondel		ER
Griet		MJ
Grote modderkruiper	L	
Grote zeenaald		ER
Haring		MJ
Harnasmannetje		ER
Houting	DR	CA
Kabeljauw		MJ
Kleine modderkruiper	R	
Kleine zeenaald		ER
Kolblei		FW
Kopvoorn	R	
Kroeskarper	L	
Kwabaal	R	FW
Pijlstaartrog		MS
Pos		FW
Puitaal		ER
Rietvoorn/Ruisvoorn	L	FW

soort	R8	O2
Rivierdonderpad	R	
Riviergrondel	R	
Rivierprik	DR	CA
Rode poot		MJ
Schar		MJ
Schol		MJ
Serpeling	R	
Siberische gladbuiksteur	R	
Slakdolf		ER
Sneep	R	
Snoek		FW
Snoekbaars		FW
Snotolf		MS
Spiering	D	CA
Sprot		MS
Steenbolk		MJ
Steur	DR	CA
Tarbot		MJ
Tienddoornige stekelbaars		FW
Tong		MJ
Trompetterzeenaald		ER
Vetje	L	
Vijfdradige meun		MS
Wijting		MJ
Winde	R	FW
Zalm	DR	CA
Zandspiering		ER
Zeebaars		MJ
Zeedonderpad		ER
Zeeforel		CA
Zeelt	L	
Zeeprik	DR	CA
Zeestekelbaars		ER

Type R8 afkortingen:

- D = Diadroom (trekvis)
- R = Rheofiel (stromingsminnend)
- L = Limnofiel (plantminnend)

Type O2 afkortingen:

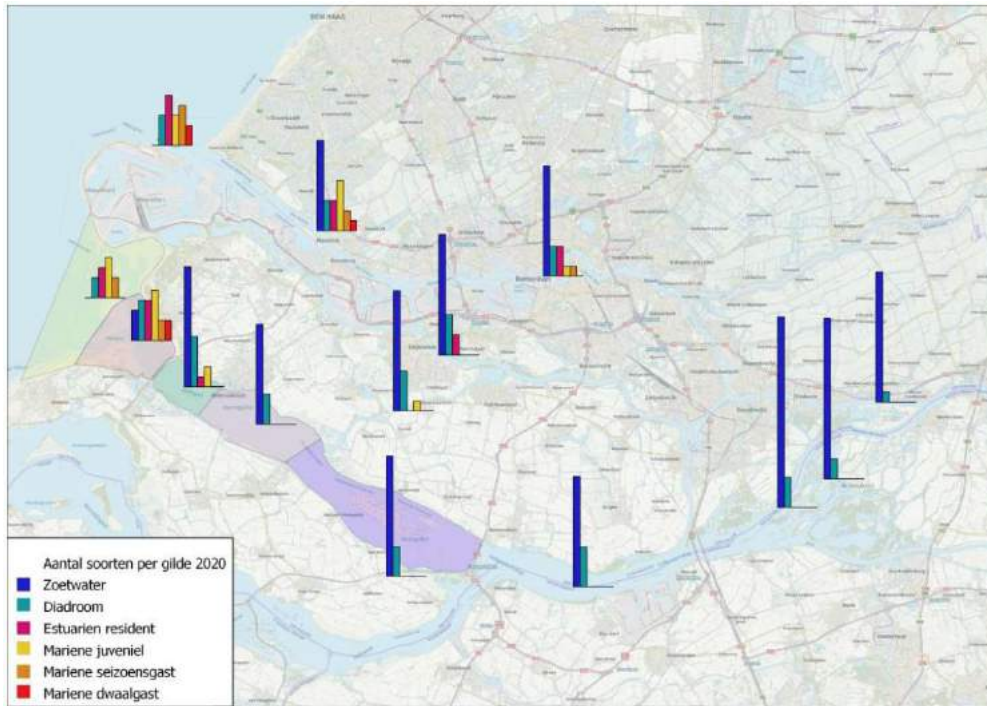
- CA = Diadroom
- MS = Marien seizoensgast
- MJ = Marien juveniel
- FW = Zoetwatersoorten
- ER = Estuarien resident

Huidige toestand

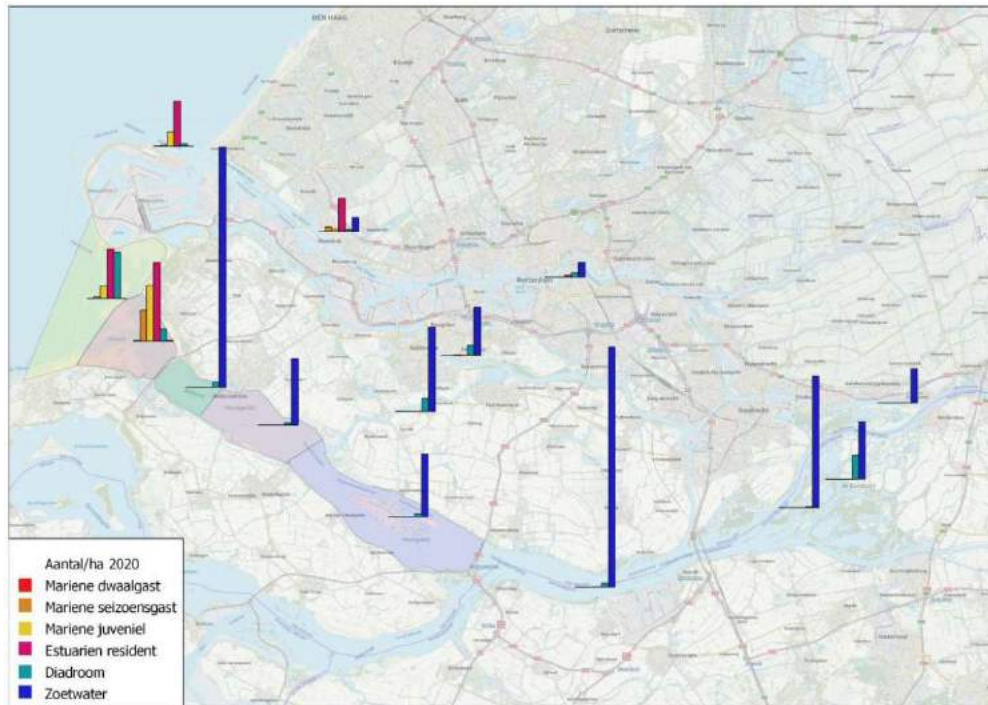
De scores van EKR-totaal voor vis zijn eerder weergegeven in Tabel 5-5. Voor de O2-typen is de EKR-score voor het meest recente meetjaar ontoereikend tot matig. Voor de R8-typen slecht tot ontoereikend, **het slechtst scorende kwaliteitselement voor dit watertype wat voor zo'n belangrijke soortgroep tekenend is voor de waterkwaliteit van de BRM**. In bijlage A staan de deelmatlatscores en EKR-scores over meerdere jaren (2011-2021). De deelmaatlaten zijn hieronder besproken. Wat trends betreft zijn die, op het oog, niet duidelijk aanwezig. De waarden fluctueren binnen een bandbreedte van 0,0-0,2, een vrij stabiele (slechte) situatie dus.

Er is een groot verschil in EKR-score tussen Nieuwe Waterweg en Haringvliet-West, beide van het type O2b. In Haringvliet-West scoort zowel de abundantie als soortdiversiteit laag. In de Nieuwe Waterweg is ook de abundantie laag, maar de diversiteit scoort met een 0,7 nog klasse goed. De reden is hierboven eigenlijk al genoemd. In de Nieuwe Waterweg zijn nog wel de soorten aanwezig die passen bij een zoet-zout overgang, maar ontbreken vishabitats door de onevenwichtige verdeling en het ontbreken van fysiotopen en ecotopen. In Haringvliet-West ontbreken de ecotopen én de zoet-zout overgang. Dat is waarschijnlijk terug te zien in de scores voor mariene soorten en de estuarien residente soorten. De score voor diadrome soorten en zoetwatersoorten is in beide wateren vergelijkbaar, klasse goed. Een aantal van de 12 diadrome soorten uit de lijst (Tabel 5-11) is dus niet aangetroffen.

Dit patroon zie je duidelijk terug in overzichtsfiguren uit onderzoek van Kooiman et al., (2022) (Figuur 5-33, Figuur 5-34). Hierin zien we naar voren komen dat, met uitzondering van het kustwater en de Nieuwe Waterweg, de visgemeenschap gedomineerd wordt door zoetwatersoorten. In de Nieuwe Waterweg en Nieuwe en Oude Maas zie je dat de estuariene en mariene soorten (juveniel, seizoensgast en dwaalgast) nog aanwezig zijn, maar dat de dichtheid erg laag is.



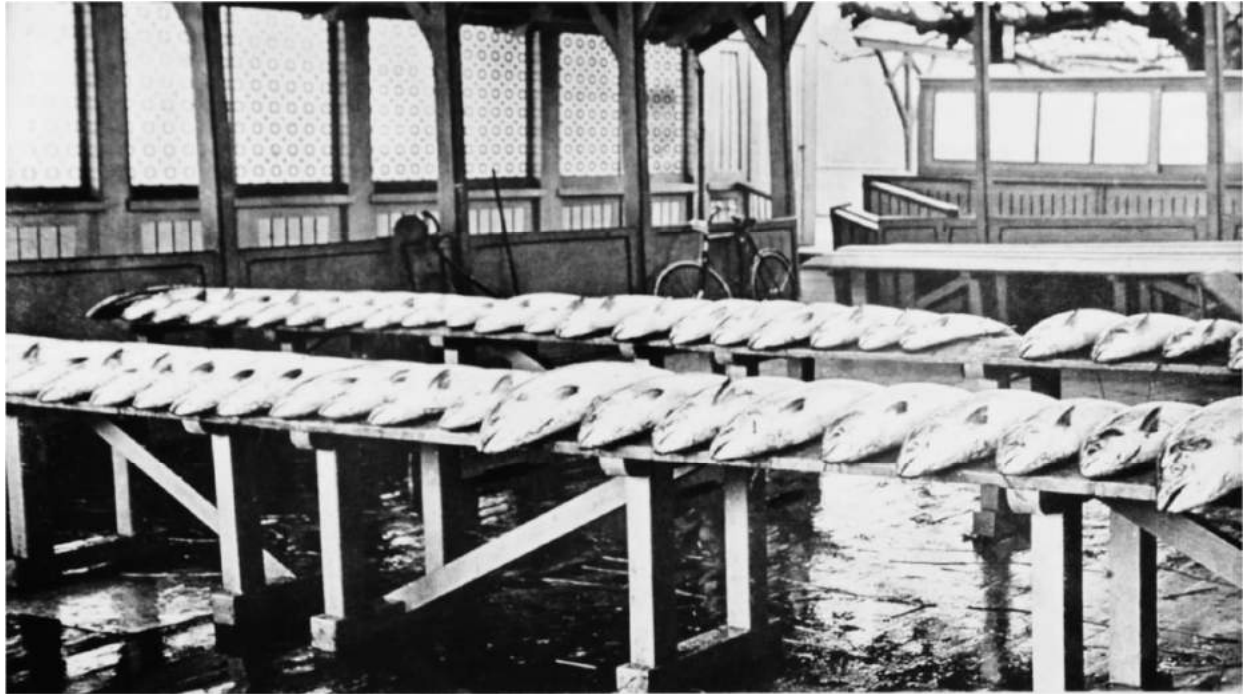
Figuur 5-33 Aantal soorten (n) per visgilde per deelgebied (max grootte balk = 19). Figuur uit Kooiman et al., (2022).



Figuur 5-34 Dichtheid (n/ha) per gilde per deelgebied (max grootte balk = 18.325,8). Figuur uit Kooiman et al., (2022).

Het is algemeen bekend dat er onder de diadrome vissen een aantal soorten vrijwel is uitgestorven (steur, elft) of zeer zeldzaam is (o.a. zeeprick, fint, zalm, forel). De oorzaak daarvan ligt niet uitsluitend in de BRM, **maar is een knelpunten op stroomgebiedsniveau**. Allerlei oorzaken zoals afname habitatdiversiteit, watervervuiling (eutrofiëring en toxische stoffen, behandeld in Hoofdstuk 3), vele vismigratieknelpunten, waterkrachtcentrales, overbevissing, het verdwijnen van bovenstrooms gelegen paaigebieden en overstromingsvlaktes, scheepvaart, oeververdediging, etc. hebben hieraan bijgedragen. Elke soort heeft hierin haar eigen verhaal. Het gaat te ver om dat hier uit te werken, we verwijzen door naar literatuur (de Groot, 1990, 1991, 1992; Klinge et al., 1998; Van Rijssel et al., 2019; van Rijssel & Winter, 2022).

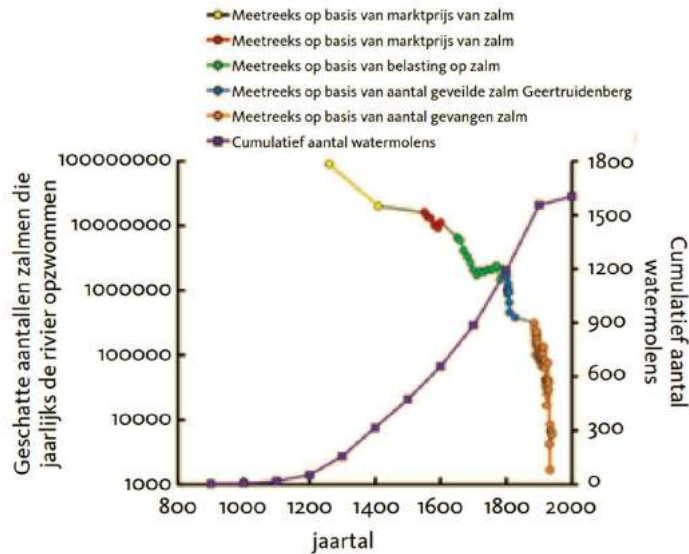
Vermeldenswaardig is de riviervisserij die in de BRM voor verschillende rivierdorpen een belangrijke bron van inkomsten was. Men ving zalm, steur, elft en fint. Daarnaast ook houting, harder, zeeprick, rivierprick, aal en witvis (een verzamelnaam voor karperachtigen). Tot voor het uitbreken van de Tweede Wereldoorlog werd er nog intensief op trekvis gevist (Figuur 5-35). In de BRM hebben zo'n 15 zalmvisserijen gelegen (Figuur 5-36) waar op een efficiënte wijze op zalm, maar ook op andere soorten, gevist werd. Men trok met een bootje een zegen de rivier op en haalde deze met lieren vanaf de oever weer binnen Lenders & Verbeek (2018) hebben echter aangetoond dat **de hoeveelheid zalm op onze rivieren al veel eerder, vanaf de middeleeuwen, flink aan het afnemen was**. Zij legden een relatie tussen het aantal watermolens in Europa: zalm verdwijnt op plekken waar op grote schaal watermolens zijn gebouwd (Figuur 5-37). Het negatieve effect van watermolens is meerledig. Allereerst vormen ze barrières voor de zalmtek. Bovendien vormden watermolens een bron van vervuiling en werd er bij de molens intensief op zalm gevist.



Figuur 5-35 Vroeger werden nog grote aantallen zalm gevangen in de BRM. Deze foto is genomen in 1916 op Zalmmarkt te Kralingsche Veer (Rotterdam) (Quak, 2016).



Figuur 5-36. Zalmvisserijen op de benedenrivieren en de BRM. Locaties op basis van vermelding op oude topografische kaarten (19^e en 20^e eeuw), maar zie ook (Quak, 2010). De meeste zalmvisserijen waren voor de Tweede Wereldoorlog gesloten.



Figuur 5-37. Achteruitgang van de zalm in NW-Europa door de eeuwen heen (linker Y-as in log schaal) en toename van het aantal watermolens in het Rijn-Maas-stroomgebied (rechter Y-as) (Lenders & Verbeek, 2018).

De R8-typen scoren opvallend slechter dan de O2-typen. Veel lager kunnen de scores niet. Daarbij scoort de abundantie bij de meeste wateren slechter dan de diversiteit. De Brabantse Biesbosch scoort het best van alle R8-typen, met een EKR-totaal die fluctueert rond de 0,4 (score matig). Opvallend is dat de soortdiversiteit voor wat betreft diadrome vis zoveel lager scoort dan in de O2-typen, terwijl de wateren toch aan elkaar grenzen. De EKR-score is 0,1, met uitschieter naar 0,3 in Oude Maas en Bovenrijn, Waal (R7). Bekend is dat de soortdichtheid van trekvis in bovenstroomse richting snel afneemt. Ze zijn nog wel aanwezig, maar de vangkans wordt kleiner. Het waterareaal waar ze zich over verdelen is groter en soorten zullen ook de polders intrekken, waar mogelijk. Echter zo'n abrupte afname tussen twee waterlichamen die tegen elkaar aan liggen is opvallend.

In de afgelopen decennia zijn er verschillende visbemonstering uitgevoerd. Het volgende beeld komt naar voren uit verschillende studies (Kooiman et al., 2022; Kruitwagen & van Deelen, 2019; Rijkswaterstaat, 2003; Vrooman et al., 2021). De vispopulatie in de BRM is moeilijk te beoordelen omdat ze dynamisch is over tijd en plaats, afhankelijk van het weer, het seizoen, de rivierafvoer, zoutgehaltes, leeftijd van de vis, migratieperiode, etc. Daarnaast heeft het gebruik van de typen vangstmiddelen effect op de soorten en groottes die gevangen worden. Dit kan op de EKR-score zelfs 0,1 punt schelen. Het is belangrijk om verschillende ecotopen mee te nemen en dus met verschillende methodes te bemonsteren. In het project Een zegen in de Delta (Kooiman et al., 2022) wordt specifiek aandacht besteed aan de ondiepe zones en het gebruik daarvan door jonge vis. Dit is een waardevolle aanvulling op de standaardbemonstering voor de KRW die meer in de vaargeul of structuurrijke oevers plaatsvindt.

De genoemde onderzoeken zijn door de vangstmethodes en verschillen in vangstlocaties lastig met elkaar te vergelijken, maar toch zijn er een aantal algemene conclusies uit te trekken:

- In de huidige situatie komen in het noordelijke deel van de BRM (nieuwe waterweg e.d.) zowel mariene en estuariene als zoetwater soorten voor. In het zuidelijke deel van de BRM komen alleen in het meest westelijke deel van Haringvliet-West vissoorten voor die kenmerkend zijn voor estuariene habitats. Voor de rest bestaat het visbestand uit zoetwatersoorten en een kleine fractie diadrome soorten (met name paling, bot en driedoornige stekelbaars).
- Er komen nog relatief veel soorten voor, maar de **soortensamenstelling past niet bij type-R8**.

- Er komen ten opzichte van de referentiesituatie **veel algemene zoetwatersoorten** voor (eurytopen: brasem, blankvoorn, baars, snoekbaars). In de referentie behoort het aandeel < 50% te zijn, maar ze is nu eerder 80-90% (Figuur 5-33 en Figuur 5-34). Het aandeel rheofiele en limnofiele soorten is dus teruggelopen.
- Het aantal **exoten** neemt toe, zoals de zwartbekgrondel, marmergrondel, Kessler grondel (van Rijssel et al., 2020).
- Een zeer uitgebreid onderzoek is dat van ATKB wat samen met beroepsvissers is uitgevoerd (Vrooman et al., 2021) waar men alle riviertrajecten bemonsterd heeft met een zegen (ondiepten/zijwateren) en stortkuil (hoofdwater). De soortensamenstelling verschilt per waterlichaam, maar in totaal werden 34 vissoorten gevangen. De meest gevangen soorten waren brasem (soms tot wel 70% van het geschatte visbestand), blankvoorn, snoekbaars, snoek, karper, winde, kolblei, roofblei, graskaper, alver en sneep, waarbij de eerste drie doorgaans het grootste deel van de vangst uitmaakten. Ook de Rode Lijstsoorten alver, sneep, Noordzeehouting, Europese meerval, rivierprik en spiering werden gevangen. In de jaarlijkse visstandbemonstering van Rijkswaterstaat behoren bot, pos en aal vaak ook tot de meest gevangen soorten (van Rijssel et al., 2020). Dit is illustratief van wat hierboven al genoemd is, dat het een dynamische soortgroep is en dat de vangstmethodes er toe doen. Opvallend is dat de eindconclusie van dit onderzoek is dat de visstand gezond is met een gevarieerde lengtestructuur. Blijkbaar had men daarbij niet de KRW-referentie op het oog, maar eerder de sport- en beroepsvissers.
- Ook de havenbekkens zijn bemonsterd. Zowel uit bemonstering als uit verhalen van vissers is het vermoeden dat de **havens voor jonge vis en overwinterende scholen een belangrijke rol spelen** (Kruitwagen & van Deelen, 2019; Vrooman et al., 2021)
- De rol van **beroeps- en sportvisserij** is onderzocht door Vrooman et al. (2021). Door het ontbreken van gegevens over visserijinspanning en vangstgegevens was het toen niet mogelijk daar een uitspraak over te doen. Vergelijking van monitoringsgegevens over meerdere jaren leverde ook onvoldoende aanwijzingen.

Effect van **scheepvaart**. Vissen in wateren die in permanent contact staan met de hoofdstroom van de rivier ondervinden sterk negatieve invloed van golfslag door scheepvaart (Collas et al., 2018; Zajicek & Wolter, 2019). Boeg- en schroefgolven zorgen voor een sterke verstoring van de ondiepe zone, een belangrijk foerageergebied voor veel vissen. Golfslag heeft effect op zowel de bodemstructuur als op de waterlaag (Gabel et al., 2017). Passerende schepen hebben vaak een zuigende werking waardoor ondiepe zones plotseling droog kunnen vallen. De onvoorspelbare dynamiek door golfslag van scheepvaart is zelfs negatief voor stromingsminnende vissen. De soorten zijn juist gebaat bij continue stroming en de afwezigheid van plotseling variaties in stroomsnelheid en/of waterstanden. Indien schepen zeer dicht langs de oever of boven de bodem varen kan de scheepsschroef vissen (bijvoorbeeld paaiende rivierprikken) fysiek beschadigen of doden. Berucht in dit kader is de 'knakaal' (aangespoelde dode paling met ernstige beschadigingen van schroeven). Ten slotte kan ook het onderwatergeluid van schepen mogelijk een negatief effect hebben op vissen (Duarte et al., 2021; Kusu, 2020). Het effect van de scheepvaart op de totale visstand is voor zover bekend nooit berekend, maar dat moet erg groot zijn. Zonder scheepvaart hadden we geen diepe vaargeulen en minder vooroevers of steenbestorting.

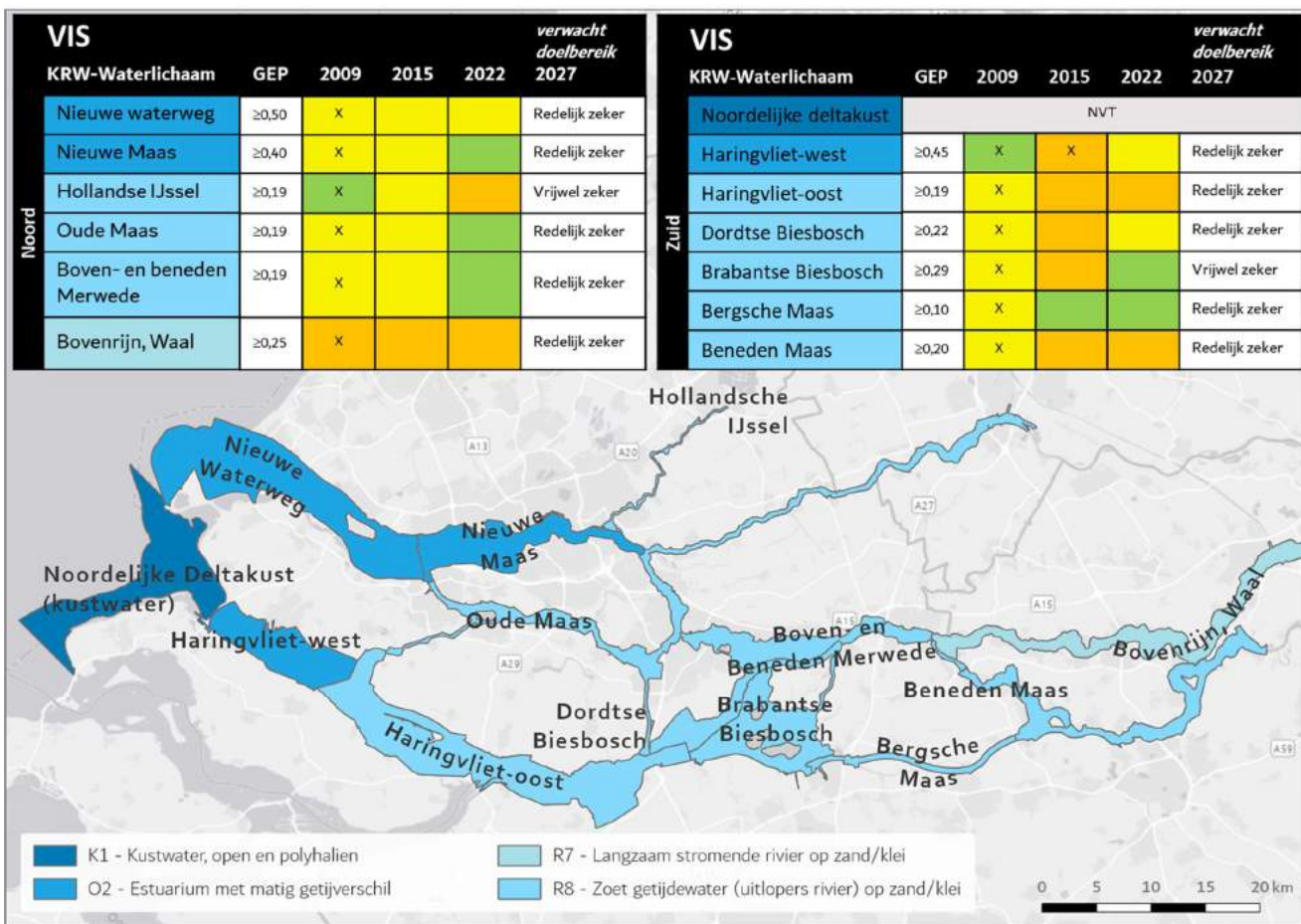
Effect van **uitspoeling vis haringvlietsluizen**. Tijdens het spuien worden er vissen uitgespoeld naar de Voordelta. Bij hogere rivierafvoeren wordt er meer uitgespoeld. Het gaat om zowel zoetwatervissen als een deel van de ingelaten vissen vanuit de Voordelta zoals haring en sprot. Uit onderzoek is gebleken dat een deel van de zoetwatervissen via 'de kier' weer terugkeert naar het Haringvliet. Van de gezenderde snoekbaarzen in 2021 ging het om ruim 60%. Er zijn indicaties dat er ook minder uitspoeling is sinds het 'kieren', maar vanwege het ontbreken van een duidelijke nulsituatie kan dit niet worden aangetoond. Ondanks deze positieve effecten van het 'kieren' is er nog steeds sprake van een netto verlies van biomassa uit het Haringvliet. Onderzoek spreekt van schattingen van **1000-2000 kg per dag en bij maximale openingen circa 10 000kg**. Hoewel er vraagtekens te plaatsen zijn bij de aannames waarmee deze extrapolaties tot stand zijn gekomen, is het duidelijk dat er een constant en aanzienlijk verlies van biomassa uit het Haringvliet optreedt.

Het effect van de Haringvlietdam is zichtbaar in een hogere EKR-score van Haringvliet-West ten opzichte van de bovenstrooms gelegen wateren en een toename van het aantal mariene soorten sinds 2019 (Kooiman et al., 2022; van Rijssel et al., 2020). De mariene en estuariene soorten dragen bij aan de hogere score. Het effect van de Kier is tot nu toe vooral merkbaar in de directe omgeving van de dam, maar nog niet verder stroomopwaarts in het Haringvliet. De zouttong blijft hangen in de diepe delen van het Haringvliet en op de getijslag heeft het een verwaarloosbaar effect. De Kier is nog niet volledig ingeregeld. In een proces van learning by doing moet de kennis over de relatie tussen kier en zoutindringing steeds duidelijker worden. Monitoring moet uitwijzen wat de effecten zijn op de visstand (zie voor meer informatie Winter et al. (2020).

Ten slotte is er nog relatief weinig bekend over het gebruik door vis van de verschillende biotopen binnen de BRM. De visfauna kent een sterke seizoen gebondenheid en dynamiek, zowel in soortensamenstelling als in abundantie en ruimtelijke verspreiding (zowel longitudinaal als in de diepte i.v.m. zoutgradiënt en dynamiek). Dit maakt vismonitoring en het opdoen van kennis lastig. O.a. het gerichte monitoring in het kader van het project ‘Een zegen in de Delta’ door Ravon en anderen en monitoring door het Havenbedrijf Rotterdam (Kooiman et al., 2022; Kruitwagen & van Deelen, 2019) moet hier meer zicht op geven.

Aanpassing GEP

De GEP voor kwaliteitselement vis is voor alle van toepassing zijnde KRW-waterlichamen binnen de BRM naar beneden bijgesteld (Figuur 5-38). Dit betekent dat in de huidige situatie het behalen van de standaard GEP van 0,60 niet redelijkerwijs haalbaar wordt geacht. Redenen die hieraan ten grondslag kunnen liggen zijn de in deze paragraaf behandelde autonome knelpunten voor vis.



Figuur 5-38 Toestandsoordelen van kwaliteitselement Vis in de KRW-waterlichamen in de zuidelijke en noordelijke helft van het BRM-gebied. Oordelen overgenomen uit de Factsheet KRW Oppervlaktewater Rijkswateren - Behorende bij Stroomgebiedbeheerplannen 2022-2027. Betekenis kleuren/symbolen Groen = ‘goed’, Geel = ‘matig’, Oranje = ‘ontoereikend’, Rood = ‘slecht’. ‘NVT’ = Kwaliteitselement fytoplankton is niet van toepassing voor dit KRW-watertype en wordt daarom niet beoordeeld. ‘X’ = toestandsoordeel niet afkomstig uit Aquo-kit (een applicatie voor de gestandaardiseerde verwerking van waterkwaliteit-monitoringegevens).

5.4.2 Natura 2000

5.4.2.1 Introductie en methode

Waarom Natura 2000-gebied voor deze analyse?

Natura 2000-gebieden zijn te vinden door de hele Europese Unie. Voor ieder land betreft het de top natuurgebieden met bijzondere natuurwaarden. Om te waarborgen dat de biodiversiteit behouden blijft zijn die natuurwaarden beschermd aan de hand van (behoud- en/of verbeter) doelstellingen. Deze doelstellingen gelden voor specifieke plant- en diersoorten en habitattypen waarvoor het gebied een belangrijke functie vervult. Om precies te zijn gaat het om habitattypen⁶, habitatrictlijnsoorten⁷, broedvogels⁸ en/of niet-broedvogels⁹.

Het zijn doorgaans enigszins kritische soorten en habitats die specifieke leefomstandigheden vereisen om in goede kwaliteit en/of aantallen voor te komen. Denk aan de aanwezigheid van specifieke (abiotische) omstandigheden en voldoende kwalitatief groei-, foerageer- en voortplantingsgebied en/of rustgelegenheid. De soorten en habitattypen waarvoor doelstellingen gelden staan dus symbool voor de benodigde kritische leefomstandigheden, zogenaamde symboolsoorten of sleutelsoorten. Hierbij dient wel opgelet te worden dat de Natura 2000 doelstellingen voor oppervlakte en aantal niet altijd overeenkomen met wat zou voorkomen in een natuurlijke situatie. Deze doelen zijn aangepast aan de situatie van het Natura 2000 gebied ten tijde van aanwijzen. In deze analyse ligt de focus daarom op de knelpunten, drukfactoren en trends waar sprake van is. De toestand van een doelstelling is vervolgens gebaseerd op het totaal verkregen beeld, niet zo zeer op of het doel wel of niet behaald wordt.

Tal van andere soorten die niet zijn aangewezen in het Natura 2000-gebied profiteren ook mee wanneer de (leef)omstandigheden van kritische soorten en biotopen waarvoor doelstellingen gelden op orde zijn. Daarnaast beperkt de verspreiding van soorten en de bijbehorende leefomstandigheden zich veelal niet tot de begrenzingen van Natura 2000-gebieden. Dit maakt dat de doelen niet zonder meer behaald worden door enkel te focussen tot aan de grenzen van het Natura 2000-gebied. Zo is het leefgebied van veel soorten vaak een stuk groter dan enkel de grenzen van het Natura 2000-gebied waarvoor dat doel geldt. Denk aan (trek)vissen en (trek)vogels. Externe drukfactoren (buiten het Natura 2000-gebied) spelen dus ook een grote rol en staan niet los van de Natura 2000-oordelen over soorten. Externe drukfactoren zijn daarmee ook onderdeel van deze analyse aan de hand van Natura 2000-gebieden.

Ten slotte speelt het belangrijke feit mee dat Natura 2000-gebieden relatief frequent en goed gemonitord worden.

Kortom; de toestand van de soorten en biotopen van Natura 2000-gebieden in en rond de BRM vormen een goede graadmeter voor deze systeemanalyse. Samen met KRW-gebieden zijn dit de gebieden waar voldoende data van beschikbaar is om de huidige toestand en trends van het BRM-gebied mee te bepalen.

Welke Natura 2000-gebieden gaat het om?

Binnen en op de grenzen van het BRM-gebied liggen diverse Natura 2000-gebieden (Figuur 5-39). Voor de analyse wordt de toestand van aangewezen soorten en habitats in 14 Natura 2000-gebieden geraadpleegd. Het gaat om gebieden die logischerwijs bij het BRM-gebied horen, zoals Voordelta, Haringvliet en Biesbosch. Ook zijn diverse gebieden betrokken die op en rond de westelijke grens van het BRM-gebied, zoals Donkse Laagten, Uiterwaarden Lek en Zouweboezem. Deze gebieden zijn ook meegenomen in de analyse aangezien deze een beeld geven van de beschermde soorten en biotopen in polder- en uiterwaardenlandschap. Dergelijke landschapstypen zijn ook aanwezig binnen het BRM-gebied, maar zijn hier minder vertegenwoordigd binnen Natura 2000-gebieden. Gebieden ten zuiden van het BRM-gebied, zoals Krammer-Volkerak en Grevelingen, zijn niet meegenomen in de analyse. Deze gebieden liggen expliciet buiten het BRM-gebied en hebben soortgelijke doelstelling als diverse Natura 2000-gebieden binnen het BRM-gebied.



Figuur 5-39 Natura 2000-gebieden in en op de grens van de BRM. Grijsgekleurde gebieden zijn ook aangewezen als Natura 2000-gebied maar vallen buiten de scope van deze analyse.

Welke data is gebruikt, en hoe?

Bijlage B vormt feitelijk de kern van dit hoofdstuk. In bijlage B is namelijk per Natura 2000-gebied voor ieder habitatype, habitatrichtlijnsoort en vogelrichtlijnsoort op systematische wijze de huidige toestand en de belangrijkste knelpunten achterhaald. Dit is gedaan op basis van een analyse van alle recent gepubliceerde natuurdoelanalyses en vogeldata van Sovon. Waar nodig (bijvoorbeeld indien de natuurdoelanalyse vrij summier was) is dit aangevuld met informatie uit de meest recente beheerplannen, eventuele wijzigingsbesluiten en gebiedspecifieke (monitoring) rapporten is. Wanneer dat is gedaan is dit altijd aangegeven (zie Bijlage B). In Bijlage B is de toegepaste methodiek uitgebreider besproken, zijn alle toegepaste natuurdoelanalyses gerefereerd en zijn de resultaten weergegeven per Natura 2000-gebied en soort/habitat. Omdat het in het kader van leesbaarheid niet mogelijk is om bij iedere uitspraak over knelpunten en toestanden alle bijbehorende natuurdoelanalyses te refereren is in onderstaand tekstkader concreet weergegeven hoe de informatiebronnen te herleiden zijn indien gewenst. Als verdiepingsslag is in de hoofdstekst (die hierna volgt) vaak ook gebruik gemaakt van aanvullende literatuur. Dat is altijd gerefereerd in de tekst.

Hoe is te herleiden welke natuurdoelanalyses ten grondslag liggen aan iedere bewering?

Bewering in tekst	'Factcheck' bewering in Bijlage B
Bijvoorbeeld: Verruiging leidt tot knelpunten bij de vogelrichtlijnsoortgroep rietbroeders	Ga naar Bijlage B > vogelrichtlijnsoorten > soortgroep > rietbroeders Hier is in de kolom 'Toestand en eventuele knelpunten' voor de rietbroeders blauwborst, snor, roerdomp en bruine kiekendief vermeld dat in de N2000-gebieden Haringvliet, Biesbosch en/of Boezems Kinderdijk verruiging een knelpunt vormt. De bronnen voor de bewering in de tekst zijn in dit geval dus de Natuurdoelanalyses behorend bij die N2000-gebieden Haringvliet, Biesbosch en Boezems Kinderdijk.

Leeswijzer toestandsbeschrijving Natura 2000

In de komende 3 paragrafen worden de huidige toestand en trends besproken van habitattypen, habitatrictlijnsoorten en vogelrichtlijnsoorten (onderverdeeld in broedvogels en niet-broedvogels). Om de toestand overzichtelijk en bruikbaar te maken zijn de habitats en soorten ingedeeld in groepen op basis van waar het habitat of leefgebied voorkomt in het landschap. Zo kan een koppeling worden gemaakt tussen de toestand van soorten / habitats en biotopen.

5.4.2.2 Habitattypen

Binnen de 14 Natura 2000-gebieden zijn 36 habitattypen aangewezen (inclusief subtypen). Voor ieder habitat is per Natura 2000-gebied de toestand en knelpunten beschreven. De resultaten hiervan staan beschreven in Bijlage B. Om al deze toestanden en knelpunten overzichtelijk en bruikbaar te maken voor deze analyse zijn de habitats onderverdeeld in zes onderscheidende habitatgroepen met overeenkomende landschappelijke kenmerken:

- Aquatische habitats (zout, open water)
- Aquatische habitats (zoet of brak)
- Habitats in het intergetijdgebied en oever-/verlandingszone (zout/estuariën)
- Habitats in het intergetijdgebied en oever-/verlandingszone (zoet)
- Terrestrische habitats (onder invloed van zout)
- Terrestrische habitats (niet onder invloed van zout)

In onderstaande paragrafen zijn alle toestanden en knelpunten waar sprake van is voor habitattypen binnen een onderscheidende habitatgroep gedestilleerd. Zo wordt een centraal beeld van de algehele toestand en voornaamste knelpunten per onderscheidende habitatgroep gevormd.

Algemene informatie over habitats is afkomstig uit de betreffende Natura 2000 profielfragmenten. Wanneer specifieke literatuur wordt aangehaald is dit gerefereerd.

Aquatische habitats (zout, open water)

Tabel 5-12 Overkoepelende toestand en knelpunten van aquatische habitats in zout, open water in de BRM. Voor achtergrond en bronnen zie Bijlage B.

Aquatische habitats (zout, open water)					
Aantal habitattypen	Verdeeld over ... Natura 2000-gebieden	Gemiddelde toestand over de gehele lijn			Voornaamste knelpunten
		goed	matig	slecht	
1	2	0	1	0	<ul style="list-style-type: none"> - Bodemroerende visserij - Aanwezigheid exoten (Amerikaanse zwaardschede en Japanse oester) - Lokaal aanzanding

Aquatische habitats in zout, open water zijn nauwelijks onderverdeeld binnen de Natura 2000-systematiek. Binnen deze habitatgroep is zodoende slechts 1 habitattypen aanwezig, te weten 'Permanent overstroomde zandbanken'. Het habitattypen komt overeen met biotopen uit paragraaf 5.3.2 die gelegen zijn in het zoute water en permanent overstroomd zijn. Het habitattypen spreidt zich wel uit over vrijwel de gehele Voordelta (ca. 80.000 ha). Verder zeewaarts, buiten de begrenzing van Natura 2000-gebied Voordelta, is in principe natuurlijk ook dergelijk habitat aanwezig.

De toestand van het aquatische habitat in zout, open water is matig te noemen. Dit is vooral het gevolg van een matige kwaliteit. Het aandeel typische soorten ten opzichte van de totaal aanwezige biomassa is 'niet groot' (Beheerplan Voordelta). Typische soorten voor dit habitat bestaan met name uit bodemgebonden soorten, zoals schelpkokerworm, schol, bot, schar, mossel, strandgaper. Het aandeel niet-typische soorten is vooral zo groot door de oververtegenwoordiging van de exoten Amerikaanse zwaardschede (*Ensis directus*) en Japanse oester (*Crassostrea gigas*). Deze exoten zijn tevens minder goed geschikt als voedselbron voor macrofauna-etende vogels van het zoute open water (verder besproken onder niet-broedvogels). Een constante drukfactor die bodemgebonden soorten verder

ondervinden is die van bodemroerende visserij (Figuur 5-40). De bodem van de Voordelta wordt vrijwel vlakdekkend 1 tot 4 keer per jaar omgewoeld (Tulp et al., 2018) waardoor macrofauna weinig kans krijgt om zich daar te vestigen. Doordat de Amerikaanse zwaardschede zich juist zeer snel kan vestigen, kan de invasieve soort juist profiteren van de regelmatig omgeploegde zeebodems, en zo inheemse macrofauna sneller verdrijven (Tulp et al., 2020)

Verder neemt de omvang van het habitat binnen Natura 2000-gebied af als gevolg van aanzanding. Dit vormt vooral een juridisch punt in het kader van Natura 2000 doelstellingen. Het vormt geen probleem voor aquatisch habitat in zout, open water in de BRM, dit is voldoende aanwezig, ook buiten de grenzen van Natura 2000-gebieden. Langs de kustlijn is dit habitat van nature in beweging als gevolg van hydromorfologische processen als erosie en sedimentatie (zie Hoofdstuk 3). Daarnaast kan aanzanding wel juist kansen bieden voor andere belangrijke biotopen, inclusief de daarin voorkomende habitattypen en soorten. Voor het niveau van de BRM is dit dus geen negatieve ontwikkeling.



Figuur 5-40 Onder meer de bodemroerende garnalenvisserij leidt tot schade aan de zeebodem en de daarin/op levende macrofauna en vissen (foto door Eric van der Eijk/ANP, via NRC (2023).

Aquatische habitats (zoet of brak, relatief laag dynamisch water)

Tabel 5-13 Overkoepelende toestand en knelpunten van aquatische habitats in zoet of brak, relatief laag dynamisch water in de BRM. Voor achtergrond en bronnen zie Bijlage B.

Aquatische habitats (zoet of brak, relatief laag dynamisch water)					
Aantal habitattypen	Verdeeld over ... Natura 2000-gebieden	Gemiddelde toestand over de gehele lijn			Voornaamste knelpunten
		goed	matig	slecht	
3	6	0	0	3	[D 1] Afwezigheid peildynamiek [D 2] Waterkwaliteit suboptimaal: fosfaat- en stikstofgehalte te hoog, zuurstofgehalte en doorzicht te laag. [D 3] Lokaal begrazingsdruk en vermessing door ganzen. [D 4] Dichtgroei en verlanding (vereist lokaal intensief beheer) [D 5] Recreatiedruk [D 6] Te klein en versnipperd oppervlak. [D 7] Lokaal droogval.

Aquatische zoete en brakke habitats in relatief laag dynamisch water zijn relatief weinig en lokaal aangewezen in Natura 2000-gebieden. Dit typeert direct dat het tegenwoordig habitattypen zijn die nog maar weinig in goede kwaliteit voorkomen. Het gaat om de habitattypen *Vochtige duinvalleien (open water)*, *Meren met krabbenscheer en fonteinkruiden*, en *Beken en rivieren met waterplanten (grote fonteinkruiden)*. Dit zijn wezenlijk verschillende habitats maar kennen wel een soortgelijke toestand en knelpunten. De habitattypen komen voor in de biotopen uit paragraaf 5.3.2 die gelegen zijn in het zoete of brakke, relatief laag dynamische water dat permanent overstromd is. Denk aan poelen, meren, sloten en rivierkommen. De hoger dynamische en diepe zoete en brakke biotopen zoals getijdenkreeken en diepe delen van rivieren zijn hier dus geen onderdeel van.

De toestand van deze aquatische habitats in zoet of brak water is slecht te noemen. De ondergedoken watervegetatie die deze wateren kenmerkt is zeer afhankelijk van een goede waterkwaliteit met relatief lage concentraties fosfaat en stikstof. Het gaat om karakteristieke soorten zoals zilte waterranonkel en weegbreefonteinkruid (duinmeren) of krabbenscheer en doorgroeid fonteinkruid (zoetwater). Als gevolg van deze bijzondere watervegetaties zijn diverse minder algemene soorten libellen ook kenmerkend voor deze typen water, zoals de gevlekte witsnuitlibel. Zoals in de eerste alinea ook is vermeld is dergelijk habitat in goede staat slechts beperkt aanwezig in een versnipperd oppervlak. Door het gebrek aan connectiviteit kunnen de karakteristieke soorten flora en fauna zich niet verspreiden en blijven populaties geïsoleerd.

Tegenwoordig is vaak geen sprake meer van een lage concentraties fosfaat en stikstof die voor deze soorten gepast is (*NB: zoals eerder behandeld vormt eutrofiëring voor fytoplankton in de grote wateren nog nauwelijks een probleem, dit kan tegelijkertijd plaatsvinden aangezien iedere soort(groep) tolerant is voor andere omstandigheden, waaronder ook het gehalte aan voedingsstoffen*). Deze concentraties zijn verhoogd als gevolg van onder meer het inlaten van gebiedsvreemd (hard en voedselrijk) water, uitspoeling van (agrarische) meststoffen, maar lokaal ook door vermesting van enorm toegenomen ganzen populaties. De te hoge concentraties van fosfaat en stikstof leiden tot groei van algen en tot competitie met andere, niet kenmerkende (algemenere) waterplanten, waaronder exoten zoals grote waternavel. Met name aantasting van waterplanten door Amerikaanse rivierkreeft en lokaal ook begrazingsdruk van ganzen (zie ook Figuur 5-27), recreatiedruk van de mens (vertrapping, golfwerking e.d.) en verdroging zorgen tegelijkertijd voor extra druk op de waterplanten. Uiteindelijk leidt dit tot het grotendeels of geheel verdwijnen van de kenmerkende soorten waterplanten en het bijbehorende habitat (Figuur 5-41).

Ook de afwezigheid van natuurlijke peildynamiek (hoog in de winter, laag in de zomer) in veel wateren werkt daarnaast niet in het voordeel van deze habitatgroep. Dit leidt namelijk tot een versneld verlandingsproces. Hierbij groeit het (laagdynamische) waterlichaam dicht met veelal algemene vegetaties. Verdroging, dat tegenwoordig steeds vaker optreedt, doet daar nog een schepje boven. Lokaal beheer, waarbij de wildgroei aan planten regelmatig wordt verwijderd, is hiervoor belangrijk maar vormt in principe symptoombestrijding.



Figuur 5-41 laagdynamische zoete wateren met een uitbundige begroeiing van krabbenscheer zijn tegenwoordig een zeldzaamheid (foto door Bert Geeraerts via Ecopedia (n.d.))

Habitats in het intergetijdegebied en oever-/verlandingszone (zout/estuariën)

Tabel 5-14 Overkoepelende toestand en knelpunten van aquatische habitats in het intergetijdegebied en oever-/verlandingszone (zout/estuariën) in de BRM. Voor achtergrond en bronnen zie Bijlage B.

Habitats in het intergetijdegebied en oever-/verlandingszone (zout/estuariën)					
Aantal habitattypen	Verdeeld over ... Natura 2000-gebieden	Gemiddelde toestand over de gehele lijn			Voornaamste knelpunten
		goed	matig	slecht	
6	3	1	5	0	[D 8] Afname dynamiek [D 8.1] Hierdoor verruiging en successie (vereist lokaal intensief beheer) [D 8.2] Mogelijk ook afname voedselaanbod [D 9] Afname broedsucces typische soorten (als gevolg van verruiging) [D 10] Verdroging en te hoge voedselrijkdom (alleen in duinen)

Bij habitats in het intergetijdegebied en oever-/verlandingszone van zout tot brakke wateren gaat het om periodiek overstroomde slik- en zandplaten, zowel kaal, als met pionierbegroeiingen tot hoge schorren (Figuur 5-42). Ook worden enkele typen vochtige duinvalleien behandeld binnen deze groep. De habitattypen komen voor in de biotopen uit paragraaf 5.3.2 die gelegen zijn in het zoute tot brakke, intergetijdegebied, met uitzondering van de vochtige duinvalleien, welke voorkomen in de lager gelegen valleien en kommen in de duinen.

De toestand van het zoute tot brakke intergetijdegebied en de oever-/verlandingszone is matig tot goed. De aanzanding vanuit de voordelta bij bijvoorbeeld Kwade Hoek (zilte begroeiingen) maar ook bij Voorne (slikken) heeft onder meer een positieve bijdrage aan deze relatief goede score. De knelpunten die hier meespelen zijn met name successie en verruiging als gevolg van de afwezigheid van dynamische processen. De afname van dynamiek zorgt mogelijk ook voor een minder divers voedselaanbod, onder meer van macrofauna op kale slikken en platen. In de vochtige duinvalleien speelt daarnaast ook verdroging en te hoge voedselrijkdom mee waardoor verruiging versneld wordt. Door de verruiging raakt het gebied ongeschikt voor de kenmerkende en typische soorten die afhankelijk zijn van het relatief schaars begroeide landschap. Om de verruiging tegen te gaan en typische soorten terug te krijgen is lokaal intensief beheer vereist.



Figuur 5-42 Zoute slikken en schorren in Kwade Hoek (Ben Hell, via (Wandel, n.d.))

Habitats in het intergetijdegebied en oever-/verlandingszone (zoet)

Tabel 5-15 Overkoepelende toestand en knelpunten van aquatische habitats in het zoete intergetijdegebied en de oever-/verlandingszone in de BRM. Voor achtergrond en bronnen zie Bijlage B.

Habitats in het intergetijdegebied en oever-/verlandingszone (zoet)					
Aantal habitattypen	Verdeeld over ... Natura 2000-gebieden	Gemiddelde toestand over de gehele lijn			Voornaamste knelpunten
		goed	matig	slecht	
5	8	0	2	3	[D 11] Afwezigheid van of beperkte peildynamiek, hierdoor: [D 11.1] Verruiging (vereist lokaal intensief beheer) [D 11.2] Verdroging (te weinig inundatie) [D 11.3] Beperkte invloed natuurlijke erosie/sedimentatie [D 12] Te klein en versnipperd oppervlak [D 13] Concurrentie van exoten (o.a. kleine waterteunisbloem, reuzenbalsemien) [D 14] Voedselrijk water en stikstof (alleen moerastypen) [D 15] Afwezigheid volwassen bomen (alleen ooibos)

Binnen de habitats in het intergetijdegebied en oever-/verlandingszone van zoete wateren worden slikkige rivieroever, ruigten en zomen (moerasspirea / harig wilgenroosje), galigaanmoerassen, kalkmoerassen en vochtige alluviale bossen (zachthoutooibos) behandeld. De habitattypen komen voor in de biotopen uit paragraaf 5.3.2 die gelegen zijn in het zoete intergetijdegebied, zowel onbegroeid als met riet-/moerasruigte, gras of bos, en langs de oevers van permanent overstroomd (matig) ondiep zoet water.

De toestand is overwegend slecht tot matig. Dit is het gevolg van de grote inperking of volledige afwezigheid van peildynamiek, wat leidt tot verruiging, verdroging en een gebrek aan natuurlijke erosie/sedimentatie, Figuur 5-43. Het gebrek aan peildynamiek betreft zowel getijdendynamiek langs de oevers van de grote wateren als onnatuurlijke en omgekeerd inundatiepatroon ('s zomers hoog, 's winters laag) van binnendijkse gebieden. De verruiging wordt versterkt door een hoge voedselrijkdom, zowel vanuit het water (fosfaat) als vanuit de lucht (stikstof). Ook de wildgroei van diverse weinig kritische invasieve exoten (o.a. kleine waterteunisbloem, reuzenbalsemien) draagt bij aan verruiging. De knelpunten hebben er toe geleid dat veel van deze habitats in kleine en versnipperde oppervlakten voorkomen. Om de habitats en de bijbehorende kenmerkende soorten te behouden wordt verruiging tegengegaan. Met de huidige beperkte peildynamiek vergt dit lokaal intensief beheer. Dit beheer is lang niet altijd haalbaar en/of succesvol in deze moerasachtige en vaak ondoordringbare habitats.

De beperkte getijslag beïnvloedt (negatief) bijvoorbeeld wilgenvloedbos van het subtype 'veldkers-ooibos'. Dit type ooibos komt in goed ontwikkelde vorm voor in getijdengebieden met een getijdenverschil van meer dan 80 centimeter. Bij deze dynamische omstandigheden kunnen typerende soorten zich vestigen in het ooibos. Wanneer de getijdeninvloed wegvalt -zoals na de afsluiting van het Haringvliet- worden de typerende soorten snel weggeconcurrerd door soorten die profiteren van het voedselrijke en lager dynamische groeiplaats, zoals de grote brandnetel (verbrandneteling) en braam. Het habitat verkeert dan in hooguit matige kwaliteit. Op den duur gaat het ooibos over in andere bostypen onder invloed van successie.

Niet overal gaat het matig tot slecht, in de in 2015 ontpolderde Noordwaard herleeft de zoetwatergetijdenatuur. Op de periodiek droogvallende slikkige delen langs de getijdenkreeken zijn als snel soortenrijke vegetaties tot stand gekomen die karakteristiek zijn voor slikkige rivieroever, met soorten als klein vlooienkruid, bruin cypergras, slijkgroen en blauwe waterereprijs. Ook de grote kattenstaart en Rode Lijstsoort driekantige bies, beide typerende plantensoorten voor zoetwatergetijdenatuur, zijn massaal tot stand gekomen langs de nieuw gegraven getijdenkreeken van de Noordwaard. Kanttekening hierbij is wel dat dit een pioniercotoop betreft die (logischerwijs) snel na de ingreep tot stand is gekomen. Dit is mooi, maar wanneer de dynamiek laag is en/of geen sprake is van beheer zullen hier binnen korte tijd ook de gevolgen van successie en verruiging te zien zijn.



Figuur 5-43 In het zachthoutoobos van de Biesbosch leidt de beperkte peildynamiek tot verruiging (o.a. verbrandneteling en invasieve exoot reuzenbalsemien) (foto door Harm Blom via (Staatsbosbeheer, n.d.-a)).



Figuur 5-44 In de in 2015 gerealiseerde Noordwaard (Biesbosch) groeide al na een paar jaar massaal grote kattenstaart (links) en driekantige bies (rechts), typerende plantensoorten voor zoetwatergetijdenatuur (foto's door Staatsbosbeheer, via (Nature Today, 2023))

Terrestrische habitats (onder invloed van zout)

Tabel 5-16 Overkoepelende toestand en knelpunten van terrestrische habitats onder invloed van zout in de BRM. Voor achtergrond en bronnen zie Bijlage B.

Terrestrische habitats (onder invloed van zout)					
Aantal habitattypen	Verdeeld over ... Natura 2000-gebieden	Gemiddelde toestand over de gehele lijn			Voornaamste knelpunten
		goed	matig	slecht	
6	3	0	3	3	[D 16] Verruiging, als gevolg van [D 16.1] Beperkte natuurlijke dynamiek <ul style="list-style-type: none"> ▪ Te weinig verstuiving van zand ▪ Te weinig saltspray (verstuiving van zout uit zee over land) [D 16.2] Afwezigheid/beperkte begrazing door konijnen [D 16.3] Te hoge voedselrijkdom (stikstof) [D 16.4] Begroeiing met exoten (o.a. Amerikaanse vogelkers). [D 17] Ontoereikende hydrologie van duinsysteem [D 18] Te weinig rust en voedselbeschikbaarheid

					[D 19] Te klein en versnipperd oppervlak. [D 20] Aandeel volwassen bomen beperkt (uitsluitend bostypen)
--	--	--	--	--	--

Binnen deze groep habitats gaat het om de veelal drogere duinmilieus die niet, schaars of volledig begroeid zijn. Specifiek gaat het om de habitattypen (in volgorde van niet tot volledig begroeid): embryonale duinen, witte duinen, grijze duinen (kalkrijk, kalkarm, heischraal), duindoornstruwelen, kruipwilgstruwelen en duinbossen (vochtig/droog/binnenduintrand). De habitattypen komen voor in de biotopen droog duin (open) en droog struweel/bos.

De toestand van de duinhabitats is overwegend matig tot slecht. Verruiging speelt hier een grote rol in. Aan verruiging in de duinen liggen meerdere factoren ten grondslag. Verruiging wordt gevormd door de beperkte aanwezigheid van natuurlijke dynamiek: de verstuuving van zand en zout (saltspray) is beperkt. Hierdoor komen geschikte groeicondities tot stand voor algemenere snelgroeiende planten (grassen e.d.) en exoten (zoals Amerikaanse vogelkers). Daarnaast speelt een te hoge voedselrijkdom als gevolg van stikstofdepositie mee wat de verruiging versneld. Ten slotte is begrazing door konijnen belangrijk om de vegetatie in de duinen kort en open te houden. De konijnenstand, en daarmee de begrazingsdruk, is echter sterk verminderd als gevolg van verschillende ziektes (Figuur 5-45).

Als gevolg van de verruiging komen de duinhabitats van goede kwaliteit nog maar beperkt voor. De oppervlaktes zijn hierdoor relatief klein en versnipperd. Samen met een gebrek aan rust (als gevolg van recreatie) en toegenomen voedselbeschikbaarheid (als gevolg van stikstofdepositie) leidt dit tot een afname in de voor deze habitats typische soorten. Overige knelpunten bestaan uit de aantasting van de grondwaterhydrologie van het duinsysteem (onttrekking van water, vergravingen), waardoor delen te droog of juist te nat zijn. Ook zijn duinbossen veelal jonge systemen waarin het aandeel volwassen bomen beperkt is.

Om de achteruitgang van duinhabitats tegen te gaan zijn lokaal intensieve beheersmaatregelen nodig. Maatregelen die worden toegepast zijn onder andere plaggen en beweiding.



Figuur 5-45 Natuurlijke begrazing van duinvegetaties door konijnen is beperkt als gevolg van verschillende ziektes (foto door Mark Kras via (Staatsbosbeheer, n.d.-b)).

Terrestrische habitats (niet onder invloed van zout)

Tabel 5-17 Overkoepelende toestand en knelpunten van terrestrische habitats die niet onder invloed staan van zout in de BRM. Voor achtergrond en bronnen zie Bijlage B.

Terrestrische habitats (niet onder invloed van zout)					
Aantal habitattypen	Verdeeld over ... Natura 2000-gebieden	Gemiddelde toestand over de gehele lijn			Voornaamste knelpunten
		goed	matig	slecht	
4	5	0	3	1	[D 21] Gebrek aan inundatie, daardoor:

					[D 21.1] Verdroging [D 21.2] Beperkte natuurlijke erosie en sedimentatie (o.a. zandafzetting) [D 22] Verruiging, o.a. als gevolg van hoge voedselrijkdom (stikstof) [D 23] Te klein en versnipperd oppervlak.
--	--	--	--	--	--

Binnen deze groep habitats gaat het om de enigszins droge tot vochtige graslanden en bossen die regelmatig tot incidenteel overstromen. Denk aan de lager gelegen delen tot oeverwallen en rivierduinen in uiterwaarden, en binnendijkse graslanden onder invloed van inundatie. De biotopen waarbinnen deze habitats vallen zijn droog rivierduin, nat struweel en bos en nat grasland. Binnen deze groep vormen de volgende habitattypen het boegbeeld: *Stroomdalgraslanden, Blauwgraslanden, Glanshaver- en vossenstaart-hooilanden (glanshaver / grote vossentaart)* en *Vochtige alluviale bossen (hardhoutoibossen: essen-iepenbossen / beekbegeleidende bossen)*.

De toestand van deze groep habitats is overwegend matig tot slecht. Dit is vooral het gevolg van de beperkte getijdendynamiek en inundatie, waardoor het (voormalige) habitat verdroogd. Samen met een hoge voedselrijkdom als gevolg van stikstofdepositie leiden de veranderde groeiomstandigheden tot verruiging. Als gevolg van de beperkte getijdendynamiek en de verstening van de oevers zijn natuurlijke erosie en sedimentatieprocessen, zoals afkalving en zandafzetting, veelal afwezig. Dit zorgt er ook voor dat verruiging niet tot nauwelijks wordt teruggedet. Al met al leidt dit tot kleine en versnipperde (kwalitatieve) delen van deze typen leefgebied. Hierdoor is sprake van beperkte connectiviteit met omliggende habitats, wat de uitwisseling en verspreiding van typische soorten bemoeilijkt.

5.4.2.3 Habitatrichtlijnsoorten

Binnen de 14 Natura 2000-gebieden zijn 20 habitatrichtlijnsoorten aangewezen. Voor iedere soort is per Natura 2000-gebied de toestand en knelpunten beschreven. De resultaten hiervan staan beschreven in Bijlage B. Om de toestanden van alle habitatrichtlijnsoorten overzichtelijk en bruikbaar te maken voor deze analyse zijn de habitatrichtlijnsoorten onderverdeeld in vijf onderscheidende groepen:

- Soorten van grote zoute wateren
- Soorten van zowel zoet als zoutwater (trekvissen)
- Soorten van grote zoete wateren
- Soorten van beschutte en plantenrijke zoete wateren
- Soorten van moerassen, ruigte en/of duinen

In onderstaande paragrafen zijn alle toestanden en knelpunten waar sprake van is voor soorten binnen een onderscheidende soortgroep gedestilleerd. Zo wordt een centraal beeld van de algehele toestand en voornaamste knelpunten per onderscheidende soortgroep gevormd.

Algemene soortinformatie over habitatrichtlijnsoorten is afkomstig uit de betreffende profieldocumenten, aangevuld met soortinformatie van de zoogdiervereniging en RAVON. Wanneer specifieke literatuur wordt aangehaald is dit gerefereerd.

Soorten van grote zoute wateren

Tabel 5-18 Overkoepelende toestand en knelpunten van soorten van grote zoute wateren (zeezoogdieren) in de BRM. Voor achtergrond en bronnen zie Bijlage B.

Soorten van grote zoute wateren (zeezoogdieren)					
Aantal soorten	Verdeeld over ... Natura 2000-gebieden	Gemiddelde toestand over de gehele lijn			Voornaamste knelpunten
		goed	matig	slecht	
3	2	3	0	0	- Geen concrete knelpunten. - Behoud van rust vormt wel aandachtspunt.

Binnen de soortgroep soorten van grote zoute wateren gaat het om de zeezoogdieren bruinvis, gewone zeehond en grijze zeehond. Deze soorten maken met name gebruik van de biotopen (matig) diepe zoute tot brakke

getijdenwateren. Hier jagen ze op vis, zowel pelagische als benthische soorten. Soms worden ook weekdieren, kreeftachtigen, inktvissen e.d. gegeten. De drie soorten staan daarmee bovenaan de voedselketen (zie ook paragraaf 5.2.2). Voor de gewone en grijze zeehond vormen daarnaast de bij laagtij droogvallende kale platen een belangrijk biotoop (Figuur 5-46), hier wordt namelijk gerust en brengen ze hun jongen groot.

De toestand van de zeezoogdieren is over het algemeen goed te noemen. De populaties van alle drie de soorten laten een stijgende trend zien en er zijn geen in het oog springende knelpunten. Behoud van rust vormt wel aandachtspunt, met name op en rond de bij laagtij droogvallende kale platen.



Figuur 5-46 Gewone zeehonden vinden ook rustplaatsen op een aantal relatief rustige en ontoegankelijke stranden van de industriële Maasvlakte (beeld via (Port of Rotterdam, n.d.)).

Soorten van zowel zoet als zoutwater (trekvissen)

Tabel 5-19 Overkoepelende toestand en knelpunten van soorten van zowel zoete als zoute wateren (trekvissen) in de BRM. Voor achtergrond en bronnen zie Bijlage B.

Soorten van zowel zoete als zoute wateren (trekvissen)					
Aantal soorten	Verdeeld over ... Natura 2000-gebieden	Gemiddelde toestand over de gehele lijn			Voornaamste knelpunten
		goed	matig	slecht	
5	4	0	0	5	<ul style="list-style-type: none"> - Gebrek aan connectiviteit tussen zee en paailocatie (het recente Kierbesluit draagt bij aan het verkleinen van dit probleem) <ul style="list-style-type: none"> o Droge perioden met lage rivierstanden, waardoor sluisen beperkt open worden gezet, versterken dit knelpunt. - Beperkte aanwezigheid van geschikt paai- en opgroeihabitat <ul style="list-style-type: none"> o Estuarium met geleidelijk overgangsgebied en getij (geschikt paaihabitat voor fint en opgroeihabitat voor fint en elft) o Midden- tot bovenstroomse snelstromende beek-/riviertrajecten met grindbodem (buiten BRM) (geschikt paaihabitat voor elft en paai- en opgroeihabitat voor zeeprik, rivierprik en zalm) - Sterfte door beroepsvisserij, in de binnenwateren maar in het bijzonder rondom de Haringvlietsluizen - Ontoereikende waterkwaliteit

Binnen deze soortgroep zijn de trekvissen ingedeeld. Het gaat hier specifiek om zeeprik, rivierprik, elft, fint en zalm. Om hun levenscyclus te kunnen voltooien moeten de soorten tussen het zoete en zoute water kunnen migreren. Hierdoor gebruiken zij diverse biotopen in het zoete en zoute water, sommige delen worden langdurig gebruikt als

leefgebied, andere delen kortdurend als doortrekroute. Ze zijn zodoende afhankelijk van de kwaliteit van ieder biotoop, evenals een goede connectiviteit tussen de biotopen.

In het adulte stadium leven de vijf vissoorten in het zoute getijdewater langs de kust en op open zee. Hier parasiteren de zeeprík en rivierprík op grotere vissen en zeezoogdieren. De zalm, fint en elft jagen op vis en eten soms ook macrofauna. De soorten staan daarmee hoog in de voedselketen (zie ook paragraaf 5.2.2). Voor de voortplanting trekken de soorten richting de estuaria. De fint vindt geschikt paaigebied in de overgangszone tussen brak- en zoetwater van het getijdengebied in ondiep water boven brede zandplaten. De overige soorten trekken verder de rivieren op tot ver buiten de BRM. Zij vinden geschikt paaigebied in midden- tot bovenstroomse, snelstromende beek- en riviertrajecten met grindbodems. Juvenielen van de fint en elft gebruiken het estuarium vervolgens ook als opgroeigebied. De juvenielen van zeeprík, rivierprík en zalm groeien meer bovenstrooms op en trekken daarna relatief snel door het estuarium richting zee.

De huidige toestand van deze trekvissen is slecht te noemen. Hier liggen diverse knelpunten aan ten grondslag, welke in paragraaf 5.4.1.5 al beknopt naar voren zijn gekomen. Omdat de trekvissen een groot oppervlak gebruiken als leefgebied is niet ieder knelpunt toe te rekenen aan het BRM-gebied. Zo zijn er ook externe knelpunten in met name de midden- en bovenstroomse delen van de rivieren. Hier zou geschikt paai- en opgroei habitat aanwezig moeten zijn, maar dit is vaak nog slechts beperkt het geval (eerder toegelicht in paragraaf 5.4.1.5). Een ontoereikende waterkwaliteit (te voedselrijk, te warm, verontreinigde stoffen) kan hier ook een probleem vormen, met name voor ontwikkelende eitjes en larven. Ook is de connectiviteit richting bovenstroomse trajecten vaak suboptimaal als gevolg van stuwen, gemalen en sluizen. De aanleg van vispassages helpt hierbij, maar hiervan is het passeer succes vrijwel nooit 100% (Cote et al., 2009; Vriese et al., 2021). Dit effect stapelt zich zodoende op wanneer meerdere vispassages op de migratieroute liggen: bij ieder knelpunt blijft een bepaald percentage hangen. Mogelijk spelen er naast de midden- en bovenstroomse problemen ook problemen op open zee waarop (nog) geen zicht is.

In het BRM-gebied spelen zich ook meerdere knelpunten af die het succes van de trekvispopulaties beperken. Zo hebben de Haringvlietssluisen de vrije toegang voor vissen tot het Rijn-Maas stroomgebied ingeperkt en de stromingen tussen de Noordzee en het binnenwater beïnvloed. Dit heeft consequenties gehad voor trekvispopulaties. Uiteraard fungeert de Haringvlietdam als fysieke blokkade voor trekvis tussen de Noordzee het Haringvliet en alle stroomopwaartse delen. Een minder voor de hand liggend knelpunt is dat Brevé et al. (2014) toelicht dat door de veranderde stroming in het Haringvliet juveniele zalm de weg naar zee niet meer goed weet te vinden. Het gebrek aan stroming leidt voor de vissen tot desoriëntatie, waardoor ze zeer gevoelig zijn voor predatie van roofvis en visetende vogels. In het uitgevoerde onderzoek overleefde 90% van de verdwaalde jonge zalmen de tocht naar zee in dit laatste traject niet. Brevé et al. (2014) concludeert daarmee dat de impact (van alleen al dit knelpunt) te hoog is voor een duurzame zalm populatie in het stroomgebied. In 2020 kwam een vergelijkbaar beeld naar voren. Als jonge zalmen bij het Haringvliet aankomen terwijl er weinig wordt gespuid, dan vindt er langdurig zoekgedrag plaats. Het is niet uitgesloten dat dit ook voor andere trekvissoorten geldt.

Relatief recent zijn initiatieven gestart voor verbetering van doortrekmogelijkheden, in het bijzonder het Kierbesluit, dat in 2019 in werking is getreden. Hierover is in paragraaf 5.4.1.5 (KRW – Vis) al het een en ander toegelicht. Ondanks het Kierbesluit is de connectiviteit nog niet vergelijkbaar met de natuurlijke situatie. Tijdens de tegenwoordig voorkomende langere perioden van droogte met lage rivierstanden, kunnen de sluizen slechts beperkt open worden gezet, dit versterkt dit knelpunt. Na implementatie van het kierbesluit worden tot op heden nog weinig tot geen van de aangewezen trekvissoorten waargenomen (de la Haye et al., 2022).

Daarnaast is er sprake van (bij)vangst van veel soorten trekvissen door beroepsvisserij in de Rijnmaasmonding (Schotanus et al., 2022; Van Rijssel et al., 2019; van Rijssel & Winter, 2022). Hier wordt o.a. gevestigd met fuiken, stand want en zegens op rondvis, garnalen en wolhandkrab (Figuur 5-47, Rijssel & Winter, 2022). Omdat de locatie voor de Haringvlietdam voor trekvissen fungeert als een soort flessenhals, waar ze zich moeten concentreren terwijl ze zoeken naar een geschikte doorgang en een geschikt moment afwachten, vormt de visserij op deze locatie met name een knelpunt (Figuur 5-47). Het ministerie van LNV heeft daarom aangekondigd dat er een visserij vrije zone van 1,5 km zal worden geïntroduceerd bij de Haringvlietssluisen (Figuur 5-47). Deze zal naar verwachting in 2024 in werking treden.

Verder is geschikt paaigebied voor fint (overgangszone tussen brak- en zoetwater van het getijdengebied in ondiep water boven brede zandplaten) en opgroeigebied voor fint en elft (overgangszone estuarium) in de BRM nog slechts zeer beperkt aanwezig of geheel afwezig (Tummers et al., 2021) Hanon et al. (2021) vermeldt dat herstel van de

biezenvegetatie in het zoetwatergetijdengebied uitstekend paai- en opgroei-habitat zal leveren. Hiermee zou herstel van de vroegere paaipopulatie van fint in en rond de Biesbosch gerealiseerd kunnen worden.

Naast de behandelde 5 trekvissoorten maken er ook andere diadrome vissoorten gebruik van de BRM. Denk aan Europese steur, Atlantische forel (zeeforel), houting, aal (paling), driedoornige stekelbaars, haring, sprat en spiering. Deze soorten hebben in meer of mindere mate ook te maken met dezelfde knelpunten als hierboven omschreven. Zie ook de toelichting op de slechte toestand van diadrome vis, in paragraaf 5.4.1.5.



Figuur 5-47 Trekvisserij die in en uit het Haringvliet willen trekken lopen het risico om in netten te belanden. Op het figuur zie je beroepsvisserijvormen nabij de Haringvlietdam tussen juni 2021 en januari 2022. Naar schatting is slechts 1/4^e deel van het totaal aantal beroepsvisserij in dit gebied opgenomen in dit overzicht van Rijssel & Winter (2022). In realiteit gaat het dus om een grotere beroepsvisserij inspanning dan zichtbaar is op het figuur. Het witte contour geeft een zone aan van 1.500 m vanaf de Haringvlietdam, LNV geeft aan dat deze afstand tot de dam beoogd is als visserij vrije zone.

Soorten van grote zoete wateren

Tabel 5-20 Overkoepelende toestand en knelpunten van soorten van grote zoete wateren in de BRM. Voor achtergrond en bronnen zie Bijlage B.

Soorten van grote zoete wateren					
Aantal soorten	Verdeeld over ... Natura 2000-gebieden	Gemiddelde toestand over de gehele lijn			Voornaamste knelpunten
		goed	matig	slecht	
3	5	2	1	0	- Concurrentie met diverse grondelsoorten (invasieve exoten) (uitsluitend knelpunt voor rivierdonderpad) - Geen concrete knelpunten voor bever en meervleermuis

De soortgroep van grote zoete wateren wordt gevormd door bever, meervleermuis en rivierdonderpad. Het zijn flink verschillende soorten die de biotopen in en rond de grote zoete wateren op verschillende wijzen gebruiken. De bever

heeft een voorkeur voor groot open water omzoomd door (broek)bossen. Ze leven rond de oevers en verplaatsen zich veel door het water. De bever kan door het omknagen van bomen en struiken en het bouwen van dammen en burchten zijn eigen leefomgeving optimaliseren en het landschap enigszins aanpassen. De meervleermuis foerageert boven groot open water, inclusief de oevers en naastgelegen graslanden. Ze jagen hier op insecten die op het wateroppervlak zitten of daar vlak boven vliegen. Overdag verblijven de meervleermuizen in openingen in gebouwen en bomen, deze hoeven niet direct naast het water gelegen te zijn. De belangrijkste twee kraamkolonies van de Meervleermuis van de Biesbosch liggen bijvoorbeeld op 6 tot 9 km van de Biesbosch (Natuur- en Vogelwacht Biesbosch). De rivierdonderpad vindt geschikt leefgebied aan de randen van grotere wateren tussen beschutting, zoals stortstenen oevers of boomwortels. Hier jaagt de soort op kleine visjes of waterinsecten.

De toestand van de soortgroep van grote zoete wateren is goed tot matig. Hierbij valt een onderscheid te maken tussen de meervleermuis en bever, waarmee het goed gaat, en de rivierdonderpad, waarmee het minder goed gaat. De meervleermuis en bever vertonen een stabiele tot positieve trend. De omvang en kwaliteit van het huidige leefgebied volstaat en ze hebben de mogelijkheid om zich verder uit te breiden. De rivierdonderpad heeft lange tijd geprofiteerd van de grote hoeveelheden stortsteen die aan de oevers van het riviersysteem zijn toegepast. De reden dat het tegenwoordig matig gaat met de rivierdonderpad is toe te kennen aan de concurrentie met diverse uitheemse grondelsoorten, zoals de zwartbek- en marmergrondel, Kesslers grondel, Pontische stroomgrondel, en sinds enkele jaren ook Kaukasische dwergvinggrondel. Dit zijn grondelsoorten uit het stroomgebied van de Donau die na de realisatie van het Main-Donaukanaal in rap tempo de wateren in het stroomgebied van de Rijn hebben gekoloniseerd. De soorten gebruiken soortgelijke schuilmogelijkheden als leefgebied als de rivierdonderpad, hebben een soortgelijk dieet en zijn ook nog eens territoriaal. Daarmee hebben ze de capaciteit om de rivierdonderpad te verdrijven.

Ondanks dat de otter (nog) geen habitatrictlijnsoort is in de BRM kan deze iconsoort van grote zoete wateren niet ongenoemd blijven. De soort heeft zich namelijk recentelijk weer laten zien in de Biesbosch voor het eerst sinds ca. 60 jaar (Staatsbosbeheer, 2023). Zie onderstaand tekstkader.

Otter terug in de Biesbosch

De otter verdween (vermoedelijk) in 1958 uit de Biesbosch, eind twintigste eeuw verdween de otter uiteindelijk uit Nederland en aangrenzende landen. Door herintroductie in de Weerribben/Wieden (noordwest Overijssel) tussen 2002 en 2009 is er weer een groeiende populatie aanwezig in Nederland. Deze populatie is inmiddels uitgegroeid tot ca. 450 dieren in 2019/2020. Dit heeft ertoe geleid dat de otter begin 2023 weer is waargenomen in de Biesbosch. De otter is momenteel (nog) niet aangewezen als habitatrictlijnsoort in het BRM-gebied, maar de soort is bijvoorbeeld al wel aangemeld als habitatrictlijnsoort in het meer bovenstrooms gelegen Natura 2000-gebied Rijntakken. De verwachting is de waarneming van de otter in de Biesbosch niet incidenteel is maar dat de soort zich hier zal vestigen en vanaf daar mogelijk nog verder zal verspreiden. De moeras- en waterrijke Biesbosch vormt namelijk bij uitstek geschikt leefgebied voor deze soort. Voor de otter is het belangrijk dat er voldoende foerageergebied aanwezig is met een goede visstand, daarnaast is voldoende rust en schuilgelegenheid ook van belang. De toestand van diverse soort(groep)en en habitats waarvoor deze criteria ook van belang zijn geeft daarmee een goede indicatie van de toestand van het leefgebied voor de otter. Symbool voor foerageermogelijkheid staat de toestand van KRW-maatlat vis en visetende vogels, symbool voor rust en schuilgelegenheid staat de toestand van broedvogels van moerassen en rietlanden.

Gebrek aan connectiviteit van leefgebieden door tussenliggende wegen vormt een groot knelpunt voor de otter. Het aantal verkeersslachtoffers bedroeg 117 dieren in 2021, dit is enorm ten opzichte van de totale Nederlandse populatie van ca. 450 dieren.

Soorten van beschutte en plantenrijke zoete wateren

Tabel 5-21 Overkoepelende toestand en knelpunten van soorten van beschutte en plantenrijke zoete wateren in de BRM. Voor achtergrond en bronnen zie Bijlage B.

Soorten van beschutte en plantenrijke zoete wateren					
Aantal soorten	Verdeeld over ... Natura 2000-gebieden	Gemiddelde toestand over de gehele lijn			Voornaamste knelpunten
		goed	matig	slecht	
3	5	4	1	0	<ul style="list-style-type: none"> - Ontoereikende waterkwaliteit <ul style="list-style-type: none"> o te lage zuurstofconcentratie o te hoge fosfaatconcentratie - Geringe connectiviteit met omliggende habitats/populaties (incl. onnatuurlijke steile oevers t.b.v. kamsalamander). - Invasieve exoot Amerikaanse rivierkreeft tast waterplanten/leefgebied aan en predeert op eitjes en larven. - Enorm toegenomen ganzenpopulatie en lokaal hoge begrazingsdruk (aantasting waterplanten), eutrofiëring (afname waterkwaliteit) en vertroebeling (negatieve invloed waterplanten en eieren/larven) - Ontoereikend lokaal beheer <ul style="list-style-type: none"> o Te intensief, waardoor waterplanten en sliblaag verdwijnt o Te extensief, waardoor dichtgroei en verlanding optreedt (tot op zekere hoogte wel goed voor grote modderkruiper) - Toename van dynamiek door aantakking van beschutte wateren aan rivieren bij natuurontwikkelingsprojecten - Geringe inundatie/peildynamiek - Aanwezigheid van te veel (grote) vis (uitsluitend knelpunt voor platte schijfhoren en kamsalamander)

Symbol voor de soorten van beschutte en plantenrijke zoete wateren staan de limnofiele soorten bittervoorn, grote modderkruiper, kleine modderkruiper, platte schijfhoren en kamsalamander. Het biotoop waarin zij geschikt leefgebied kunnen vinden ligt in laagdynamisch ondiep zoetwater, het liefst zonder getij. Ze hebben een voorkeur voor stilstaande tot langzaamstromende ondiepe plantenrijke wateren met plantenrijke oevers (Figuur 5-48). Denk aan beschutte plassen en poelen in de uiterwaarden van het riviereengebied, vaarten en sloten in poldergebieden en beschutte uitlopers van rivieren. De grote modderkruiper heeft daarbij een voorkeur voor zeer slibrijke en vrijwel dichtgegroeide delen binnen dit biotoop. Voor de overige soorten is dit minder geschikt. De kamsalamander en platte schijfhoren hebben daarnaast de voorkeur voor water dat (vrijwel) vrij is van vis. De kamsalamander is daarnaast ook afhankelijk van landhabitat rondom het water, hiervoor gebruikt de soort het liefst kleinschalig landschap met houtwallen of struweel.

De toestand van deze soortgroep is matig tot goed. Wanneer het geschikte leefgebied aanwezig is kunnen de soorten lokaal wijdverspreid en redelijk algemeen voorkomen (Bijlage B), dit blijkt ook uit onderzoek van Ottburg & Lammertsma, (2020). Dit komt niet overeen met de slechte toestand van de eerder behandelde aquatische habitats met relatief laag dynamisch zoet (tot brak) water. Kennelijk zijn deze habitatrictlijnsoorten minder kritisch dan de voor die habitattypen kenmerkende soorten planten. De dekking van algemenere en weinig kritische watervegetatie die tegenwoordig veel te vinden is, zoals sterrenkroos, smalle waterpest en algemene fonteinkruiden, creëert dus vaak ook prima leefgebied voor deze soorten.

Ondanks dat het dus best goed gaat met deze soortgroep zijn er wel veel knel-/aandachtspunten aanwezig die de soorten beïnvloeden. Centraal staat een ontoereikende waterkwaliteit met een te lage zuurstofconcentratie en een te hoge fosfaatconcentratie (veelal door uitspoeling van agrarisch gebied). Dergelijke omstandigheden wijzen op een ontoereikende toestand van de watervegetatie en dus suboptimaal leefgebied. De exoot Amerikaanse rivierkreeft, die tegenwoordig in de meeste wateren massaal aanwezig is, heeft daarnaast ook een negatief effect op (het leefgebied van) deze soortgroep. Zo tasten de kreeften waterplanten aan, zorgen ze voor vertroebeling van het water en daarnaast prederen ze op de eitjes en larven van o.a. deze soorten. Lokaal speelt de directe en indirecte invloed van

de toegenomen ganzenpopulatie ook een rol. De ganzen tasten lokaal de vegetatie aan door begrazing en ze zorgen voor extra vertroebeling (negatieve invloed waterplanten en eieren/larven), de ganzenpoep zorgt vervolgens tot eutrofiëring.

Verder is vaak sprake van een geringe connectiviteit met omliggende leefgebieden en dus habitats/populaties. Echter, het verbinden van wateren pakt ook niet voor iedere soort goed uit. De kamsalamander en platte schijffloren zijn namelijk afhankelijk van wateren die zo weinig mogelijk vis bevatten. Ook het aantakken van beschutte wateren aan rivieren (als onderdeel van natuurontwikkelingsprojecten) pakt niet goed uit voor deze soorten, daarbij verdwijnt het laagdynamische plantenrijke habitat grotendeels.

De soorten van beschutte en plantenrijke zoete wateren gebruiken allemaal grofweg hetzelfde biotoop maar hebben daarbinnen enigszins tegenstrijdige leefgebiedsvoorkeuren. Daarom vormt lokaal beheer een belangrijk aandachtspunt. Onder de huidige omstandigheden, met een geringe hoeveelheid inundatie en natuurlijke peildynamiek, groeien wateren snel dicht. Voor de grote modderkruiper is dit gunstig, waardoor deze soort profiteert van extensief beheer. Op een gegeven moment verlandt een gebied echter te veel waardoor het ook voor de grote modderkruiper ongeschikt wordt. Om voor alle soorten optimaal leefgebied te behouden is zodoende een variatie (mozaïek) aan beschutte plantenrijke wateren bendodigd, wat tegenwoordig nauwkeurig lokaal beheer vereist. Overigens, dit gebeurt alleen omdat men tegenwoordig wil dat een soort altijd op dezelfde plek (in het Natura 2000-gebied) leefgebied moet hebben. In een natuurlijk systeem kunnen wateren als gevolg van natuurlijke dynamiek verlanden, op die manier verdwijnen en ontstaan leefgebieden.



Figuur 5-48 De bittervoorn is een zogeheten limnofiel, ze vinden geschikt leefgebied in laagdynamisch plantenrijk zoetwater (foto door Arthur de Bruin - blikonderwater.nl)

Soorten van moerassen, ruigte en/of duinen

Tabel 5-22 Overkoepelende toestand en knelpunten van soorten van moerassen, ruigte en/of duinen in de BRM. Voor achtergrond en bronnen zie Bijlage B.

Soorten van moerassen, ruigte en/of duinen					
Aantal soorten	Verdeeld over ... Natura 2000-gebieden	Gemiddelde toestand over de gehele lijn			Voornaamste knelpunten
		goed	matig	slecht	

4	4	2	0	2	<ul style="list-style-type: none"> - Verruiging (o.a. door stikstof), droogte en successie - Ongunstig lokaal (maai)beheer - Gebrek aan (peil)dynamiek (uitsluitend Noordse woelmuis & tonghaarmuts) - Concurrentie met andere soorten woelmuizen (uitsluitend Noordse Woelmuis) - Gebrek aan connectiviteit - Opwarming klimaat
---	---	---	---	---	--

De soortgroep van moerassen, ruigte en/of duinen bestaat uit een mix van soorten met relatief verschillende biotoopvoorkeuren, te weten de Noordse woelmuis, nauwe korfslak, groenknolorchis en tonghaarmuts. De Noordse woelmuis vindt leefgebied in vochtige habitats, zoals (periodiek overstroomd) rietland, moeras, drassig hooiland en vochtige duinvalleien. Op plaatsen waar geen andere woelmuizen voorkomen leeft de soort ook in drogere ruigtes en graslanden, dit is in Nederland echter meestal niet het geval. De nauwe korfslak, een kleine landslak, vindt leefgebied in de strooisellaag en ondergroei binnen drogere (kalkrijke) duinen, en het daar in en omheen gelegen struweel en bos. De groenknolorchis vindt geschikt groeigebied in jonge kalkrijke vochtige duinvalleien. De tonghaarmuts, een mos, is een pioniersoort die vrijwel uitsluitend voorkomt in vochtige, jonge wilgenbossen, vaak als onderdeel van oobos langs de rivieren. Het is voor het mos van belang dat op korte afstand nieuw jong bos blijft ontwikkelen. Zodoende is de soort afhankelijk van (rivier) dynamiek. Qua biotopen komen de soorten dus voor binnen natte tot droge duinen, graslanden, riet-/moerasruigte en (ooi)bossen vanaf de hoge rand van het intergetijdengebied, zowel onder invloed van zoet als zout.

Het gaat relatief goed met de nauwe korfslak en groenknolorchis. Dit suggereert dat het groei- en leefgebied in de vochtige tot droge duinvalleien van voldoende kwaliteit is. De laatste jaren heeft de groenknolorchis zich zelfs in rap tempo uitgebreid in de richting van Goeree, waar (nog) geen doelstellingen gelden voor de soort. Het biotoop heeft wel te leiden onder verruiging en successie (o.a. door stikstof) en droogte. Dit heeft als gevolg dat regelmatig herstel- en beheermaatregelen nodig zijn die verruiging lokaal tegengaan, zodat het biotoop behouden kan blijven. De maatregelen die worden uitgevoerd om verruiging tegen te gaan hebben een negatief effect op de nauwe korfslak, aangezien de soort juist leeft in de strooisellaag en ondergroei.

De toestand van de Noordse woelmuis is minder goed. Dit is met name het gevolg van concurrentie met andere soorten woelmuizen in combinatie met een gebrek aan (peil)dynamiek. Op droog terrein wordt de soort namelijk weggeconcurrerd door andere soorten woelmuizen. Omdat de Noordse woelmuis geen watervrees heeft vindt de soort nog wel geschikt leefgebied in vochtige gebieden, zeker wanneer die onder invloed staan van een fluctuerend peil (de waterspitsmuis, zonder doelstellingen, deelt dit leefgebied). Deze biotopen tussen land en water zijn tegenwoordig echter relatief beperkt aanwezig als gevolg van het verharden van oevers en het indammen van waterlichamen (paragraaf 5.3). Hierdoor valt de verbinding tussen biotopen lokaal ook weg en raken (deel)populaties geïsoleerd.

De tonghaarmuts leeft een dermate verborgen bestaan dat de huidige toestand lastig vast is te stellen. Uitgebreide inventarisaties naar de soort binnen kansrijke gebieden in de Biesbosch in 2022 hebben echter niet geleid tot waarnemingen van de tonghaarmuts. De kans lijkt daarom klein dat deze soort nog ergens in de Biesbosch voorkomt (van der Pluijm et al., 2022) Veroudering van de wilgenbossen (als gevolg van beperkte dynamiek) en opwarming van het klimaat vormen belangrijke knelpunten voor de tonghaarmuts. De toestand is daarom aangemerkt als slecht.

5.4.2.4 Vogelrichtlijnsoorten

Binnen Natura 2000 beleid wordt een onderscheid gemaakt tussen broedvogels en niet-broedvogels. Dit is ook niet vreemd gezien vogels tijdens de broedperiode vaak andere biotopen gebruiken dan tijdens de trek- en winterperiode. Zodoende vervult een Natura 2000-gebied ook functies voor andere soorten broedvogels en niet broedvogels. In deze analyse worden broedvogels en niet-broedvogels daarom ook apart behandeld. Eerst wordt ingegaan op de broedvogels. Vervolgens op de niet-broedvogels.

Broedvogels

In de 14 Natura 2000-gebieden zijn 20 broedvogelsoorten aangewezen. Voor iedere soort is per Natura 2000-gebied de toestand en knelpunten beschreven. De resultaten hiervan staan beschreven in Bijlage B. Om de toestanden van alle broedvogels overzichtelijk en bruikbaar te maken voor deze analyse zijn de soorten onderverdeeld in vier onderscheidende groepen op basis van broedbiotoop:

- Rietbroeders
- Moerasbroeders
- Kale grond broeders
- Steilwandbroeders

In onderstaande paragrafen zijn alle toestanden en knelpunten waar sprake van is voor soorten binnen een onderscheidende groep gedestilleerd. Zo wordt een centraal beeld van de algehele toestand en voornaamste knelpunten per onderscheidende groep gevormd.

Algemene soortinformatie over vogelrichtlijnsoorten is afkomstig uit de betreffende profieldocumenten, aangevuld met soortinformatie van Sovon en Vogelbescherming Nederland. Wanneer specifieke literatuur wordt aangehaald is dit gerefereerd.

Rietbroeders

Tabel 5-23 Overkoepelende toestand en knelpunten van vogelsoorten die broeden in het riet in de BRM. Voor achtergrond en bronnen zie Bijlage B.

Rietbroeders					
Aantal soorten	Verdeeld over ... Natura 2000-gebieden	Gemiddelde toestand over de gehele lijn			Voornaamste knelpunten
		goed	matig	slecht	
5	3	2	2	1	<ul style="list-style-type: none"> - Beperkt areaal en kwaliteit leefgebied door verruiging en verdroging. Hierin speelt het volgende een rol: <ul style="list-style-type: none"> o gebrek aan peildynamiek o opslag van invasieve exoten als late guldenroede en reuzenbalsemien o Lokaal aantasting riet door vraat ganzen - Toename grondpredatie door vossenpopulatie - Recreatiedruk en aanrijdingen verkeer - Afname voedselbeschikbaarheid, insecten en prooidieren

Zoals de naam van de soortgroep al doet vermoeden broeden deze soorten in het riet, afhankelijk van de soort soms ook met een overgang richting moerasvegetatie. Zodoende is het leefgebied van de soorten gelegen in het biotoop riet-/moerasruigte. Het gaat om de blauwborst, rietzanger, snor, roerdomp en bruine kiekendief. De voorkeur gaat uit naar uitgestrekte en rustig gelegen rietlanden en -kragen met overjarig riet, eventueel met moerassituaties. Voor broedvogels is niet alleen een goede nestplaats van belang, ook voldoende voedsel in de omgeving is cruciaal. De blauwborst, rietzanger en snor foerageren in en om de nestplaats in het riet op kleine insecten. De roerdomp blijft ook nabij het nest en heeft een divers dieet van vis en amfibieën, maar ook kleine zoogdieren, jonge vogels en grote waterinsecten worden gegeten. De bruine kiekendief jaagt op kleine zoogdieren tot middelgrote watervogels en vliegt hiervoor tot meerdere kilometers van het nest.

De huidige toestand van deze soortgroep is matig te noemen, lokaal met uitschieters naar goed, maar ook naar slecht. Dit komt met name door een gebrek aan kwalitatief rietland. Als gevolg van een beperkte peildynamiek is veel rietland verruigd en verdroogd. Een deel van de vegetatie die het verdroogde rietland overneemt bestaat uit exoten, in het bijzonder late guldenroede en reuzenbalsemien. Vraat door de grote hoeveelheid ganzen geeft riet daarnaast lokaal niet de kans om te verjongen. In het veelal verdroogde en verruigde rietland kunnen grondpredatoren, zoals vos, beter uit de voeten, waardoor het minder geschikt raakt als broedgebied en het broedsucces afneemt. Door de verruiging moeten insectenetters, zoals blauwborst en snor, ook meer moeite doen om aan voldoende voedsel te komen. Afname voedselbeschikbaarheid vormt ook voor bruine kiekendief een knelpunten. In omliggend landbouwgebied zijn minder prooidieren te vinden door intensivering. De broedvogels ondervinden ook last van recreatiedruk. Ze worden verstoord

in de geschikte broedgebieden, specifiek voor roerdomp wordt ook vermeld dat er sprake is van aanrijdingen in het verkeer (Terlouw et al., 2020).

De soortgroep rietbroeders heeft eerst sterk geprofiteerd van de totstandkoming van extra oppervlaktes riet, moeras en ruigte op en rond de voormalige schorren en slikken in het Haringvliet na de afsluiting in 1970 (Arts et al., 2019) bijvoorbeeld in de Spuimond en op de Blanken Slikken op Tiengemeten. Dit was het gevolg van de verzoeting van het gebied, waardoor schorren plaats maakte voor riet (zie ook Figuur 5-7). Binnen relatief korte tijd keerde rond 1995 de positieve trend echter om naar een negatieve trend. Dit als gevolg van vegetatiesuccessie, de kwaliteit van het broedbiotoop ging achteruit. Zo ook in de Biesbosch in de polder Noorderplaat. De verruigde en verdroogde rietpolder is rond 2016 hersteld. Hierbij is de opslag van vegetatie rigoureuus verwijderd en zijn dichtgegroeide watergangen opgeschoond. Maar de belangrijkste ingreep was het verbinden van de polder met het buitenwater en het bijbehorende waterbeheer: In de winter mag het water vrij de polder instromen. Aan het eind van de winter wordt de verbinding dichtgezet en blijft het gebied de gehele zomer een waterrijk rietmoeras (Figuur 5-49).

Ten slotte, de iconische rietvogel grote karekiet is niet aangewezen in Natura 2000-gebieden, maar mag ook niet ongenoemd blijven, zie onderstaand kader, met referenties naar Terlouw et al. (2020) en van der Winden et al. (2020).

Hoge aantallen grote karekiet

De grote karekiet is afhankelijk van het robuustere water- en stromingsriet (Figuur 5-6). Tot ca. 1965 waren het relatief algemene broedvogels in de BRM. In en rond de Biesbosch ging het bijvoorbeeld om tot wel 1100 broedpaarterritoria (Terlouw et al., 2020). Maar sindsdien zijn de aantallen gekelderd, tegenwoordig komt nog maar een fractie van de broedparen van toen tot broeden in Nederland en zijn het aantal broedterritoria vaak op één à twee handen te tellen. De enorme kentering is het gevolg van de afname van geschikt water- en stromingsriet als gevolg van waterpeilverlagingen, inperking van de peildynamiek, instroom van meststoffen en pesticiden en het veranderde oeverbeheer (Terlouw et al., 2020). Recente natuurherstelmaatregelen laten wel zien dat herstel van het broedbiotoop en de populatie grote karekiet in vrij korte tijd mogelijk is. Bij lokale maatregelen in de vechtplassen en randmeren is getracht het water- en stromingsriet weer tot stand te laten komen, simpelweg door ganzenvraat tegen te gaan met rasters. De rietkragen namen snel toe in formaat en de populatie grote karekieten neemt sindsdien weer toe (van der Winden et al., 2020).



Figuur 5-49 De waterrijke rietmoerassen van de Noorderplaat. Het lokale beheer is afgestemd op het behouden van geschikt broederbiotoop voor rietbroeders zoals de snor en roerdomp (foto door Jacques van der Neut, via Terlouw et al., 2020).

Moerasbroeders

Tabel 5-24 Overkoepelende toestand en knelpunten van vogelsoorten die broeden in de moerassen van de BRM. Voor achtergrond en bronnen zie Bijlage B.

Moerasbroeders					
Aantal soorten	Verdeeld over ... Natura 2000-gebieden	Gemiddelde toestand over de gehele lijn			Voornaamste knelpunten
		goed	matig	slecht	
7	5	2	2	3	<ul style="list-style-type: none"> - Beperkt areaal en kwaliteit (riet)moeras, pioniermoeras en watervegetatie (broed- en foerageergelegenheid), met name als gevolg van afwezigheid natuurlijk peildynamiek en verdroging. Ook door verruiging, lokale begrazingsdruk ganzen en onvoldoende waterkwaliteit - Predatie grondpredatoren, met name in verdroogde delen - Verstoring - Specifiek voor zwarte stern: broedconcurrentie door kokmeeuw en aantasting van nesten door ganzen.

De moerasbroeders broeden in het moeraslandschap (biotoop riet-/moerasruigte), waarin per soort variaties zijn qua specifieke broedplaats binnen het moeras. Het gaat om aalscholver, zwarte stern, geoorde fuut, porseleinhoen, lepelaar, purperreiger en kleine zilverreiger. De aalscholver, purperreiger, lepelaar en kleine zilverreiger broeden graag in kolonies. Ze maken nesten in grote struiken tot bomen, maar wanneer grondpredatoren (vrijwel) afwezig zijn, zoals op eilanden, nestelen ze ook op de grond of in overjarig riet. De geoorde fuut en porseleinhoen nestelen langs de oevers van beschutte ondiepe wateren met voldoende vegetatie, zoals zegge. De zwarte stern nestelt in kolonies in moeraslandschap op drijvende watervegetatie, het liefst krabbenscheer. Zes van de zeven moerasbroeders foerageren met name op vis. Een goede visstand in en rond het broedbiotoop is daarom belangrijk. De uitzondering is de porseleinhoen, welke er een gevarieerd dieet op na houdt van diverse ongewervelden, kleine amfibieën en visjes, maar ook plantaardig materiaal zoals zaden en wortels.

De toestand van de moerasbroeders is over het algemeen matig tot slecht, met uitzondering van de lepelaar en purperreiger, daarmee gaat het relatief goed. De positieve trend van beide soorten over de laatste decennia komt overeen met de positieve landelijke trend. Sinds ca. 1990 heeft de lepelaar veel nieuwe plekken in Nederland gekoloniseerd waar predatie van vos een minder groot probleem vormt. De purperreigers zijn sterk toegenomen na een dieptepunt in de jaren 70-80 na extreme droogte in het overwinteringsgebied.

De matige tot slechte toestand van de meeste moerasbroeders is met name te danken aan het beperkte areaal en kwaliteit van (riet)moeras, pioniermoeras en watervegetatie. Dit is het gevolg van de afwezigheid van natuurlijk peildynamiek in combinatie met verdroging. Ook door verruiging, lokale begrazingsdruk van ganzen en eutrofiëring vermindert de kwaliteit van het biotoop. In de verdroogde delen ondervinden de moerasbroedvogels ook meer last van grondpredatie, bijvoorbeeld door vossen. Daarnaast ondervinden de broedvogels ook last van verstoring door recreatie in de geschikte broedgebieden. Ondanks dat het relatief goed gaat met de purperreiger en lepelaar leiden bovengenoemde knelpunten ook tot inperking van de draagkracht van het broedbiotoop voor deze soorten.

Specifiek voor de zwarte stern spelen een aantal typerende knelpunten. De uitbundige drijvende watervegetaties van o.a. krabbenscheer die nodig zijn als broedgelegenheid zijn tegenwoordig nauwelijks meer aanwezig in de benodigde kwaliteit en kwantiteit, dit als gevolg van een ontoereikende waterkwaliteit en lokaal intensief schoningsbeheer (zie ook paragraaf 5.4.2.2 aquatische habitats zoet). Om de zwarte stern te behouden als broedvogel worden ieder broedseizoen daarom op diverse plaatsen kunstmatige nestvlotjes aangelegd (Figuur 5-50). Tegenwoordig broeden bijna alle zwarte sterns in Nederland op deze kunstmatige nestvlotjes. De soort is daarom momenteel volledig afhankelijk van de inzet van deze intensieve lokale beheersmaatregel. Het luistert overigens nauw of de nestvlotjes ook daadwerkelijk leiden tot succesvol broedsucces (onbegroeid, te dicht bij elkaar, te hoog in het water, etc.). Daarnaast zijn de broedvlotjes gevoelig voor broedconcurrentie door kokmeeuw en lokaal voor aantasting door groepen ganzen die de nesten omver zwemmen.



Figuur 5-50 Door het gebrek aan krabbenscheer maken vrijwel alle broedende zwarte sterns in Nederland tegenwoordig gebruik van door vrijwilligers aangelegde nestvlotjes (foto door Leen Euser, via Natuurmonumenten, n.d.).

Kale grond broeders

Tabel 5-25 Overkoepelende toestand en knelpunten van vogelsoorten die broeden op de kale gronden binnen de BRM. Voor achtergrond en bronnen zie Bijlage B.

Kale grond broeders					
Aantal soorten	Verdeeld over ... Natura 2000-gebieden	Gemiddelde toestand over de gehele lijn			Voornaamste knelpunten
		goed	matig	slecht	
7	3	1	0	6	<ul style="list-style-type: none"> - Geschikt broedgebied (kale grond) groeit dicht door successie als gevolg van afwezigheid dynamische processen (waaronder natuurlijke peildynamiek zoals winterse inundatie) - Overspoeling van broedgebied bij hoge rivierafvoeren en waterstanden in de broedtijd. - Gebrek aan rust (verstoring)

Bij kale grond broeders gaat het in dit geval om kluut, bontbekplevier, strandplevier, zwartkopmeeuw, grote stern, visdief en dwergstern. Zij komen tot broeden in kolonies op kale bodems tot hooguit met korte vegetatie schaars begroeide gronden. Dit zijn meestal locaties in een dynamisch milieu waar de vegetatie nog geen kans heeft gehad om zich te vestigen, of die 's winters door langdurige inundatie afsterft. Denk aan drooggevallen platen en oevers met een (vrijwel) kale zandbodem (Figuur 5-51). Soms voldoen kale akkers in de buurt van waterrijkgebied ook aan de criteria. Het broedhabitat is daarmee gelegen op de langs zoet- tot zoutwater gelegen hoge rand van de getijdenbiotopen. Dit maakt dat de nesten van nature gevoelig zijn voor overstroming. Wat betreft voedsel zijn de kluut, bontbekplevier en strandplevier afhankelijk van voldoende ongewervelde dieren die op de grond of in het slik leven. De stern, visdief en dwergstern jagen vanuit de lucht op vis. De zwartkopmeeuw heeft een gevarieerd dieet en kan verschillende methoden toepassen om voedsel te vinden.

De toestand van de kale grond broeders is voor bijna iedere soort slecht. Alleen zwartkopmeeuw verkeert in een goede toestand. De reden dat het slecht gaat met de meeste kale grond broeders is te wijten aan de afwezigheid van voldoende dynamiek in het systeem, met in het bijzonder natuurlijke peildynamiek. Als gevolg daarvan neemt successie de kale gronden in rap tempo over, waardoor het snel dichtgroeit. Zodoende is het broedbiotoop -kale

gronden- nog maar weinig en lokaal aanwezig. De meeste soorten die broeden op kale gronden haken af wanneer er te veel vegetatie aanwezig als gevolg van successie. Uitzondering hierop is de zwartkopmeeuw, die een hogere tolerantie heeft vegetatie, ook heeft de soort een generalistischer dieet. Dit is de reden waardoor het wel relatief goed gaat met deze soort.

Om het broedbiotoop te behouden wordt op diverse plaatsen intensief beheer toegepast, waarbij de vegetatie jaarlijks volledig wordt verwijderd. Ook worden er lokaal nieuwe kale broedgebieden ingericht, zoals in 2018 het broedeiland Blik in het Haringvliet (Figuur 5-51). Om de juiste (kale) broedomstandigheden te behouden is lokaal intensief beheer vereist. Het eiland moet namelijk ieder jaar volledig gemaaid worden (of afsterven door langdurige inundatie). Ter indicatie: de vegetatie op Figuur 5-51 is slechts van een deel van één groeiseizoen. Zonder lokaal beheer zou het dichtgegroeide eiland het jaar erna niet tot nauwelijks meer geschikt zijn als broedplaats. Het bedieningsregime van de Haringvlietsluizen houdt rekening met de maximale waterstand op het Haringvliet en Hollands Diep om te voorkomen dat broedeilanden overstroomd in het broedseizoen (pers. com. L. Baars, 2023).

Tenslotte zijn de geconcentreerde kolonie broedvogels ook extra gevoelig voor grondpredatie (met name vos en rat) en verstoring. Ook de lang aanhoudende vogelgriep leidt tot grote sterfte bij deze kolonievogels.



Figuur 5-51 Broedende grote sterns, zwartkopmeeuwen en kokmeeuwen op broedeiland Blik in het Haringvliet, dat in 2018 voor kale grond broeders is aangelegd (Foto via (Staatsbosbeheer, 2022)).

Steilwandbroeders

Tabel 5-26 Overkoepelende toestand en knelpunten van vogelsoorten die broeden in steilwanden binnen de BRM. Voor achtergrond en bronnen zie Bijlage B.

Steilwandbroeders					
Aantal soorten	Verdeeld over ... Natura 2000-gebieden	Gemiddelde toestand over de gehele lijn			Voornaamste knelpunten
		goed	matig	slecht	
1	1	1	0	0	- Geen concrete knelpunten - Recreatiedruk en waterkwaliteit vormen wel aandachtspunt.

Binnen de soortgroep van vogels die nestholten maken in steilwanden is alleen de ijsvogel aangewezen. Het gaat met name om steilwanden langs wateren die zich daar vormen als gevolg van landafslag door hydromorfologische dynamiek (Figuur 5-52). Dit vormt een biotoop op zich. Als gevolg van die dynamiek kunnen de als broedplaats geschikte steilwanden ieder jaar verdwijnen en ontstaan. Behalve steilwanden broedt de ijsvogel ook in wortelkluiten van omgewaaide bomen. Verder is de op vis jagende ijsvogel afhankelijk van een goede visstand.

De ijsvogel had in de jaren zestig nog last van een slechte waterkwaliteit, maar sindsdien is de soort gestaag toegenomen in aantal. Dit is het gevolg van een verbeterde waterkwaliteit en lokaal herstel van natuurlijke oevers en de bijbehorende aanbodtoename in nestgelegenheid. Doordat oobossen ouder zijn geworden en stormen zorgen voor omgewaaide bomen is er meer rustig broedgebied in de oobossen ontstaan verder van de waterkant af. Dit zorgt ervoor dat IJsvogels niet meer langs de zeer drukke recreatieve kreken hoeven te broeden (met vaak een laag broedsucces), wat de populatie ten goede komt. Tegenwoordig zijn er geen concrete knelpunten voor de ijsvogel, recreatiedruk en waterkwaliteit vormen nog wel een aandachtspunt.

Ook de oeverzwaluw (niet aangewezen in Natura 2000 gebieden binnen de BRM) broedt in steilwanden. Met de oeverzwaluw gaat het ook goed, de soort vertoont net als de ijsvogel een positieve trend. In wortelkluiten wordt echter niet gebroed waardoor de soort sterk afhankelijk is van landafslag en hydromorfologische processen. En speciaal daarvoor door beheerders gemaakte (kunst)broedwanden.



Figuur 5-52 Steilwanden als gevolg van oeverafslag langs de Beneden Merwede. Dit vormt uitstekende nestgelegenheid voor ijsvogel en oeverzwaluw (foto door Rob Haan, via Terlouw et al., 2020)

Niet-broedvogels

In de 14 Natura 2000-gebieden zijn 48 niet-broedvogels aangewezen. Dit zijn vogels waarvoor de BRM een belangrijke functie heeft als rust- en foerageergebied in de winter en/of tijdens de doortrek. Voor iedere soort is per Natura 2000-gebied de toestand en knelpunten beschreven. De resultaten hiervan staan beschreven in Bijlage B. Om de toestanden van alle niet-broedvogelsoorten overzichtelijk en bruikbaar te maken voor deze analyse zijn de soorten onderverdeeld in negen onderscheidende groepen op basis van foerageerwijze. Dit is een toepasselijke indelingswijze omdat soorten met dezelfde foerageerwijze veelal gebruik maken van soortgelijke foerageer- en rustbiotopen. Ze zijn dus afhankelijk van soortgelijke biotopen. Het gaat om onderstaande groepen:

- Viseters (vanuit vlucht) - Marien/estuariën/zoet
- Viseters (duikend) - Marien/estuariën/zoet
- Viseters (wadend) - Estuariën/zoet
- Macrofauna-eters (duikend) - Marien/Estuariën/zoet
- Macrofauna-eters (wadend) - Marien/estuariën
- Macrofauna-eters (wadend) - Estuariën/zoet & graslanden/akkers
- Omnivoren (duikend) - Zoet
- Omnivoren en planteneters (grondelend/grazend) - Estuariën/zoet & graslanden/akkers
- Roofvogels

In onderstaande paragrafen zijn alle toestanden en knelpunten waar sprake van is voor soorten binnen een onderscheidende groep gedestilleerd. Zo wordt een centraal beeld van de algehele toestand en voornaamste knelpunten per onderscheidende groep gevormd.

Algemene soortinformatie over vogelrichtlijnsoorten is afkomstig uit de betreffende profieldocumenten, aangevuld met soortinformatie van Sovon en Vogelbescherming Nederland. Wanneer specifieke literatuur wordt aangehaald is dit gerefereerd.

Viseters (vanuit vlucht) - Marien/estuariën/zoet

Tabel 5-27 Overkoepelende toestand en knelpunten van trek- en wintervogelsoorten die foerageren op vis (vanuit vlucht) in de BRM. Voor achtergrond en bronnen zie Bijlage B.

Viseters (vanuit vlucht) - Marien/estuariën/zoet					
Aantal soorten	Verdeeld over ... Natura 2000-gebieden	Gemiddelde toestand over de gehele lijn			Voornaamste knelpunten
		goed	matig	slecht	
3	1	1	0	2	- Onvoldoende rust door land- en waterrecreatie (o.a. kitesurfen en wandelaars).

De niet-broedvogelsoorten die foerageren op (kleine) vis vanuit vlucht worden vertegenwoordigd door de dwergmeeuw, visdief en grote stern. Het zijn allen trekkers die langs de BRM trekken van en naar hun broedgebied, ze overwinteren hier niet tot nauwelijks. Groot verschil hierbij is wel dat de dwergmeeuwen in een korte periode langs de BRM trekken en daar kort pleisteren, terwijl veel van de visdieven en grote sterns ook in BRM of andere delen van Nederland broeden. De soorten rusten langs het kustgebied aan de oevers van kustwateren en/of grote open brakke tot zoete wateren. Ze foerageren ook in die wateren. Biotopen die voor deze soortgroep van belang zijn, zijn dus met name de ondiepe tot diepe zoete tot zoute permanent overstromde wateren, zowel met als zonder getij, en de schaars begroeide getijdezones en oevers.

De toestand van dwergmeeuw is goed, terwijl de toestand van de visdief en grote stern juist slecht is. Het enige knelpunt dat voor de slechte toestand wordt vermeld is een gebrek aan rust door land- en waterrecreatie, zoals kitesurfers en wandelaars. De laatste jaren speelt vogelgriep ook een knelpunt voor de soort.

Het kan zijn dat de dwergmeeuw minder beïnvloed wordt door de knelpunten omdat de soort in een korte tijd langs het BRM-gebied trekt, terwijl de visdief en grote stern langer verblijven in de BRM en daarom mogelijk meer afhankelijk zijn van rustige rust en foerageerplaatsen. Krijgsveld et al. (2022a) vermelden dat de drie soorten vergelijkbare tolerantie voor verstoring hebben: tijdens het rusten zijn ze (zeer) verstoringsgevoelig, maar bij het foerageren ondervinden ze minder last van verstoring. Het feit dat het enige knelpunt verstoring blijkt te zijn suggereert dat de draagkracht van het gebied in principe op orde is.

Hiernaast kan een verbetering van de veelal slechte tot matige visstand (zie paragraaf 5.4.1.5 KRW - Vissen) zorgen voor een hogere draagkracht voor deze zichtjagende viseters. Bodemroerende visserij (boomkor- en garnalenvisserij), dat nog veel aanwezig is in de Voordelta, kan hier onderdeel van uitmaken (zie ook 5.4.2.2 - aquatische habitats zout open water). De bodemroerende visserij heeft een significant negatieve correlatie met de aanwezigheid van zandspieringen (beheerplan Voordelta), welke juist goed voedsel vormen voor visdieven en grote sterns (Roodbergen et al. (2022); Figuur 5-53).



Figuur 5-53 De zandspiering vormt een belangrijke voedselbron voor onder andere visdieren (foto door Albert de Jong, via (Roodbergen et al., 2022))

Viseters (duikend) - Marien/estuariën/zoet

Tabel 5-28 Overkoepelende toestand en knelpunten van trek- en wintervogelsoorten die foerageren op vis (duikend, vanaf het wateroppervlak) in de BRM. Voor achtergrond en bronnen zie Bijlage B.

Viseters (duikend) - Marien/estuariën/zoet					
Aantal soorten	Verdeeld over ... Natura 2000-gebieden	Gemiddelde toestand over de gehele lijn			Voornaamste knelpunten
		goed	matig	slecht	
7	5	4	3	0	<ul style="list-style-type: none"> - Onvoldoende rust. Door scheepsvaart en visserij (met name op zee) en door recreatie (met name op binnenwateren). - Beroepsvisserij - Externe factoren, diverse soorten zullen steeds noordelijker blijven overwinteren als gevolg van zachtere winters.

De niet-broedvogelsoorten die al duikend vanaf het wateroppervlak foerageren op vis worden vertegenwoordigd door de roodkeelduiker, fuut, kuifduiker, aalscholver, nonnetje, middelste zaagbek en grote zaagbek. Het zijn allen soorten die in de BRM overwinteren, waarbij de fuut en aalscholver (en in minimale mate ook de middelste zaagbek) hier ook broeden. De soorten rusten en foerageren in de winter in de kustwateren en/of op grote open brakke tot zoete wateren. Biotopen die voor deze soortgroep van belang zijn, zijn dus met name de matig ondiepe tot diepe zoete tot zoute permanent overstroomde wateren, zowel met als zonder getij.

De toestand van deze groep vogels is goed tot matig. De knelpunten voor de soorten zijn gedeeltelijk te vinden in externe factoren, diverse soorten overwinteren namelijk steeds noordelijker als gevolg van klimaatverandering. Het voornaamste interne knelpunten wordt gevormd door onvoldoende rust als gevolg van intensieve scheepvaart, waaronder ook garnalenvisserij en zandsuppleties (Figuur 5-54), maar ook door recreatie, dat steeds vaker jaarrond plaatsvindt. Voedselbeschikbaarheid vormt waarschijnlijk niet tot nauwelijks een knelpunt. Dat beroepsvisserij in diverse gebieden niet meer mag plaatsvinden (o.a. door natuurontwikkeling) draagt hieraan bij. Mogelijk zijn de aantallen futen hierdoor verder gestegen (Terlouw et al., 2020), echter is binnen heel Nederland een positieve trend waarneembaar van de futen populatie. Desalniettemin is het mogelijk dat visserij een negatieve impact heeft op de draagkracht van wateren voor visetende vogelsoorten. Een verbetering van de veelal matige visstand (zie paragraaf 5.4.1.5 KRW - Vissen) zou daarom kunnen leiden tot een hogere draagkracht voor zichtjagende viseters. Ten slotte wordt vermeld dat het foerageergebied lokaal aan de kust afneemt door aanzanding. Op schaal van de volledige BRM vormt het oppervlak aan foerageergebied echter geen knelpunt.



Figuur 5-54 Zandsuppleties in de Voordelta trekken massa's meeuwen aan die hopen op een eenvoudige maaltijd. De zeer verstoringsgevoelige roodkeelduiker blijft echter weg (foto door Paul Böhre, via <https://www.rootsmagazine.nl/vogels/meeuwen-hemel-2022/>).

Viseters (wadend) - Estuarien/zoet

Tabel 5-29 Overkoepelende toestand en knelpunten van trek- en wintervogelsoorten die foerageren op vis (wadend) in de BRM. Voor achtergrond en bronnen zie Bijlage B.

Viseters (wadend) - Estuarien/zoet					
Aantal soorten	Verdeeld over ... Natura 2000-gebieden	Gemiddelde toestand over de gehele lijn			Voornaamste knelpunten
		goed	matig	slecht	
3	5	3	0	0	- Geen concrete knelpunten

De niet-broedvogelsoorten die al wadend en lopend foerageren op vis worden vertegenwoordigd door de lepelaar, kleine zilverreiger en grote zilverreiger. De vogels foerageren in en rond ondiepe oeverzones van zowel zoet als zoutwater, naast vis eten ze ook ongewervelden en amfibieën. De grote zilverreiger overwintert in grote aantallen in Nederland, van de kleine zilverreiger en lepelaar trekken de meeste weg na het broedseizoen. De soorten maken buiten de broedperiode gebruik van gezamenlijke slaappleaatsen, onder meer in moeras-/rietruigte. Biotopen die voor deze soortgroep van belang zijn, zijn dus met name de zoete tot zoute ondiepe wateren, getijdenzones en riet-/moerasruigte.

De toestand van de soortgroep is goed. Behalve dat strenge winters bij deze viseters wel leiden tot grootschalige sterfte en/of trekbeweging (Figuur 5-55), worden er geen locatie specifieke knelpunten vermeld. De soorten zijn tussen 1970 en 1990 met een opmars begonnen en herkoloniseren de BRM en de rest van Nederland door uitbreiding vanuit omliggende landen. Sindsdien is sprake van een positieve trend. De toename in lepelaars volgt bijvoorbeeld na een dieptepunt in de populatie als gevolg van o.a. waterverontreiniging in de jaren 70.



Figuur 5-55 Tijdens strenge winters hebben de wadende viseters het zwaar, op deze foto zijn grote zilverreigers te zien (foto door Jacques van der Neut, via Terlouw et al., 2020)

Macrofauna-eters (duikend) – Marien/Estuarien/zoet

Tabel 5-30 Overkoepelende toestand en knelpunten van trek- en wintervogelsoorten die foerageren op macrofauna (duikend, vanaf het wateroppervlak) in zout tot zoet water in de BRM. Voor achtergrond en bronnen zie Bijlage B.

Macrofauna-eters (duikend) – Marien/Estuarien/zoet					
Aantal soorten	Verdeeld over ... Natura 2000-gebieden	Gemiddelde toestand over de gehele lijn			Voornaamste knelpunten
		goed	matig	slecht	
4	2	0	0	4	- Onvoldoende voedselbeschikbaarheid - Onvoldoende rust (scheepsvaart)

De niet-broedvogelsoorten die al duikend foerageren op macrofauna worden vertegenwoordigd door de eidereend, zwarte zee-eend, toppereend en brilduiker. De soorten overwinteren hier, een deel trekt ook verder. Ze foerageren met name op schelpdieren. Dit doen ze op grote open zoute en brakke, in mindere mate ook zoete, wateren. Biotopen die voor deze soortgroep van belang zijn, zijn daarom met name de zoute tot zoete (matig) diepe wateren, samen met de getijdenzones met een korte droogvalduur.

Het gaat niet goed met deze soortgroep. De reden hiervoor wordt met name gewijd aan onvoldoende beschikbaarheid van schelpdieren (voedsel). De veelal ontoereikende toestand van macrofauna kwam eerder in paragraaf 5.4.1.4 (KRW – Macrofauna) ook naar voren. Redenen voor de ontoereikende kwaliteit en hoeveelheid van macrofauna die beschikbaar is als voedsel in de kustzone zijn met name de bodemroerende visserij en de dominantie van de slecht eetbare invasieve exoten Amerikaanse zwaardschede (*Ensis directus*) en Japanse oester (*Crassostrea gigas*) (Figuur 5-56). De bodemberoerende visserij tast de waterbodem aan, inclusief de daar op en in levende macrofauna. Schelpdierbanken krijgen hierdoor niet de tijd om zich te ontwikkelen. De exoten zijn minder goed geschikt als voedselbron voor macrofauna-etende vogels. De Amerikaanse zwaardschede is bijvoorbeeld (te lang en scherp en daarnaast kunnen ze zich snel en diep ingraven. In zoetwater -waar de toppereend en brilduiker ook gebruik van maken als foerageergebied- zitten ook invasieve exoten, waaronder Quaggamosselen (*Dreissena bugensis*). Deze exotische schelpdieren vormen ook geen goed voedsel. Noordhuis et al. (2014) geven met dit als reden aan dat vogels lijken uit te wijken naar andere gebieden met een grotere diversiteit en abundantie aan macrofauna.

De ontoereikende draagkracht als gevolg van veelal onvoldoende voedselbeschikbaarheid wordt versterkt door een gebrek aan rust, waardoor de vogels kostbare energie verspillen. Verstoring wordt met name veroorzaakt door scheepsvaart, waaronder visserij- en zandsuppletieschepen, en door recreatie, dat steeds vaker jaarrond plaatsvindt (beheerplan voordelta).



Figuur 5-56 De zwarte zee-eend, een soort van het zoute open water, met een moeilijk te hanteren Amerikaanse zwaarschede. Het inslikken van dit schelpdier kan zelfs gevaarlijk zijn (foto door Sjek Venhuis, via (Fijn et al., 2017).

Macrofauna-etters (wadend) - Marien/estuariën

Tabel 5-31 Overkoepelende toestand en knelpunten van trek- en wintervogelsoorten die foerageren op macrofauna (wadend) langs de oevers van met name het zoute tot brakke water in de BRM. Voor achtergrond en bronnen zie Bijlage B.

Macrofauna-etters (wadend) - Marien/estuariën					
Aantal soorten	Verdeeld over ... Natura 2000-gebieden	Gemiddelde toestand over de gehele lijn			Voornaamste knelpunten
		goed	matig	slecht	
6	2	4	2	0	- Onduidelijk of er knelpunten zijn, mogelijk is kwaliteit foerageergebied en rust ontoereikend.

De niet-broedvogelsoorten die wadend en lopend foerageren op macrofauna in het mariene en estuariene milieu worden vertegenwoordigd door de bontbekplevier, zilverplevier, drieteenstrandloper, bonte strandloper, steenloper en rosse grutto. Het zijn vooral overwinteraars in Nederland, het grootste deel van de bontbekplevieren trekt wel verder door en pleisteren dus slechts kort in de BRM. De soorten foerageren met name in het intergetijdegebied langs de kust en estuaria op slikken en platen. De drieteenstrandloper en steenloper hebben een specifieke voorkeur voor respectievelijk droogvallende zandbodems en hard substraat (zoals strekdammen). Het zoute tot brakke intergetijdegebied vormt dan ook het biotoop voor deze soortgroep. Het dieet van de vogels is vrij divers binnen de macrofauna, zo worden onder andere wormen, schelpdieren, garnalen en kleine krabbetjes en visjes gegeten. Wanneer het hoogtij is rusten de dieren op hoogwatervluchtplaatsen. Dit zijn permanent droogliggende platen, schorren of graslanden met minimale vegetatie in de buurt van het foerageergebied. Hier wachten ze op het terugtrekkende water totdat ze weer kunnen foerageren. De rustende vogels zijn doorgaans zeer verstoring gevoelig op hoogwatervluchtplaatsen (Figuur 5-57).

De toestand van de soortgroep is overwegend goed, voor enkele soorten is echter sprake van een matige toestand. De factoren die hieraan ten grondslag liggen zijn niet geheel duidelijk. Mogelijk is sprake van een verplaatsing van dieren tussen deelgebieden als gevolg van een lokaal gebrek aan rust en/of voedselbeschikbaarheid. Aanzanding in de Voordelta werkt voor deze soortgroep overigens positief, hierdoor komt namelijk extra foerageergebied beschikbaar.



Figuur 5-57 Een recreant die een hoogwatervluchtplaats te dicht benadert leidt voor de rustende vogels tot verstoring (foto door Marc Guyt / Agami, via (Krijgsveld et al., 2022).

Macrofauna-eters (wadend) - Estuarien/zoet & graslanden/akkers

Tabel 5-32 Overkoepelende toestand en knelpunten van trek- en wintervogelsoorten die foerageren op macrofauna (wadend) langs de oevers van met name het brakke tot zoete water in de BRM en op graslanden en akkers. Voor achtergrond en bronnen zie Bijlage B.

Macrofauna-eters (wadend) - Estuarien/zoet & graslanden/akkers					
Aantal soorten	Verdeeld over ... Natura 2000-gebieden	Gemiddelde toestand over de gehele lijn			Voornaamste knelpunten
		goed	matig	slecht	
7	4	1	3	3	<ul style="list-style-type: none"> - Gebrek aan rust - Kwaliteit en omvang leefgebied mogelijk onvoldoende door intensief beheer agrarisch land - Externe oorzaken: van sommige soorten neemt de totale broedpopulatie af en ze overwinteren steeds noordelijker.

Binnen deze soortgroep vallen de niet-broedvogelsoorten die wadend en lopend foerageren op macrofauna langs de (droogvallende) oevers van met name zoete en brakke wateren. De scholekster, kluut, Kievit, grutto, wulp, tureluur en goudplevier zijn in dit geval het boegbeeld van deze soortgroep. Deze soorten foerageren en rusten ook regelmatig binnendijs op (vochtige) graslanden en akkers. Het zoete tot brakke intergetijdegebied samen met nat grasland vormt dan ook het biotoop voor deze soortgroep. Wanneer de soorten in intergetijdegebied foerageren maken ze bij hoogtij ook gebruik van hoogwatervluchtplaatsen. Het dieet bestaat vooral uit allerlei (kleine) ongewervelden. Het zijn vooral soorten die hier overwinteren, de kluut, grutto en tureluur trekken meestal wel in grote delen door en pleisteren daarbij relatief kort in de BRM.

De toestand van deze soortgroep is overwegend matig tot slecht. Alleen met de scholekster gaat het relatief goed in de BRM, hier vertoont de soort een positieve trend. Dit is verassend aangezien de landelijke trend juist negatief is. Een duidelijke verklaring hiervoor ontbreekt. De overwegend matige tot slechte toestand is waarschijnlijk te wijten aan een gebrek aan rust in zowel de foerageergebieden als de hoogwatervluchtplaatsen. Door intensief beheer van agrarisch land raken deze gebieden ook minder geschikt als foerageergebied. Ook spelen externe oorzaken een rol, veel soorten overwinteren steeds noordelijker, daarnaast neemt de West-Europese broedpopulatie van sommige soorten af.

Deze groep steltlopers profiteert van recente natuurherstelmaatregelen waarbij dynamische zones gecreëerd werden in de overgang tussen land en water, zoals de in 2015 ontpolderde Noordwaard (Biesbosch). De voormalige polder fungeert nu (weer) als doorstroomgebied en overstromingsvlakte. Direct na de realisatie van de Noordwaard namen grote aantallen steltlopers dit waterrijke gebied in gebruik als rust- en foerageerplaats (Figuur 5-58). Om verrijging tegen te gaan wordt lokaal begrazingsbeheer toegepast met behulp van grote grazers, waaronder waterbuffels. In dit

nieuwe dynamische gebied herleeft de zoetwatergetijdennatuur zich, met typerende flora (eerder toegelicht bij 5.4.2.2 – intergetijdegebied zoet), riet- en moerasvogels, vissen en beverburchten. Aanzanding in de Voordelta werkt voor deze soortgroep ook positief, hierdoor komt namelijk extra foerageergebied beschikbaar.



Figuur 5-58 De regelmatig onder water lopende graslanden in de Noordwaard zijn zeer aantrekkelijk als foerageer- en rustgebied voor steltlopers, zoals Kievit en goudplevier (foto door Hans Gebuis, via Terlouw et al., 2020)

Omnivoren (duikend) – Zoet

Tabel 5-33 Overkoepelende toestand en knelpunten van trek- en wintervogelsoorten die foerageren op macrofauna (duikend, vanaf het wateroppervlak) in uitsluitend de zoete wateren van de BRM. Voor achtergrond en bronnen zie Bijlage B.

Omnivoren (duikend) – Zoet					
Aantal soorten	Verdeeld over ... Natura 2000-gebieden	Gemiddelde toestand over de gehele lijn			Voornaamste knelpunten
		goed	matig	slecht	
3	3	3	0	0	<ul style="list-style-type: none"> - Verstoring (o.a. door sportvisserij) vormt aandachtspunt - Gebrek aan voedselaanbod vormt aandachtspunt. - Overwinteren steeds noordelijker door zachte winters.

De niet-broedvogelsoorten die vrijwel uitsluitend in zoete wateren duikend foerageren worden vertegenwoordigd door de tafeleend, kuifeend en meerkoet. De soorten overwinteren in Nederland. Ze eten gevarieerd en passen zich aan aan wat er beschikbaar op dat moment is: schelpdieren, insecten, larven, kleine amfibieën en visjes, maar ook waterplanten, zaden en wortels staan op het menu. De soorten rusten in beschutte delen van het water. De biotopen die voor deze soortgroep van belang zijn, zijn daarmee de ondiepe tot diepe zoete wateren, eventueel onder invloed van het getij.

De toestand van deze soortgroep is relatief goed en de draagkracht van de gebieden lijkt op orde, desondanks zijn er wel enkele aandachtspunten. Voldoende rust is belangrijk. In het gebied is echter regelmatig en in toenemende mate sprake van verstoring door recreatie- en beroepsvaart. Onderdeel hiervan is de sportvisserij (met bootjes), vaak al voor zonsopgang, dit zou vooral voor verstoring zorgen. Ook is er mogelijk sprake van een gebrek aan voedselaanbod. Oorzaak hiervan is mogelijk de overwegend matige staat van waterflora en macrofauna (toegelicht in paragraaf 5.4.1.3 en 5.4.1.4). Ook wordt specifiek de afname van het gemiddeld gewicht van prooidieren (inclusief exoot quaggamossel) genoemd als gevolg van het terugdringen van eutrofiëring (Arts et al., 2019). De vogels moeten meer moeite doen om aan dezelfde hoeveelheid voedsel te komen. Daarnaast wordt de eventuele grootschalige verzilting van het Haringvliet -als onderdeel van natuurherstelmaatregelen- als risico genoemd voor deze vogels van zoete wateren. Ten slotte zorgen de zachte winters ervoor dat de soorten steeds noordelijker overwinteren, hierdoor is er voorzichtig sprake van dalende aantallen.

Omnivoren en planteneters (grondelend/grazend) - Estuaries/zoet & graslanden/akkers

Tabel 5-34 Overkoepelende toestand en knelpunten van trek- en wintervogelsoorten die foerageren op planten en macrofauna (grondelend/grazend) in met name het brakke tot zoete water in de BRM en op graslanden en akkers. Voor achtergrond en bronnen zie Bijlage B.

Omnivoren en planteneters (grondelend/grazend) - Estuaries/zoet & graslanden/akkers					
Aantal soorten	Verdeeld over ... Natura 2000-gebieden	Gemiddelde toestand over de gehele lijn			Voornaamste knelpunten
		goed	matig	slecht	
12	9	6	3	3	<ul style="list-style-type: none"> - Gebrek aan rust. - Overmaat aan ganzen leidt lokaal tot afname kwaliteit leefgebied en concurrentie - Foerageergebied neemt wel af door natuurontwikkeling, slaapgebied neemt toe (uitsluitend ganzen) - Externe oorzaken, o.a. afname totale broedpopulaties, noordelijker overwinteren, buitenlandse jacht en nestvervolgning.

Binnen de soortgroep van omnivoren en planteneters zijn maar liefst 12 soorten aangewezen: kleine zwaan, kolgans, dwerggans, grauwe gans, brandgans, bergeend, smient, krakeend, wintertaling, wilde eend, pijlstaart en slobbeend. Er wordt dus door een groot aantal soorten gebruik gemaakt van soortgelijk foerageer en rustgebied. Het gaat met name om de ondiepe zoete tot brakke wateren, schorren en (natte) graslanden. De dieren eten daar zaden en plantendelen van kruiden, oever- en waterplanten door te grazen (met name de kleine zwaan, ganzen en smient, wintertaling). Naast planten eten de meeste eenden ook zoöplankton en andere kleine macrofauna door te 'grondelen' in ondiep water, oftewel het filteren van het water en slib door de snavel. Het zijn vooral overwinteraars in Nederland. Ook rusten ze op rustiger gelegen (beschutte en ondiepe) wateren (Figuur 5-59), oevers en graslanden in grote groepen.

De toestand van deze soortgroep verschilt maar is overkoepelend matig te noemen. Met de helft van de soorten gaat het relatief goed, maar met de overige soorten gaat het matig tot slecht. Er spelen een redelijk aantal externe factoren die hier van invloed op zijn. Veel soorten overwinteren steeds noordelijker. Daarnaast neemt de West-Europese broedpopulatie van sommige soorten af, mogelijk door nestvervolgning. Ook is sprake van sterfte door jacht.

Ook intern in de BRM zijn enkele knelpunten die de toestand negatief beïnvloeden. Het gaat om onvoldoende rust in de foerageer- en rustgebieden, oorzaken hiervan zijn al eerder toegelicht. Voor ganzen specifiek geldt wel dat het beschikbare foerageergebied afneemt door natuurontwikkeling, waarbij de gedeeltes van de Biesbosch zijn ontpolderd en graslanden in waterrijke natuur veranderen (Terlouw et al., 2020), slaap-/rustgebied neemt hierdoor echter juist toe. Grote groepen watervogels komen bijeen om te rusten in beschutte (delen van) wateren (Figuur 5-59). Deze grote concentraties met vogels zijn wel extra gevoelig voor verstoring, maar ook voor de recentelijk aanhoudende vogelgriep.

Daarnaast is een lokaal knelpunt de grote hoeveelheid ganzen (Figuur 5-60). Omdat een groot aantal soorten gebruik maakt van soortgelijk foerageer- en rustgebied leidt de lokale enorme aanwezigheid van ganzen in de BRM tot concurrentie voor geschikte foerageer- en rustplaatsen. Ook leidt de begrazingsdruk van ganzen tot een afname in kwaliteit van het leefgebied (zie ook Figuur 5-27 en Figuur 5-28).

De lokale overmaat aan ganzen levert behalve de bovengenoemde knelpunten voor watervogels ook problemen op voor het ecosysteem. Ze begrazen lokaal enorme hoeveelheden watervegetatie weg en zorgen voor een te hoge voedselrijkdom. Dit zorgt voor knelpunten voor verschillende watergebonden biotopen, welke eerder zijn eerder toegelicht (o.a. bij aquatische habitats (zoet) en riet- en moerasbroeders). Om de druk van de grote ganzenpopulaties te verminderen worden lokaal wel maatregelen getroffen. Rasters die water- en oevervegetatie beschermen tegen begrazing zijn al eerder beschreven (zie ook Figuur 5-27). In de Zouweboezem wordt verder bijvoorbeeld droogval toegepast om het gebied minder geschikt te maken als rustgebied. Dit leidt echter ook tot negatieve beïnvloeding van moeras- en ondergedoken watervegetaties, en daarmee ook de dieren (o.a. vogels, vissen, macrofauna) die daar van afhankelijk zijn. Dit geeft een impressie van de lastige afwegingen tussen de voor- en nadelen die gemaakt moeten worden bij het lokale beheer van ganzen.



Figuur 5-59 In beschutte delen van wateren kunnen grote groepen watervogels rusten, in dit geval wintertalingen in de Biesbosch (foto door Hans Gebuis, via Terlouw et al., 2020).



Figuur 5-60 Grote groepen ganzen zijn geen uitzondering. Op de foto zijn opvliegende brandganzen te zien (foto door Hans Gebuis, via Terlouw et al., 2020).

Roofvogels

Tabel 5-35 Overkoepelende toestand en knelpunten van trek- en winterroofvogelsoorten in de BRM. Voor achtergrond en bronnen zie Bijlage B.

Roofvogels					
Aantal soorten	Verdeeld over ... Natura 2000-gebieden	Gemiddelde toestand over de gehele lijn			Voornaamste knelpunten
		goed	matig	slecht	
3	2	2	1	0	- Mogelijk gebrek aan rust.

Ten slotte de soortgroep roofvogels, waarin de zeearend, visarend en slechtvalk de boegbeelden vormen. Het zijn alle drie jagers die bovenaan de voedselketen staan, de prooikeuze verschilt per soort: de visarend jaagt vrijwel uitsluitend op middelgrote vis die zich aan het wateroppervlak begeeft. De zeearend jaagt ook op vis, maar daarnaast ook op watervogels (diverse eenden, jonge ganzen e.d.) en kleine zoogdieren. De slechtvalk jaagt met name op vogels, buiten de stedelijke omgeving zijn dit met name steltlopers en kleine eendensoorten, zoals wintertaling. De vogels zijn afhankelijk van voldoende prooien. In de BRM vormen open landschappen in de buurt van grote zoete tot brakke wateren geschikt leefgebied, zoals uitgestrekte moerassen, uiterwaarden, schorren en (agrarische en vochtige) graslanden. De vogels maken daar gebruik van uitkijkpunten, zoals dode bomen, palen, masten e.d. De slechtvalk leeft ook in stedelijk gebied. De belangrijkste biotopen voor de groep roofvogels zijn daarmee nat grasland, riet-/moerasruigte, nat struweel en bos en de omliggende ondiepe tot diepe zoete tot brakke wateren. De visarend trekt

weg in de winter en pleistert slechts korte tijd in de BRM en gebruikt het als broedgebied, de zeearend en slechtvalk overwinteren en broeden in de BRM.

De toestand van roofvogels is relatief goed. De trends van zeearend en visarend als niet-broedvogel zijn overwegend positief en de aantallen nemen dus geleidelijk toe, wat duidt op voldoende draagkracht van de BRM (Figuur 5-61). Als aandachtspunt wordt wel het behoud van rust in het gebied genoemd. De slechtvalk vertoont als niet-broedvogel juist een negatieve trend sinds ca. 2010 in het BRM gebied, wat maakt dat de toestand matig is. Dit komt echter overeen met de landelijke trend. Specifieke knelpunten voor het BRM gebied zijn niet bekend. Vogelgriep heeft in recente jaren wel met name slachtoffers gemaakt onder slechtvalken.

De roofvogelsoorten (behoudens de Bruine Kiekendief maar deze wordt in een andere groep behandeld) zijn (nog) niet als broedvogel aangewezen voor Natura 2000-gebieden in de BRM maar broeden hier wel sinds een aantal jaren. De zeearend en visarend broeden bijvoorbeeld in de Biesbosch sinds respectievelijk 2012 en 2016 (Terlouw et al., 2020). De slechtvalk broedt met name in hoge masten en gebouwen in stedelijk gebied.



Figuur 5-61 Zeearenden kunnen in het winterhalfjaar rekenen op de aanwezigheid van tienduizenden geschikte vogelprooien in de Biesbosch. (foto door Albert de Jong, via Terlouw et al., 2020)

5.5 Samenvatting huidige toestand

In deze paragraaf geven we een samenvatting van de in paragraaf 5.4 beschreven huidige staat en knelpunten van de Biesbosch-Rijn-Maasmonding. Het gaat om een samenvatting van de biotische toestand. Abiotische parameters en norm overschrijdende toxische stoffen zijn hierin niet in detail meegenomen. Dit aangezien deze informatie eerder aan bod is gekomen in Hoofdstuk 3 abiotiek. Deze parameters hebben uiteraard wel een grote invloed op de biotische toestand. Daarom benadrukken wij dat kennisname van Hoofdstuk 3 van belang is voor goede interpretatie van deze samenvatting.

Door de diversiteit van de biotopen en levensgemeenschappen die te vinden zijn in de BRM is het schrijven van een beknopte samenvatting een lastige opgave. Om de samenhang van het estuariene ecosysteem te behouden wordt in de samenvatting van onder naar boven in de voedselketen gewerkt, waarbij de belangrijkste levensgemeenschappen worden besproken: Fytoplankton, zoöplankton, vegetatie, macrofauna, vis, vogels, en grote predatoren en overige grote zoogdieren. Tot slot volgt nog een overzichtstabel met daarin alle ecologische knelpunten en onderliggende oorzaken. Maar eerst geven we een beknopte samenvatting van het overkoepelende biotische systeem in de BRM.

In de samenvatting komen voor iedere levensgemeenschap de relevante biotopen en bijbehorende **knelpunten** aan bod die het systeem minder robuust en veerkrachtig maken. Af en toe is gelukkig ook sprake van **positieve factoren/lichtpuntjes**. We beschrijven de toestand met een link naar biotopen omdat daar overwegend dezelfde knelpunten centraal staan, ongeacht het deelgebied. Wanneer er sprake is van een ruimtelijk patroon of een afwijkende toestand binnen een deelgebied is dit wel benoemd. De verspreiding van de biotopen in de BRM is besproken in paragraaf 5.3.2, zo is de link terug te maken naar deelgebieden.

Overkoepelend biotisch systeem

Het omvangrijke en diverse ecosysteem binnen de BRM wordt geconfronteerd met **tal van knelpunten**. Hierdoor lijkt de BRM als robuust en veerkrachtig systeem, zoals gewenst vanuit het oogpunt van de PAGW, nog ver weg.

Het voornaamste knelpunt voor het ecosysteem is een gebrek aan geschikt leefgebied (zowel in omvang als kwalitatief) voor soorten om te foerageren, te rusten, te groeien en/of zich voort te planten. Dit heeft uiteenlopende redenen, enkele belangrijke voorbeelden zijn: afname in getijde- en peildynamiek, afname van zoet-zoutgradiënten, gebrek aan ruimte, verharding van oevers, ontoereikende connectiviteit tussen leefgebieden, ontoereikende waterkwaliteit, ontoereikende voedselbeschikbaarheid, verruiging, concurrentie van invasieve exoten en drukfactoren zoals recreatie, visserij en scheepvaart. In Tabel 5-37 aan het eind van deze paragraaf is een overzicht gegeven van alle knelpunten en de bijbehorende oorzaken.

De knelpunten in het systeem leiden er onder andere toe dat veel van de Natura 2000- en KRW-doelen, waarvoor een robuust en veerkrachtig ecosysteem de basis vormt, niet of met moeite worden behaald, ondanks alle reeds getroffen maatregelen. Uit de analyse blijkt dat het met name slecht gaat met vegetatie, macrofauna en vis. Met fytoplankton gaat het matig tot zeer goed. Het beeld voor vogels is wisselend (met sommige soorten gaat het zeer goed, met anderen juist slecht). De doelen voor de meeste grote predatoren en overige grote zoogdieren worden gehaald. In

Tabel 5-36 aan het eind van deze paragraaf is een overzicht gegeven van de toestand van de Natura 2000- en KRW-doelen.

Ondanks deze knelpunten is gelukkig wel sprake van enkele **positieve aspecten**. Zo is de diversiteit aan soorten nog relatief hoog in de gebieden waar sprake is van een natuurlijke overgang tussen zoet en zout (met name Nieuwe Waterweg). Veel estuariene soorten zijn dus nog aanwezig, zijnde het in lage(re) dichtheden als gevolg van veelal antropogene drukfactoren. Over het algemeen zijn kenmerkende kritische soorten dus niet volledig verdwenen. Veel soorten keren verrassend snel en soms zelfs massaal terug wanneer de juiste omstandigheden worden gecreëerd. Dit zijn vaak gebieden in de BRM waar natuurherstel heeft plaatsgevonden en/of gebieden waar lokaal beheer er op is gericht verruiging tegen te gaan. Hieruit blijkt dat de soorten veerkrachtig zijn en herstel in veel gevallen mogelijk is, mits er voldoende ruimte, kwalitatief leefgebied en rust aanwezig is.

Fytoplankton

Over fytoplankton, oftewel de basis van de aquatische voedselketen, is een relatief **beperkte hoeveelheid informatie beschikbaar**. Er is enkel informatie beschikbaar over de algehele abundantie van de fytoplanktongemeenschap in kust en overgangswateren, hiermee wordt algenbloei in beeld gebracht (te hoge abundantie is slecht). Over de kenmerkende soorten binnen de fytoplanktongemeenschap per biotoop is bijvoorbeeld geen informatie beschikbaar. Het is daarom niet te zeggen of de momenteel aanwezige fytoplanktongemeenschap overeenkomt met een gemeenschap die je zou verwachten in een natuurlijk estuarium. De toestand van fytoplankton is zodoende veelal onbekend.

Uit de informatie die wel beschikbaar is blijkt dat de abundantie van de fytoplanktongemeenschap in kust- en overgangswateren wel op een peil is dat gezond is voor het systeem, er is dus **geen sprake meer van overmatige algenbloei** in deze grote wateren. Mogelijk is dit het resultaat van de relatief **lagere concentraties aan opgeloste organische stoffen** die tegenwoordig in de grote wateren aanwezig zijn, in combinatie met de **massale aanwezigheid van filterende zoetwaterschelpdieren**, die een overmaat aan fytoplankton uit het water filteren. Het gaat wel veelal om enkele soorten algemene zoetwaterschelpdieren die hiervoor zorgen, waaronder de invasieve exoot quaggamossel, hierover meer onder de samenvatting van Macrofauna. Het is wel bekend dat in laagdynamische delen van rivieren en met name de polderwateren, geïsoleerde plassen en poelen, overmatige algenbloei nog wel regelmatig voorkomt. Dit wordt deels gevormd door de **uitspoeling van meststoffen** vanuit de landbouw en deels door nalevering vanuit de bodem van voormalig landbouwgrond. Dat water komt via de gemalen en sluizen uiteindelijk in de BRM terecht, maar leidt daar blijkbaar niet tot knelpunten. De verversingsgraad is hoog genoeg.

Zoöplankton

De levensgemeenschap zoöplankton kent geen specifieke juridische doelen en is zodoende niet meegenomen in de analyse aan de hand van de KRW en Natura 2000. Zoöplankton vervult echter wel een belangrijke rol en behandelen we daarom wel beknopt in deze samenvatting. Samen met fytoplankton vormt zoöplankton een belangrijke basis in de voedselketen waar veel vis en macrofauna direct van afhankelijk is, indirect is het gehele voedselweb hiervan afhankelijk. Er is relatief weinig dekkende en actuele informatie beschikbaar over zoöplankton in de BRM, mogelijk is dit het gevolg van dat zoöplankton geen concrete bescherming geniet. De actuele toestand van zoöplankton in de BRM blijft daarom onduidelijk. Hanon et al. (2021) geven wel aan dat **concurrentie voor fytoplankton met zoetwaterschelpdieren** (o.a. **exoot quaggamossel**) een grote drukfactor vormt voor zoöplankton in de huidige, weinig dynamische, zoete wateren van de BRM. In natuurlijke overgangszones tussen zoet en zout kan zoöplankton beter concurreren voor voedsel omdat schelpdieren daar doorgaans in lage biomassa's aanwezig zijn. Mogelijk is de toestand van zoöplankton in de Voordelta, Nieuwe Waterweg en Nieuwe Maas daarom relatief beter dan in de zoete wateren van de BRM. Dit is echter niet zeker waardoor de toestand van zoöplankton in de BRM vooralsnog een kennisleemte blijft.

Vegetatie

Vegetatie in de BRM komt voor in het water, in de intergetijde- en oeverzone en op land. Het gaat **overwegend matig tot slecht** met typerende vegetatiegemeenschappen in de BRM. De typerende vegetatievormen van natuurlijke estuaria zijn nog maar weinig aanwezig. Veel van de Natura 2000- en KRW-doelen rondom vegetatie worden niet behaald. Omdat vegetatie een belangrijk element vormt in veel biotopen vermindert de matig tot slechte toestand van vegetatie ook de robuust- en veerkrachtigheid van de BRM.

In onderstaande drie alinea's zijn de drie categorieën water, intergetijde- en oeverzone en land apart beschreven. Daarna wordt nog ingegaan op in welke mate de KRW- en Natura 2000 doelstellingen worden behaald.

Onder water vinden we in de zoute wateren van de BRM op nog slechts één minimaal oppervlak in de Voordelta (ca. 0,19 ha) zeegrassen. Positief is dus dat de soort **niet volledig verdwenen** is. Voor natuurlijke uitbreiding van zee gras is de **bronpopulatie echter onvoldoende aanwezig**, ook wordt vestiging bemoeilijkt door **frequente verstoring van de bodem**. In het zoete dynamische rivierwater zijn **kenmerkende soorten vaak nog wel aanwezig** (zoals rivierfonteinkruid), maar is de **abundantie erg laag**. Ondanks dat de ondergedoken waterplanten in de rivier tolerant zijn voor enige dynamiek kunnen ze zich nog maar op weinig plaatsen vestigen door de **golfslag en vertroebeling** die met de hedendaagse **hoge scheepvaartintensiteit** gepaard gaat. Ook door **kanalisatie, oeververharding, verstedelijking, havenuitbreiding en bedijking** zijn luwere zones in de rivieren die geschikt groei-/leefgebied vormen minder aanwezig. Door de lage abundantie is er een **mindere verspreiding van zaden en wortelstokken**. Ook in het zoete laagdynamische water van poldersystemen en beschutte (veen)plassen hebben typische planten (zoals krabbenscheer) het moeilijk. De binnendijkse wateren zijn veelal **te voedselrijk**, met name door **uitspoeling van de landbouw** (fosfaten en nitraten). Een **onnatuurlijk peilbeheer** en **droogte** leidt hier ook tot **versnelde successie**, waarbij het laag dynamische water snel kan dichtgroeien met algemene soorten planten, waaronder **invasieve exoten**, zoals grote waternevel. Anderzijds komt de **invasieve exoot Amerikaanse rivierkreeft** lokaal in hoge concentraties voor, de mate waarin zij watervegetatie aantasten kan soms hoger zijn dan de groeisnelheid van de water- en oevervegetatie.

In en net boven het intergetijdengebied zijn nog **kenmerkende soorten van zoetwatergetijdenwateren aanwezig**, maar de abundantie laat vaak te wensen over. Op veel plaatsen sprake van **verruiging door een gebrek aan dynamiek**. Het Haringvliet bevat nog wel een relatief **groot oppervlak geleidelijke oevers** met potentie voor vegetatie, maar hier is de **getijslag te beperkt** en het **zoutgehalte te laag**, beiden een direct gevolg van de Haringvlietdam. In de Nieuwe Waterweg en Nieuwe Maas is dat juist net omgekeerd. Het **areaal is beperkt door verharding van de oevers**, maar de **getijslag en zoutgehaltes ontstaan** hier wel grotendeels. In het zoete water gaat het hooguit matig met de vegetatie. In het zoetwaterintergetijdengebied kunnen, afhankelijk van de omstandigheden, diverse vegetatiegemeenschappen tot stand komen: pioniervegetaties op slikkige rivieroevers, biezten, riet-/moerasruigte (ook in lager dynamisch delen) en zachthoutoebossen. Voor deze vegetatiegemeenschappen is **veel geschikt groeigebied verdwenen** als gevolg van een **te beperkte getijslag, inpoldering, oeververharding en kanalisatie, golfwerking door scheepvaart en afname van zacht substraat in de oevers**. De beperkte getijslag zorgt er ook voor dat biezten plaats hebben gemaakt voor riet. Onder invloed van met name de beperkte dynamiek en lokaal door een **hoge begrazingsdruk van ganzen** gaat het daarbij vaak om relatief klein blijvend en dun riet, robuust water- en stromingsriet is nog maar weinig aanwezig. Ook krijgt successie steeds

meer vat op de oevervegetatie door de beperkte getijslag en **verdroging**. Hierdoor treedt **verruiging** op, waarbij ook **invasieve exoten** (zoals reuzenbalsemien en late guldenroede) een rol spelen. Het tegengaan hiervan vereist lokaal intensief beheer. Diverse recente natuurherstelprojecten laten wel zien dat, wanneer de juiste omstandigheden worden gecreëerd, **typerende zoetwatergetijdenvegetatie zich snel kan herstellen**.

Op land is in deze systeemanalyse de focus gelegd op vegetaties rondom het estuarium: duinvegetaties, (vochtige) graslanden en rivier-begeleidend bos. Overige terrestrische vegetatievormen vielen buiten de scope. De toestand van de vegetaties op land is hooguit matig, hier is (wederom) sprake van een fors aantal knelpunten. Op land speelt een **te hoge voedselrijkdom door stikstofdepositie** vaak een grote rol. Hierdoor vindt versnelde successie en dus **verruiging** plaats van algemene soorten en **invasieve exoten** (o.a. Amerikaanse vogelkers). De beperkte dynamiek in verruigde duinen zorgt ook voor een **afname in zandverstuiving en saltspray**, daarnaast is de **begrazingsdruk van konijnen te laag** door ziektes, waardoor verruiging van duinen extra versterkt wordt. De beperkte toestand van vochtige graslanden en rivier-begeleidende bossen wordt met name veroorzaakt door een **gebrek aan periodieke inundatie**, waardoor **verdroging** optreedt en er **te weinig erosie en sedimentatie** optreedt.

Macrofauna

Een gezonde macrofaunagemeenschap die past bij de natuurlijk biotopen in de BRM past bij een robuust- en veerkrachtig systeem. Macrofauna zet als primaire consument namelijk grote hoeveelheden organische stof om en fungeert als belangrijke voedselbron voor o.a. vogels en vissen. Met de macrofaunagemeenschap in de BRM gaat het echter **overwegend hooguit matig**, alleen in de Voordelta gaat het enigszins goed, maar hier spelen ook diverse knelpunten. Het **inperken van de natuurlijke zoet-zout overgang, de sterke afname van het areaal getijdennatuur, afname getijdendynamiek en het verstenen van oevers** in grote delen van de BRM heeft ertoe geleid dat specifieke biotopen/niches voor macrofauna verloren zijn gegaan. In de overgebleven zoete biotopen **domineren algemene soorten** die ook in andere riviertrajecten voorkomen, waaronder **invasieve exoten** (quaggamossel, Chinese wolhandkrab, Amerikaanse rivierkreeft, etc.). Daarbij komt dat in de grote zoetwater biotopen die de huidige BRM rijk is, geen rif vormende soortenrijke macrofaunagemeenschappen ontstaan op hard substraat, zoals die wel in zoutwater voorkomen. De diversiteit van macrofauna in het zoete water is daarom vaak laag.

De **lage diversiteit** wordt ook gevormd door de **hoge scheepvaartintensiteit**, dit is in het bijzonder aan de orde in de Nieuwe Waterweg. Door de **constante omwoeling van de waterbodem** die de schepen veroorzaken kunnen veel soorten macrofauna zich niet goed vestigen. Recentelijk zijn er ook aanwijzingen dat het onderwatergeluid dat geproduceerd wordt door scheepvaart een negatieve invloed heeft op macrofauna. Ook in de Voordelta is sprake van een regelmatige omwoeling van de waterbodem door **bodemroerende visserij**. Een soort die hier weinig last van heeft is de invasieve exoot Amerikaanse zwaardschede, met als gevolg dat deze soort nu in hoge concentraties wordt aangetroffen, waardoor het andere inheemse soorten wegconcurrert. De lage abundantie van watervegetatie (eerder toegelicht), verstening van oevers en afname van het areaal overstromingsvlakte (bovenstreams en binnen de BRM) leidt daarnaast ook tot een **lage toevoer van dood organisch materiaal**, wat veel soorten macrofauna gebruiken als voedselbron. Een lichtpuntje voor macrofauna is wel dat de **hoeveelheid toxische stoffen is verminderd** in het door de rivieren aangevoerde water, waardoor de **water- en waterbodemkwaliteit verbetert**. Dit leidt geleidelijk tot een **toename van het aantal soorten en hun dichtheden**. Positief is tenslotte nog dat **zuurstofloosheid in de diepere wateren** geen knelpunt lijkt te zijn.

Vis

Met vis in de BRM gaat het **overwegend slecht**. Van alle KRW-kwaliteitsindicatoren scoort vis het slechtst wat voor zo'n belangrijke soortgroep tekenend is voor de overkoepelende biotische toestand en de robuust- en veerkrachtigheid van de BRM. In de eerste alinea gaan we in op de vissen van grote (overgangs)wateren en trekvissen, in de tweede alinea vatten we de toestand van vis in plantenrijke beschutte wateren samen.

In de **grote wateren** van de BRM komen **relatief veel vissoorten** voor. Dit is met name het geval in en rond de Nieuwe waterweg, waar nog een open verbinding is tussen zoet en zout. Hier zijn vissoorten aanwezig behorend tot tal van verschillende visgildes. De verdeling van de abundanties/dichtheden van de visgildes zijn echter niet goed passend bij een overgangsgebied zoals de BRM. Zo wordt de visgemeenschap in het overgrote deel van de BRM **gedomineerd door algemene, weinig kritische soorten**, de **abundantie van kritischere stroming- en plantminnende soorten en trekvissen is erg laag**. Sommige soorten zijn tegenwoordig zelfs **(vrijwel) uitgestorven** in het stroomgebied van de BRM (steur, elft). Deze soorten zijn voor hun voortbestaan afhankelijk geworden van herintroductie. De atypische verdeling van de abundanties van visgilden wordt grotendeels veroorzaakt door het

ontbreken van diversiteit in de aquatische habitats binnen de BRM: het overgrote deel bestaat tegenwoordig uit groot open stilstaand tot langzaam stromend zoet wateren. Dit is een direct gevolg van de Haringvlietdam, welke zorgt voor de **afwezigheid van een natuurlijke zoet-zout overgang en de getijdendynamiek**. Maar ook van de **afname van getijdenoevers en luwe zones als gevolg van o.a. kanalisatie, oeververharding en havenuitbreiding** vormt een knelpunt. Anderzijds vervullen diepe (systeemvreemde) havenbekkens vermoedelijk wel een functie als **overwinteringsplaats** voor veel soorten vis. Verder bestaan knelpunten uit de massale aanwezigheid van verschillende **invasieve exoten** (zoals zwartbek- en marmergrondel). Hierdoor worden sommige inheemse soorten weggeconcentreerd (rivierdonderpad). Verder ondervinden (trek)vissen **fysieke schade door scheepsschroeven en gemalen**. Bekend voorbeeld hiervan zijn 'knakalen' (palingen met fysieke verwondingen). Trekvissen belanden ook in de netten van **beroepsvisserij**, in het bijzonder voor de Haringvlietdam, waar juist relatief grote concentraties trekvissen bijeenkomen. Ook sportvissers vangen sporadisch trekvissen. Ten slotte is voor trekvissen en estuariene soorten, waarvoor de BRM een belangrijk (doortrek/leef) gebied vormt, veel van het **paai- en opgroei-/leefgebied verdwenen of in kwaliteit achteruitgegaan**, zowel in de BRM (o.a. fint, elft) als bovenstrooms (o.a. zalm, zeepril). Om het overgebleven leefgebied te kunnen bereiken is de **connectiviteit vaak onvoldoende** als gevolg van dammen, stuwen, sluizen en gemalen. Ook wanneer **vismigratievoorzieningen** aanwezig zijn kunnen dit nog grote migratieknelpunten vormen doordat het passeersucces vaak aanzienlijk lager is dan 100%. **Externe knelpunten** buiten de BRM spelen dus ook een rol in de slechte toestand van vis.

Eerder is toegelicht dat de toestand van vegetatie in **laagdynamische beschutte plantenrijke wateren** (zoals plassen en poelen in de uiterwaarden en sloten in polders) overwegend slecht is. Desondanks zijn in deze beschutte plantenrijke wateren soms nog **verassend hoge abundantie van typerende plantminnende (limnofiele) vissoorten** te vinden, zoals bittervoorn en kleine modderkruiper. Er lijkt dus toch sprake van een **relatief goede toestand**, maar dit kan een lokaal beeld zijn binnen Natura 2000-gebieden. Er is wel sprake van een flink aantal knelpunten voor vis in beschutte plantenrijke wateren. Zo kunnen de soorten zich slecht verspreiden over de andere plantenrijke wateren in de regio door een **geringe connectiviteit**. Daarnaast is de **waterkwaliteit vaak ontoereikend** (o.a. te **lage zuurstofconcentratie**), waardoor de **kwaliteit van het leefgebied wordt aangetast**. De ondergedoken waterplanten die het leefgebied creëren voor deze soorten worden ook aangetast door grote hoeveelheden **Amerikaanse rivierkreeften en lokaal ook door ganzen** (toegelicht bij vegetatie) en door **verruiging**, vaak als gevolg van **onnatuurlijk peilbeheer**. ganzen zorgen lokaal voor verdere verslechtering van de waterkwaliteit (**eutrofiëring en vertroebeling**). Een typerend knelpunt voor deze vissoortgroep vormt de **toename aan dynamiek** in beschutte wateren wanneer de wateren worden blootgesteld aan extra rivierdynamiek bij natuurontwikkelingsprojecten (zoals aantakking van uiterwaardplassen en ontpolderen). Goed voor soorten van de meer dynamische biotopen, maar nadelig voor soorten van laagdynamische biotopen.

Vogels

De diversiteit aan vogels in de BRM is groot. Iedere soort heeft specifieke voorkeuren voor de benodigde leefomstandigheden voor het foerageren, rusten en eventueel broeden. Zo zijn de soorten in groepen te verdelen die er soortgelijke voorkeuren op na houden. Van diverse soortgroepen is de **toestand goed**, maar van andere soortgroepen is de **toestand slecht**. Opvallend is wel dat veel soortgroepen, ondanks de verschillende leefomstandigheden, wel soortgelijke knelpunten ervaren. Dit lichten we in de volgende alinea's toe.

Verstoring wordt voor veel soortgroepen aangedragen als knelpunt. Voor vogels die foerageren en rusten in de kustwateren wordt de verstoring veroorzaakt door **intensieve scheepsvaart en visserij**. Voor vogels die op of langs de kust en oevers van binnenwateren foerageren, rusten en/of broeden vormt **land- en waterrecreatie** een grote verstoringbron, denk aan kitesurfers, sportvissers, wandelaars (evt. met honden) etc. Naast dat de soorten verstoring ondervinden in hun leefgebied is vaak ook de **kwaliteit van het broed-, foerageer- en/of rustgebied ontoereikend**. Dit is vaak gerelateerd aan een **afname van getijdendynamiek**, waardoor in veel leefgebieden langs het estuarium **verruiging en verdroging** optreedt, zoals in (riet)moeras en op schaars begroeide gronden. Dit is eerder toegelicht in de samenvatting van vegetatie. In de drogere gebieden zien we een **toename in grondpredatie** door o.a. vossen en ratten, wat het broedsucces van veel soorten negatief beïnvloed.

Een **aantal soorten doet het juist erg goed**, waaronder diverse weinig kritische soorten ganzen en meeuwen. Dit heeft als keerzijde dat **concurrentie voor beschikbaar broed-, rust- en foerageergebied** optreedt. Wat betreft foerageermogelijkheden is eerder toegelicht dat het overwegend matig tot slecht gaat met vegetatie, macrofauna en vis. Dit leidt tot **ontoereikende voedselbeschikbaarheid**, met name voor macrofauna-etende vogels die zich hebben

gespecialiseerd op specifieke prooisorten, zoals de eider en zwarte zee-eend. De specifieke prooisorten hebben veelal plaatsgemaakt voor algemene soorten macrofauna en een aantal **invasieve exoten**, welke een minder goede voedselbron vormen (slecht te vangen en/of te eten of levert minder energie op). Voor herbivore en visetende-vogels is voedselbeschikbaarheid een minder groot knelpunt. De specifieke plant- of prooivissoort is voor hen vaak minder van belang, deze soorten zijn dus generalistischer in hun voedselkeuze.

Ten slotte gebruiken de meeste vogelsoorten de BRM uitsluitend voor een bepaalde functie: om te broeden, te overwinteren, of slechts alleen tijdens de trek om uit te rusten en op te vetten. Een groot deel van de levenscyclus van veel soorten speelt zich dus buiten de BRM af. Dit maakt dat vogels ook veel te maken hebben met **externe knelpunten**. Zo is er sprake van jacht en nestvervolging in buitenlandse broed- en overwintergebieden. Sommige soorten nemen geleidelijk af in aantal in de BRM door een afname van de totale broedpopulatie of omdat klimaatverandering ervoor zorgt dat de soorten steeds noordelijker overwinteren.

Grote predatoren en overige grote zoogdieren

Grote predatoren staan boven in de voedselketen en zijn zodoende zowel direct als indirect afhankelijk van de soorten die lager in de voedselketen staan, tot fytoplankton aan toe. De grote predatoren zijn doorgaans wel vrij generalistisch. Het gegeven dat het **overwegend goed** gaat met de grote predatoren en overige grote zoogdieren in de BRM zegt daarom niet alles over de biotische toestand. Het gaat om soorten in het zoute water van de Voordelta (bruinvis, gewone zeehond en grijze zeehond) en soorten in en rond het zoete water (o.a. zeearend, otter en bever). De goede toestand doet vermoeden dat de **voedselbeschikbaarheid op orde** is voor de grotere predatoren (vis, watervogels en/of kleine zoogdieren). In het algemeen geldt als enige aandachtspunten voor deze grotere soorten het **behoud van rust**. Specifiek voor de otter, die zich sinds 2023 weer aan het vestigen is in de BRM, wordt een belangrijk knelpunt gevormd door een **gebrek aan connectiviteit van leefgebieden** in Nederland (dus niet specifiek voor BRM). Als gevolg van wegen die de leefgebieden doorkruisen eindigt een groot deel van de Nederlandse otterpopulatie langs de weg als verkeersslachtoffer.

Overzicht

Tabel 5-36 geeft een overzicht van de toestand van de KRW en Natura 2000 doelstellingen. Vervolgens geven we in Tabel 5-37 een overzicht van de belangrijkste knelpunten voor de biotiek, met daarbij de bijbehorende oorzaken. De knelpunten en onderliggende oorzaken verminderen de robuust- en veerkrachtigheid van de BRM als ecosysteem.

Tabel 5-36 Overkoepelend overzicht van de toestand van de KRW en Natura 2000 doelstellingen per levensgemeenschap.

KRW
<p>Huidige toestand</p> <ul style="list-style-type: none"> - In de BRM is de KRW-score voor fytoplankton matig tot goed en daarmee relatief hoog ten opzichte van de andere kwaliteitselementen. - De KRW-score voor vegetatie en macrofauna is momenteel in veel van de KRW-waterlichamen binnen de BRM matig, in Haringvliet-west voor wat betreft vegetatie zelfs slecht. - De KRW-score voor vis is momenteel in veel waterlichamen binnen de BRM ontoereikend tot matig. Vis scoort daarmee relatief het slechtst van de vier van toepassing zijnde levensgemeenschappen (kwaliteitselementen) binnen de KRW. <p>Verwacht doelbereik</p> <ul style="list-style-type: none"> - De KRW-doelen voor fytoplankton worden 'redelijk' tot 'vrijwel zeker' op tijd (2027) gehaald. Hierbij geldt de standaard GEP-score van 0,60. - De kans dat de KRW-doelen voor overige waterflora, macrofauna en vis op tijd (2027) worden gehaald wordt ook 'redelijk' tot 'vrijwel zeker' ingeschat, met uitzondering van vegetatie in Haringvliet-west, daar is het behalen van de doelen 'onzeker'. Dat de doelen ondanks de veelal matige scores naar verwachting waarschijnlijk wel op tijd worden behaald, komt mede doordat de GEP-score in vrijwel alle KRW-waterlichamen van de BRM naar een beter haalbaar, (veel) lager niveau zijn bijgesteld (van 0,60 naar 0,01 – 0,55).
Natura 2000

- De Natura 2000 instandhoudingsdoelen voor **vegetatie** zijn veelal opgenomen als onderdeel van de kwaliteit van habitattypen. Met veel habitattypen gaat het, mede door de matige tot slechte staat van kenmerkende vegetatie, niet goed.
- De Natura 2000 doelen voor **macrofauna** zijn opgenomen als onderdeel van de kwaliteit van enkele aquatische habitattypen, maar komen ook tot uiting in de doelen voor vogels die foerageren op macrofauna. Vooral voor diverse vogelsoorten wordt aangegeven dat het behalen van de doelen bemoeilijkt wordt door een gebrek aan (de juiste soorten) macrofauna.
- De Natura 2000 doelen voor soorten **trekvis** lijken niet te worden gehaald en er gelden verbeterdoelstellingen. Met de habitatrichtlijn-vissoorten van beschutte plantenrijke wateren lijkt het beter te gaan. Het is echter lastig vast te stellen of dit voor de hele BRM geldt, aangezien slechts lokale monitoringsgegevens beschikbaar zijn van deze vissoorten.
- Het verschilt per soort(groep) of de Natura 2000 instandhoudingsdoelen voor **vogels** behaald worden. Met bepaalde soort(groep)en gaat het zeer goed, zoals omnivoren en planteneters (relatief generalistische soorten). Met andere soort(groep)en gaat het juist een stuk slechter, zoals kale grond broeders en duikende macrofauna-eters (relatief specialistische soorten).
- De Natura 2000-doelen van de meeste **grote predatoren en overige grote zoogdieren** (bruinvis, gewone en grijze zeehond, bever en diverse roofvogels) worden behaald.

Tabel 5-37 Overkoepelend overzicht van de toestand van de KRW en Natura 2000 doelstellingen per levensgemeenschap.

Knelpunt voor biotiek	Onderliggende oorzaken	Direct verbonden wettelijke opgave(n)	Toelichting
1. Gebrek aan kwalitatief leefgebied (groei-, foerageer-, broed-, en/of rustgebied)	<ul style="list-style-type: none"> • Beperkt beschikbaar areaal (zie punt 2) • Gebrek aan natuurlijke dynamiek, waaronder peil- en getijdynamiek, erosie en sedimentatie, zoet/zout overgangsgebied, zandverstuiving en saltspray • Lokaal te veel dynamiek, door plotseling hoge rivierafvoeren en overstroming, door golfslag op oevers (zie punt 3) • Verruiging en successie, incl. voedselrijkdom stikstof en tekort natuurlijke begrazing (o.a. konijnen, groter wild) • Droogte en verdroging • Ontoereikend waterkwaliteit (zie punt 5) • Ontoereikende voedselbeschikbaarheid (zie punt 6) • Overdaad exoten, weinig kritische inheemse soorten (waaronder ganzen) en grondpredatie (zie punt 7) • Verstoring (zie punt 8) • Ontoereikend lokaal beheer (te intensief of juist te extensief) • Omvorming natuur (bv. laagdynamisch wordt hoog dynamisch, voordelig voor soortgroep X, maar nadelig voor Y) • Beperkte aanwezigheid volwassen bomen 	KRW [R 1] Waterflora [R 2] Macrofauna [R 3] Vis Natura 2000 <ul style="list-style-type: none"> • Habitattypen • Habitatrichtlijnsoorten • Vogelrichtlijnsoorten 	Iedere soort(groep) gebruikt een ander biotoop, voor ieder biotoop gelden echter wel meerdere knelpunten waardoor er voor een groot aantal soort(groep)en sprake is van een gebrek aan kwalitatief leefgebied. Zodoende is ook vrijwel iedere wettelijke opgave hieraan verbonden. Het gebrek aan kwalitatief leefgebied kan uiteenlopende oorzaken hebben (zie kolom 2). Noemenswaardig is dat ook lokaal beheer en omvorming van natuur in het kader van natuurontwikkeling negatieve (bij)effecten kan hebben op soorten. In veel gevallen gaat het om een combinatie aan oorzaken. Bijvoorbeeld: Kwalitatief rietland en de daarin levende soorten staan onder druk door een zowel een gebrek aan peildynamiek, verruiging en verdroging, druk van invasieve exoten en weinig kritische soorten (ganzen), verstoring én grondpredatie.
2. Gebrek aan oppervlak en connectiviteit	<ul style="list-style-type: none"> • Bedijking • Inpoldering • Inperking getijdynamiek • Kanalisatie • Verharding van oevers • Bebouwing • Wegen en overige infrastructuur • Aanwezigheid van dammen, sluisen, gemalen en stuwen (ook buiten BRM) • Verdere versnippering van leefgebieden door afname kwaliteit (zie punt 1) 	KRW [R 4] Waterflora [R 5] Macrofauna [R 6] Vis Natura 2000 <ul style="list-style-type: none"> • Habitattypen • Habitatrichtlijnsoorten • Vogelrichtlijnsoorten 	Ten opzichte van de historische situatie van de BRM is veel oppervlak verloren gegaan. Door menselijke ingrepen is de overgang tussen land en water en zoet en zout een stuk 'harder' geworden (zie oorzaken kolom 2). Hierdoor hebben de tussenliggende biotopen een gebrek aan beschikbaar oppervlak, waardoor de biotopen en bijbehorende soorten zich daar niet tot nauwelijks meer kunnen vestigen.

			Met name voor soorten die tijdens hun levenscyclus verschillende leefgebieden gebruiken, zoals trekvisen en amfibieën, heeft het gebrek aan connectiviteit tussen leefgebieden een negatief effect. Ook kunnen populaties zich door het gebrek aan connectiviteit minder makkelijk uitspreiden.
3. Gebrek aan water- en oevervegetatie	<ul style="list-style-type: none"> Gebrek aan beschutte en geleidelijke natuurlijke oevers (zie punt 2) Overdaad aan golfwerking door intensieve scheepsvaart en wind Overdaad begrazing ganzen Ontoereikende waterkwaliteit (zie punt 5) 	KRW [R 7] Waterflora Natura 2000 [R 8] Habitattypen [R 9] Habitatrictlijnsoorten [R 10] Vogelrichtlijnsoorten	Water- en oevervegetatie in zoet, brak en zoutwater vormt een belangrijk onderdeel van een groot aantal biotopen in het estuariene ecosysteem. De vegetatie staat echter onder druk door diverse oorzaken (zie kolom 2). Zodoende leidt dit terug naar een gebrek aan kwalitatief leefgebied.
4. Gebrek aan macrofauna en biogene riffen (riffen van schelpdieren en zeegrasvelden)	<ul style="list-style-type: none"> Bodemomwoeling door intensieve scheepvaart en bodemroerende visserij Beperkte aanwezigheid natuurlijke zoet-zout overgang Gebrek slikken, schorren en getijdeoeveren met bijbehorende vegetatie (zie punt 3) Ontoereikende waterkwaliteit (zie punt 5) 	KRW [R 11] Waterflora [R 12] Macrofauna Natura 2000 [R 13] Habitattypen [R 14] Vogelrichtlijnsoorten	Macrofauna heeft het lastig door verschillende oorzaken (zie kolom 2). Zeegras deelt veel van deze knelpunten. Omdat een gezonde macrofaunagemeenschap en zeegrasvelden voor diverse aquatische habitattypen typerend zijn en voor veel soorten een belangrijk foerageergebied vormt zijn hier ook meerdere wettelijke kaders direct aan verbonden.
5. Ontoereikende waterkwaliteit (toxische stoffen, hoog fosfaat- en stikstofgehalte, laag zuurstofgehalte en doorzicht)	<ul style="list-style-type: none"> Lozing en uitspoeling van meststoffen en toxische stoffen (industrie, agrarisch etc...) Inlaten van gebiedsvreemd water Lokaal eutrofiering en afname doorzicht door hoge dichtheid ganzen Lokaal afname doorzicht door hoge dichtheid weinig kritische bodemwoelende vissen (o.a. brasem, karpers) 	KRW [R 15] Fytoplankton [R 16] Waterflora [R 17] Macrofauna [R 18] Vis Natura 2000 [R 19] Habitattypen [R 20] Habitatrictlijnsoorten [R 21] Vogelrichtlijnsoorten	Ondanks dat de waterkwaliteit sinds de jaren 70 verbeterd is, blijft de ontoereikende waterkwaliteit voor soorten en biotopen een knelpunt. Zo is een groot scala aan toxische stoffen van menselijke oorsprong aanwezig in het water, mogelijk met nadelige effecten voor alle levensgemeenschappen. Tegenwoordig is een te hoog fosfaat- en stikstofgehalte en een te laag zuurstofgehalte en doorzicht met name nog een knelpunten voor het voorkomen van kritische waterplanten in beschutte wateren in uiterwaarden en binnendijks (zoals krabbescheer) en bijbehorende soorten (tal van ongewervelden, maar bijvoorbeeld ook zwarte stern). Dit speelt minder in de grote wateren van de BRM.
6. Gebrek aan voedsel-beschikbaarheid	<ul style="list-style-type: none"> Concurrentie voor voedsel met dominantie invasieve exoten en weinig kritische inheemse soorten Vermindering dichtheid van geschikte prooien door dominantie invasieve exoten en weinig kritische inheemse soorten Bodemroerende visserij Vermindering voedingswaarde beschikbare prooien Overmatige begrazing ganzen 	KRW [R 22] Macrofauna [R 23] Vis Natura 2000 [R 24] Habitattypen [R 25] Habitatrictlijnsoorten [R 26] Vogelrichtlijnsoorten	Veel soort(groep)en zijn redelijk generalistisch wat betreft voedselkeuze, voor veel van hen is de voedselbeschikbaarheid geen concreet knelpunt. Met name voor soorten die gespecialiseerd zijn in het foerageren op specifieke schelpdieren of andere macrofauna is sprake van een gebrek aan voedselbeschikbaarheid. Daarnaast leidt de massale aanwezigheid van ganzen lokaal ook tot een gebrek aan

			voedselbeschikbaarheid voor herbivoren.
7. Overdaad aan concurrentie en predatie	<ul style="list-style-type: none"> Grote diversiteit aan biotopen in mozaïek heeft plaatsgemaakt voor grote oppervlakten van enkele biotopen. Dominantie invasieve exoten Dominantie weinig kritische inheemse soorten door afname beschikbare niches Grondpredatoren hebben vrij spel in verdroogd gebied 	KRW [R 27] Waterflora [R 28] Macrofauna [R 29] Vis Natura 2000 [R 30] Habitattypen [R 31] Habitatrichtlijnsoorten [R 32] Vogelrichtlijnsoorten	In de historische situatie van de BRM was sprake van een grote diversiteit aan biotopen in mozaïek. In ieder biotoop leven weer andere soorten. Dit leidt tot een divers en veerkrachtig systeem. Tegenwoordig is vooral sprake van grote oppervlakten van enkele biotopen, zoals groot open zoet water. Hierin domineren vaak enkele weinig kritische soorten (soms zijn dat exoten). Veel van het beschikbare geschikte foerageer-, rust- en voortplantingsgebied wordt ingenomen door de dominerende soorten. Dit vormt een drukfactor voor veel van de kritische soorten.
8. Verstoring	<ul style="list-style-type: none"> Landrecreatie (bijv. wandelaars evt. met hond) Waterrecreatie (bijv. kitesurfen, sportvisserij) Beroepsscheepvaart (zowel transport als visserij) 	KRW [R 33] Macrofauna [R 34] Vis Natura 2000 [R 35] Habitatrichtlijnsoorten [R 36] Vogelrichtlijnsoorten	Verstoring kan o.a. zorgen voor het verlaten van foerageer-, rust- en voortplantingsgebied, wat uiteindelijk door te vertalen is tot (indirecte) verhoogde sterfte. Zodoende is rust voor veel soorten essentieel. Op veel plaatsen in de BRM is echter veel verstoring aanwezig, met name als gevolg van diverse vormen van recreatie en scheepvaart.
9. Verhoogde sterfte als direct gevolg van activiteiten van de mens	<ul style="list-style-type: none"> Visserij (in het bijzonder voor Haringvlietdam) Scheepschroeven Gemalen Verkeer 	KRW [R 37] Vis Natura 2000 [R 38] Habitatrichtlijnsoorten [R 39] Vogelrichtlijnsoorten	Menselijke activiteiten leiden naast indirecte verhoogde sterfte ook tot directe verhoogde sterfte. Dit speelt met name voor (trek)vissen. Het is in feite een loterij of een trekvis niet slachtoffer wordt van de netten van visserij of de schroeven van gemalen en scheepvaart. Grotere vogels en zoogdieren hebben juist last van wegen die hun leefgebied doorkruisen. Aanrijdingen zijn niet uitzonderlijk.
10. Externe factoren	<ul style="list-style-type: none"> Verplaatsing populatie door veranderend klimaat Afname Europese populatie Buitenlandse jacht en/of nestvervolgning Gebrek aan geschikt voortplanting- en opgroei-habitat buiten BRM Overige knelpunten in voortplanting- en opgroei-habitat buiten BRM 	KRW [R 40] Vis Natura 2000 [R 41] Habitatrichtlijnsoorten [R 42] Vogelrichtlijnsoorten	De BRM is geen geïsoleerd systeem. Veel soorten die in de BRM voorkomen spenderen hier voor een aantal maanden een bepaalde fase van hun levenscyclus. Dit zorgt er voor dat de soorten ook blootgesteld worden aan knelpunten in overige leefgebieden buiten de BRM (zie kolom 2).



Autonome ontwikkelingen

Hoofdstuk 6

6 Autonome ontwikkelingen

6.1 Inleiding en leeswijzer

Zoals uit hoofdstuk 2 tot en met hoofdstuk 5 blijkt is de Biesbosch Rijn-Maasmonding geen statisch ecologisch systeem maar een estuarium met veel dynamiek dat aan grote veranderingen onderhevig is. Dit zijn veranderingen die hebben plaatsgevonden in het verleden, die nu gaande zijn of die nog verwacht worden in de (nabije) toekomst. Waar de eerste drie hoofdstukken ingaan op de veranderingen die het BRM-systeem gemaakt hebben tot wat het nu is, gaat hoofdstuk 6 “Autonome ontwikkeling” in op de veranderingen die de komende jaren impact kunnen hebben op het systeem. Hierbij worden autonome ontwikkeling gedefinieerd als: *“Ontwikkelingen en activiteiten die zeer waarschijnlijk zullen plaatsvinden”*. Hierbij ligt de focus op de ontwikkelingen tot 2050, maar wordt een doorkijk geboden naar 2100.

Hoofdstuk 6 bestaat uit drie paragrafen: een overzicht van de autonome ontwikkelingen en de impact van deze ontwikkelingen op het BRM-systeem (6.2), socio-economische drukfactoren (6.3) en een synthese (6.3). In paragraaf 6.2 wordt ingegaan op de verschillende sturende autonome ontwikkelingen, waarvan verwacht wordt dat ze het meest invloed hebben op het ecologisch functioneren van het BRM-systeem. Hierna wordt in paragraaf 6.3 ingegaan op de sociaaleconomische drukfactoren.

Dit hoofdstuk is gebaseerd op verschillende informatiebronnen. Het hoofdstuk is voornamelijk gebaseerd op de expertsessie die op 18 april '23 heeft plaats gevonden. Aan deze expertsessie deden 26 experts mee met expertise in abiotische processen, (aquatische en mariene) ecologie en landschapsecologie. Daarnaast waren experts met specifieke gebiedskennis van het BRM-systeem bij de expertsessie aanwezig. De resultaten van deze sessie liggen ten grondslag van dit hoofdstuk, waarna aan de hand van literatuur en interviews met specialisten het hoofdstuk verder is uitgewerkt. De literatuurlijst en lijst met interviews is te vinden aan het einde van dit hoofdstuk.

6.2 Overzicht van sturende autonome ontwikkelingen

Deze paragraaf omschrijft de sturende autonome ontwikkelingen, waarvan wordt verwacht dat ze het meest van invloed zullen zijn op het ecologisch functioneren van het estuarium. Allereerst worden de klimaat gerelateerde autonome ontwikkelingen toegelicht (6.2.1). Hieronder vallen temperatuurstijging, neerslagverandering, verdamping, zeespiegelstijging en de verandering in rivierafvoeren. In paragraaf 6.2.2 worden de autonome ontwikkelingen omschreven die worden gestuurd door andere processen, zoals door menselijk handelen. Dit zijn sedimentatie en erosieprocessen, versnelde successie en bodemdaling.

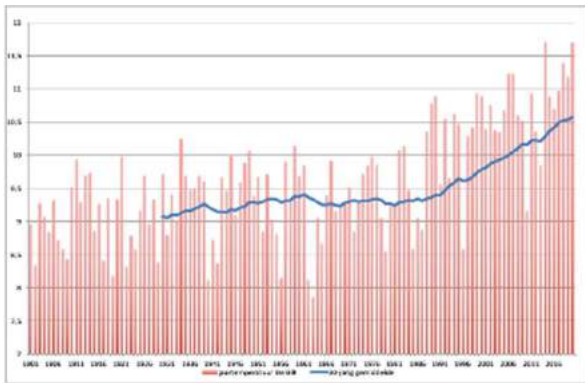
6.2.1 Klimaat gerelateerde autonome ontwikkelingen

Het klimaat van een plaats of gebied is het gemiddelde weer. Dit gemiddelde is bepaald over enkele tientallen jaren, waarbij wordt gekeken naar de temperatuur, vocht, luchtdruk, wind, bewolking en neerslag. Het klimaat verandert onder invloed van natuurlijke en antropogene factoren, zoals toename van broeikasgassen. Klimaatverandering wordt geanalyseerd vanaf het verleden tot het heden in de vorm van *trends* in gemeten data. Hoe deze veranderingen zich vervolgens ontwikkelen in de toekomst, wordt bepaald aan de hand van zogenaamde *scenario's*. Dit zijn toekomstbeelden met een tijdshorizon van 50 tot 100 jaar. Het KNMI stelt de nationale klimaatscenario's voor Nederland op. De analyse in dit rapport volgt de klimaatscenario's uit het Klimaatsignaal'21 (KNMI, 2021).

Deze paragraaf beschrijft de veranderende klimaatfactoren die van belang zijn voor het functioneren van de Biesbosch Rijn-Maasmonding. Dit wordt gedaan door eerst de trends tot het heden te omschrijven, waarna deze worden vergeleken met de scenario's. Hierna volgt een paragraaf die de impact van deze trends en scenario's kort toelicht. Omdat de klimaatmodellen geen eenduidig beeld geven op de vraag of en hoe de luchtcirculatie, en daarmee de windpatronen en richtingen, in de toekomst veranderen, worden windpatronen niet omschreven in dit hoofdstuk. Ook behandelt het niet de verandering in windsnelheden. De verandering in windsnelheden is namelijk minimaal (KNMI, 2021), waardoor een impact op de waterstanden door verandering in windsnelheid niet of nauwelijks aanwezig is.

6.2.1.1 Temperatuurstijging

Een van de meest zichtbare veranderingen in het klimaat van Nederland is de stijging van de temperatuur. Door de toenemende concentratie aan broeikasgassen en aerosolen is de gemiddelde temperatuur in Nederland toegenomen met 2,3 °C tussen 1901 en 2020, waarvan 1,1°C in de laatste 30 jaar (Figuur 6-1). Hierbij is zowel de gemiddelde winter- als zomertemperatuur gestegen. Deze stijgende trend in temperatuur zet in alle klimaatscenario's door in de toekomst, zoals te zien in **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** De bandbreedte waarmee de temperatuur verandert is daarentegen sterk afhankelijk van (de beperking van) de uitstoot van broeikasgassen wereldwijd. Dit varieert van een stijging van 1,8 °C (best-case) tot 4,4 °C (worst-case).



Figuur 6-1: Jaargemiddelde temperatuur De Bilt en 30-jarig gemiddelde van 1901 tot 2020

Tabel 6-1: Gemiddelde temperatuurstijging over de periode 2081-2100 ten opzichte van pre-industrieel (gemiddelde over de periode 1850-1900) per SSP-scenario op wereldwijd niveau. Dit is op regionaal niveau voor de gemiddelde temperaturen bovenland ongeveer evenredig. (IPCC, 2021).

Scenario	Scenario Title	2081-2100
SSP1-2.6	Taking the green road	1,8°C (1,3-2,4)
SSP2-4.5	Middle of the road	2,7°C (2,1-3,5)
SSP5-8.5	Taking the highway	4,4°C (3,3-5,7)

Als gevolg van een toename in gemiddelde temperaturen, is ook een toename in hitte-extremen in Nederland waarneembaar. In de periode tussen 1961 – 1990 en 1991 – 2020 nam het aantal zomerse dagen per jaar (25 °C of warmer) toe van 19 naar 28 en het gemiddeld aantal tropische dagen per jaar (30 °C of warmer) is meer dan verdubbeld, van 2,4 naar 5,0 (KNMI, 2021). De hoogste maximumtemperatuur per jaar nam toe met 2,4 graden. Dit is ruim twee keer zoveel als de toename van de jaargemiddelde temperatuur. Verwacht wordt dat deze toename door zal zetten in de toekomst.

Impact temperatuurstijging

Temperatuurstijging is de ‘aanjager’ van vele andere abiotische autonome ontwikkelingen, zoals zeespiegelstijging, verandering in neerslagpatronen en de toename van extremen. De volgende paragrafen beschrijven elk apart deze ontwikkelingen en zijn afhankelijk van de mate waarin de temperatuur stijgt. Daarnaast zorgt de temperatuurstijging zelf ook voor verscheidene effecten in de Biesbosch Rijn-Maasmonding, waaronder:

- **Toename watertemperatuur:** De stijgende temperatuur van de lucht zorgt voor hogere watertemperaturen in de Biesbosch Rijn-Maasmonding. Dit probleem wordt versterkt in tijden van lage rivierafvoeren of kan lokaal worden versterkt door koelwaterlozingen (in bijvoorbeeld het Rotterdamse havengebied en bij de Amercentrale). Hierdoor kan de KRW-norm voor watertemperatuur in de toekomst vaker worden overschreden tijdens gemiddelde omstandigheden. Dit kan directe effecten hebben op de soorten die in de BRM-wateren leven, waaronder de macrofauna- en visgemeenschap, veel van hen zijn niet bestand tegen langdurig hoge watertemperaturen.
- **Toename algengroei:** Door hoge watertemperaturen neemt de groeisnelheid van algen toe. Dit is een risico voor meer stagnante wateren binnen de BRM, zoals poldersloten, achter vooroevers, bij geïsoleerde uiterwaard wateren, maar ook in het Haringvliet zijn er uitbraken van blauwalg bekend. Bij hoge temperaturen (T > 20 °C) domineren vooral blauwalgen. Algen, en specifiek blauwalgen, kunnen drijfvlagen vormen op het oppervlak van het water, waarmee ze de helderheid van het water verminderen waardoor waterplanten minder kunnen groeien. Bovendien heeft blauwalg ook negatieve gevolgen voor de gezondheid van mens en dier.
- **Verandering verspreidingspatroon soorten:** Door hogere temperaturen neemt het aantal soorten dat uit het zuiden afkomstig is toe (deze trekken verder noordwaarts). Soorten uit koudere streken nemen vooral af. Dit

aspect is in Hoofdstuk 5 naar voren gekomen voor veel soortgroepen vogels die hier komen broeden of juist overwinteren. De trends die in sommige populaties zichtbaar zijn worden met name gelinkt aan de zachtere winters in Nederland én het buitenland.

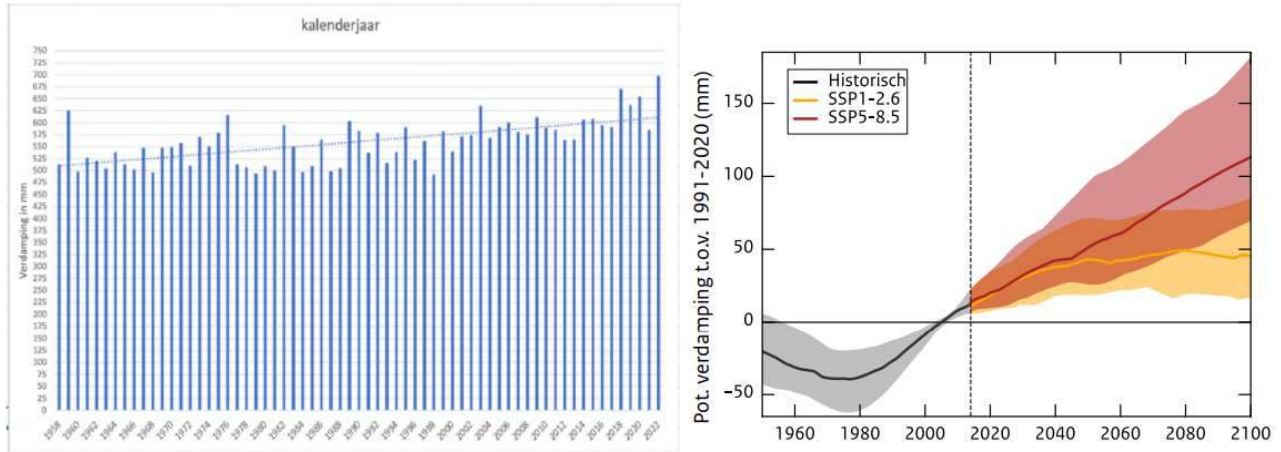
- **Concurrentiepositie invasieve exoten neemt verder toe:** In Hoofdstuk 5 is naar voren gekomen dat invasieve exoten momenteel al een probleem vormen voor veel biotopen en soortgroepen. Een verdere opmars van invasieve exoten zal de veerkracht en biodiversiteit van het ecosysteem verder doen afnemen. Ze concurreren namelijk met inheemse soorten voor leef- (rust-, foerageer-, broed-) en/of groeigebied. Invasieve exoten zijn vaak zo succesvol omdat het veelal weinig kritische soorten betreft met hoge tolerantienormen, die tevens vaak geen natuurlijke vijanden hebben. Bij stijgende temperaturen neemt de concurrentiepositie van tolerante invasieve exoten toe ten opzichte van veel inheemse soorten die minder tolerante zijn voor dergelijke temperaturen. Door het minder frequent voorkomen van zeer koude temperaturen (strengere winters) sterven de exoten vaak ook niet meer af.
- **Disbalans onderdelen van het voedselweb:** Door de hogere temperaturen in de winter en het voorjaar start het groeiseizoen van soorten eerder. Zoals toegelicht in Hoofdstuk 5, zijn soorten en hun verschillende ontwikkelstadia afhankelijk van elkaar (weergegeven in het voedselweb). De levensstrategieën van prooidieren en planten zijn vaak aangepast aan de soorten die hen eten en vice versa: broedseizoenen visetende vogels valt samen met hoge dichtheden juveniele prooivis, valt samen met hoge dichtheden zoöplankton, valt samen met hoge dichtheden fytoplankton. Snel stijgende temperaturen kan dit proces, oftewel het voedselweb, verstoren.
- **Botulisme:** Door de hoge temperaturen kan het risico op bacterie botulisme toenemen. De bacterie die deze ziekte veroorzaakt is voornamelijk actief in ondiepe wateren waarin de temperatuur boven de 20 °C uitkomt, waaraan vooral watervogels en vissen doodgaan. De bacterie verspreidt zich via kadavers van deze dieren. Dit is voornamelijk een risico in ondiepe, stagnante wateren. Botulisme heeft zich binnen de BRM bijvoorbeeld al meerdere keren in ernstige vorm voorgedaan in de Sophiapolder.
- **Stratificatie:** In theorie neemt het risico van stratificatie en de daaropvolgende zuurstofarme condities toe met een stijgende temperatuur. Dit wordt echter niet als (groot) risico geacht in de Biesbosch Rijn-Maasmonding. Uit metingen in het BRM-gebied is namelijk gebleken dat zuurstofloosheid zich alleen sporadisch voordoet (in de huidige situatie) in de diepe delen van het Haringvliet (> 15 meter); zie hiervoor Hoofdstuk 5.

6.2.1.2 Neerslagpatronen: toename verdamping sterker dan de vernatting

Gebaseerd op meetgegevens uit De Bilt, is er sprake van een algemene langzame vernatting (toename neerslag hoeveelheid) in Nederland die sinds 1990 wat lijkt te zijn versneld. Ook in de meeste seizoenen is deze vernatting zichtbaar. De winter, zomer en herfst worden in Nederland langzaam steeds natter. De huidige trend van vernatting zet door in alle klimaatscenario's op gemiddelde jaarbasis. Ook in de winter neemt de hoeveelheid neerslag toe met ongeveer 6% per graad voor Noord-Europa. Dit komt neer op gemiddeld 224 mm in de winter in plaats van 211 mm (Klimaatreferentie KNMI'14 van 1981-2010) bij een temperatuurstijging van 1°C. De modellen zijn daarentegen niet eenduidig over de neerslagverandering in de zomer. In het Klimaatsignaal'21 (2021) wordt gesproken over ongeveer +1% (toename) tot -3% (afname) per graad in de zomer. Of de hoeveelheid neerslag toe- of afneemt in de zomer, is afhankelijk van hoe de luchtstromingspatronen in Europa veranderen, de uitdroging van de bodem en wat dit betekent voor wolken en neerslag.

Ondanks dat er een algemene vernatting plaatsvindt in Nederland, neemt de hoeveelheid verdamping zo significant toe dat de toename in regenval onvoldoende is om de toenemende verdamping te compenseren (Figuur 6-2). De sterke toename in verdamping in het zomerhalfjaar kan deels worden verklaard door de toegenomen hoeveelheid zonnestraling en temperatuur in de lente. De toename in verdamping zorgt voor een sterke toename in neerslagtekorten, vooral in het zomerhalfjaar. De toename in verdamping zet voor alle scenario's door in de toekomst (Figuur 6-2 **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**) en vergroot de gevolgen van tijden van weinig neerslag.

Naast neerslagtekorten heeft Nederland ook te maken met een toename in extreme regenval. Terwijl de totale hoeveelheid neerslag toeneemt, neemt ook het aantal neerslagextremen toe met de stijging in temperatuur. Warmere lucht kan meer vocht bevatten (ongeveer 7% meer per graad). Daarentegen is de gemeten gemiddelde neerslagduur per maand niet korter geworden. Hierdoor kan *niet* worden gesteld dat met de toenemende *kans* op meer extreme buien, alle buien extremer worden en daarmee de periode tussen buien groter wordt. Bovendien is de toename in extremen ook niet één op één te vertalen naar rivierafvoeren, door onder andere het grote en diverse stroomgebied van de Rijn. De impact van neerslagextremen wordt daarom niet uitvoerig behandeld in deze analyse. In paragraaf 6.2.1.4 wordt wel ingegaan op de autonome ontwikkeling in rivierafvoeren.



Figuur 6-2: Links: Berekend jaargemiddelde verdamping in De Bilt, Rechts: Scenarios voor ontwikkeling verdamping tot 2100.

Impact neerslagtekort

Door de grote verdamping kunnen tijden van weinig neerslag in de toekomst nog grotere gevolgen hebben. Het vergroot de kans op oppervlakkige opdroging van de bodem (+ lage grondwaterstanden + bodemdaling + interne verzilting). Dit heeft met name gevolgen voor de vegetatietypes op hogere delen van uiterwaarden, waarbij vegetatietypes mogelijk veranderen (meer resistent tegen droogte) en/of afsterven. Dit leidt er daarnaast toe dat bijvoorbeeld bodemdieretende vogels onvoldoende voedsel kunnen vinden en dat vis en macrofauna sterft bij droogval van ondiepe wateren. In Hoofdstuk 5 is ook de link tussen verdroging en verzuivering van biotopen meermaals aan bod gekomen. Verzuivering vermindert de kwaliteit van leefgebieden sterk, daarnaast kan lokaal sprake van verhoogde predatiedruk in verzuurde en verdroogde gebieden, waardoor dit minder geschikt is als broedgebied.

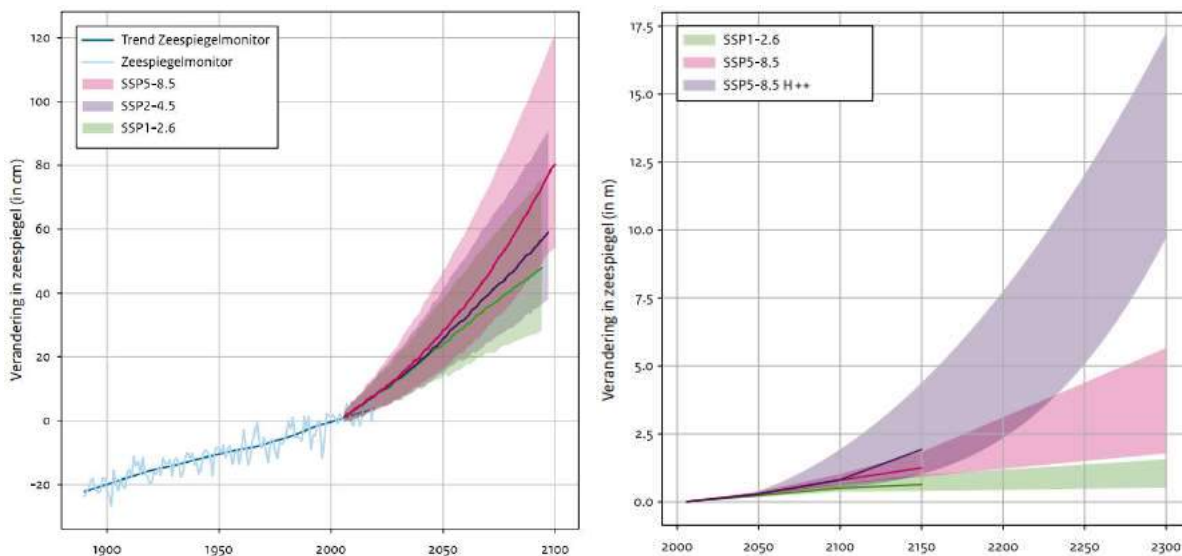
Bij piekbuiten is de waterbeheerder bij uitzondering genoodzaakt tot riooloverstorten in het oppervlaktewater. Ook neemt de afspoeling vanuit landbouwgrond toe bij piekbuien. Beide komt de waterkwaliteit niet ten goede. Bij piekbuiten kan ook snel zuurstoftekort optreden. Deze drie aspecten hebben met name een impact in kleinere watersystemen, zoals de poldersloten en poelen in de BRM. Als gevolg van piekbuien kan zodoende lokaal massale sterfte optreden van met name vis.

6.2.1.3 Zeespiegelstijging

De zeespiegel aan de Nederlandse kust is tussen 1901 en 2018 relatief gestegen met gemiddeld 1,8 mm/jaar tot ongeveer 22 centimeter (KNMI, 2021). Hierin is de bodemdaling meegerekend; wat ongeveer een kwart van de relatieve stijging verklaart. Het verder opwarmen van de aarde en het versneld smelten van de ijskappen zorgt voor een verdere toename in de zeespiegel en een toenemende stijgsnelheid (Tabel 6-2). De KNMI-scenario's voor de zeespiegelstijging in 2050 liggen nog niet ver uit elkaar en geven een gemiddelde zeespiegelstijging van 26 tot 32 centimeter weer. Daarentegen neemt het verschil tussen de scenario's verder toe in 2100. Dit verschil wordt nog groter indien delen van de Antarctische IJskap instabiel raken en het landijs sneller begint af te kalven. Indien dit het geval is (worst-case), dan kan de zeespiegelstijging al met één meter stijgen in 2070 en zal de twee meter zeespiegelstijging rond 2090 worden bereikt (linker deel in Figuur 6-3).

Tabel 6-2: Indicatieve zeespiegelscenario's voor de Nederlandse Kust met 2005 als nulpunt. De bandbreedte van 90% is weergegeven met de gemiddelde waarde tussen haakjes. Dit is de relatieve zeespiegelstijging; de bodemdaling is hierin meegenomen (0,5 mm/jaar). De definitieve KNMI '23-scenario's kunnen afwijken. Bron: KNMI (2021).

Jaar	2050	2050	2050	2100	2100	2100
Uitstoot-scenario	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP5-8.5
Zeespiegelstijging in cm	14-38 cm (26 cm)	15-41 cm (28 cm)	16-47 cm (32 cm)	30-81 cm (56 cm)	39-94 cm (64 cm)	54-121 cm (88 cm)
Stijgsnelheid in mm/jaar	2,8-8,7 mm/jaar (5,8 mm/jaar)	5,2-10,6 mm/jaar (7,9 mm/jaar)	5,8-12,1 mm/jaar (9,0 mm/jaar)	2,9-9,1 mm/jaar (7,4 mm/jaar)	4,4-10,5 mm/jaar (7,5 mm/jaar)	7,2-16,9 mm/jaar (12,1 mm/jaar)



Figuur 6-3: Zeespiegelstijging aan de Nederlandse kust volgens de nieuwe zeespiegelprojecties uit het KNMI Klimaatsignaal'21 met een 90% bandbreedte, waarbij 2005 het nulpunt is. Links: de waargenomen zeespiegelstijging t.o.v. de drie SSP scenario's. Rechts: Het effect van het instabiel raken van de ijskappen rond Antarctica (SSP5-8.5 H++) ten opzichte van de scenario's SSP1-2.6 en SSP5-8.5 tot 2300. Bron: KNMI (2021).

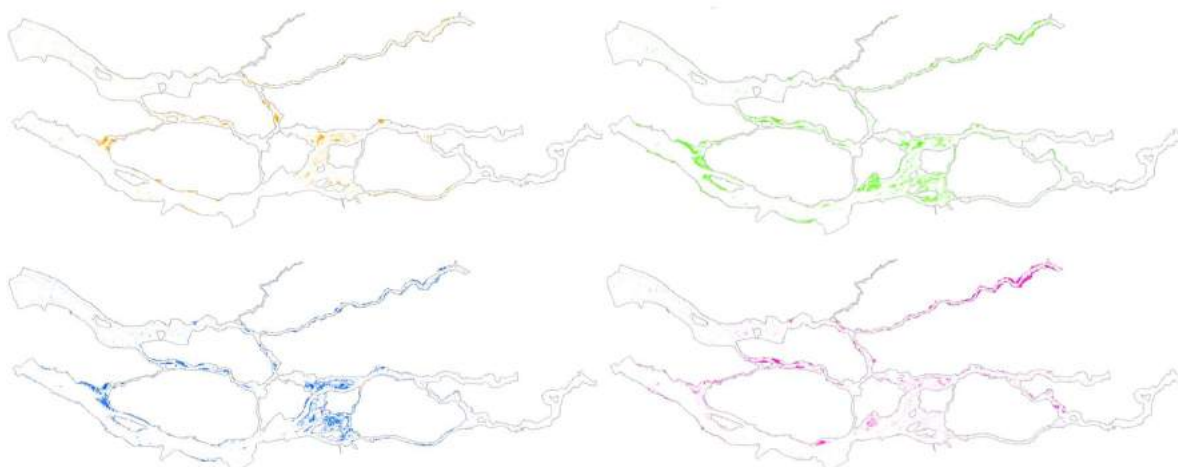
Impact zeespiegelstijging: intergetijdengebied

Een hoger zeewaterniveau betekent in theorie een groter gebied dat onder invloed staat van de zee en bovendien een hoger waterniveau waar het getij omheen beweegt. Daarentegen is in de afgelopen 50 jaar binnengaats nog niets merkbaar van een hoger waterniveau door een stijgende zeespiegel op de Noordzee (Hoofdstuk 1). De gemiddelde standen zijn in de Noordrand en Zuidrand van het BRM-gebied vrijwel niet veranderd. De mogelijkheid is nog dat die verandering er wel is, maar wordt gecompenseerd door andere veranderingen, bv in die van de rivierafvoeren, een andere geometrie van de watergangen of het beheer van de Haringvlietdam.

Desalniettemin zet de stijging van de zeespiegel en de stijgsnelheid verder door in de toekomst, die uiteindelijk niet bij te houden is door de dempende veranderingen. Indien dit uiteindelijk tot een verhoogd waterniveau leidt, 'verdrinken' en verdwijnen op sommige plekken intergetijdengebieden, terwijl zij op andere plekken weer zullen ontstaan (Illustratief weergegeven in Figuur 6-4). In principe is dit een natuurlijk proces, in de historische situatie veranderde biotopen in het intergetijdengebied ook voortdurend van locatie (besproken in Hoofdstuk 2, 3 en 5). Voor de biotiek is het verdwijnen en ontstaan van biotopen dus niet per se negatief. Dit geldt zeker voor pionierbiotopen en -soorten die in staat zijn nieuwe locaties met geschikte abiotische omstandigheden te koloniseren. Biotopen die juist een langere tijd nodig hebben om zich te ontwikkelen, zoals ooibossen (met bomen van decennia oud), zullen op de relatief korte termijn wel negatieve effecten ondervinden van de snelle veranderingen in het getijdengebied.

Allereerst zullen meer gebieden (die nu nog relatief weinig inunderen) steeds meer onder invloed van het getij komen te staan (Figuur 6-4b). Of dit ook meer intergetijdennatuur creëert hangt af van de mate waarop sediment en ruimte beschikbaar is. Met name in het Biesboschstelsel is veel sedimentaanvoer nodig om de stijgende waterspiegel bij te houden. Hierdoor is de kans aanwezig dat dit voor weinig nieuwe platen zorgt. Hierdoor is het nog de vraag of omstandigheden worden gecreëerd die gunstig zijn voor getijdennatuur. Naast een mogelijke toename van gebieden onder invloed van getij, zullen de huidige intergetijdengebieden, die nu regelmatig onderwater staan, mogelijk in de toekomst permanent onder water staan. Een voorbeeld hiervan is de Sophiapolder. Dit gebied zal, indien de bodemhoogte gelijk blijft, bij een zeespiegelstijging van 30 cm voor het grootste gedeelte bestaan uit gebieden die permanent onderwater staan (Bender, 2020). Dit proces van 'verdrinken' is op grote schaal zichtbaar bij hogere zeespiegelstijgingen (Figuur 6-4c en Figuur 6-4d).

Bij een hogere zeewaterstand stroomt ook de zouttong in theorie verder de Rijn-Maasmonding in via de Nieuwe Waterweg. Daarentegen is de verhoging van het zeewaterniveau tot 2050 nog relatief beperkt. Verziltiging is tot 2050 sterk gedreven door lagere rivierafvoeren. De impact wordt daarom bij rivierafvoeren (6.2.1.4) verder omschreven.



Figuur 6-4: Illustratief beeld van het effect van zeespiegelstijging op intergetijdengebieden met in kleur de intergetijdengebieden aangegeven in (rechtsboven) de huidige situatie en een zeespiegelstijging van (linksonder) 30 cm, (rechtsboven) 60 cm en (linksonder) 90 cm. Hierin is de bodemhoogte gelijk gehouden en de sedimentaanvoer daarmee nul (Bender, 2020).

6.2.1.4 Rivierafvoer

De verwachting is dat de afvoeren van de rivieren (Rijn en Maas) vanwege de klimaatverandering zullen veranderen. Waarbij de frequentie van lage zomerafvoeren toeneemt vanwege het vaker optreden van droogte in de zomer en in de winter juist hoge afvoeren vaker voor kunnen komen omdat dan langdurige regenperioden met veel neerslag vaker worden verwacht (Deltares, 2015). Uit de afvoergegevens van de rivieren blijkt echter dat er tot nu toe nog geen sprake is van grote veranderingen in de gemiddelde omstandigheden en ook extreme situaties (zowel hoge als lage afvoeren) komen niet vaker voor dan vroeger (3.3). Indien het scenario doorzet, in plaats van de trend, en hoge en lage rivierafvoeren vaker voorkomen, is dit tot 2050 nog niet een groot probleem voor de natuur. In het verloop van de waterstand in de BRM is de invloed van het getij namelijk dominant. Alleen in de riviertrajecten die in het oosten het gebied instromen is, zij het in beperkte mate, ook de invloed van de rivierafvoer merkbaar. Hierdoor hebben (kleine) veranderingen in rivierafvoer geen grote effecten op het gebied.

Toch zijn er de afgelopen jaren veel problemen geweest omtrent laagwater en hoogwater. Deze kunnen ook te verklaren zijn door verandering in watergebruik en/of verdeling. De vraag naar drinkwater is gegroeid vanwege bevolkingsgroei en de toename van economische activiteiten. Bovendien neemt de watervraag verder toe door bijvoorbeeld sproeien voor landbouw, drinkwater en koeling. Hierbij spelen ook de effecten van verdere toename van temperatuur en de resulterende toename in verdamping. Hierdoor worden de lage en hoge rivierafvoeren eerder een waterverdeling- en beschikbaarheidsvraagstuk dan een vraagstuk van waterveiligheid. Hetzelfde geldt voor de menselijke reactie op hoge rivierafvoeren. De impact van onze voorbereidende acties op hoge rivierafvoeren (zoals

bergingsgebieden, armen verbreden) op het systeem is mogelijk groter dan de hoogwatergolf die één keer in 1000 jaar komt. Hoogwaterveiligheid heeft hiermee mogelijk een groter effect dan het hoogwater zelf.

Impact lage rivierafvoeren: zoutindringing

Lage en zeer lage rivierafvoeren komen niet heel veel voor, maar hebben wel grote impact op de BRM. Bij vloed dringt zout zeewater verder het gebied in en komt de brakwaterzone ver binnengaats te liggen. Dit zorgt vooral voor verzilting bij de Nieuwe Maas/Noord, Hollandsche IJssel en Lek. De impact bij de Lek is desondanks kleiner, omdat deze verder bovenstreams ligt en de mogelijkheid heeft om via het sluiscomplex Hagestein door te spoelen, mits er voldoende zoetwater voorhanden is. Voor het Haringvliet en Hollandsch Diep kan achterwaartse verzilting bij zeer hevige stormen die minimaal twee getijdencycli voortduurt voorkomen (Arcadis, 2015). Naast verzilting via het oppervlaktewater (via de Nieuwe Waterweg) speelt ook binnendijkse verzilting via zout of brak grondwater een rol. Een hoger zeewaterniveau leidt in de laaggelegen kustgebieden (zone van 10 á 15 kilometer van de kust) tot een toename van kwel (grondwaterstroom naar de oppervlakte) (Deltares, 2021). Een toename van de verzilting zorgt zowel voor een verhoging van de gemiddelde chlorideconcentraties als een verhoging van de overschrijdingsfrequenties van de grenswaarden. Een overbelasting van zoutgehalten heeft zowel impact op de zoetwaterinname punten, als effecten op natuur.

De invloed van saliniteit op de estuariene natuur en de belangrijke levensgemeenschappen daarbinnen is uitvoerig behandeld in Hoofdstuk 5. Hieruit volgt dat maar weinig soorten bestand zijn tegen plotselinge schommelingen in het zoutgehalte. Wanneer dit vaker voorkomt leidt dit op de korte termijn tot sterfte van met name macrofauna en vegetatie, op de lange termijn zorgt het voor een afname van geschikt leefgebied voor soorten die minder tolerant zijn voor zout water. Zoetwatersoorten die voldoende mobiel zijn (met name vis) zullen in staat om stroomopwaarts het zoute water te ontvluchten. Het is echter de vraag of stroomopwaarts voldoende draagkracht is voor de massale verschuiving in biomassa. Andersom zal het verzilte gebied juist nieuw leefgebied vormen voor soorten die daar tolerant voor zijn.

Toename van lagere rivierafvoeren en de bijkomende problematiek rondom zoutindringing zorgen ervoor dat er minder gespuid kan worden door de Haringvlietssluisen, waardoor er ook minder gekierd kan worden. Dichte haringvlietssluisen komen niet ten goede aan de connectiviteit in de BRM en vormen een grote bottleneck voor trekvis, zoals fint en zalm. Bij een afname in spuivolume en -frequentie leiden daarnaast tot een afname in vindbaarheid van de monding aangezien de zoete lokstroom daarmee wordt ingeperkt.

Het is daarentegen wel belangrijk om te noemen dat de maatregelen genomen door de mens, zoals inpoldering, grondwateronttrekkingen, bodemdaling en het verdiepen van vaargeulen, mogelijk een sterker effect hebben dan de zeespiegelstijging en/of verandering rivierafvoeren. Verdiepen van vaargeulen is bijvoorbeeld vele mate groter dan de relatieve zeespiegel stijgingssnelheid van 1,8 mm/jaar. Hoewel de exacte keuze nog een kwestie van speculeren is, is het aannemelijk dat de mens ook zal anticiperen op klimaatverandering.

6.2.2 Niet-klimaat gerelateerde autonome ontwikkelingen

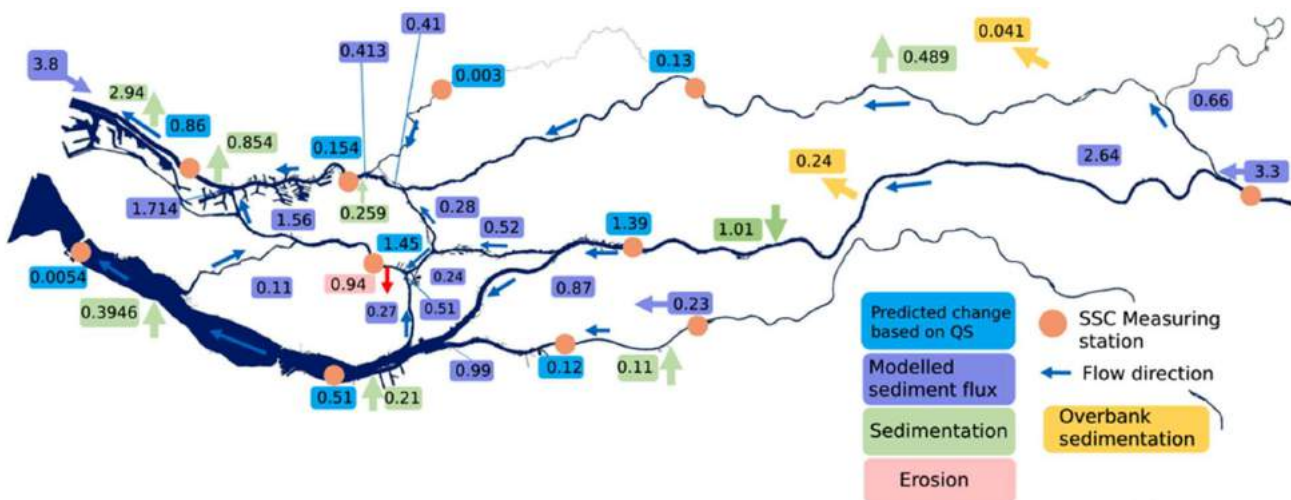
Zoals omschreven in de voorgaande hoofdstukken is het BRM-gebied, als gevolg van de deltawerken, bedijkingen, stuwen, bebouwing, baggeren en ander waterbeheer, geen volledig natuurlijk estuarium meer. Er hebben in het verleden grote veranderingen in het BRM-gebied plaatsgevonden met invloed op het functioneren zoals de afsluiting van het Haringvliet en het verdiepen van de Nieuwe Waterweg. Terwijl deze handelingen in het verleden liggen, reageert een estuariën systeem vertraagd op deze resolute keuzes. Het evenwicht van zowel de abiotische (bijvoorbeeld sediment processen) als biotische processen is daarmee nog niet bereikt. Hierdoor zullen deze ontwikkelingen als autonome processen doorzetten in de toekomst. Deze ontwikkelingen worden in dit hoofdstuk verder toegelicht. De toename van exoten is ook een belangrijke niet (volledig)klimaat gestuurde ontwikkeling, maar staat al uitgebreid omschreven in Paragraaf 6.2.1.1.

6.2.2.1 Morfodynamische processen

Zoals toegelicht in Hoofdstuk 3, zijn de sedimenttransporten bewust en onbewust verstoord door bedijkingen, stuwen en afsluiting van zeearmen. Op deze hydrologische ingrepen reageert het systeem door veranderingen in de

morfodynamiek. Deze veranderingen zijn in het heden zichtbaar in de vorm van trends, maar zullen in de toekomst ook verder gaan totdat het evenwicht in de sedimentbalans weer is bereikt, indien mogelijk. De meest zichtbare trend is de daling van de bodemligging voor bijna alle wateren, met name de Oude Maas, Nieuwe Maas en de Nieuwe Waterweg (Hoofdstuk 3.4.3). Dit komt door de hoge stroomsnelheden in de tussenlopen en grootschalige baggerwerkzaamheden in bijvoorbeeld de Nieuwe Waterweg.

De huidige trend zal voor de meeste waterlopen doorzetten in de toekomst. Door zeespiegelstijging zal de accommodatieruimte, de ruimte beschikbaar voor de depositie van kust sedimenten, in theorie toenemen. Daarentegen zijn de baggerwerkzaamheden dermate groot in de Rotterdamse Haven dat de natuurlijke mechanismes door zeespiegelstijging mogelijk *niet* tot veel meer kustsediment in het systeem zullen leiden. Omdat zand vanuit rivieren voornamelijk de randen van het BRM-systeem bereikt (Hoofdstuk 3.4.2) is daarmee de toekomstige toevoer van sediment vanuit de rivieren belangrijk om de bodemligging te beïnvloeden. Het onderzoek van Cox (2021) voorspelt dat de influx van sediment vanuit de rivieren zal toenemen in 2050, maar dat dit niet zal leiden tot een afname in de erosie van de tussenlopen (Oude Maas), zoals te zien in Figuur 6-5. Hierdoor blijft de erosie in de Oude Maas in de toekomst een knelpunt. Het is belangrijk om te benoemen dat Figuur 6-5 een scenario laat zien zonder baggerwerkzaamheden, waardoor dit een vertekend beeld geeft van de intensief gebaggerde waterlopen, zoals de Nieuwe Waterweg. Als we daar namelijk op dezelfde manier blijven baggeren zal mogelijk de erosie doorzetten waardoor het systeem verder de diepte in gaat. Het Haringvliet en Hollands Diep krijgen daarentegen een minimale hoeveelheid toevoer van riviersediment in verhouding tot hun grootte. Dit kan leiden tot problemen met het behouden van moerasgebieden, door onder andere oevererosie. In contrast met de andere gebieden is de Voordelta sterk onderhevig aan sedimentatie, zoals omschreven in Tekstbox 1.

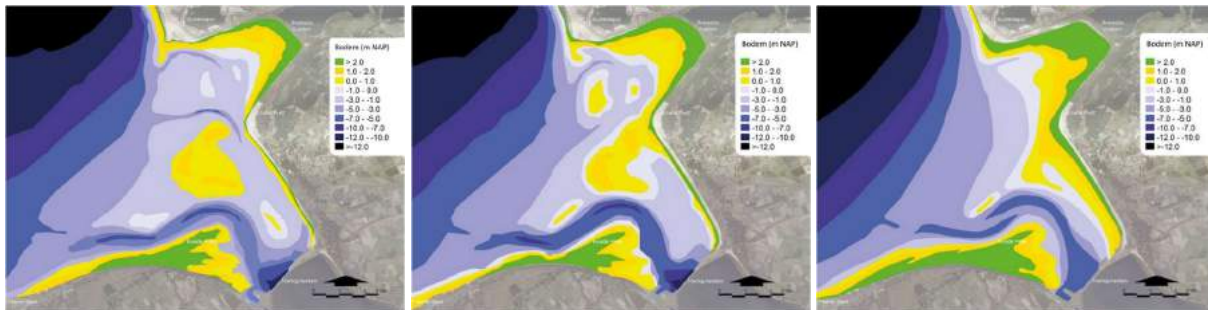


Figuur 6-5: Verdeling van gesuspendeerd sediment (slib) in 2050, met vermelding van meetstations (roze stip), gemeten (blauw) en gemodelleerde (paars) sedimentfluxen en de daaruit voortvloeiende erosie (roze) en sedimentatie (groen). In oranje is de verspelde sedimentatie op de uiterwaarden weergegeven. <https://cdnsiencepub.com/doi/10.1139/anc-2021-0003#sec-4>

Sedimentatie in de Voordelta

Zoals omschreven in Hoofdstuk 3.4.6, is door de afsluiting van de Haringvliet de natuurlijke sedimentbalans van de Voordelta verstoord, waardoor het gebied grootschalige verzanding ondervindt (Arcadis, 2021). Tot 2050 blijven sedimentatie processen groter dan de zeespiegelstijging. De effecten van de sedimentatie voor 2025, 2030 en 2060 zijn schematisch weergegeven in Figuur 6-6. Dit is een schematische weergave ter illustratie, indien de mens niet ingrijpt in het systeem. Hierop is te zien dat door de sedimentatie er minder water door de drie aanwezige geulen gaat (nog visueel zichtbaar in 2025) en dat de vaargeul smaller en ondieper wordt. Op termijn zal de plaat in het midden aan landen. Ook is te zien dat het strand van noordwest Goeree in de toekomst breder wordt en dat de Kwade Hoek verder zal uitgroeien (Arcadis, 2021)

De sedimentatie van de Haringvlietmonding heeft effect op de bestaande natuurwaarden in het gebied. De verwachting is dat er geen nieuwe typen natuurwaarden door de sedimentatie ontstaan. Wel zijn er verschuivingen binnen de bestaande natuurwaarden. Door de sedimentatie is er een toename oppervlakte habitattypen slikken en zandplaten, kunnen nieuwe duinen en duinvalleien en kunnen bestaande duinen zich ontwikkelen tot duingraslanden. Vogels, zowel broedvogels als niet-broedvogels (waaronder steltlopers), die foerageren op landwaterovergangen profiteren van de ontwikkeling, met name op delen die slibrijker worden. De sedimentatie gaat daarentegen ten kosten van het open water en de permanent overstroomde habitattypen. (Arcadis, 2021)



Figuur 6-6: Verwachte morfologische ontwikkelingen voor de toekomst van links naar rechts: 2025, 2030 en 2060. Dit zijn visuele weergave ter illustratie. Bron: Arcadis, 2021.

Tekstbox 1: Sedimentatie processen in de Voordelta

6.2.2.2 Toenemende successie

Successie van vegetatie is de vaste opeenvolging van soorten op dezelfde plek (bijvoorbeeld van braakliggend terrein tot stabiel volwassen bos, zie Figuur 6-7). Deze verandering vindt plaats binnen een bepaalde tijd (variabel per biotoop) waarin de omstandigheden stabiel zijn. Successie hoort bij een natuurlijk en robuust systeem, maar dient wel in balans te zijn. De ecologische waarde van het getijdengebied neemt af wanneer er elders geen gelijktijdige aangroei plaatsvindt of de verlanding niet door kortdurende extreme situaties (hoogwater, storm) of beheer wordt teruggezet. Het stoppen van het biezenebeheer en de Deltawerken hebben de successie sterk gestimuleerd. Sinds de afsluiting van het Haringvliet is namelijk voor een groot deel van de Biesbosch Rijn-Maasmonding de getijden-dynamiek verdwenen. Hierdoor treedt in de Biesbosch verruiging op door versnelde successie van rietgorzen en lage wilgenstruwelen. Deze ontwikkelen zich langzaam maar zeker door tot opgaande wilgenbossen en ruigten. Ook zijn er in het Haringvliet geen droogvallende kale eilandjes meer, waardoor pionierssituaties niet meer beschikbaar zijn. Onder andere de vogels (grondbroeders) die hiervan gebruikmaken als broedlocaties verliezen hierdoor leefgebied, lokaal wordt dit wel tegengegaan door intensief beheer (toegelicht in Hoofdstuk 5). De verwachting is dat het proces van verruiging, zonder aanpassingen in het beheer, areaal of getij, door zal zetten in de toekomst. Zonder ingrijpen leidt dit tot een soortenarme, weinig veerkrachtig systeem: door de weinig dynamische omstandigheden zullen veel biotopen verdwijnen of in zeer matige kwaliteit achterblijven, dit leidt vervolgens tot het verdwijnen van de bijbehorende soorten. Het is de vraag of er voldoende ruimte (areaal) in het systeem van de veelal bedijkte en ingedamde BRM zit om naar een cyclische ontwikkeling te gaan waarin het systeem als geheel een betere balans kent (en daarmee robuust en veerkrachtig is).

In het huidige natuurbeleid heeft een redelijk deel van de momenteel aanwezige bestaande natuur een behoud of verbeterplicht heeft (m.n. Natura 2000-gebieden en KRW-waterlichamen). Door het gebrek aan cyclische processen die successie weer terugzetten is voor de meeste biotopen (die niet aan het einde van het succesieproces staan) een bepaalde beheerinspanning nodig. Vaak betreft het het tegengaan van de successie die in de voorgaande periode heeft plaatsgevonden (opslag van vegetatie, verlanding e.d.). Naarmate meer gebieden naar een andere soortgemeenschap veranderen wordt ook de benodigde beheerinspanning groter om bestaande natuurwaarden te behouden. Het alsmate toenemen van de benodigde beheerinspanning kan zodoende op zichzelf ook worden gezien als een autonome ontwikkeling.

Herstel van (of simpelweg het toestaan van) natuurlijke cyclische processen kan bijdragen aan een meer natuurlijk functionerend ecologisch systeem en het verminderen van de vereiste beheerinspanning. Punt van aandacht daarbij is wel dat flexibiliteit in beleid benodigd is, waarbij wordt geaccepteerd dat biotopen en soorten van de ene naar de andere plek kunnen en mogen verschuiven. Met het huidige beleid is dit echter niet het geval en moet het aangewezen biotoop/soort binnen de aangewezen locatie met een bepaalde kwaliteit/omvang/aantal voorkomen.



Figuur 6-7: Schematische weergave van successie

6.2.2.3 Binnendijkse bodemdaling

In het binnendijks gebied speelt bodemdaling een grote rol door verschillende bodemdalingsprocessen, waaronder inklinking, tektonische bodembeweging en veenoxidatie, zoals omschreven in Hoofdstuk 3.7.3. Bodemdaling is met name een probleem in Alblasserwaard, Krimpenerwaard en één regio in Hoeksche Waard. Door bedijking is sedimentaanvoer gestopt en kan ook geen opslibbing meer plaatsvinden vanwege het ontbreken van getij en overstromingen. Daarnaast wordt bestaand veen afgebroken door ontwatering, waarbij grondwaterstanden kunstmatig laag worden gehouden ten behoeve van maatschappelijke functies. Ontwatering en baggeren vindt nog steeds actief plaats, waardoor bodemdaling verwacht wordt door te zetten in de toekomst. Bodemdaling heeft grote gevolgen voor het waterbeheer in de toekomst omdat de opvoerhoogtes voor het water steeds groter worden. Bodemdaling kan daarnaast lokaal impact hebben op natuurtypen, zoals graslanden (bijvoorbeeld natte, droge of plas-drasgraslanden), indien het waterpeil ten opzichte van het maaiveldniveau veranderd. Dit heeft impact op de soorten die kunnen groeien, maar kan ook effect hebben op broedvogels door bijvoorbeeld het onder water komen van nesten. Bovendien kan verandering van de maaiveldhoogte ten opzichte van het waterpeil ook moerassen en ruigten, langs waterlichamen, beïnvloeden. Enkel door de gebieden in open verbinding (permanent of periodiek) te brengen met het getijdsysteem, en overstromingen gecontroleerd toe te laten, kan het gebied meegroeien met de zeespiegelstijging en wordt sediment uit het systeem gehaald, waardoor baggeren minder noodzakelijk is. Experimenten hiermee worden bijvoorbeeld ook in andere delen van het land toegepast, zoals de doorlaatbare dijk in Bierum.

6.3 Drukfactoren op de Biesbosch Rijn-Maasmonding

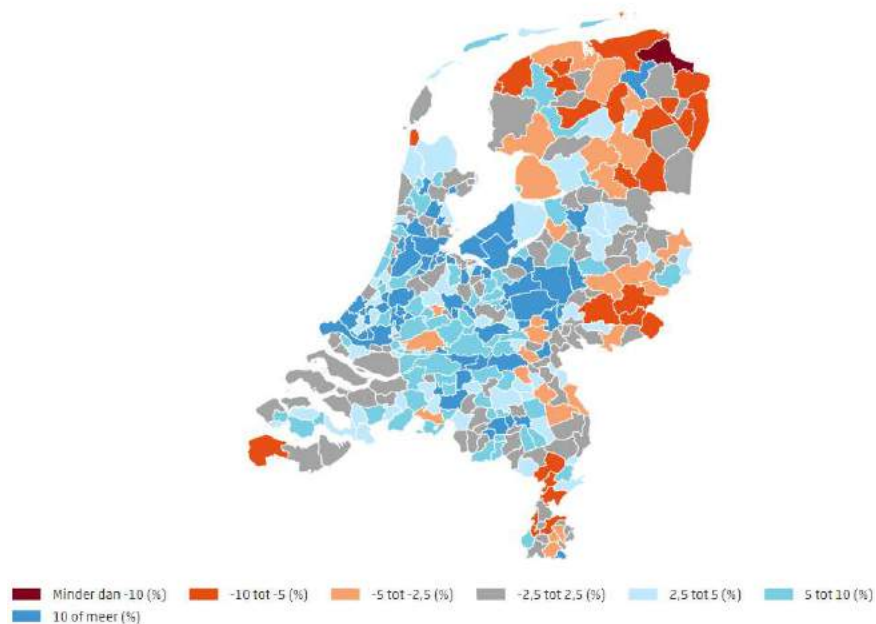
De Biesbosch Rijn-Maasmonding is een omvangrijk gebied waarin veel functies samenkomen, zoals recreatie, waterveiligheid, scheepvaart en landbouw. Deze functies hebben allemaal een vraag naar ruimte en zetten een zekere druk op het abiotisch en biotisch functioneren van de Biesbosch Rijn-Maasmonding. In deze paragraaf geven we een

overzicht van de grootste uitdagingen en transities op sociaaleconomisch vlak binnen de Biesbosch Rijn-Maasmonding en hun impact op het abiotisch en/of biotisch functioneren.

6.3.1 Bevolkingsgroei

De Biesbosch Rijn-Maasmonding grenst aan verschillende grote en middelgrote steden, zoals Rotterdam, Dordrecht en het sterk verstedelijkte Krimpenerwaard. Verwacht wordt dat de bevolking in de grote en middelgrote steden (ten minste 100,000 inwoners) zal groeien tot 2035, zoals te zien in Figuur 6-8. Rotterdam groeit hierbij met 12%, Krimpenerwaard met 8,2% en Dordrecht met 7,4%. Dit veroorzaakt op verschillende manieren druk op het gebied. Allereerst zijn vele natuurgebieden in de BRM, zoals de Biesbosch of de Kwade Hoek, aantrekkelijk voor de inwoners om in te recreëren. Dit geldt voor zowel recreatie op land (bijv. wandelen) als op water (bijv. kitesurfen en sportvisserij) (Paragraaf 6.3.3). Ook werkt het drukbevolkte gebied door in een vraag naar woningen, werk en de benodigde vervoerslijnen om dit woon-werk verkeer te kunnen faciliteren (Paragraaf 6.3.2). Hiermee is de bevolkingsgroei een drijvende kracht achter verdere drukfactoren. Deze drukfactoren worden elk in verdere paragrafen toegelicht.

Bevolkingsgroei tussen 2021 en 2035 (prognose)



Figuur 6-8: Prognose van bevolkingsgroei in Nederland tussen 2021 en 2035. Bron: CBS.

<https://www.cbs.nl/nl-nl/visualisaties/dashboard-bevolking/regionaal/groei-en-krimp>

6.3.2 Woningbouw

Om deze bevolkingsgroei, samen met de huidige woningbouwopgave op te vangen, moeten er keuzes gemaakt worden waar woningen geplaatst worden en of en in welke richting gebieden verstedelijken (Evers et al., 2021). De Provincie Zuid-Holland heeft afgesproken om 215.000 woningen te realiseren tussen 2020 en 2030 (Provincie Zuid-Holland, 2021), waarbij er tussen 2030 en 2040 aanvullend 60.000 woningen gebouwd moeten worden (Provincie Zuid-Holland, z.d., a). De vertaling van de verstedelijkingsstrategie naar lokaal niveau bepaalt de impact op de ruimte: de mate van stedelijke spreiding, de dichtheid van verstedelijking én de manier van bouw. Deze verstedelijkingskeuzes komen ook naar voren in de scenario's van het PBL (PBL, 2023). Voor de regio Rotterdam

vertaalt de verstedelijkingsopgave van Provincie Zuid-Holland zich naar de ambitie om 98.000 woningen te realiseren in 2030 (Provincie Zuid-Holland, z.d, b). De invulling van deze ambitie is te zien in Figuur 6-9.

Ruimtelijke ontwikkelingen, waaronder woningbouw, kunnen op verschillende manieren impact hebben op het biotisch systeem. Allereerst wordt vrij areaal opgevuld met de ontwikkeling van huizen. Deze gebieden zouden mogelijk ook groen in te richten zijn, zoals bijvoorbeeld het gebied van de oude havens bij Rotterdam. Hiermee concurreren locaties die interessant zijn voor natuurlijke inrichting. Ook kunnen nieuwe woningen en het bijkomende verkeer op langere afstand invloed hebben op de natuur, door bijvoorbeeld de uitstoot van stikstof en de toenemende recreatie.



Figuur 6-9: Aantal woningen in aanbouw, studie en voorbereiding bij de Gemeente Rotterdam. Bron: <https://www.bouwenaanrotterdam.nl/bouwkaart#/>

6.3.3 Recreatie

De afgelopen en komende jaren is er een toenemende behoefte (verwacht) aan buitenrecreatie, waaronder fietsen, wandelen en recreëren. Dit is te zien aan de sterke toename van de economische waarde van natuurrecreatie en -toerisme, met een stijging van 44% tussen 2013 en 2018 (ANWB, 2022). Met de groeiende bevolking, groeien van het inkomend toerisme, toenemende aandacht voor een gezonde levensstijl en door corona mogelijk blijvend meer buitentoerisme, wordt een verdere toename in de recreatie verwacht (ANWB, 2022). Vooral de toenemende bevolking zorgt voor recreatiedruk in de Biesbosch Rijn-Maasmonding. Volgens de ANWB zijn eigen inwoners voor buitenrecreatie vrijwel de belangrijkste doelgroep met zo'n 66% (ANWB, 2022). Naast eigen inwoners zijn ook dagbezoekers van buiten de BRM een belangrijke doelgroep voor recreatie. In 2022 bezochten ruim één miljoen binnen- en buitenlanders de stad Rotterdam, bijna net zoveel als in recordjaar 2019 (AD, 2023). Ook het aantal hotelgasten in het derde kwartaal van 2022 steeg met 23% aan Nederlandse en 65% aan buitenlandse gasten t.o.v. het jaar daarvoor (CBS, 2022). De Biesbosch Rijn-Maasmonding is een ideaal gebied voor dagbezoekers vanuit Rotterdam, maar ook vanuit andere (Brabantse) steden. Deze toenemende recreatiedruk uit zich ook in natuurgebieden. Zo groeit in de Biesbosch jaarlijks het aantal bezoekers (Tekstbox 2).

De sterke toename in buitenrecreatie zorgt voor verstoring van de natuur. Wandelaars hebben al vanaf ongeveer 200 m een versturende werking op (water)vogels door geluid en licht. Daarnaast laten recreanten in toenemende mate afval achter die deze gebieden vervuilen en beschadigen ze habitatgebieden. Naast op het land, zorgt buitenrecreatie ook voor verstoring vanaf het water. Dit uit zich in bijvoorbeeld de toenemende pleziervaart op de (binnen)wateren. Ook worden de wateren in toenemende mate door sportvissers uit het buitenland bezocht.

Recreatiedruk in de Biesbosch

De Biesbosch is een geliefd gebied onder natuurrecreanten. Gedurende het jaar wordt er door vele bezoekers met pleziervaart gebruik gemaakt van het gebied maar vinden er ook talloze evenementen en activiteiten plaats. De afgelopen jaren is de hoeveelheid recreatie toegenomen in de Biesbosch (Orbis, 2022). Bovendien is er ook een sterke toename in het dumpen van afval, ondermijnende activiteiten, hennepsteelt, stroperij en beschadiging en/of vernietiging van habitatgebieden waargenomen. De verwachting is dat de recreatiedruk ook de komende jaren nog zal toenemen. Met de toenemende hoeveelheid mensen in het gebied neemt de hoeveelheid rust af voor de dieren die in de Biesbosch foerageren of overnachten, zowel door optische verstoring als verstoring als gevolg van geluid en licht. Zo is de Biesbosch een belangrijke overwinteringsplaats voor watervogels. In de Natuurdoelanalyse (Arcadis, Royal Haskoning DHV en Sweco, 2022) komt ook naar voren dat er een groot aantal watervogels en vogelrichtlijnsorten zijn in de Biesbosch met recreatiedruk als knelpunt. Als de groei van het aantal recreanten in de toekomst blijft toenemen zal ook de druk op deze soorten verergeren. In het Natura2000-beheerplan van de Biesbosch (RVO, 2017) is onder andere opgenomen dat de beheerder zorgt voor voldoende rust in het gebied.

Tekstbox 2: Recreatiedruk in de Biesbosch

6.3.4 Ontwikkeling scheepvaart en havenbedrijven

De Biesbosch Rijn-Maasmonding is een belangrijke toegangspoort naar het achterland van Europa. Hierbij is de Rotterdamse haven een belangrijk internationaal knooppunt voor scheepvaart en handel. De haven ontving in 2022 29.029 zeeschepen en 97.459 binnenvaartschepen. In 2018 is de Nieuwe Waterweg verdiept met een maximale diepte van -16.40 m NAP, waardoor grotere schepen met een diepte van 15 meter tot Botlek kunnen varen. Het is onzeker of de totale overslag van het Havenbedrijf zal groeien in de toekomst. Het Havenbedrijf Rotterdam heeft vier toekomstscenario's voor 2050 opgesteld op basis van mondiale ontwikkelingen. In deze scenario's varieert de goederenoverslag in 2050 van 400 tot 580 miljoen ton, ten opzichte van 469 miljoen ton in 2022. Naast Rotterdamse haven is ook Moerdijk een belangrijke zeehaven met 2.072 zeeschepen en 11.419 binnenvaartschepen in 2022. Deze aantallen, samen met de aantallen van de Rotterdamse haven, geven een indruk van de schaal waarop scheepvaart druk uitoefent op het systeem.

Deze grote druk op het systeem uit zich onder andere door de noodzaak voor grote diepe vaargeulen. Deze uitgebaggerde geulen zorgt dat sediment 'verwijderd' wordt uit het systeem en voorkomt de natuurlijke ontwikkeling van de benodigde afwisseling van zandplaten voor slikken en schorren (lage EKR-scores O2b; Hoofdstuk 5). Daarnaast zorgt het grote aantal vaarbewegingen met steeds grotere schepen in toenemende mate voor golfslag en stroming. De toename van de intensiteit en grootte van de scheepvaart leidt tot meer dynamiek in de getijdenoevers. Dit leidt tot fysieke schade, vertroebeling van het water en tot een verminderde vestigingskans vanuit zaden, worteldelen of stengels. Scheepvaart heeft daarmee ook een nadelige invloed op de soortenrijkdom en dichtheid van macrofauna. Door de continue omwoeling van het bodemsediment ontbreekt voor een aantal macrofaunasoorten stabiel substraat (zoals waterplanten). Bovendien zorgt de golfslag voor het wegspoelen van macrofauna (Gabel et al., 2017) en slib met daarin organische stof (voeding). Alleen soorten die ingegraven in de bodem leven of goed verankerd zijn (driehoeks- of quagga-mosselen), hebben hier minder problemen mee. Daarnaast zijn er regelmatig zijn ook steeds meer aanwijzingen dat het onderwatergeluid dat geproduceerd wordt door scheepvaart een negatieve invloed heeft op macrofauna (Carter et al., 2020). Ook kunnen vissen in aanraking komen met schepen en scheepsschroeven.

6.3.5 Energietransitie

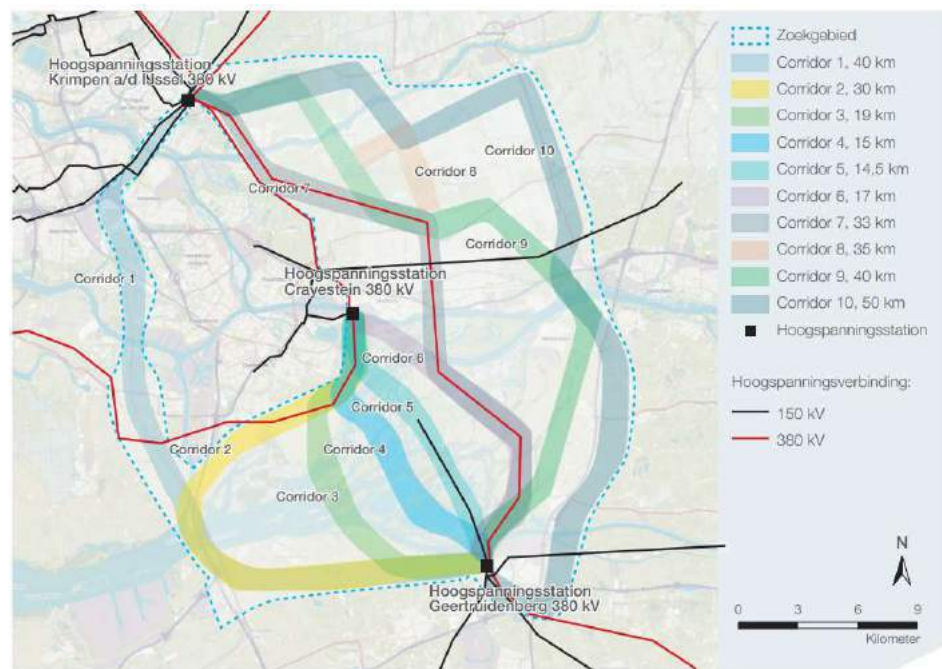
De energietransitie vormt een belangrijke opgave om de doelen opgesteld in het Klimaatakkoord te behalen. Om deze doelen te behalen, is Nederland opgedeeld in 30 energieregio's, waarbij twee concrete doelen tot 2030 voor alle energieregio's tezamen zijn bepaald: het opwekken van minstens 35 TWh duurzame elektriciteit op land (zon en wind) en het verduurzamen van minstens 1,5 miljoen woningen en deze aansluiten op meer duurzame warmtebronnen. Het opwekken van meer duurzame elektriciteit op land via zon en wind, vraagt om de bouw van zonnepaneel- en windmolenparken. Een van de belangrijkste gevolgen van de toename aan windmolens is het effect op migrerende vogels. Zoals toegelicht in Hoofdstuk 5, is de Biesbosch-Rijn-Maasmonding een onmisbare schakel in de keten van estuaria langs de Oost-Atlantische flyway. Windmolens kunnen een barrière vormen tussen de broed- of slaapplekken

(vliegen om), kunnen leiden tot een lager broedsucces (alleen gelaten vogels door sterfte ouders), leiden tot directe sterfte door de wieken of de mast en verlies van leefgebied (mijden van windparken en omgeving voor voedsel-, rust- of broedgebied) (Vogelbescherming Nederland, 2021). Naast de directe gevolgen van duurzame energiebronnen, vraagt deze transitie ook om een aanpassing van ons elektriciteitsnetwerk, bijvoorbeeld de nieuwe hoogspanningsverbinding tussen Geertruidenberg en Krimpen aan den IJssel of Crayestein (Tekstbox 3). De omvang van deze corridors laat zien dat ook de energietransitie, en de daarbij horende aanpassingen in het hoogspanningsnetwerk, grote gevolgen kunnen hebben voor het biotisch systeem. De effecten van het specifieke project moet nog onderzocht worden, maar het is niet te vermijden dat bijvoorbeeld vogels ('draadslachtoffers') sterven door botsingen met hoogspanningslijnen (vooral 's nachts of als het schemert) of dat er overlast zal plaatsvinden tijdens de aanleg.

De afgelopen jaren is er een sterke toename van windmolens gesignaleerd aan de randen van o.a. het Haringvliet en Hollands diep, Spui en Oude Maas. In de RES van de Hoekse Waard stond een zoeklocatie voor windenergie in het Haringvliet maar deze is afgefallen in het proces. Het is aannemelijk dat er op termijn naar nieuwe locaties wordt gezocht om energie op te wekken. Ook in het de BRM.

Nieuwe 380 kV-hoogspanningsverbinding

In 2030 zal de hoogspanningsverbinding van Krimpen aan den IJssel – Geertruidenberg rond 2030 naar verwachting volraken (Tennet, z.d.). Deze verbinding is onderdeel van de landelijke hoogspanningsring en kan niet opgewaarderd worden. Daarom is een nieuwe hoogspanningsverbinding nodig. In december zijn de concept plannen voor de 10 mogelijke hoofdroutes gepubliceerd ter inzage, zoals te zien in Figuur 6-10. Daarna worden specifieke routes aan de hand van onder andere een milieueffectenrapportage (MER) verder uitgewerkt. Op Corridor 10 na, snijden alle hoogspanningsverbindingen de Natura2000-gebied de Biesbosch.



Figuur 6-10: Overzicht van bestaande hoogspanningsnet verbindingen (150 kV en 280 kV), bestaande hoogspanningsstations Geertruidenberg, Krimpen aan den IJssel en Crayestein en de 10 mogelijke nieuwe hoofdroutes (corridors). Deze corridors zijn 1.200 meter breed ingetekend en geven globaal de locatie van de mogelijke verbinding weer. Bron:

<https://www.rvo.nl/onderwerpen/bureau-energieprojecten/lopende-projecten/hsv-380-kv-geertruidenberg-krimpen-crayestein>

Tekstbox 3: Nieuwe 380 kV-hoogspanningsverbinding tussen de hoogspanningsstations Geertruidenberg en Krimpen aan den IJssel of tussen de hoogspanningsstations Geertruidenberg en Crayestein of Krimpen a/d IJssel.

6.3.6 Landbouwtransitie

Zoals in Hoofdstuk Ontstaansgeschiedenis² weergegeven is een groot gedeelte van het (binnendijks) areaal landbouwgebied. Landbouw heeft lokaal en regionaal impact op de natuur, onder andere door ruimtebeslag, het verminderen van de kwaliteit van de bodem, impact via het peilbeheer, wegspoelen van kunstmest en uitstoot van stikstof. Desalniettemin zijn er veel ontwikkelingen, zoals het Nationaal Programma Landelijk Gebied (NPLG), waardoor door de overheid gestuurd wordt op duurzame landbouw, met ook een positief effect op de biodiversiteit (Natura 2000: Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, z.d.). Dit is ook terug te zien in de PBL scenario's voor de inrichting van Nederland, waarin landbouw en natuur samenkomen onder één thema (PBL, 2023).

Leidende Principes

Hoofdstuk 7

7 Leidende principes

7.1 Inleiding

De voorafgaande hoofdstukken beschouwen de ontwikkeling van het systeem van de Biesbosch Rijn-Maasmonding (BRM) door de tijd heen: de ontstaansgeschiedenis (hoofdstuk 2), de (a)biotische kenmerken van het huidig systeem (Hoofdstuk 3 en 5) en de autonome ontwikkelingen die het systeem in de nabije toekomst nog kunnen veranderen (Hoofdstuk 6). Deze hoofdstukken samen geven een goed beeld van de werking en toestand van het ecologisch systeem van de Biesbosch Rijn-Maasmonding.

Uit deze analyse blijkt dat het ecologisch systeem op dit moment niet voldoet en dat de kenmerkende estuariene natuur niet voldoende kan worden geaccommodeerd. De robuustheid en veerkracht van de BRM, zoals beoogd in de PAGW, lijkt daarmee nog ver weg. Dit leidt er onder andere toe dat veel van de Natura 2000- en KRW-doelen, waarvoor een robuust en veerkrachtig ecosysteem de basis is, niet of met moeite worden behaald, ondanks alle reeds getroffen maatregelen. Toekomstige ontwikkelingen, zoals het klimaat, zullen nog meer druk op de ecologie in het systeem geven. Maatregelen zijn dan ook nodig om de doelstelling van de PAGW (een robuust en veerkrachtig ecologisch systeem in 2050) te realiseren.

Uit de analyse zijn **leidende principes** naar voren gekomen, die kunnen helpen om een robuust en veerkrachtig ecologisch systeem te bereiken. Leidende principes worden daarmee gedefinieerd als: *“vuistregels om oplossingsrichtingen te bepalen die helpen om de beoogde effecten te bereiken”*. Daaronder verstaan we “een ecologisch systeem dat tegen een verandering of verstoring kan (robuust) en waarbij het systeem weer terug kan veren naar een evenwichtige balans (veerkrachtig)”.

Bij elk leidend principe wordt een aantal **mogelijke oplossingsrichtingen** voorgesteld. Dit geeft antwoord op de vraag *hoe* de leidende principes tot uitwerking zouden kunnen komen. Het is geenszins een volledige lijst van mogelijke maatregelen om de beoogde effecten te bereiken. Daarnaast hebben oplossingsrichtingen vaak betrekking op meerdere leidende principes en zijn ze deels overlappend.

Om de *haalbaarheid* van de leidende principes te vergroten is gekeken naar **kritische succesfactoren**. Deze succesfactoren zijn cruciaal om:

- (1) te zorgen dat het mogelijk wordt om de leidende principes tot uitvoering te brengen; en
- (2) te zorgen dat de leidende principes leiden tot de beoogde effecten.

De kritische succesfactoren hebben vooral betrekking op het menselijk handelen en op factoren die buiten de invloedssfeer van het project vallen. Op deze factoren kan invloed uitgeoefend worden door agendering op diverse (beleids)tafels.

Bij de ontwikkeling van leidende principes en oplossingsrichtingen is **een aantal uitgangspunten** gehanteerd:

- De leidende principes en oplossingsrichtingen zijn opgesteld uitsluitend vanuit het **ecologisch perspectief**. Hierbij is nadrukkelijk nog niet gekeken naar maatschappelijke aspecten en technische haalbaarheid. Dat vindt plaats in een volgende stap van de preverkenning BRM, waarin mogelijke maatregelen nader worden ontwikkeld vanuit een breder perspectief, inclusief technische en maatschappelijke haalbaarheid.
- Verder is geredeneerd vanuit de ambitie van de PAGW om **in 2050** een robuust en veerkrachtig ecosysteem te realiseren. Daartoe zijn voorbeelden van oplossingsrichtingen opgenomen voor de korte en de wat langere termijn.
- Tot slot is in de voorgaande hoofdstukken de **impact van klimaat** op de BRM beschreven en is klimaat als dé regisseur van het systeem gepositioneerd. Ook in de toekomst zal het klimaat een zeer bepalende rol houden in het systeem, onder andere door zeespiegelstijging, veranderde rivierafvoer (droogte en zomerse hoogwaters) en een stijgende (water)temperatuur. Dit zal in acht genomen moeten worden bij de verdere ontwikkeling van oplossingsrichtingen.

7.2 Leidende principes

Er zijn vier leidende principes afgeleid voor de BRM. Deze principes komen voort uit de voorgaande hoofdstukken en de expertsessie georganiseerd op 23 mei 2023. Ze geven allen een eigen invalshoek om naar het systeem te kijken en lopen logischerwijs in elkaar over qua oplossingsrichtingen. De vier principes zijn als volgt:

5. Versterk het functioneren van de estuariene dynamiek;
6. Creëer ruimte en tijd voor landschapsvormende processen (abiotiek);
7. Creëer ruimte, tijd en rust voor een robuust ecologisch systeem (biotiek);
8. Vergroot de connectiviteit ten gunste van vrije uitwisseling tussen ecologische subsystemen.

7.2.1 Versterk het functioneren van de estuariene dynamiek

7.2.1.1 Toelichting

De BRM is een door de mens sterk veranderd (van oorsprong estuariën) systeem, waarbij in een natuurlijke situatie de rivier als het ware verdwijnt in een netwerk van waterlopen, enkele tientallen kilometers voordat het water uiteindelijk in de armen van de zee verdwijnt. Het krachtenspel van de zee en de rivieren heeft de basis gelegd voor het estuarium zoals we dat nu kennen, maar is door de tijd heen in toenemende mate ondergeschikt geraakt aan de kracht van de mens. Dit krachtenspel tussen de zee en rivier, ook wel de **estuariene dynamiek** genoemd, is onder te verdelen in vijf verschillende componenten:

1. getijdendynamiek (variatie in hoog en laag water);
2. rivierdynamiek (variantie in rivierafvoer);
3. morfodynamiek (sedimenttransport door water of wind);
4. overgangen tussen zoet en zout; en
5. aanvoer en omzetting van organische stoffen (opgelost, als zwevende stof en als organismen).

In een natuurlijk functionerend estuarien systeem zijn deze **vijf componenten met elkaar in dynamisch evenwicht**. De hydrodynamiek geeft de primaire aandrijving (motor) en stuurt de morfodynamiek en de saliniteit. De biotiek conformeert zich vervolgens weer aan de op dat moment heersende omstandigheden (zie Hoofdstuk 5). De constante verandering van de hydrodynamiek garandeert een ecologisch systeem waarin het natuurlijk leven zich constant probeert aan te passen aan extreme condities (zoals stroming, verzilting).

Veel van de processen die in een ongehinderd estuarien systeem zouden plaatsvinden zijn niet meer goed mogelijk in de BRM. Zo heeft het afsluiten van twee van de drie zeearmen (Brielse Maas en Haringvliet) vanuit waterhuishoudkundige overwegingen de getijdendynamiek, de morfodynamiek en de rivierdynamiek sterk verstoord, met gevolgen voor de zoet-zout overgangen en de aanvoer en omzetting van organische stoffen. Dit zorgt o.a. voor:

- Verdwijnen en verslechteren van intergetijdengebied door afwezigheid van getijdynamiek.
- Sterke erosie in de tussenwateren zoals Oude Maas en Spui door toename van het getijvolume (cq. stroomsnelheid) wat door deze riviertakken stroomt als gevolg van het waterstandverschil.
- Wegvallen van de mariene dynamiek waardoor alleen de rivierdynamiek is overgebleven in de zuidelijke wateren. Het ecosysteem is daar veranderd in een zoetwater-riviersysteem, terwijl het nog steeds de maatvoering heeft van een estuarien systeem.
- Druk op de biotiek. Veel van de nog resterende estuariene soorten die beschermd worden door o.a. de habitat- en vogelrichtlijn staan onder druk. Zowel in kwantiteit als in kwaliteit verliest estuarien leefgebied steeds meer de concurrentie van generieke riviernatuur.

Om het functioneren van de estuariene dynamiek te verbeteren, moet bekeken worden of bestaande belemmeringen in het systeem weggenomen kunnen worden of dat een verbetering anderzijds kan worden gerealiseerd. Daarbij is het van belang om het systeem in zijn geheel te beschouwen: een maatregel dat één van de vijf componenten verandert heeft namelijk directe gevolgen voor de andere componenten.

7.2.1.2 Mogelijke oplossingsrichtingen

De vertaling van dit leidende principe naar oplossingsrichtingen varieert van grootschalige tot minder grootschalige ingrepen. Daarbij dient te worden erkend dat het huidig systeem al zo bepaald is door menselijk ingrijpen, dat teruggaan naar een volledig oorspronkelijk zelfregulerend evenwicht als niet realistisch wordt beschouwd. Daarentegen lijkt het wel mogelijk om de componenten van het systeem meer ruimte te geven.

Om het estuariene systeem grootschalig te verbeteren, is het bevorderen van getijdewerking noodzakelijk. Eén van de oplossingsrichtingen betreft het **aanpassen van het sluisbeheer van de Haringvlietsluizen**, zodat deze permanent geopend zijn (met uitzondering van stormvloed). Daardoor ontstaat er meer, maar nog altijd beperkt getij in het Haringvliet en de aangesloten riviertakken, treedt menging op tussen zoet en zout water en wordt de verbinding tussen de Noordzee en de stroomgebieden van de Rijn en Maas verbeterd.

Deze oplossingsrichting draagt naar verwachting bij aan verbetering van alle vijf de componenten van estuariene dynamiek en daarmee de biotiek. Het toevoegen van extra getijslag bevordert de fysische processen (dynamiek) zodat op termijn de vorming van nieuw en divers areaal ontstaat voor ecotopen in de getijde- en verlandingszone, zoals biezen, wilgenvloedbossen, schorren en (riet)moerassen. Door een toename in beschikbaar leefgebied, zullen specifieke soorten meer kans krijgen voor duurzame populaties, denk aan diverse soorten biezen, zeegrassen, grote karekiet, kwak, bruine kiekendief en Noordse woelmuis. Daarnaast brengt een meer geleidelijke overgang tussen zoet en zout een natuurlijker gradiënt met zich mee tussen de gemeenschappen (van zout, via brak naar meer zoete gemeenschappen, zie Hoofdstuk 6). Een natuurlijker zoetzoutovergang is cruciaal voor migrerende vissoorten tussen zee en rivier, zoals de N2000 soorten zalm, elft en fint. Ook zullen de voedselcondities in het systeem verbeteren en daarmee de kraam- en kinderkamerfunctie van BRM voor vis, zoals haring en elft.

Enkele minder grootschalige oplossingsrichtingen (maar wel zeer relevant) zijn de volgende:

- Vergroten van land-waterovergangen en het stroomgebied van water** (dit draagt bij aan morfodynamiek). De natuurlijke land-waterovergangen zijn in een aantal gebieden van de BRM beperkt van omvang. Dit komt o.a. door bebouwing en havenontwikkeling, maar ook omdat veel oevers versteend zijn (zelfs van natuurgebieden) om erosie door golfslag te voorkomen. Hierdoor is weinig ruimte voor de morfodynamische processen, die bij land-waterovergangen horen. Ook ontbreekt hier de kenmerkende water- en oevervegetatie. Het ontstane van oevers of het vergroten van het areaal, waar getijden- en/of rivierdynamiek invloed heeft, zijn mogelijke oplossingsrichtingen om dit te verbeteren, bijvoorbeeld in de Biesbosch, het Haringvliet en het Hollands Diep. Door het stroomgebied van het water groter te maken wordt de waterbergende functie van de delta vergroot, ontstaan meer typisch estuariene biotopen waardoor leefgebieden worden vergroot, kan uitwisseling van organische stoffen meer optreden en kan sediment binnen de delta afgezet worden om mee te groeien met de zeespiegelstijging.
- Aanpassen van bagger- en suppletiebeheer** (dit draagt bij aan morfodynamiek) Sediment (slib en zand), aangevoerd zowel vanuit zee, als vanuit de rivier is een wezenlijk ingrediënt in het estuarien ecosysteem. Erosie en afzetting van sediment op de oevers en op zandplaten zorgt continu voor opbouw en afbraak en daarmee het ontstaan van uniek leefgebied waar diersoorten hun habitat vinden. Slib is een belangrijk transportmedium voor organische voedingsstoffen en helpt bij de nutriëntvoorziening voor vegetatie. In het huidig systeem komen deze processen onvoldoende tot uiting. Als voorbeeld: de huidige diepe geulen van het Hollandsch Diep en het Haringvliet zijn het resultaat van duizenden jaren van getijstroming en passen niet bij een systeem wat nu alleen door de rivier van sediment wordt voorzien. Dit betekent dat onvoldoende sediment wordt getransporteerd en dat de ondiepe zones niet gevoed worden met vers en nutriëntrijk materiaal. Daarnaast wordt bovenstrooms, bijvoorbeeld in de Nieuwe Merwede, sediment voor vaargeulonderhoud uit het systeem onttrokken. Met name bij dat laatste lijken alternatieven haalbaar om het vrijkomende sediment binnen het systeem te houden of een nuttige bestemming te geven, bijvoorbeeld ten gunste van platen, slikken en schorren en zandige getijdeoevers.
- Stimuleer natuurlijke processen bij het suppletiebeheer van de kustzone**
 Bij het onderhoud van de kustlijn is het van belang om de natuurlijke ontwikkeling ruimte te geven en te stimuleren waar mogelijk. Dit betekent soms meer ruimte te zoeken in de basiskustlijn, om doorstuiving van zand mogelijk te maken en soms juist om aanzandingsprocessen de ruimte te geven. Het huidig kustlijnonderhoud is primair gericht

op het verzekeren van de veiligheid tegen hoog water. Hiervoor wordt gezorgd door voldoende zandvolume in het kustfundament te houden. De Haringvlietmonding is onderdeel van het kustfundament waar soms zand aangevuld moet worden. Dit kan door suppleties in de vooroever of door suppleties op het strand. Het eerste heeft vanwege technische uitvoerbaarheid en prijskaartje de voorkeur. Echter, voor de natuurlijke ontwikkeling van de duinen (aangroei door verstuiving van zand vanaf het strand) is het juist voordelig om zand op het strand te suppleren, zodat het verstuivingsproces zijn werk kan doen. Inwaaien van nieuw zand in de duinen gaat ook hier verruiging tegen en bevordert omstandigheden waar pionierssoorten sterk van profiteren. De kwaliteit van leefgebieden wordt vergroot, het duingebied waaronder de zoetwaterbel kan meegroeien met de zeespiegelstijging. Een deel van het gesuppleerde zand wordt door de zee naar het noordoosten verplaatst en zorgt daar voor de aangroei van zandplaten en duinsystemen waardoor een dynamisch duin- en intergetijdengebied kan ontstaan zoals nu ook wordt gezien in de Haringvlietmonding. Het faciliteren en ruimte geven van deze processen verdient de aanbeveling.

- **Optimaliseren van de invloed van de rivier** (dit draagt bij aan rivierdynamiek). Het is relevant om naar optimalisaties te kijken bij zowel lage als hoge rivierafvoeren en het waterbeheer zo goed mogelijk volgend te laten zijn aan de natuurlijke peildynamiek. Een mogelijke uitwerking is om bij het bedienregime van de Haringvlietsluizen meer rekening te houden met natuur.
 - Bij lage rivierafvoeren blijven de Haringvlietsluizen dicht (er wordt niet gekierd). Voor de Voordelta zou het echter wenselijk en natuurlijk zijn om een continue stroom van zoet water in het gebied te krijgen, ook bij lagere rivierafvoeren, zodat wordt aangesloten bij het trekgedrag van de vis. Het is belangrijk om dit punt mee te laten wegen in de onderzoeken naar de zoetwaterverdeling voor Nederland.
 - De rivierafvoer heeft beperkt impact op de waterstanden in het Haringvliet/Hollands Diep omdat deze wateren zo groot zijn (vanuit de tijd dat dit een estuarium was). Bij hoge rivierafvoeren kan de impact van hoge waterstanden versterkt worden middels een aanpassing van het **bedienregime van de Haringvlietsluizen**. Dit regime is er nu onder andere op gericht om overtollig rivierwater adequaat naar zee af te voeren (kraanfunctie). Hiermee wordt het peil op het Haringvliet, het Hollandsch Diep en de Biesbosch direct beïnvloed. Ten gunste van estuariene ecologische processen zou het wenselijk kunnen zijn om het peil in bepaalde perioden in het jaar wat hoger te houden dan nu het geval is en een hoge rivierpiekafvoer langer vast te houden. Dit kan helpen de verruiging op de hoogwaterlijn op de oever af te remmen en de afzetting van sediment op dit deel van de oever te bevorderen. Dit draagt bij aan het versterken van de concurrentiepositie voor pioniernatuur.
- **De aanvoer en omzetting van organische stoffen** lijkt grotendeels intact (hoofdstuk 5), en zal verder verbeteren bij de genoemde oplossingsrichtingen in dit hoofdstuk (zo zal door meer dynamiek en connectiviteit de aanvoer en uitwisseling van organische stoffen verbeteren).

7.2.2 Creëer ruimte en tijd voor landschapsvormende processen (abiotiek)

7.2.2.1 Toelichting

Onderdeel van het herstel van de werking van het estuarien systeem (zie paragraaf 5.2.1) is het creëren van voldoende **ruimte en tijd voor** de kenmerkende **landschapsvormende processen** (abiotiek) en de daarbij behorende estuariene pionier-natuur (zie paragraaf 5.2.3).

In een natuurlijk estuarium zijn er dagelijkse fluctuaties vanuit de wind- en hydrodynamiek (bijvoorbeeld als gevolg van getij en variatie in rivierafvoeren) en incidenteel grotere veranderingen (bijvoorbeeld hoge waterstanden vanwege een zware storm). In een goed functionerend estuarien systeem volgt een natuurlijke reactie op deze fluctuaties door de morfodynamiek (bijvoorbeeld door afbraak en opbouw van intergetijdengebied). Dit cyclische proces van ontstaan en afbraak van landschap geeft het gebied een dynamisch en divers karakter. Dit zorgt ervoor dat het gebied zich steeds aan kan passen aan veranderende omstandigheden. Daarmee wordt verzekerd dat er voldoende areaal beschikbaar is waar pionierssoorten zich tijdelijk kunnen vestigen.

In de BRM is op dit moment beperkt ruimte of tijd voor dergelijke landschapsvormende processen. Zo is het gebied, waar de estuariene dynamiek invloed op heeft sterk afgenomen (onder andere door het inpolderen van gebieden en het afsluiten van het Haringvliet). Ook krijgen landschapsvormende processen minder ruimte omdat oevers zijn vastgelegd en het beheer daar veelal niet op is ingericht.

Er zijn echter ook positieve voorbeelden. In de Voordelta aan de zeezijde van de Haringvlietdam krijgen landschapsvormende processen op dit moment de ruimte om door middel van aanzanding slik- en zandplaten te ontwikkelen en duinaangroei mogelijk te maken. Dit resulteert in het ontstaan van kenmerkende biotopen, en daarmee grote ecologische waarden.

Verder zien we in de ontpolderde Noordwaard (2015) in de Biesbosch dat, dankzij het vergroten van het areaal, dat onder invloed staat van getij en een strikt beheerregime om verzuivering tegen te gaan, de pionier-zoetwatergetijdenatuur ruimte en tijd krijgt om te floreren en de dominante habitat te worden. De natuur heeft daarmee een sterke kwaliteitsimpuls gekregen en maakt het gehele ecologische systeem van de Biesbosch een stuk robuuster. In hoeverre dit een duurzame oplossing is, is nog niet bekend, maar het succes van het principe heeft zich al wel bewezen.

7.2.2.2 Mogelijke oplossingsrichtingen

Optimaliseer bestaand areaal in het estuarien systeem

In het gebied bevinden zich veel locaties waar in de afgelopen decennia leefgebieden (getijde-oever, krekens en geulen) zijn aangelegd met de filosofie dat het nieuwe areaal ook tegen te veel dynamiek beschermd moest worden. Invloed van erosie, sedimentatie in krekens en geulen en verval van oevers werden als negatief beoordeeld en derhalve zodanig ontworpen dat te veel dynamiek aan banden werd gelegd. Echter, dit past niet in het beeld dat dynamiek in een estuarium thuishoort en dus tijd en ruimte moet krijgen om haar ecologische processen volwaardig tot uiting te laten komen (mits de landschapsvormende processen in balans aanwezig zijn). Een mogelijke oplossingsrichting is om dit soort gebieden opnieuw goed te bekijken en vanuit een nieuw perspectief te beoordelen of de inrichting nog adequaat is voor een estuarien karakter. Het gaat dan om het verwijderen van onnatuurlijke harde oeverbescherming (ontsteningen) en deze vervangen door 'zachte' beschermende maatregelen die kunnen meedoen in de natuurlijke dynamiek. Daarbij kan gedacht worden aan voldoende sedimentbuffer in de (voor)oever of het bevorderen van vegetatie-ontwikkeling in hoogdynamische zones (manden met rietwortelspecie, waterveiligheidsnatuur, dood hout).

Voeg areaal toe aan het estuarien systeem (dit principe maakt gebruik van alle vijf de componenten van de estuariene dynamiek en draagt bij aan alle vijf, in combinatie met het openen van de Haringvlietluizen).

De huidige samenstelling en hoeveelheid oppervlakte van specifieke estuarien leefgebied is onvoldoende blijkt uit de analyse (Hoofdstuk 5). Dit maakt het noodzakelijk om aanvullend extra areaal beschikbaar te maken waar estuariene dynamiek toegang krijgt. Dit betekent bijvoorbeeld dat bestaande niet-estuariene landschappen geopend moeten worden voor de invloed van water en sediment. Leefgebieden zoals slik- en zandplaten, ondiep water en getijde-oeveren zullen in oppervlakte toenemen en bijdragen aan een robuuster ecologisch estuarien systeem. Dit principe wordt bij 5.2.3 nog nader toegelicht.

Ook de eerder genoemde oplossingsrichtingen (zie paragraaf 5.2.1) zijn nodig voor het ruimte geven aan landschapsvormende processen, te weten **het aanpassen van het sluisbeheer van de Haringvlietluizen, het vergroten van de land-water overgangen en het aanpassen van bagger- en suppletiebeheer**.

7.2.3 Creëer ruimte, tijd en rust voor een robuust ecologisch systeem (biotiek)

Het ruimte geven aan landschapsvormende processen (zie paragraaf 5.2.2) zal gepaard moeten gaan met het gelijktijdig bezien van het systeem vanuit een biotisch perspectief: ontstaat er voldoende ruimte, tijd en rust voor een robuust ecologisch systeem met de kenmerkende biotopen, die nu deels beperkt voorkomen in de BRM.

Voor de biodiversiteit in de BRM is het van belang dat er **grote aaneengesloten gebieden** beschikbaar zijn. Deze dienen gecombineerd te worden met kleinere versnipperde arealen, die de grotere gebieden met elkaar verbinden en daarbij ruimte bieden om te foerageren, rusten en/of voort te planten. Naast ruimtelijke variatie is ook **variatie** in biotopen nodig tussen bijvoorbeeld zoete, zoute en brakke milieus, diepe en ondiepe zones, en gebieden met verschillende niveaus van getijdendynamiek. Deze variatie zorgt voor een grotere diversiteit aan biotopen in mozaïek. In ieder biotoop leven weer andere soorten.

Een dergelijk groot en dynamische systeem kan bijdragen aan het versterken van de aanwezigheid van soorten, die hier van nature voorkomen en daarmee de **concurrentiepositie van inheemse soorten versterken** ten opzichte van exoten. Zo kan de balans met inheemse soorten mogelijk verbeterd worden.

De ecologische waarde van de BRM profiteert verder van het periodiek terugzetten van het systeem zodat

pionier-milieus steeds opnieuw ontstaan. Ook kan natuurlijke dynamiek helpen verzuivering tegen te gaan. De ecologische waarde zal dus toenemen wanneer er naast afbraakprocessen **elders gelijktijdig aangroei plaatsvindt** of de verzuivering door **kortdurende, extreme situaties of beheer wordt teruggezet (hoogwater)**. Dit geldt voor de watervegetatie in de zoet laagdynamische wateren, in de intergetijdengebieden, langs de oevers en op het land.

Daarnaast is het belangrijk dat natuurlijke successie kan optreden, zodat de gebieden zich volwaardig kunnen ontwikkelen. Hierbij moet ook ruimte zijn voor climaxstadia zoals hardhoutoobos en laagdynamische systemen zoals veenontwikkeling.

Daarnaast is voldoende **rust** in deze gebieden van belang. Hoe meer verstoring een gebied ondervindt van zgn. drukfactoren (recreatie, visserij, scheepvaart), hoe meer fysieke ruimte nodig is voor een goede ontwikkeling van het ecologisch systeem en vice versa.

7.2.3.1 Mogelijke oplossingsrichtingen

- **Specifieke biotopen meer ruimte geven.** Bij het voorgaande leidende principe werd als oplossingsrichting reeds het toevoegen van areaal als oplossingsrichting vermeld. Daarbij is het van belang om gelijktijdig ook vanuit ecologisch perspectief naar het gebied te kijken. Hebben karakteristieke biotopen voldoende ruimte, of zijn extra aanpassingen in bijvoorbeeld de inrichting nodig? Het gaat hierbij bijvoorbeeld om biotopen, die kenmerkend zijn voor een estuarium en nu beperkt(er) voorkomen:
 - Slik- en zandplaten
 - Ondiep water
 - Zoet-zoutovergangszones
 - Overstromingsgrasland (zoet en zout)
 - Riet-/moerasruigte
 - Zoetwatergetijdenbos
 - Rivierduinen
- **Optimaliseer huidig (natuur) beheer:** Natuurlijk(er) beheer draagt bij aan het ruimte geven aan de biotiek. Het is belangrijk dat het beheer niet gericht is op instandhouding van de bestaande situatie in een aangelegde inrichting (eindstadium successie), maar juist op de ontwikkeling (life-cycle) van successie in ruimte en tijd (zie verder de kritische succesfactor in Paragraaf 5.3.4). Daarbij is het nodig om te kijken of de bronpopulatie van karakteristieke soorten aanwezig is (deze zijn soms heel beperkt of niet aanwezig, bijvoorbeeld voor wat betreft zeegras) en wat eventueel nodig is om deze in het gebied te verkrijgen. Aandachtspunt hierbij is om bronpopulaties van kwetsbare soorten niet te laten verdwijnen voordat deze soorten zich in nieuwe geschikte gebieden hebben weten te vestigen.
- **Zoneren van - en recreatiegebieden.** De natuur en de mens in Nederland kunnen niet met en niet zonder elkaar. Natuur heeft een sterke aantrekkingskracht op de mens (recreatie), maar soms heeft natuur de mens ook nodig om te zorgen dat ze ongehinderd en in rust kan bestaan. Door het systeem slim in te richten kan recreatie op plekken geconcentreerd worden waar de natuur het goed kan verdragen en op andere plekken beschermd worden om verstoring van kwetsbare of gevoelige natuur door recreatie te ontmoedigen. Zo zijn de Voordelta en de Biesbosch naast N2000 ook als stiltegebied aangewezen.

7.2.4 Vergroot de connectiviteit

Soorten, gebieden of (abiotische) processen kunnen niet bekeken worden als losstaande aspecten. Daarom dient de BRM benaderd te worden als één samenhangend ecologisch systeem, dat weer onderdeel is van een groter systeem, zoals het nationaal natuurnetwerk, het gehele stroomgebied van rivieren of het Europese Natura2000 netwerk. Het BRM gebied is een belangrijke schakel in de swimway van de maas en de rijen en in de Oost Atlantische flyway

Ecologische connectiviteit vertaalt zich in het creëren van een omvangrijk aaneengesloten en samenhangend leefgebied zodat vrije uitwisseling mogelijk is van zowel energie, materie (water, sediment, voedingstoffen) als van dier- en plantensoorten. De veerkracht van het systeem neemt dan toe, doordat **soorten kunnen migreren, verspreiden en nieuwe gebieden koloniseren**. Dit is op dit moment een knelpunt voor karakteristieke aquatische en terrestrische habitats in de BRM (Hoofdstuk 5).

Naast diversiteit zorgt connectiviteit ook voor robuustheid doordat soorten zich makkelijker kunnen aanpassen aan veranderingen, door te migreren naar geschiktere leefgebied. Met name voor soorten die tijdens hun **levenscyclus verschillende leefgebieden** gebruiken, zoals trekvisseren en amfibieën, heeft het gebrek aan connectiviteit tussen leefgebieden een negatief effect. Voor **trekvisseren** is bijvoorbeeld, ondanks het Kierbesluit, de connectiviteit een knelpunt en zijn nog weinig specifieke trekvissoorten waargenomen (zie Hoofdstuk 5). Ook speelt connectiviteit een cruciale rol in het **voedselweb**. Verschillende soorten zijn afhankelijk van elkaar als voedselbron. Wanneer er minder geschikt habitat is voor vissen in de wateren binnen de BRM is er minder voedsel beschikbaar voor bepaalde vogelsoorten. Het afnemen van deze vogels kan daartegenover resulteren in overbevolking en verdringing van bepaalde vissoorten. Een robuust en veerkrachtig systeem zou in staat moeten zijn dergelijke schommelingen op te vangen en voorkomen dat bepaalde soorten te dominant worden (plaag).

Daarnaast is connectiviteit belangrijk ten aanzien van abiotische processen, zoals de verplaatsing van sediment, organische stof en zoet-zout overgangen. Door een ononderbroken verbinding tussen rivier en zee, maar ook tussen rivier en binnendijkse gebied, kan er een **goed functionerende brakwaterzone ontstaan**. Dat is bijvoorbeeld niet het geval in het zuidelijk deel van de BRM: door de gescheiden watersystemen van het Haringvliet en de Voordelta (vanwege de Haringvlietluizen) ontbreekt een goed functionerende brakwaterzone. Ook geeft connectiviteit ruimte aan stoffen om vrij(er) te bewegen tussen de (sub)systemen. Door water vrijer te laten communiceren met de andere watergangen worden **sedimenten en stoffen meegenomen** die nodig zijn voor het goed functioneren van het systeem. Zo kunnen deze gebieden sedimenteren en eroderen waardoor er meer natuurlijk gedreven morfologie kan plaatsvinden. Dat zal de flexibiliteit en robuustheid van het systeem versterken. Tot slot is **uitwisseling van binnendijs en buitendijs water en leefgebieden** noodzakelijk om het binnendijs water te verversen, soorten te laten uitwisselen en het functioneren te verbeteren.

7.2.4.1 Mogelijke oplossingsrichtingen

- Verbeter de longitudinale connectiviteit van het systeem.** Longitudinale connectiviteit doelt op de connectiviteit in de lengte van de rivier/stroomgebied, tussen de zee, monding, benedenstroomse delen van de rivier tot de bovenstroomse delen. Voor vissen kan dit betekenen dat er minder obstakels in het watersysteem te vinden zijn, zoals niet passeerbare stuwen en gemalen. Dergelijke obstakels kunnen ook worden verholpen door de aanleg van vismigratievoorzieningen, echter is het passeersucces daar meestal niet 100% (toegelicht in Hoofdstuk 5). Bij deze oplossingsrichting is het vergroten van de opening van de Haringvlietluizen een kritiek punt. Deze oplossingsrichting is toegelicht onder leidend principe 1. Daarnaast kan ook aan kleinere verbindingen worden gedacht, zoals het Zuiderdiep en de Brielse Maas (nu Brielse Meer). Onder deze oplossingsrichting kan ook worden verstaan dat de aard van de verbinding wordt verbeterd. De rivier kan voor vissen op veel locaties, zoals bijvoorbeeld de Nieuwe Waterweg, gezien worden als snelweg (en dus als obstakel), waar het voor soorten onaantrekkelijk is te verblijven en te migreren. Door meer aantrekkelijk leefgebied (stepstones) in de longitudinale lijn te realiseren, wordt de connectieve eigenschap van het aquatisch systeem beter. Ook voor veel plant- en diersoorten die leven langs de oevers van wateren of de aangrenzende terrestrische biotopen is een verbinding van zee tot bergketen relevant. Voldoende goed ontwikkelend biotopen langs de wateren is nodig voor functionele leefgebieden en zodat soorten zich kunnen verplaatsen als omstandigheden elders beter zijn.
- Verbeter laterale connectiviteit van het systeem.** Laterale connectiviteit doelt op de connectiviteit in de breedte van de rivier/stroomgebied, tussen de hoofdstroom van de rivier, oevers, wateren in uiterwaarden, de aangesloten wateren in binnendijkse richting en de terrestrische biotopen zoals (rivier)duinen, hardhoutooibossen en veengebieden.. Dit zorgt ervoor dat de verschillende biotopen die soorten nodig hebben tijdens hun levenscyclus in goede verbinding staan met elkaar. Zo groeien veel juveniele vissoorten graag op in beschut ondiep water, als adult verplaatsen de vissen zich richting groter open water, om vervolgens te paaien op specifieke plaatsen in het watersysteem (bv. platenrijk, of juist grindbodem). Dit is met name een belangrijk aspect in gebieden waar veel is

vastgelegd, zoals langs de Nieuwe Waterweg. Maar het speelt in vrijwel ieder deelgebied van de BRM. Dit komt ook terug als oplossingsrichting bij het eerste leidend principe.

- **Versterk de relatie tussen binnendijks en buitendijks gebied.** Naast bovengenoemde verbindingen is de relatie tussen de binnendijkse natuurgebieden en wateren met de buitendijkse gebieden relevant. De kwaliteit van de leefgebieden buitendijks heeft baat bij kwalitatief goede leefgebieden binnendijks, waar ruimte is voor andere biotopen die vaak een laagdynamischer karakter hebben. Ook zijn er binnendijks gebieden waar kwel nog een rol speelt (of weer kan gaan spelen) en waar oude kreekrelicten aanwezig zijn. Hier liggen ook goede kansen voor natte graslanden, moerassen en nat ooibos.

7.3 Kritische succesfactoren

De kritische succesfactoren zijn factoren die belangrijk zijn voor het slagen van de maatregelen die uit de leidende principes volgen. Ze hebben betrekking op factoren die buiten de invloedssfeer van het projectgebied vallen, maar die wel geagendeerd kunnen worden. Er zijn drie succesfactoren afgeleid:

- Zorg voor een goede water- en bodemkwaliteit;
- Beperk de impact van drukfactoren op de ecologie; en
- Borg het belang van natuur in de governance.

7.3.1 Zorg voor een goede water- en bodemkwaliteit

Water- en bodemkwaliteit zijn de basis voor een goed functionerend systeem. Zowel biotische als abiotische processen zijn afhankelijk van de samenstelling van water en bodem. Een goede bodemkwaliteit zorgt voor een goede grondstructuur en vestigingsplaats voor een breed scala aan planten en andere organismen. Ook absorbeert en breekt het verontreinigde stoffen af en draagt het bij aan een gezonde nutriëntenbalans. Een kwalitatief gezonde natuur kan alleen bestaan als de water- en bodemkwaliteit op orde is.

Ondanks dat de waterkwaliteit sinds de jaren 70 verbeterd is, blijft de **ontoereikende waterkwaliteit voor soorten en biotopen een knelpunt** (zie Hoofdstuk 5). Zo is een groot scala aan synthetische en toxische stoffen aanwezig in het water, mogelijk met nadelige effecten voor alle levensgemeenschappen. Dit is voornamelijk door lozing en uitspoeling van meststoffen en toxische stoffen, inlaten van gebiedsvreemd water en (vanwege de verstoorde balans in de natuur) de massale aanwezigheid van kritische bodemwoelende vissen (o.a. brasem en karper) en faeces van ganzen.

In de BRM is de waterbodem in de bovenstroomse Rijntakken relatief schoon, terwijl onder andere de Hollandsche IJssel een stuk slechtere waterbodemkwaliteit heeft. De **Biesbosch heeft ook nog steeds veel ernstig verontreinigde (veelal historische) locaties (PCB's, PAK's, PFAS, dioxinen)**.

Het is belangrijk om blijvend het belang te agenderen om de water- en bodemkwaliteit te verbeteren door **natuurlijke processen te bevorderen en vervuiling door toxische stoffen en aanwezige vuilbronnen te verminderen en te voorkomen**. Daarnaast zal met de status van de bodem- en waterkwaliteit rekening gehouden moeten worden in de verdere ontwikkeling van oplossingsrichtingen.

7.3.2 Beperk de impact van drukfactoren

De Biesbosch Rijn-Maasmonding is een omvangrijk gebied waarin veel functies samenkomen, zoals recreatie, waterveiligheid, scheepvaart, beschikbaarheid van zoetwater en landbouw. Deze functies hebben allemaal een vraag naar ruimte, die de komende periode naar verwachting alleen maar zal toenemen.

De functies zetten een zekere druk op het abiotisch en biotisch functioneren van de BRM. Het gaat hierbij bijvoorbeeld om de invloed van scheepsbewegingen (boeggolven, bodemturbulentie), waardoor veel soorten macrofauna zich niet goed vestigen. Een ander voorbeeld is dat vogels die op het water of langs de kust en oevers van rivieren foerageren, rusten en/of broeden verstoord worden door toenemende land- en waterrecreatie.

Het principe bij drukfactoren in relatie tot ecologie is: hoe lager de kwaliteit van het gebied (dus met veel invloed van drukfactoren), hoe meer fysieke ruimte er nodig is voor een goed functionerend ecologisch systeem (en vice versa).

Belangrijk is het agenderen van de impact van drukfactoren en het zoeken naar samenwerking om de impact van deze factoren op de ecologie zoveel mogelijk te beperken.

7.3.3 Borg het belang van natuur in de governance

Voor wat betreft de governance zijn er een aantal succesfactoren geformuleerd:

- Zorg dat natuur volwaardig onderdeel wordt van beleids- en besluitvormingsprocessen;
- Zorg voor flexibel beleid uitgaande van het natuurlijk systeem en voor integrale samenwerking bij beheer
- Zoek verbinding met andere relevante programma's

7.3.3.1 Zorg dat natuur volwaardig onderdeel wordt van beleids- en besluitvormingsprocessen

In de Biesbosch Rijn-Maasmonding komen veel functies samen. Dat zorgt ervoor dat afwegingen gemaakt moeten worden hoe functies te combineren of om te kiezen wat wel of niet mogelijk is in de beperkte ruimte in het gebied. Daarbij is het van belang dat **bij toekomstige keuzes de effecten op het ecosysteem volwaardig worden meegenomen in het besluitvormingsproces.**

Om het ecosysteem een volwaardig onderdeel te maken van het besluitvormingsproces, dient er **maatschappelijk en bestuurlijk draagvlak** te zijn voor de 'waarde' van het ecosysteem en de gevoelde noodzaak om deze waarde te behouden en te verbeteren.

7.3.3.2 Flexibel beleid en integrale samenwerking bij beheer

Een estuarien systeem is een dynamische omgeving, waarbij soorten en (leef)gebieden in tijd en ruimte verschuiven. Flexibiliteit is daarom essentieel in zowel beleid als beheer om **mee te bewegen met de ontwikkelingen van de estuariene dynamiek**. Het huidige Natura 2000 beleid richt zich bijvoorbeeld specifiek op het behoud en beheer van specifieke plant- en diersoorten en habitats, in plaats van op gezonde leefgebieden en ecosystemen, en is daarmee tamelijk rigide. Als bijvoorbeeld blijkt dat Natura 2000-instandhoudingsdoelstellingen beter tot hun recht kunnen komen op een andere plek of zelfs buiten het BRM systeem, dan is het goed om daar fysiek en juridisch ruimte voor te zoeken. Hierbij is het streven om **de schaal van leefgebieden en ecosystemen aan te houden**. Op deze manier kunnen habitattypen en soorten die bij de Natura 2000-verplichtingen horen zich vestigen daar waar de abiotische omstandigheden op dat moment voor hen het gunstigst zijn.

Daarnaast is **integrale samenwerking bij beheer van water en natuur** van belang. Nu wordt het beheer deels uitgevoerd vanuit één doelstelling (bijvoorbeeld waterveiligheid) in plaats van uit het geheel aan doelen. Vanuit de ecologie is het belangrijk wanneer beheer kan meebewegen met de ontwikkelingen van de estuariene dynamiek. Dit vereist het vinden van ruimte binnen het systeem om aan te passen aan abiotische veranderingen, zoals morfologie en hydrodynamiek. Dit vertaalt zich qua beheer naar flexibeler maai-beheer, suppletie en baggerbeheer.

7.3.3.3 Verbinding zoeken met andere relevante programma's

De strijd om ruimte in dichtbevolkte gebieden lijkt vaak te resulteren in een of-of afweging. Toch zijn er kansen om een plek te geven aan natuur in andere uitdagingen. Het is daarvoor cruciaal aansluiting te vinden bij andere grote relevante programma's zoals het *Deltaprogramma*, *NPLG*, *HWBP*, *IRM*, *N2000*, *KRW* en *groene dijken*. Deze programma's zijn elk een vertaling van één of meerdere drukfactoren, zo staat het Deltaprogramma bijvoorbeeld voor de waterveiligheid en zoetwaterbeschikbaarheid.

Een van de voorbeelden hoe ruimte voor het ecosysteem samen kan gaan met een drukfactor is het samenkomen met waterveiligheid. Bijvoorbeeld door in te zetten op 'Building with Nature' maatregelen, waarbij natuurlijke processen worden ingezet om de waterveiligheid te verbeteren. Het verdient aanbeveling om bij waterveiligheidsprojecten eerst te zoeken naar kansen voor Building with Nature oplossingen en als dat echt niet anders kan, naar de traditionele dijkverzwaringsopties. Overigens is het ook relevant om vooraf na te denken over het beheer en de ruimte die er mogelijk is voor de natuurlijke processen.

Daarnaast kunnen gebieden worden aangewezen als bufferzones die tegelijkertijd dienst doen als natuurgebieden .

Tot slot kunnen ontwikkelingen in het bovenstroomse deel van het systeem impact hebben op BRM, zowel op de kwaliteit en de kwantiteit. Het is daarom van belang om te zorgen voor een goede aansluiting en afstemming met ontwikkelingen in het Rijnmaassysteem bovenstrooms, ook internationaal.

Op deze manier kan - door verbinding te zoeken met andere opgaven in beleid en beheer - natuur(herstel) een centrale rol krijgen bij het aanpassen van de ruimte en de infrastructuur in de ruimte.

Een dergelijke gezamenlijke wil naar (systeem)verbetering is een kans om knellende randvoorwaarden vanuit een breder perspectief te bekijken en aan te pakken.

Referenties

- Altenburg, W., Arts, G., Baretta-Bekker, J. G., van den Berg, M. S., van den Broek, T., Buskens, R., Bijkerk, R., & Coops, H. C. (2018). *Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de Kaderrichtlijn Water 2021-2027*.
- Arcadis. (2021). Hoofdrapport: Onderzoek verzanding Haringvlietmonding. Morfologische ontwikkelingen en effecten. <https://cdnsiencepub.com/doi/10.1139/anc-2021-0003>
- Arcadis, Royal Haskoning DHV & Sweco. (2022). *Natuurdoelanalyse Natura 2000: 112 Biesbosch*. https://www.zuid-holland.nl/publish/pages/29810/natura2000_doelenanalyse_112_biesbosch_compressed1.pdf
- Arts, F., Hoekstein, M. S. J., Vergeer, J. W., van Kleunen, A., & Noordhuis, R. (2019). *Negatieve trends watervogels Natura 2000 Haringvliet en Grevelingen*. Delta Project Management.
- A.G. Jongmans et. al, 2013. *Landschappen van Nederland*
- A.G. Jongmans et. al, 2013. *Landschappen van Nederland*
- Becker, A. (2015). Sediment in (be)weging. *Deltares 1208925-000*.
- Beek, M. & Liukku, A. (2019, 18 juli). Hier gaat Rotterdam de komende jaren tienduizenden huizen bouwen. *AD*. <https://www.ad.nl/rotterdam/hier-gaat-rotterdam-de-komende-jaren-tienduizenden-huizen-bouwen~a990df97/>
- Bijlsma, R. J., Weeda, E. J., Verkaik, E., Huibers, C., van Orden, W. H., van Roekel, G. M., & Helmink, A. T. F. (2009). *Wentelwilgen wortelkluiten en wave dieback. Diversiteit door natuurlijke processen in bosreservaten in de Biesbosch*.
- Blom, Astrid. / Bodemerisatie in de Rijn. In: TU Delft DeltaLinks. 2016.
- Bol, R. en A. Kraak, 1998. *MER Beheer Haringvlietstuiven. Over de grens van zout en zoet. Rijkswaterstaat directie Zuid-Holland, Rotterdam. APV nummer 98/093. ISBN: 903694871*.
- Brevé, N., Vis, H., Spierts, I., de Laak, G., Moquette, F., & Breukelaar, A. (2014). *Exorbitant mortality of hatchery-reared Atlantic salmon smolts Salmo salar L., in the Meuse river system in the Netherlands*.
- Buijse, T. (2021). *Argumentatie technische doelaanpassing Kaderrichtlijn Water Rijkswaterstaat*.
- CBS (2022). Recordaantal toeristen boekt overnachting in Nederland. <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2022/45/recordaantal-toeristen-boekt-overnachting-in-nederland>
- CBS. (z.d.). *Groei en krimp per gemeente*. <https://www.cbs.nl/nl-nl/visualisaties/dashboard-bevolking/regionaal/groei-en-krimp>
- Collas, F.P.L. (2021). *Effecten recreatieve en commerciële binnenvaart op ecologie*. Radboud Universiteit (RU), in opdracht van Rijkswaterstaat, Water Verkeer en Leefomgeving (RWS, WVL). <https://open.rws.nl/open-overheid/onderzoeksrapporten/@55663/effecten-recreatieve-commerciele/>
- Carter, E. E., Tregenza, T., & Stevens, M. (2020). *Ship noise inhibits colour change, camouflage, and anti-predator behaviour in shore crabs*.
- CLO, 2022. *Exoten in Nederland 1900 – 2000*. <https://www.clo.nl/indicatoren/nl1622-exoten>
- Collas, F. P. L., Buijse, A. D., van den Heuvel, van Kessel, N., Schoor, M. M., Eerden, H., & Leuven, R. S. E. W. (2018). *Longitudinal training dams mitigate effects of shipping on environmental conditions and fish density in the littoral zones of the river Rhine*.
- Coops, H. (2019). *Biezen in het zoetwatergetijdengebied*.
- Cote, D., Kehler, D., Bourne, C., & Wiersma, Y. F. (2009). A new measure of longitudinal connectivity for stream networks. *Landscape Ecology*.
- de Groot, S. J. (1990). *Herstel van riviertrekvisser in de Rijn een realiteit? De Atlantische zalm*.
- de Groot, S. J. (1991). *Herstel van riviertrekvisser in de Rijn een realiteit? De Spiering*.
- de Groot, S. J. (1992). *Herstel van riviertrekvisser in de Rijn een realiteit? De Fint*.

- de Hoog, J. E. W., & Ruster, A. D. (1999). *Potentiele effecten van zoetwatermodellen op het transport van verontreinigingen in het Hollandsch Diep/Haringvliet. Verspreiding van stoffen onder invloed van organismen in de Rijn/Maasmonding.*
- de Jong, B. (2023). *Proeftuin Sediment Rijnmond. Brakwatergetijdennatuur in de Groene Poort.*
- de Jong, B., & Coops, H. (2021). *Memo Kansen voor riet en biezten in nieuwe zoetwatergetijdennatuur.*
- de la Haye, M. A. A., Reeze, B., van der Jagt, H. A., & Verweij, G. L. (2022). *Vervolgrapportage ecologische toestand Haringvliet en Voordelta 'Lerend implementeren kierbesluit' 2020.*
- De la Haye, M.A.A., B. Reeze, H.A. van der Jagt & G.L. Verweij, 2022. *Vervolgrapportage*
- De Urbanisten. (2019). *Rivier als getijdenpark.* <https://vnrgemeenten.nl/wp-content/uploads/2019/02/Rivier-als-getijdenpark.pdf>
- Deltares (2015). *The plausibility of extreme high discharges in the river Rhine.* https://publications.deltares.nl/1220042_004a.pdf
- Deltares (2018). *Mogelijke gevolgen van versnelde zeespiegelstijging voor het Deltaprogramma: Een verkenning.* (11202230-005-0002.). Deltares, in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur & Water - staf Deltacommissaris en
- Deltares (2018). *Zeespiegelmonitoring 2018: De stand van zaken rond de zeespiegelstijging langs de Nederlandse kust.* Deltares. <https://www.deltares.nl/expertise/publicaties/zeespiegelmonitor-2018-de-stand-van-zaken-rond-de-zeespiegelstijging-langs-de-nederlandse-kust>
- Driesprong, A., J. van Hees en L. de Jong, 1998. *MER Beheer Haringvlietsluizen. Over de grens van zout en zoet. Hoofdrapport. Milieu-effectrapport over een ander beheer van de Haringvlietsluizen. Rijkswaterstaat Directie Zuid-Holland, Rotterdam. APV nummer 98.186. ISBN 903694802.*
- Duarte, C. M., Chapuis, L., Collin, S. P., Costa, D. P., Devassy, R. P., & Equiluz, V. M. (2021). The soundscape of the Anthropocene ocean. *Science.*
- Evers, D., Van Schie, M. & Van Rijn, F. (2021, 2 februari). *Nederlandse verstedelijking in 2050: compacter, polycentrischer of diffuser?* Planbureau voor de Leefomgeving. <https://www.pbl.nl/blogs/nederlandse-verstedelijking-in-2050-compacter-polycentrischer-of-diffuser>
- Expertisenetwerk Waterveiligheid (2019). *Impact zeespiegelstijging op hoogwaterveiligheid: Expert judgement over de houdbaarheid van de voorkeursstrategieën uit het Nederlandse Deltaprogramma bij versnelde zeespiegelstijging.* <https://www.enwinform.nl/publish/pages/183279/enw-19-08-achtergrondrapport-impact-zeespiegelstijging-op-hoogwaterveiligheid-dv.pdf>
- ecologische toestand Haringvliet en Voordelta 'Lerend implementeren kierbesluit' 2020*
- Ecopedia. (n.d.). *Krabbenscheer.* <https://www.ecopedia.be/planten/krabbenscheer>
- Erkens, G., T. Hoffmann, R. Gerlach en J. Klostermann (2011). *Complex fluvial response to Lateglacial and Holocene allogenic forcing in the Lower Rhine Valley (Germany).* *Quaternary Science Reviews*, 30(5), 611-627, doi:10.1016/j.quascirev.2010.11.019.
- Fijn, R., Leopold, M., Dirksen, S., Arts, F., & van Asch, M. (2017). *Een onverwachte concentratie van Zwarte Zee-eenden in de Hollandse kustzone in een gebied met hoge dichtheden van geschikte schelpdieren.* https://pub.sovon.nl/static/publicaties/97-117_lim903_zwartezee-eenden_web.pdf
- Frings, R.M. (2011). *Sedimentary characteristics of the gravel-sand transition in the River Rhine.* *J. Sedimentary Res.*, 81(1), 52-63, doi:10.2110/jsr.2011.2.
- Frings, R.M., K. Banhold, I. Evers (2017). *Sedimentbilanz des Oberen Rheindeltas.* In: Hillebrand, G., R.M. Frings (2017). *Von der Quelle zur Mündung: Die Sedimentbilanz des Rheins im Zeitraum 1991 – 2010. Bericht KHR/CHR II-22. Internationale Kommission für die Hydrologie des Rheingebietes, Lelystad. ISBN: 978-90-70980-39-9, 10.5675 / KHR_22.2017, S. 142-169.*

- Frings, R.M., G. Hillebrand, N. Gehres, K. Banhold, S. Schriever, T. Hoffmann (2019). *From source to mouth: Basin-scale morphodynamics of the Rhine River*, *Earth-Science Reviews*, volume 196, september 2019, 102830
- Frings, R., Hillebrand, G., Gehres, N., Banhold, K., Schriever, S., & Hoffmann, T. (2019). *From source to mouth: Basin-scale morphodynamics of the Rhine River*. *Earth-Science Reviews*.
<https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2019.04.002>
- Gabel, F., Lorenz, S., & Stoll, S. (2017). *Effects of ship-induced waves on aquatic ecosystems*.
- G.J. Maas, 2002. *Historische ecotopen en morfologische processen rivieren*
- Haas, H.A. & M. Tosserams (2005). *Achtergronddocument Kanskaart Estuariene Dynamiek in de Delta*. Middelburg, RIKZ, rapport RIKZ/ZDO/2005.800w:
- Hanon, G. T. M., Roels, B., van Winden, A., & Litjens, G. J. J. M. (2021). *KENNISDOCUMENT VOORBIJ DE KIER Wetenschappelijke onderbouwing voor estuarien ecosysteemherstel in het Haringvliet*.
- Haring, J. (1977). *De geschiedenis van de ontwikkeling van de waterbeweging en het profiel uun d" rivieren in het Noordelijk Deltabekken over de perioden 1870- 1970- 1976. Deel I - de peiode 1870-1970*. Nota nummer G.J. Maas, 2000. *Historische geomorfologie Maas en benedenrivieren*
- Harm Jan Pierink et. Al, 2018. *Human-caused avulsion in the Rhine-Meuse delta before historic embankment (The Netherlands)*
- Havenvisie Rotterdam*. <https://www.portofrotterdam.com/sites/default/files/2021-05/havenvisie-rotterdam.pdf>
- Heel, Leon van (2023, 5 maart). De toeristen komen weer en we gaan verder met waarmee we in 2019 gebleven waren. AD. <https://www.ad.nl/rotterdam/de-toeristen-komen-weer-en-we-gaan-verder-met-waarmee-we-in-2019-gebleven-waren~a15a2e60/>
- Hijma, M. P. 2022. "Bodemdalingsmonitor 2022 - Kustfundament En de Getijdenbekkens - Overzicht Onderzoek 2018-2021." Deltares report 11208035-003-ZKS-0003.
- Hijma, M. P., and H. Kooi. 2018. "Bodemdaling in Het Kustfundament En de Getijdenbekkens." Deltares report 11200538-008-ZKS-0001.
- H.J.A. Berendsen, 1996. *De vorming van het land*
<https://www.deltares.nl/nieuws/stijging-zeespiegel-langs-nederlandse-kust-is-toegenomen>
<https://www.rijkswaterstaat.nl/water/waterbeheer/bescherming-tegen-het-water/watersnoodramp-1953>
<https://www.stowa.nl/deltafacts/ruimtelijke-adaptatie/adaptief-deltamanagement/bodemdaling>
- IPCC. (2021). *Climate change 2021: The physical science basis*. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>
- KNMI. (2014). *KNMI'14 Klimaatscenario's voor Nederland: leidraad voor professionals in klimaatadaptatie*.
https://cdn.knmi.nl/system/data_center_publications/files/000/070/616/original/Brochure_KNMI14_NL.pdf?1640271317
- KNMI. (2021). *Klimaatsignaal'21*. https://cdn.knmi.nl/knmi/asc/klimaatsignaal21/KNMI_Klimaatsignaal21.pdf
- K.A.H.W. Leenders, 1999. *Landschapsgeschiedenis van de Hoekse Waard*
- Klinge, M., Buijse, A. D., Cazemier, W. G., Lammens, E. H. R. R., & Prins, K. H. (1998). *Biologische monitoring zoete rijkswateren: Vis in de zoete rijkswateren 1992-1996*.
- Kooiman, M., Ploegaert, S., & Vos, M. (2022). *Een Zegen in de Delta – 2018-2020. Onderzoek naar de kraamkamerfunctie van de Zuid-Hollandse delta*.
- Krijgsveld, K. L., Klaassen, B., & van der Winden, J. (2022). *Verstoring van vogels door recreatie—Literatuurstudie van verstoringgevoeligheid en overzicht van maatregelen—Deel 1 Hoofdrapport*.
- Kruitwagen, G., & van Deelen, E. E. (2019). *Monitoringsonderzoek vis haven van Rotterdam. Eindrapportage*.
- Kusku, H. (2020). *Acoustic sound-induced stress response of Nile tilapia (Oreochromis niloticus) to long-term underwater sound transmissions of urban and shipping noises*.

- Lenders, R., & Verbeek, W. (2018). *De Atlantische zalm in Noordwest-Europa in de Middeleeuwen en Vroegmoderne tijd*.
- Lenderink, G., & van Meijgaard, E. (2008). Increase in hourly precipitation extremes beyond expectations from temperature changes. *Nature geoscience* 1, 511-514. <https://www.nature.com/articles/ngeo262>
- Maas, G. J. (2002). *Historische ecotopen en morfologische processen rivieren; Haringvliet-Hollandsch Diep, Roerdalslenkmaas en Grensmaas*.
- MER, beheer Haringvlietsluizen, ISBN nummer 903694802
- Middelkoop, H., Stouthamer, E., Schoor, M. M., Wolfert, H. P., & Maas, G. J. (2003). *Kansrijkdom voor rivierecotopen vanuit historisch geomorfologisch perspectief. Rijntakken – Maas—Benedenrivieren*.
- M.J. van der Meulen et al, 2007. *Regional Sediment Deficits in the Dutch Lowlands: implications for long-term land use options*
- Nationaal Programma RES. (z.d.). *RES Regio's op de kaart*. <https://www.regionale-energiestrategie.nl/resregios/default.aspx>
- Natura 2000: Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. (z.d.). *Nationaal Programma Landelijk Gebied (NPLG)*. <https://natura2000.nl/nplg>
- Nature Today. (2023). *Zoetwatergetijdennatuur herleeft in Noordwaard*. <https://www.naturetoday.com/nl/nl/nature-reports/message/?msg=30361>
- Natuurmonumenten. (n.d.). *Rivierklimaatpark IJsselpoort projectbeschrijving*. <https://www.natuurmonumenten.nl/projecten/rivierklimaatpark-ijsselpoort/projectbeschrijving>
- Nerem, R. S., B. D. Beckley, J. T. Fasullo, B. D. Hamlington, D. Masters, and G. T. Mitchum. 2018. "Climate-Change-driven Accelerated Sea-Level Rise Detected in the Altimeter Era." *Proceedings of the National Academy of Sciences*. <https://doi.org/10.1073/pnas.1717312115>.
- Noordhuis, R., Groot, S., Dionisio Pires, M., & Maarse, M. (2014). *Wetenschappelijk eindadvies ANT-IJsselmeergebied*.
- NRC. (2023). *Een bodemvisverbod betekent zo ongeveer het einde van de garnalensector*. <https://www.nrc.nl/nieuws/2023/02/22/een-bodemvisverbod-betekent-zo-ongeveer-het-einde-van-de-garnalensector-a4157854#:~:text=%E2%80%9EEen%20verbod%20zou%20voor%20Nederland,50%20tot%2070%20miljoen%20euro>.
- Orbis (2022). *Visie Balanceren in de Biesbosch: Samen werken aan het behouden en versterken van de Biesbosch voor toekomstige generaties*. In opdracht van: Parkschap Nationaal Park De Biesbosch. <https://np-debiesbosch.nl/wp-content/uploads/2022/05/220301-Visie-Balanceren-in-de-Biesbosch.pdf>
- Ottburg, F., & Lammertsma, D. (2020). *Modderkruipers en bittervoorn in Pompveld en Andelsch Broek. Visstandbemonstering van grote modderkruiper, kleine modderkruiper en bittervoorn in Natura 2000-deelgebied Pompveld en Andelsch Broek in relatie tot beleidsdoelstellingen en inrichtingsmaatregelen*.
- PBL. (2023). *Vier scenario's voor de inrichting van Nederland in 2050. Ruimtelijke Verkenning 2023 (Nr. 4832)*. <https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2023-vier-scenarios-voor-de-inrichting-van-nederland-in-2050-4832.pdf>
- Port of Rotterdam, Rijkswaterstaat, Provincie Zuid-Holland, Deltalinqs, Gemeente Rotterdam. (November 2019).
- Provincie Zuid-Holland (z.d. a). *Verstedelijking*. <https://www.zuid-holland.nl/onderwerpen/ruimte/verstedelijking/>
- Provincie Zuid-Holland (z.d. b). *Realisatieagenda regio Rotterdam*. <https://www.zuid-holland.nl/publish/besluitenattachments/regionale-realisatieagendas/rraw-regio-rotterdam-20230307-pdf.pdf>
- Provincie Zuid-Holland (2021). *Verstedelijkingsstrategie Zuid-Holland 2021 – 2040: Versterken van steden en dorpen*. <https://www.zuid-holland.nl/publish/pages/28887/verstedelijkingsstrategie-zuid-holland-2021-2040.pdf>
- Paalvast, P. (1998). *Ecologische waardering van de oevers in het Rotterdamse havengebied. Een handreiking voor beheer*.

- Paalvast, P. (2000). Paalvast, P. (2000). Zoet zout Zuid/Holland. Autoecologie van enige karakteristieke estuariene organismen. *RIZA Werkdocument*.
- Paalvast, P. (2017). *Natuurkansenkaarten hardsubstraat Rotterdams havengebied*.
- Paalvast, P., & Limpens, J. (1998). *Nieuwe Waterweg. Flora-inventarisatie oevers*.
- Port of Rotterdam. (n.d.). *Dit moet je weten over zeehonden in de haven*. <https://www.portofrotterdam.com/nl/online-beleven/havenkrant/overzicht/dit-moet-je-weten-over-zeehonden-in-de-haven>
- Provincie Gelderland. (2023a). *Natuurdoelanalyse Lingegebied & Diefdijk-Zuid (70)*.
- Provincie Gelderland. (2023b). *Natuurdoelanalyse Loevestein, Pompveld en Kornsche Boezem (71)*.
- Provincie Noord-Brabant. (2023). *Natuurdoelanalyse 112 Biesbosch*.
- Provincie Utrecht. (2023a). *Natuurdoelanalyse natura 2000 Uiterwaarden Lek [82]*.
- Provincie Utrecht. (2023b). *Natuurdoelanalyse natura 2000 Zouweboezem [105]*.
- Provincie Zuid-Holland. (2022a). *Natuurdoelanalyse Natura 2000 112 Biesbosch*.
- Provincie Zuid-Holland. (2022b). *Natuurdoelanalyse Natura 2000—100 Voornes Duin*.
- Provincie Zuid-Holland. (2022c). *Natuurdoelanalyse Natura 2000—101 Duinen Goeree & Kwade Hoek*.
- Provincie Zuid-Holland. (2022d). *Natuurdoelanalyse Natura 2000—113 Voordelta*.
- Provincie Zuid-Holland. (2023). *Natuurdoelanalyse Natura 2000—109 Haringvliet ONGEPUBLICEERD*.
- Prometheus, 2021. *Atlas van Nederland in Holoceen*
- Quak, J. (2016). *Van aal tot zalm tussen zoet en zout: Een beschouwing over de visstand in het Haringvliet, Hollands Diep en Goereesche Gat tussen 1870-1970*.
- Rapport 22-181. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Reeze, B., de la Haye, M. A. A., Arts, F., Boudewijn, T. J., van der Jagt, H. A., van Kessel, N., Verweij, G. L., & Wegman, C. (2020). *Nulrapportage ecologische toestand Haringvliet en Voordelta 'Lerend implementeren Kierbesluit'*.
- Reeze, B., Kroes, M., van Emmerik, W., & Quack, J. (2018). *Vismigratiekalender Haringvliet*.
- Reitsma, J. M., Zwerver, J., & Liefveld, W. M. (2019). *Onderbouwing kwelderareaal O2b wateren. Waterlichamen: Noordzeekanaal, Nieuwe Waterweg, Nieuwe Maas, Haringvliet-West*.
- Reeze, B., M.A.A. de la Haye, F. Arts, T.J. Boudewijn, H.A. van der Jagt, N. Van Kessel, G.L.
- Reeze, B., W. Liefveld, J. Postma, H. Barneveld, N. van Kessel, H. van der Jagt, T. Smit, H. Coops en D. Tjabbes – Van der Gaag, 2020a. *Watersysteemrapportage Maas. Antea Group, s.l. projectnummer 0434242.100. 11 februari 2020*.
- Reeze, B., M.A.A. de la Haye, H.A. van der Jagt, G.L. Verweij & N. Van Kessel (2021). *Vervolgrapportage ecologische toestand Haringvliet en Voordelta 'Lerend implementeren kierbesluit' 2019. Rapport 21-248. Bureau Waardenburg, Culemborg*.

Relevante literatuur

- Smart Rivers posters, Merweddes, Getijdenlek, Nieuwe Maas
- Op waterbasis, grenzen aan de maakbaarheid van ons water- en bodemsysteem
- Artikel zoetwaterinname
- Weerdata KNMI
- Waterinfo RWS
- Watersysteemanalyse Rijntakken en Maas
- Natura 2000 Beheerplan Voordelta 2015-2021
- IRM, Systeembeschouwing Rijn en Maas Onderzoeksrapport voor IRM (juli 2022)
- PAGW - Haringvliet, Hollands Diep en Biesbosch
- PAGW, dashboard systeemkwaliteit grote wateren

- RVO. Biesbosch beheerplan_natura2000 DEF
- RWS, Factsheets KRW
- RWS, Het verhaal van de rijnmaasmonding
- RWS, Het verhaal van het Sediment
- RWS, Streefbeeld natuur Rijn-Maasmonding streefbeeld op basis van geomorfologische.
- RWS, Stroomwijzer Biesbosch
- RWS, Stroomwijzer Haringvliet
- RWS, Stroomwijzer Hollands Diep
- RWS, Nulrapportage lerend implementeren Kier
- RWS, Vervolrapportages lerend implementeren Kier
- STOWA, 2021-29 ecologische systeembenadering en ecologische systeemanalyse.pdf
- WNF, Intertidal area in the Dutch Southwest Delta, WNF, InternshipReport TDeggeller
- WNF, Naar een nationale sedimentstrategie
- WNF, Rapportage Rijn-Maasmonding
- WUR, Ecologische Systeembenadering en ecologische systeemanalyse
- WUR, Zoet-zoutovergangen in Nederland onder de loep typering, functioneren, ecologische sleutelfactoren
- WWF, Rapport Voorbij De Kier
- WWF, Rapportage Rijn-Maasmonding
- WWF, Getijdenherstelplan
- Deltares, Waterbodempkwaliteit in Rijn-Maas monding

Rijkswaterstaat. (2003). *Kansen voor stroominnende vissen*.

Rijkswaterstaat 2004. *Huidige situatie en autonome ontwikkeling Rijn-Maasmonding*

Rijkswaterstaat, 2023. Factsheet_OW_80_Ministerie_van_Infrastructuur_en_Waterstaat_

Rijkswaterstaat - Water Verkeer en Leefomgeving <https://www.deltares.nl/expertise/publicaties/mogelijke-gevolgen-van-versnelde-zeespiegelstijging-voor-het-deltaprogramma-een-verkenning> Roodbergen, M., Foppen, R. P. B., Schekkerman, H., Ens, B. J., Arts, F., Stienen, E., & Buijs, R. J. (2022). *Knelpuntenanalyse van vijf kustbroeders met het PODICEPS-raamwerk*. Sovon-rapport.

Rijkswaterstaat_2023-02-23.pdf. <https://www.waterkwaliteitsportaal.nl/krw-factsheets>

Rotterdam Maritime Capital of Europe. (z.d.). *Europe's Hydrogen Hub: Rotterdam believes in hydrogen: The future is now*. <https://www.rotterdammaritimecapital.com/discover/hydrogen-hub>

RVO (2017). *Natura 2000-beheerplan Biesbosch (112)*. <https://www.brabant.nl/-/media/ccdc69e05bfd4e1aae769172b7c76d56.pdf>

Saeijs, H. L. F., & Cnossen, P. D. (1975). *Vegetatie en gedempt getij*.

Schaminée, J. H. J., Janssen, J. A. M., Kwak, R., Litjens, G. J. J. M., Mulder, J. P. M., Roels, B., Smith, S. R., Walles, B., van Winden, A., Winter, H. V., & Ysebaert, T. (2019). *Biodiversiteit in de Zuidwestelijke Delta*.

Schotanus, J., Verschuur, X., Tulp, I., & Tangelder, M. (2022). *Visserij en ecologische effecten in de Zuidwestelijke Deltawateren: Een quickscan naar verschillende vormen van visserij en schelpdierkweek in de Zuidwestelijke delta en de bestaande kennis over ecologische effecten*.

Senckenberg. (n.d.). *What is Benthos?* <https://www.senckenberg.de/en/institutes/senckenberg-am-meer/marine-research/marine-research-divisions/marine-biology/marine-biology-research/>

Snippen, E., Fiiole, A., Geelen, H., Kamsteeg, A., Van Spijk, A., & Visser, T. (2005). Sediment in (be) weging— sedimentbalans Rijn-Maas- monding periode 1990–2000. *Rapport Rijkswaterstaat RIZA. afdeling WRE*.

Staatsbosbeheer. (n.d.-a). *Biesboschbos hoezo bijzonder*. <https://www.boswachtersblog.nl/biesbosch/2021/11/25/biesboschbos-hoezo-bijzonder/>

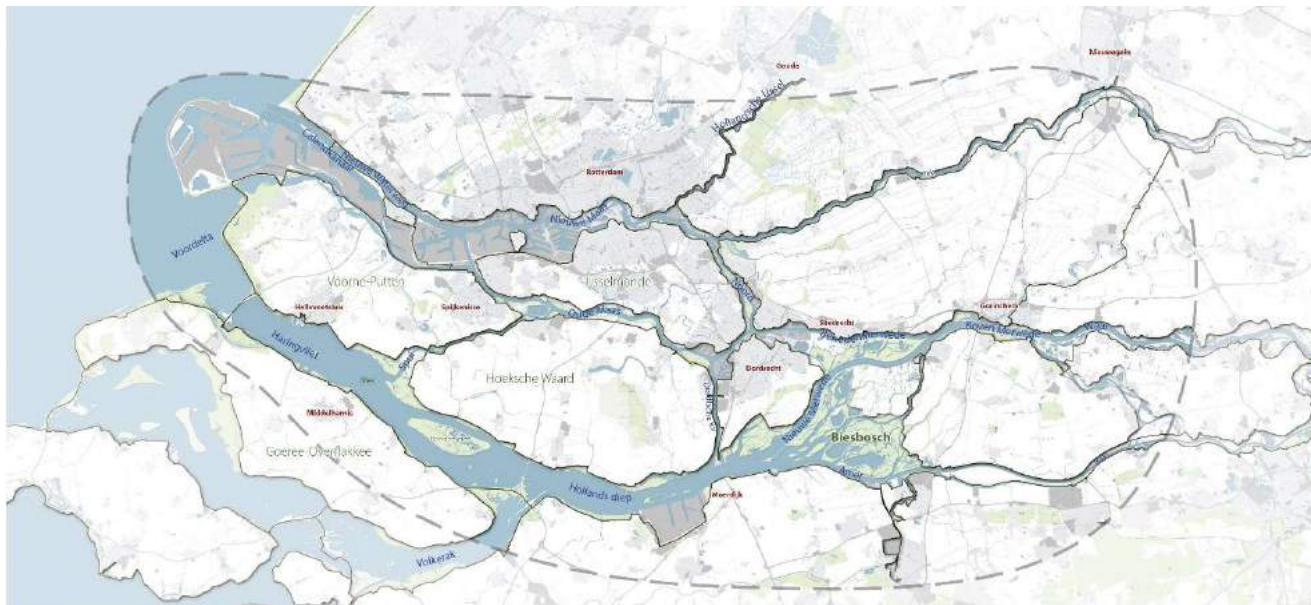
Staatsbosbeheer. (n.d.-b). *Konijnen in het duin*. <https://www.boswachtersblog.nl/zuid-holland/2011/11/20/konijnen-in-het-duin/>

- Staatsbosbeheer. (2022). *Vogelgriep bij grote sterns in de zuid hollandse delta*. <https://www.boswachtersblog.nl/zuid-holland/2022/06/16/vogelgriep-bij-grote-sterns-in-de-zuid-hollandse-delta/>
- Staatsbosbeheer. (2023). *Otter is terug in de Biesbosch*. <https://www.staatsbosbeheer.nl/over-staatsbosbeheer/nieuws/2023/03/otter-is-terug-in-biesbosch>
- Struijk, A.J. (1994). Ontwikkelingen in de afvoerverdelingen over de Rijntakken 1900-1991. Rijkswaterstaat, Directie Gelderland, Arnhem.
- Tennet (z.d.). *Geertruidenberg - Krimpen aan den IJssel of Crayestein*. <https://www.tennet.eu/nl/projecten/geertruidenberg-krimpen-aan-den-ijssel-crayestein> Osté, L., B. Reeze, J. Postma en K. Ouwerkerk, 2022. *Waterbodempkwaliteit in Rijn-Maas monding. Kan waterbodembeheer bijdragen aan het behalen van de KRW-doelen? Deltares, Utrecht. 11206216-011-BGS-0002, 7 maart 2022*. Quak, J. (2010). *Historie van een Koningsvis*.
- Terlouw, S., de Jong, A., Haan, R., Gebuis, H., & Jaquet, R. (2020). *Avifauna van de Biesbosch: Meer dan een eeuw vogelveranderingen*. Stichting Natuur en Vogelwacht Biesbosch. Strix Uitgeverij.
- Terlouw, S., Wolff, E., de Kluijver, A., & Jentink, R. (2023). *Streefbeeld RMS monding Inzicht in huidig voorkomen biotopen*.
- Tulp, I., Craeymeersch, J. A. M., IJff, S., & van der Sluis, M. T. (2018). *Syntheserapport PMR NCV. Wageningen Marine Research*.
- Tulp, I., Glorius, S., Rippen, A., Looije, D., & Craeymeersch, J. (2020). *Dose-response relationship between shrimp trawl fishery and the macrobenthic fauna community in the coastal zone and Wadden Sea*.
- Tummers, J., Kranenbarg, J., & Schiphouwer, M. (2021). *Voorkomen van Fint in de Biesbosch Huidige geschiktheid leefgebied in relatie tot Natura 2000 uitbreidingsdoelstelling*. RAVON. Projectnummer 2018.085.
- Universiteit Utrecht & Deltares, 2013. *Wat wil de rivier zelf eigenlijk?*
- Vaarweginformatie. (z.d.). *Vaarwegen en objecten*. <https://vaarweginformatie.nl/frp/main/#/geo/map?viewport=51.241286;0.780029;52.742943;9.217529> van Dreumel, P. (1995). Slib- en zandbeweging in het noordelijk Deltabekken in de periode 1982-1992. *Afdeling Watersysteemkennis Rotterdam, 11*.
- van de Rijjt, C. (2001). *De aanpassing van het model EMOE aan de vegetatie van de Biesbosch. Analyse van de vegetatie in relatie tot zoutgehalte, beheer, hoogteligging en bodem*.
- van de Rijjt, C., & Esselink, P. (2006). *Toepassing van het vegetatiemodel EMOE voor de introductie van een gedempt getij in de Lauwersmeer*.
- van der Pluijm, A., van der Kolk, H., & Sparrius, L. B. (2022). *Tonghaarmuts (Orthotrichum rogeri) in Natura 2000-gebied de Biesbosch. BLWG-rapport*.
- van der Winden, J. (2017). *Stromingsriet voor grote karekiet*. <https://nl.linkedin.com/pulse/stromingsriet-voor-grote-karekiet-jan-van-der-winden>
- van der Winden, J., Deuzeman, S., & Foppen, R. (2020). *Broedsucces grote karekiet en herstel rietkragen in Randmeren en Vechtplassen in 2020. Jaarrapportage monitoring en onderzoek*.
- van Rijssel, J. C., van Keeken, O. A., & de Leeuw, J. J. (2020). *Vismonitoring Rijkswateren t/m 2019 Deel 1: Toestand en trends*.
- van Rijssel, J. C., & Winter, E. (2022). Inspannings- en vangstregistraties van trekvisseren door beroepsvisseren aan de buitenzijde van de Haringvlietsluizen in 2021. *IJmuiden : Wageningen Marine Research (Wageningen Marine Research Rapport C027/21) - 24*.
- Van Rijssel, J., Van Den Puijenbroek, M., Schilder, K., & Winter, E. (2019). *Impact van verschillende visserijvormen op trekvisseren*. <https://doi.org/10.18174/476384>
- Verweij & C. Wegman, 2020b. *Nulrapportage ecologische toestand Haringvliet en Voordelta 'Lerend implementeren Kierbesluit'*. Bureau Waardenburg Rapportnr. 20-340. Bureau Waardenburg, Culemborg. Vogelbescherming Nederland. (2022). *Vogeltrek gejaagd door de wind*. <https://www.vogelbescherming.nl/actueel/bericht/vogeltrek-gejaagd-door-de-wind>

- Vriese, F. T., Hop, J., Reeze, B., de la Haye, M. A. A., van Kessel, N., Claus, M., & van Winden, A. (2021). *Stromend habitat en connectiviteit in de Maas*.
- Vrooman, J., van Giels, J., Kampen, J., van Rijssel, J., de Leeuw, J., & Neitzel, S. (2021). *Vismonitoring Benedenrivieren. Op weg naar een breed gedragen kennisbasis*.
- Wandel. (n.d.). *De Kwade Hoek: Overwinteraars spotten*. <https://www.wandel.nl/routes/kwade-hoek/>
- Whitefield, A. K., Elliot, M., Basset, A., Blaber, S. J. M., & West, R. J. (2012). Paradigms in estuarine ecology. A review of Remane. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*.
- Wijnhoven, S., & Hummel, H. (2008). *Historische ontwikkeling macrofauna levensgemeenschappen Rijn-Maasmonding: Biesbosch, Hollandsch Diep, Haringvliet en Haringvliet voordelta vanaf 1960 met het oog op de toekomst*.
- Winter, H. V., Mulder, I. M., Griffioen, A. B., van Rijssel, J. C., de Leeuw, J. J., & Tulp, I. (2020). *Herstel van vismigratie in het Haringvliet: Kennisvragen, monitoring en wetenschappelijk onderzoek*.
- Wolff, E. (2023). *Characteristics and measures for an ecologically resilient Biesbosch Rhine-Meuse estuary*.
- Ybema, M. S., & Backx, J. J. G. M. (2001). *Kansen voor estuariene vissen in het Haringvliet door gewijzigd sluisbeheer: Een onderzoek naar de estuariene visstand van het toekomstig Haringvliet door gewijzigd sluisbeheer*.
- Zajicek, P., & Wolter, C. (2019). *The effects of recreational and commercial navigation on fish assemblages in large rivers*.
- Zonneveld, I. S. (1960). *De Brabantse Biesbosch. Een studie van bodem en vegetatie van een zoetwatergetijdendelta*.
- Zonneveld, I. S. (2000). *De Biesbosch, een halve eeuw gevolgd de vierde dimensie van de vegetatie en de bodem in de Brabantse Biesbosch (1948-1998)*.
- 44.011.02. Den Haag: Rijkswaterstaat, Directie Waterhuishouding en Waterbeweging, District Zuidwest.

Bijlagen

Bijlage A Overzichtskaart Projectgebied



Figuur A-1

Bijlage B Informatie over stormen

Tabel B-1: De 20 stormen met de hoogste waterstanden sinds het jaar 2000. In rood is de steeds de hoogste stand per meetpunt weergegeven, in oranje de op een na hoogste en in geel de op twee na hoogste. In de laatste kolom is de Rijnafvoer bij Lobith weergegeven.

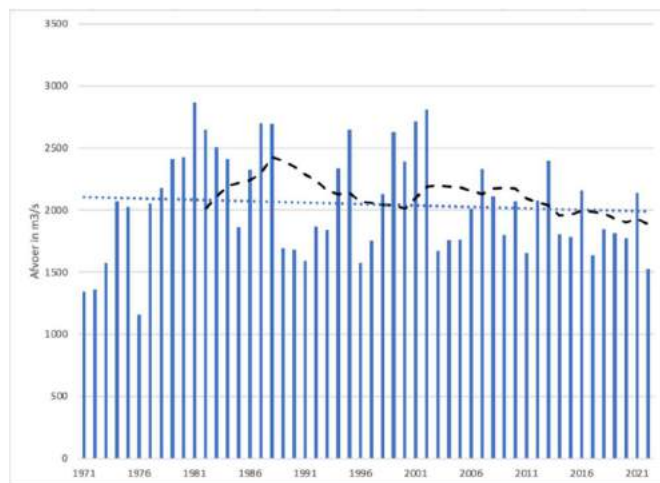
	Stellen-dam	Hoek v Holland	Rotter-dam	Gouda	Schoon-hoven	Dor-drecht	Werken-dam	Spijke-nisse	Moerdijk	Hellevoetsluis	Afvoer B-Rijn
09-11-07	3,50	3,10	dicht	dicht	dicht	dicht	dicht	dicht	dicht	dicht	1150
05-12-13	3,03	3,00	2,90	dicht	2,63	2,22	2,00	2,68	1,82	1,62	1200
29-01-22	3,34	2,85	2,73	dicht	2,23	1,87	1,62	2,54	1,40	1,31	2000
21-10-14	3,19	2,77	2,71	dicht	2,49	2,05	1,90	2,54	1,70	1,60	1750
21-12-03	3,05	2,75	2,75	dicht	2,25	1,88	1,65	2,45	1,49	1,49	1700
21-02-22	3,11	2,67	2,65	dicht	2,46	2,02	2,00	2,41	1,72	1,53	3000
07-02-04	3,00	2,50	2,60	dicht	2,60	2,12	2,03	2,40	1,66	1,60	3500
09-12-11	2,73	2,50	2,50	dicht	2,10	1,73	1,50	2,25	1,30	onb	1200
03-01-18	3,08	2,50	dicht	dicht	dicht	dicht	dicht	dicht	dicht	dicht	3200

10-02-20	3,00	2,47	2,60	dicht	2,72	2,23	2,24	2,47	1,80	1,69	6100
01-11-06	2,75	2,45	2,35	dicht	2,15	1,78	1,55	2,27	1,45	1,55	1700
07-01-19	2,80	2,39	2,35	dicht	2,05	1,85	1,70	2,16	1,52	1,48	1800
18-03-07	3,00	2,30	1,40	dicht	2,25	1,70	1,74	2,22	1,46	1,44	2800
27-01-22	2,41	2,29	2,22	dicht	1,88	1,55	1,40	2,07	1,18	1,17	2000
13-01-17	2,95	2,27	2,19	dicht	1,90	1,80	1,55	2,11	1,46	1,43	1000
05-01-12	2,67	2,25	2,40	dicht	2,60	2,30	2,40	2,35	2,18	2,00	3400
18-02-22	2,78	2,22	2,34	dicht	2,21	1,83	1,80	2,19	1,52	1,41	2700
11-01-15	2,42	2,10	2,25	dicht	onb	2,05	2,10	2,15	onb	onb	3800
26-12-16	2,35	1,98	2,00	2,06	1,75	1,45	1,28	1,89	1,17	1,19	1050

Bijlage C Trends in de rivierafvoeren

Gemiddelde rivierafvoer

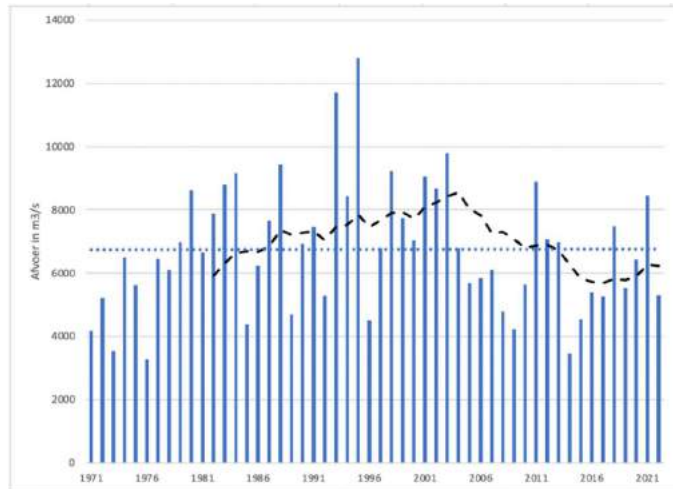
De jaargemiddelde afvoer (zie Figuur C-1) die de BRM bereikt vanuit de rivieren bedraagt iets meer dan 2.000 m³/s en vertoont een licht negatieve trend. Vooral de laatste 20 jaar zijn er veel jaren met een vrij lage afvoer geweest en uitschieters naar boven zijn er vooral geweest in de jaren '80 en '90. Het 12-jarig gemiddelde vertoont daarom een dalende lijn. Jaren met een zeer lage gemiddelde afvoer (<1.500 m³/s) zijn er sinds 1976 (met 1.150 m³/s) niet meer geweest.



Figuur C-1: Gemiddelde aanvoer uit Waal, Lek en Maas samen naar de BRM sinds 1970 met 12-jarig gemiddelde en trendlijn

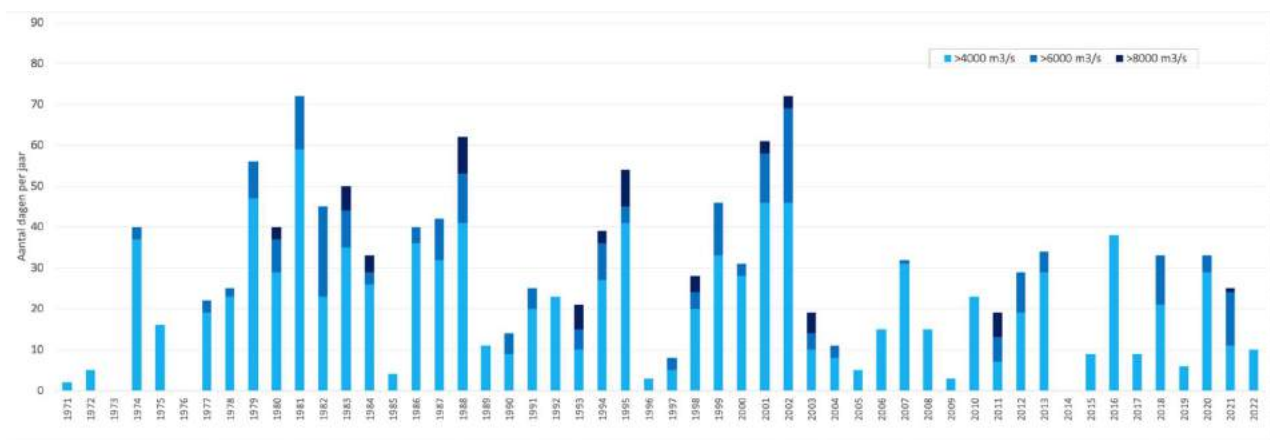
Hoge afvoeren

De hoogste dagafvoer laat een langjarig verloop zien. In de '70-er jaren was ze steeds erg laag, waarna er in de jaren '80 en '90 veel jaren volgden met juist een hoge dagafvoer, maar de laatste 20 jaar is de hoogste afvoer opvallend genoeg weer vaak aan de lage kant (zie Figuur C-2). Van de verwachte toename in hoge afvoeren is geen sprake en de trendlijn loopt vlak. Vanwege de recente jaren met lage hoogwaterafvoeren is het 12-jarig gemiddelde met ruim 25% gedaald, na de piek rond het begin van de eeuw.



Figuur C-2: Hoogste dagaanvoer per jaar die vanuit Waal, Lek en Maas samen in de BRM aankomt sinds 1970 met 12-jarig gemiddelde en trendlijn.

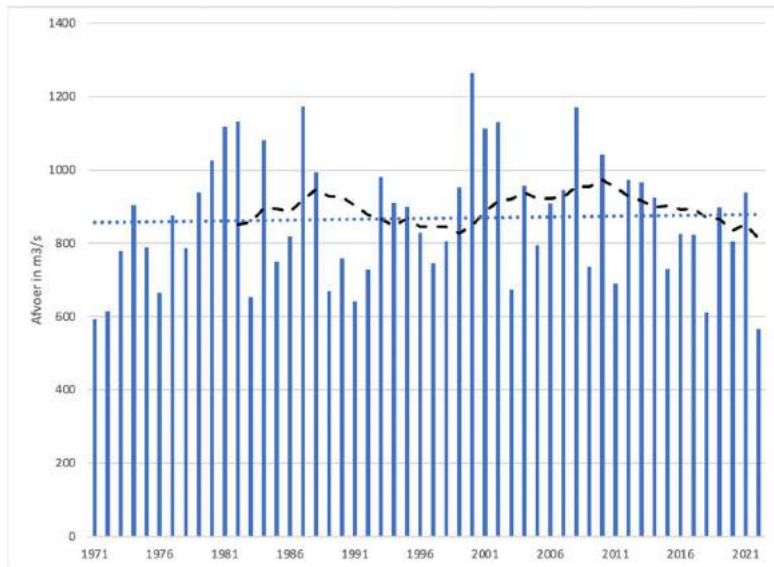
Niet alleen de hoogste afvoer maar ook het aantal dagen in het jaar met een hoge afvoer is de laatste jaren sterk verminderd. De frequentie van hoge dagafvoeren (zie Figuur C-3) boven de 4.000 m³/s bedraagt gemiddeld ongeveer 25 per jaar, waarvan 5 dagen de afvoer tot boven 6.000 m³/s uitstijgt. Dit zijn afvoeren waarbij het rivierwater de hele BRM vult en het zeewater buitengaats blijft. Bij afvoeren boven de 6.000 m³/s raakt ook de Voordelta met zoet tot brakwater gevuld. In de figuur valt een duidelijke tweedeling op, met een twee keer zo hoog gemiddelde in de '80- en '90-er jaren als in de laatste 20 jaar. De meeste extreme afvoeren (>8.000 m³/s) zijn alleen in 2011 nog opgetreden terwijl dat voor 2003 eens in de 2 tot 3 jaar gebeurde. Een mogelijke oorzaak is het steeds vaker ontbreken van sneeuw in de Middelgebergten, waardoor piekafvoeren, waar smeltwater altijd een belangrijk aandeel in vormt, minder vaak hoog oplopen.



Figuur C-3: Aantal dagen per jaar met een hoge tot zeer hoge rivierafvoer.

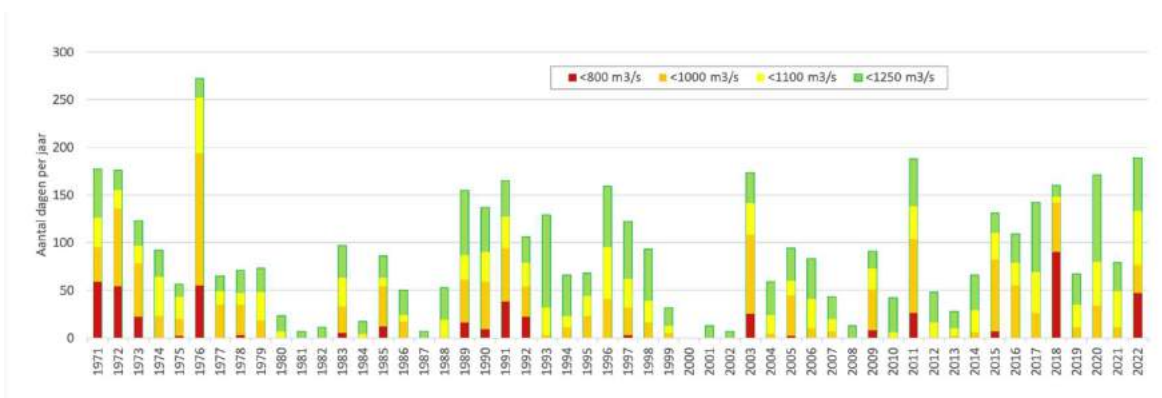
Lage afvoeren

Bij de laagste dagafvoer die jaarlijks de BRM bereikt is er geen duidelijke trend zichtbaar, ondanks de vaak langdurig lage afvoeren in de laatste 10 jaar (Figuur C-4). Vanwege de recente jaren met een lage afvoer is het 12-jarig gemiddelde de laatste tijd wel gedaald. Eerder in de meetreeks is dat echter ook al voorgekomen, zowel in de '70-er jaren als rond 1990. Het is vanwege deze schommelingen dat de trendlijn niet daalt, maar zelfs iets oploopt naar minder lage afvoeren.



Figuur C-4: Laagste dagaanvoer die via Waal, Lek en Maas samen de BRM bereikt sinds 1970 met 12-jarig gemiddelde en trendlijn

Ook uit de frequentie van lage tot zeer lage afvoeren (Figuur C-5) die de BRM bereiken blijkt geen duidelijke verandering en hier vallen ook de cycli op van perioden met heel weinig lage afvoeren, zoals van 1980 t/m 1982, 2000 t/m 2002 en 2012 t/m 2013. Daartussen zijn er dan perioden met een gemiddeld aantal en soms uitschieters naar een hoog aantal. Sinds 2105 is het aantal dagen weer duidelijk hoger, maar niet zo veel dat het sterk afwijkt van eerdere perioden.



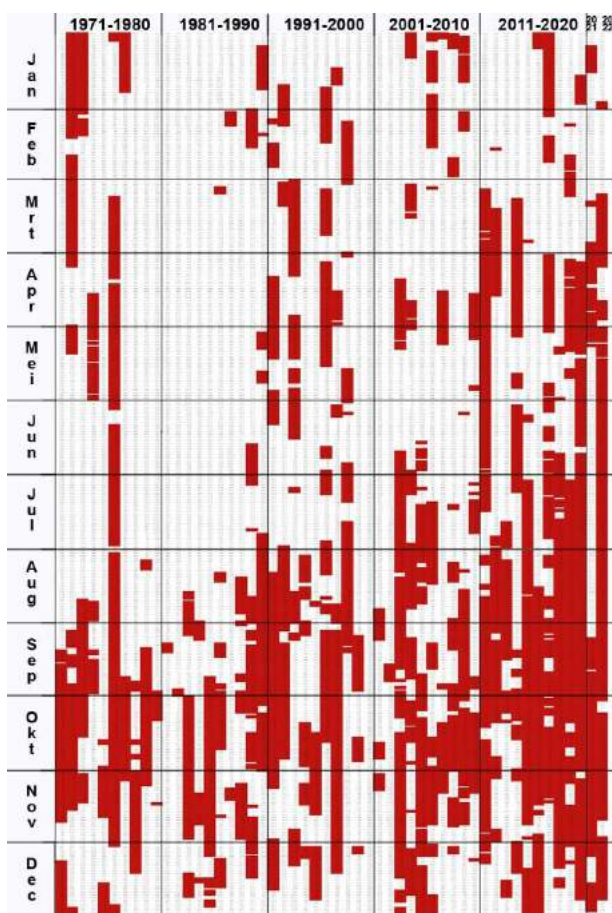
Figuur C-5: Aantal dagen per jaar dat een lage tot zeer lage rivierafvoer de BRM bereikt.

Lek steeds minder belangrijk voor de aanvoer van zoet water

De Lek is voert vanouds gemiddeld ca 19% van de Rijnafvoer af naar de BRM, maar dit percentage neemt de laatste decennia steeds verder af en de laatste 10 jaar voert de Lek vaak maandenlang helemaal geen water aan. Dit heeft consequenties voor de waterkwaliteit en met name de kans op verzilting van de Lek. De verminderde aanvoer van Rijnwater via de Lek hangt samen met het beheer van de stuw van Driel. Deze stuw is tegelijk met de Haringvlietdam in gebruik genomen als belangrijke ‘kraan’ waarmee het water over de Rijntakken kan worden verdeeld. Aanvankelijk werkte de stuw alleen bij perioden met een lage Bovenrijnafvoer en was sprake van een gedeeltelijke sluiting onder 1.600 m³/s en een volledige sluiting onder 1.300 m³/s. Inmiddels is het sluitregime steeds verder opgeschoven en sluit de stuw gedeeltelijk onder de 2.800 m³/s en geheel onder de 1.900 m³/s. Het aantal dagen met een gedeeltelijke of totale sluiting is daardoor sterk toegenomen, van 115 dagen per jaar naar 290. In Figuur C-6 zijn de dagen met rood gemarkeerd dat de stuw in werking is en hier is duidelijk de sterke toename zichtbaar, vooral sinds het jaar 2003.

Inmiddels is de gemiddelde afvoer van Neder-Rijn gedaald van ca 350 m³/s naar 250 m³/s en bereikt steeds minder zoetwater de BRM via deze noordelijke tak. In jaren met een lage gemiddelde Rijnafvoeren zoals 2022 bedraagt de gemiddelde afvoer van de Neder-Rijn zelfs nog maar 120 m³/s.

De hogere sluitfrequentie is het gevolg van het feit dat het stuwbeheer wordt bepaald door de waterstand bij Lobith. Vanwege de bodemdaling van de rivier treden deze waterstanden op bij steeds hogere rivierafvoeren en daarom sluit de stuw tegenwoordig bij steeds hogere rivierafvoeren. Omdat de bodemdaling voorlopig nog verder gaat, is het de verwachting dat de stuw steeds

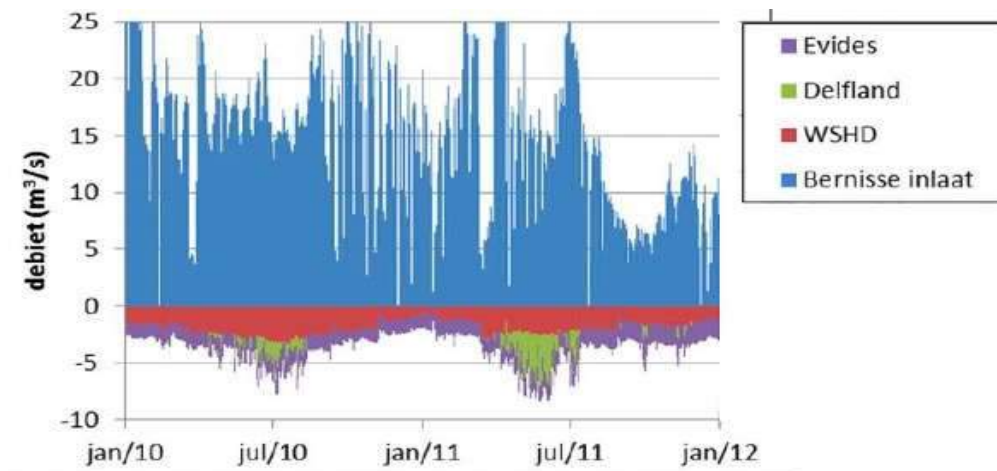


Figuur C-6: De dagen sinds 1971 dat de Lekafvoer wordt beperkt doordat de sluw bij Driel geheel of gedeeltelijk gesloten is.

Bijlage D Innamepunten voor het binnendijs gebied

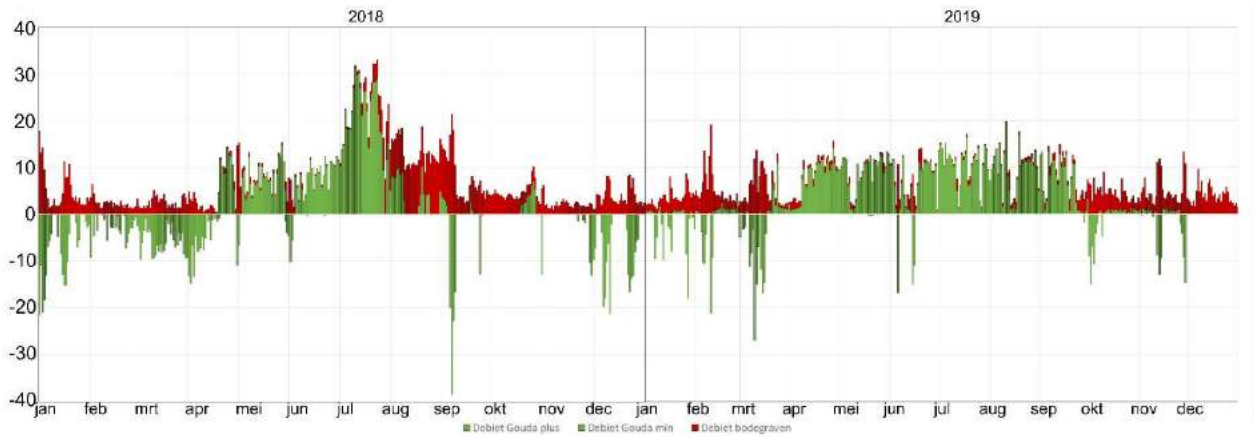
Functioneren van de innamepunten Bernisse en Gouda

In de BRM liggen tientallen innamepunten waar zoetwater vanuit het buitenwater naar binnendijs kan worden gevoerd. De twee grootste punten, samen goed voor ca 50%, zijn de Bernisse, die water onttrekt uit het Spui, en de Gouwe, die water ontvangt uit de Hollandsche IJssel. In Figuur D-1 en Figuur D-2 is afgebeeld hoe de onttrekking gedurende het jaar verloopt. Bij de Bernisse wordt gemiddeld over de dag wordt er ca 10 tot 15 m³/s ingelaten. Van het ingelaten water maken een aantal partijen gebruik; zo gaat er permanent ca 2 tot 2,5 m³/s naar waterschap Hollandsche delta voor het doorspoelen van Voorne-Putten en het watergebruik. Evides neemt ook jaarrond ca 1 tot 1,5 m³/s in, wat vooral gebruikt wordt door de bedrijven in de haven. Gedurende vooral droge perioden in de zomer wordt ook water geleverd aan Waterschap Delfland. Het gaat om maximaal 4 m³/s dat via een pijpleiding onder de Nieuwe Waterweg naar het gebied wordt gevoerd.



Figuur D-1: Waterbalans innamepunt Bernisse tijdens de periode 2010 en 2011 met in blauw de inname boven de nullijn en daaronder de watervraag van de 3 grootste afnemers.

Het innamepunt Gouda voorziet het hele Groene Hart van water en laat een duidelijk seizoen verloop zien. Waterbehoefte is er vrijwel alleen in het zomerhalfjaar als de verdamping groter is dan de neerslag die er valt. In 2018 en 2019 werd de inname gestart in april en was de waterbehoefte gemiddeld over de dag zo'n ca 10 m³/s. In perioden met grote droogte, zoals in juni en juli 2018 loopt dit op tot 20 en op enkele dagen 30 m³/s, wat de maximale capaciteit is. In 2019 kwam droogte niet voor en fluctueerde de inname vrijwel het hele zomerhalfjaar tussen 10 en 15 m³/s. In rood is ook de instroom van water afgebeeld die via de Oude Rijn bij Bodegraven het gebied instroomt. In de winter gaat het om overtollig regenwater dat samen met water uit het Groene Hart bij Gouda ook wordt uitgelaten op de Hollandsche IJssel. In de droge zomer van 2018 neemt de aanvoer vanaf Bodegraven plotseling toe tot ca 10 à 12 m³/s, terwijl de inname bij Gouda wordt afgeschaald. Gedurende deze periode was de Hollandsche IJssel verzilt en werd het Groene Hart via de KWA (Klimaatrobuuste Water Aanvoer) van zoet water voorzien. Begin september slaat het weer om en zijn er enkele zeer natte dagen. Het gemaal bij Gouda schakelt direct over op het weer uitmalen van het water.



Figuur D-2: Inname een uitlaten van water bij Gouda vanuit de Hollandsche IJssel gedurende jaar 2018 en 2019.

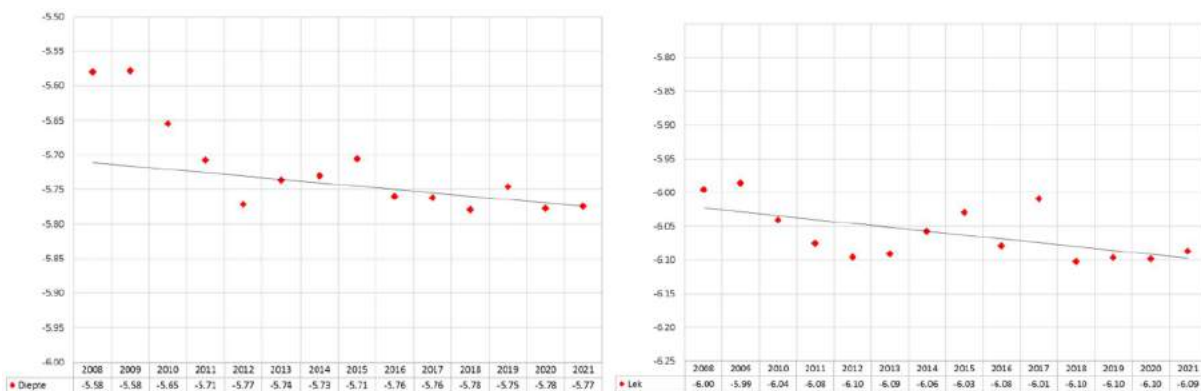
Bijlage E Trend in waterlopen per watergang

Noordelijke waterlopen

In de rivier de Lek is een licht eroderende trend te zien van ca. 0,6 cm / per jaar (Figuur E-1). Omdat de bodemligging ruim onder de nautisch gegarandeerde diepte ligt wordt hier beperkt gebaggerd, maar toch verklaard het baggerwerk in 2021 meer dan de helft van de erosietrend

In de Hollandse IJssel is in de periode 2010 – 2012 de vaarweg gebaggerd. Dit is te zien in een plotselinge afname van de bodemhoogte met 15 centimeter. De trendlijn is bepaald voor de periode vanaf 2012 en blijft licht eroderend. In de eerste kilometers, nabij Gouda is de aanzandende werking het grootst omdat het getij hier het minste invloed heeft. Hier wordt het meest gebaggerd om de gewenste vaardiepte te bereiken.

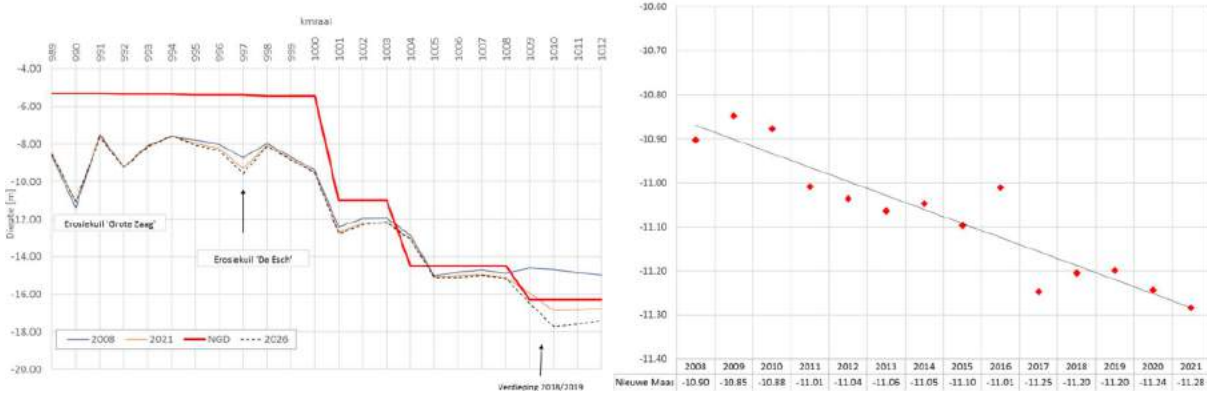
In 2021 is een afname van de bodemhoogte met 1,7 centimeter te verklaren door baggerwerkzaamheden in de vaargeul.



Figuur E-1: Trend bodemhoogte (m +NAP) van de rivieren Lek (links) en Hollandse IJssel (rechts). Bron: Jaarrapportage sedimentbalans Rijkswaterstaat WNZ (2021)

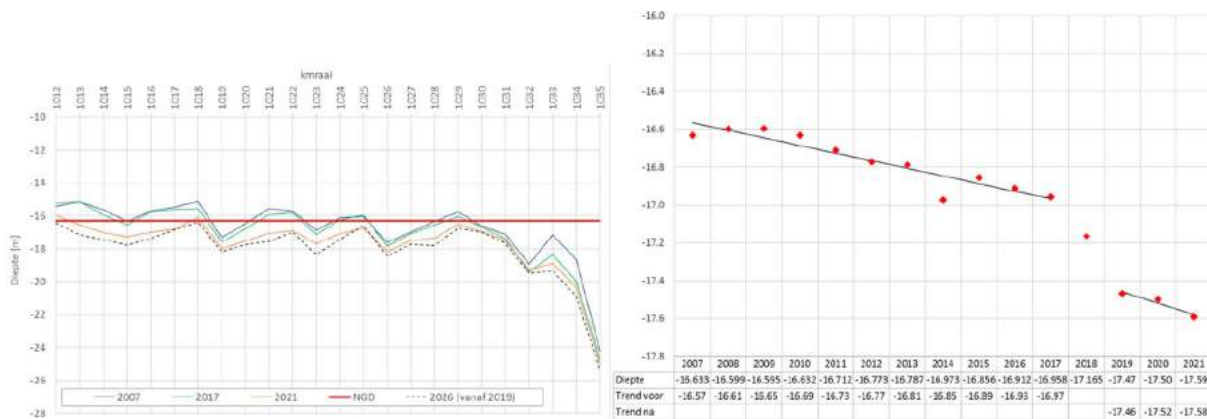
In de Nieuwe Maas is de bodemhoogte onderhevig aan een sterk eroderende trend van ca. 3 centimeter per jaar (Figuur E-2). Er zijn daarbij grote verschillen te zien binnen het lengteprofiel van de rivier. In het oostelijk deel van de Nieuwe Maas wordt de neergaande trend voornamelijk veroorzaakt door een verdieping van erosiekuil “De Esch”. Met uitzondering van deze kuil is de bodem van de Nieuwe Maas vanaf de Hollandse IJssel tot de Erasmusbrug bedekt met grind wat de bodemhoogte stabiel maakt. Het westen van de Nieuwe Maas is samen met de Nieuwe Waterweg in

2018 / 2019 verdiept wat de eroderende trend daar verklaart. Sinds de verdieping is veel onderhoud nodig om de diepte te garanderen. In 2021 kon een bodemdaling van maximaal 11,5 centimeter toegeschreven worden aan baggerwerkzaamheden in de vaargeul.



Figuur E-2: Trend bodemhoogte (m +NAP) in de Nieuwe Maas (links) en de trends in het lengteprofiel (rechts). Bron: Jaarrapportage sedimentbalans Rijkswaterstaat WNZ (2021)

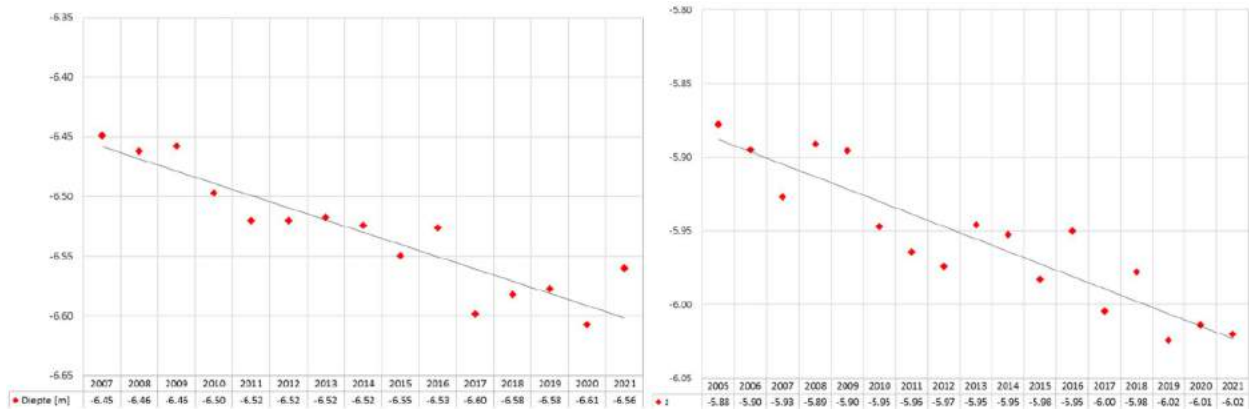
In de Nieuwe Waterweg is een trendlijn voor en na de verdieping in 2018 aangegeven. Beide zijn negatief wat de Nieuwe Waterweg een structureel eroderende rivier maakt met een gemiddelde bodemdaling van ca. 3,5 cm / jaar, exclusief de eenmalige verdieping (Figuur E-3). Het volume onderhoudsbaggerwerkzaamheden is sinds de verdieping in 2019 ongeveer verdubbeld⁴. De monding van de Nieuwe Waterweg (rkm 1032 – 1035) kent een erosieve trend die is toe te schrijven aan de nabijgelegen verdiepte Calandkanaal naar de Europoort (zie ook Figuur E-3). In 2021 was aan baggerwerkzaamheden in de vaargeul een maximale bodemdaling van 8,2 centimeter toe te schrijven.



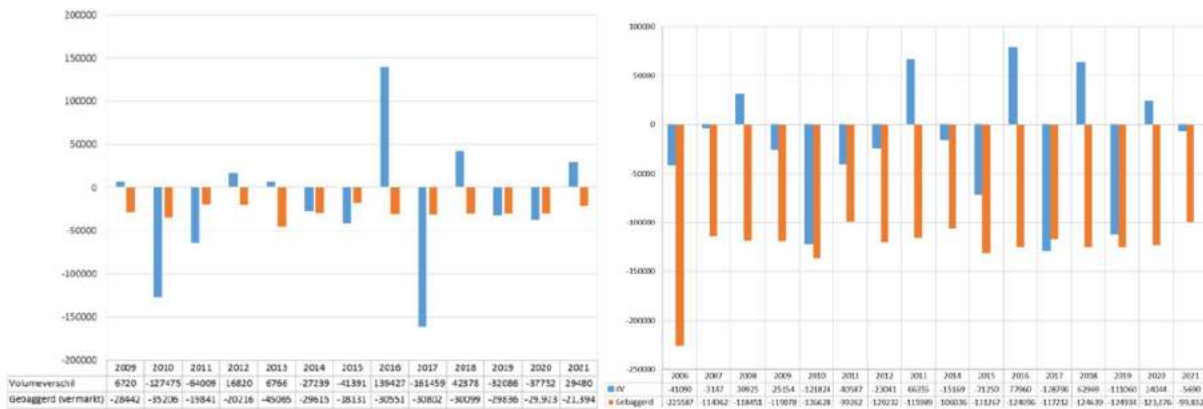
Figuur E-3: Trend bodemhoogte (m +NAP) in de Nieuwe Waterweg (links) en de trend in het lengteprofiel (rechts). Bron: Jaarrapportage sedimentbalans Rijkswaterstaat WNZ (2021)

Verbindende waterlopen

De eroderende trend voor de bodemhoogte is voor zowel de Boven Merwede (0,9 cm/ jaar) als de Beneden Merwede (0,8 cm/jaar) vergelijkbaar en in beide gevallen toe te schrijven aan de zandwinning voor commerciële doeleinden (Figuur E-4 en Figuur E-5). In beide rivierlopen wordt er gemiddeld jaarlijks meer zand onttrokken dan het riviersysteem aanvoert.



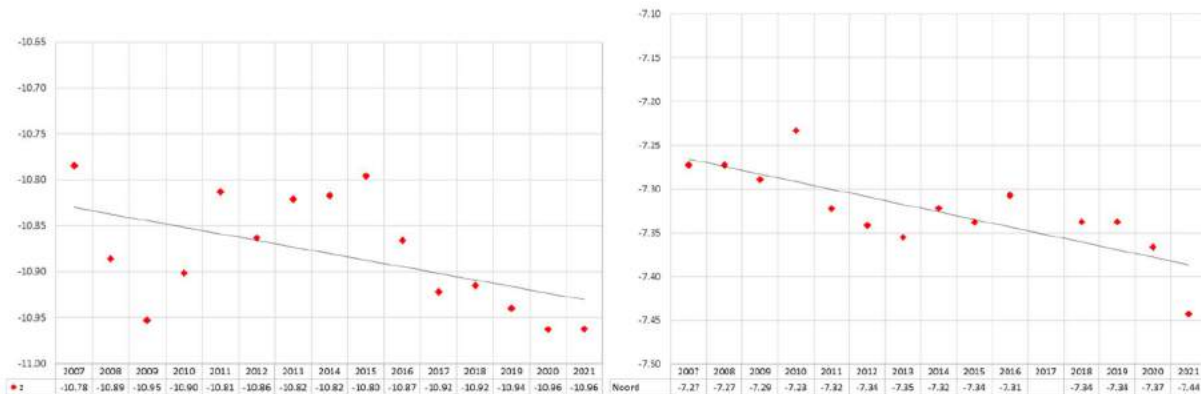
Figuur E-4: Trend bodemhoogte (m +NAP) in de Boven Merwede (links) en de Beneden Merwede (rechts). Bron: Jaarrapportage sedimentbalans Rijkswaterstaat WNZ (2021)



Figuur E-5: Trend in sedimentvolumes in de Boven Merwede (links) en Beneden Merwede (rechts). De blauwe staven geven het volumeverschil in sediment aan per jaar. De oranje staven laten de gewonnen hoeveelheid zand zien. Bron: Jaarrapportage sedimentbalans Rijkswaterstaat WNZ (2021)

De eroderende trend in de overige verbindende waterlopen is niet toe te schrijven aan zandwinning of nautisch onderhoud, maar aan de grotere rol van verbindende waterlopen in de afvoer van rivierwater en het verwerken van getijdenstromen als gevolg van het afsluiten van het Haringvliet.

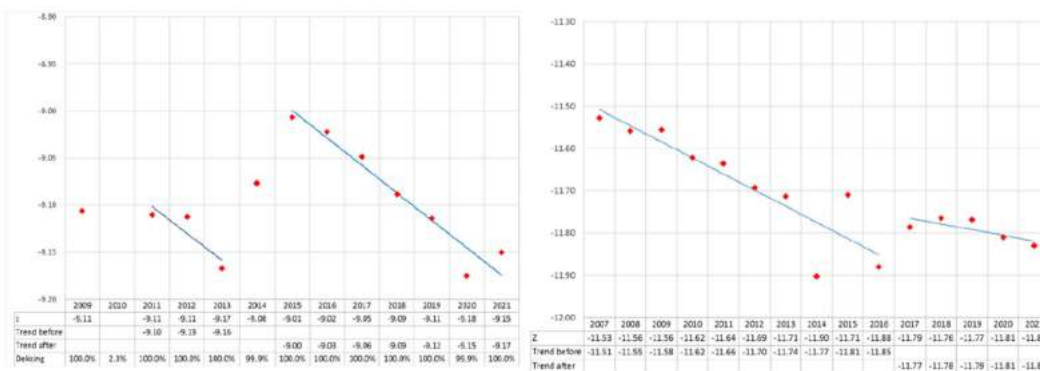
Voor de Noord bedraagt gemiddeld 1 centimeter per jaar en voor de Dortsche Kil gemiddeld 0,6 centimeter per jaar (Figuur E-6). In Noord is erosie voornamelijk te wijten aan erosiekuilen die groter worden. In de Dortsche Kil zijn er in 2010 en 2011 diverse oeverbestortingen uitgevoerd die ook in de vaarweg terecht zijn gekomen en die zorgde voor een tijdelijke stabilisatie van de erosie. Vanaf 2016 is er echter weer spraken van een eroderende trend door de grote debieten die door de Dortsche Kil worden afgevoerd.



Figuur E-6: Trend bodemhoogte (m +NAP) in de Noord (links) en de Dortsche Kil (rechts). Bron: Jaarrapportage sedimentbalans Rijkswaterstaat WNZ (2021)

De Oude Maas behoort tot één van de sterkst eroderende riviertakken met een gemiddelde verlaging van de bodemligging van 2,5 cm/jaar (Figuur E-7). Ook het Spui kent een sterke erosieve trend.

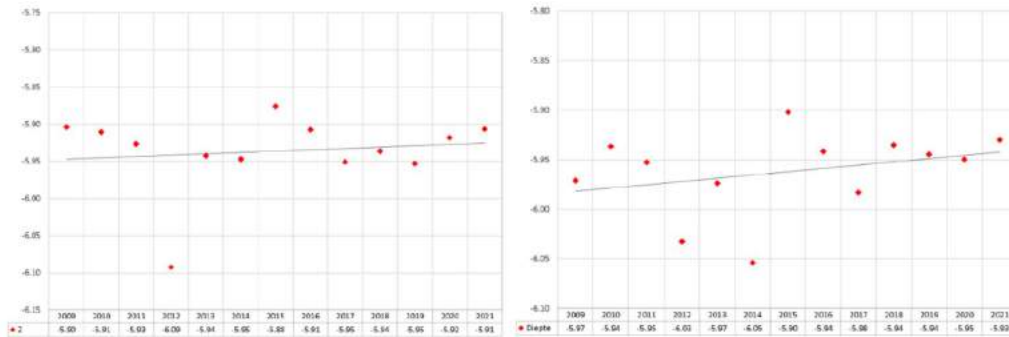
In de Oude Maas, ter hoogte van de aantakking met het Spui bevindt zich sinds 2005 een grote en sterk ontwikkelende erosiekuil. De zandige onderlaag onder de venig/kleilige holocene beschermlaag wordt blootgesteld aan de sterke rivierstroming en erodeert nu in grote mate steeds verder stroomopwaarts.



Figuur E-7: Trend bodemhoogte (m +NAP) in de Oude Maas (links) en het Spui (rechts). In de Oude Maas is in 2018 en 2019 gesuppleerd in een drietal putten. Dit heeft de eroderende trend doen verminderen. In het Spui heeft het bestorten van de oever in 2014 vooralsnog geen effect op de steilheid van de trendlijn. Bron: Jaarrapportage sedimentbalans Rijkswaterstaat WNZ (2021)

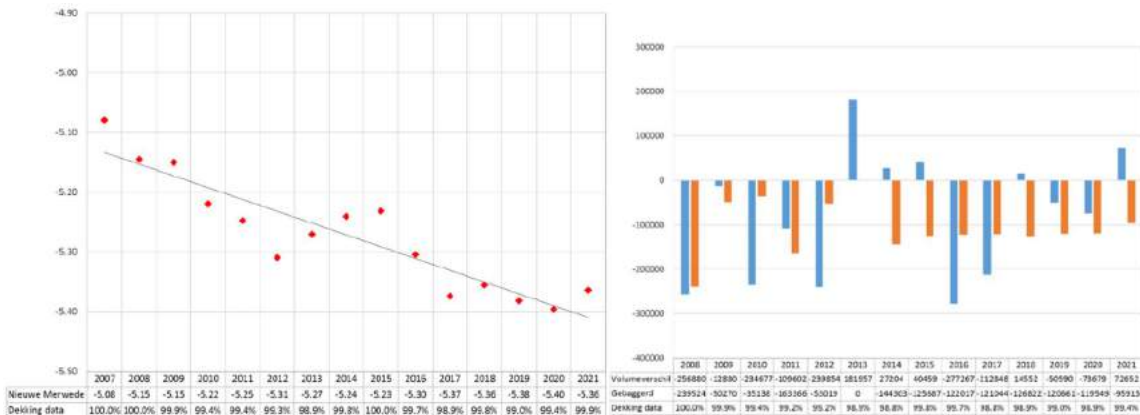
Zuidelijke waterlopen

Tegen de trend in hebben de Bergsche Maas en de Amer een stabiele bodemligging met een licht stijgende trend (Figuur E-8). Zandwinning en nautisch onderhoud hebben een beperkte invloed in deze riviertakken.



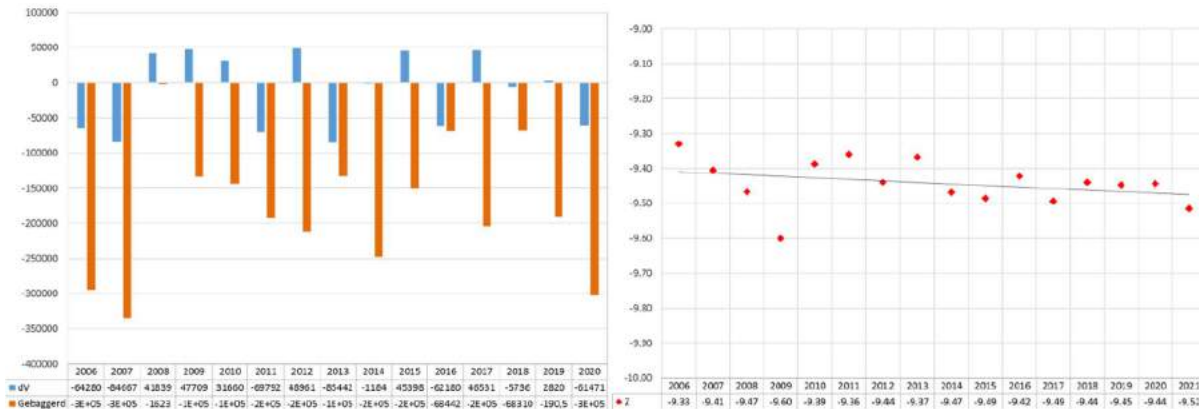
Figuur E-8: Trend bodemhoogte (m +NAP) in de Bergsche Maas (links) en de Amer (rechts). Bron: Jaarrapportage sedimentbalans Rijkswaterstaat WNZ (2021)

In de Nieuwe Merwede is sprake van een eroderende trend van 1,9 cm/jaar over de gehele riviertak. Deze houdt verband met de consistente zandwinningen die er plaats vinden (Figuur E-9). Voor 2021 is berekend dat de baggerwerkzaamheden een maximale bijdrage hadden aan de bodemdaling van de Nieuwe Merwede van 2,4 centimeter.



Figuur E-9: Trend bodemhoogte (m +NAP) in de Nieuwe Merwede (links) en de winning van zand in oranje (rechts). Bron: Jaarrapportage sedimentbalans Rijkswaterstaat WNZ (2021)

De oversteek Moerdijk in het Hollands Diep is kunstmatig verdiept en daarmee een slibvang voor sediment afkomstig uit de Nieuwe Merwede en de Bergsche Maas. De bodemhoogte wordt volledig bepaald door de baggerinspanning die wordt geleverd (Figuur E-10).



Figuur E-10: Trend bodemhoogte (m +NAP) in het Hollands Diep oversteek Moerdijk (links) en de onderhoudsinspanning per jaar in oranje (rechts) om de vaargeul op diepte te houden. Bron: Jaarrapportage sedimentbalans Rijkswaterstaat WNZ (2021)

De vaarroute in het Hollands Diep (exclusief de oversteek Moerdijk) is een trendlijn van 1 a 2 centimeter per jaar sedimentatie zichtbaar. Vooral meer westelijk in de diepe delen wordt sedimentatie gemeten (Figuur E-11).



Figuur E-11: Trend bodemhoogte (m +NAP) in de vaargeul in het Hollands Diep (links) en de trend in het lengteprofiel (rechts). Bron: Jaarrapportage sedimentbalans Rijkswaterstaat WNZ (2021)

Bijlage F KRW toestand analyse

Onderstaande tabellen en figuren zijn opgesteld met behulp van de .csv bestanden ‘Toetsresultaten biologie’ en ‘Toetsresultaten biologie, deelmaatlatten en indicatoren’, openbaar beschikbaar via KRW-oordelen Rijkswaterstaat (<https://waterinfo-extra.rws.nl/overige-links-0/internationale-rapportages/krw-oordelen-rijkswaterstaat/>).

Verdeeld over de vier kwaliteitselementen zijn er 54 deelmaatlatten en indicatoren. Velen hiervan zijn uitgedrukt in een genormaliseerde ecologische kwaliteit ratio (EKR) tussen 0-1. Deze deelmaatlatten en indicatoren zijn meegenomen in de analyse. Hierdoor vallen enkele indicatoren buiten beschouwing die alleen als niet-genormaliseerd numeriek datapunt beschikbaar zijn, zoals soortenaandelen, massafracties, lengtes en concentraties. Het gaat bijvoorbeeld om ‘Soortenaandeel - Macrofauna - familie Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera’, ‘concentratie - chlorofyl-a’ en ‘Massafractie - Visgroep - brasem en karper (BK)’.

Kort gezegd weerspiegelt een EKR van 1 het ideale ecologische scenario van dat kwaliteitselement in de natuurlijke situatie van het betreffende watertype (bijv. overgangswater). Bij een EKR van 1 is er dus sprake van een optimale soortenrijkdom met alle typerende soorten voor dat watertype en is er sprake van een goede diversiteit etc. Bij een EKR van 0 zijn de typerende soorten afwezig en is het slecht gesteld met het kwaliteitselement. Met de EKR tussen 0-1 kan dus snel en relatief eenvoudig een goed beeld worden verkregen van de staat van de kwaliteitselementen.

Om de toestand van een kwaliteitselement van een KRW-waterlichaam te classificeren wordt gebruik gemaakt van ondergrenzen voor de klassen ‘goed’, ‘ontoereikend’, ‘matig’ en ‘slecht’. De exacte grens kan per waterlichaam variëren a.d.h.v. keuzes van o.a. de waterbeheerder. Als de aard van een waterlichaam drastisch is aangetast door bijvoorbeeld dammen, bedijking en kanalisatie is een EKR van 1 onhaalbaar en worden de ondergrenzen van klassen vaak naar beneden aangepast. Dit zorgt er voor dat deze toestand klassen vooral iets zeggen over de toestand van het waterlichaam in relatie tot allerlei autonome invloeden en (politieke) keuzes. Als gevolg hiervan wordt niet gefocust op deze klassen maar ligt de focus bij de blanco EKR scores tussen 0 en 1.

Verder is niet ieder kwaliteitselement van toepassing in ieder KRW-watertype. In de KRW-waterlichamen binnen de BRM zijn de volgende kwaliteitselement van toepassing:

Tabel F-1: Kwaliteitselementen van toepassing per KRW-watertype binnen de Biesbosch Rijn-Maasmonding

KRW-waterlichaam	KRW-watertype	Fyto-plankton	Overige Water-flora	Macro-fauna	Vis
Noordelijke Deltakust	K1 kustwater, open en polyhalien	X		X	
Haringvliet-west	O2 Estuarium met matig getijverschil	X	X	X	X
Nieuwe waterweg	O2 Estuarium met matig getijverschil	X	X	X	X
Nieuwe Maas	O2 Estuarium met matig getijverschil	X	X	X	X
Oude Maas	R8 Zoet getijdewater (uitlopers rivier) op zand/klei		X	X	X
Hollandse IJssel	R8 Zoet getijdewater (uitlopers rivier) op zand/klei		X	X	X
Haringvliet-oost	R8 Zoet getijdewater (uitlopers rivier) op zand/klei		X	X	X
Boven- en Beneden Merwede	R8 Zoet getijdewater (uitlopers rivier) op zand/klei		X	X	X
Dordtse Biesbosch	R8 Zoet getijdewater (uitlopers rivier) op zand/klei		X	X	X
Brabantse Biesbosch	R8 Zoet getijdewater (uitlopers rivier) op zand/klei		X	X	X
Bergsche Maas	R8 Zoet getijdewater (uitlopers rivier) op zand/klei		X	X	X
Beneden Maas	R8 Zoet getijdewater (uitlopers rivier) op zand/klei		X	X	X
Bovenrijn, Waal	R7 Langzaam stromende rivier op zand/klei		X	X	X

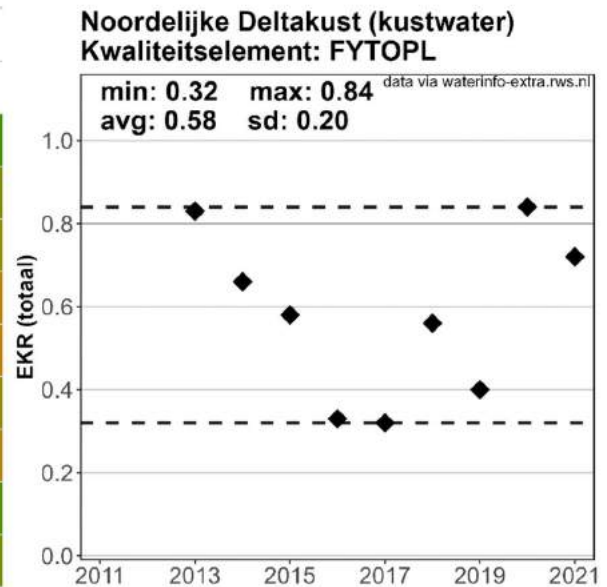
In onderstaande paragrafen wordt per kwaliteitselement voor ieder relevante KRW-waterlichaam detailinformatie weergegeven met betrekking tot de toestand over 2011 t/m 2021. Hierin is de EKR van 0-1 weergegeven in donker oranje (0) t/m donker groen (1) en alles daar tussen in. Aan het begin van iedere paragraaf wordt een overzichtsfiguur gegeven van de toestand van het kwaliteitselement i.r.t. de klassengrenzen. Daaruit blijkt ook eenvoudig welk waterlichaam waar ligt en of het kwaliteitselement in dat waterlichaam relevant is.

Fytoplankton

Noordelijke Deltakust

Tabel F-2: EKR scores van deelmaatlaten van kwaliteitselement fytoplankton in KRW-waterlichaam Noorderlijke Deltakust voor de jaren 2011 t/m 2021

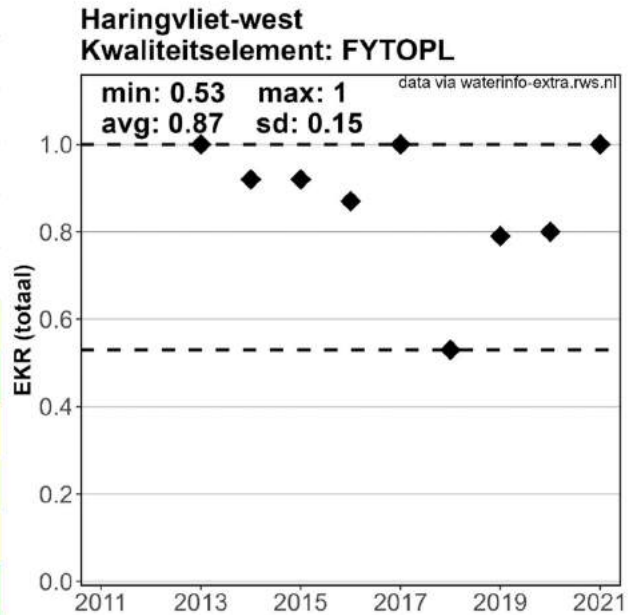
Noordelijke Deltakust				
Fytoplankton				
Jaar	EKRtotaal	abundantie	kwaliteit	chlorofyl-a
2011	NA	NA	NA	NA
2012	NA	NA	NA	NA
2013	0.83	0.893	0.893	0.893
2014	0.66	0.660	0.660	0.660
2015	0.58	0.582	0.582	0.582
2016	0.33	0.343	0.343	0.343
2017	0.32	0.319	0.319	0.319
2018	0.56	0.554	0.554	0.554
2019	0.40	0.403	0.403	0.403
2020	0.84	0.841	0.841	0.841
2021	0.72	0.720	0.720	0.720



Haringvliet-west

Tabel F-3: EKR scores van deelmaatlaten van kwaliteitselement fytoplankton in KRW-waterlichaam Haringvliet-west voor de jaren 2011 t/m 2021

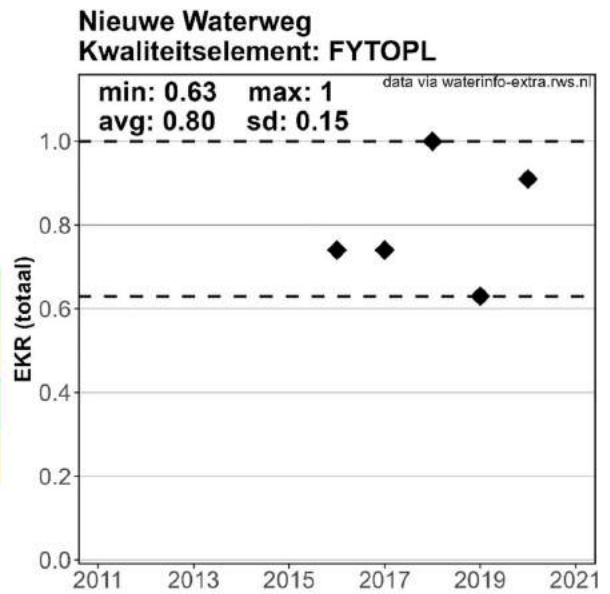
Haringvliet west				
Fytoplankton				
Jaar	EKRtotaal	abundantie	kwaliteit	chlorofyl-a
2011	NA	NA	NA	NA
2012	NA	NA	NA	NA
2013	1.00	NA	NA	NA
2014	0.92	NA	NA	NA
2015	0.92	NA	NA	NA
2016	0.87	0.760	0.760	0.760
2017	1.00	1.000	1.000	1.000
2018	0.53	0.529	0.529	0.529
2019	0.79	0.780	0.780	0.780
2020	0.80	0.644	0.644	0.644
2021	1.00	1.000	1.000	1.000



Nieuwe Waterweg

Tabel F-4: EKR scores van deelmaatlaten van kwaliteitselement fytoplankton in KRW-waterlichaam Nieuwe Waterweg voor de jaren 2011 t/m 2021

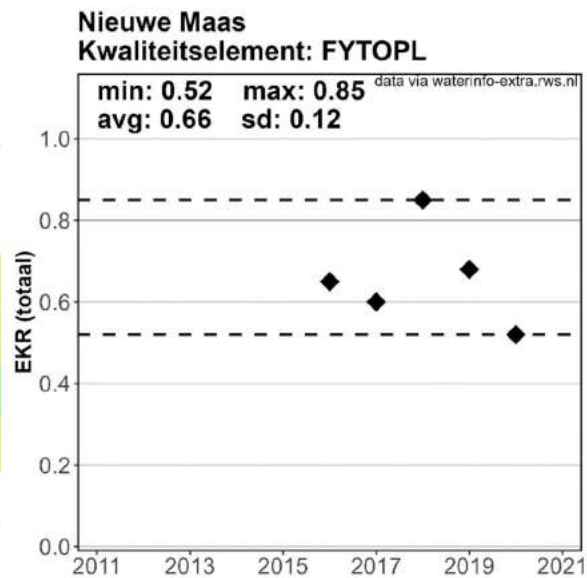
Nieuwe Waterweg				
Fytoplankton				
Jaar	EKRtotaal	abundantie	kwaliteit	chlorofyl-a
2011	NA	NA	NA	NA
2012	NA	NA	NA	NA
2013	NA	NA	NA	NA
2014	NA	NA	NA	NA
2015	NA	NA	NA	NA
2016	0.74	0.940	0.940	0.940
2017	0.74	0.743	0.743	0.743
2018	1.00	1.000	1.000	1.000
2019	0.63	0.627	0.627	0.627
2020	0.91	0.906	0.906	NA
2021	NA	NA	NA	NA



Nieuwe Maas

Tabel F-5: EKR scores van deelmaatlaten van kwaliteitselement fytoplankton in KRW-waterlichaam Nieuwe Maas voor de jaren 2011 t/m 2021

Nieuwe Maas				
Fytoplankton				
Jaar	EKRtotaal	abundantie	kwaliteit	chlorofyl-a
2011	NA	NA	NA	NA
2012	NA	NA	NA	NA
2013	NA	NA	NA	NA
2014	NA	NA	NA	NA
2015	NA	NA	NA	NA
2016	0.65	0.647	0.647	0.647
2017	0.60	0.598	0.598	0.598
2018	0.85	0.950	0.950	0.950
2019	0.68	0.680	0.680	0.680
2020	0.52	0.520	0.520	NA
2021	NA	NA	NA	NA



Overige Waterflora

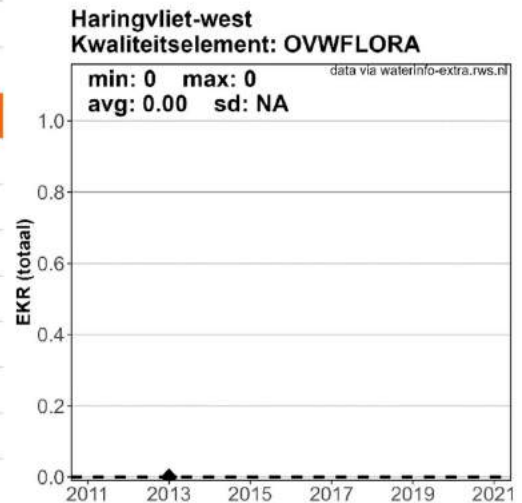
Toelichting afgekorte kolomnamen in onderstaande tabellen:

- Zgras-areaal: Zeegras areaal
- Zgras-soorten: Zeegras soorten
- Macrofyt-abund: Macrofyten abundantie
- Macrofyt-srtsamenst.: Macrofyten soortensamenstelling

Haringvliet-west

Tabel F-6: EKR scores van deelmaatlaten van kwaliteitselement Overige Waterflora in KRW-waterlichaam Haringvliet-west voor de jaren 2011 t/m 2021

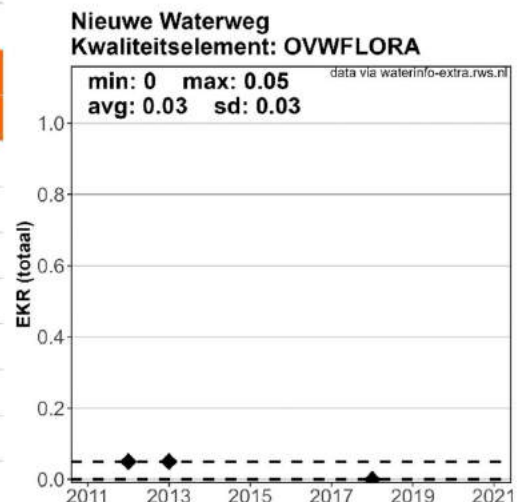
Haringvliet west						
Flora						
Jaar	EKRtotaal	kwaliteit	kwelder-areaal	kwelder-kwaliteit	zgras-areaal	zgras-soorten
2011	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2012	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2013	0	0	0	0	0	0
2014	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2015	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2016	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2017	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2018	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2019	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2020	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2021	NA	NA	NA	NA	NA	NA



Nieuwe Waterweg

Tabel F-7: EKR scores van deelmaatlaten van kwaliteitselement Overige waterflora in KRW-waterlichaam Nieuwe Waterweg voor de jaren 2011 t/m 2021

Nieuwe Waterweg						
Flora						
Jaar	EKRtotaal	kwaliteit	kwelder-areaal	kwelder-kwaliteit	zgras-areaal	zgras-soorten
2011	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2012	0.05	0.051	0.004	0.3	0	0
2013	0.05	0.051	0.004	0.3	0	0
2014	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2015	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2016	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2017	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2018	0.00	NA	NA	NA	NA	NA
2019	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2020	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2021	NA	NA	NA	NA	NA	NA



Nieuwe Maas

Tabel F-8: EKR scores van deelmaatlaten van kwaliteitselement Overige Waterflora in KRW-waterlichaam Nieuwe Maas voor de jaren 2011 t/m 2021

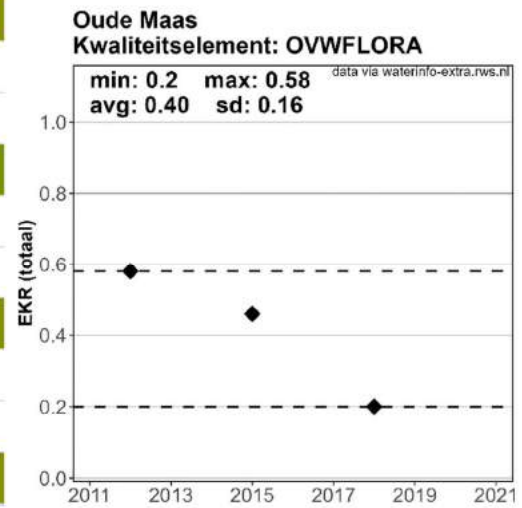
Nieuwe Maas						
Flora						
Jaar	EKRtotaal	kwaliteit	kwelder- areaal	kwelder- kwaliteit	zgras- areaal	zgras- soorten
2011	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2012	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2013	NA	0	0	0	0	0
2014	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2015	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2016	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2017	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2018	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2019	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2020	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2021	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Grafiek niet beschikbaar (geen EKR totaal)

Oude Maas

Tabel F-9: EKR scores van deelmaatlaten van kwaliteitselement Overige waterflora in KRW-waterlichaam Oude Maas voor de jaren 2011 t/m 2021

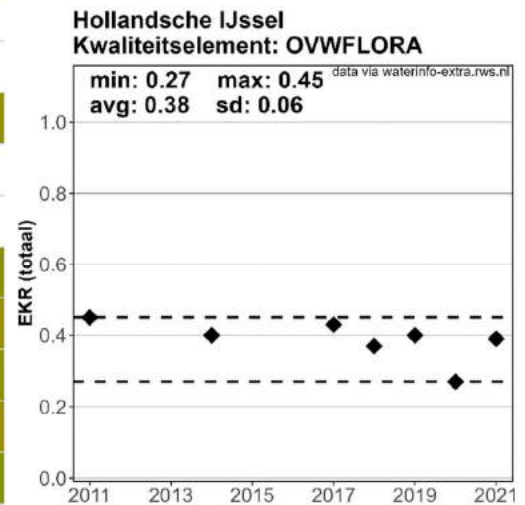
Oude Maas					
Flora					
Jaar	EKR totaal	kwaliteit	fytobenthos-kwaliteit	macrofytabund	macrofytsamenst.
2011	NA	NA	NA	NA	NA
2012	0.58	0.475	0.612	0.180	0.632
2013	NA	NA	NA	NA	NA
2014	NA	NA	NA	NA	NA
2015	0.46	0.520	0.646	0.197	0.716
2016	NA	NA	0.594	NA	NA
2017	NA	NA	0.619	NA	NA
2018	0.20	0.430	0.459	0.166	0.665
2019	NA	NA	0.630	NA	NA
2020	NA	NA	NA	NA	NA
2021	NA	0.440	0.630	0.040	0.650



Hollandse IJssel

Tabel F-10: EKR scores van deelmaatlaten van kwaliteitselement Overige waterflora in KRW-waterlichaam Hollandse IJssel voor de jaren 2011 t/m 2021

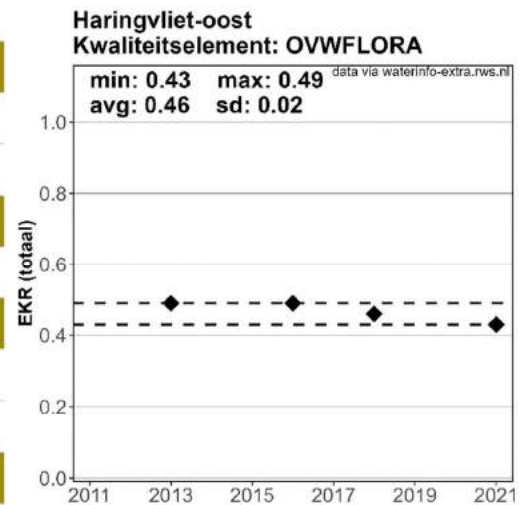
Hollandsche IJssel					
Flora					
Jaar	EKRtotaal	kwaliteit	fytobenthos-kwaliteit	macrofytabund	macrofytsamenst.
2011	0.45	0.453	0.558	0.252	0.549
2012	NA	NA	NA	NA	NA
2013	NA	NA	NA	NA	NA
2014	0.40	0.398	0.487	0.140	0.567
2015	NA	NA	0.488	NA	NA
2016	NA	NA	0.552	NA	NA
2017	0.43	0.424	0.538	0.110	0.623
2018	0.37	0.374	0.513	0.073	0.536
2019	0.40	0.399	0.568	0.041	0.588
2020	0.27	0.269	NA	0.004	0.533
2021	0.39	0.390	0.500	0.020	0.660



Haringvliet-oost

Tabel F-11: EKR scores van deelmaatlaten van kwaliteitselement Overige waterflora in KRW-waterlichaam Haringvliet-oost voor de jaren 2011 t/m 2021

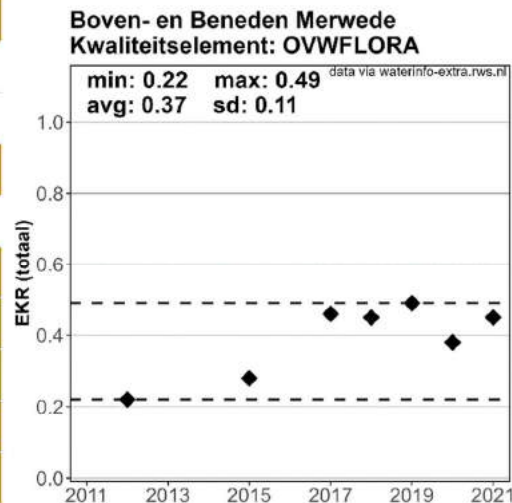
Haringvliet-oost					
Flora					
Jaar	EKRtotaal	kwaliteit	fytobenthos-kwaliteit	macrofytabund	macrofytsamenst.
2011	NA	NA	NA	NA	NA
2012	NA	NA	NA	NA	NA
2013	0.49	0.484	0.695	0.261	0.495
2014	NA	NA	NA	NA	NA
2015	NA	NA	0.716	NA	NA
2016	0.49	0.486	0.639	0.281	0.537
2017	NA	NA	0.635	NA	NA
2018	0.46	0.455	0.527	0.289	0.549
2019	NA	NA	0.571	NA	NA
2020	NA	NA	NA	NA	NA
2021	0.43	0.430	0.490	0.280	0.530



Boven- en Beneden Merwede

Tabel F-12: EKR scores van deelmaatlaten van kwaliteitselement Overige waterflora in KRW-waterlichaam Boven- en Beneden Merwede voor de jaren 2011 t/m 2021

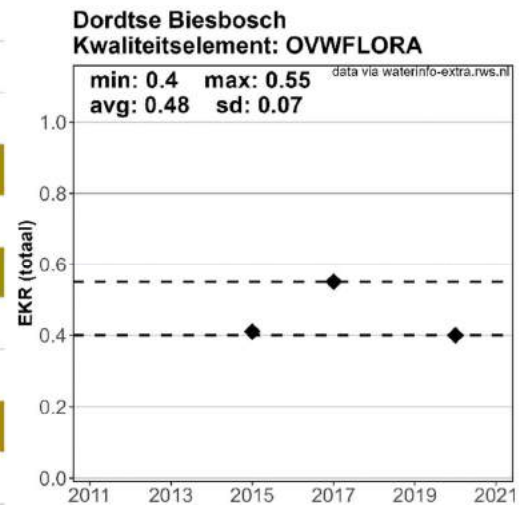
Boven- en Beneden Merwede					
Jaar	EKRTotaal	kwaliteit	Flora		
			fytobenthos-kwaliteit	macrofytabund	macrofytsamenst.
2011	NA	NA	NA	NA	NA
2012	0.22	0.245	NA	0.084	0.405
2013	NA	NA	NA	NA	NA
2014	NA	NA	NA	NA	NA
2015	0.28	0.259	NA	0.179	0.339
2016	NA	NA	0.711	NA	NA
2017	0.46	0.455	0.672	0.263	0.431
2018	0.45	0.450	0.595	0.274	0.482
2019	0.49	0.490	0.703	0.282	0.485
2020	0.38	0.382	NA	0.329	0.434
2021	0.45	0.450	0.610	0.310	0.440



Dordtse Biesbosch

Tabel F-13: EKR scores van deelmaatlaten van kwaliteitselement Overige waterflora in KRW-waterlichaam Dordtse Biesbosch voor de jaren 2011 t/m 2021

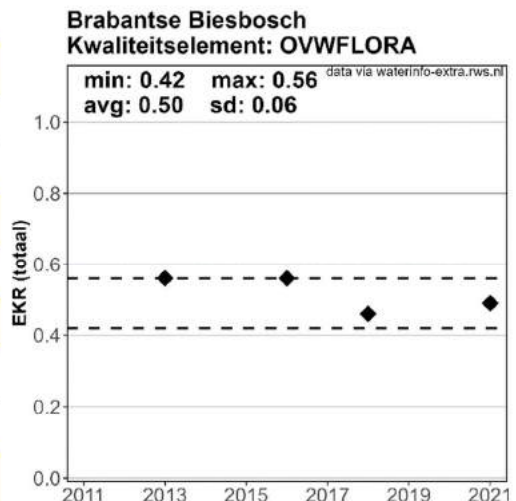
Dordtse Biesbosch					
Flora					
Jaar	EKR totaal	kwaliteit	fytobenthos-kwaliteit	macrofytabund	macrofytsamenst.
2011	NA	NA	NA	NA	NA
2012	NA	NA	NA	NA	NA
2013	NA	NA	NA	NA	NA
2014	NA	NA	NA	NA	NA
2015	0.41	0.406	NA	0.326	0.486
2016	NA	NA	0.684	NA	NA
2017	0.55	0.547	0.696	0.425	0.520
2018	NA	NA	0.474	NA	NA
2019	NA	NA	0.715	NA	NA
2020	0.40	0.397	NA	0.334	0.459
2021	NA	NA	NA	NA	NA



Brabantse Biesbosch

Tabel F-14: EKR scores van deelmaatlaten van kwaliteitselement Overige waterflora in KRW-waterlichaam Brabantse Biesbosch voor de jaren 2011 t/m 2021

Brabantse Biesbosch					
Jaar	EKRTotaal	Flora			
		kwaliteit	fytobenthos-kwaliteit	macrofytabund	macrofytsrtsamenst.
2011	NA	NA	NA	NA	NA
2012	NA	NA	NA	NA	NA
2013	0.56	0.561	0.738	0.334	0.612
2014	NA	NA	NA	NA	NA
2015	NA	NA	NA	NA	NA
2016	0.56	0.557	0.880	0.306	0.486
2017	NA	NA	0.634	NA	NA
2018	0.46	0.457	0.464	0.336	0.571
2019	NA	NA	0.603	NA	NA
2020	NA	NA	NA	NA	NA
2021	0.49	0.490	0.570	0.290	0.590



Bergsche Maas

Tabel F-15: EKR scores van deelmaatlaten van kwaliteitselement Overige waterflora in KRW-waterlichaam Bergsche Maas voor de jaren 2011 t/m 2021

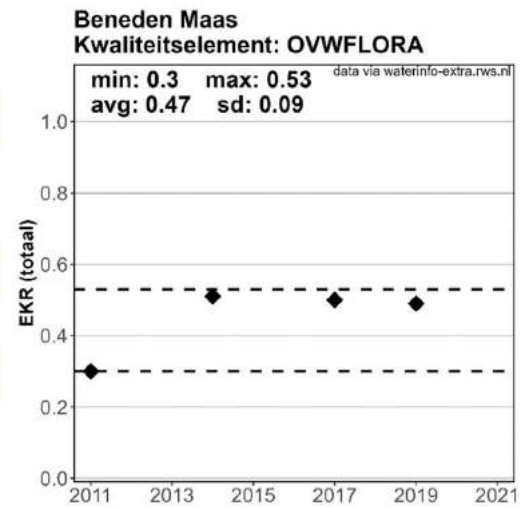
Bergsche Maas					
Flora					
Jaar	EKRtotaal	kwaliteit	fyto-benthos-kwaliteit	macrofy-abund	macrofy-srtsamenst.
2011	NA	0.559	NA	0.400	0.718
2012	NA	NA	NA	NA	NA
2013	NA	NA	NA	NA	NA
2014	NA	0.386	NA	0.200	0.572
2015	NA	NA	NA	NA	NA
2016	NA	NA	NA	NA	NA
2017	NA	NA	NA	NA	NA
2018	NA	0.576	NA	0.338	0.813
2019	NA	NA	NA	NA	NA
2020	NA	NA	NA	NA	NA
2021	NA	0.540	0.69	0.320	0.610

Grafiek niet beschikbaar (geen EKR totaal)

Beneden Maas

Tabel F-16: EKR scores van deelmaatlaten van kwaliteitselement Overige waterflora in KRW-waterlichaam Beneden Maas voor de jaren 2011 t/m 2021

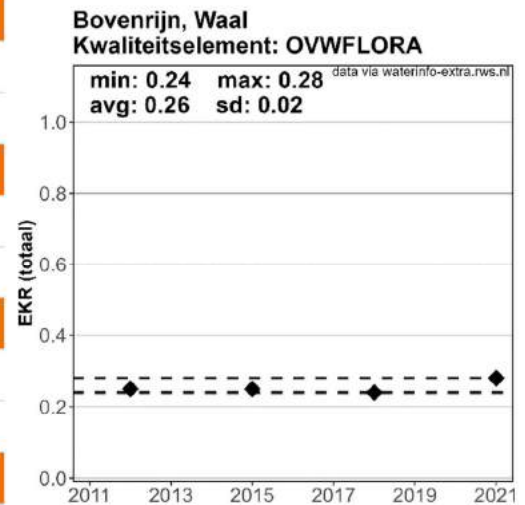
Beneden Maas					
Flora					
Jaar	EKR totaal	kwaliteit	fytobenthos-kwaliteit	macrofytabund	macrofytsamenst.
2011	0.30	0.437	0.694	0.352	0.266
2012	NA	NA	NA	NA	NA
2013	NA	NA	NA	NA	NA
2014	0.51	0.505	0.677	0.401	0.436
2015	NA	NA	0.669	NA	NA
2016	NA	NA	0.702	NA	NA
2017	0.50	0.510	0.676	0.430	0.423
2018	NA	NA	0.710	NA	NA
2019	0.49	0.500	0.680	0.326	0.494
2020	NA	NA	NA	NA	NA
2021	NA	NA	NA	NA	NA



Bovenrijn, Waal

Tabel F-17: EKR scores van deelmaatlaten van kwaliteitselement Overige waterflora in KRW-waterlichaam Bovenrijn, Waal voor de jaren 2011 t/m 2021

Bovenrijn, Waal					
Flora					
Jaar	EKRtotaal	kwaliteit	fytobenthos-kwaliteit	macrofytabund	macrofytsamenst.
2011	NA	NA	NA	NA	NA
2012	0.25	0.247	0.572	0.056	0.114
2013	NA	NA	NA	NA	NA
2014	NA	NA	NA	NA	NA
2015	0.25	0.248	0.685	0.008	0.051
2016	NA	NA	0.658	NA	NA
2017	NA	NA	0.670	NA	NA
2018	0.24	0.241	0.428	0.168	0.128
2019	NA	NA	0.630	NA	NA
2020	NA	NA	NA	NA	NA
2021	0.28	0.280	0.650	0.110	0.070

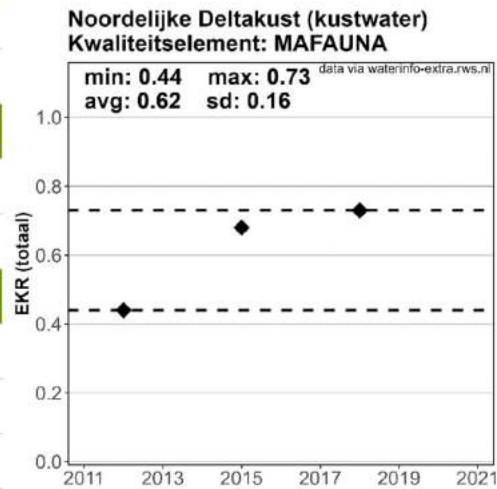


Macrofauna

Noordelijke Deltakust

Tabel F-18: EKR scores van deelmaatlaten van kwaliteitselement Macrofauna in KRW-waterlichaam Noordelijke Deltakust voor de jaren 2011 t/m 2021

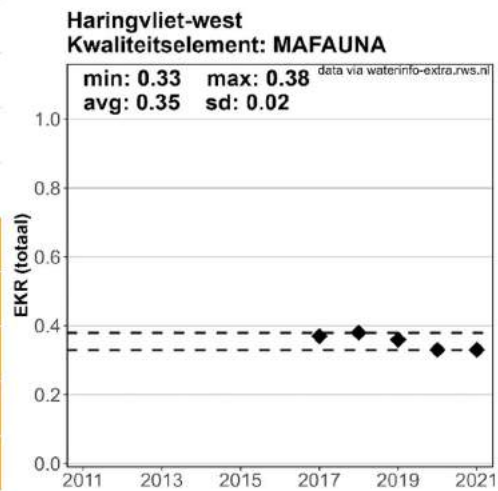
Noordelijke Deltakust		
Macrofauna		
Jaar	EKR totaal	kwaliteit
2011	NA	NA
2012	0.44	0.438
2013	NA	NA
2014	NA	NA
2015	0.68	0.684
2016	NA	NA
2017	NA	NA
2018	0.73	0.725
2019	NA	NA
2020	NA	NA
2021	NA	NA



Haringvliet-west

Tabel F-19: EKR scores van deelmaatlaten van kwaliteitselement Macrofauna in KRW-waterlichaam Haringvliet-west voor de jaren 2011 t/m 2021

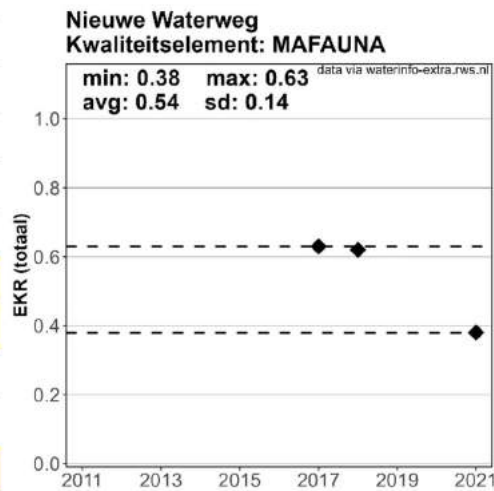
Haringvliet west		
Macrofauna		
Jaar	EKRtotaal	kwaliteit
2011	NA	NA
2012	NA	NA
2013	NA	NA
2014	NA	NA
2015	NA	NA
2016	NA	NA
2017	0.37	0.372
2018	0.38	0.381
2019	0.36	0.351
2020	0.33	0.321
2021	0.33	0.330



Nieuwe Waterweg

Tabel F-20: EKR scores van deelmaatfatten van kwaliteitselement Macrofauna in KRW-waterlichaam Nieuwe Waterweg voor de jaren 2011 t/m 2021

Nieuwe Waterweg		
Macrofauna		
Jaar	EKR totaal	kwaliteit
2011	NA	NA
2012	NA	NA
2013	NA	NA
2014	NA	NA
2015	NA	NA
2016	NA	NA
2017	0.63	0.628
2018	0.62	0.624
2019	NA	NA
2020	NA	NA
2021	0.38	0.380



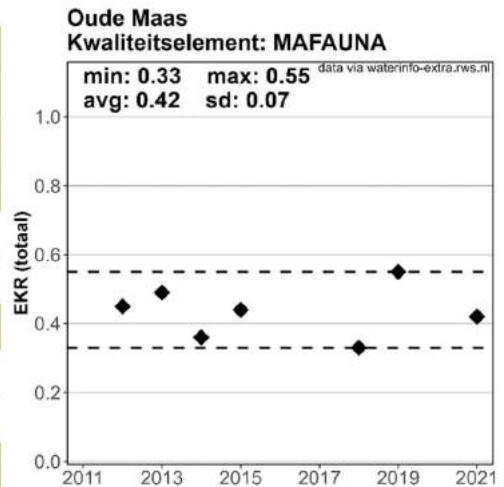
Nieuwe Maas

Data niet beschikbaar

Oude Maas

Tabel F-21: EKR scores van deelmaatlaten van kwaliteitselement Macrofauna in KRW-waterlichaam Oude Maas voor de jaren 2011 t/m 2021

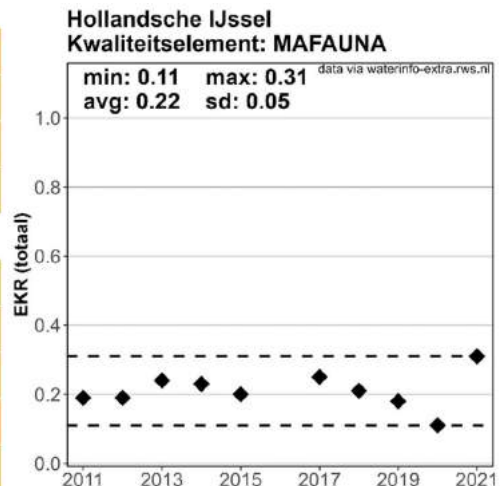
Oude Maas						
Macrofauna						
Jaar	EKRtotaal	kwaliteit	diversiteit	zoetwater-soorten	verstoring	sediment-vervuiling
2011	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2012	0.45	0.461	0.461	0.940	0.527	0.699
2013	0.49	0.498	0.505	0.952	0.514	0.684
2014	0.36	0.377	0.463	0.942	0.463	0.557
2015	0.44	0.450	0.518	0.949	0.450	0.734
2016	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2017	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2018	0.33	0.355	0.355	0.862	0.559	0.567
2019	0.55	0.500	0.500	0.965	NA	NA
2020	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2021	0.42	0.420	0.420	0.950	0.730	0.620



Hollandse IJssel

Tabel F-22: EKR scores van deelmaatlaten van kwaliteitselement Macrofauna in KRW-waterlichaam Hollandse IJssel voor de jaren 2011 t/m 2021

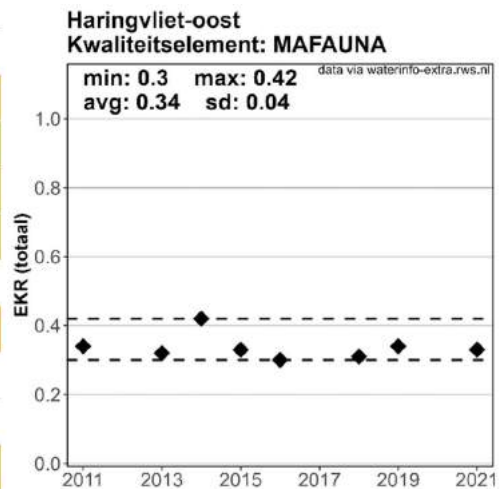
Hollandse IJssel						
Macrofauna						
Jaar	EKRtotaal	kwaliteit	diversiteit	zoetwater-soorten	verstoring	sediment-vervuiling
2011	0.19	NA	NA	NA	NA	NA
2012	0.19	0.193	0.193	0.901	0.595	0.295
2013	0.24	0.241	0.241	0.935	0.587	0.452
2014	0.23	0.233	0.233	0.907	0.662	0.380
2015	0.20	0.202	0.202	0.956	0.720	0.513
2016	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2017	0.25	0.241	0.241	0.886	0.691	0.544
2018	0.21	0.193	0.193	0.910	0.645	0.436
2019	0.18	0.197	0.197	0.886	0.733	0.315
2020	0.11	0.107	0.180	0.850	0.612	0.107
2021	0.31	0.310	0.310	0.990	0.760	0.480



Haringvliet-oost

Tabel F-23: EKR scores van deelmaatlaten van kwaliteitselement Macrofauna in KRW-waterlichaam Haringvliet-oost voor de jaren 2011 t/m 2021

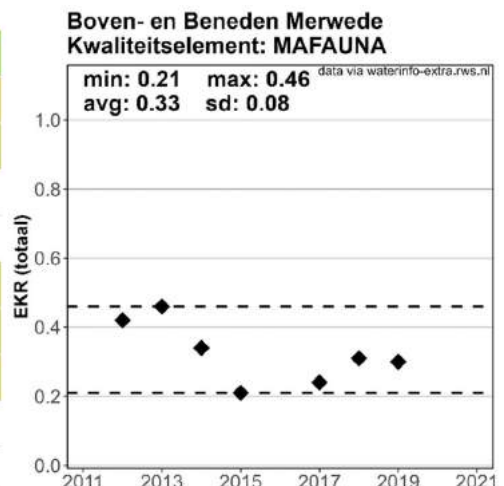
Haringvliet-oost						
Macrofauna						
Jaar	EKRtotaal	kwaliteit	diversiteit	zoetwater-soorten	verstoring	sediment-vervuiling
2011	0.34	NA	NA	NA	NA	NA
2012	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2013	0.32	0.319	0.365	0.985	0.533	0.401
2014	0.42	0.417	0.417	0.995	0.555	0.611
2015	0.33	0.317	0.317	0.996	0.580	0.514
2016	0.30	0.294	0.294	0.989	0.483	0.545
2017	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2018	0.31	0.298	0.321	0.984	0.547	0.303
2019	0.34	0.338	0.338	0.964	NA	NA
2020	NA	0.316	0.316	0.978	NA	NA
2021	0.33	0.330	0.330	0.980	0.500	0.520



Boven- en Beneden Merwede

Tabel F-24: EKR scores van deelmaatlaten van kwaliteitselement Macrofauna in KRW-waterlichaam Boven- en Beneden Merwede voor de jaren 2011 t/m 2021

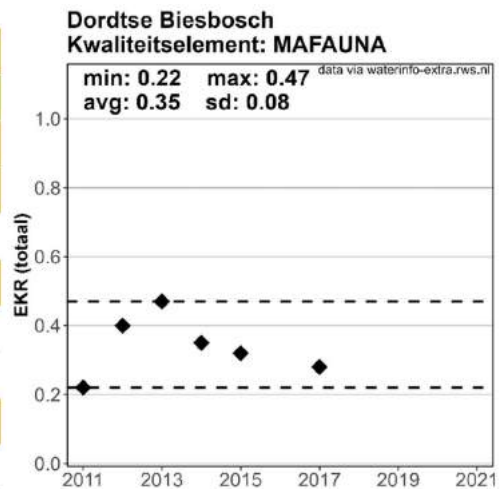
Boven- en Beneden Merwede						
Macrofauna						
Jaar	EKRtotaal	kwaliteit	diversiteit	zoetwater-soorten	verstoring	sediment-vervuiling
2011	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2012	0.42	0.421	0.421	0.996	0.715	0.825
2013	0.46	0.487	0.487	0.975	0.689	0.521
2014	0.34	0.355	0.355	0.996	0.773	0.660
2015	0.21	0.237	0.237	0.998	NA	NA
2016	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2017	0.24	0.237	0.237	0.981	0.609	0.623
2018	0.31	0.299	0.299	0.988	0.529	0.686
2019	0.30	0.303	0.303	0.963	0.657	0.609
2020	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2021	NA	NA	NA	NA	NA	NA



Dordtse Biesbosch

Tabel F-25: EKR scores van deelmaatlaten van kwaliteitselement Macrofauna in KRW-waterlichaam Dordtse Biesbosch voor de jaren 2011 t/m 2021

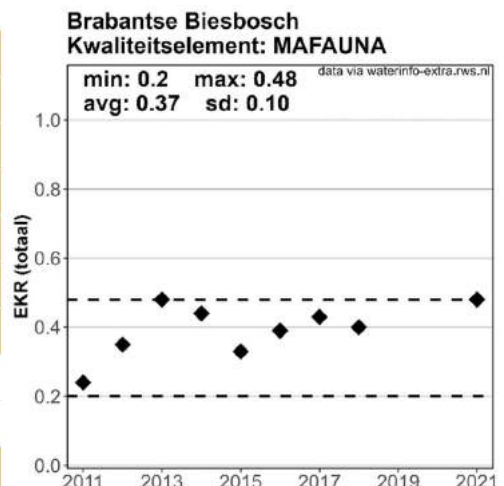
Dordtse Biesbosch						
Macrofauna						
Jaar	EKRtotaal	kwaliteit	diversiteit	zoetwater-soorten	verstoring	sediment-vervuiling
2011	0.22	NA	NA	NA	NA	NA
2012	0.40	0.418	0.521	0.969	0.559	0.489
2013	0.47	0.472	0.532	0.977	0.472	0.639
2014	0.35	0.343	0.441	0.970	0.451	0.379
2015	0.32	0.326	0.576	0.993	0.344	0.461
2016	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2017	0.28	0.310	0.511	0.967	0.400	0.405
2018	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2019	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2020	NA	0.348	0.647	0.986	0.520	0.420
2021	NA	NA	NA	NA	NA	NA



Brabantse Biesbosch

Tabel F-26: EKR scores van deelmaatlaten van kwaliteitselement Macrofauna in KRW-waterlichaam Brabantse Biesbosch voor de jaren 2011 t/m 2021

Brabantse Biesbosch						
Macrofauna						
Jaar	EKRtotaal	kwaliteit	diversiteit	zoetwater-soorten	verstoring	sediment-vervuiling
2011	0.24	NA	NA	NA	NA	NA
2012	0.35	0.368	0.680	0.986	0.629	0.368
2013	0.48	0.480	0.583	0.991	0.756	0.480
2014	0.44	0.497	0.667	0.965	0.591	0.497
2015	0.33	0.327	0.612	0.979	0.662	0.327
2016	0.39	0.385	0.638	0.964	0.674	0.385
2017	0.43	0.438	0.438	0.949	0.583	0.440
2018	0.40	0.414	0.662	0.982	0.688	0.418
2019	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2020	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2021	0.48	0.480	0.610	0.990	0.720	0.480



Bergsche Maas

Tabel F-27: EKR scores van deelmaatlaten van kwaliteitselement Macrofauna in KRW-waterlichaam Bergsche Maas voor de jaren 2011 t/m 2021

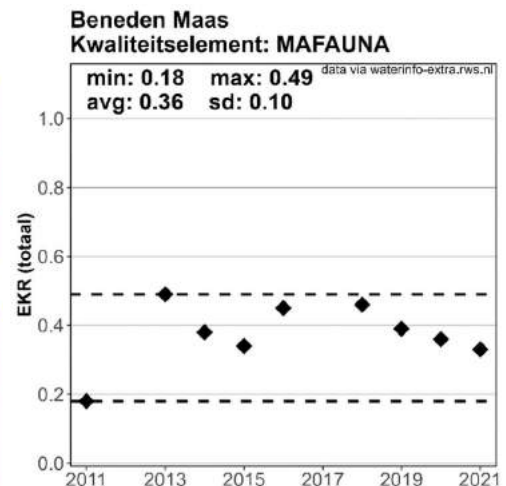
Bergsche Maas						
Macrofauna						
Jaar	EKRtotaal	kwaliteit	diversiteit	zoetwater-soorten	verstoring	sediment-vervuiling
2011	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2012	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2013	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2014	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2015	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2016	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2017	NA	0.25	0.25	0.997	NA	NA
2018	NA	0.28	0.28	0.999	0.683	0.82
2019	NA	0.25	0.25	1.000	NA	NA
2020	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2021	NA	0.31	0.31	1.000	0.700	0.76

Grafiek niet beschikbaar (geen EKR totaal)

Beneden Maas

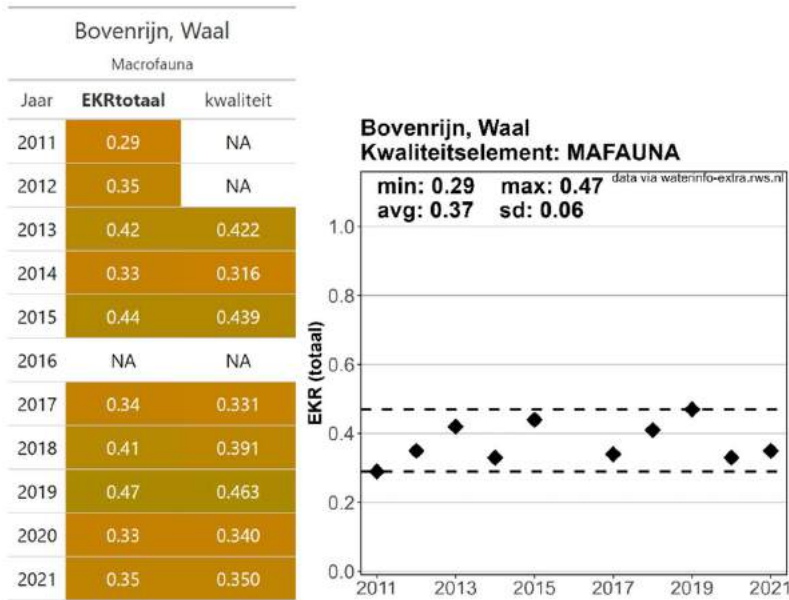
Tabel F-28: EKR scores van deelmaatlaten van kwaliteitselement Macrofauna in KRW-waterlichaam Beneden Maas voor de jaren 2011 t/m 2021

Beneden Maas						
Macrofauna						
Jaar	EKRtotaal	kwaliteit	diversiteit	zoetwater-soorten	verstoring	sediment-vervuiling
2011	0.18	NA	NA	NA	NA	NA
2012	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2013	0.49	0.490	0.557	0.996	0.576	0.621
2014	0.38	0.333	0.333	0.987	0.495	0.518
2015	0.34	0.329	0.452	0.996	0.502	0.410
2016	0.45	0.434	0.434	0.981	0.770	0.461
2017	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2018	0.46	0.434	0.434	0.984	0.658	0.494
2019	0.39	0.385	0.392	0.993	0.806	0.385
2020	0.36	0.385	0.385	0.986	0.837	0.502
2021	0.33	0.330	0.330	0.970	0.680	0.430



Bovenrijn, Waal

Tabel F-29: EKR scores van deelmaatlaten van kwaliteitselement Macrofauna in KRW-waterlichaam Bovenrijn, Waal voor de jaren 2011 t/m 2021



Vis

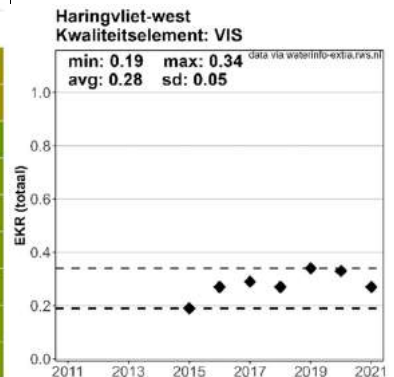
Toelichting afgekorte kolomnamen in onderstaande tabellen:

- Srtsamenst: soortensamenstelling
- SR Dia Zout: Soortenrijkdom Visgilde - diadrome soort zoute wateren
- SR Estu Res: Soortenrijkdom Visgilde - estuarien residente soort
- SR Mar Juv: Soortenrijkdom Visgilde - mariene juveniel
- SR Mar Seiz: Soortenrijkdom Visgilde - mariene seizoensgast
- SR Zoet: Soortenrijkdom Visgilde - zoetwater soort
- SR Limno: Soortenrijkdom Visgilde - limnofiele soort (limno = stilstaand water met rijke beplanting)
- SR Rheo: Soortenrijkdom Visgilde - rheofiele soort (rheo = stromend water)
- SA Limno: Soortenaandeel Visgilde - limnofiele soort
- SA Rheo: Soortenaandeel Visgilde - rheofiele soort

Haringvliet-west

Tabel F-30: EKR scores van deelmaatlatten van kwaliteitselement Vis in KRW-waterlichaam Haringvliet-west voor de jaren 2011 t/m 2021

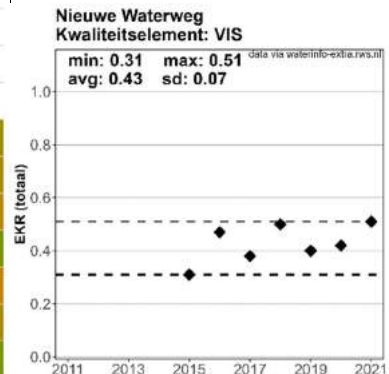
Haringvliet west									
Vis									
Jaar	EKRtotaal	kwaliteit	abundantie	srtsamenst.	SR Dia Zout	SR Estu Res	SR Mar Juv	SR Mar seiz	SR zoet
2011	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2012	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2013	NA	0.112	0.066	0.157	0.167	0.071	NA	NA	0.545
2014	NA	0.190	0.149	0.230	0.250	0.214	NA	0.143	0.545
2015	0.19	0.227	0.081	0.373	0.833	0.071	NA	0.143	0.818
2016	0.27	0.270	0.154	0.385	0.750	0.071	0.091	0.286	0.727
2017	0.29	0.265	0.145	0.385	0.750	0.214	0.091	0.143	0.727
2018	0.27	0.252	0.210	0.294	0.583	0.071	0.091	NA	0.727
2019	0.34	0.349	0.241	0.456	0.667	0.286	0.455	0.143	0.727
2020	0.33	0.315	0.236	0.393	0.750	0.214	0.273	NA	0.727
2021	0.27	0.270	0.200	0.340	0.670	0.140	0.180	NA	0.730



Nieuwe Waterweg

Tabel F-31: EKR scores van deelmaatlaten van kwaliteitselement Vis in KRW-waterlichaam Nieuwe Waterweg voor de jaren 2011 t/m 2021

Nieuwe Waterweg									
Vis									
Jaar	EKRtotaal	kwaliteit	abundantie	srt samenst.	SR Dia Zout	SR Estu Res	SR Mar Juv	SR Mar seiz	SR zoet
2011	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2012	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2013	NA	0.352	0.287	0.417	0.500	0.571	0.727	0.286	NA
2014	NA	0.296	0.206	0.385	0.250	0.571	0.818	0.286	NA
2015	0.31	0.376	0.140	0.612	0.750	0.571	0.909	0.286	0.545
2016	0.47	0.436	0.256	0.616	0.500	0.500	0.909	0.714	0.455
2017	0.38	0.424	0.205	0.643	0.583	0.786	0.909	0.571	0.364
2018	0.50	0.498	0.250	0.746	0.667	0.857	0.909	0.571	0.727
2019	0.40	0.426	0.273	0.578	0.583	0.643	0.818	0.571	0.273
2020	0.42	0.424	0.247	0.600	0.583	0.571	0.818	0.571	0.455
2021	0.51	0.510	0.290	0.720	0.750	0.570	1.000	0.570	0.730



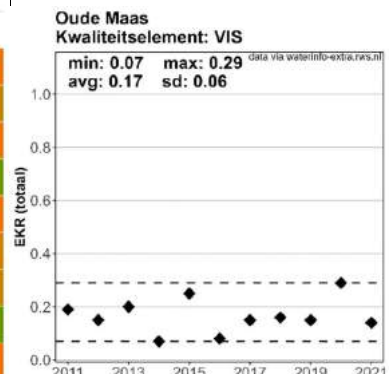
Nieuwe Maas

Data niet beschikbaar

Oude Maas

Tabel F-32: EKR scores van deelmaatlaten van kwaliteitselement Vis in KRW-waterlichaam Oude Maas voor de jaren 2011 t/m 2021

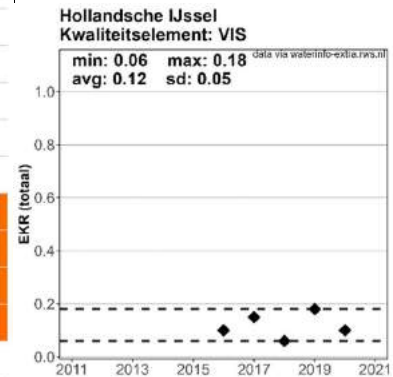
Oude Maas									
Vis									
Jaar	EKRtotaal	kwaliteit	abundantie	srt samenst.	SR Dia Riv	SR Limno	SR Rheo	SA Limno	SA Rheo
2011	0.19	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2012	0.15	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2013	0.20	0.146	0.059	0.233	0.1	0.5	0.1	0.004	0.114
2014	0.07	0.203	0.172	0.233	0.3	0.3	0.1	0.004	0.339
2015	0.25	0.071	0.042	0.100	0.1	0.1	0.1	0.000	0.083
2016	0.08	0.246	0.392	0.100	0.1	0.1	0.1	0.000	0.784
2017	0.15	0.080	0.059	0.100	0.1	0.1	0.1	0.000	0.118
2018	0.16	0.152	0.136	0.167	0.1	0.3	0.1	0.016	0.255
2019	0.15	0.160	0.153	0.167	0.1	0.3	0.1	0.004	0.302
2020	0.29	0.288	0.408	0.167	0.1	0.3	0.1	0.002	0.814
2021	0.14	0.140	0.040	0.230	0.3	0.3	0.1	0.020	0.070



Hollandse IJssel

Tabel F-33: EKR scores van deelmaatlaten van kwaliteitselement Vis in KRW-waterlichaam Hollandse IJssel voor de jaren 2011 t/m 2021

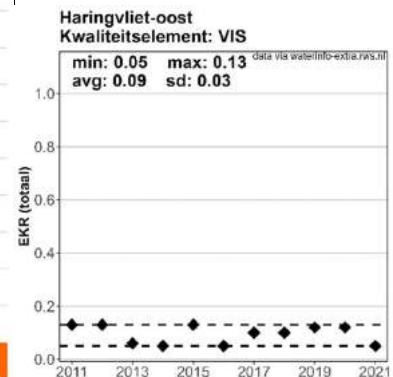
Hollandse IJssel									
Vis									
Jaar	EKRtotaal	kwaliteit	abundantie	srttsamenst.	SR Dia Riv	SR Limno	SR Rheo	SA Limno	SA Rheo
2011	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2012	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2013	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2014	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2015	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2016	0.10	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2017	0.15	0.098	0.029	0.167	0.1	0.3	0.1	0.006	0.052
2018	0.06	0.145	0.056	0.233	0.1	0.5	0.1	0.058	0.053
2019	0.18	0.061	0.021	0.100	0.1	0.1	0.1	0.000	0.041
2020	0.10	0.095	0.022	0.167	0.1	0.3	0.1	0.036	0.007
2021	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA



Haringvliet-oost

Tabel F-34: EKR scores van deelmaatlaten van kwaliteitselement Vis in KRW-waterlichaam Haringvliet-oost voor de jaren 2011 t/m 2021

Haringvliet-oost									
Vis									
Jaar	EKRtotaal	kwaliteit	abundantie	srttsamenst.	SR Dia Riv	SR Limno	SR Rheo	SA Limno	SA Rheo
2011	0.13	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2012	0.13	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2013	0.06	0.129	0.025	0.233	0.1	0.5	0.1	NA	NA
2014	0.05	0.059	0.017	0.100	0.1	0.1	0.1	NA	NA
2015	0.13	0.054	0.008	0.100	0.1	0.1	0.1	NA	NA
2016	0.05	0.126	0.018	0.233	0.1	0.5	0.1	NA	NA
2017	0.10	0.053	0.005	0.100	0.1	0.1	0.1	NA	NA
2018	0.10	0.098	0.029	0.167	0.1	0.3	0.1	NA	NA
2019	0.12	0.098	0.028	0.167	0.1	0.3	0.1	NA	NA
2020	0.12	0.120	0.006	0.233	0.1	0.5	0.1	NA	NA
2021	0.05	0.050	0.000	0.100	0.1	0.1	0.1	0	0



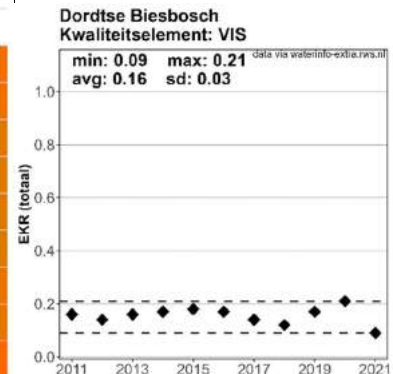
Boven- en Beneden Merwede

Data niet beschikbaar

Dordtse Biesbosch

Tabel F-35: EKR scores van deelmaatlaten van kwaliteitselement Vis in KRW-waterlichaam Dordtse Biesbosch voor de jaren 2011 t/m 2021

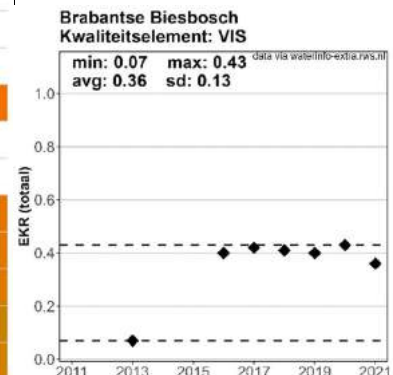
Dordtse Biesbosch									
Vis									
Jaar	EKRtotaal	kwaliteit	abundantie	srttsamenst.	SR Dia Riv	SR Limno	SR Rheo	SA Limno	SA Rheo
2011	0.16	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2012	0.14	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2013	0.16	0.139	0.044	0.233	0.1	0.5	0.1	0.012	0.076
2014	0.17	0.158	0.083	0.233	0.1	0.5	0.1	0.070	0.096
2015	0.18	0.167	0.100	0.233	0.1	0.5	0.1	0.004	0.195
2016	0.17	0.178	0.122	0.233	0.1	0.5	0.1	0.036	0.208
2017	0.14	0.170	0.107	0.233	0.1	0.5	0.1	0.006	0.208
2018	0.12	0.144	0.121	0.167	0.1	0.3	0.1	0.008	0.234
2019	0.17	0.124	0.080	0.167	0.1	0.3	0.1	0.020	0.139
2020	0.21	0.205	0.110	0.300	0.1	0.7	0.1	0.060	0.160
2021	0.09	0.090	0.020	0.170	0.1	0.3	0.1	0.010	0.020



Brabantse Biesbosch

Tabel F-36: EKR scores van deelmaatlaten van kwaliteitselement Vis in KRW-waterlichaam Brabantse Biesbosch voor de jaren 2011 t/m 2021

Brabantse Biesbosch									
Vis									
Jaar	EKRtotaal	kwaliteit	abundantie	srttsamenst.	SR Dia Riv	SR Limno	SR Rheo	SA Limno	SA Rheo
2011	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2012	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2013	0.07	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2014	NA	0.074	0.048	0.1	0.1	0.1	0.1	0.000	0.095
2015	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2016	0.40	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2017	0.42	0.400	0.501	0.3	0.1	0.7	0.1	0.831	0.172
2018	0.41	0.417	0.534	0.3	0.1	0.7	0.1	0.884	0.183
2019	0.40	0.411	0.521	0.3	0.1	0.7	0.1	0.832	0.209
2020	0.43	0.430	0.560	0.3	0.1	0.7	0.1	0.807	0.313
2021	0.36	0.360	0.410	0.3	0.1	0.7	0.1	0.560	0.270



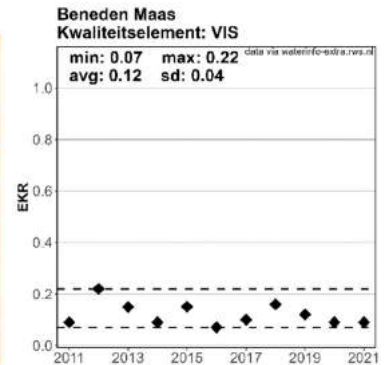
Bergsche Maas

Data niet beschikbaar

Beneden Maas

Tabel F-37: EKR scores van deelmaatlaten van kwaliteitselement Vis in KRW-waterlichaam Beneden Maas voor de jaren 2011 t/m 2021

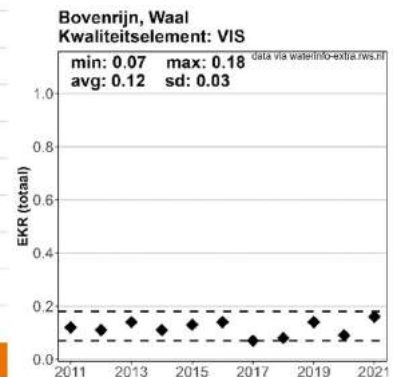
Beneden Maas									
Vis									
Jaar	EKRtotaal	kwaliteit	abundantie	srttsamenst.	SR Dia Riv	SR Limno	SR Rheo	SA Limno	SA Rheo
2011	0.09	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2012	0.22	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2013	0.15	0.220	0.139	0.300	0.3	0.5	0.1	0.020	0.257
2014	0.09	0.150	0.067	0.233	0.1	0.5	0.1	0.012	0.122
2015	0.15	0.092	0.016	0.167	0.1	0.3	0.1	0.006	0.026
2016	0.07	0.148	0.063	0.233	0.1	0.5	0.1	0.014	0.112
2017	0.10	0.071	0.042	0.100	0.1	0.1	0.1	0.000	0.084
2018	0.16	0.104	0.107	0.100	0.1	0.1	0.1	0.000	0.213
2019	0.12	0.155	0.076	0.233	0.1	0.5	0.1	0.004	0.148
2020	0.09	0.089	0.011	0.167	0.1	0.3	0.1	0.002	0.020
2021	0.09	0.090	0.020	0.170	0.1	0.3	0.1	0.010	0.020



Bovenrijn, Waal

Tabel F-38: EKR scores van deelmaatlaten van kwaliteitselement Vis in KRW-waterlichaam Bovenrijn, Waal voor de jaren 2011 t/m 2021

Bovenrijn, Waal									
Vis									
Jaar	EKRtotaal	kwaliteit	abundantie	srttsamenst.	SR Dia Riv	SR Limno	SR Rheo	SA Limno	SA Rheo
2011	0.12	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2012	0.11	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2013	0.14	0.112	0.057	0.167	0.1	0.3	0.1	NA	NA
2014	0.11	0.140	0.047	0.233	0.1	0.5	0.1	NA	NA
2015	0.13	0.106	0.045	0.167	0.1	0.3	0.1	NA	NA
2016	0.14	0.131	0.161	0.100	0.1	0.1	0.1	NA	NA
2017	0.07	0.135	0.037	0.233	0.3	0.3	0.1	NA	NA
2018	0.08	0.069	0.037	0.100	0.1	0.1	0.1	NA	NA
2019	0.14	0.082	0.063	0.100	0.1	0.1	0.1	NA	NA
2020	0.09	0.087	0.006	0.167	0.1	0.3	0.1	NA	NA
2021	0.16	0.160	0.080	0.230	0.3	0.3	0.1	0.01	0.15



Bijlage G Natura 2000 toestandanalyse

Voor de analyse van de toestand, trends en belangrijke knelpunten is zoveel mogelijk gebruik gemaakt van recent gepubliceerde natuurdoelanalyses. Dit zijn uitgebreide en doortastende analyses naar de toestand van de aangewezen habitats en soorten, waarbij de meest recente beschikbare (monitoring)data en literatuur is gebruikt. Deze natuurdoelanalyses vormen zodoende uitstekende bronnen voor deze systeemanalyse. Voor 8 van de 14 Natura 2000-gebieden is de natuurdoelanalyse beschikbaar:

- Voordelta (Provincie Zuid-Holland, 2022d)
- Biesbosch (voor dit gebied bestaan 2 aparte natuurdoelanalyses, te weten van Provincie Zuid-Holland en van Provincie Noord-Brabant, beide zijn gebruikt (Provincie Noord-Brabant, 2023; Provincie Zuid-Holland, 2022a))
- Duinen Goeree & Kwade hoek (Provincie Zuid-Holland, 2022c)
- Voornes Duin (Provincie Zuid-Holland, 2022b)
- Uiterwaarden Lek (Provincie Utrecht, 2023a)
- Zouweboezem (Provincie Utrecht, 2023b)
- Lingegebied & Diefdijk-Zuid (Provincie Gelderland, 2023a)
- Loevestein, Pompeveld & Kornsche Boezem (Provincie Gelderland, 2023b)

Voor Natura 2000-gebied Haringvliet is de (ten tijden van schrijven) ongepubliceerde maar definitieve versie van de natuurdoelanalyse gebruikt (Provincie Zuid-Holland, 2023). Ongepubliceerde eindconceptversies van de natuurdoelanalyses van het Hollands Diep en de Oude Maas zijn uiteindelijk niet bemachtigd waardoor de actuele toestand van de habitattypen en habitatrictlijnsoorten niet kon worden meegenomen in de analyse (vogelrichtlijn is wel meegenomen o.b.v. andere bronnen, zie hieronder).

Voor de Natura 2000-gebieden Oudeland van Strijen, Boezems Kinderdijk en Donkse Laagten was ten tijde van schrijven geen natuurdoelanalyse beschikbaar. Hiervoor is de toestand gebaseerd op de meest recente beheerplannen en eventuele wijzigingsbesluiten en overige recente gebiedspecifieke (monitoring) rapporten. Hetzelfde is gedaan als aanvulling voor de Natura 2000-gebieden waarvoor wel natuurdoelanalyses beschikbaar waren.

Om er zeker van te zijn dat de meest recente aantallen en trends van vogelrichtlijnsoorten gebruikt zijn is gebruik gemaakt van openbaar beschikbare data via Sovon (<https://stats.sovon.nl/stats/gebieden>). Hierbij is per Natura 2000-gebied de meest recente trend en het meest recente 5-jarig gemiddelde overgenomen. De data zijn begin juli 2023 gedownload.

Om de toestand overzichtelijk en bruikbaar te maken zijn de habitats en soorten ingedeeld in groepen, om zo eenvoudiger een koppeling te kunnen maken tussen de toestand van soorten / habitats en biotopen in de BRM. Het indelen in groepen is echter lastig en kan op een groot aantal manieren. Er blijft daarbij altijd ruimte voor discussie. In deze analyse is de groepsindeling in eerste instantie gebaseerd op waar het habitat of leefgebied voorkomt in het landschap. Daarna is een balans gezocht tussen onderscheidend vermogen van de groep en voldoende soorten/habitats (en dus toestanden) per groep.

Sommige subtypen van habitattypen zijn gezamenlijk beschouwd. Wanneer dit het geval is, is dit expliciet aangegeven in de tabel. De subtypen zijn af en toe gezamenlijk beschouwd omdat ze relatief weinig onderscheidend zijn in het BRM-gebied vanuit het oogpunt van deze systeemanalyse. Doorgaans vertonen de subtypen ook een soortgelijke toestand en knelpunten in het BRM-gebied.

Habitattypen

Tabel G-1: Aangewezen habitattypen per Natura 2000-gebied in de BRM (aangegeven met 'X'). Per Natura 2000-gebied is de toestand en eventuele knelpunten samengevat. De habitats zijn ingedeeld in 3 groepen op basis van voorkomen in het landschap. De grove algehele toestand is samengevat in de cell met 'X' o.b.v. één kleur, waarbij zwart = niet behandeld, groen = goed, geel = matig, rood = slecht, blauw = onbekend. NDA = Natuurdoelanalyse, BHP = Beheerplan.

Habitatype		Aangewezen in Natura 2000 gebied											Toestand en eventuele knelpunt(en)		
		Voordelta	Haringvliet	Hollands Diep	Biesbosch	Duinen Goeree.	Voornes Duin	Oude Maas	Oudeland van S.	Boezems Kinder.	Donkse Laagten	Uiterwaarden Lek		Zouweboezem	Lingegebied & Loevestein, P..
Aquatische habitats (zout, open water)													Kwaliteit onderverdeeld in 4 categorieën: vegetatie; typische soorten; structuur en functie; abiotische kenmerken.		
H1110A/B	Permanent overstromde zandbanken (getijdengebied / Noordzeekustzone)	X				X									
Aquatische habitats (zoet of brak, relatief laag dynamisch water)															
H2190A	Vochtige duinvaleien (open water)					X	X								
H3150	Meren met krabbenscheer en fonteinkruiden											X	X	X	Zouweboezem <ul style="list-style-type: none"> - Kwaliteit: Slecht; matig tot slecht; matig; slecht - Oppervlak: Ruim onder doel (3,52 ha / 10,30 ha).

																							<ul style="list-style-type: none"> - Knelpunt: Peildynamiek suboptimaal, evenals waterkwaliteit (fosfaat- en stikstofgehalte te hoog, zuurstofgehalte te laag), helderheid onvoldoende. Dit is onder andere als gevolg van vermessing door ganzenpopulatie. Hierdoor ook te hoge begrazingsdruk waterplanten. <p>Lingegebied & Diefdijk-Zuid</p> <ul style="list-style-type: none"> - NDA gaat niet uitgebreid in op dit habitatype. Vermeld wordt dat de voormalige locatie momenteel volledig is dichtgegroeid en aan het verlanden is. Het habitatype is dus afwezig. Knelpunten worden gevormd door verdroging, te voedselrijk water (fosfaat & stikstof), dichtgroei en verlanding door ontoereikende inrichting en beheer, recreatiedruk. <p>Loevestein, Pompeveld & Kornsche Boezem <i>Niet behandeld in NDA, ontwerp BHP (2022) vermeldt het volgende:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Kwaliteit: Goed; matig; onbekend; onbekend. - Oppervlak: Het oppervlak over de jaren stabiel is met 1,23 ha. - Knelpunt: te klein oppervlak om te voldoen aan functionele omvang, aanwezigheid van ganzen in relatie tot eutrofiëring en vertroebeling 	
H3260B	Beken en rivieren met waterplanten (grote fonteinkruiden)					X																	<p>Biesbosch</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kwaliteit: Slecht; matig; goed; slecht. - Oppervlak: Ruim minder dan doel (1,55 ha / 7,72 ha). - Knelpunt: te klein en versnipperd oppervlak in te diep water, lokaal droogval, geen kenmerkende vegetatie aanwezig. 	
Vochtige habitats in het intergetijdegebied of de oever-/verlandingszone (zout/estuariën)																								
H1140A/B	Slik- en zandplaten (getijdengebied / Noordzeekustzone)																		X					<p>Voordelta (H1140A/B, overkoepelend beeld)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kwaliteit: Merendeels goed; goed; slecht; onbekend. Noemenswaardig is dat op de Slikken van Voorne binnen de Voordelta nog ca. 0,19 ha aan klein zee gras aanwezig is. - Oppervlak: Geen theoretisch doel maar met huidig oppervlak van ca. 1141 ha betreft het een afname t.o.v. T0 kartering (in voordeel van o.a. H1310A) - Knelpunt: De dynamiek in het gebied is verminderd. Het voedselaanbod voor vogels is niet divers. Voor de vestiging van zee gras vormt verstoring van de bodem een knelpunt. <p>Duinen Goeree & Kwade Hoek (H1140A/B, overkoepelend beeld)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kwaliteit: Goed; goed; onbekend; goed. - Oppervlak: Minder dan gezamenlijk doel (262 ha / 319 ha). - Knelpunt: Onbekend of structurerende elementen zoals velden met schelpkokerwormen en mosselbanken voldoende aanwezig zijn.
H1310A	Zilte pionierbegroeiingen (zeekraal)																		X					<p>Voordelta</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kwaliteit: Merendeels goed; goed; onbekend; matig - Oppervlak: Ruim meer dan doel (39 ha / 8 ha) en breidt zich uit. - Knelpunt(en): Geen specifieke knelpunten. <p>Duinen Goeree & Kwade Hoek</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kwaliteit: Goed; goed; onbekend; goed. - Oppervlak: Meer dan doel (9,9 ha / 5,4 ha)

H3270	Slikkige rivieroeveren		X	X	X		X				X		X	<p>Haringvliet</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kwaliteit: Onbekend; Matig; Goed; Slecht - Oppervlak: Meer dan doel (254,86 ha / 34,8 ha) en breidt zich uit. - Knelpunt: Beperkte (rivier)dynamiek waardoor (tijdelijke) inundatie niet meer plaatsvindt. Versnipperd oppervlak. Exoten (kleine waterteunisbloem). <p>Hollands Diep</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kwaliteit: - Oppervlak: - Knelpunt: <p>Biesbosch</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kwaliteit: Matig; slecht; matig; slecht - Oppervlak: Incl. zoekgebied onder doel (0,32 + 309,94 ha / 349,29 ha). - Knelpunt: Afwezigheid peildynamiek binnendijkse delen. Te klein en versnipperd oppervlak, weinig open begroeiing (verruiging?) en afwezigheid kenmerkende vegetatie. <p>Oude Maas</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kwaliteit: - Oppervlak: - Knelpunt: <p>Uiterwaarden Lek</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kwaliteit: Matig; goed tot onbekend, goed, matig - Oppervlak: Huidige oppervlak 0,50 ha, geen theoretisch doel gesteld. - Knelpunt: Te klein en gefragmenteerd oppervlak. Verdroging en beperkte invloed hydrodynamiek (erosie/sedimentatie). Exoot reuzenbalsemien aanwezig. <p>Loevestein, Pompveld & Kornsche Boezem</p> <p><i>Niet behandeld in NDA, ontwerp BHP (2022) vermeldt het volgende:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Kwaliteit: onbekend, matig tot goed; goed; onbekend (waarschijnlijk goed). - Oppervlak: De huidige omvang is niet bekend. Als gevolg van beheersmaatregelen aan de rivier is het volledige gekarteerd oppervlak verdwenen. Langs een nieuw aangelegde geul zijn omstandigheden wel gunstig voor ontwikkeling van dit habitatype, daarom wordt een positieve trend verwacht. - Knelpunt: Weinig knelpunten verwacht, mogelijk vormt een gebrek aan (peil) dynamiek nog een knelpunt.
H6430A/B	Ruigten en zomen (moerasspirea / harig wilgenroosje)		X	X	X	X	X	X				X	X	<p>Haringvliet (H6430B)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kwaliteit: Onbekend; Goed; Goed; Goed - Oppervlak: Meer dan doel (680,36 ha / 275,31ha) - Knelpunt: Geen concrete knelpunten genoemd, maar veel kwalificerende soorten ontbreken. <p>Hollands Diep</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kwaliteit: - Oppervlak:

															<ul style="list-style-type: none"> - Knelpunt: Biesbosch (H6430A/B, overkoepelend beeld) <ul style="list-style-type: none"> - Kwaliteit: Slecht; matig; goed; matig - Oppervlak: Type A Ruim minder dan doel (1,71 ha / 10,22 ha), type B Incl. zoekgebied net boven doel (7,44 + 315,97 ha / 320,48 ha). - Knelpunt: Te klein en versnipperd oppervlak. Afname overstromingsdynamiek. Geen/nauwelijks kenmerkende vegetatie aanwezig, en opkomst van de reuzenbalsemien (exoot). Duinen Goeree & Kwade Hoek (H6430B): <ul style="list-style-type: none"> - Kwaliteit: goed; goed tot matig; onbekend; goed. - Oppervlak: Ruim onder doel (6,1 ha / 22 ha). Maar werkelijke huidige areaal niet goed bekend. - Knelpunt: Geen specifieke knelpunten. Voornes Duin (H6430B) <ul style="list-style-type: none"> - Kwaliteit: matig, matig, onbekend maar waarschijnlijk onvoldoende, goed. - Oppervlak: Meer dan theoretisch doel, maar doel is gelijkgesteld aan 0. (0,82 ha / 0 ha). - Knelpunt: Te klein en versnipperd oppervlak. Oude Maas <ul style="list-style-type: none"> - Kwaliteit: - Oppervlak: - Knelpunt: Zouweboezem (H6430A) <ul style="list-style-type: none"> - Kwaliteit: Goed; matig tot goed; matig; matig - Oppervlak: Onder doel (1,95 ha / 5,52 ha). - Knelpunt: Verdroging (langs oevers). Omvang ontoereikend voor duurzame instandhouding. Lingegebied & Diefdijk-Zuid (H6430A) <ul style="list-style-type: none"> - Niet uitgebreid beschouwd in NDA. Wel wordt vermeld dat de afwezigheid van peildynamiek, samen met verdroging en verruiging, een belangrijk knelpunt vormt. Het BHP vermeld dat de toestand slecht tot matig is en dat de IHD niet wordt behaald. Loevestein, Pompeveld & Kornsche Boezem <ul style="list-style-type: none"> - Kwaliteit: Matig; goed; onbekend; slecht - Oppervlak: Momenteel is 3,52 ha gekarteerd en is sprake van een positieve trend. - Knelpunt: Weinig knelpunten verwacht, mogelijk vormt een gebrek aan (peil) dynamiek met verdroging tot gevolg nog een knelpunt.
H7210	Galigaanmoerassen					X									<ul style="list-style-type: none"> Voornes Duin <ul style="list-style-type: none"> - Kwaliteit: goed; slecht; onbekend; onbekend. - Oppervlak: Meer dan theoretisch doel, maar doel is gelijkgesteld aan 0 (0,04 ha / 0 ha). - Knelpunt: Te klein en versnipperd oppervlak.

H2110	Embryonale duinen	X				X											<p>Voordelta</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kwaliteit: Goed/onbekend; slecht; onbekend; matig - Oppervlak: Doel onbekend dus toestand onbekend. Huidige areaal (5,7 ha) is uitbreiding t.o.v. T0 kartering - Knelpunt(en): Betreding en verstoring voor typische soorten. Voedselbeschikbaarheid voor typische soort strandplevier. <p>Duinen Goeree & Kwade Hoek</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kwaliteit: Goed; goed; onbekend; matig. - Oppervlak: Rond doel (29 ha / 29 ha) - Knelpunt: Onvoldoende rust voor typische soorten door betreding.
H2120	Witte duinen	X				X	X										<p>Voordelta</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kwaliteit: Merendeels goed; slecht; onbekend; onbekend - Oppervlak: Doel (10 ha) wordt met 0,08 ha ruimschoots niet gehaald. Breidt zich wel uit. Theoretische doel te hoog. - Knelpunt(en): Ontoereikende informatie m.b.t. structuur en functie. Maar onvoldoende potentie voor 10 ha in Voordelta. <p>Duinen Goeree & Kwade Hoek</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kwaliteit: Goed; matig; onbekend; slecht. - Oppervlak: Ruim onder doel (28 ha / 72 ha). - Knelpunt: Te weinig dynamiek waardoor te weinig verstuing plaatsvindt. <p>Voornes Duin</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kwaliteit: onbekend; slecht; onbekend; slecht. - Oppervlak: Inclusief ontwikkeling door recente herstelmaatregelen boven doel (41,77 ha / 23 ha). Deel van de 41,77 ha is wel alweer deels afgeslagen. - Knelpunt: Te weinig dynamiek en te weinig 'saltspray' (verstuiving van zout uit zee over land). Hierdoor ontbreken veel typische soorten.
H2130 A/B/C	Grijze duinen (kalkrijk, kalkarm, heischraal)						X	X									<p>Duinen Goeree & Kwade Hoek (H2130A/B/C, overkoepelend beeld)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kwaliteit: onbekend tot goed; matig; onbekend tot slecht; matig tot slecht. - Oppervlak: Subtype A en B zitten onder doel (A: 89 ha / 95 ha en C: 9 ha / 17 ha). Subtype B zit boven doel (211 ha / 204 ha). - Knelpunt: Te weinig dynamiek waardoor te weinig verstuing plaatsvindt. Verruiging, met name door te hoge voedselrijkdom (stikstof), maar ook door te weinig begrazing door konijnen. Begroeiing met exoten. Hydrologie van het duinsysteem mogelijk knelpunt. Als gevolg van alle knelpunten is intensief beheer vereist om habitat te behouden. <p>Voornes Duin</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kwaliteit: Onbekend tot goed; slecht; onbekend tot matig, matig. - Oppervlak: Subtype A en B boven doel (A: 150,91 ha / 76 ha en B: 0,29 ha / 0,15 ha). Subtype C onder doel (0,69 ha / 0,96 ha). Maar ingeschat wordt dat er in werkelijkheid meer subtype B aanwezig is, onduidelijk. - Knelpunt: Te weinig verstuing. Verruiging, o.a. door te hoge voedselrijkdom (stikstof), opslag van exoten (Amerikaanse vogelkers) en door te weinig begrazing door konijnen. Hydrologie van het duinsysteem mogelijk knelpunt.

																		Als gevolg van alle knelpunten is intensief beheer vereist om habitat te behouden.
H2160	Duindoornstruwelen						X	X										<p>Duinen Goeree & Kwade Hoek</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kwaliteit: Goed; matig; onbekend; slecht. - Oppervlak: Net onder doel (258 ha / 260 ha) - Knelpunt: Te weinig dynamiek waardoor te weinig verstuing plaatsvindt. Negatieve invloed van (uitgevoerde) herstelmaatregelen voor open duin. <p>Voornes Duin</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kwaliteit: matig; onbekend (waarschijnlijk matig tot goed); onbekend; goed. - Oppervlak: Onder doel (116,14 ha / 136 ha). Maar H2160 is bewust afgenomen door herstelmaatregelen t.b.v. andere duinhabitats. Dit is conform de 'ten gunste van' formulering. - Knelpunt: Geen concrete knelpunten. Omvang op orde, evenals dominantie struiken en aandeel exoten
H2170	Kruipwilgstruwelen						X	X										<p>Duinen Goeree & Kwade Hoek</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kwaliteit: N.v.t. maar in principe slecht; n.v.t.; onbekend; onbekend. - Oppervlak: Huidig areaal niet goed bekend. Wijzigingsbesluit meldt dat het habitatype met een kleine oppervlakte voorkomt op enkele locaties aan de zuidwestkant van Kwade Hoek. - Knelpunt: Geen specifieke knelpunten geformuleerd, veel onduidelijk. <p>Voornes Duin</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kwaliteit: matig; onbekend (waarschijnlijk slecht); onbekend; goed. - Oppervlak: Onder doel (0,03 ha / 0,27 ha). Maar ingeschat wordt dat er in werkelijkheid meer van dit habitatype aanwezig is, onduidelijk. - Knelpunt: Te klein en versnipperd oppervlak.
H2180 A/B/C	Duinbossen (vochtig/droog/ binnenduinrand)						X	X										<p>Duinen Goeree & Kwade Hoek (H2180C)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kwaliteit: Matig; slecht; onbekend; matig - Oppervlak: Geen theoretisch doel geformuleerd. Huidig areaal 13 ha. - Knelpunt: Aandeel volwassen levende en dode bomen beperkt. Lokaal last van exoten. Beperkte oppervlakte (weinig connectiviteit). <p>Voornes Duin (H2180A/B/C, overkoepelend beeld)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kwaliteit: onbekend tot goed; onbekend; matig; matig - Oppervlak: Subtype A en B onder doel (A: 52,73 ha / 71 ha en B: 194,66 ha / 200 ha). Subtype C boven doel (189,5 ha / 173 ha). Alle subtypen zijn bewust afgenomen als gevolg van herstelmaatregelen t.b.v. andere duinhabitats. - Knelpunt: Aandeel volwassen levende en dode bomen beperkt. Lokaal last van exoten en verbraming. Lokaal hydrologisch systeem niet op orde.
Terrestrische habitats (niet onder invloed van zout)																		
H6120	Stroomdal-graslanden						X							X			X	<p>Biesbosch</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kwaliteit: Goed; matig; goed; matig - Oppervlak: Meer dan doel (10,55 ha / 8,79 ha).

																<ul style="list-style-type: none"> - Knelpunt: te hoge voedselrijkdom, delen liggen te versnipperd en zijn te klein. Afname zandafzetting door gebrek rivierdynamiek. In de toekomst kan zandwinning ook leiden tot een te kort aan stuifzand. <p>Uiterwaarden lek</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kwaliteit: Matig; goed tot matig; slecht; matig - Oppervlak: Onder doel (6,28 ha / 8,09 ha) - Knelpunt: Te klein en versnipperd oppervlak, beperkte erosie en sedimentatie door beperkte hydromorfologie. Lokaal te voedselrijk (stikstof). <p>Loevestein, Pompveld & Kornsche Boezem <i>Niet behandeld in NDA, ontwerp BHP (2022) vermeldt het volgende:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Kwaliteit: Goed; matig; matig; matig - Oppervlak: 0,55 ha, na recente maatregelen t.b.v. H6120 mogelijk sprake van uitbreiding, positieve trend verwacht. - Knelpunt: Te klein oppervlak voor functionele omvang. Verruiging, soms als gevolg van ontoereikend (begrazings)beheer.
H6410	Blauwgraslanden										X					<p>Zouweboezem:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kwaliteit: Goed; goed; matig; matig - Oppervlak: Onder doel (1,82 ha / 4,24 ha) - Knelpunt: Omvang ontoereikend, evenals connectiviteit met omliggende habitats t.b.v. soorten uitwisseling. Te hoge voedselrijkdom (stikstof).
H6510 A/B	Glanshaver- en vossenstaart-hooilanden (glanshaver / grote vossentaart)															<p>Biesbosch (H6510A/B, overkoepelend beeld)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kwaliteit: Goed; matig; slecht; slecht - Oppervlak: Minder dan doel (81,72 ha / 86,98 ha voor type A en 39,33 ha / 119,13 ha voor type B). - Knelpunt: Verdroging en inundatie met rivierwater vormen een knelpunt. Lokaal ontoereikend beheer. <p>Uiterwaarden Lek (H6510A)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kwaliteit: Matig; goed; goed; matig - Oppervlak: Boven doel (20,88 ha / 15,63 ha) - Knelpunt: Suboptimale hydrologische dynamiek, hierdoor sprake van verdroging. Lokaal te voedselrijk (stikstof) waardoor vergrassing plaatsvindt. <p>Lingegebied & Diefdijk-Zuid (H6510A/B, overkoepelend beeld)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kwaliteit: onbekend tot goed; onbekend tot goed; onbekend tot goed; onbekend - Oppervlak: Subtype A 8,05 ha + 39 ha zoekgebied, subtype B 5,28 ha + 2,50 ha zoekgebied. Onduidelijk hoe dit zich verhoudt tot de IHD. - Knelpunt: Verdroging, te hoge voedselrijkdom waardoor vergrassing plaatsvindt. <p>Loevestein, Pompveld & Kornsche Boezem <i>Niet behandeld in NDA, ontwerp BHP (2022) vermeldt het volgende:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Kwaliteit: Onbekend; matig; onbekend; onbekend - Oppervlak: 25,44 ha, trend onbekend. - Knelpunt: Te hoge voedselrijkdom (stikstof) met vergrassing tot gevolg.

<p>H91E0 B/C</p>	<p>Vochtige alluviale bossen (essen- iepenbossen / beekbegeleidende bossen)</p>				X						X	X	X	<p>Biesbosch (H91E0B)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Niet behandeld in NDA. BHP meldt dat het een aangeplante locatie van 3,1 ha aanwezig is. De kwaliteit hiervan is goed tot matig. Door de ontwikkeling van grote brandnetel duurt het vaak lang voordat karakteristieke oudbosplanten zich kunnen vestigen en uitbreiden. Er worden beheersmaatregelen genomen om de kwaliteit te verbeteren. Dit is een langdurig proces (decennia). <p>Zouweboezem (H91E0C)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kwaliteit: Matig; onbekend, mogelijk goed; slecht; goed - Oppervlak: Huidige omvang is 4,33 ha, geen theoretisch doel gesteld. - Knelpunt: Te geringe inundatie, omvang suboptimaal voor duurzame instandhouding. <p>Lingegebied & Diefdijk-Zuid (H91E0B/C, overkoepelend beeld) <i>NDA biedt ontoereikende informatie, aangevuld met BHP</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Kwaliteit: goed tot matig; matig; goed (B) en slecht (C); slecht - Oppervlak: 6,05 ha (type A) en 43,54 ha (type B). Onduidelijk hoe dit zich verhoudt tot de IHD. - Knelpunt: Voor subtype B weinig knelpunten, alleen afwezigheid van overstromingen belemmert zaadtoevoer. Voor subtype C zijn verdroging, te hoge voedselrijkheid en successie knelpunten. <p>Loevestein, Pompeveld & Kornsche Boezem (H91E0C)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kwaliteit: Matig; Matig; onbekend; onbekend - Oppervlak: 5,95 ha, onbekende trend. - Knelpunt: Te klein oppervlak voor optimale functionele omvang. Ook verdroging, te hoge voedselrijkheid en successie spelen een rol.
----------------------	---	--	--	--	---	--	--	--	--	--	---	---	---	---

Habitatrichtlijnsoorten

Tabel G-2: Aangewezen habitatrichtlijnsoorten per Natura 2000-gebied in de BRM (aangegeven met 'X'). Per Natura 2000-gebied is de toestand en eventuele knelpunten samengevat. De habitatrichtlijnsoorten zijn ingedeeld in 5 groepen op basis van habitatvoorkeur. De grove algehele toestand is samengevat in de cell met 'X' o.b.v. één kleur, waarbij zwart = niet behandeld, groen = goed, geel = matig, rood = slecht (bepaald o.b.v. algehele toestand middels expert judgement).

Habitatrichtlijnsoort	Aangewezen in Natura 2000 gebied											Toestand en eventuele knelpunt(en)		
	Voordelta	Haringvliet	Hollands Diep	Biesbosch	Duinen Goeree.	Voornes Duin	Oude Maas	Oudeland van S.	Boezems Kinder.	Donkse Laagten	Uiterwaarden Lek		Zouweboezem	Lingegebied & Loevestein, P..
Soorten van grote zoute wateren														
Bruinvis	X													Voordelta: Niet beschouwd in NDA. Fijn et al 2022 meldt dat de aantallen bruinvissen op de Nederlandse Noordzee sinds 1991 significant toenemen. Ook in de Nederlandse kustzone, waaronder de Voordelta, zijn (afhankelijk van het seizoen) veel bruinvissen te vinden. In het wijzigingsbesluit van de Voordelta wordt ook gemeld dat in de gehele Voordelta relatief hoge aantallen bruinvis worden waargenomen. Knelpunten worden niet genoemd. Gezien de positieve trend is het uitgangspunt dat de toestand positief is.
Gewone zeehond	X				X									Voordelta: Trend positief. Draagkracht van het gebied voldoet, voldoende rust op de ligplaatsen is een aandachtspunt. Duinen Goeree: Trend positief (gelinkt aan Voordelta). De omvang van het rustgebied is voldoende, de omvang aan foerageergebied is afgenomen door aanzanding, niet bekend of dit nog voldoende is. Maar voedsel lijkt voorlopig niet beperkend te zijn. Behoud van rust vormt aandachtspunt.
Grijze zeehond	X				X									Voordelta: Trend positief. Draagkracht van het gebied voldoet, voldoende rust op de ligplaatsen is een aandachtspunt. Duinen Goeree: Trend positief (gelinkt aan Voordelta). De omvang van het rustgebied is voldoende, de omvang aan foerageergebied is afgenomen door aanzanding, niet bekend of dit nog voldoende is. Maar voedsel lijkt voorlopig niet beperkend te zijn. Behoud van rust vormt aandachtspunt.
Soorten van zowel zoet als zout water														
Zeeprik	X	X	X	X										Voordelta: Niet beschouwd in NDA. Gezien landelijke trend is het uitgangspunt dat de huidige toestand slecht is (zie onderstaande beschrijving).
Rivierprik	X	X	X	X										Haringvliet: Vangsten tijdens monitoring zijn te sporadisch om trend en toestand te bepalen. Met het Kierbesluit van 2018 is de verwachting dat een belangrijk knelpunt gedeeltelijk is weggenomen. Maar perioden van lage rivierstanden, waardoor de Haringvlietdam en andere sluizen beperkt open worden gezet, vormen nog wel een potentieel knelpunt. In het achterland en bovenstrooms lijken voldoende potentiële paai- en opgroeiplaatsen aanwezig te zijn voor
Elft	X	X	X	X										
Zalm		X	X	X										

																					zee- en rivierprik, dus dit vormt geen knelpunt. Specifiek voor elft vormt het ontbreken van geschikte opgroeiplaats in het Haringvliet (estuarium met geleidelijk overgangsgebied) nog wel voor een knelpunt. In de NDA wordt voor specifiek zalm nog vermeld dat de combinatie van overbevissing (ook rondom de Haringvlietsluis), slechte waterkwaliteit en het (historische) verlies van paai- en opgroeihabitat ook knelpunten vormt. Hollands Diep: Biesbosch: De kwaliteit van het leefgebied in de Biesbosch als doortrekgebied is goed (waterkwaliteit, connectiviteit, stroomsnelheid en lagere watertemperaturen). Vangsten tijdens monitoring zijn te sporadisch om trends en toestanden voor de soorten te bepalen. Uitgangspunt van de NDA is dat de soorten door de wateren en grotere krekken van de Biesbosch trekken in (zeer) lage dichtheden (geen tot enkele waarnemingen per soort tussen 2011-2021). Knelpunten voor deze trekvissen liggen voornamelijk bij een beperkte connectiviteit/doorgang en de beroepsvisserij in het gebied.		
Fint		X	X	X	X																	Voordelta: Niet beschouwd in NDA. Gezien landelijke trend is het uitgangspunt dat de huidige toestand slecht is (zie onderstaande beschrijving). Haringvliet: Vangsten tijdens monitoring zijn te sporadisch om trend en toestand te bepalen. Met het Kierbesluit van 2018 is de verwachting dat een belangrijk knelpunt gedeeltelijk is weggenomen. Maar perioden van lage rivierstanden, waardoor de sluizen beperkt open worden gezet, vormen hiervoor een potentieel knelpunt. Het ontbreken van geschikte paai- en opgroeiplaats voor fint (estuarium met geleidelijk overgangsgebied met getijdendynamiek) vormt met name een knelpunt. Hollands Diep: Biesbosch: De kwaliteit van het leefgebied in de Biesbosch als doortrekgebied is goed (waterkwaliteit, connectiviteit, stroomsnelheid en lagere watertemperaturen). Het uitgangspunt in NDA is dat fint incidenteel voorkomt in het gebied. De Biesbosch biedt momenteel wel toereikend habitat voor de opgroei van fint (ondiep zandsubstraat, voldoende doorzicht, temperatuur en saliniteit gunstig). Knelpunt is het beperkte getij in de Biesbosch. Finten kunnen de stroomopwaartse trekroute naar het paaigebied mogelijk niet goed herleiden door onvoldoende stroming. Ook beroepsvisserij en dichte sluizen bij droogte vormen een knelpunt.	
Soorten van grote zoete wateren																							
Bever		X	X	X														X					Haringvliet: Trend is positief. Geen knelpunten. Hollands Diep: Biesbosch: De huidige kwaliteit is voldoende en de populatie kan zich nog uitbreiden. De instandhoudingsdoelstelling wordt gehaald. Geen knelpunten. Oude Maas: Lingegebied & Diefdijk-Zuid: Niet uitgebreid uitgewerkt in NDA. Wel is in het Wijzigingsbesluit (2022) benoemd dat er voldoende geschikt leefgebied aanwezig is om de populatie verder te laten uitbreiden. Samen met de landelijke positieve trend is het uitgangspunt daarmee dat de toestand voor de bever hier ook positief is. Knelpunten worden niet genoemd Loevestein, Pompeveld & Kornsche Boezem: Niet uitgebreid uitgewerkt in NDA. Wel is in het aanwijzingsbesluit benoemd dat er zich voldoende vochtig alluviaal bos ontwikkelt. Daarmee is voldoende leefgebied en foeragegebied voor de bever aanwezig om zich verder uit te

Kamsalamander											x	x	x	x	<p>Uiterwaarden Lek: Populatieomvang waarschijnlijk onvoldoende. Kamsalamanders zitten met name in poelen binnendijs, buiten het Natura 2000-gebied. Kwaliteit van het leefgebied in het gebied is matig tot slecht als gevolg van o.a. onvoldoende watervegetatie, veel vis (waaronder exoten) in de potentiële voortplantingswateren en fragmentatie van het landhabitat (o.a. door wegen, intensief agrarisch beheer, en beperkte aanwezigheid ruigtevegetaties). Knelpunten zijn droogval door gebrek aan dieptevariatie. Gebrek aan schaduw, waterplanten en connectiviteit tussen waterhabitats. Steile, onnatuurlijke oevers en te hoge voedselrijkdom.</p> <p>Zouweboezem: Populatieomvang waarschijnlijk voldoende. De kwaliteit van de landhabitat wordt als goed beoordeeld. Er is een hoge dichtheid aan potentieel geschikte wateren. Echter wordt hier weinig tot geen succesvolle voorplanting gezien. Knelpunten zijn droogval van poelen in de zomer. Voedselrijkdom water is te hoog (fosfaat). Aanwezigheid van (grote) vis en exoot Amerikaanse rivierkreeft (predatoren larven).</p> <p>Lingegebied & Diefdijk-Zuid: Niet uitgewerkt in NDA. Wel is in het Wijzigingsbesluit (2022) benoemd dat de soort op veel verschillende plaatsen in het gebied voorkomt. De oeverlanden zijn een belangrijke voortplantingsplaats voor de kamsalamander. De dijken worden door de kamsalamander gebruikt als migratie- en overwinteringsplaats. Uitgangspunt is daarom dat de toestand positief is. Geen specifieke knelpunten genoemd.</p> <p>Loevestein, Pompveld & Kornsche Boezem: Niet uitgebreid uitgewerkt in NDA. Wel is vermeld dat het een grote, geïsoleerde populatie kamsalamanders betreft. De laatste jaren is deze afgenomen. De soort komt zowel binnendijs als buitendijs voor. Buitendijs vormt (extreem) hoog water een knelpunt. Voor het in stand houden van duurzame populaties zijn verbindingen tussen binnen- en buitendijkse populaties van belang.</p>
Soorten van moerassen (M), ruigte (R) en/of duinen (D)															
Noordse woelmuis (M/R/D)		x	x	x	x	x	x								<p>Haringvliet: Trend negatief. Knelpunten bestaan uit de concurrentie met andere soorten muizen in combinatie met een gebrek aan (peil)dynamiek. Dit leidt tot successie, verdroging en verruiging, waardoor resterende leefgebieden verdwijnen. Zo verdwijnt ook de verbinding tussen (deel)populaties.</p> <p>Hollands Diep:</p> <p>Biesbosch: Trend stabiel. De soort komt verspreid in verschillende delen van de Biesbosch voor. De verwachting is dat het IHD wordt gehaald. Knelpunt blijft concurrentie met andere soorten muizen. Diverse natuurontwikkelingsprojecten onder invloed van getijden en de rivier zijn positief voor deze soort, omdat de populatie zich hier kan uitbreiden zonder last te hebben van concurrentie.</p> <p>Duinen Goeree & Kwade hoek: De omvang van het leefgebied is voldoende, maar de kwaliteit is matig. Aantallen en trends zijn onbekend. Knelpunten vormen het ontbreken van dynamiek, aanhoudende droogte en ongunstig maaibeheer in combinatie met de concurrentie met andere soorten muizen. Ook is een gebrek aan verbinding tussen populaties een knelpunt.</p> <p>Voornes Duin: De omvang van het leefgebied is voldoende, maar de kwaliteit is matig. Aantallen en trends zijn onbekend, maar in elk geval erg lage dichtheid. Knelpunten vormen het ontbreken van dynamiek, aanhoudende droogte en ongunstig maaibeheer, ook concurrentie met andere soorten muizen vormt een knelpunt.</p> <p>Oude Maas:</p>

Nauwe korfslak (D)					X	X																<p>Duinen Goeree & Kwade hoek: De omvang en kwaliteit van het leefgebied lijkt op orde. Aantallen en trends zijn onbekend wegens ontbreken gegevens, maar voorkomen is naar verwachting veelvuldig en wijdverspreid. Het effect van recente ingrepen t.b.v. nauwe korfslak is hierdoor ook niet te duiden. Geen specifieke knelpunten genoemd.</p> <p>Voornes Duin: De omvang en kwaliteit van het leefgebied lijkt op orde. Aantallen en trends zijn onbekend wegens ontbreken gegevens, maar voorkomen is veelvuldig en wijdverspreid. Het effect van recente ingrepen t.b.v. nauwe korfslak is hierdoor ook niet te duiden. Geen specifieke knelpunten genoemd.</p>
Tonghaarmuts (M)					X																	<p>Biesbosch: Toestand en trend relatief onbekend. Laatste waarneming uit 2001. van der Pluijm et al., (2022) meldt dat de soort waarschijnlijk niet meer aanwezig is in de Biesbosch. Deze zeldzame pioniersoort groeit uitsluitend op onbegroeide takken in vochtige, jonge wilgenbossen en in jonge aanplant van Zomereik. Veroudering van de wilgenbossen (als gevolg van beperkte dynamiek) en opwarming van het klimaat vormen belangrijke knelpunten voor de tonghaarmuts.</p>
Groenknolorchis (M/D)																						<p>Voornes Duin: Toestand wordt ingeschat als stabiel en positief. Het groeigebied lijkt op orde. Recente herstel- en beheermaatregelen hebben een gunstig effect op het voorkomen van de soort (areaal H2190B fors toegenomen, dit vormt goed groeigebied voor groenknolorchis). Te hoge voedselrijkdom en verzuuring vormt een knelpunt.</p>

Vogelrichtlijnsoorten

Broedvogels

Tabel G-3: Aangewezen broedvogels per Natura 2000-gebied in de BRM (aangegeven met 'X'). Per Natura 2000-gebied is de toestand en eventuele knelpunten samengevat. De broedvogels zijn ingedeeld in 4 groepen op basis van broedbiotoop voorkeur. De grove algehele toestand is samengevat in de cell met 'X' o.b.v. één kleur, waarbij groen = goed, geel = matig, rood = slecht (bepaald o.b.v. algehele toestand middels expert judgement). Sovon recent = gemiddelde over de laatste 5 jaar via Sovon data per gebied. IHD = instandhoudingsdoel.

Broedvogelsoort	Aangewezen in Natura 2000 gebied											Trends & kwantitatieve gegevens via https://stats.sovon.nl/stats/gebieden			
	Voordelta	Haringvliet	Hollands Diep	Biesbosch	Duinen Goeree.	Voornes Duin	Oude Maas	Oudeland van S.	Boezems Kinder.	Donkse	Uiterwaarden Lek		Zouweboezem	Lingegebied &	Loevestein, P..
Toestand en eventuele knelpunten															
Rietbroeders															
Blauwborst		X		X											<p>Haringvliet: Trend stabiel, huidig aantal broedpaar onder IHD van 410 (Sovon recent: onbekend maar 355 paar in 2018). Knelpunten zijn niet overduidelijk aangetoond. Mogelijk speelt verruiging een rol, o.a. door de exoten late guldenroede en reuzenbalsemien.</p> <p>Biesbosch: Trend negatief, huidig aantal broedpaar onder IHD van 1300 (Sovon recent: onbekend maar 388 paar in 2019). Knelpunten worden gevormd door verruiging, o.a. met de exoot reuzenbalsemien, en door verstoring.</p>
Rietzanger		X		X											<p>Haringvliet: Trend positief, huidig aantal broedpaar boven IHD van 420 (Sovon recent: onbekend maar 1900 paar in 2018). Geen knelpunten.</p> <p>Biesbosch: Trend stabiel, huidig aantal broedpaar boven IHD van 260 (Sovon recent: onbekend maar 1168 paar in 2019). Geen knelpunten.</p>
Snor				X					X						<p>Biesbosch: Trend onduidelijk, huidig aantal broedpaar onder IHD van 130 (Sovon recent: 82). Kwaliteit is nu voldoende maar neemt af door verruiging en verdroging van rietvelden.</p> <p>Boezems Kinderdijk: Trend onduidelijk, huidig aantal boven IHD van 9 (Sovon recent: 18). Verruiging en verdroging rietvelden, op termijn verdwijnende rietgorzen kan probleem gaan vormen.</p>
Roerdomp				X											<p>Biesbosch: Trend sterk positief, huidig aantal broedpaar boven IHD van 10 (Sovon recent: 18). De beperkte kwaliteit van het leefgebied (a.g.v. verruiging gorzen en rietmoerassen buitendijks) vormt nog wel een knelpunt, evenals recreatiedruk en aanrijdingen in het verkeer.</p>
Bruine kiekendief		X		X											<p>Haringvliet: Trend onduidelijk, huidig aantal broedpaar gelijk aan IHD van 20 (Sovon recent: 20). Het is onbekend of er sprake is van knelpunten, de draagkracht voldoet naar verwachting wel.</p> <p>Biesbosch: Trend onduidelijk, huidig aantal broedpaar onder IHD van 30 (Sovon recent: 18). Knelpunten: Toename vossenpopulatie, verstoring, beperkte kwaliteit leefgebied door verruiging, verdroging, begrazing door grauwe ganzen, exoten.</p>
Moerasbroeders															

Aalscholver			X	X									<p>Biesbosch: Trend negatief, huidig aantal ruim onder IHD van 310 (Sovon recent: 4). Verstoring vormt knelpunt. Aalscholver verplaatst zich naar andere, nabijgelegen N2000-gebieden, onduidelijk waarom.</p> <p>Voornes Duin: Trend onduidelijk, huidig aantal onder IHD van 1100 (Sovon recent: 852). Broedsucces lijkt terug te lopen maar draagkracht lijkt wel op orde. Mogelijk correlatie met toegenomen visserijdruk in de Voordelta (afname foerageersucces).</p>
Zwarte stern								X				X	<p>Boezems Kinderdijk: Trend onduidelijk, huidig aantal onder IHD van 40 (Sovon recent: 25). Knelpunten zijn achteruitgang van watervegetatie (broedgelegenheden en biotoop voor prooien), toename broedconcurrentie kokmeeuw en verstoring door een toename in grauwe ganzen die de nesten omver zwemmen.</p> <p>Zouweboezem: Trend onduidelijk, huidig aantal onder IHD van 40 (Sovon recent: 24). Knelpunten zijn dat de broedlocaties momenteel bestaan uit nestvlotjes, waarmee de soort afhankelijk is van de terreinbeheerder en vrijwilligers die deze vlotjes uitzetten. Bodem woelende vissen en ganzen maken de nestvlotjes soms ongeschikt. In De Boezem wordt momenteel een passend peildynamiek gevoerd, maar ontwikkeling van natuurlijk pioniersmoeras is nog niet succesvol. Hierbij vormt vertrapping van waterplanten door diverse soorten ganzen ook een belangrijke drukfactor.</p>
Geoorde fuut												X	<p>Voornes Duin: Trend onduidelijk, huidig aantal onder IHD van 5 (Sovon recent: 1). Mogelijke knelpunten bestaan uit het verdwijnen van de beschutte plaatsen langs de oevers met riet en/of zegge, o.a. door ganzenvraat, verruiging en droogte. Door een afname in waterkwaliteit neemt doorzicht af en is mogelijk minder voedsel beschikbaar.</p>
Porseleinhoen				X				X				X	<p>Biesbosch: Trend onduidelijk, huidig aantal onder IHD van 9 (Sovon recent: 5). Draagkracht op orde, externe oorzaken spelen ook een rol. Geen knelpunten.</p> <p>Boezems Kinderdijk: Trend onduidelijk, huidig aantal meestal onder IHD van 1 (Sovon recent: <1). Knelpunt dat omvang en kwaliteit van geschikt leefgebied onvoldoende is als gevolg van ontbreken winter- en voorjaarsinundatie. Hierdoor komt geen ontwikkeling van pioniersmoeras tot stand.</p> <p>Zouweboezem: Trend onduidelijk, huidig aantal onder IHD van 5 (Sovon recent: <1). Het suboptimale hydrologische systeem (tegenatuurlijk en te laag waterpeil) vormt een belangrijke drukfactor. Hierdoor verruiging en verdroging. Ook de te hoge begrazingsdruk door diverse soorten ganzen vormt een knelpunt voor de ontwikkeling van pioniersmoerasvegetatie (broedbiotoop).</p>
Lepelaar			X									X	<p>Hollands Diep: Trend sterk positief, huidig aantal boven IHD van 40 (Sovon recent: 123). Knelpunt</p> <p>Voornes Duin: Trend positief, huidig aantal onder IHD van 110 (Sovon recent: 160). Geen knelpunt, aandachtspunt is predatie door vos.</p>
Purperreiger								X				X	<p>Boezems Kinderdijk: Trend positief, huidig aantal ruim boven IHD van 75 (Sovon recent: 173). BHP meldt wel dat het broedbiotoop ongeschikter wordt als gevolg van de afslag van rietlanden, ook is er mogelijk onvoldoende geschikt foerageergebied in (de regio van) het gebied.</p> <p>Zouweboezem: Trend onduidelijk, huidig aantal rond tot boven IHD van 150 (Sovon recent: 158). Knelpunten worden gevormd door de verdroging en verruiging van het rietmoeras als gevolg van met name de beperkte peildynamiek, te hoge voedselrijkheid water en begrazing van ganzen. In verdroogde rietmoerassen speelt predatiedruk ook een grotere rol.</p>
Kleine zilverreiger												X	<p>Voornes Duin: Trend sterk negatief, huidig aantal onder IHD van 15 (Sovon recent: <1). Knelpunten onduidelijk, draagkracht broed- en foerageergebied lijkt op orde. Mogelijk toename predatie (vos) in tijden van droogte. Mogelijk spelen ook externe oorzaken een rol.</p>
Kale grond broeders													

Niet-broedvogels

Tabel G-4: Aangewezen niet-broedvogels (overwinteraars/doortrekkers) per Natura 2000-gebied in de BRM (aangegeven met 'X'). Per Natura 2000-gebied is de toestand en eventuele knelpunten samengevat. De niet-broedvogelsoorten zijn ingedeeld in groepen op basis van een combinatie van foerageerwijze en foerageerbiotoop. De grove algehele toestand is samengevat in de cell met 'X' o.b.v. één kleur, waarbij groen = goed, geel = matig, rood = slecht (bepaald o.b.v. algehele toestand middels expert judgement). Sovon recent = gemiddelde over de laatste 5 jaar via Sovon data per gebied. Dit kan een seizoensmaximum of seizoensgemiddelde betreffen, altijd conform instandhoudingsdoel (IHD). (NDA = Natuurdoelanalyse, BP = Beheerplan).

Niet-broedvogel-soort	Aangewezen in Natura 2000 gebied												Toestand	Trends & kwantitatieve gegevens via https://stats.sovon.nl/stats/gebieden		
	Voordelta	Haringvliet	Hollands Diep	Biesbosch	Duinen Goeree	Voornes Duin	Oude Maas	Oudeland van S.	Boezems Kinder	Donkse Laagten	Uiterwaarden Lek	Zouweboezem			Lingegebied &	Loevestein, P..
Viseters (vanuit vlucht) - Marien/estuariën/zoet																
Dwergmeeuw	X															Voordelta: Trend onduidelijk, IHD is 'behoud', recent aantal is 56 (Sovon recent, uur gemiddeld tijdens trek). Soort niet beschouwd in NDA, BP meldt dat IHD wordt bereikt en dat er geen knelpunten zijn. Lange termijn trend positief.
Visdief	X															Voordelta: Trend onbekend, IHD is 'behoud' recent aantal onbekend. Soort niet beschouwd in NDA, BP meldt dat IHD niet wordt bereikt, onvoldoende rust door recreatie (o.a. kitesurfen) vormt knelpunt.
Grote stern	X															Voordelta: Trend onbekend, IHD is 'behoud' recent aantal onbekend. Soort niet beschouwd in NDA, BP meldt dat IHD niet wordt bereikt, onvoldoende rust door recreatie (o.a. kitesurfen) vormt knelpunt.
Viseters (duikend) - Marien/estuariën/zoet																
Roodkeel-duiker	X															Voordelta: Trend positief, IHD is 'behoud' recent aantal ligt op 7 (Sovon recent, uur gemiddeld). Soort niet beschouwd in NDA, BP meldt dat IHD niet wordt bereikt, onvoldoende rust bij Brouwersdam o.a. als gevolg van scheepvaart, vormt een belangrijk knelpunt.
Fuut	X	X		X	X											Voordelta: Trend onduidelijk, huidig aantal onder IHD van 280 (Sovon recent: 78). Soort niet beschouwd in NDA, BP meldt dat IHD wordt bereikt maar dat vooral externe invloeden de aantallen en trends in het gebied bepalen. Haringvliet: Trend sterk positief, huidig aantal ruim boven IHD van 160 (Sovon recent: 597). Geen knelpunten. Biesbosch: Trend positief, huidig aantal boven IHD van 450 (Sovon recent: 921). Verstoring en beroepsvisserij kan nog wel een knelpunt vormen. Duinen Goeree & Kwade Hoek: Trend onduidelijk, huidig aantal ruim onder IHD van 60 (Sovon recent: 16). Knelpunt dat foerageergebied afneemt door aanzanding, wegens onduidelijkheid meer onderzoek nodig.
Kuifduiker	X															Voordelta: Trend onduidelijk, huidig aantal boven IHD van 6 (Sovon recent: 11). Soort niet beschouwd in NDA, BP meldt dat IHD wordt bereikt, geen knelpunten.
Aalscholver	X	X		X	X											Voordelta: Trend stabiel, huidig aantal boven IHD van 480 (Sovon recent: 573). Soort niet beschouwd in NDA, BP meldt dat IHD wordt bereikt, geen knelpunten.

Tabellen

Tabel 2-1: Aandeel herkomst afzettingen in drie tijdvakken in laag Nederland.	36
Tabel 2-2: Landschappelijke verandering in de Biesbosch Rijn – Maasmonding voor de periode 250 v. Chr. – 2000 n. Chr. Op basis van de paleogeografische kaarten van Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed, TNO en Deltares 2022. De schorren en riviervlaktes zijn in de paleogeografische kaarten opgenomen als één legenda-eenheid. In deze analyse zijn ze van elkaar gescheiden en zijn de schorren toebedeeld aan aangrenzend buitenwater en riviervlakten aan aangrenzend binnenwater. Groen gearceerd de in het oog springende veranderingen.	58
Tabel 3-1: Indeling van het buitenwater van de BRM in 4 hoofdeenheden zoals gebruikt in het beschrijven van de abiotische toestand. De met * gemarkeerde watergangen komen twee maal in de lijst voor omdat ze ook tot de riviertrajecten kunnen worden gerekend.	67
Tabel 3-2: Areaal intergetijdengebied dat in de huidige situatie onder invloed staat van het getij (dagelijks of bij springtij) en ter vergelijking het areaal van voor de afsluiting van het Haringvliet. In de laatste kolom is aangegeven in hoeverre de getijdedynamiek er nog aanwezig is.	81
Tabel 3-3: huidige en historische getijbeweging en verandering (bron historische gegevens: rivierkaarten RWS)	83
Tabel 3-4: Gewicht zand en slib die door de rivieren naar de Biesbosch Rijn-Maasmonding worden gevoerd. Waardes afkomstig uit het Verhaal van het Sediment en verwijzen naar Sedimenttransport in de Rijntakken, de Maas en de Rijn-maasmonding voor de periode 1991-2010. Bron: Frings et al. 2017 en Frings et al., 2019	101
Tabel 3-5: Prioritaire stoffen die in één of meerdere waterlichamen de norm overschrijden (bron: RWS-spreadsheet: Overzicht_probleemstoffen_waterlichamen_toetsing2021, d.d. 12-07-2021). Er wordt aangegeven of het gaat om overschrijding van de biotanorm (BIO), de jaargemiddelde concentratienorm (JG) of maximale concentratienorm (MAC).	126
Tabel 3-6: Specifieke verontreinigende stoffen die in één of meerdere waterlichamen de norm overschrijden (bron: RWS-spreadsheet: Overzicht_probleemstoffen_waterlichamen_toetsing2021, d.d. 12-07-2021). Er wordt aangegeven of het gaat om overschrijding van de biotanorm (BIO), de jaargemiddelde concentratienorm (JG) of maximale concentratienorm (MAC).	127
Tabel 3-7: Frequentie waarbij waterlopen verzilten onder invloed van de rivierafvoer; bij gemiddelde windcondities.	135
Tabel 4-1: Huidige toestand van de 5 componenten van de estuariene dynamiek in de verschillende waterlopen van de BRM. Daarnaast is ook de beschikbaarheid van areaal weergegeven in de tweede kolom.	142
Tabel 5-1. Biotopen Getijdenwater.	174
Tabel 5-2. De begrenzing van slikken en schorren van zout en zoet getijdenwater.	175
Tabel 5-3. Biotopen Getijdenoever.	175
Tabel 5-4. Biotopen Terrestrisch.	177
Tabel 5-5 KRW-waterlichamen in de BRM met de totaalscore (EKR-totaal) van de bijbehorende kwaliteitselementen uit het jaar 2021, indien het een ander jaar betreft is dit aangegeven in ^{superscript} . De klassen komen overeen met de beoordeling van een natuurlijk waterlichaam Zeer goed (0,80-1,00), Goed (0,60-0,79), Matig (0,40-0,59), Ontoereikend (0,20-0,39), Slecht (0,00-0,19). Grijs = kwaliteitselement niet van toepassing voor betreffende watertype. Blauw/ND = Geen data beschikbaar. * = EKR totaal niet beschikbaar, EKR score voor deelmaatlat kwaliteit weergegeven. Voor details zie Bijlage A.	181
Tabel 5-6. Klassengrenzen en genormaliseerde EKR voor de areaal-deelmaatlaten van het type o2	184
Tabel 5-7. Schorareaal in de overgangswateren van de Rijn-Maasmonding, huidig en potentieel op basis van aanwezige ecotopen en het nemen van KRW-maatregelen (Reitsma et al., 2019). In de huidige situatie liggen er meer slikken en schorren in de huidige situatie, maar deze zijn niet zout genoeg (>10.000 mg Cl/l).	185
Tabel 5-8. Criteriumsoorten voor oeverbegroeiing van KRW-type R8.	187
Tabel 5-9. Maatlat voor abundantie van groeivormen van KRW-type R8.	187
Tabel 5-10. Referentiearealen biezen voor waterlichamen van het type R8 (Coops, 2019).	189

<i>Tabel 5-11. Vissoorten en de gildes waartoe ze gerekend worden in watertype R8 en O2 (Altenburg et al., 2018)</i>	197
Tabel 5-12 Overkoepelende toestand en knelpunten van aquatische habitats in zout, open water in de BRM. Voor achtergrond en bronnen zie Bijlage B.	206
Tabel 5-13 Overkoepelende toestand en knelpunten van aquatische habitats in zoet of brak, relatief laag dynamisch water in de BRM. Voor achtergrond en bronnen zie Bijlage B.	207
Tabel 5-14 Overkoepelende toestand en knelpunten van aquatische habitats in het intergetijdegebied en oever-/verlandingszone (zout/estuariën) in de BRM. Voor achtergrond en bronnen zie Bijlage B.	209
Tabel 5-15 Overkoepelende toestand en knelpunten van aquatische habitats in het zoete intergetijdegebied en de oever-/verlandingszone in de BRM. Voor achtergrond en bronnen zie Bijlage B.	210
Tabel 5-16 Overkoepelende toestand en knelpunten van terrestrische habitats onder invloed van zout in de BRM. Voor achtergrond en bronnen zie Bijlage B.	211
Tabel 5-17 Overkoepelende toestand en knelpunten van terrestrische habitats die niet onder invloed staan van zout in de BRM. Voor achtergrond en bronnen zie Bijlage B.	212
Tabel 5-18 Overkoepelende toestand en knelpunten van soorten van grote zoute wateren (zeezoogdieren) in de BRM. Voor achtergrond en bronnen zie Bijlage B.	213
Tabel 5-19 Overkoepelende toestand en knelpunten van soorten van zowel zoete als zoute wateren (trekvissen) in de BRM. Voor achtergrond en bronnen zie Bijlage B.	214
Tabel 5-20 Overkoepelende toestand en knelpunten van soorten van grote zoete wateren in de BRM. Voor achtergrond en bronnen zie Bijlage B.	216
Tabel 5-21 Overkoepelende toestand en knelpunten van soorten van beschutte en plantenrijke zoete wateren in de BRM. Voor achtergrond en bronnen zie Bijlage B.	218
Tabel 5-22 Overkoepelende toestand en knelpunten van soorten van moerassen, ruigte en/of duinen in de BRM. Voor achtergrond en bronnen zie Bijlage B.	219
Tabel 5-23 Overkoepelende toestand en knelpunten van vogelsoorten die broeden in het riet in de BRM. Voor achtergrond en bronnen zie Bijlage B.	221
Tabel 5-24 Overkoepelende toestand en knelpunten van vogelsoorten die broeden in de moerassen van de BRM. Voor achtergrond en bronnen zie Bijlage B.	223
Tabel 5-25 Overkoepelende toestand en knelpunten van vogelsoorten die broeden op de kale gronden binnen de BRM. Voor achtergrond en bronnen zie Bijlage B.	224
Tabel 5-26 Overkoepelende toestand en knelpunten van vogelsoorten die broeden in steilwanden binnen de BRM. Voor achtergrond en bronnen zie Bijlage B.	225
Tabel 5-27 Overkoepelende toestand en knelpunten van trek- en wintervogelsoorten die foerageren op vis (vanuit vlucht) in de BRM. Voor achtergrond en bronnen zie Bijlage B.	227
Tabel 5-28 Overkoepelende toestand en knelpunten van trek- en wintervogelsoorten die foerageren op vis (duikend, vanaf het wateroppervlak) in de BRM. Voor achtergrond en bronnen zie Bijlage B.	228
Tabel 5-29 Overkoepelende toestand en knelpunten van trek- en wintervogelsoorten die foerageren op vis (wadend) in de BRM. Voor achtergrond en bronnen zie Bijlage B.	229
Tabel 5-30 Overkoepelende toestand en knelpunten van trek- en wintervogelsoorten die foerageren op macrofauna (duikend, vanaf het wateroppervlak) in zout tot zoet water in de BRM. Voor achtergrond en bronnen zie Bijlage B.	230
Tabel 5-31 Overkoepelende toestand en knelpunten van trek- en wintervogelsoorten die foerageren op macrofauna (wadend) langs de oevers van met name het zoute tot brakke water in de BRM. Voor achtergrond en bronnen zie Bijlage B.	231
Tabel 5-32 Overkoepelende toestand en knelpunten van trek- en wintervogelsoorten die foerageren op macrofauna (wadend) langs de oevers van met name het brakke tot zoete water in de BRM en op graslanden en akkers. Voor achtergrond en bronnen zie Bijlage B.	232

Tabel 5-33 Overkoepelende toestand en knelpunten van trek- en wintervogelsoorten die foerageren op macrofauna (duikend, vanaf het wateroppervlak) in uitsluitend de zoete wateren van de BRM. Voor achtergrond en bronnen zie Bijlage B.	233
Tabel 5-34 Overkoepelende toestand en knelpunten van trek- en wintervogelsoorten die foerageren op planten en macrofauna (grondelend/grazend) in met name het brakke tot zoete water in de BRM en op graslanden en akkers. Voor achtergrond en bronnen zie Bijlage B.	234
Tabel 5-35 Overkoepelende toestand en knelpunten van trek- en winterroofvogelsoorten in de BRM. Voor achtergrond en bronnen zie Bijlage B.	235
<i>Tabel 5-36 Overkoepelend overzicht van de toestand van de KRW en Natura 2000 doelstellingen per levensgemeenschap.</i>	241
Tabel 5-37 Overkoepelend overzicht van de toestand van de KRW en Natura 2000 doelstellingen per levensgemeenschap.	242
Tabel 6-1: Gemiddelde temperatuurstijging over de periode 2081-2100 ten opzichte van pre-industrieel (gemiddelde over de periode 1850-1900) per SSP-scenario op wereldwijd niveau. Dit is op regionaal niveau voor de gemiddelde temperaturen bovenland ongeveer evenredig. (IPCC, 2021).	248
Tabel 6-2: Indicatieve zeespiegelscenario's voor de Nederlandse Kust met 2005 als nulpunt. De bandbreedte van 90% is weergegeven met de gemiddelde waarde tussen haakjes. Dit is de relatieve zeespiegelstijging; de bodemdaling is hierin meegenomen (0,5 mm/jaar). De definitieve KNMI'23-scenario's kunnen afwijken. Bron: KNMI (2021).	251
Tabel B-1: De 20 stormen met de hoogste waterstanden sinds het jaar 2000. In rood is de steeds de hoogste stand per meetpunt weergegeven, in oranje de op een na hoogste en in geel de op twee na hoogste. In de laatste kolom is de Rijnafvoer bij Lobith weergegeven.	281
Tabel F-1: Kwaliteitselementen van toepassing per KRW-watertype binnen de Biesbosch Rijn-Maasmonding	293
Tabel F-2: EKR scores van deelmaatlatten van kwaliteitselement fytoplankton in KRW-waterlichaam Noorderlijke Deltakust voor de jaren 2011 t/m 2021	294
Tabel F-3: EKR scores van deelmaatlatten van kwaliteitselement fytoplankton in KRW-waterlichaam Haringvliet-west voor de jaren 2011 t/m 2021	295
Tabel F-4: EKR scores van deelmaatlatten van kwaliteitselement fytoplankton in KRW-waterlichaam Nieuwe Waterweg voor de jaren 2011 t/m 2021	296
Tabel F-5: EKR scores van deelmaatlatten van kwaliteitselement fytoplankton in KRW-waterlichaam Nieuwe Maas voor de jaren 2011 t/m 2021	297
Tabel F-6: EKR scores van deelmaatlatten van kwaliteitselement Overige Waterflora in KRW-waterlichaam Haringvliet-west voor de jaren 2011 t/m 2021	298
Tabel F-7: EKR scores van deelmaatlatten van kwaliteitselement Overige waterflora in KRW-waterlichaam Nieuwe Waterweg voor de jaren 2011 t/m 2021	298
Tabel F-8: EKR scores van deelmaatlatten van kwaliteitselement Overige Waterflora in KRW-waterlichaam Nieuwe Maas voor de jaren 2011 t/m 2021	299
Tabel F-9: EKR scores van deelmaatlatten van kwaliteitselement Overige waterflora in KRW-waterlichaam Oude Maas voor de jaren 2011 t/m 2021	300
Tabel F-10: EKR scores van deelmaatlatten van kwaliteitselement Overige waterflora in KRW-waterlichaam Hollandse IJssel voor de jaren 2011 t/m 2021	301
Tabel F-11: EKR scores van deelmaatlatten van kwaliteitselement Overige waterflora in KRW-waterlichaam Haringvliet-oost voor de jaren 2011 t/m 2021	302

Tabel F-12: EKR scores van deelmaatlatten van kwaliteitselement Overige waterflora in KRW-waterlichaam Boven- en Beneden Merwede voor de jaren 2011 t/m 2021	303
Tabel F-13: EKR scores van deelmaatlatten van kwaliteitselement Overige waterflora in KRW-waterlichaam Dordtse Biesbosch voor de jaren 2011 t/m 2021	304
Tabel F-14: EKR scores van deelmaatlatten van kwaliteitselement Overige waterflora in KRW-waterlichaam Brabantse Biesbosch voor de jaren 2011 t/m 2021	305
Tabel F-15: EKR scores van deelmaatlatten van kwaliteitselement Overige waterflora in KRW-waterlichaam Bergsche Maas voor de jaren 2011 t/m 2021	306
Tabel F-16: EKR scores van deelmaatlatten van kwaliteitselement Overige waterflora in KRW-waterlichaam Beneden Maas voor de jaren 2011 t/m 2021	307
Tabel F-17: EKR scores van deelmaatlatten van kwaliteitselement Overige waterflora in KRW-waterlichaam Bovenrijn, Waal voor de jaren 2011 t/m 2021	308
Tabel F-18: EKR scores van deelmaatlatten van kwaliteitselement Macrofauna in KRW-waterlichaam Noordelijke Deltakust voor de jaren 2011 t/m 2021	309
Tabel F-19: EKR scores van deelmaatlatten van kwaliteitselement Macrofauna in KRW-waterlichaam Haringvliet-west voor de jaren 2011 t/m 2021	310
Tabel F-20: EKR scores van deelmaatlatten van kwaliteitselement Macrofauna in KRW-waterlichaam Nieuwe Waterweg voor de jaren 2011 t/m 2021	311
Tabel F-21: EKR scores van deelmaatlatten van kwaliteitselement Macrofauna in KRW-waterlichaam Oude Maas voor de jaren 2011 t/m 2021	312
Tabel F-22: EKR scores van deelmaatlatten van kwaliteitselement Macrofauna in KRW-waterlichaam Hollandse IJssel voor de jaren 2011 t/m 2021	312
Tabel F-23: EKR scores van deelmaatlatten van kwaliteitselement Macrofauna in KRW-waterlichaam Haringvliet-oost voor de jaren 2011 t/m 2021	313
Tabel F-24: EKR scores van deelmaatlatten van kwaliteitselement Macrofauna in KRW-waterlichaam Boven- en Beneden Merwede voor de jaren 2011 t/m 2021	313
Tabel F-25: EKR scores van deelmaatlatten van kwaliteitselement Macrofauna in KRW-waterlichaam Dordtse Biesbosch voor de jaren 2011 t/m 2021	314
Tabel F-26: EKR scores van deelmaatlatten van kwaliteitselement Macrofauna in KRW-waterlichaam Brabantse Biesbosch voor de jaren 2011 t/m 2021	314
Tabel F-27: <i>EKR scores van deelmaatlatten van kwaliteitselement Macrofauna in KRW-waterlichaam Bergsche Maas voor de jaren 2011 t/m 2021</i>	315
Tabel F-28: EKR scores van deelmaatlatten van kwaliteitselement Macrofauna in KRW-waterlichaam Beneden Maas voor de jaren 2011 t/m 2021	315
Tabel F-29: EKR scores van deelmaatlatten van kwaliteitselement Macrofauna in KRW-waterlichaam Bovenrijn, Waal voor de jaren 2011 t/m 2021	316
Tabel F-30: EKR scores van deelmaatlatten van kwaliteitselement Vis in KRW-waterlichaam Haringvliet-west voor de jaren 2011 t/m 2021	317
Tabel F-31: EKR scores van deelmaatlatten van kwaliteitselement Vis in KRW-waterlichaam Nieuwe Waterweg voor de jaren 2011 t/m 2021	318
Tabel F-32: EKR scores van deelmaatlatten van kwaliteitselement Vis in KRW-waterlichaam Oude Maas voor de jaren 2011 t/m 2021	318
Tabel F-33: EKR scores van deelmaatlatten van kwaliteitselement Vis in KRW-waterlichaam Hollandse IJssel voor de jaren 2011 t/m 2021	319
Tabel F-34: EKR scores van deelmaatlatten van kwaliteitselement Vis in KRW-waterlichaam Haringvliet-oost voor de jaren 2011 t/m 2021	319

Tabel F-35: EKR scores van deelmaatlaten van kwaliteitselement Vis in KRW-waterlichaam Dordtse Biesbosch voor de jaren 2011 t/m 2021	320
Tabel F-36: EKR scores van deelmaatlaten van kwaliteitselement Vis in KRW-waterlichaam Brabantse Biesbosch voor de jaren 2011 t/m 2021	320
Tabel F-37: EKR scores van deelmaatlaten van kwaliteitselement Vis in KRW-waterlichaam Beneden Maas voor de jaren 2011 t/m 2021	321
Tabel F-38: EKR scores van deelmaatlaten van kwaliteitselement Vis in KRW-waterlichaam Bovenrijn, Waal voor de jaren 2011 t/m 2021	321
Tabel G-1: Aangewezen habitattypen per Natura 2000-gebied in de BRM (aangegeven met 'X'). Per Natura 2000-gebied is de toestand en eventuele knelpunten samengevat. De habitats zijn ingedeeld in 3 groepen op basis van voorkomen in het landschap. De grove algehele toestand is samengevat in de cell met 'X' o.b.v. één kleur, waarbij zwart = niet behandeld, groen = goed, geel = matig, rood = slecht, blauw = onbekend. NDA = Natuurdoelanalyse, BHP = Beheerplan.	323
Tabel G-2: Aangewezen habitatrichtlijnsoorten per Natura 2000-gebied in de BRM (aangegeven met 'X'). Per Natura 2000-gebied is de toestand en eventuele knelpunten samengevat. De habitatrichtlijnsoorten zijn ingedeeld in 5 groepen op basis van habitatvoorkeur. De grove algehele toestand is samengevat in de cell met 'X' o.b.v. één kleur, waarbij zwart = niet behandeld, groen = goed, geel = matig, rood = slecht (bepaald o.b.v. algehele toestand middels expert judgement).	333
Tabel G-3: Aangewezen broedvogels per Natura 2000-gebied in de BRM (aangegeven met 'X'). Per Natura 2000-gebied is de toestand en eventuele knelpunten samengevat. De broedvogels zijn ingedeeld in 4 groepen op basis van broedbiotoop voorkeur. De grove algehele toestand is samengevat in de cell met 'X' o.b.v. één kleur, waarbij groen = goed, geel = matig, rood = slecht (bepaald o.b.v. algehele toestand middels expert judgement). Sovon recent = gemiddelde over de laatste 5 jaar via Sovon data per gebied. IHD = instandhoudingsdoel.	339
Tabel G-4: Aangewezen niet-broedvogels (overwintersaars/doortrekkers) per Natura 2000-gebied in de BRM (aangegeven met 'X'). Per Natura 2000-gebied is de toestand en eventuele knelpunten samengevat. De niet-broedvogelsoorten zijn ingedeeld in groepen op basis van een combinatie van foerageerwijze en foerageerbiotoop. De grove algehele toestand is samengevat in de cell met 'X' o.b.v. één kleur, waarbij groen = goed, geel = matig, rood = slecht (bepaald o.b.v. algehele toestand middels expert judgement). Sovon recent = gemiddelde over de laatste 5 jaar via Sovon data per gebied. Dit kan een seizoensmaximum of seizoensgemiddelde betreffen, altijd conform instandhoudingsdoel (IHD).(NDA = Natuurdoelanalyse, BP = Beheerplan).	342

Figuren

Figuur 1-1: De voorgestelde Hotspotgebieden en Corridors met de Biesbosch als één van de hotspot-gebieden (Heusden et al., 2021)	23
Figuur 1-2: Projectgebied voor de systeemanalyse van de Biesbosch Rijn-Maasmonding	24
Figuur 2-1: Verandering klimaat (zomer- en wintertemperatuur en neerslagpatronen) in het Holoceen. Neerslagpatronen zijn afgeleid uit de leeftijdsopbouw van moerasedijkenbos, die jonger blijft bij nattere omstandigheden. (Bron: Landschappen van Nederland, Jongmans et. al., 2013)	29
Figuur 2-2: Temperatuurverloop van het oceaanaanwater bij IJsland vanaf het jaar 0 tot heden. De veranderingen in temperatuur volgen een lange termijn trend en veroorzaken veranderingen in landgebruik en sociale gebeurtenissen. (Bron: Landschappen van Nederland, Jongmans et. al., 2013)	30
Figuur 2-3: Gemeten mondiale temperatuur (°C) ten opzichte van het gemiddelde uit de periode 1961 – 1990. Het eerste deel van de stijging kan beschouwd worden als een natuurlijke stijging na het eindigen van de Kleine IJstijd. De stijging vanaf 1980 wordt toegeschreven aan antropogene oorzaken, waarvan de toename van broeikasgassen in de atmosfeer de belangrijkste is.	30

Figuur 2-4: Relatieve zeespiegelstijging in het Holoceen op verschillende locaties langs de Belgische, Nederlandse en Noord Duitse kust. De Biesbosch Rijn-Maasmonding volgt de curve tussen Zeeland en West Nederland Bron: Atlas van Nederland in het Holoceen, 2021	31
Figuur 2-5: Bodemdaling in Nederland ten opzichte van huidige hoogte sinds 18.000 v.Chr. Hoofdoorzaak is de beweging van de aardkorst na het afsmelten van het landijs in Scandinavië (bron: Atlas van het Holoceen, 2021).	32
Figuur 2-6 Huidige dalingsnelheid van de bodem in de Biesbosch Rijn-Maasmonding in mm / jaar (bron: bodemdalingskaart.nl). De bodemdaling valt ook in het heden samen met een zeespiegelstijging in de Noordzee die is opgelopen tot 2,9 mm / jaar.	33
Figuur 2-7 Het ontstaan van de Noordzee vond plaats in een kort tijdbestek aan het begin van het Holoceen. Pleistoceen riviersediment kwam weer beschikbaar voor transport en herverdeling door de krachten van zeestromingen en getij. (Bron: Atlas van Nederland in het Holoceen, 2021)	34
Figuur 2-8: Kustlijn Biesbosch Rijn-Maasmonding circa 3850 v. Chr. De aanvoer van sediment vanuit zee was groot, maar kon de snelheid van de zeespiegelstijging tot op dat moment niet bijhouden, waardoor de kustlijn open was. De balans tussen zeespiegelstijging en sedimentaanvoer zou echter spoedig veranderen (Bron: Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed, TNO en Deltares 2022).	35
Figuur 2-9: Opbouw van de Nederlandse kust ter hoogte van Voorschoten vanaf 8000 BP (6000 v. Chr.) tot heden. Bron: Landschappen van Nederland, 2021)	37
Figuur 2-10: Een vrijwel gesloten kustlijn 1500 v. Chr. was het resultaat van afnemende zeespiegelstijging, voldoende sedimentaanvoer en een toename van getijdekracht. Achter de gesloten kustlijn ontstonden uitgestrekte veenlandschappen. (Bron: Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed, TNO en Deltares 2022).	38
Figuur 2-11: Verandering van rivierpatronen in Laag-Nederland gedurende het Holoceen door veranderingen in het afvoerregime en sedimentlast (Bron: Berendsen, De vorming van het land, 1996). Vlechtende rivierlopen kregen door een opwarmend klimaat een meanderend patroon, waarna verhoogde grondwaterstanden zorgde voor anastomoserende rivieren. De toename van sedimentlast in de rivieren leidde vervolgens tot een meanderend rivierpatroon wat we tot op heden kennen.	39
Figuur 2-12: In het Laatglaciaal waren Rijn en Maas vlechtende rivieren die grind en grove zandpakketten hebben achtergelaten. Deze zandpakketten vormen het fundament waarop de Biesbosch Rijn-Maasmonding is opgebouwd (bron: Atlas van Nederland in het Holoceen, 2021).	40
Figuur 2-13: Zowel in het begin van het Holoceen als in de laatste 3000 jaar waren de rivieren in Nederland meanderend van patroon (zie ook Figuur 2-9). (bron: Atlas van Nederland in het Holoceen, 2021)	41
Figuur 2-14: Door snelle relatieve zeespiegelstijging konden de Rijn en Maas hun water moeilijk kwijt. Het resulteerde in vorming van anastomoserende riviergeulen in West Nederland. (zie ook Figuur 2-9). (bron: Atlas van Nederland in het Holoceen, 2021)	41
Figuur 2-15: Ouderdom van de Holocene Stroomgordels in de Rijn Maas delta (Bron: Digitaal Basisbestand Paleogeografie van de Rijn-Maas Delta. Cohen et al., 2012).	42
Figuur 2-16: Fases in sedimentaanbod gedurende het Holoceen. (Bron: Landschappen van Nederland, A.G. Jongmans, 2013)	43
Figuur 2-17: Veenontwikkeling in kustvlaktes nadat de kustlijn zich sloot. Op getijdenafzettingen vormde zich respectievelijk rietveen, zeggenvveen en veenmosveen, wat de ontwikkeling volgt van een grondwater gevoed systeem naar een regenwater gevoed systeem (Bron: Atlas van Nederland in het Holoceen).	44
Figuur 2-18: Verandering van het veenareaal in de Nederlandse kustvlakte. Het areaal is afgezet ten opzichte van het veenoppervlakte van 2500 jaar geleden (100 %). De langzame opbouw van het basisveen, de snelle toename van het veenareaal na het sluiten van de kustlijn en de snelle afbraak na ontwatering en ontgraving zijn goed terug te zien. (Bron: Landschappen van Nederland, A.G. Jongmans et al., 2013)	44
Figuur 2-19: Schematische weergave van de afname van bosareaal en toename landbouwareaal in de periode 2500 v. Chr. tot heden (A) en de effecten daarvan op de toename in fijn riviersediment (B) (lees tijdschaal van rechts naar links). De sedimentflux reageert vertraagt op de veranderingen in landgebruik. (Bron: Landschappen van Nederland, A.G. Jongmans et al., 2013)	45

Figuur 2-20: Het ontstaan van de Hollandse IJssel en de Lek (en daarmee het verschuiven van de Rijnmond naar de Maasmond) vond zijn oorsprong in het ontwateren van veengebieden in de eerste eeuwen na het begin van onze jaartelling (Bron: Human-caused avulsion in the Rhine-Meuse delta before historic embankment, Harm Jan Pierink et. Al, 2018).	46
Figuur 2-21: Het ontstaan van de Biesbosch Rijn-Maasmond in de eerste eeuwen na onze jaartelling was het gevolg van grootschalige veenontginning. Dit resulteerde in een nieuwe riviermond van de Rijn en Maas ter hoogte van het huidige Hollands Diep (bron: Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed, TNO en Deltares 2022).	47
Figuur 2-22: De Biesbosch Rijn-Maasmond in 1250 n. Chr. De bedijkingen van voor die tijd waren niet bestand tegen de krachten van de zee en grote delen van de Zeeuwse en Zuid-Hollandse eilanden verdwenen onder water (bron: Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed, TNO en Deltares 2022).	48
Figuur 2-23: De ligging van Oudland (donkergroen, ingepolderd voor 1200 n. Chr.) en Nieuwland (lichtgroen, ingepolderd vanaf 1200 n. Chr.) (bron: Landschappen van Nederland, A.G. Jongmans et. Al, 2013). Het geeft een beeld van hoe weinig land er overbleef na de toegenomen invloed van de zee in de delta in de 12e eeuw en hoe jong de Biesbosch Rijn-Maasmond is.	48
Figuur 2-24: Bedijkingen met jaartal van inpoldering op Goeree-Overflakkee (links) (bron: Landschappen van Nederland, A.G. Jongmans, 2013). Rechts het huidige maaiveldhoogte van de polders uit de rode cirkel. Hoe ouder de bedijking hoe (gemiddeld) lager het huidige maaiveld.	49
Figuur 2-25: De Biesbosch stond 150 jaar na de St. Elisabeth Vloed nog steeds onder water. Het Bergse Veld met de reconstructie van het tracé van de Maas (rode stippellijn), Pieter Sluyter, 1560. Bron: G.J. Maas, 2000	50
Figuur 2-26: Uitsnede van de AHN kaart van de het Oudeland van Strijen in de Hoeksche Waard (voorheen Grote Waard). De veenpolder is meteen na de St Elisabethvloed ingedijkt en ligt meters lager dan omliggende polders. De afgedamde en Binnenbedijkte Maasgeul is zichtbaar ten noorden van het Oudeland.	51
Figuur 2-27: Historische kaart uit 1973 in opdracht van waterwinbedrijf Brabantse Biesbosch. Grote delen van de Biesbosch zijn na opslibbing in de 19e eeuw weer ingepolderd voor landbouwkundig gebruik. De Nieuwe Merwede is dan reeds gegraven.	52
Figuur 2-28: Doorbraakgeulen van de rivier de Merwede in de huidige Biesbosch in een kaart uit 1730 van Nicolaes Cruquius. De kil genaamd 'de Hel' (linksonder) zegt alles over de strijd die hier geleverd is om zich te beschermen tegen het rivierwater (Bron: UVA Erfgoed)	53
Figuur 2-29: Biesbosch in 1850 (links) en zelfde gebied in 1904 (rechts) na het graven van de Nieuwe Merwede en de Bergsche Maas voor verbetering afvoer van de Waal. (Bron: Topotijdreis.nl)	53
Figuur 2-30: De Nieuwe Maas in 1850 (boven) en na normalisatie in 1907 (onder). Samen met de aanleg van de Nieuwe Waterweg maakte dit de ontwikkeling van de haven van Rotterdam mogelijk. (Bron: topotijdreis.nl)	54
Figuur 2-31: De monding van de Rijn en Maas bij Hoek van Holland. Links kaartbeeld uit 1850 met de monding via het Scheurgat, rechts de monding via de gegraven Nieuwe Waterweg in 1907. (Bron: Topotijdreis.nl)	54
Figuur 2-32: De deltawerken met jaar van oplevering (links) en foto van de bouw van de Haringvlietdam en sluizen (rechts). Bron: RWS	55
Figuur 2-33: De aanleg van de Haringvlietdam maakte van het Haringvliet en de Voordelta twee gescheiden systemen.	56
Figuur 2-34: Zonering van het Laat- Glaciaal en het Holoceen op basis van vegetatie. Het ontstaan van een climaxbos in het Boreaal en Atlanticum en de introductie van de landbouw in het Subboreaal zijn goed terug te herleiden aan de hand van pollenanalyses (bron: Landschappen van Nederland, 2021).	57
Figuur 2-35: Schematische weergave van de verschillende fysiotopen in een open estuarium. Het Haringvliet in 1885 vertoont grote overeenkomsten met deze schematische weergave. Naar Vos en Van Heeringen, in Berendsen, 1996 (Bron: G.J. Maas, 2002)	60
Figuur 2-36: Rivierkaart van het Hollands Diep bij Willemstad uit 1885, waaraan de fysiotop- en ecotoop zonering zijn toegevoegd. Aan de hand van eb en vloed gegevens kon de hoogteligging en zonering van de ecotopen worden vastgesteld. Bron: G.J. Maas, 2002	61
Figuur 2-37: Historische ecotopen verdeling Haringvliet en Hollands Diep 1885 (bron: G.J. Maas, 2002)	62

Figuur 2-38: Verschillen paleogeografische eenheden Haringvliet en Hollands Diep in 1850 en 2020. Het effect van het afsluiten van het Haringvliet is goed zichtbaar. Bron: analyse op basis van de paleogeografische kaarten van Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed, TNO en Deltares 2022.	62
Figuur 2-39: ecotopen verdeling Oude Maas in 1738 en 1834 (bron: G.J. Maas, 2000)	63
Figuur 2-40: ecotopen verdeling Merwede Hollandse Biesbosch in 1738 en 1834 (bron: G.J. Maas, 2000)	64
Figuur 2-41: Verschillen paleogeografische eenheden in de Biesbosch in 1850 en 2020. Het effect van het afsluiten van het Haringvliet en het graven van de Nieuwe Merwede is goed zichtbaar. Bron: analyse op basis van de paleogeografische kaarten van Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed, TNO en Deltares 202	64
Figuur 3-1: Schematische weergave van de interactie tussen getijdendynamiek en rivierdynamiek.	67
Figuur 3-2: Overzichtskaart Rijn-Maas monding met de belangrijkste waterlopen van het hoofdwatersysteem en de binnendijkse gebieden. Meetpunten van RWS die in de rapportage worden genoemd: 1. Hoek van Holland, 2. Maassluis, 3. Vlaardingen, 4. Rotterdam, 5. Krimpen, 6. Schoonhoven, 7. Hagestein, 8. Spijkenisse, 9. Goidschlaxoord, 10. Dordrecht, 11. Werkendam, 12. Vuren, 13. Haringvliet buiten, 14. Stellendam, 15. Hellevoetsluis, 16. Willemstad, 17. Moerdijk, 18. Keizersveer, 19. Heesbeen en 20. Lith.	68
Figuur 3-3: Karakteristieke vorm van de gemiddelde getijgolf zoals deze ter hoogte van Hoek van Holland via de Nieuwe Waterweg de BRM binnen gaat.	69
Figuur 3-4: De getijgolf stroomt van zuid naar noord langs de Nederlandse kust en dringt via de Nieuwe Waterweg het Benedenrivierengebied binnen. De dikte van de peilen is op schaal van de getijdenslag.	70
Figuur 3-5: Verloop getijdegolf door het noordelijk deel van de BRM	70
Figuur 3-6: Verloop getijdegolf naar het zuidelijk deel van de BRM	71
Figuur 3-7: Waterstandsverschil (amplitude) tussen gemiddeld hoog- en laagwater in de BRM (bron RWS)	71
Figuur 3-8: Verloop van het getij gedurende een cyclus van springtij tot ca 2 dagen na doortij.	72
Figuur 3-9: a t/m c. Verloop van de waterhoogte tijdens gemiddeld tij (GHW voor hoogwater en GLW voor laagwater), springtij en doortij in de 3 trajecten (Noordrand (Figuur 3-9a), tussenlopen (Figuur 3-9b) en Zuidrand (Figuur 3-9c) waar de getijgolf via de Nieuwe Waterweg van in doordringt. In de figuur van de Zuidrand is ook het verloop buitengaats in de Voordelta weergegeven.	74
Figuur 3-10: a en b. Maximale afvoeren in de verschillende waterlopen van de BRM tijdens vloed (boven) en eb (onder). De stroomrichting is aangegeven met < voor water dat richting zee stroomt en > voor water dat naar binnengaats stroomt.	76
Figuur 3-11: Stroomsnelheid in m/s (rood) en waterstand in cm tov NAP (blauw) van het meetpunt Spijkenisse in de Oude Maas bij gemiddelde omstandigheden.	77
Figuur 3-12: a en b. Stroomsnelheden in m/s tijdens eb (boven) & vloed (onder) bij een gemiddelde Rijn- en Maasafvoer. Met < en > is de stroomrichting aangegeven. Bron: Rijn-Maasmond km uitvoer www.waterberichtgeving.nl	78
Figuur 3-13: Waterstandsverloop bij een langdurige stormsituatie op 4 en 5 januari 2012. Beginnend bij Hoek van Holland (linksboven) is de getijgolf in Rotterdam (rechtsboven) nog weinig veranderd. Verder binnengaats bij Dordrecht (linksonder) daalt de waterstand na de eerste stormdag al minder sterk omdat het vele ingestroomde water niet snel genoeg weg kan stromen. Tijdens de tweede stormdag die uit twee vloedperioden bestaat is dit effect nog sterker, wat leidt tot een bijna net zo hoge stand als bij Rotterdam. Dit effect is nog groter in het Hollands Diep bij Moerdijk (rechtsonder). Het waterpeil in het bekken is bij de eerste golf ruim 1 meter gestegen en daarna maar 50 cm gezakt. Bij de tweede storm die langer duurde stroomt er vrijwel helemaal geen water terug. Het bekken heeft ruim 48 uur nodig voordat het weer is leeggestroomd. Tijdens een lange storm, verzamelt zich daar dan steeds meer water.	80
Figuur 3-14: Buitendijkse gebieden in de BRM onderverdeeld naar huidig landgebruik.	80
Figuur 3-15: Gebieden die voor de afsluiting van het Haringvliet en de Grevelingen onder invloed stonden van het getij, zowel dagelijks als incidenteel bij hoge vloed (vervangen door kaart BRM).	82
Figuur 3-16: Buitendijkse gebieden langs Haringvliet en Hollands Diep die binnen de range liggen die kan overstromen, met onderscheid waar dit dagelijks, waar dit incidenteel, ca 5% van de tijd of incidenteel (enkele keren per jaar of minder) gebeurt. Gebieden die permanent onder water staan zijn lichtblauw aangegeven, de gebieden die nooit	

overstromen roodbruin. NB de hoogtekaart geen data geeft onder de ca 0,5 à 0,6 m NAP, waardoor een deel van de intergetijdenzone achter vooroevers niet zichtbaar is. Naar schatting is het dagelijks overstromde areaal daarom circa een factor 2 groter.	82
Figuur 3-17: Buitendijkse gebieden die in de Brabantse en Hollandsche Biesbosch en langs de Noord die (ook) binnen de range liggen die kan overstromen, met onderscheid waar dit dagelijks, ca 5% van de tijd of incidenteel (enkele keren per jaar of minder) gebeurt. Gebieden die permanent onder water staan zijn lichtblauw aangegeven, de gebieden die nooit overstromen roodbruin. Er is een relatief groot areaal dat binnen de zone ligt van het dagelijks getij, maar wat omsloten is door een lage kade, zodat het getij er op een incidentele overstroming na, niet in door kan dringen (geel op de kaart). Het water blijft er dan soms wekenlang staan, waardoor het gebied veel weg heeft van een overstromde uiterwaard.	83
Figuur 3-18: Veranderde getijdenbeweging na afsluiting van het Haringvliet in de Brabantse Biesbosch.	85
Figuur 3-19: Waterstandsverloop Rotterdam sinds 1970 van respectievelijk hoogste, gemiddelde en laagste waarde. In de onderste grafieken is ingezoomd op de afzonderlijke standen, met daarbij de trendlijn en het 12-jarig gemiddelde.	86
Figuur 3-20: Waterstandsverloop Moerdijk sinds 1970 van gemiddelde, hoogste en laagste waarde van een jaar met 12-jarig gemiddelde en trendlijn.	87
Figuur 3-21: Links: Aanvoer vanuit de 3 rivieren die in de BRM uitmonden, gebaseerd op afvoergegevens vanaf 1970 t/m 2022. Rechts: Relatief aandeel dat de 3 riviertakken bijdragen aan de zoetwateraanvoer in de BRM, gebaseerd op afvoergegevens vanaf 1970 t/m 2022.	88
Figuur 3-22: Relatie tussen waterstanden en Boven-Rijnafvoer in de Beneden-Waal en Nieuwe Merwede. (NB het gaat hier om de Boven-Rijnafvoer, waarvan ca 70% via de waal wordt afgevoerd).	90
Figuur 3-23: Relatie tussen de gemiddelde Rijnafvoer bij Lobith en gemiddelde waterstand in Rotterdam (links) en in Moerdijk (rechts).	90
Figuur 3-24: Gemiddelde maandafvoer vanuit de 3 rivieren in de BRM gedurende het jaar (groene lijn) en de uitersten in het hoge bereik (blauwe streepjeslijn) en het lage (rode streepjeslijn) en daartussen de 5 en 10% onder- en overschrijdingswaarden. Gebaseerd op de afvoerdata voor de periode 1970 t/m 2022.	91
Figuur 3-25: Frequentie (aantal dagen per jaar) van optreden van rivierafvoeren die via Maas, Waal en Lek samen de BRM bereiken	92
Figuur 3-26: Kans dat op een kalenderdag in de BRM een lage rivierafvoer optreedt van 850 m ³ /s of een zeer lage van 700 m ³ /s. (NB. 850 m ³ /s komt gemiddeld overeen met een Bovenrijnafvoer van ca 1000 m ³ /s bij Lobith en 700 m ³ /s met ca 850 m ³ /s).	92
Figuur 3-27: Modelmatig bepaalde afvoerverdeling van het rivierwater bij lage, gemiddelde en hoge rivierafvoeren.	93
Figuur 3-28: Debietverdeling tussen de Nieuwe Waterweg en het Haringvliet (Rijkswaterstaat, 2012).	94
Figuur 3-29: Absolute (boven) en relatieve (onder) afvoer van rivierwater via Nieuwe Waterweg en Haringvlietsluizen. Boven: in kleur de aanvoer van rivierwater naar de BRM. Het gedeelte dat via de Haringvlietsluizen naar zee stroomt is met een zwarte lijn aangegeven. De rest stroomt via de Nieuwe Waterweg. Onder: Percentage van het rivierwater dat via Nieuwe Waterweg (rood) en Haringvliet (blauw) naar zee stroomde tijdens deze periode.	95
Figuur 3-30: Waterstand buitengaats bij Stellendam (blauw) en in het Haringvliet bij Hellevoetsluis (groen-rode lijn) van 31/3 t/m 6/4/17. In groen de perioden met een hogere stand binnengaats, waarbij er gespuid kon worden, in rood de perioden dat het peil buitengaats hoger staat. Onderaan is de gezamenlijke afvoer van Rijn en Maas weergegeven, waarvan in die periode ongeveer 40% via de Haringvliet werd gespuid.	96
Figuur 3-31: Kans dat op een dag in het jaar een lage rivierafvoer optreedt van 850 m ³ /s, waarbij de meetreeks in twee gelijke delen is opgedeeld. NB. Een afvoer van 850 m ³ /s in de BRM komt gemiddeld overeen met een Boven-Rijnafvoer van 1.000 m ³ /s.	98
Figuur 3-32: The Hjulstrom-Sundborg diagram (Bron: Earle, 2014)	99
<i>Figuur 3-33 Evenwichtsrelatie kom en volume in- en uitstromend getijdenwater. Het verkleinen van de kom leidt tot een geringere in- en uitstroom en als er voldoende sediment beschikbaar is tot een afname van de doorsnede van een geul. Bij een uitbreiding van de kom wijzen de pijlen in de andere richting.</i>	100

Figuur 3-34: Sedimenttransport in het Rijn stroomgebied. Goed zichtbaar is dat de hoeveelheid klei en silt toeneemt bij de instroom van de Moezel en vervolgens bij de samenvloeiing van de Rijn en Maas. Door sedimentatie in de Delta neemt de sedimentflux daarna snel af voordat het de Noordzee bereikt. Klei en silt vormen de grootste flux die aankomt in de Biesbosch Rijn-Maasmonding. (Bron: From source to mouth: Basin-scale morphodynamics of the Rhine River, Frings et al., 2019)	100
Figuur 3-35: Impressie van de slibstromen die langs de kust naar het noorden bewegen. Beeld uit de Noordzee-atlas voor zwevend stof, gebaseerd op een inventarisatie in 2000 (RIKZ, 2002).	101
Figuur 3-36: Huidige verdeling van gesuspendeerd sediment (slib) (jaargemiddelde flux 2000–2018), met vermelding van meetstations (roze stip), gemeten (blauw) en gemodelleerde (paars) sedimentfluxen en de daaruit voortvloeiende erosie (roze) en sedimentatie (groen). In oranje is de verspelde sedimentatie op de uiterwaarden weergegeven. https://cdnsiencepub.com/doi/10.1139/anc-2021-0003#sec-4	102
Figuur 3-37: Satellietbeeld van het Haringvliet van 15 februari 2019 (boven) tijdens een periode van relatief hoge rivierafvoeren (Bovenrijn 3.200 m ³ /s en Maas 1.200 m ³ /s). Op 27 februari (onder) toen de afvoer al sterk was afgenomen (Bovenrijn 1.800 m ³ /s en Maas 250 m ³ /s. (bron: https://apps.sentinel-hub.com/sentinel-playground).	103
Figuur 3-38: Overzichtskaart bodemdiepte Biesbosch Rijn-Maasmonding (t.o.v. NAP). De diepe geulen in het Haringvliet, de Nieuwe Waterweg en de Dortsche kil/ Oude Maas zijn goed zichtbaar. (Bron: Stroming)	104
Figuur 3-39: Dwarsprofiel Lek, Nieuwe maas en Nieuwe Waterweg	105
Figuur 3-40: Bodemligging van de Oude Maas	106
Figuur 3-41: Profiel van de as van de rivier. Vanaf Vuren via de Nieuwe Merwede door het Hollands Diep tot aan de Volkerak sluizen.	107
Figuur 3-42: Bodemdiepte in het de zuidelijke rivierlopen en het voormalig estuarium Hollands Diep - Haringvliet.	107
Figuur 3-43: Relatief hoogteverschil (m) per waterloop (exclusief Hollands Diep en Haringvliet) ten opzichte van referentiejaar 2008. Bron: Jaarrapportage sedimentbalans Rijkswaterstaat WNZ (2021)	108
Figuur 3-44: Volumeverschil per geanalyseerde riviertak voor de periode 2008 – 2021. Het totale verlies aan sediment bedraagt 12,5 miljoen m ³ . De waarden zijn inclusief menselijke ingrepen. Bron: Jaarrapportage sedimentbalans Rijkswaterstaat WNZ (2021)	108
Figuur 3-45: Totale massa (in Mt) gebaggerd sediment in de BRM in de periode 2000-2019 (Uit Cox, 2022).	109
Figuur 3-46: Situatie bij de Korendijkse Slikken voor afsluiting (rond 1960), na afsluiting en fase van oeverafslag (1980) en na aanleg van de vooroevers (2010).	110
Figuur 3-47: Overzicht beschermde oevers in Haringvliet, Hollands Diep en enkele tussenlopen (onder) (Wijsman et al., 2018).	110
Figuur 3-48: Uitgedijkte gebieden in de Noordwaard (Brabantse Biesbosch) waar rivier- en getijdendynamiek sinds ca 2015 weer toegang toe hebben.	111
Figuur 3-49: Gemiddelde bodemhoogte verandering in [meter / jaar] voor de Brabantse Biesbosch (van der Deijl, 2018).	112
Figuur 3-50: Erosie en sedimentatiepatronen in het Haringvliet (links) Dikte afzettingen in het Haringvliet vanaf 1972 (rechts) Bron: Van Maren en Wang, 2009.	113
Figuur 3-51: Hoogteverschilkaart Blanke slikken (Tiengemetten) van de periode 2008-2020.	114
Figuur 3-52: Conceptueel model van de verandering op de buitendelta van het Haringvliet na afsluiting van het zeegat (Van der Spek en Elias, 2019).	115
Figuur 3-53: Erosie en sedimentatie Voordelta Haringvliet in 3 fasen: 1) vanaf afsluiting Brielse Maas en aanleg Haringvlietdam (gesloten in 1970), 2) vanaf aanleg Maasvlakte en 3) vanaf aanleg Maasvlakte II (Elias, 2014).	116
Figuur 3-54: Uitstroom van slibrijk rivierwater tijdens een periode van verhoogde rivierafvoer op links: 14/03/19 (Boven-Rijn: 5.700 m ³ /s en Maas: 1.500 m ³ /s) die gemiddeld 5 d/j optreedt en rechts twee weken later (Boven-Rijn: 2.400 m ³ /s en Maas: 350 m ³ /s) die gemiddeld 100 d/j optreedt en waarbij de Haringvlietsluis weer grotendeels gesloten is.	116

Figuur 3-55: Conceptueel model van huidige sedimentstromen in de Voordelta. Bron: Arcadis, onderzoek aanzanding kust Haringvlietmonding, 2022	117
Figuur 3-56: De beweging van de zandplaten in de Voordelta is goed te volgen via satellietbeelden. Op deze foto de veranderingen tussen voorjaar 2017 (gele contouren) en voorjaar 2022 (ondergrondfoto).	118
Figuur 3-57: Verzilting van de Rijn-Maasmonding onder verschillende omstandigheden	119
Figuur 3-58: Verloop van het zoutgehalte bovenin (links) en onderin (rechts) de waterkolom gedurende 3 dagen met een licht verhoogde rivierafvoer ter hoogte van Hoek van Holland (blauwe lijn), Lekhaven (oranje lijn) en Spijkenisse (grijze lijn).	120
Figuur 3-59: Verloop van het zoutgehalte bovenin (links) en onderin (rechts) de waterkolom gedurende 3 dagen met een lage rivierafvoer ter hoogte van Hoek van Holland (blauwe lijn), Lekhaven (oranje lijn) en Spijkenisse (grijze lijn).	120
Figuur 3-60: <i>Chloride-gehalte van het water bij de bodem in het benedenriviereengebied tijdens laag water en bij een hoge rivierafvoer (A= links) en tijdens hoog water en bij een lage rivierafvoer (B= rechts) vóór de uitvoering van de Deltawerken (Driesprong et al., 1998).</i>	121
Figuur 3-61: Verloop van het chloridegehalte op 3 locaties in het Haringvliet in het jaar 1970 in relatie tot de Rijn- en Maasafvoer. Dit was het jaar dat de Haringvlietdam al gereed was, maar de sluizen nog niet in werking.	122
Figuur 3-62: Zwevend stof in het water (links) en doorzicht in het zomerhalfjaar (rechts).	123
Figuur 3-63: Totaal fosfor (links) en totaal stikstof (rechts) in het water	124
Figuur 3-64: Chlorofyl-a als maat voor de primaire productie in het water	124
Figuur 3-65: Zuurstofverzadiging (%) in het bovenste oppervlaktewater	125
Figuur 3-66: Kwaliteit van de waterbodem op basis van waterbodemonderzoeken. Weergegeven is het aantal monsters in een bepaalde kwaliteitsklasse: AT=altijd toepasbaar (groen), A=klasse A (geel), B=klasse B (oranje) en NT=nooit toepasbaar (rood) (bron: Osté et al., 2022).	128
Figuur 3-67: Ondergrond van de binnendijkse gebieden.	130
Figuur 3-68: Voorkomen van getijdengeul afzettingen in de bodem.	130
Figuur 3-69: Afzettingen van oude getijdenkreeken en (met name in de veenpolders) voormalige afwateringsstelsels in het binnendijkse gebied. Bron: Dinloket.nl/ondergrondmodellen	131
Figuur 3-70: Kaartbeeld van een veenpolder rond 1900, 1955 en 2020.	132
Figuur 3-71: Kaartbeeld van een kleipolder rond 1900, 1955 en 2020.	133
Figuur 3-72: Overzicht van locaties waar binnen- en buitenwater met elkaar verbonden zijn via sluizen en gemalen. Hier kan water in- en/of uitgelaten worden. In het binnendijkse gebied is met cijfers het gemiddelde waterpeil weergegeven.	134
Figuur 3-73: Verdeling van de waterlopen naar gelang de kans op verzilting. Nummers worden verklaard in Tabel 3-7.	136
Figuur 3-74: Verwachte bodemdaling tussen 2020 en 2050 (bron: Klimaatatlas)	137
Figuur 5-1. Kenmerkende fysiotopen in een getijdenrivier met bijbehorende morfologische processen (Middelkoop et al., 2003).	148
Figuur 5-2. Kenmerkende fysiotopen in een in een open estuarium. Naar Vos en Van Heeringen, in Berendsen, 1996 (Maas, 2002).	150
Figuur 5-3 Een impressie van de biodiversiteit in de BRM van water tot land en zoet tot zout. Zowel soorten als biotopen zijn aangegeven (De Urbanisten, 2019).	150
Figuur 5-4. De eerste gebiedsdekkende vegetatiekaart van de Brabantse Biesbosch (Zonneveld, 1960)	152
Figuur 5-5. Classificatie van kenmerkende vegetatiezones in de Brabantse Biesbosch voor de afsluiting van het Haringvliet bij een getijslag van 2 m voor een biezenegors, rietgors en griend of vloedbos (naar Zonneveld, 1960; MLW = GLW; MHW = GHW)	153

Figuur 5-6 Verschillende typen riet die tot stand komen onder verschillende omstandigheden (van der Winden, 2017).	155
Figuur 5-7. Vegetatiezones in het zoetwatergetijdengebied in relatie tot getijslag. De gestippelde arcering is de waterpeper-waterereprijs zone (naar Zonneveld, 2000; van de Rijt, 2001). De zones zijn een benadering en de grenzen zullen in de praktijk niet zo hard zijn.	156
Figuur 5-8. Getijdennatuur zout- tot brakwater. Boven de afbeeldingen zijn enkele Natura 2000-habitattypen aangegeven die binnen die zone voor kunnen komen.	157
Figuur 5-9. Potentiële zonering van hogere planten, korstmossen en wieren op de oeververdediging in het Rotterdamse Havengebied (Beer- en Calandkanaal) met zout tot brak water en relatief luwe omstandigheden (Paalvast, 1998).	158
Figuur 5-10. Vegetatietypen in estuaria in relatie tot het zoutgehalte door (van de Rijt & Esselink, 2006). Het figuur is gemaakt voor het Lauwersmeer in een natuurlijke situatie (onbeheerd), maar het principe in de BRM is vergelijkbaar. (GHW = gemiddeld hoogwater, GLW = gemiddeld laagwater).	159
Figuur 5-11 Een impressie van macrofauna in de Noordzee, met zowel in- als epifauna (vogels zijn hier geen onderdeel van). Epifauna kan op zowel hard als zacht substraat leven. Aangepast overgenomen van (Senckenberg, n.d.)	161
Figuur 5-12. Indeling van wateren op basis van zoutgehalten (mg Cl/l) en veranderingen in macrofaunasamenstellingen (Van Riel & Verdonschot, 2020).	162
Figuur 5-13. Conceptueel model van de biodiversiteit van flora en fauna (niet alleen macrofauna) in een estuarium als gevolg van het zoutgehalte (Whitefield et al., 2012).	162
<i>Figuur 5-14 Schematische weergave van de ecologische gildes van vissen die worden aangetroffen in estuaria. Figuur oorspronkelijk uit Ybema & Backx (2001).</i>	164
Figuur 5-15 De grote hoofdtrekroutes (flyways) voor kust- en landvogels die in Nederland voorkomen. Via Vogelbescherming Nederland (2022).	166
Figuur 5-16. Relatie tussen systeemkenmerken, processen, milieufactoren, fysiotopten, ecotopen en soorten. De mens grijpt op alle cirkels in, maar wordt er op haar beurt ook door beïnvloed.	168
Figuur 5-17. Ecotopenkaart Rijkswaterstaat van het zoetwatersysteem, 4 ^e cyclus. De ecotopen zijn t.b.v. een overzichtelijke legenda gegroepeerd op structuur. De ecotopen van de Voordelta zijn niet gekarteerd.	170
Figuur 5-18. Schema van de biotoopverdeling RMS-monding (bron: Staatsbosbeheer). Deze biotopen zijn hieronder meer specifiek gemaakt voor de BRM-studie.	172
Figuur 5-19. Biotopenkaart RMS-monding ingezoomd op het studiegebied (bron: Staatsbosbeheer). De biotopen zijn hieronder meer specifiek gemaakt voor de BRM-studie.	173
Figuur 5-20. Vegetatiezones in een zoetwatergetijdenoever met bijbehorende Natura 2000-habitattypen (eigen materiaal).	176
Figuur 5-21. Vegetatiezones in een zoutwatergetijdenoever met bijbehorende Natura 2000-habitattypen. In de kustzone is door wind, golven en continue aanvoer van zand het slik en schor een kaal strand zijn tot aan de duinen (eigen materiaal).	177
Figuur 5-22. Rivierenlandschap met landschapselementen (zie tekst boven de doorsnede), het potentiële voorkomen van de belangrijkste habitattypen en andere kenmerkende vegetaties (*). De rode lijnen geven de inundatieduur aan.	178
Figuur 5-23. Principeschets van de duinen (Bron: OBN Kennisnetwerk)	179
Figuur 5-24 Begrenzing van de KRW-waterlichamen met bijbehorende watertypen in de BRM	180
Figuur 5-25. Toestandsoordelen van kwaliteitselement Fytoplankton in de KRW-waterlichamen in de zuidelijke en noordelijke helft van het BRM-gebied. Oordelen overgenomen uit de Factsheet KRW Oppervlaktewater Rijkswateren - Behorende bij Stroomgebiedbeheerplannen 2022-2027. Betekenis kleuren/symbolen Groen = 'goed', Geel = 'matig', Oranje = 'ontoereikend', Rood = 'slecht'. 'NVT' = Kwaliteitselement fytoplankton is niet van toepassing voor dit KRW-watertype en wordt daarom niet beoordeeld. 'X' = toestandsoordeel niet afkomstig uit Aquo-kit (een applicatie voor de gestandaardiseerde verwerking van waterkwaliteit-monitoringgegevens).	183

Figuur 5-26. De historische ontwikkeling van de Noordrand. Bron: Historische kaart 1738-1744 van Melchior Bolstra (boven); Militaire Kaart 1850 (midden); topografische kaart 2020 (onder; de Jong, 2023).	186
Figuur 5-27. Westoever van de Crezéepolder toont het lokale begrazingseffect van ganzen. De rechterhelft is beschermd tegen vraat door ganzen middels een raster. Daar kan riet nog voorkomen. Op de linker helft buiten het raster (oranje zone) is de vegetatie volledig kortgevreten (foto's door B. de Jong, juli 2021).	189
Figuur 5-28. Kade in de Crezéepolder die gebruikt wordt als slaapplek. Geheel kaalgevreten, platgetrapt en volgepoept (foto's door B. de Jong, februari, 2021).	189
Figuur 5-29 Ontwikkeling gemiddelde ganzenaantallen in het winterhalfjaar, weergegeven met de gemiddelde aantallen over alle tellingen (niet persé op hetzelfde moment aanwezig). Bron: Netwerk Ecologische Monitoring, Sovon/CBS. Via https://sovon.nl/onderzoek/onderzoeksthemas/ganzen-en-faunaschade/aantallen-ganzen .	190
Figuur 5-30. Toestandsoordelen van kwaliteitselement Overige waterflora in de KRW-waterlichamen in de zuidelijke en noordelijke helft van het BRM-gebied. Oordelen overgenomen uit de Factsheet KRW Oppervlaktewater Rijkwateren - Behorende bij Stroomgebiedbeheerplannen 2022-2027. Betekenis kleuren/symbolen Groen = 'goed', Geel = 'matig', Oranje = 'ontoereikend', Rood = 'slecht'. 'NVT' = Kwaliteitselement Overige waterflora is niet van toepassing voor dit KRW-watertype en wordt daarom niet beoordeeld. 'X' = toestandsoordeel niet afkomstig uit Aquo-kit (een applicatie voor de gestandaardiseerde verwerking van waterkwaliteit-monitoringgegevens).	191
Figuur 5-31. Ter indicatie de EKR-totaalscores over de jaren van macrofauna voor de Brabantse Biesbosch en Boven- en Beneden Merwede. Zie ook bijlage A.	193
Figuur 5-32 Toestandsoordelen van kwaliteitselement Macrofauna in de KRW-waterlichamen in de zuidelijke en noordelijke helft van het BRM-gebied. Oordelen overgenomen uit de Factsheet KRW Oppervlaktewater Rijkwateren - Behorende bij Stroomgebiedbeheerplannen 2022-2027. Betekenis kleuren/symbolen Groen = 'goed', Geel = 'matig', Oranje = 'ontoereikend', Rood = 'slecht'. 'X' = toestandsoordeel niet afkomstig uit Aquo-kit (een applicatie voor de gestandaardiseerde verwerking van waterkwaliteit-monitoringgegevens).	195
Figuur 5-33 Aantal soorten (n) per visgilde per deelgebied (max grootte balk = 19). Figuur uit Kooiman et al., (2022).	198
Figuur 5-34 Dichtheid (n/ha) per gilde per deelgebied (max grootte balk = 18.325,8). Figuur uit Kooiman et al., (2022).	199
Figuur 5-35 Vroeger werden nog grote aantallen zalm gevangen in de BRM. Deze foto is genomen in 1916 op Zalmmarkt te Kralingsche Veer (Rotterdam) (Quak, 2016).	200
Figuur 5-36. Zalmvisserijen op de benedenrivieren en de BRM. Locaties op basis van vermelding op oude topografische kaarten (19 ^e en 20 ^e eeuw), maar zie ook (Quak, 2010). De meeste zalmvisserijen waren voor de Tweede Wereldoorlog gesloten.	200
Figuur 5-37. Achteruitgang van de zalm in NW-Europa door de eeuwen heen (linker Y-as in log schaal) en toename van het aantal watermolens in het Rijn-Maas-stroomgebied (rechter Y-as) (Lenders & Verbeek, 2018).	201
Figuur 5-38 Toestandsoordelen van kwaliteitselement Vis in de KRW-waterlichamen in de zuidelijke en noordelijke helft van het BRM-gebied. Oordelen overgenomen uit de Factsheet KRW Oppervlaktewater Rijkwateren - Behorende bij Stroomgebiedbeheerplannen 2022-2027. Betekenis kleuren/symbolen Groen = 'goed', Geel = 'matig', Oranje = 'ontoereikend', Rood = 'slecht'. 'NVT' = Kwaliteitselement fytoplankton is niet van toepassing voor dit KRW-watertype en wordt daarom niet beoordeeld. 'X' = toestandsoordeel niet afkomstig uit Aquo-kit (een applicatie voor de gestandaardiseerde verwerking van waterkwaliteit-monitoringgegevens).	203
Figuur 5-39 Natura 2000-gebieden in en op de grens van de BRM. Grijsgekleurde gebieden zijn ook aangewezen als Natura 2000-gebied maar vallen buiten de scope van deze analyse.	205
Figuur 5-40 Onder meer de bodemroerende garnalenvisserij leidt tot schade aan de zeebodem en de daarin/-op levende macrofauna en vissen (foto door Eric van der Eijk/ANP, via NRC (2023).	207
Figuur 5-41 laagdynamische zoete wateren met een uitbundige begroeiing van krabbenscheer zijn tegenwoordig een zeldzaamheid (foto door Bert Geeraerts via Ecopedia (n.d.))	208
Figuur 5-42 Zoute slikken en schorren in Kwade Hoek (Ben Hell, via (Wandel, n.d.))	209
Figuur 5-43 In het zachthoutoibos van de Biesbosch leidt de beperkte peildynamiek tot verruiging (o.a. verbrandneteling en invasieve exoot reuzenbalsemien) (foto door Harm Blom via (Staatsbosbeheer, n.d.-a)).	211

Figuur 5-44 In de in 2015 gerealiseerde Noordwaard (Biesbosch) groeide al na een paar jaar massaal grote kattenstaart (links) en driekantige bies (rechts), typerende plantensoorten voor zoetwatergetijdenatuur (foto's door Staatsbosbeheer, via (Nature Today, 2023))	211
Figuur 5-45 Natuurlijke begrazing van duinvegetaties door konijnen is beperkt als gevolg van verschillende ziektes (foto door Mark Kras via (Staatsbosbeheer, n.d.-b)).	212
Figuur 5-46 Gewone zeehonden vinden ook rustplaatsen op een aantal relatief rustige en ontoegankelijke stranden van de industriële Maasvlakte (beeld via (Port of Rotterdam, n.d.)).	214
Figuur 5-47 Trekvisser die in en uit het Haringvliet willen trekken lopen het risico om in netten te belanden. Op het figuur zie je beroepsvissers nabij de Haringvlietdam tussen juni 2021 en januari 2022. Naar schatting is slechts 1/4 ^e deel van het totaal aantal beroepsvissers in dit gebied opgenomen in dit overzicht van Rijssel & Winter (2022). In realiteit gaat het dus om een grotere beroepsvisserij inspanning dan zichtbaar is op het figuur. Het witte contour geeft een zone aan van 1.500 m vanaf de Haringvlietdam, LNV geeft aan dat deze afstand tot de dam beoogd is als visserij vrije zone.	216
Figuur 5-48 De bittervoorn is een zogeheten limnofiel, ze vinden geschikt leefgebied in laagdynamisch plantenrijk zoetwater (foto door Arthur de Bruin - blikonderwater.nl)	219
Figuur 5-49 De waterrijke rietmoerassen van de Noorderplaat. Het lokale beheer is afgestemd op het behouden van geschikt broederbiotoop voor rietbroeders zoals de snor en roerdomp (foto door Jacques van der Neut, via Terlouw et al., 2020).	222
Figuur 5-50 Door het gebrek aan krabbenscheer maken vrijwel alle broedende zwarte sterns in Nederland tegenwoordig gebruik van door vrijwilligers aangelegde nestvlotjes (foto door Leen Euser, via Natuurmonumenten, n.d.).	224
Figuur 5-51 Broedende grote sterns, zwartkopmeeuwen en kokmeeuwen op broedeiland Blik in het Haringvliet, dat in 2018 voor kale grond broeders is aangelegd (Foto via (Staatsbosbeheer, 2022)).	225
Figuur 5-52 Steilwanden als gevolg van oeverafslag langs de Beneden Merwede. Dit vormt uitstekende nestgelegenheid voor ijsvogel en oeverzwaluw (foto door Rob Haan, via Terlouw et al., 2020)	226
Figuur 5-53 De zandspiering vormt een belangrijke voedselbron voor onder andere visdieren (foto door Albert de Jong, via (Roodbergen et al., 2022)	228
Figuur 5-54 Zandsuppleties in de Voordelta trekken massa's meeuwen aan die hopen op een eenvoudige maaltijd. De zeer verstoringgevoelige roodkeelduiker blijft echter weg (foto door Paul Böhre, via https://www.rootsmagazine.nl/vogels/meeuwen-hemel-2022/).	229
Figuur 5-55 Tijdens strenge winters hebben de wadende viseters het zwaar, op deze foto zijn grote zilverreigers te zien (foto door Jacques van der Neut, via Terlouw et al., 2020)	230
Figuur 5-56 De zwarte zee-eend, een soort van het zoute open water, met een moeilijk te hanteren Amerikaanse zwaarschede. Het inslikken van dit schelpdier kan zelfs gevaarlijk zijn (foto door Sjek Venhuis, via (Fijn et al., 2017).	231
Figuur 5-57 Een recreant die een hoogwatervluchtplaats te dicht benadert leidt voor de rustende vogels tot verstoring (foto door Marc Guyt / Agami, via (Krijgsveld et al., 2022).	232
Figuur 5-58 De regelmatig onder water lopende graslanden in de Noordwaard zijn zeer aantrekkelijk als foerageer- en rustgebied voor steltlopers, zoals Kievit en goudplevier (foto door Hans Gebuis, via Terlouw et al., 2020)	233
Figuur 5-59 In beschutte delen van wateren kunnen grote groepen watervogels rusten, in dit geval wintertalingen in de Biesbosch (foto door Hans Gebuis, via Terlouw et al., 2020).	235
Figuur 5-60 Grote groepen ganzen zijn geen uitzondering. Op de foto zijn opvliegende brandganzen te zien (foto door Hans Gebuis, via Terlouw et al., 2020).	235
Figuur 5-61 Zeearenden kunnen in het winterhalfjaar rekenen op de aanwezigheid van tienduizenden geschikte vogelprooien in de Biesbosch. (foto door Albert de Jong, via Terlouw et al., 2020)	236
Figuur 6-1: Jaargemiddelde temperatuur De Bilt en 30-jarig gemiddelde van 1901 tot 2020	248
Figuur 6-2: Links: Berekend jaargemiddelde verdamping in De Bilt, Rechts: Scenarios voor ontwikkeling verdamping tot 2100.	250

Figuur 6-3: Zeespiegelstijging aan de Nederlandse kust volgens de nieuwe zeespiegelprojecties uit het KNMI Klimaatsignaal'21 met een 90% bandbreedte, waarbij 2005 het nulpunt is. Links: de waargenomen zeespiegelstijging t.o.v. de drie SSP scenario's. Rechts: Het effect van het instabiel raken van de ijskappen rond Antarctica (SSP5-8.5 H++) ten opzichte van de scenario's SSP1-2.6 en SSP5-8.5 tot 2300. Bron: KNMI (2021).	251
Figuur 6-4: Illustratief beeld van het effect van zeespiegelstijging op intergetijdengebieden met in kleur de intergetijdengebieden aangegeven in (rechtsboven) de huidige situatie en een zeespiegelstijging van (linksonder) 30 cm, (rechtsboven) 60 cm en (linksonder) 90 cm. Hierin is de bodemhoogte gelijk gehouden en de sedimentaanvoer daarmee nul (Bender, 2020).	252
Figuur 6-5: Verdeling van gesuspendeerd sediment (slib) in 2050, met vermelding van meetstations (roze stip), gemeten (blauw) en gemodelleerde (paars) sedimentfluxen en de daaruit voortvloeiende erosie (roze) en sedimentatie (groen). In oranje is de verspelde sedimentatie op de uiterwaarden weergegeven. https://cdnsiencepub.com/doi/10.1139/anc-2021-0003#sec-4	254
Figuur 6-6: Verwachte morfologische ontwikkelingen voor de toekomst van links naar rechts: 2025, 2030 en 2060. Dit zijn visuele weergave ter illustratie. Bron: Arcadis, 2021.	255
Figuur 6-7: Schematische weergave van successie	256
Figuur 6-8: Prognose van bevolkingsgroei in Nederland tussen 2021 en 2035. Bron: CBS.	257
Figuur 6-9: Aantal woningen in aanbouw, studie en voorbereiding bij de Gemeente Rotterdam. Bron: https://www.bouwenaanrotterdam.nl/bouwkaart#/	258
Figuur 6-10: Overzicht van bestaande hoogspanningsnet verbindingen (150 kV en 280 kV), bestaande hoogspanningsstations Geertruidenberg, Krimpen aan den IJssel en Crayestein en de 10 mogelijke nieuwe hoofdroutes (corridors). Deze corridors zijn 1.200 meter breed ingetekend en geven globaal de locatie van de mogelijke verbinding weer. Bron: https://www.rvo.nl/onderwerpen/bureau-energieprojecten/lopende-projecten/hsv-380-kv-geertruidenberg-krimpen-crayestein	260
Figuur A-1	281
Figuur C-1: Gemiddelde aanvoer uit Waal, Lek en Maas samen naar de BRM sinds 1970 met 12-jarig gemiddelde en trendlijn	282
Figuur C-2: Hoogste dagaanvoer per jaar die vanuit Waal, Lek en Maas samen in de BRM aankomt sinds 1970 met 12-jarig gemiddelde en trendlijn.	283
Figuur C-3: Aantal dagen per jaar met een hoge tot zeer hoge rivierafvoer.	283
Figuur C-4: Laagste dagaanvoer die via Waal, Lek en Maas samen de BRM bereikt sinds 1970 met 12-jarig gemiddelde en trendlijn	284
Figuur C-5: Aantal dagen per jaar dat een lage tot zeer lage rivierafvoer de BRM bereikt.	284
Figuur C-6: De dagen sinds 1971 dat de Lekafvoer wordt beperkt doordat de sluw bij Driel geheel of gedeeltelijk gesloten is.	285
Figuur D-1: Waterbalans innamepunt Bernisse tijdens de periode 2010 en 2011 met in blauw de inname boven de nullijn en daaronder de watervraag van de 3 grootste afnemers.	286
Figuur D-2: Inname een uitlaten van water bij Gouda vanuit de Hollandsche IJssel gedurende jaar 2018 en 2019.	287
Figuur E-1: Trend bodemhoogte (m +NAP) van de rivieren Lek (links) en Hollandse IJssel (rechts). Bron: Jaarrapportage sedimentbalans Rijkswaterstaat WNZ (2021)	287
Figuur E-2: Trend bodemhoogte (m +NAP) in de Nieuwe Maas (links) en de trends in het lengteprofiel (rechts). Bron: Jaarrapportage sedimentbalans Rijkswaterstaat WNZ (2021)	288

Figuur E-3: Trend bodemhoogte (m +NAP) in de Nieuwe Waterweg (links) en de trend in het lengteprofiel (rechts). Bron: Jaarrapportage sedimentbalans Rijkswaterstaat WNZ (2021)	288
Figuur E-4: Trend bodemhoogte (m +NAP) in de Boven Merwede (links) en de Beneden Merwede (rechts). Bron: Jaarrapportage sedimentbalans Rijkswaterstaat WNZ (2021)	289
Figuur E-5: Trend in sedimentvolumes in de Boven Merwede (links) en Beneden Merwede (rechts). De blauwe staven geven het volumeverschil in sediment aan per jaar. De oranje staven laten de gewonnen hoeveelheid zand zien. Bron: Jaarrapportage sedimentbalans Rijkswaterstaat WNZ (2021)	289
Figuur E-6: Trend bodemhoogte (m +NAP) in de Noord (links) en de Dortsche Kil (rechts). Bron: Jaarrapportage sedimentbalans Rijkswaterstaat WNZ (2021)	290
Figuur E-7: Trend bodemhoogte (m +NAP) in de Oude Maas (links) en het Spui (rechts). In de Oude Maas is in 2018 en 2019 gesuppleerd in een drietal putten. Dit heeft de eroderende trend doen verminderen. In het Spui heeft het bestorten van de oever in 2014 vooralsnog geen effect op de steilheid van de trendlijn. Bron: Jaarrapportage sedimentbalans Rijkswaterstaat WNZ (2021)	290
Figuur E-8: Trend bodemhoogte (m +NAP) in de Bergsche Maas (links) en de Amer (rechts). Bron: Jaarrapportage sedimentbalans Rijkswaterstaat WNZ (2021)	291
Figuur E-9: Trend bodemhoogte (m +NAP) in de Nieuwe Merwede (links) en de winning van zand in oranje (rechts). Bron: Jaarrapportage sedimentbalans Rijkswaterstaat WNZ (2021)	291
Figuur E-10: Trend bodemhoogte (m +NAP) in het Hollands Diep oversteek Moerdijk (links) en de onderhoudsinspanning per jaar in oranje (rechts) om de vaargeul op diepte te houden. Bron: Jaarrapportage sedimentbalans Rijkswaterstaat WNZ (2021)	292
Figuur E-11: Trend bodemhoogte (m +NAP) in de vaargeul in het Hollands Diep (links) en de trend in het lengteprofiel (rechts). Bron: Jaarrapportage sedimentbalans Rijkswaterstaat WNZ (2021)	292

Colofon

PREVERKENNING BIESBOSCH RIJN-MAASMONDING

KLANT

Programmatische Aanpak Grote Wateren (Rijkswaterstaat, Staatsbosbeheer en Rijkdienst voor Ondernemend Nederland)

AUTEUR

Arcadis i.s.m. Bureau Stroming & OAK Consultants

DATUM

Januari 2024

Over Arcadis

Arcadis is de leidende wereldwijd opererende ontwerp- en consultancyorganisatie op het gebied van de natuurlijke en gebouwde omgeving. Wij helpen onze klanten en de maatschappij met doeltreffende, duurzame en digitale oplossingen. Wij zijn met 36.000 mensen actief die in ruim zeventig landen meer dan €4,2 miljard aan omzet genereren. Wij helpen UN-Habitat met onze mensen, die kennis en expertise leveren om de moeilijke leefomstandigheden te verbeteren in gebieden die lijden onder de gevolgen van klimaatverandering.

www.arcadis.com

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 220
3800 AE Amersfoort
Nederland

T +31 (0)88 4261 261

Arcadis. Improving quality of life

Volg ons op

