

Het verhaal van de Rijn-Maasmonding

Datum 13 februari 2019
Versie 1.1
Status Definitief



Inhoudsopgave

Ten geleide

De kernboodschap

- 1. Inleiding**
 - Het Verhaal van de Rivier
 - Wat is de 'Rijn-Maasmonding'?
 - De functies van de Rijn-Maasmonding
 - De opbouw van dit verhaal

- 2. Historische ontwikkeling**
 - De geologie van het gebied: de natuur aan het werk
 - Ingrepen van de mens

- 3. Beschrijving huidige systeem**
 - Een stelsel van rivieren en kanalen
 - Dammen en stormvloedkeringen
 - Getij en rivierafvoer
 - Bodemdaling bedijkt gebied
 - Zoutindringing buitendijks
 - Zoutindringing binnendijks
 - Sedimentatie en erosie

- 4. Ontwikkelingen in de toekomst**
 - Autonome ontwikkelingen
 - Klimaatverandering
 - Adaptief deltamanagement

- 5. Uitdagingen**
 - Waterveiligheid: voldoen aan nieuwe normen
 - Zoetwatervoorziening onder druk verzilting
 - Diepe erosiekuilen boven tunnels, kabels en leidingen, en bij waterkeringen
 - Kwaliteitsverbetering water stagneert
 - Veerkrachtige natuur in een sterk veranderd watersysteem
 - Scheepvaart: focus op vlotte en veilige vaart
 - Vervangingsopgave natte kunstwerken

- 6. Maatregelen**
 - Waterveiligheid
 - Zoetwatervoorziening
 - Stabiliteit bodemligging
 - Stabiliteit erosiekuilen
 - Natuur
 - Waterkwaliteit
 - Scheepvaart

- 7. Gidsprincipes voor inrichting en beheer**
Afweging wensen/eisen verschillende functies
Uitgangspunten
Gidsprincipes voor inrichting en beheer

Geraadpleegde literatuur

Colofon

NADERE TOELICHTINGEN











Ten geleide

Dit is een verhaal van deskundigen van het platform Rivieren (eerder bekend onder de naam COP Rivierkennis) over de Rijn-Maasmonding. Met dit verhaal willen wij onze kennis delen met Rijkswaterstaat en partijen waarmee Rijkswaterstaat samenwerkt aan de inrichting van de rivieren. Dat is belangrijk omdat inzicht in hoe de rivieren zich gedragen en ontwikkelen ten grondslag ligt aan het rivierbeheer en mede ten grondslag zou moeten liggen aan inrichtingsbesluiten die voor het rivierengebied worden genomen.








Het Verhaal gaat in op de vorming van de Rijn-Maasmonding, de opgaven en uitdagingen. Het verhaal is te beschouwen als een (soms kritisch) deskundigenadvies aan alle partijen die aan het beheer en de inrichting van de Rijn-Maasmonding werken. De deskundigen geven een aantal richtinggevende gidsprincipes voor beleid, beheer en inrichting. Het verhaal levert daarmee een bijdrage aan de maatschappelijke discussie over de koers voor de inrichting van de Rijn-Maasmonding. Het is een signalerend en agenderend verhaal. Het is ook een inhoudelijk verhaal, waardoor consequenties voor beleid, wet- en regelgeving en financiën buiten beschouwing zijn gebleven. Het verhaal heeft dan ook geen beleidsmatige, juridische of financiële betekenis. Door het Verhaal van de Rijn-Maasmonding te delen hopen de deskundigen een open discussie te starten, om zo gezamenlijk te werken aan de toekomst van de Rijn-Maasmonding.

Leeswijzer iconen

Effecten

-  Scheepspassages
-  Historie
-  Menselijke ingrepen
-  Waterdiepte
-  Stroomsnelheid
-  Waterbalans
-  Zoutindringing
-  Erosie en sedimentatie
-  Erosiekulen
-  Zoetwater innamepunten

Maatregelen betreffen:

-  Waterveiligheid
-  Zoet water
-  Stabiliteit bodemligging
-  Erosiekulen
-  Natuur
-  Waterkwaliteit
-  Scheepvaart

De kernboodschap

Tot een kleine duizend jaar geleden konden de riviertakken van Rijn en Maas zich vrij verplaatsen in het landschap. Riviertakken zandden aan en verlegden zich. Zij zetten bij hoge afvoeren zand en slib af op het sediment van de verlaten takken waardoor deze als zandbanen in de ondergrond werden begraven.

De eerste grote ingreep in het rivierensysteem met gevolgen voor de Rijn-Maasmonding was de afdamming van de Kromme Rijn bij Wijk bij Duurstede in 1122; hierdoor moest de Lek meer water afvoeren. Sindsdien zijn riviertakken met dijken en kribben vastgelegd, nieuwe geulen gegraven en bestaande geulen verdiept. De Rotterdamse haven werd steeds verder zeewaarts uitgebreid, de Deltawerken werden gerealiseerd, en in het kader van Ruimte voor de Rivier werd de afvoercapaciteit van de rivieren bovenstrooms van de Rijn-Maasmonding vergroot. Ook de natuur liet zich gelden: een van de laatste grote stormvloed in dit gebied, de Sint-Elisabethsvloed van 1421, stond aan het begin van het ontstaan van de Biesbosch, het Haringvliet en het Hollandsch Diep.

De combinatie van al deze ontwikkelingen leverde het stelsel van geulen en kanalen op dat wij nu kennen als de Rijn-Maasmonding. Een gebied met de hoogste bevolkingsdichtheid van Nederland, veel bedrijvigheid en met de Rotterdamse haven als een van de motoren van de Nederlandse economie. Een gebied ook waar het water zo wordt beheerd dat de vele functies van het stelsel van geulen en kanalen zo goed mogelijk worden bediend. Dit stelt ons voor een aantal uitdagingen:

- het voldoen aan de normen voor de waterveiligheid;
- het beschikbaar houden van voldoende zoetwater onder druk van verzilting;
- het stabiliseren van erosiekuilen met het oog op de ligging van tunnels, kabels en leidingen, en de stabiliteit van oevers en waterkeringen;
- het verder verbeteren van de waterkwaliteit;
- het behouden en versterken van de natuur in dit sterk veranderde watersysteem;
- de realisatie van een vlotte en veilige scheepvaart.

Voor deze uitdagingen worden de komende decennia al maatregelen genomen of zijn maatregelen in beeld die binnen de context van de huidige inrichting en het huidige beheer kunnen worden gerealiseerd. Voor de waterveiligheid is een opgave van dijkversterking vastgesteld, met als huidig uitgangspunt een open Nieuwe Waterweg die met een stormvloedkering kan worden afgesloten. Voor de lange termijn (na 2050) is de versnelde zeespiegelstijging een belangrijk aandachtspunt; een eerdere vervanging van grote werken of een (gedeeltelijk) andere inrichting kan hierdoor nodig blijken. De zoetwatervoorziening van West-Nederland blijft tot 2100, met aanvullende maatregelen, op orde. Met sedimentbeheer willen we erosie van rivierbeddingen zoveel mogelijk tegengaan. Met de bestorting van erosiekuilen wordt, waar nodig, de stabiliteit van oevers veilig gesteld. Met de Haringvlietssluisen op een kier krijgt de natuur meer kansen en met verschillende maatregelen wordt de verspreiding van zorgwekkende stoffen, waaronder medicijnresten, bestreden. Voor de scheepvaart worden nu al maatregelen genomen om het optreden van onvoldoende vaardiepte zoveel mogelijk tegen te gaan.

Voor de afweging van, onderling soms strijdige, wensen en eisen die verschillende functies aan de Rijn-Maasmonding stellen, is een afwegingskader nodig met een aantal gidsprincipes voor inrichting en beheer. Met gidsprincipes in een integraal

afwegingskader kunnen initiatieven van derden en voorstellen voor inrichting, beheer en onderhoud worden getoetst. In deze eerste versie van het Verhaal van de Rijn-Maasmonding zijn de volgende gidsprincipes voor inrichting en beheer geformuleerd:

- Zie de rivier als systeem en corridor, voor alle natuurlijke processen en alle functies.
- Combineer functies waar mogelijk, scheid waar nodig, en benut de verschillen tussen de noord- en de zuidrand voor de versterking van estuariene gradiënten en natuurlijke dynamiek.
- Behoud het natuurlijk kapitaal voor tegengaan erosie, door klei- en veenlagen zoveel mogelijk in stand te houden en zo erosie te beperken, en geen sediment uit het systeem te onttrekken.
- Zoek kansen voor natuur in de combinatie met andere belangen, zoals is gedaan bij het programma Ruimte voor de Rivier.
- Creëer bij ingrepen beheerruimte voor de toekomst, zodat bij ontwikkelingen (bijvoorbeeld op het gebied van morfologie of veiligheid) niet meteen hoeft te worden ingegrepen.

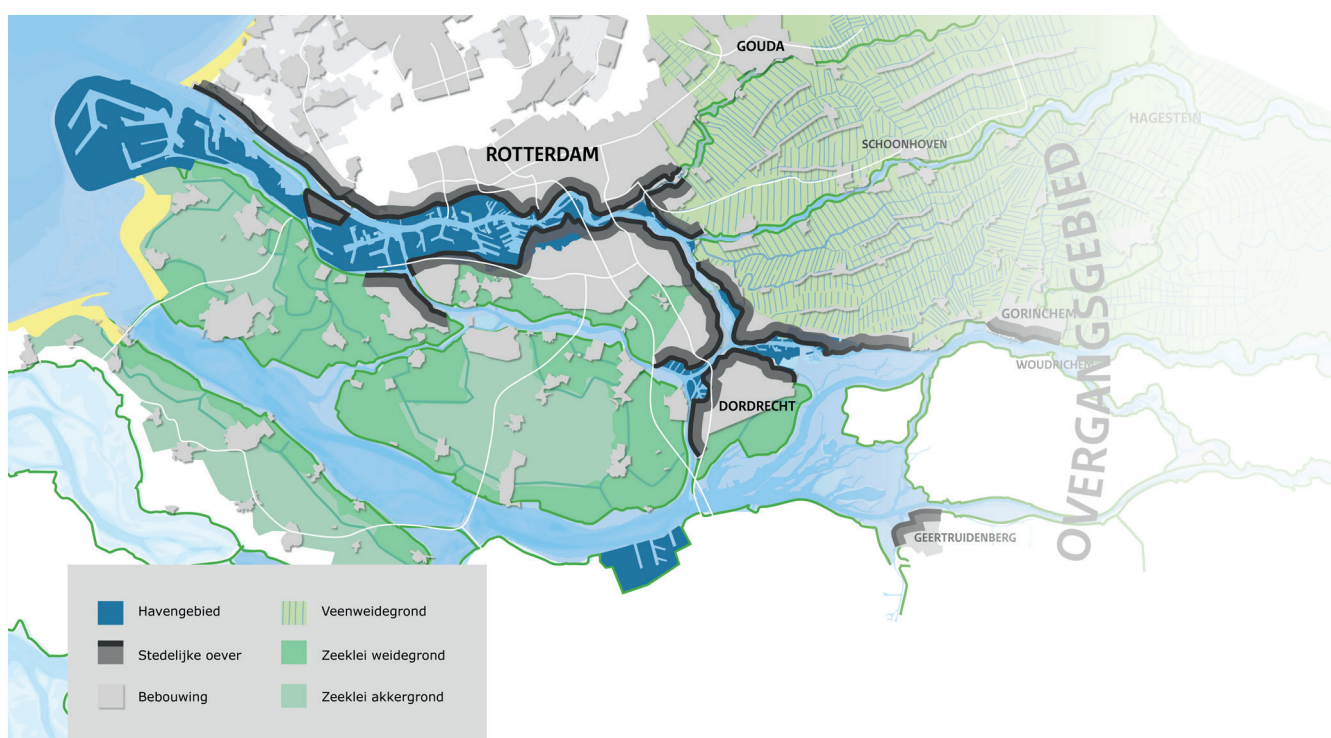
Het verhaal van de rivier

Dit verhaal brengt in beeld hoe het water van Rijn en Maas door de takken van de Rijn-Maasmonding stroomt. De processen van sedimentatie en erosie, en de verspreiding van zout worden toegelicht, en de belangrijkste uitdagingen en (voorzien) maatregelen voor de verschillende functies van dit gebied worden samengevat. Daarbij wordt ook gekeken naar de ontwikkelingen in de toekomst die deze processen en uitdagingen kunnen beïnvloeden. Met een aantal gidsprincipes voor beheer en inrichting van dit gebied geven de experts aan hoe, met de kennis en inzichten van nu, duurzaam beheer van de Rijn-Maasmonding kan worden ingevuld.

Voor verschillende aspecten van de Rijn-Maasmonding is behoefte aan meer kennis. Kennisvragen die bij het schrijven van dit verhaal in beeld kwamen, zijn samengevat in de NADERE TOELICHTING 'KENNISVRAGEN.'

Wat is de 'Rijn-Maasmonding'?

De overgang van de bovenrivieren naar de Rijn-Maasmonding wordt gekenmerkt door de invloed van het getij (zie NADERE TOELICHTING 'DE INVLOED VAN HET GETIJ'). Figuur 1 laat zien waar deze overgang in de praktijk is gedefinieerd: op de Lek bij de stuw bij Hagestein, op de Waal bij de overgang naar de Boven Merwede bij Woudrichem, en op de Maas bij Geertruidenberg.

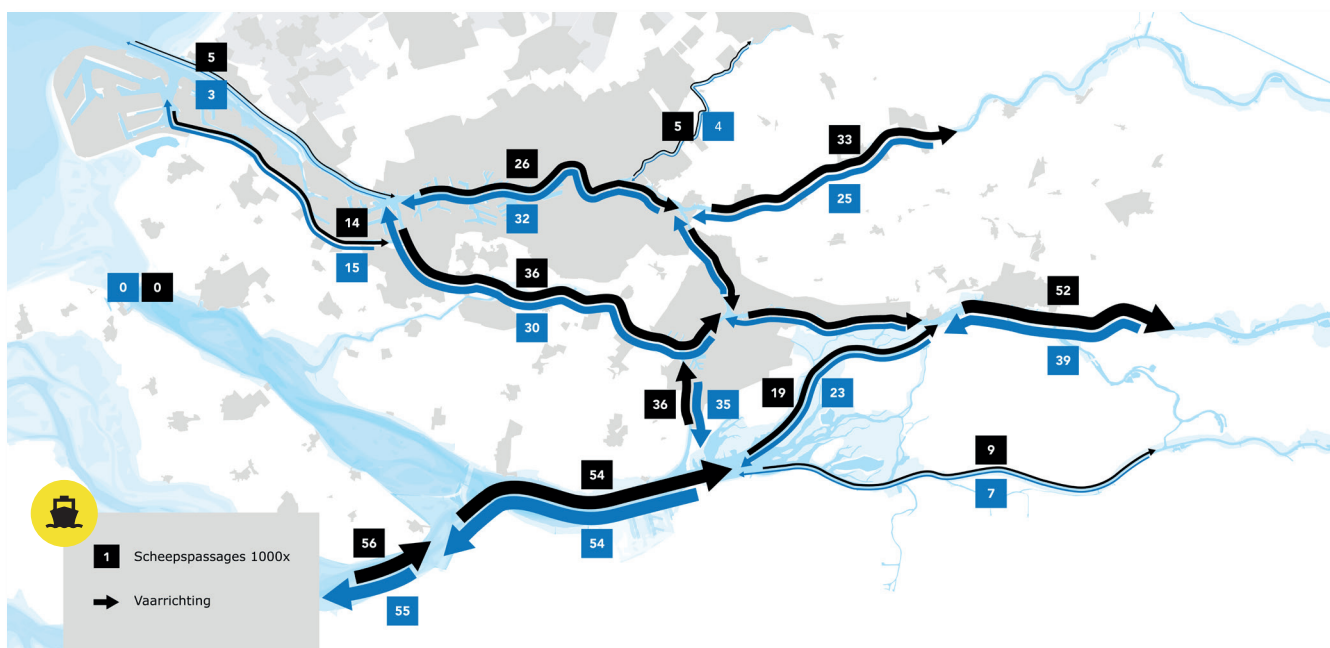


Figuur 1. De Rijn-Maasmonding.

De functies van de Rijn-Maasmonding

Een hoofdfunctie van al onze rivieren is een veilige afvoer van water, ijs en sediment. Voor de Rijn-Maasmonding komen daar de bescherming tegen het water van de zee en het tegengaan van verzilting bij. Dit laatste is vooral cruciaal bij een lage rivierafvoer: een groot deel van die afvoer is dan nodig om in de Nieuwe Waterweg de indringing van zout water tegen te gaan. Maar er zijn nog veel meer functies die de Rijn-Maasmonding vervult.

De haven en de scheepvaart zijn een economische motor voor ons land. De directe en indirecte toegevoerde waarde van de Rotterdamse haven aan de Nederlandse economie bedroeg in 2015 (laatst bekende cijfers) 21 miljard euro, 3,1% van het Nederlandse bruto binnenlandse product (zie www.portofrotterdam.com). Ruim een derde van het Nederlandse goederenvervoer vindt plaats over water (figuur 2); circa twee derde hiervan wordt van en naar het buitenland vervoerd. Vooral de containeroverslag in de Rotterdamse haven groeit fors: deze was in het eerste kwartaal van 2018 6% hoger dan in hetzelfde kwartaal een jaar daarvoor. Tussen nu en 2035 wordt een verdere forse stijging verwacht.



Figuur 2. Het aantal scheepspassages (in duizendtallen) op de takken van de Rijn-Maasmonding. De weergegeven scheepvaartintensiteit is afkomstig uit het verkeersmodel BIVAS en heeft betrekking op de vrachtbinnenvaart in het jaar 2014. Er is sprake van een onderschatting van de intensiteit in de achterliggende monitoringsdata.

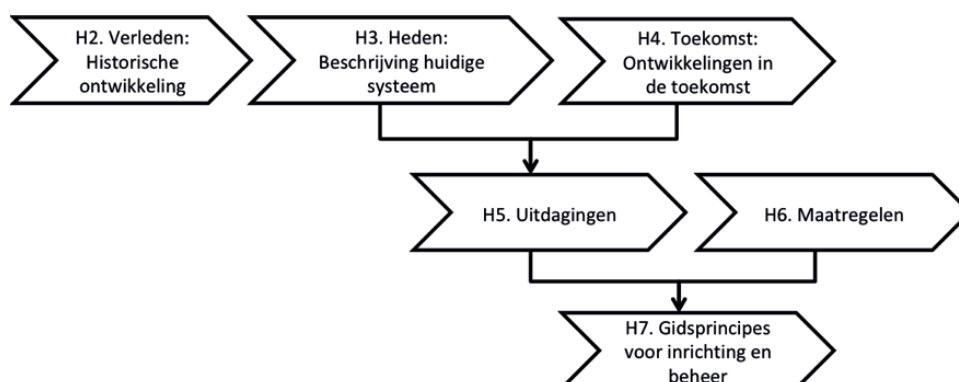
Ook de natuur (inclusief de waterkwaliteit) is een belangrijke functie in dit gebied. De Deltawerken en de grote betekenis van haven en scheepvaart zetten de kansen voor natuurontwikkeling in dit gebied echter onder druk. De recreatievaart stelt geen extra eisen aan de riviertakken zelf, wel aan de doorvaarthoogte onder de bruggen (staande mastroutes voor recreatie).

De omgeving van de Rijn-Maasmonding is sterk verstedelijkt. Een op de vijf Nederlanders woont in de provincie Zuid-Holland; het is de dichtstbevolkte provincie van ons land. De primaire waterkeringen in dit gebied hebben daarom ook een relatief hoge veiligheidsnorm.

De ontstaansgeschiedenis van meerdere riviertakken, het grote belang van de haven en de scheepvaart, en de sterke verstedelijking hebben geleid tot een dicht netwerk aan wegen en vaarwegen. Een groot aantal (droge en natte) kunstwerken faciliteert het transport van mensen en goederen over de weg en over het water. Ook liggen er in het gebied veel leidingen voor het transporteren van stoffen voor de industrie en kabels voor de energievoorziening en telecommunicatie.

De opbouw van dit verhaal

Dit verhaal is opgebouwd uit een aantal hoofdstukken, van waaruit voor specifieke onderwerpen wordt doorverwezen naar "NADERE TOELICHTINGEN". De opbouw is weergegeven in onderstaande figuur 3. In drie hoofdstukken worden de historische ontwikkeling (natuur en ingrepen mens) en het huidige systeem beschreven, en wordt een blik vooruit gegeven naar ontwikkelingen in de toekomst. Het functioneren van het huidige systeem en verwachte ontwikkelingen in de toekomst brengen een aantal uitdagingen naar voren, waarvoor maatregelen zijn voorzien of nog in beeld kunnen komen. Vanuit die uitdagingen en maatregelen worden gidsprincipes benoemd die in de toekomst toegepast zouden moeten worden bij het beheer en de inrichting van dit gebied.



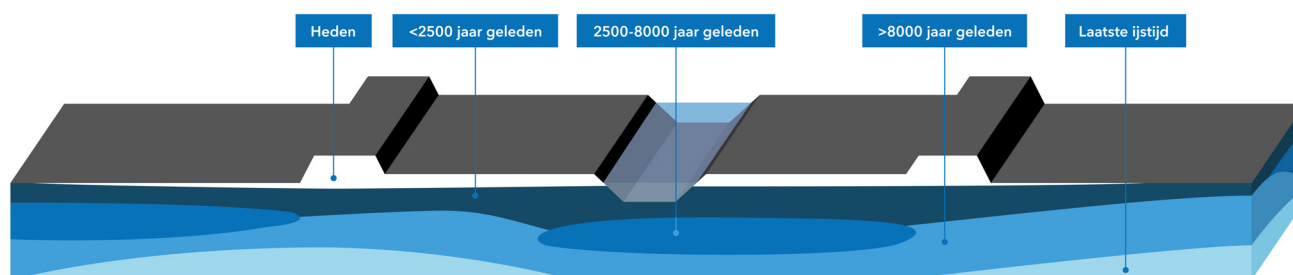
Figuur 3. De opbouw van het Verhaal van de Rijn-Maasmonding.

In de ondergrond zien wij de patronen van zandbanen die herinneren aan rivieren van duizenden jaren geleden, en pakketten van klei en veen hier tussen in. In het landschap zien wij de ingrepen van de mens waarmee, in een geschiedenis van vele eeuwen, de waterveiligheid is vergroot, de verbindingen voor de scheepvaart zijn verbeterd, de haven van Rotterdam is uitgebreid, en de zoetwatervoorziening steeds verder wordt geoptimaliseerd.

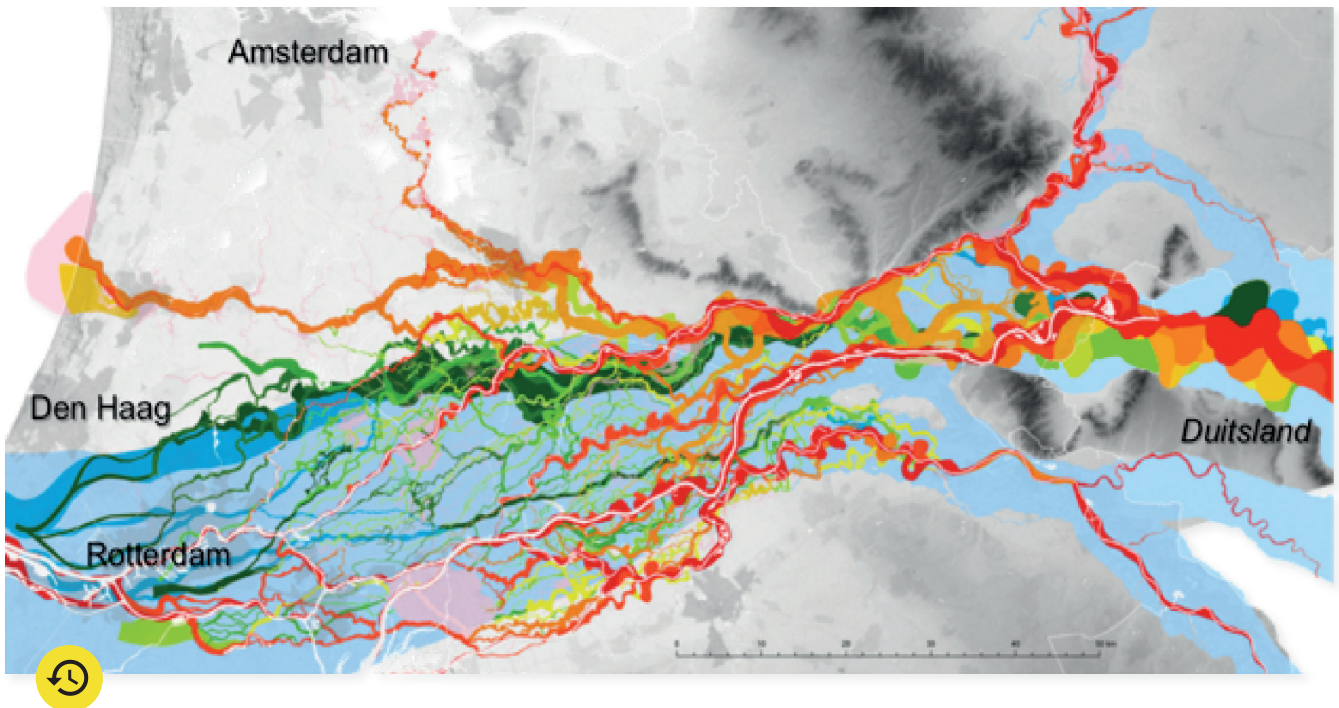
De geologie van het gebied: de natuur aan het werk

Ons land is ontstaan uit het sediment dat werd aangevoerd door grote rivieren en door de stroming, stormen en golven van de zee, en uit de resten van de begroeiing in een moerasachtig landschap die in duizenden jaren tijd dikke pakketten veen vormden. De rivieren verplaatsten zich steeds in het landschap (figuur 4): nieuwe riviertakken zetten bij hoge afvoeren sediment af op de oude zandige beddingen van de verlaten takken, waardoor deze als zandbanen in de ondergrond werden begraven. Deze ontstaansgeschiedenis is keurig in de ondergrond bewaard gebleven. In de geologie zien wij de patronen van zandbanen die herinneren aan rivieren van duizenden jaren geleden, en pakketten van klei en veen hier tussen in (zie ook NADERE TOELICHTING 'DE NATUUR AAN HET WERK').

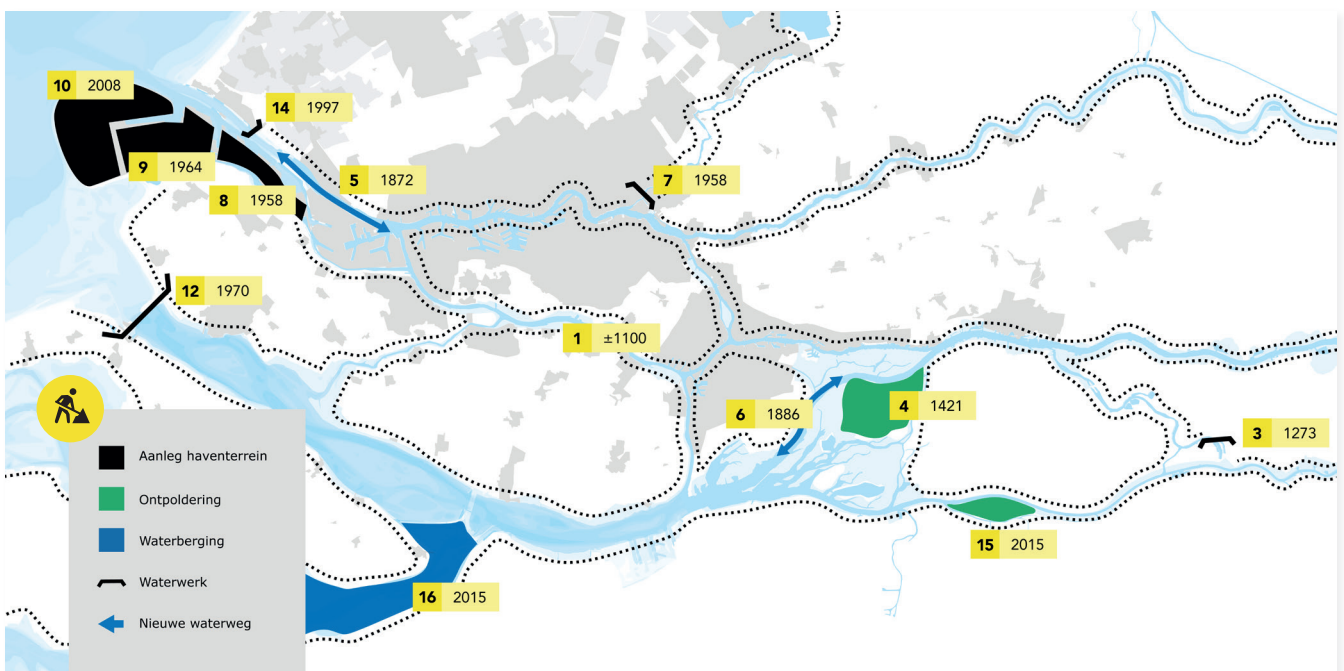
De haven en de scheepvaart zijn een economische motor voor ons land. De directe en indirecte toegevoerde waarde van de Rotterdamse haven aan de Nederlandse economie bedroeg in 2015 (laatst bekende cijfers) 21 miljard euro, 3,1% van het Nederlandse bruto binnenlandse product (zie www.portofrotterdam.com). Ruim een derde van het Nederlandse goederenvervoer vindt plaats over water (figuur 2); circa twee derde hiervan wordt van en naar het buitenland vervoerd. Vooral de containeroverslag in de Rotterdamse haven groeit fors: deze was in het eerste kwartaal van 2018 6% hoger dan in hetzelfde kwartaal een jaar daarvoor. Tussen nu en 2035 wordt een verdere forse stijging verwacht.



Figuur 4a. Verschillende historische sedimentlagen in de bodem.



Figuur 4b. In de afgelopen 1000 jaar hebben wij de rivierlopen van Rijn en Maas met dijken en dammen vastgelegd. Daarvóór verplaatsten de rivieren zich over het landschap door oude lopen te verlaten en nieuwe lopen op te bouwen. Die oude lopen liggen nu als zandbanen in de ondergrond, hoe ouder hoe dieper. Deze figuur laat de zandbanen zien die zijn gevormd sinds de laatste ijstijd (Bron: Cohen et al., 2012, Dept. Fysische Geografie, Universiteit Utrecht).



Figuur 5. De locaties van de belangrijkste ingrepen in de Rijn-Maasmonding.

Ingrepen van de mens

De eerste grote ingreep in het rivierensysteem met gevolgen voor de Rijn-Maasmonding was de afdamming van de Kromme Rijn bij Wijk bij Duurstede 1122. Hierdoor moest de Lek meer water afvoeren. Sindsdien zijn veel ingrepen uitgevoerd om de waterveiligheid van het gebied te vergroten, de verbindingen voor de scheepvaart te verbeteren, de uitbreiding van de haven van Rotterdam mogelijk te maken en de zoetwaterverdeling en -voorziening te optimaliseren. Een overzicht van de belangrijkste ingrepen is in onderstaande figuur 5 en tabel 1 samengevat (voor meer informatie zie NADERE TOELICHTING 'HISTORISCHE ONTWIKKELING RIJN-MAASMONDING').

#	Jaartal	Ingreep	Aanleiding ingreep	Gevolgen ingreep
1	±1100	Start bedijking	Kwetsbaarheid overstromingen laaggelegen delen West-Nederland	Hoogwaterbescherming Nederland
2	1122	Afdamming Kromme Rijn bij Wijk bij Duurstede	Slechte afwatering omgeving Kromme Rijn en Vecht	Meer afvoer over de Lek
3	1273	Afdamming benedenloop Maas	Verbetering rivierafvoer	Verslechtering rivierafvoer: knelpunt Dordrecht door surplus Maas en Waal
4	1421	Sint-Elisabethsvloed	Verwaarlozing dijken	Begin van de Biesbosch en Haringvliet-Hollandsch Diep
5	1872	Gereedkomen Nieuwe Waterweg	Bestaande zeeverbinding was te klein voor groter wordende schepen	Verbetering toegang scheepvaart naar Rotterdam
6	1886	Gereedkomen Nieuwe Merwede	Aanzanding Merwede en killen (geulen) naar Hollandsch Diep stremden Waalafvoer	Verbetering waterveiligheid en scheepvaart (Dordrecht)
7	1958	Gereedkomen Hollandsche IJsselkering	Ramp 1953	Betere hoogwaterbescherming Hollandsche IJssel e.o.
8	1958	Start aanleg Europoort	Toename scheepvaart: uitbreiding haven zeewaarts om indringing zout	Uitbreiding haven Rotterdam
9	1964	Start aanleg Eerste Maasvlakte	zoveel mogelijk te beperken	
10	2008	Start aanleg Tweede Maasvlakte		
11	1967	Gereedkomen kanalisatie Nederrijn - Lek	Meer zoetwater naar het IJsselmeer	Meer Rijnafvoer via de IJssel ten koste van de Lek en de Waal (bij lage Rijnafvoer)
12	1970	Gereedkomen Haringvlietdam + -sluizen	Ramp 1953	Waterveiligheid en regulering zoetwaterverdeling
13	1973	Gereedkomen 'trapjeslijn' verdieping Nieuwe Waterweg en Nieuwe Maas	Toename omvang (diepteligging) zeeschepen	Verdieping vaargeul met (zoveel mogelijk) beperking zoutindringing dankzij de 'trapjeslijn'
14	1997	Gereedkomen Europoortkering	Ramp 1953	Betere hoogwaterbescherming Rotterdam e.o.
15	2015	Ontpoldering Overdiepse Polder en Noordwaard	Hoogwaters 1993 en 1995: Ruimte voor de Rivier	Vergroting afvoercapaciteit Maas en Rijn
16	2015	Waterberging Volkerak-Zoommeer		Betere hoogwaterbescherming Dordrecht e.o.

Tabel 1. Overzicht van de belangrijkste ingrepen in de Rijn-Maasmonding (zie ook figuur 5).



Figuur 6. Op dit schilderij uit 1878 baggeren stoombaggermolens een aantal killen in de Biesbosch aan elkaar tot de Nieuwe Merwede (bron: TU Eindhoven Stichting Historie der Techniek)

Sinds de aanleg van de Deltawerken komt het getij niet langer vanuit het zuiden de Rijn-Maasmonding in, maar alleen nog vanuit het noorden. De verschillen in waterstand bij eb en vloed tussen de noordkant en de zuidkant van de verbindings-takken zijn nu groot. Daardoor stroomt het hard in het Spui, de Dordtsche Kil en de Oude Maas, en erodeert de bodem daar. Lokaal zijn diepe erosiekuilen ontstaan. In het Haringvliet en Hollandsch Diep treedt sedimentatie op. De benedenlopen van Waal en Lek, en de Nieuwe Maas en Nieuwe Waterweg worden met baggeren op diepte gehouden voor de scheepvaart.

De indringing van zeewater via de Nieuwe Waterweg varieert met, onder meer, stormopzet, het getij en de afvoer van Rijn en Maas. Als het verschil tussen hoog- en laagwater (de getijslag) groter wordt, kan het zout verder binnendringen, en als de rivierafvoer toeneemt, neemt de zoutindringing af. Zout water kan bij lage rivierafvoeren ver het systeem binnendringen.

Een stelsel van rivieren en kanalen

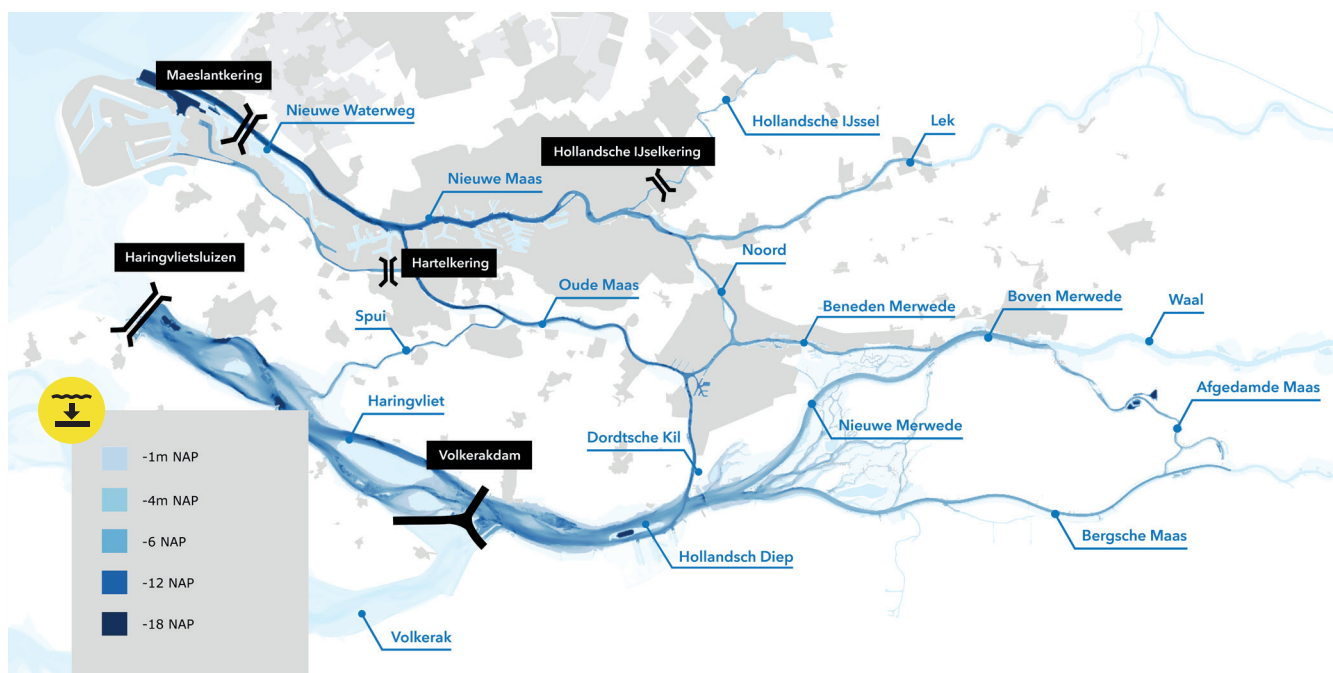
De vele ingrepen in het verleden hebben, in combinatie met de aanwezige natuurlijke waterlopen, een ingewikkeld stelsel van rivieren en kanalen opgeleverd. Figuur 7 geeft hiervan een overzicht.

Dammen en stormvloedkeringen

De Deltawerken (figuur 7) hebben de hoogwaterbescherming van de Rijn-Maasmonding sterk verbeterd. De eerste stap werd gezet met de voltooiing van de stormvloedkering in de Hollandsche IJssel in 1958, de laatste stap met de ingebruikname van de Europoortkering (de combinatie van Maeslantkering en Hartelkering) in 1997. In 1969 en 1970 kwamen de Volkerakdam en de Haringvlietdam gereed.

De functie van de Haringvlietdam is in de eerste plaats het beschermen van het achterland tegen overstroming vanuit zee. Daarnaast zijn, dankzij de dam, het Haringvliet en Hollandsch Diep een groot zoetwaterreservoir geworden voor de landbouw. Ook dwingt deze dam, als de sluisen gesloten zijn, het Rijn- en Maaswater af te stromen via de Nieuwe Waterweg om te voorkomen dat zout zeewater te ver het land kan binnendringen.

Vanaf eind 2018 staan de Haringvlietssluisen op een kier zodat trekvisserij, zoals zalm, fint en zeeforel, de sluisen kunnen passeren.



Figuur 7. Overzicht met de namen van de waterlopen en de Deltawerken in de Rijn-Maasmonding, en de diepteligging van de geulen.

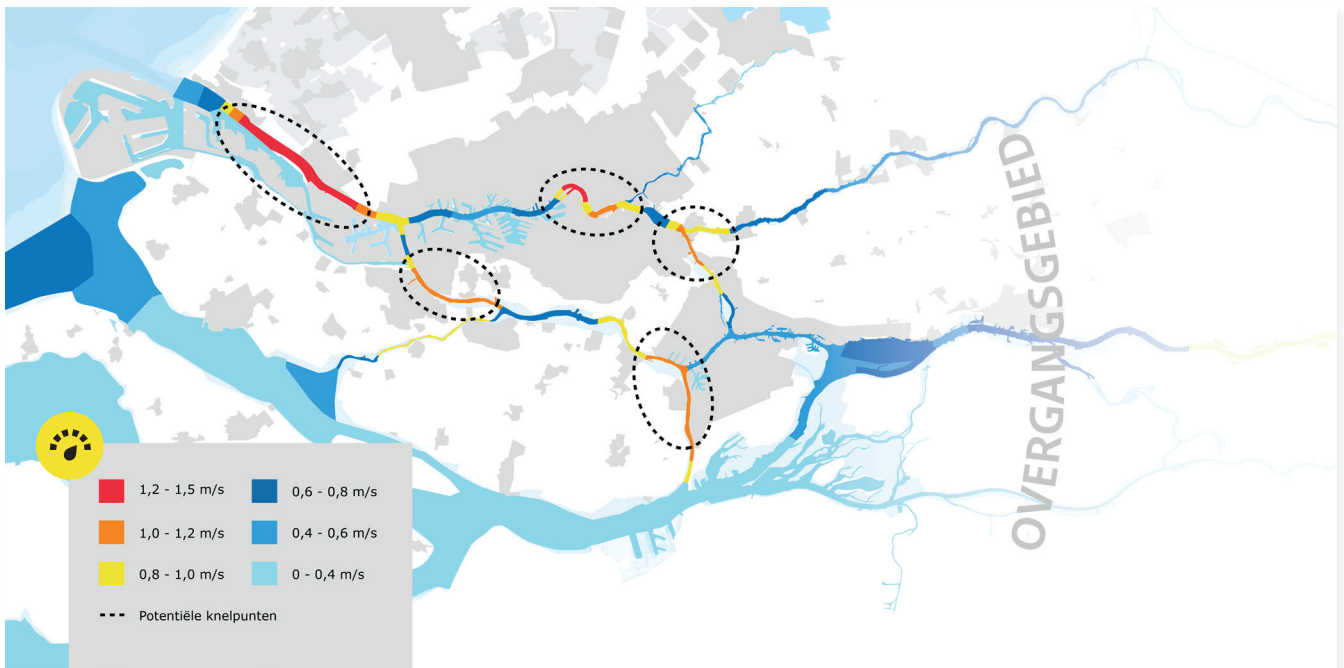
Getij en rivierafvoer

Het verloop van de waterstanden en de stroming in de Rijn-Maasmonding is complex. Dit komt door de interactie van de afvoeren van meerdere riviertakken (Bergsche Maas, Merwede, Lek), het beheer van de Haringvlietsluizen, het getij en de wind.

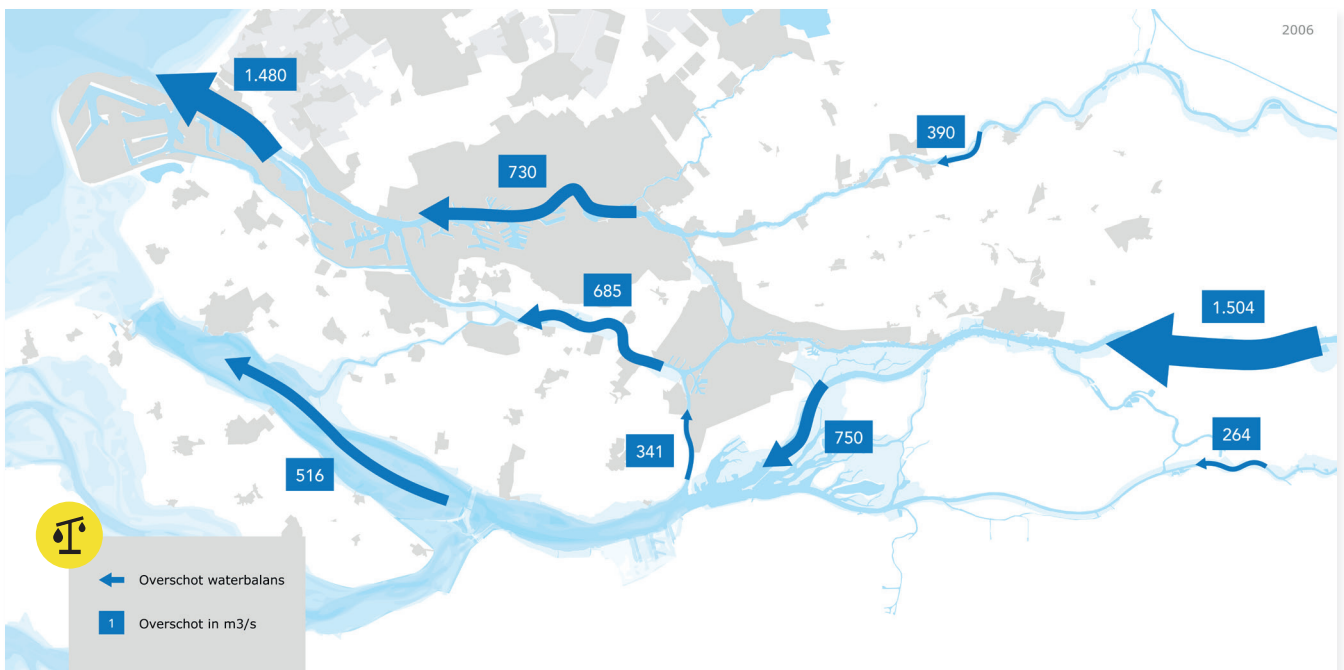
Voor de aanleg van de Deltawerken kwam het getij vanuit het zuiden en het noorden de Rijn-Maasmonding in. De vloedstromen ontmoetten elkaar in de verbindende takken tussen de noordkant en de zuidkant, en de stroomsnelheden waren daar gering. Met de aanleg van de Deltawerken is dit compleet veranderd. Het getij komt niet langer vanuit het zuiden naar binnen, maar nog wel vanuit het noorden. De verschillen in waterstand bij eb en vloed tussen de noordkant en de zuidkant van de verbindingstakken zijn nu groot. Daardoor stroomt het hard in het Spui, de Dordtsche Kil en de Oude Maas (figuur 8).

De grootte en richting van de afvoeren door de verschillende takken worden grotendeels bepaald door het beheer van de Haringvlietsluizen. Als het water zeewaarts van de sluis hoger staat dan landwaarts zijn de sluisen gesloten. Dan stroomt al het rivierwater via de Nieuwe Waterweg naar zee. De sluisen worden geopend als de waterstand zeewaarts van de sluisen lager wordt dan de waterstand landwaarts van de sluisen: de ingestelde grootte van de spuiopening hangt af van de grootte van de rivierafvoer.

Langs de zuidrand is het getijverschil bij gesloten Haringvlietsluizen niet meer dan een paar decimeter. Als er gespuid wordt kan dat verschil oplopen tot ongeveer een halve meter (bij windopzet nog iets meer). Het getijverschil bij Hoek van Holland



Figuur 8. De maximale stroomsnelheden in de takken van de Rijn-Maasmonding bij gemiddeld getij en de jaargemiddelde Rijnafvoer bij Lobith (ongeveer 2000 m³/s).



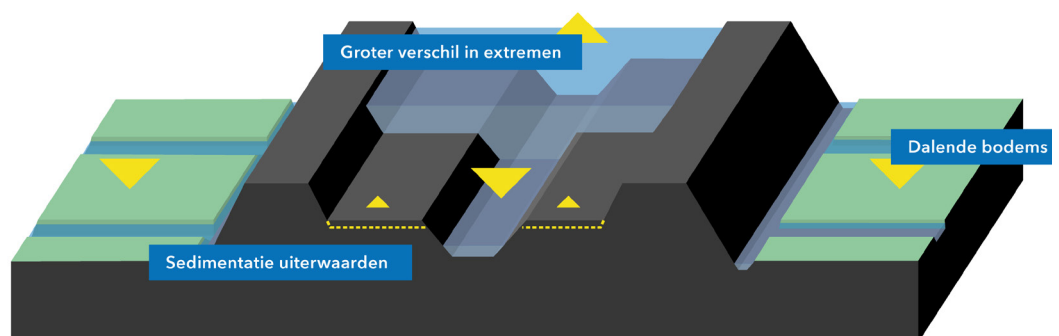
Figuur 9. De waterbalans van de Rijn-Maasmonding bij jaargemiddelde afvoeren van Rijn en Maas (2006) (Bron: Vellinga et al., 2014).

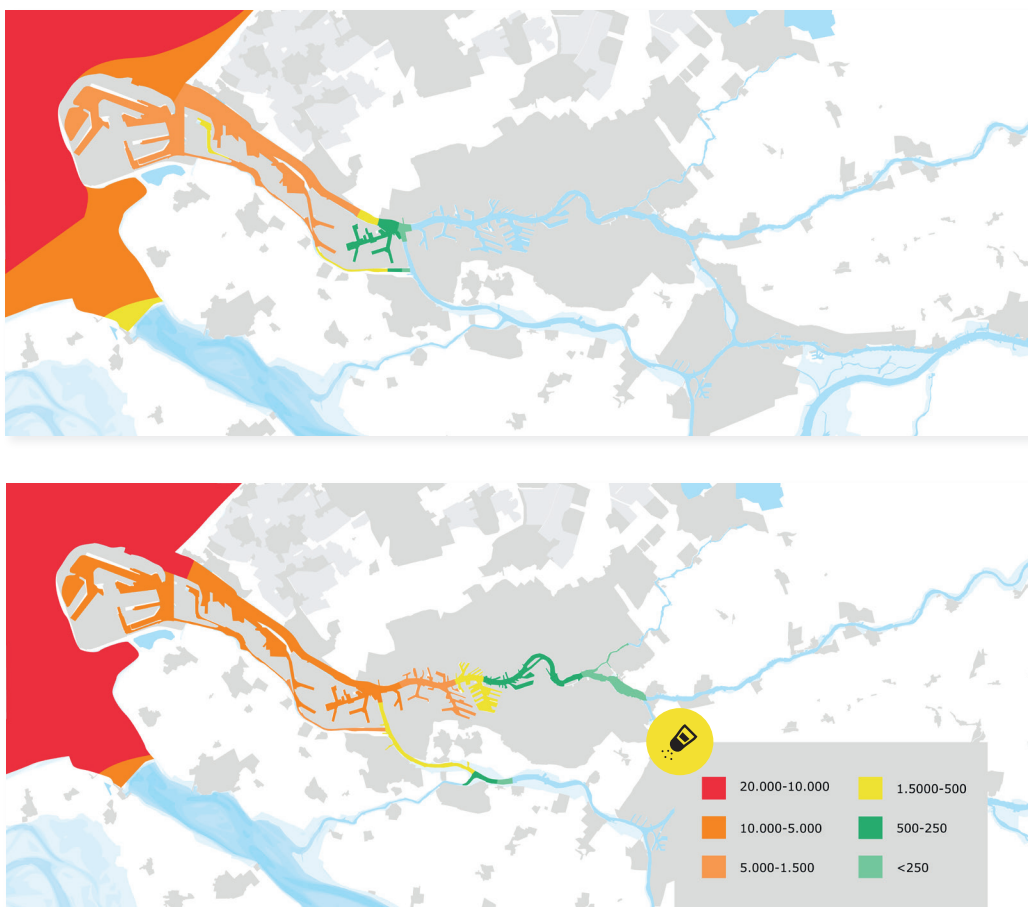
bedraagt gemiddeld ongeveer 1,75m. Langs de noordrand neemt dit verschil tot Rotterdam weinig af, maar verder naar het oosten wordt het verschil snel minder. Bij Dordrecht bedraagt het getijverschil minder dan 1m.

De Waal draagt het meest bij aan de rivierafvoer. Gemiddeld stroomt ongeveer de helft van de Waalafvoer via de Nieuwe Merwede af naar het Hollandsch Diep (figuur 9).

Bodemdaling bedijkt gebied

In grote delen van Zuid-Holland daalt de bodem van het binnendijkse land. Dit komt vooral doordat de bodem van grote delen van het gebied veel veen bevat. Door de verlaging van de grondwaterstand, ten behoeve van de landbouw, klinkt de bodem in en oxideert het veen (de organische stof reageert met zuurstof en 'verbrandt'). Zolang de grondwaterstand 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. Dit heeft gevolgen voor de waterveiligheid: naarmate de bodem verder daalt (en de zeespiegel verder stijgt) worden de gevolgen van een eventuele overstrooming groter.





Figuur 10. Het zoutgehalte in het water van de Rijn-Maasmonding bij gemiddeld getij en een relatief lage (boven: 1100-1200 m³/s) respectievelijk hoge (onder: 5000-6000 m³/s) afvoer van de Rijn bij Lobith.

Zoutindringing buitendijks

Veel factoren bepalen hoe zeewater via de Nieuwe Waterweg de Rijn-Maasmonding binnendringt. Uiteraard het getij, de eventuele windopzet op de zeewaterstand, en de afvoer van Rijn en Maas en de verdeling daarvan over de rivierarmen. Maar ook lozingen en onttrekkingen van water uit het systeem, en de variaties in diepteligging van de verschillende takken beïnvloeden de zoutindringing.

Als het verschil tussen hoog- en laagwater (de getijslag) groter wordt, kan het zout verder binnendringen, en als de rivierafvoer toeneemt, neemt de zoutindringing af (figuur 10). Zout water kan bij lage rivierafvoeren ver het systeem binnendringen, tot in de Hollandsche IJssel.

Zoutindringing binnendijks

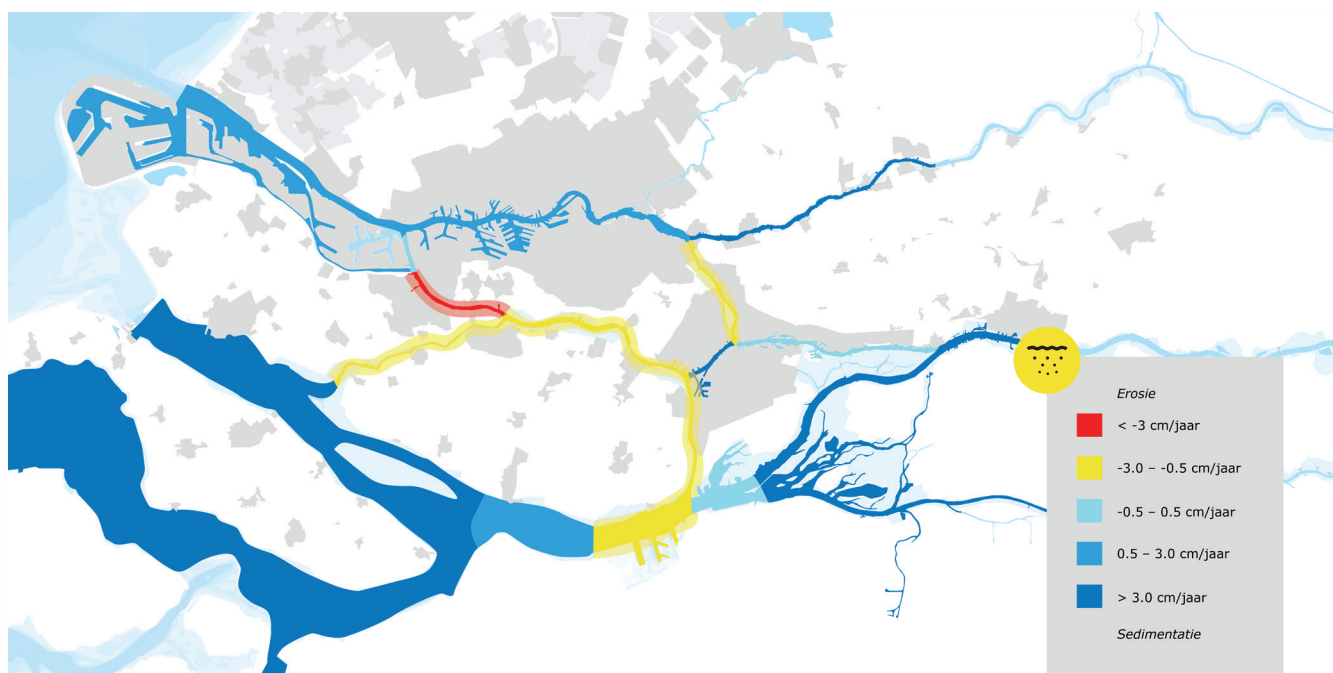
Zoutindringing buitendijks, via de Nieuwe Waterweg of (in beperkte mate) via de Haringvlietsluizen, wordt 'externe verzilting' genoemd. 'Interne verzilting' is het

binnendringen van zout in het binnendijkse gebied via grondwater; dit is vooral een probleem in de laagst gelegen polders van Holland waar verzilt grondwater aan de oppervlakte komt (zoute kwel). Dat zout moet uit de poldersloten worden weggespoeld met zoet water uit de rivieren.

Het handhaven van een hoge grondwaterstand binnendijks met een goede kwaliteit zoetwater is nodig voor de natuur en landbouw in het veenweidegebied en het zoveel mogelijk beperken van de bodemdaling. Naarmate de bodem van het bedijkte gebied verder daalt, neemt ook de hoeveelheid zoute kwel toe en daarmee de benodigde bemaling van de polders.

Sedimentatie en erosie

Als gevolg van de aanleg van de Deltawerken is de stroomsnelheid op een aantal riviertakken sterk afgenomen, zoals op Hollandsch Diep en Haringvliet, waardoor daar nu veel sediment van de rivieren uitzakt. Op andere riviertakken is de stroomsnelheid door de aanleg van de Deltawerken juist toegenomen en treedt erosie op. Deze ontwikkelingen hangen met elkaar samen: de dammen hebben de stroming op een aantal takken sterk verminderd waardoor deze op andere takken juist is toegenomen. Daarnaast wordt de vaargeul met baggeren op diepte gehouden voor de scheepvaart en wordt zand gewonnen voor de industrie.



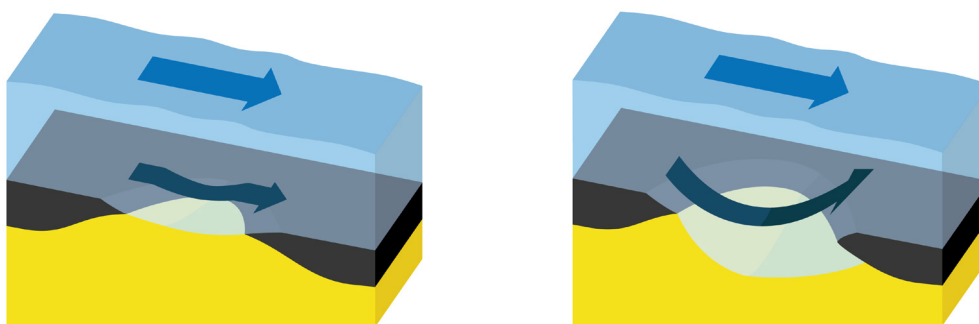
Figuur 11. In een groot deel van de Rijn-Maasmonding vindt sedimentatie plaats; de verbindingen tussen de noordelijke en zuidelijke takken eroderen. Op de benedenlopen van Rijn en Maas, en op de Nieuwe Maas en Nieuwe Waterweg wordt deze sedimentatie door baggeren teniet gedaan.

We kunnen in de Rijn-Maasmonding drie deelsystemen onderscheiden (figuur 11):

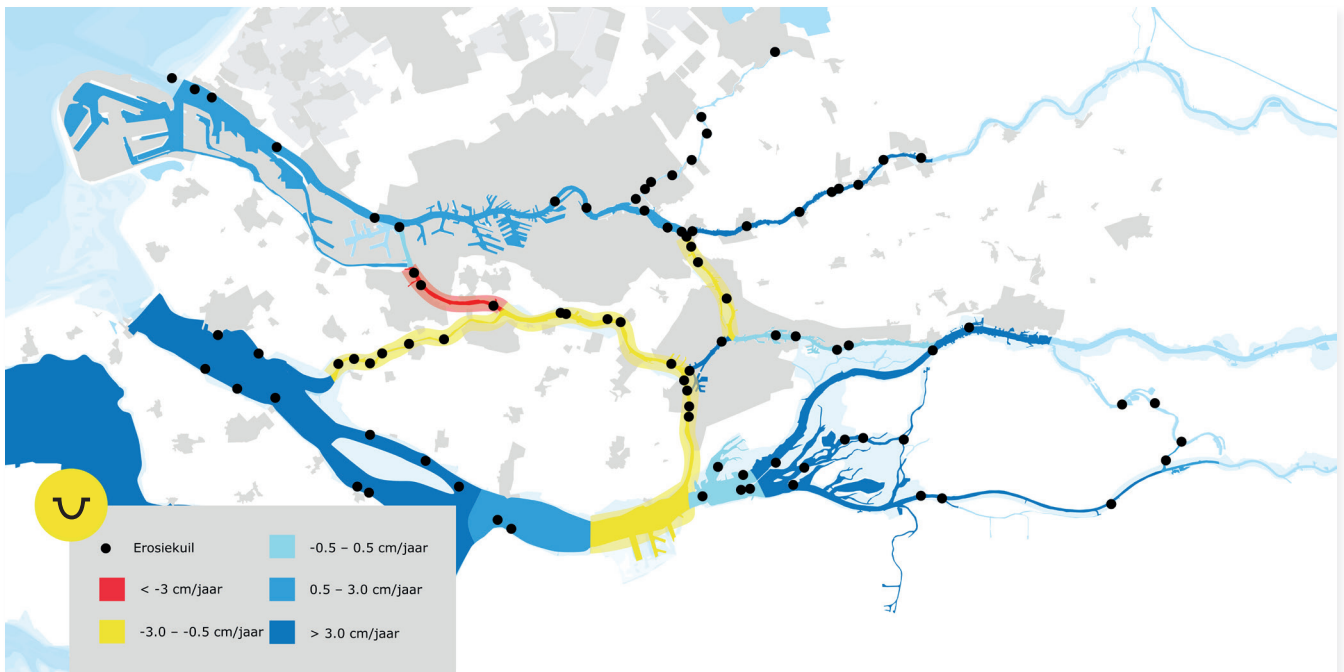
- Noordelijke takken: Sedimentatie in de benedenlopen van Waal (Merwede) en Lek, en op de Nieuwe Maas en Nieuwe Waterweg, dat wordt weggebaggerd voor de scheepvaart. Door de verdiepingswerken daalt de gemiddelde bodemligging.
- Zuidelijke takken: Sedimentatie in het Haringvliet en Hollandsch Diep sinds de aanleg van de Haringvlietdam.
- Verbindende takken: Erosie in de Oude Maas, Noord, Dordtsche Kil en het Spui door de hoge stroomsnelheden na het sluiten van het Haringvliet in 1970. Voor de Oude Maas geldt dat ook de terugschrijdende erosie als gevolg van de verschillende verdiepingen van de Nieuwe Waterweg in het verleden bijdraagt aan de erosie van deze tak. In het Spui en in de Noord is de opgetreden (breedtegemiddelde) daling van de rivierbedding sinds 1976 0,5 tot 1,5 m, en in de Oude Maas 0 tot 4 m. In de Dordtsche Kil is de verlaging van de rivierbedding grotendeels het gevolg van baggeren.

In de takken waar de stroomsnelheid is toegenomen, bepalen de eigenschappen van het sediment in de ondergrond waar dit tot veel erosie en zelfs diepe kuilen kan leiden (figuur 12).

Het merendeel van de kuilen in de beddingen van de verbindende takken bestond al voor het sluiten van het Haringvliet. Op veel plaatsen heeft menselijk handelen het ontstaan of de groei van diepe kuilen versterkt: de Deltawerken leidden tot hogere stroomsnelheden (zie hiervoor), en in de Dordtsche Kil ligt het zand aan de oppervlakte omdat de afdekkende kleilaag (waarschijnlijk) is weggebaggerd. Er zijn in de Rijn-Maasmonding ruim 100 erosiekuilen geïdentificeerd (figuur 13) die deels te herleiden zijn op de aanwezigheid van brugpijlers of de samenvloeiing van riviertakken, op de geologie, of een combinatie hiervan. Ook nu nog kunnen nieuwe kuilen ontstaan of kunnen bestaande kuilen verder verdiepen.



Figuur 12. Daar waar zand aan de oppervlakte ligt, kan dit door de hoge stroomsnelheden op een aantal takken in het Rijn-Maasmonding tot grote diepte worden geërodeerd. Daar waar klei aan de oppervlakte ligt, vindt geen noemenswaardige erosie plaats. Deze afwisseling van zand en klei leidt tot het ontstaan van diepe erosiekuilen.



Figuur 13. Overzicht van erosiekuilen in de Rijn-Maasmonding.

4. Ontwikkelingen in de toekomst

Op een termijn van tientallen jaren zijn het gebruik van de Rijn-Maasmonding, en de inrichting en het beheer onzeker. Deze hangen af van autonome ontwikkelingen in het gebied, klimaatverandering en sociaaleconomische ontwikkelingen. De autonome ontwikkelingen zijn vooral een doorgaande reactie van de water- en sedimentbeweging, en dus de morfologie, op de aanleg van de Deltawerken, maar ook de ontwikkeling van de haven en de scheepvaart, en de waterkwaliteit. Klimaatverandering leidt naar verwachting tot een versnelde stijging van de zeespiegel, tot hogere piekafvoeren op de rivieren, en een grotere kans dat hoogwater door storm op zee samenvalt met een hoge rivierafvoer. Met Adaptief Deltamanagement worden deze ontwikkelingen gevolgd, en maatregelen en strategieën aangepast als dat nodig is.

Autonome ontwikkelingen

De water- en sedimentbeweging in de Rijn-Maasmonding is door de Deltawerken en door maatregelen voor de haven en de scheepvaart (zoals verdieping bestaande en graven nieuwe takken) compleet veranderd. Door deze ingrepen zal de morfologie blijven veranderen, een ontwikkeling die zich tot in volgende generaties zal doorzetten. Daarmee zal ook de interactie tussen de rivierafvoer en het getij, en dus de zoutindringing, blijven veranderen.

Als we de huidige situatie niet meer wijzigen, zullen de sedimentatie op het Haringvliet en Hollandsch Diep, en de erosie op de verbindende takken nog lang blijven doorgaan. Die erosie kan in de komende decennia meerdere meters bedragen, gemiddeld voor een riviertak. Deze erosie zal met name sterk versnellen als de kleilaag verdwijnt die nu in veel takken de erosie nog beperkt. Naarmate er meer gaten in deze kleilaag ontstaan, zullen meer diepe kuilen ontstaan en zullen kuilen aan elkaar groeien. Baggeren voor de scheepvaart blijft nodig, tenzij door innovaties alternatieve oplossingen beschikbaar komen. Voortgaande erosie van de verbindende takken zou kunnen leiden tot meer getij-invloed en een toename van de zoutindringing, een veranderende afvoerverdeling, hogere stroomsnelheden en nog meer erosie.

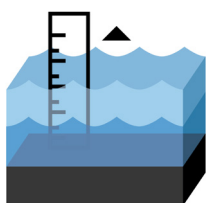
In de Rijn-Maasmonding zijn de morfologische effecten van het op een kier zetten van de Haringvlietsluizen en van de uitgevoerde maatregelen van het programma Ruimte voor de Rivier waarschijnlijk klein.

De containeroverslag in de Rotterdamse haven blijft groeien, en daarmee ook het transport van containers over de rivieren. De standaardhoogte van zeecontainers is inmiddels met 30 cm toegenomen. Het aandeel van deze containers in het transport via de binnenvaart neemt toe, en daarmee wordt de huidige Rijnvaartheogte bij bruggen (9,10 meter) in toenemende mate een knelpunt voor de binnenvaart. Er is vooralsnog geen reden om aan te nemen dat de maximale grootte van binnenvaartschepen zal toenemen. Wel is duidelijk dat de grootte en diepteligging van zeeschepen blijft toenemen.

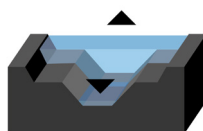
In het oppervlaktewater worden steeds weer nieuwe stoffen aangetroffen. De vergrijzing en ontwikkelingen in de geneeskunde leiden tot een toename van het gebruik van medicijnen, en daarmee van de aanwezigheid van deze stoffen in het oppervlaktewater. Het verbod van het ene bestrijdingsmiddel in de agrarische sector leidt er vaak toe dat er juist weer een toename is van een ander bestrijdingsmiddel.

Klimaatverandering

Over de gevolgen van klimaatverandering valt het volgende te zeggen:



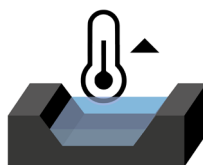
De zeespiegel zal waarschijnlijk versneld verder stijgen.



Naar verwachting worden piekafvoeren op de rivieren hoger en komen zij vaker voor, terwijl de lage afvoeren lager worden en langer duren.



Naar verwachting neemt de kans toe dat hoogwater door storm op zee samenvalt met een hoge rivierafvoer.

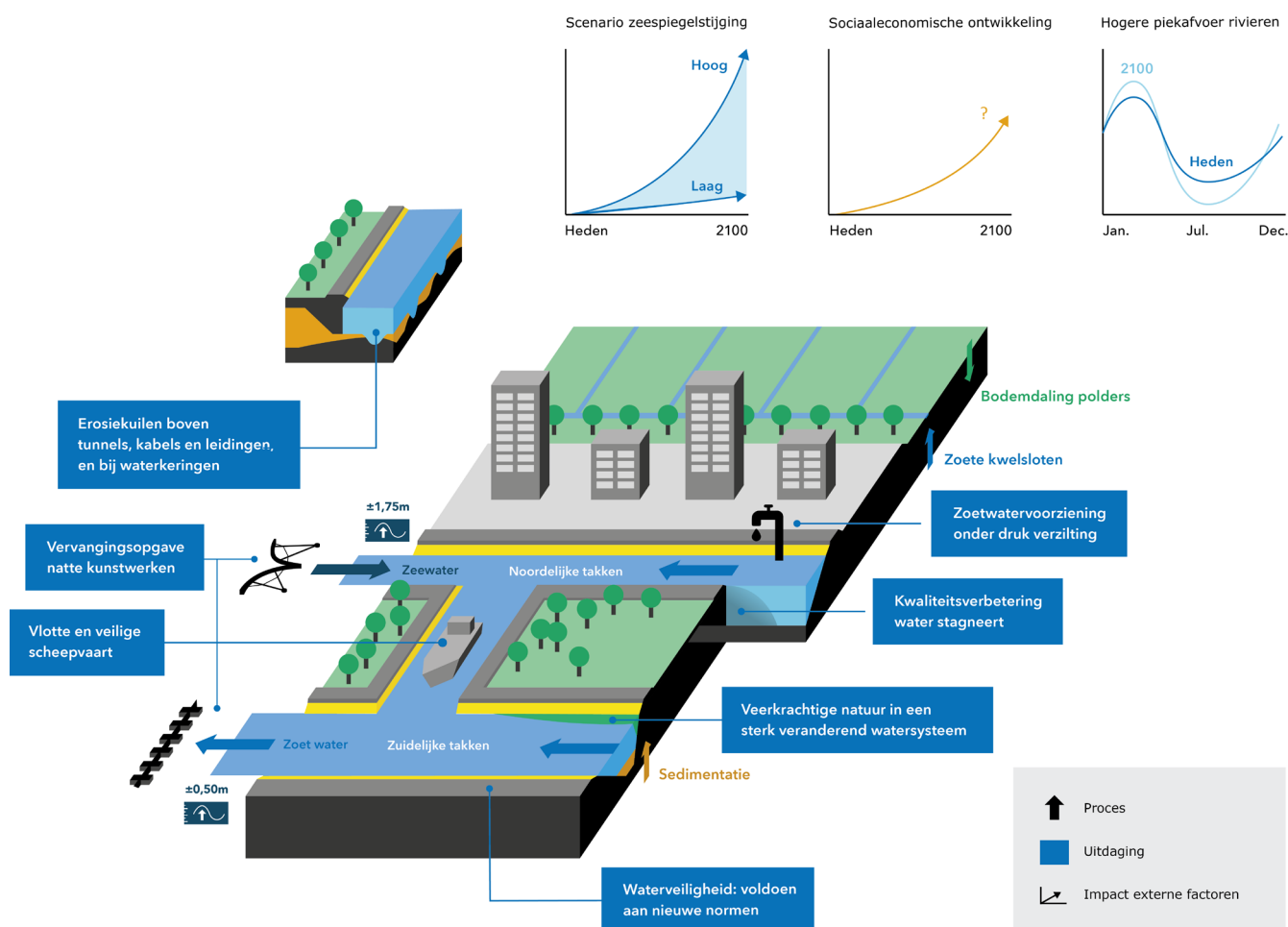


Het rivierwater wordt, met name tijdens lage afvoeren in de zomer, waarschijnlijk warmer.

Het wordt niet waarschijnlijk geacht dat het stormregime voor de Nederlandse kust en de daarmee verbonden hoogtes van stormvloedde deze eeuw significant zullen veranderen.

De combinatie van deze veranderingen vanuit zee en de rivieren werkt door in de waterveiligheid van het gebied, in de morfologie en zoutindringing, in de mogelijkheden voor de zoetwatervoorziening, en in de toegankelijkheid en bevaarbaarheid van het hoofdvaarwegennet (hogere sluitfrequentie stormvloedkeringen). Binnen het Deltaprogramma zijn en worden maatregelen voorbereid en uitgevoerd die hier een antwoord op moeten gaan bieden. Naar verwachting zullen veranderingen in de watertemperatuur en de variatie van de afvoer tot extra stress voor de riviernatuur en verschuivingen in de soortensamenstelling leiden.

In de riviertakken van de dichtbevolkte Rijn-Maasmonding, met veel bedrijvigheid en met de Rotterdamse haven als een van de motoren van de Nederlandse economie, moeten veel functies worden bediend. Dit stelt ons voor een aantal uitdagingen (zie ook figuur 15): het voldoen aan de normen voor de waterveiligheid, het beschikbaar houden van voldoende zoetwater onder druk van verzilting, het stabiliseren van erosiekuilen met het oog op de ligging van tunnels, kabels en leidingen, en met het oog op de stabiliteit van waterkeringen, het verder verbeteren van de waterkwaliteit, het behouden en versterken van de natuur, en de realisatie van een vlotte en veilige scheepvaart.



Figuur 15. Schematische weergave van de noordelijke, zuidelijke en verbindende takken van de Rijn-Maasmonding, de belangrijkste processen (pijlen), de uitdagingen voor nu en de komende jaren (roze tekstblokken) en de impact van veranderingen in fysische en sociaaleconomische factoren (grijze blokken).

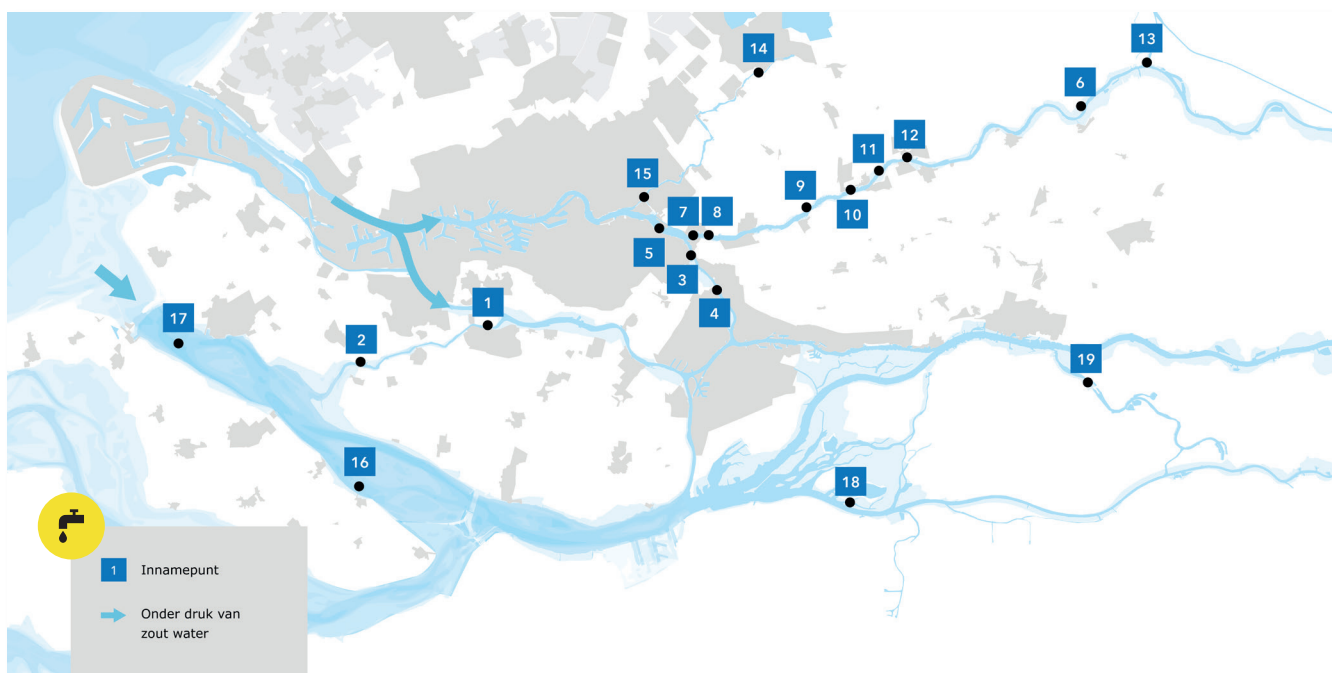
Waterveiligheid: voldoen aan nieuwe normen

De bestaande opgave voor waterveiligheid in Nederland beslaat 1100 km aan dijken die versterkt moeten worden omdat deze zijn afgekeurd in de Tweede en (verlengde) Derde toetsing van de primaire waterkeringen. Als gevolg van de nieuwe normen voor de waterkeringen per 1 januari 2017 komt hier, naar verwachting, een opgave van 800 km dijkversterking bij. De nieuwe normen komen neer op een hoger beschermingsniveau voor het grootste deel van de bovenrivieren en de Rijn-Maasmonding.

Voor de waterveiligheid van het buitendijkse gebied zijn met name de zeespiegelstijging en de invloed van diepe erosiekuilen op de stabiliteit van oevers belangrijke aandachtspunten. Naar verwachting zullen buitendijkse gebieden door de zeespiegelstijging vaker onder water komen te staan. De buitendijkse gebieden die achter (landwaarts van) de stormvloedkering in de Nieuwe Waterweg liggen worden daarbij wel enigszins tegen de stijgende zeespiegel beschermd.

Zoetwatervoorziening onder druk verzilting

In de Rijn-Maasmonding wordt op veel locaties zoet water onttrokken: voor drinkwaterwinning, industriewater, en regionale watervoorziening voor doorspoelen en peilbeheer ten behoeve van landbouw en natuur (figuur 16). De belangrijkste inlaatpunten voor zoetwater uit de rivieren zijn de punten bij Bernisse, Gouda en de Lek. Die inlaatpunten worden in de toekomst minder betrouwbaar omdat het water vaker verzilt. Tegelijkertijd is de kans groot dat de vraag naar zoetwater in de toekomst zal toenemen.



Figuur 16. Locaties van een aantal belangrijke innamepunten voor zoet water.

Door het op een kier zetten van de Haringvlietsluizen zal zout door de sluisen binnendringen en zullen waterstanden en debieten in het systeem enigszins veranderen. Hoe dit precies door zal werken op de verzilting weten we nog niet. Daarom is besloten het op een kier zetten 'lerend te implementeren': stap voor stap zal kennis worden opgebouwd over de zoutverspreiding in het Haringvliet, het verloop van het zoetspoelen en wat er gebeurt met het in de diepere delen achterblijvende zout.

Kwaliteitsverbetering water stagneert

De waterkwaliteit in de Rijn-Maas monding is de afgelopen decennia duidelijk verbeterd, maar stagneert. Grote puntbronnen in het stroomgebied zijn aangepakt. De opgave voor schoon en gezond water verschuift naar hardnekkige diffuse bronnen en naar stoffen die pas relatief kort in het water worden aangetroffen, zoals medicijnresten en hormoonverstorende stoffen. Het signaleren van deze stoffen is mede het gevolg van nieuwe meettechnieken, die zich verder zullen ontwikkelen. Incidenten, zoals met GenX, hebben laten zien dat wetgeving en vergunningverlening niet altijd goed aansluiten bij de technologische ontwikkelingen en/of publieke opinie. Door incidenten neemt de maatschappelijke zorg rond gezondheidsrisico's toe, vooral ten aanzien van de drinkwaterkwaliteit. Ook zichtbare vervuiling door zwerfvuil, vooral plastic, draagt bij aan deze maatschappelijk zorg.

Veerkrachtige natuur in een sterk veranderd watersysteem

Voor het beheer van de natuur en de waterkwaliteit in de Rijn-Maasmonding is Europese regelgeving erg belangrijk. Zo bepaalt de Kaderrichtlijn Water (KRW) aan welke kwaliteitseisen Europese wateren moeten voldoen en worden met Natura2000 regelgeving bepaalde diersoorten en hun natuurlijke leefomgeving beschermd om de biodiversiteit te behouden.

Door diverse inrichtingsprojecten, onder meer vanuit de KRW, is riviernatuur in de Rijn-Maasmonding teruggebracht. De samenstelling van waterplanten verbetert langzaam, maar die van kleine waterdieren is minder zichtbaar, mede doordat de verbetering in de waterkwaliteit stagneert. Ook de vissamenstelling is nog niet op orde. Met het op een kier zetten van de Haringvlietsluizen zal hier een stap voorwaarts gemaakt worden.

Het getijverschil op het Haringvliet en Hollandsch Diep is door de Deltawerken sterk afgenomen. De energie van de golven komt nu terecht op een veel kleiner deel van het talud van de slikken en platen dan vroeger. Daardoor is een groot deel van deze natuurgebieden geërodeerd. Toch is een deel, dankzij vooroeverbescherming (dammen in het water op korte afstand voor de randen van de slikken en platen), behoud voor erosie. Dit zijn waardevolle natuurgebieden gebleven, van internationale betekenis voor trek- en wintervogels, trekvissen en een aantal plantensoorten, en van nationale betekenis voor broedvogels en de aanwezigheid van vochtige bossen in met name de Biesbosch en langs de Oude Maas. Het op een kier zetten van de Haringvlietsluizen zal de getijrange en de stroomsnelheden niet noemenswaardig vergroten. Oeververdediging blijft nodig om de bestaande slikken en platen te behouden.

Inzicht in de toestand van de ecologie, de impact van inspanningen en het wel of niet behalen van doelen is essentieel voor de KRW. In het algemeen is er grote behoefte aan meer ecologische kennis. Daarnaast is visie-vorming voor de lange termijn van belang. De nadruk zal verschuiven van inrichtingsprojecten naar beheer- en onderhoudsprojecten. Onder de omgevingswet zal ook natuurbescherming gaan vallen. De impact hiervan is nog niet duidelijk.

Scheepvaart: focus op vlotte en veilige vaart

Voor de realisatie van een vlotte en veilige vaart zijn voldoende vaardiepte en – breedte cruciaal. Ook het beperken van variaties in stroming en diepte (onregelmatige oevers, diepe kuilen) zijn belangrijke aandachtspunten. Onvoldoende vaardiepte kan ontstaan door sedimentatie van de bedding. Het kan ook ontstaan door verdieping van geulen waardoor infrastructuur, zoals de Heinenoordtunnel en de Kiltunnel, relatief hoog komt te liggen.

De scheepvaart kan zich aan periodes met lage waterstanden aanpassen door minder vracht te vervoeren. Op termijn (naar verwachting na 2050) kunnen periodes van laagwater zo lang duren dat het aanpassen van de beladingsgraad van de huidige schepen onvoldoende perspectief biedt. Dan kunnen meer structurele maatregelen, of innovatievere vormen van transport over water nodig zijn. De vaarbreedte is met name op de Beneden Merwede en de Oude Maas een knelpunt. In het algemeen moet vooral in de bochten de vaargeul extra breed zijn omdat schepen daar meer ruimte nodig hebben om te manoeuvreren. De breedte van de vaargeul kan versmallen als een oever moet worden bestort bij een diepe kuil die de stabiliteit van die oever bedreigt. Een maatregel voor de waterveiligheid, als reactie op sterke erosie, kan zo voor de scheepvaart een belemmering zijn. Dit speelt bij onder meer de Dordtse Kil.

Voor de waterveiligheid is een dijkversterkingsopgave vastgesteld. Daarbij blijft het uitgangspunt het huidige alternatief van een open Nieuwe Waterweg die met een stormvloedkering kan worden afgesloten. Voor de lange termijn (na 2050) is de versnelde zeespiegelstijging een belangrijk aandachtspunt; een eerdere vervanging van grote werken kan hierdoor nodig blijken, of een (gedeeltelijk) andere inrichting. De zoetwatervoorziening van West-Nederland blijft, met aanvullende maatregelen, tot 2100 op orde. Met sedimentbeheer willen we erosie van rivierbeddingen zoveel mogelijk tegengaan. Met de bestorting van erosiekuilen wordt, waar nodig, de stabiliteit van oevers veilig gesteld. Met de Haringvlietsluizen op een kier krijgt de natuur meer kansen en met verschillende maatregelen wordt de verspreiding van zorgwekkende stoffen, waaronder medicijnresten, bestreden. Voor de scheepvaart worden nu al maatregelen genomen om het optreden van onvoldoende vaardiepte zo veel mogelijk tegen te gaan. Mocht een andere inrichting op termijn wel in beeld komen, dan zijn verschillende opties denkbaar (zie NADERE TOELICHTING 'PERSPECTIEVEN VAN EEN ANDERE INRICHTING VAN HET GEBIED').



Waterveiligheid

De ambitie voor de lange termijn is uitgewerkt in de voorkeursstrategie van het Deltaprogramma (zie NADERE TOELICHTING: 'OVER DE DELTABESLISSING RIJN-MAASDELTA'). De Hollandsche IJssel is een open rivier die met een stormvloedkering kan worden afgesloten. Met een brede blik wordt beschouwd wat de beste optie is om de waterveiligheid in het gebied rondom de Hollandsche IJssel te borgen (met onder andere de dijken, voorlanden en Hollandsche IJsselkering). De mogelijke vervanging van de Hollandsche IJsselkering is tussen 2050 en 2100 gepland. De Maeslantkering beschermt de regio bij hoogwater vanuit zee. Naar verwachting zal de kering tussen 2070 en 2100 vervangen worden (of mogelijk later). Het onderzoek naar de vervanging van de Maeslantkering in de Nieuwe Waterweg krijgt een brede opzet: naast het vervangen van de stormvloedkering is ook een oplossing met zeeluisen een van de te onderzoeken alternatieven (dit onderzoek start naar verwachting rond 2040). Waar nodig worden in de komende decennia waterkeringen (dijken) versterkt zodat uiterlijk in 2050 het gewenste veiligheidsniveau is bereikt.

Naast het beperken van de kans op een overstroming worden ook waterrobuuste aanpassingen in de ruimtelijke inrichting voorbereid. Extra aandacht is nodig voor crisisbeheersing om onder meer het elektriciteitsnetwerk en risicovolle bedrijven te beschermen, voor het geval het toch misgaat in deze complexe en dichtbevolkte regio.

Bijzonder voor Rijnmond-Drechtsteden zijn de uitgestrekte buitendijkse gebieden waar intensief gewoond en gewerkt wordt. Deze gebieden genieten geen bescherming van dijken. In de voorkeursstrategie zet de regio hier extra in op schade beperkende maatregelen en communicatie over de risico's die de inwoners lopen.

Op korte termijn (de komende 20 jaar) is de veiligheid in dit gebied te verbeteren door de faalkans van de Maeslantkering te verkleinen of door rekening te houden met partieel functioneren van deze kering. Partieel functioneren betekent dat bij het falen van één wand van de kering alles is voorbereid om de andere wand te sluiten. Voor de lange termijn (na 2050) is de versnelde zeespiegelstijging een belangrijk aandachtspunt; een eerdere vervanging van grote werken of een (gedeeltelijk) andere inrichting kan hierdoor nodig blijken.



Zoetwatervoorziening

Binnen het Deltaprogramma Zoetwater wordt gewerkt aan het tegengaan van verzilting en het verzekeren van een robuuste zoetwatervoorziening. De zoetwatervoorziening van West-Nederland blijft op orde door, onder andere, de mogelijkheden uit te breiden om in geval van nood water vanuit de Lek en het Amsterdam-Rijnkanaal aan te voeren via de Klimaatbestendige Wateraanvoer (KWA+). De zoetwateraanvoer via het Brielse Meer wordt stapsgewijs robuuster, onder andere door verbetering van voorspelmodellen en het in gebruik nemen van de extra waterinlaat bij Spijkenisse. De waterbeheerder past 'slim watermanagement' toe om verzilting te verminderen of zelfs te voorkomen in de Hollandsche IJssel, het Amsterdam-Rijnkanaal, de Lek en het Spui. Hierbij wordt het water gestuurd naar de plek waar het de meeste baten oplevert, daarbij gebruikmakend van informatieschermen met real-time data om snel te kunnen handelen. Voor de Nieuwe Waterweg worden maatregelen verkend om de mate van zoutindringing te beperken. Tot slot wordt er in het programma Waterbeschikbaarheid met diverse sectoren (landbouw, industrie, drinkwater, natuur) gesproken over mogelijkheden om meer zelfvoorzienend te worden of de gevolgen te beperken wanneer verzilting optreedt.



Stabiliteit bodemligging

Aan baggeren van de noordelijke takken in de Rijn-Maasmonding valt niet te ontkomen, maar met het gebaggerde zand kunnen we anders omgaan. In het huidige beheer wordt jaarlijks circa 350.000 m³ zand aan het gebied onttrokken. Dit zand moet zoveel mogelijk voor het gebied behouden blijven (sedimentbeheer), door het terug te storten op diepe plekken waar het de scheepvaart niet hindert, en in de verbindingstakken die eroderen. Zo willen we de negatieve effecten van het op diepte houden van vaargeulen voor de scheepvaart zo veel mogelijk beperken, erosie tegengaan en de scheepvaart toch goed blijven faciliteren. Het is cruciaal om daarbij de interactie met de bovenrivieren niet uit het oog te verliezen (zie NADERE TOELICHTING 'INTERACTIE MET BOVENRIVIEREN').

Verkend wordt of een 'BasisRivierBodemligging' kan worden ingevoerd: een bandbreedte waarbinnen de bodemligging van de rivieren zou moeten worden gehandhaafd.



Stabiliteit erosiekuilen

Willen we de erosie van diepe kuilen stoppen, dan moeten we maatregelen nemen waardoor het materiaal op de bodem niet langer in beweging kan komen. Een optie is de kuil bestorten met keien of ander materiaal (boomstammen, takken), of alleen de randen van de kuilen met bestorting tegen erosie beschermen. Andere opties die effectief kunnen zijn, zijn zeer ingrijpend en hebben veel nadelen. Zij zijn gericht op het verlagen van de stroomsnelheden:

- meer getijdedynamiek aan de zuidzijde door het Haringvliet geheel open te zetten, of
- minder getijdedynamiek aan de noordzijde door de Nieuwe Waterweg dicht te zetten.

Beide opties verlagen de stroomsnelheden omdat de getijverschillen tussen de noordelijke en zuidelijke takken minder groot worden. De erosie die dan nog resteert zou met 'zachte' maatregelen (suppleren) kunnen worden beperkt. Het is nog niet bekend wat het meest optimale moment en de manier van ingrijpen is. Nadelen van open zeegaten zijn de grote investeringen die nodig zijn voor de versterking van de dijken vanwege de hogere extreme waterstanden die dan op de takken van de Rijn-Maasmonding mogelijk zijn (tenzij het 'open systeem' afsluitbaar wordt gemaakt voor stormvloed). Verzilting zal dan moeten worden geaccepteerd, met gevolgen voor de beschikbaarheid van zoetwater voor de verschillende functies in dit gebied. Nadelen van gesloten zeegaten zijn belemmeringen voor de scheepvaart en het verdwijnen van de natuurlijke (estuariene) dynamiek die het systeem nu nog heeft (zie ook NADERE TOELICHTING 'PERSPECTIEVEN VAN EEN ANDERE INRICHTING VAN HET GEBIED').



Natuur

Met de Haringvlietsluizen op een kier krijgt de natuur meer kansen. De mogelijkheden om de nog aanwezige slikken en platen te behouden, worden al maximaal benut. Voor het behouden en versterken van natuurwaarden in de Rijn-Maasmonding zijn voldoende schaalgrootte en morfologische variatie (ook onder water) belangrijke factoren. Voor het opbouwen van vogelpopulaties is voldoende schaalgrootte nodig van gebieden waar rust heerst, zowel binnen- als buitendijks. Veel van de vogels in dit gebied foerageren immers binnendijks maar rusten buitendijks. Met name de zuidelijke takken in dit gebied zijn kansrijk: de schaal van natuurgebieden is in internationaal opzicht behoorlijk groot. Maatregelen in de afgelopen jaren hebben laten zien dat natuurontwikkeling gecombineerd kan worden met het vergroten van de waterveiligheid: de ontpoldering van de Noordwaard leverde, bijvoorbeeld, niet alleen meer ruimte voor de rivier op, maar ook meer ruimte voor de natuur.

Ook de noordelijke takken kunnen onder bepaalde omstandigheden, zoals tijdens een strenge winter, voor vogelpopulaties belangrijk zijn. De sterk verstedelijkte Noordrand biedt kansen om, via vergroening, maatregelen voor klimaatadaptatie, meer natuur en een hogere kwaliteit van de leefomgeving (recreatie) met elkaar te verbinden.



Waterkwaliteit

Schoon en gezond water is van direct belang voor de bereiding van drinkwater, voor het ecosysteem, en, via de voedselketen, voor de veiligheid van ons voedsel. Via diverse stappen wordt gewerkt aan meer controle over nieuwe en zeer zorgwekkende stoffen, zoals:

- Een strategie vanuit het ministerie I&W om de verspreiding van voor mens en milieu zeer zorgwekkende stoffen in het oppervlaktewater te voorkomen of te beperken;
- Een pilot waarin voor de huidige vergunningen wordt gekeken hoe actueel ze (nog) zijn;
- Procedurele afspraken rondom het signaleren van nieuwe stoffen;
- Opstellen van rivier- en gebiedsdossiers drinkwaterwinningen;
- Risicoanalyses en (onthefing)regelingen voor de drinkwaterwinning.

Voor het realiseren en behouden van 'schoon en gezond water', inclusief het bestrijden van incidenten, is gedegen kennis nodig van de verspreiding en risico's van stoffen die de waterkwaliteit nu sterk bepalen. Ook moet het emissiebeheer breder worden bekeken dan alleen vanuit het perspectief van vergunningen. Er wordt verder gewerkt aan een emissietoets die rekening houdt met het belang van de waterkwaliteit voor drinkwater.

De Delta aanpak Waterkwaliteit en Zoetwater is een belangrijke impuls die aandacht vraagt voor waterkwaliteit in waterakkoorden. Het ontbreekt (nog) aan een samenwerkingsplatform met waterschappen voor emissiebeheer, en aan een overzicht van handelingsperspectieven en een gezamenlijke visie. De omgevingswet geeft de waterschappen openingen voor het stellen van regionale kaders bij lozingen. Afstemming met de waterschappen is daarom van belang.

Op het gebied van emissies uit de agrarische sector zijn er verschillende ontwikkelingen. Het verbod van het ene bestrijdingsmiddel leidt vaak tot een toename van een ander bestrijdingsmiddel. De glastuinbouw heeft de verplichting om haar water te gaan zuiveren. Vanuit het Deltaplan Agrarisch Waterbeheer werken LTO en Waterschappen samen aan een reductie van de emissie van nutriënten.

Duurzaamheidsstrategieën worden steeds meer van concept naar praktijk doorgevoerd. Denk daarbij aan de circulaire economie (met hergebruik van materialen in en om de rivier), duurzaam bodembeheer (met meer gesloten kringen), biobased economie (met het benutten van biomassa als grondstof), e-transitie (met energie uit biomassa), decarbonisatie (met energie uit fossiele brandstof zonder CO₂) etc. Het is hierbij van belang ook oog te hebben voor mogelijke emissies.



Scheepvaart

Er zijn en worden nu al maatregelen genomen om zoveel mogelijk te voorkomen dat de vaardiepte onvoldoende is. Een voorbeeld is de aanleg van langsdammen op de Waal waardoor het ontstaan van ondieptes wordt afgeremd. Een ander voorbeeld is de aanleg van diepere drempels bij sluisen. Daar waar de breedte van de vaargeul een knelpunt is voor de scheepvaart, kan dit worden ondervangen met een betere begeleiding van de scheepvaart.

Bij hoge waterstanden op de rivieren kan de doorvaarhoogte onder bruggen een beperking opleggen aan het aantal lagen containers dat een schip kan vervoeren, met name in het licht van de toegenomen afmetingen van nieuwe zeecontainers. Een optie kan zijn om de doorvaarhoogte onder bruggen te vergroten.

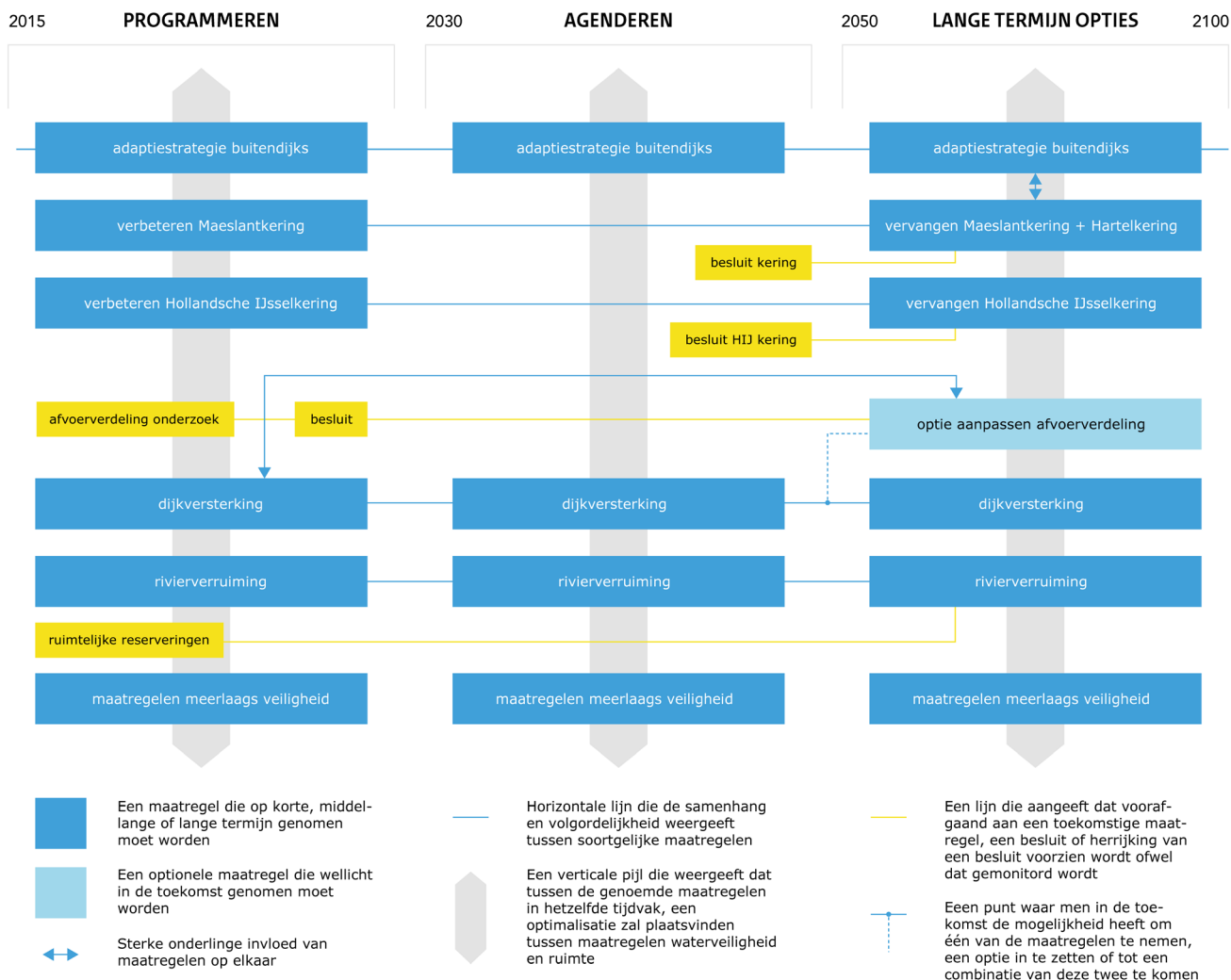
Adaptief Deltamanagement

De toekomst is onzeker. We weten niet hoelang gekozen maatregelen effectief zijn. Flexibiliteit is daarom het sleutelwoord, door de Deltacommissaris vertaald in een werkwijze volgens het Adaptief Deltamanagement. Bij deze werkwijze houden we de vinger aan de pols van, bijvoorbeeld, het verloop van de klimaatverandering, en passen we onze maatregelen en strategieën aan als dat nodig is.

De essentie van Adaptief Deltamanagement komt er op neer dat we nu nog niet weten welke maatregelen in de toekomst nodig zijn, maar dat we wel een reeks mogelijke maatregelen kunnen verkennen die passen bij verschillende ontwikkelingen in de toekomst. We nemen nu maatregelen waarvan we weten dat die de komende jaren effectief zijn én die de mogelijkheid open houden om andere keuzes te maken als dat in de toekomst nodig is. Als de zeespiegelstijging, bijvoorbeeld, sneller verloopt dan we nu denken, moeten we in de loop van deze eeuw misschien overstappen op een andere strategie, en daarna misschien nog wel een keer.

Een reeks van opeenvolgende maatregelen of strategieën met overstappunten ('tipping points') is een adaptatiepad. We kunnen nu verschillende adaptatiepaden ontwerpen voor verschillende toekomsten. Op papier zien de tijdlijnen van adaptatiepaden er uit als de kaart van de metro. Ieder pad brengt ons van nu naar een toekomst, al dan niet met een paar keer overstappen. Stap voor stap zal blijken wat die toekomst is en dus welke 'metrolijnen' we op welke momenten zullen moeten nemen.

Figuur 14 geeft als voorbeeld de adaptatiepaden voor de hoogwaterbescherming van de Rijn-Maasmonding. Tussen nu en 2030 zijn een aantal maatregelen geprogrammeerd (in uitvoering). De realisatie van een deel van deze maatregelen loopt door tot 2050. Een eventuele overstap naar een vervanging van keringen speelt pas na 2050.



Figuur 14. Adaptatiepaden met maatregelen voor de hoogwaterbescherming van de Rijn-Maasmonding nu en in de toekomst

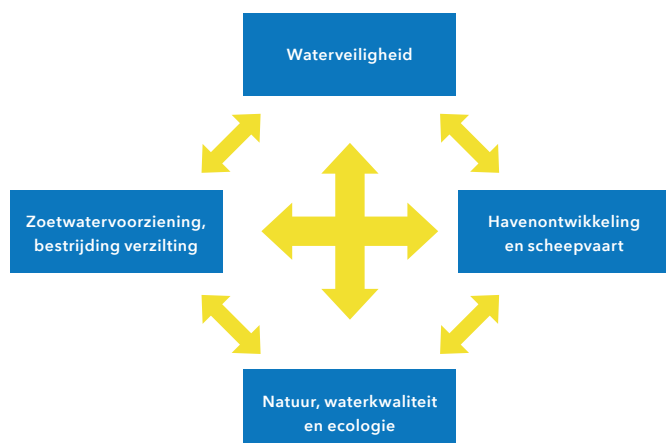
7. Gidsprincipes voor inrichting en beheer

Voor de afweging van, onderling soms strijdige, wensen en eisen die verschillende functies aan de Rijn-Maasmonding stellen, is een afwegingskader nodig met een aantal gidsprincipes voor inrichting en beheer. De volgende gidsprincipes zijn hier geformuleerd: Zie de rivier als systeem en corridor, voor alle natuurlijke processen en alle functies; Combineer functies waar mogelijk, scheid waar nodig, en benut de verschillen tussen de noord- en de zuidrand voor de versterking van estuariene gradiënten en natuurlijke dynamiek; Behoud het natuurlijk kapitaal voor tegengaan erosie; Zoek kansen voor natuur in de combinatie met andere belangen; Creëer bij ingrepen beheerruimte voor de toekomst.

Afweging wensen/eisen verschillende functies

Bij het beheer van de riviertakken in de Rijn-Maasmonding en de aangelegde kunstwerken is het optimum gevonden voor het bedienen van de verschillende functies. Daarbij heeft een aantal functies topprioriteit (veiligheid, nautisch beheer voor haven en scheepvaart, zoetwatervoorziening) en worden andere functies zo goed mogelijk bediend binnen de grenzen van wat haalbaar is. Een belangrijk instrument daarbij is de vergunningverlening. Voor de invulling van het beheer is het cruciaal om het functioneren van de verschillende takken te beschouwen als één systeem, immers:

Willen we de verschillende, soms onderling strijdige wensen en eisen die verschillende functies aan de takken van de Rijn-Maasmonding stellen (figuur 17) zo goed mogelijk bedienen, dan zullen we die wensen en eisen moeten afwegen in het licht van het functioneren van het systeem als geheel. Dat functioneren hangt af van zijn draagkracht enerzijds en de natuurlijke dynamiek anderzijds. Daarbij zullen we ook vooruit moeten kijken naar toekomstige ontwikkelingen en doorgaande trends die het bedienen van die wensen en eisen naar verwachting verder onder druk zetten, zoals klimaatverandering en maatschappelijke ontwikkelingen.



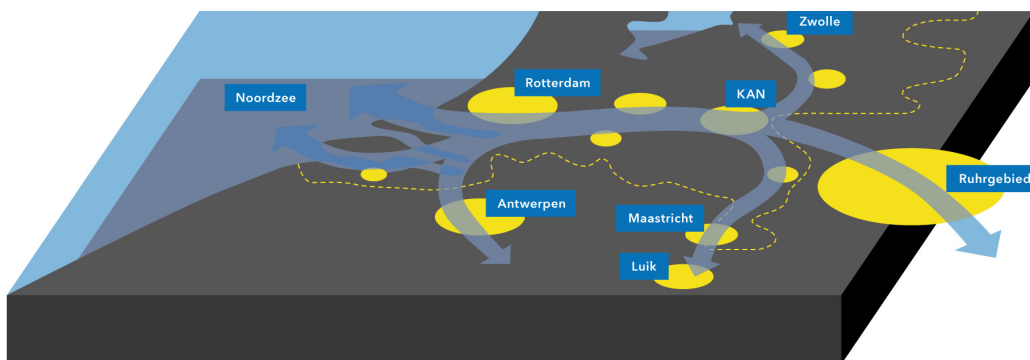
Figuur 17. De verschillende functies van de Rijn-Maasmonding hebben soms onderling strijdige wensen of stellen tegenstrijdige eisen.

Uitgangspunten afwegingskader

Een geactualiseerd afwegingskader moet:

- *integraal zijn van karakter*
Het afwegingskader ondersteunt bij voorkeur een integrale benadering. Dit betekent dat aan gewenste functies ruimte wordt gegund, tenzij dat ten koste gaat van de ruimte voor andere functies.
- *bijdragen aan duurzame ontwikkeling*
Het draagt bij aan een duurzame ontwikkeling van maatschappij en milieu in een veranderend klimaat, in aansluiting op de hoofddoelen van het algemeen omgevingsbeleid. Specifiek voor het waterbeleid gaat het dan om overstromingsrisicobeheersing (veiligheid), zoetwaterverdeling, scheepvaart (economie), en natuur en waterkwaliteit.
- *oog hebben voor de belangen van verschillende partners*
Het afwegingskader is gericht op ontwikkeling met het oog op de maatschappelijke opgaven van de verschillende overheden en organisaties die belangen hebben in het gebied.
- *afwegingen in inrichting en beheer faciliteren*
Het kader faciliteert afwegingen over inrichting en beheer van rivieren en onderdelen van het rivierenlandschap door de inzichten van de rivierbeheerder in de draagkracht en respons van het riviersysteem bij die afweging te betrekken.

Gidsprincipes voor inrichting en beheer



Zie de rivier als systeem en corridor, voor alle natuurlijke processen en alle functies

Zie de rivieren als corridor vanuit de grote havens in onze buurlanden tot en met de Nederlandse havens. Het zijn systemen waarvan het gedrag en de bediening van de verschillende functies grensoverschrijdend en van bovenrivieren tot en met de monding moeten worden beschouwd. Dit geldt voor alle relevante functies en natuurlijke processen. Verlies bij het nemen van maatregelen de wisselwerking tussen riviertakken boven- en benedenstrooms niet uit het oog. Voorkom dat negatieve effecten van een maatregel op het functioneren van het systeem worden afgewenteld. Een voorbeeld van afgewenteling in het verleden is de verdieping van de vaargeul op de Dordtsche Kil: daarbij zijn erosieresistente kleilagen doorsneden waardoor in korte tijd diepe erosiekuilen zijn ontstaan.

Combineer functies waar mogelijk, scheid waar nodig, en benut de verschillen tussen de noord- en de zuidrand voor de versterking van estuariene gradiënten en natuurlijke dynamiek

Accepteer dat je soms functies moet loslaten omwille van andere belangen. Durft te kiezen als dat nodig is, scheid functies waar dat niet anders kan. Voor de Rijn-Maasmonding betekent dit met name een onderscheid tussen de noordelijke en de zuidelijke takken. De zuidrand is veel minder dichtbevolkt met veel minder industrie en havenactiviteiten dan de noordrand. Benut deze verschillen bij de afweging voor natuurontwikkeling en compensatie van verlies van natuurwaarden. De zuidrand biedt ruimte voor natuur van voldoende schaalgrootte en morfologische dynamiek. De Noordrand biedt kansen om, via vergroening, maatregelen voor klimaatadaptatie, meer natuur en een hogere kwaliteit van de leefomgeving (recreatie) met elkaar te verbinden.

Herstel de natuurwaarden in dit gebied door de geleidelijke overgang van de rivieren naar de zee (de gradiënten van zoet naar zout) en de dynamiek van natuurlijke processen, voor zover mogelijk, te herstellen (building with nature). Een verschuiving in het denken vanuit beschermen wat we nu nog hebben naar meer natuurlijke dynamiek is niet alleen goed voor de natuur. Ook kan daardoor op termijn het beheer en onderhoud van het gebied goedkoper worden. Immers: naarmate je een systeem meer uit zijn natuurlijke situatie haalt, wordt het onderhoud duurder.

Behoud het natuurlijk kapitaal voor tegengaan erosie

Klei- en veenlagen beschermen het onderliggende zand tegen erosie. Door deze lagen zo veel mogelijk in stand te houden, kan de erosie van bestaande kuilen worden beperkt en het ontstaan van nieuwe kuilen worden voorkomen. Het zand dat in vaargeulen moet worden gebaggerd kan worden benut om elders erosie tegen te gaan. Zand moet zoveel mogelijk in de takken van de Rijn-Maasmonding worden gehouden; zandwinning moet worden gestopt.

Zoek kansen voor natuur in de combinatie met andere belangen

Benut kansen voor natuurontwikkeling door de combinatie te zoeken met andere doelstellingen. Een maatregel als de ontpoldering van de Noordwaard laat zien dat meer ruimte voor de rivier ook meer ruimte voor de natuur kan opleveren.

Creëer bij ingrepen beheerruimte voor de toekomst

'Beheerruimte' betekent dat maatregelen zo worden uitgevoerd dat bij ontwikkelingen in de toekomst, bijvoorbeeld ten aanzien van de morfologie of waterveiligheid, niet meteen hoeft te worden ingegrepen. Het systeem heeft dan ruimte om ontwikkelingen tot op zekere hoogte op te vangen. Creëer deze ruimte, waar mogelijk, zodat het rivierbeheer minder 'strak' kan worden uitgevoerd.

Geraadpleegde literatuur

Bloemen, P., Reeder, T., Zevenbergen, C., Rijke, J. en A. Kingsborough (2018). Lessons learned from applying adaptation pathways in flood risk management and challenges for the further development of this approach. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 23: 1083-1108.

Cohen, K.M., E. Stouthamer, H.J. Pierik en A.H. Geurts (2012). Digitaal Basisbestand Paleogeografie van de Rijn-Maas Delta. Dept. Fysische Geografie. Universiteit Utrecht. Digitale Dataset. DANS. <https://doi.org/10.17026/dans-x7g-sjtw>.

De Ingenieur (2014). Sluit de Nieuwe Waterweg af. Interview met Frank Spaargaren, 14 september 2014.

Deltaprogramma Rijnmond Drechtsteden (2014). Synthesedocument Rijnmond-Drechtsteden. Achtergronddocument B7.

De Nijs, T. (2008). De Delta in Wording. Overzicht van het benedenrivierengebied door de eeuwen heen. Rapport Rijkswaterstaat.

De Vries, I., en C. Sprengers (2014). Inlaatsluis Spijkenisse: waterinlaat naar Brielse Meer vanuit Oude Maas, Deltares rapport 1209393-000.

Gelder, A. De (2011). Waterstaatkundige Verhandeling afgeleid uit waterloopkundige grondbeginselen en historische ontwikkelingen, en toepasselijk gemaakt op de Lek, de Waal, de Merwedde, de Maas, de Hollandsche IJssel en de Rijn-Maasmonding.

Haasnoot, M., Bouwer, L., Diermanse, F., Kwadijk, J., Van der Spek, A., Oude Essink, G., Delsman, J., Weiler, O., Mens, M., Ter Maat, J., Huismans, Y., Sloff, K. en E. Mosselman (2018). Mogelijke gevolgen van versnelde zeespiegelstijging voor het Deltaprogramma. Een verkenning. Deltares rapport 11202230-005-002.

Huismans, Y. en O. Van Duin (2016). Advies beheer rivierbodemp van de Rijn-Maasmonding. Rapport Deltares.

Huismans, Y. en A.J.F. Hoitink (2017). Towards control over Rhine-Meuse Delta channel network: a historical overview and contemporary research needs. *Advances in Water Resources* (submitted).

Kleinhans, M.G., F. Klijn, K.M. Cohen en H. Middelkoop (2013). Wat wil de rivier zelf eigenlijk? Rapport Universiteit Utrecht en Deltares.

Kranenburg, W., M. Mens, F. Buschman, C. Wesselius, Y. Huismans, J. ter Maat en F. Diermanse (2015). Systeemanalyse van de Rijn-Maasmonding voor verzilting. Rapport Deltares.

Rijkswaterstaat. Factsheet Klimaatbestendige netwerken RWS – Hoofdvaarwegennet.

Rijkswaterstaat, 1998. Hoofdrapport MER Beheer Haringvlietsluizen. Over de grens van zout en zoet: De sluizen op een Kier. Rotterdam, Rijkswaterstaat Directie Zuid Holland.

Schrum, C., Lowe, J., Markus Meier, H.E., Grabemann, I., Holt, J., Mathis, M., Pohlmann, T., Skogen, M.D., Sterl, A. and S. Wakelin (2016). Projected Change - North Sea. In: Quante, M. and F. Colijn (eds). North Sea Region climate change assessment NOSCCA. Regional Climate Studies, Springer Nature, 175-217.

Sloff, C.J., G.A. van den Ham, E. Stouthamer en J.W. van Zetten (2011). Beheer bodemligging in Spui, Oude Maas en Noord. Rapport Deltares.

Ten Brinke, W.B.M. (2003). De Beteugelde Rivier. Uitgeverij Veen Magazines, Amsterdam.

Van de Ven, G.P. (2003). Leefbaar Laagland. Geschiedenis van de waterbeheersing en landaanwinning in Nederland. Uitgeverij Matrijs, Utrecht.

Vellinga, N.E., Hoitink, A.J.F., Van der Vegt, M., Zhang, W. en P. Hoekstra, 2014. Human impacts on tides overwhelm the effect of sea level rise on extreme water levels in the Rhine-Meuse delta. Coastal Engineering 90: 40-50.

Vousdoukas, M.I., Voukouvalas, E., Annunziato, A., Giardino, A. and L. Feyen (2016). Projections of extreme storm surge levels along Europe. Climate Dynamics 47: 3171-3190.

Wijsman, J., V. Escaravage, Y. Huismans, A. Nolte, R. van der Wijk, Z.B. Wang en T. Ysebaert (2018). Potenties voor herstel getijdenatuur in het Haringvliet, Hollands Diep en de Biesbosch. Wageningen University & Research rapport C008/18.

Colofon

Het Verhaal van de Rijn-Maasmonding is in 2018 opgesteld door een groep deskundigen met verschillende achtergronden. Aan het verhaal hebben de volgende deskundigen bijgedragen: Anil Balla, Meinte Blaas, Yoran van Boheemen, Wilfried ten Brinke, Arie Broekhuizen, Roel Burgers, Sacha de Goederen, Marlous van Herten, Ymkje Huismans, Ton Hoitink, Richard Jorissen, Sjors van de Kamer, Otto Koedijk, Jos Kuijpers, Arjan Sieben, Kees Sloff, Karin Stone, Carina Verbeek, Saskia van Vuren, Tom van der Wekken, Rien van Zetten.

Illustraties zijn verzorgd door Feddes/Olthof Landschapsarchitecten.

Het Platform Rivierkennis van Rijkswaterstaat heeft gefaciliteerd bij de totstandkoming van het verhaal. Leden van de Deskundigenpool Rivierkennis en adviseurs van RWS WNZ en WVL hebben feitelijke basisinformatie toegeleverd ten behoeve van het verhaal. Alle betrokken partijen, waaronder Rijkswaterstaat, kunnen aan de hand van dit verhaal hun eigen visie ontwikkelen. Het advies en de gidsprincipes die deskundigen hen aanreiken, kunnen ze toepassen in hun beleid en inrichtingsplannen. Daarbij zullen zij ook andere overwegingen een rol laten spelen, zoals regelgeving, financiële middelen en beleidsmatige kaders.

Nadere toelichtingen

Nadere toelichting: kennisvragen

Voor waterveiligheid worden de kennisvragen binnen het Deltaprogramma benoemd. Voor de andere thema's is een aantal relevante kennisvragen hieronder samengevat.

Zoetwatervoorziening

- Er is behoefte aan modellen die voor de korte (1-2 dagen vooruit) en middellange (enkele weken) termijn de zoutconcentraties in de Rijn-Maasmonding voldoende nauwkeurig kunnen berekenen binnen een operationele omgeving;
- Om gerichterverziltingsmaatregelen te kunnen ontwikkelen, is er behoefte aan kwantitatief inzicht in de bijdrage van de verschillende verziltingsmechanismen in de RMM;
- Verkennen en verfijnen van diverse maatregelen voor een beter handelingsperspectief tijdens periodes van droogte;
- Uitbouwen van eenvoudige relaties, zodat in acute situaties de juiste maatregelen getroffen kunnen worden.

Morfologie

- Onze kennis van de sedimentstromen is nog te beperkt om goed te kunnen inschatten wat suppleties kunnen bijdragen aan het stabiliseren van eroderende bodems. We weten niet hoe lang het duurt voordat een eventueel (nieuw) evenwicht ontstaat, en wat je in de tussentijd zou kunnen en willen doen om de situatie zo goed mogelijk te beheersen.
- We weten te weinig van de dynamiek van erosiekuilen om te kunnen vaststellen wanneer deze echt een gevaar vormen en wat het beste moment is om in te grijpen. Ook is de geologische opbouw van de ondergrond niet in voldoende detail bekend.
- Voor onze kennis van de sedimentstromen zijn metingen essentieel, maar metingen van het sedimenttransport zijn maar in beperkte mate en op een beperkt aantal locaties beschikbaar. Voor meer grip op het gedrag van dit systeem zijn meer metingen nodig.
- In een aantal van de riviertakken hangt de bodemontwikkeling sterk af van de hoeveelheden die worden gebaggerd en gestort. Het huidige baggercontract voorziet er (nog) niet in dat deze volumina en de bijbehorende locaties goed worden vastgelegd. Zolang dat niet verandert kan van het gebied geen gedetailleerde sedimentbalans, een belangrijk hulpmiddel voor de rivierbeheerder, worden opgesteld.

Natuur

- Het aantal vis- en benthos-etende vogels, zoals aalscholvers, fuutachtigen, reigers en duikeenden, is relatief laag in de Rijn-Maasmonding. De mogelijke oorzaken hiervan, en mogelijke effecten van de beroepsvisserij, zijn niet bekend.
- De concentraties toxische stoffen in het water en vooral in de waterbodem zijn nog steeds hoog. De vraag is hoe het ecosysteem eruit ziet als deze concentraties op de natuurlijke achtergrondwaarde zouden liggen.
- We kennen de mogelijke gevolgen niet van de zeespiegelstijging op de nog aanwezige natuurwaarden in het gebied, en weten niet hoe we de bescherming tegen de zeespiegelstijging kunnen combineren met het toelaten van meer estuariene dynamiek.

Waterkwaliteit

Wordt in de volgende versie verder uitgewerkt.

Scheepvaart

- Voor de continuïteit van de scheepvaart is er behoefte aan één model waarin de effecten van klimaatverandering en de verandering in bodemligging bij elkaar komen. Daarmee kunnen vragen worden beantwoord over, onder meer, de gevolgen van klimaatverandering en bodemerosie voor de aansluiting op kunstwerken en harde lagen, en de impact van klimaatverandering op het onderhoud van de vaargeul (baggeren).
- Ten aanzien van de klimaatverandering is voor de binnenvaart een brede toekomstverkenning nodig gericht op potentiële omslagpunten en mogelijke adaptatiepaden. Daarbij gaat het, naast de gevolgen van klimaatverandering, ook om sociaaleconomische ontwikkelingen. Een breed palet aan opties moet daarbij in beeld komen, zoals voor- en nadelen van stuwen in de Waal, de effecten van meer getij op het Hollands Diep voor de scheepvaart (bereikbaarheid Moerdijk), mogelijke en noodzakelijke innovaties in de scheepvaart, en de doorwerking van maatregelen voor de scheepvaart op andere vervoersmodaliteiten.

Nadere toelichting: de invloed van het getij

Wij maken in Nederland een onderscheid tussen bovenrivieren en de Rijn-Maasmonding. De overgang van de bovenrivieren naar de Rijn-Maasmonding wordt gekenmerkt door de invloed van het getij. Dat is echter geen vast punt op de rivieren, om meerdere redenen. Van boven- naar benedenstrooms is het getij op de rivieren merkbaar op verschillende manieren: door vertraging en versnelling van de afvoer bij eb en vloed (horizontaal getij), door rijzing en daling van de waterstand (verticaal getij), en door een periodieke kentering van de stroomrichting. De locaties op de rivieren waar deze invloeden merkbaar zijn, variëren bovendien met de hoogte van de rivierafvoeren.

Nadere toelichting: de natuur aan het werk

Ons land is ontstaan uit het sediment dat werd aangevoerd door grote rivieren en door de stroming en golven van de zee, en uit de resten van de begroeiing in een moerasachtig landschap die in duizenden jaren tijd dikke pakketten veen vormden. Toen 10.000 jaar geleden de laatste ijstijd eindigde, steeg de zeespiegel eerst snel en later geleidelijk minder snel. De stroming en golven van de zee bouwden zandige strandwallen op langs de kustlijn die met de stijgende zeespiegel steeds verder naar het oosten opschoof. Landwaarts hiervan zakke het aangevoerde sediment van grote rivieren uit. En achter de strandwallen, in lage delen van het landschap, ontstonden moerassen waaruit de dikke pakketten veen ontstonden die nu de landschappen van grote delen van Holland en Friesland bepalen.

De dynamiek van de rivieren en de zee was groot. Het water van de rivieren stroomde via meerdere takken naar zee. Die takken werden op een bepaald moment weer verlaten als het rivierwater via een nieuwe tak een snellere afvoer naar zee vond. De rivieren zetten bij hoge afvoeren sediment af op de oude zandige beddingen van de verlaten takken, waardoor deze als zandbanen in de ondergrond

werden begraven. Ongeveer 5000 jaar geleden ontstond de huidige kustlijn. Het strand en de duinen vormden steeds meer een aaneengesloten lijn, het instromende vloedwater voerde zand en slib naar de wadden en kwelders landwaarts van de kustlijn die geleidelijk dichtslibden, en op die slappe ondergrond breidde het veen zich verder uit. Zo'n 3000 jaar geleden bereikte de veenvorming zijn maximaal areaal: ruwweg de helft van ons huidige land.

Nadere toelichting: historische ontwikkeling Rijn-Maasmonding

Afdamming Kromme Rijn

De eerste grote ingreep in het rivierensysteem met gevolgen voor de Rijn-Maasmonding was de afdamming van de Kromme Rijn bij Wijk bij Duurstede 1122. Tot 1122 stroomde de Rijn als Kromme Rijn via Wijk bij Duurstede naar Utrecht en van daar, na opsplitsing, verder als Vecht en Oude Rijn. De afwatering van gebieden langs de Kromme Rijn en de Vecht werd, in combinatie met de Rijnafvoer, een steeds groter probleem. Dankzij de afdamming in 1122 konden de landbouwgebieden meer water kwijt via de Vecht naar de Zuiderzee en via de Oude Rijn naar de Noordzee; de afvoer van de Rijn zat niet langer in de weg. Als gevolg van de afdamming nam de afvoer over de Lek toe.

Afdamming Maas

De eerste grote ingreep in het Rijn-Maasmonding was de afdamming van de benedenloop van de Maas in 1273. Daarvóór hadden de Maas en de Waal ieder hun eigen afvoer naar zee. Het water van de Waal stroomde richting Dordrecht, dat van de Maas stroomde een stuk zuidelijker naar een smalle zeearm waar later het Haringvliet en Hollandsch Diep uit zouden ontstaan. De Maas en Waal waren vóór die afdamming met elkaar verbonden: er liep een riviertak ruwweg tussen Den Bosch en Gorinchem. Na de afdamming in 1273 moest al het water van de Maas en de Waal nu via de Merwede langs Dordrecht naar zee afstromen, hetgeen tot een knelpunt van de rivierafvoer leidde. In 1904 is deze historische 'vergissing' hersteld met het graven van de Bergse Maas. De Maastak die tussen 1273 en 1904 het Maaswater naar de Merwede afvoerde, werd afgedamd en heet nu de Afgedamde Maas.

Ontstaan Biesbosch, Haringvliet en Hollandsch Diep

De Sint-Elisabethsvloed van 1421 was het begin van het einde voor een gebied ten zuiden van Dordrecht, de Grootte Waard. De dijken in dit gebied waren in de voorgaande jaren verwaarloosd. Ook was het gebied kwetsbaarder geworden voor overstromingen door de veenafgravingen ten behoeve van zout en brandstof. In 1421 braken de dijken door, bij storm op zee in combinatie met hoogwater op de rivieren. In de daaropvolgende jaren kon het instromende water een gebied veroveren dat we nu kennen als de Biesbosch. Dat water kwam vanuit zee de Biesbosch binnen via het Flakkee, toen nog een smalle getijdgeul ten zuiden van Rotterdam. Het in- en uitstromende water schuurde het Flakkee steeds verder uit waardoor het Haringvliet en Hollandsch Diep ontstonden.

Aanleg Nieuwe Merwede

Na het ontstaan van de Biesbosch liepen vanuit de Merwede veel kleine geulen, zogenaamde killen, naar de Biesbosch. Daardoor stroomde al het water van de Waal en Maas niet langer via de Merwede langs Dordrecht, maar stroomde een groot deel via deze killen naar het Hollandsch Diep. Door het meegevoerde sediment slibden de killen echter dicht. Ook de Merwede zandde aan waardoor de scheepvaart bij

Dordrecht in de problemen kwam en de waterveiligheid van een groot deel van Holland werd bedreigd. Na veel overstromingen werden tussen 1851 en 1886 vier kilometer van de Biesbosch aan elkaar gebaggerd tot een nieuwe geul: de Nieuwe Merwede (figuur 7).

Aanleg Nieuwe Waterweg

Lange tijd was de Brielse Maas de verbinding tussen Rotterdam en de Noordzee maar in de achttiende eeuw was deze zover dichtgeslibd dat de schepen door het Brouwershavense Gat en dan via Dordrecht naar Rotterdam moesten varen. Een enorme omweg. In 1830 kwam het Voorns Kanaal gereed zodat de schepen vanuit het Brouwershavense Gat in een rechte lijn naar Rotterdam konden en de omweg tot het verleden behoorde. Maar het kanaal bleek al gauw te klein voor de snel groter wordende zeeschepen. Daarom werd de Nieuwe Waterweg gegraven. Hij kwam in 1872 gereed. De Brielse Maas werd in 1950 het Brielse Meer toen deze aan de oost- en westzijde werd afgedamd.

Uitbreiding haven Rotterdam

In de tweede helft van de vorige eeuw maakte de Rotterdamse haven een enorme ontwikkeling door. Om te voorkomen dat zout water, door steeds diepere vaargeulen, te ver landinwaarts zou kunnen doordringen en de land- en tuinbouw zou schaden, werd besloten dat de haven zich zo ver mogelijk zeewaarts moest uitbreiden. In 1956 werd tot de eerste grote stap van deze uitbreiding naar zee besloten met de aanleg van de Europoort op de kop van het eiland Rozenburg. Het Calandkanaal werd gegraven om dit haventerrein te ontsluiten. De verdere uitbreiding naar zee volgde met de aanleg van de (Eerste) Maasvlakte (vanaf 1964) en de Tweede Maasvlakte (vanaf 2008).

Kanaliseren Nederrijn en Lek

Bij de rijnkanalisatie zijn op de Nederrijn en de Lek in de periode 1954-1970 drie stuwen aangelegd, bij Driel, Amerongen en Hagestein. Hierdoor stroomt meer Rijnwater naar de IJssel ten koste van de afvoer via de Lek.

Deltawerken en Ruimte voor de Rivier

Ook de Deltawerken hebben het gebied veranderd (figuur 7): door deze werken kan het getij niet langer vanuit het zuiden (Volkerakdam) en zuidwesten (Haringvlietdam) het gebied in komen. De Europoortkering (de combinatie van Maeslantkering en Hartelkering) sluit de Nieuwe Waterweg en het Hartelkanaal alleen af bij zeer hoge waterstanden op zee. Recent zijn in het kader van het programma Ruimte voor de Rivier enkele (relatief beperkte) maatregelen in het gebied uitgevoerd: er is extra afvoercapaciteit gecreëerd voor hoogwaters op de Maas en Rijn via, respectievelijk, de Overdiepse Polder langs de Bergsche Maas en de Biesbosch (ontpoldering Noordwaard). Bovendien kan tijdelijk rivierwater worden geborgen op het Volkerak-Zoommeer als de vrije afstroming van het water van Rijn en Maas tijdelijk gestremd is doordat de sluisen in de Haringvlietdam en de Europoortkering bij storm op zee gesloten zijn. De kans dat deze waterberging moet worden ingezet is zeer laag (1/1430 per jaar bij de huidige omstandigheden).

Ter voorkoming van het binnendringen van zeewater is de verdieping van de Nieuwe Waterweg en Nieuwe Maas aangelegd volgens een zogenaamde 'trapjeslijn': in trapjes verloopt de diepte van NAP -15,5 m bij Hoek van Holland tot NAP - 8 m bij de splitsing van Lek en Noord. In 1973 is deze 'trapjeslijn' voltooid. Sindsdien is het bodemprofiel gewijzigd door een verdere verdieping van de Nieuwe Waterweg.

Nadere toelichting: verschillende situaties van verzilting Rijn-Maasmonding

In vergelijking met gemiddelde omstandigheden kunnen ten aanzien van zout water dat direct vanuit zee binnendringt vier situaties worden onderscheiden (figuur 18):

- Type 0: Van een geringe verzilting is sprake als bij lage rivierafvoer en normale getijomstandigheden (geen windopzet) de zouttong in de Nieuwe Waterweg steeds verder stroomopwaarts kan indringen. Deze vorm van verzilting is bedreigend voor de zoetwaterinlaatpunten langs de Hollandsche IJssel en Lek, maar niet voor de zuidrand (Oude Maas, Spui, Haringvliet, Hollandsch Diep).
- Type 1: Van een kortdurende maar extreme verzilting (enkele uren tot enkele getijperiodes) is sprake als bij lage rivierafvoer de zeewaterstand door windopzet extra hoog is. Dan dringt zeewater via Nieuwe Waterweg en Oude Maas ook door in het Spui en zelfs tot in het Haringvliet.
- Type 2: Als na een extreme verzilting zout water in de waterlaag in de diepe putten van het Haringvliet is achtergebleven, kan deze verzilting, afhankelijk van de stroming en golven in het Haringvliet, weken tot maanden aanhouden (nalevering).
- Type 3: Zeer langdurige maar geringe verzilting ontstaat als bij langdurig lage rivierafvoeren het zoutgehalte van het rivierwater uit Frankrijk, België en Duitsland geleidelijk steeds verder oploopt.

Verziltings type	-	0	1	2	3	Schaal (mg Cl/l)
Omschrijving	Gemiddelde omstandigheden	Oprukkende zouttong bij lage afvoer	Eenmalige sterke achterwaartse verzilting	Zuidrand verzilt, nalieffect van extreme type 1 verzilting	Verzilting door hoge achtergrondconcentraties rivierwater	20000 15000 10000 5000 3000 1500 1000 500 250 150 0
Zout verspreiding						
Getij	gemiddeld	normaal	forse getijopzet waarbij de vloedstroom richting Haringvliet langer dan één getijperiode aanhoudt	normaal	normaal	
Rivierafvoer	gemiddeld	laag	normaal/laag	laag	extreem laag	
Periode	jaarrond	jaarrond	najaar/ winter	najaar/ winter	zomer/ najaar	
Verzilting Noordrand	0	+	++	0	+	
Verzilting Zuidrand	0	0	++	++	+	
Duur	1 getij	weken - maanden	2 getijden	weken - maanden	weken - maanden	
Frequentie	Groot deel van het jaar	Jaarlijks	Eens in de 5 jaar	Eens in de 10 jaar	Eens in de 3 jaar	

Figuur 18. Vier verschillende situaties van verzilting van de Rijn-Maasmonding (De Vries and Sprengers (2014), uit: Deltares (2015), Systeemanalyse van de Rijn-Maasmonding voor verzilting).

Nadere toelichting: over de deltabeslissing Rijn-Maasdelta

Het fundament van de waterveiligheid in de Rijn-Maasdelta bestaat uit het zandige kustfundament, dijken, stormvloedkeringen en voldoende ruimte voor de rivier. Dit fundament blijkt ook op lange termijn een goede basis te zijn. Met uitgekiend ruimtelijk maatwerk en adaptief deltamanagement zijn de opgaven adequaat en tijdig aan te pakken.

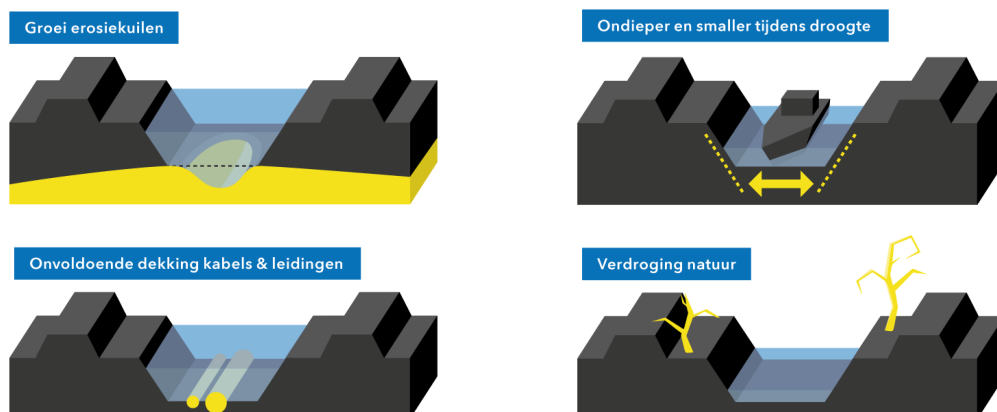
Voor de waterveiligheid in dit gebied is het van groot belang hoe het Rijnwater verdeeld wordt over de Waal, de Nederrijn-Lek en de IJssel. Onderdeel van de voorgestelde deltabeslissing Rijn-Maasdelta is daarom dat de bestaande afspraken over de afvoerverdeling tenminste tot 2050 in stand blijven. De komende jaren wordt besloten of het wijzigen van de afvoerverdeling als optie open blijft voor de periode na 2050. In de voorgestelde deltabeslissing is ook opgenomen dat geen berging van rivierwater plaats zal vinden in de Grevelingen.

Het Deltaprogramma stelt voor de Nieuwe Waterweg niet af te sluiten met een dam en ook geen nieuwe keringen in de riviermondingen te bouwen. Het voorstel is om, als de Maeslantkering aan vervanging toe is, verschillende alternatieven te onderzoeken, waaronder het opnieuw bouwen van een afsluitbare open stormvloedkering en het bouwen van een sluisencomplex. De vervanging van de Maeslantkering wordt, afhankelijk van de toekomstige verwachtingen ten aanzien van klimaatverandering, verwacht tussen 2070 en 2100.

Nadere toelichting: interactie met bovenrivieren

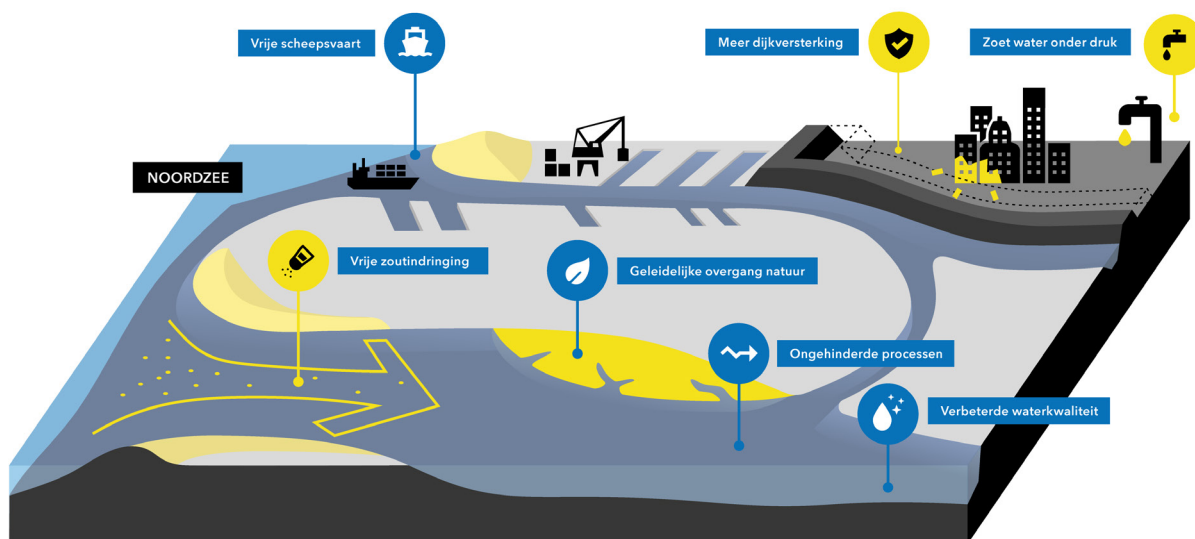
Ten aanzien van het, met baggeren, op diepte houden van vaargeulen voor de scheepvaart moet de interactie met de bovenrivieren niet uit het oog worden verloren. Zowel in de bovenrivieren als in de noordelijke takken in de Rijn-Maasmonding daalt de rivierbedding, en in beide systemen is die daling (deels) te wijten aan het op diepte houden van de vaargeulen voor de scheepvaart. In beide systemen is het belang van baggeren voor de scheepvaart evident, maar zijn er consequenties voor andere belangen (ondieptes boven vaste lagen bovenrivieren, bloot komen liggen kabels en leidingen, verdroging natuur door lagere grondwaterstand, ...).

*Figuur 19.
Consequenties voor
andere belangen.*



Perspectieven van een andere inrichting van het gebied

Bij de huidige inrichting van de Rijn-Maasmonding staan het open en afsluitbaar houden van de Maeslantkering, en de instandhouding van de Haringvlietdam centraal. Mocht op termijn een andere inrichting in beeld komen, dan zijn verschillende opties denkbaar. Twee uiterste alternatieven zijn die van volledig open of juist volledig gesloten zeegaten.



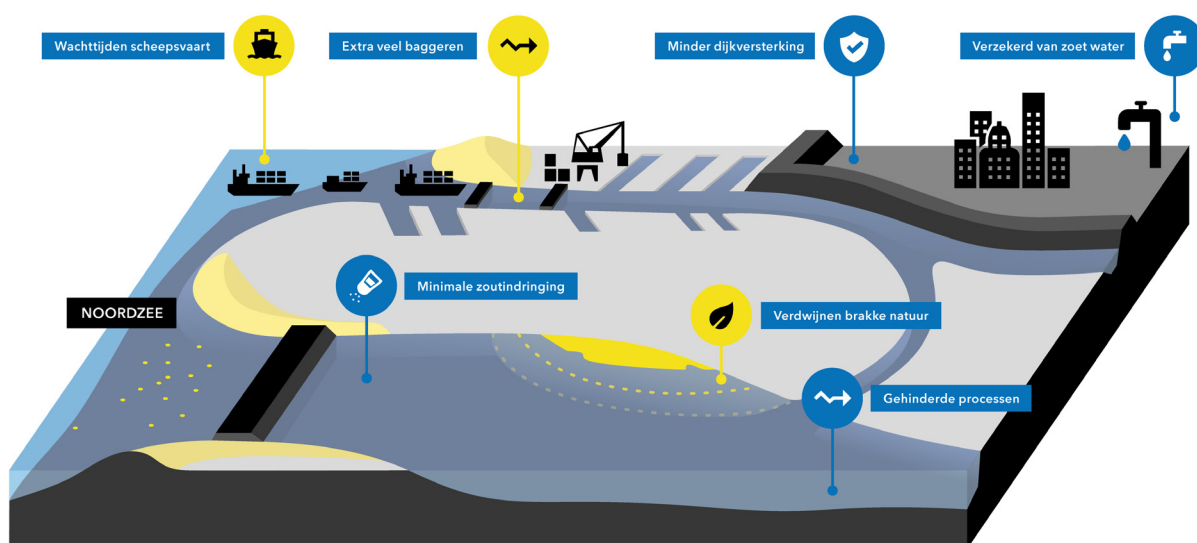
Perspectief open

Het ene uiterste: volledig open zeegaten

'Volledig open' zeegaten (geen Haringvlietdam, geen Europoortkering, wellicht nog meer vergaande ingrepen) betekent veel ruimte voor natuurlijke processen buitendijks. Het huidige grote verschil in getij tussen de noord- en zuidrand verdwijnt. Daardoor stopt de sterke erosie van de verbindende takken, en treedt wellicht sedimentatie op zodat de bodemligging weer enigszins terugkeert naar de situatie van voor de Deltawerken. De sedimentatie van Haringvliet en Hollandsch Diep zal stoppen; de geulen in deze watersystemen zullen weer verruimen door het in- en uitstromende flood- en ebwater. De dynamiek van de slikken en platen verandert ten gunste van de opbouw van deze gebieden (minder golferosie, meer aanvoer sediment naar de slikken en platen). Ook de zogenaamde 'buitendelta', de ondieptes met tussengelegen geulen zeewaarts van het Haringvliet, zal zich aanpassen aan de nieuwe situatie en deels terugkeren naar de situatie van voor de Deltawerken. Meer getijdynamiek maakt de zuidelijke takken robuuster in geval van klimaatverandering, bijvoorbeeld doordat het water in de zomer minder snel opwarmt waardoor de waterkwaliteit verbetert. Van een open doorvaart bij de Volkerakdam die alleen bij hoge waterstanden met een kering wordt afgesloten, zouden zowel de beroepsvaart tussen Rotterdam en Antwerpen als de recreatievaart kunnen profiteren.

Aan dit alternatief zijn echter grote nadelen verbonden. Voor de veiligheid zijn grote investeringen nodig in de versterking van de dijken vanwege de hogere extreme

waterstanden die dan op de takken van de Rijn-Maasmonding mogelijk zijn (tenzij het 'open systeem' afsluitbaar wordt gemaakt voor stormvloed). Ook is veel sediment nodig in het voorland van de waterkeringen voor de stabiliteit hiervan. Verzilting zal dan moeten worden geaccepteerd, met gevolgen voor de beschikbaarheid van zoetwater voor de verschillende functies in dit gebied. Voor de continuïteit van de scheepvaart op de hoofdvaarwegen zal baggeren nodig blijven.



Perspectief dicht

Het andere uiterste: alles dicht

Bij 'volledig gesloten' zeegaten (met een afgesloten Nieuwe Waterweg) is verzilting niet langer een probleem. Met het wegvallen van het getij stopt de sterke erosie van de verbindende takken en zal de bodem gaan aanzanden/aanslibben. De waterveiligheid van het achterland blijft gegarandeerd op het huidige niveau (en neemt wellicht zelfs toe).

De nadelen van dit alternatief zijn belemmeringen voor de scheepvaart en het verdwijnen van de natuurlijke (estuariene) dynamiek die het systeem nu nog heeft. Bescherming van de slikken en platen blijft nodig als we deze in stand willen houden; de processen die deze natuurgebieden opbouwden, komen niet meer terug. Baggeren van scheepvaartverbindingen zal nodig blijven.

Het 'Plan Spaargaren' gaat in deze richting, met een sluiscomplex in de Nieuwe Waterweg ter hoogte van de Beneluxtunnel zodat hoge waterstanden vanaf zee niet in het achterland kunnen doordringen. In een situatie met tegelijkertijd hoge rivierafvoeren stroomt het water richting het Volkerak-Zoommeer, terwijl een grote spui-opening in de Philipsdam het rivierwater verder afvoert naar de Oosterschelde. Pompen in het sluiscomplex in de Nieuwe Waterweg en de Haringvliet- of Philipsdam maken het mogelijk rivierwater ook bij hoge zeewaterstand af te voeren. Het gecombineerde effect van deze maatregelen is dat de hoogwaterstand bij Rotterdam 1 m lager uitkomt dan nu, van de huidige NAP + 3,6 m naar + 2,6 m.

