



# BOILERPLATE PLATFORM RIVIERKENNIS - VERHALENREEKS

Het “Verhaal van de Rijntakken” is onderdeel van een reeks “verhalen”. Zij zijn een deskundigenadvies aan alle partijen die aan het beheer en de inrichting van de rivieren werken. De verhalen worden geschreven door kennisinstituten en marktpartijen en zijn gefaciliteerd door het Platform Rivierkennis van Rijkswaterstaat. Zo zorgen we samen voor de meeste en up-to-date kennis waarmee onze rivieren veilig en goed bevaarbaar houden. Deze gehele reeks bestaat uit a) een generiek verhaal over alle riviertakken, b) drie gebied specifieke verhalen over de Maas, Rijn-Maasmonding en de Waal, Neder-Rijn, Lek en de IJssel en c) thema-edities waar een thema wordt uitgelicht. Deze reeks wordt regelmatig geüpdate zodra er weer ‘voldoende’ nieuwe kennis is opgebouwd.

NB: In de verhalen is de meest up-to-date kennis verzameld van onafhankelijke deskundigen. Hierdoor vertegenwoordigen zij niet noodzakelijkerwijs de mening van de organisatie of van RWS.

## Platform Rivierkennis

De reeks “Verhalen van ...” is een belangrijk onderdeel van de kennisontwikkeling en -borging binnen het Platform Rivierkennis. Het Platform Rivierkennis is onderdeel van Rijkswaterstaat en heeft de rol om binnen Rijkswaterstaat te faciliteren in het ontwikkelen, het borgen en het ontsluiten van kennis over de werking van de rivieren als systeem. Hiermee kan Rijkswaterstaat zijn verschillende rollen als systeemverantwoordelijk beheerder, kennisautoriteit, beleidsadviseur en uitvoerder goed vervullen en zorgen voor veilige en goed bevaarbare rivieren. Om aan dit doel bij te kunnen dragen werkt het Platform Rivierkennis aan drie productielijnen, namelijk vraag-gestuurde kennisontwikkeling, het ontwikkelen en borgen van systeemkennis en deze vertalen naar Rijkswaterstaat systeemadviezen en -standpunten.

## De drie productielijnen van Platform Rivierkennis

1. **Vraaggestuurde kennisontwikkeling**  
Het Platform versterkt systematisch de kennisbasis van Rijkswaterstaat door alle kennisvragen vanuit beheer, uitvoering en beleidsvoorbereiding te verbinden, te prioriteren en te programmeren zodat deze

kunnen worden beantwoord in bestaande projecten en programma's. Dit gebeurt in nauwe samenwerking met kennis-, en onderzoeksinstellingen en voor alle functies van de rivieren.

2. **Ontwikkelen en borgen van Systeemkennis**  
Op basis van deze nieuwe en de bestaande kennis worden systeembeschrijvingen en richtinggevende gidsprincipes voor de inrichting en het beheer van de riviersystemen vastgelegd in de reeks ‘Verhalen van ..’.
3. **Rijkswaterstaat systeemadviezen en standpunten**  
Het Platform Rivierkennis vertaalt de opgebouwde systeemkennis vervolgens naar ‘Richtinggevende Rijkswaterstaat-uitspraken’ in een Rijkswaterstaat beheerdersperspectief. Hiermee kan Rijkswaterstaat beter invulling geven aan zijn rol van systeemverantwoordelijk beheerder en zijn belangen inbrengen in nieuw rivierenbeleid. Ook vertaalt het Platform Rivierkennis dit beheerdersperspectief weer door naar systeemadviezen, daar waar specifiek een standpunt van Rijkswaterstaat nodig is voor beheer of aanleg.

## TEN GELEIDE

Met veel plezier bieden wij u het Verhaal van de Rijntakken aan, een verhaal voor allen die werken aan de inrichting en het beheer van de Rijntakken. Het verhaal is geschreven door experts van Rijkswaterstaat en Deltares.

Hiermee is een nieuw verhaal toegevoegd aan een reeks verhalen over de Nederlandse rivieren. Die reeks begon in 2017 met het Verhaal van de Rivier, een verhaal over de Rijn en de Maas inclusief hun benedenlopen met vraagstukken en gidsprincipes die op al deze rivieren, in meer of mindere mate, van toepassing zijn. Vervolgens verschenen twee verhalen die zich specifiek op een deel van de grote Nederlandse rivieren richtten: het Verhaal van de Maas en het Verhaal van de Rijn-Maasmonding. In deze verhalen zijn de vraagstukken en gidsprincipes uit het Verhaal van de Rivier meer concreet uitgewerkt voor respectievelijk de Maas en de Rijn-Maasmonding. Daar is een Verhaal van het Sediment aan toegevoegd omdat de sedimenthuishouding, en met name de verstoring hiervan, aan de basis staat van de meeste actuele en voorzienbare uitdagingen in onze rivieren.

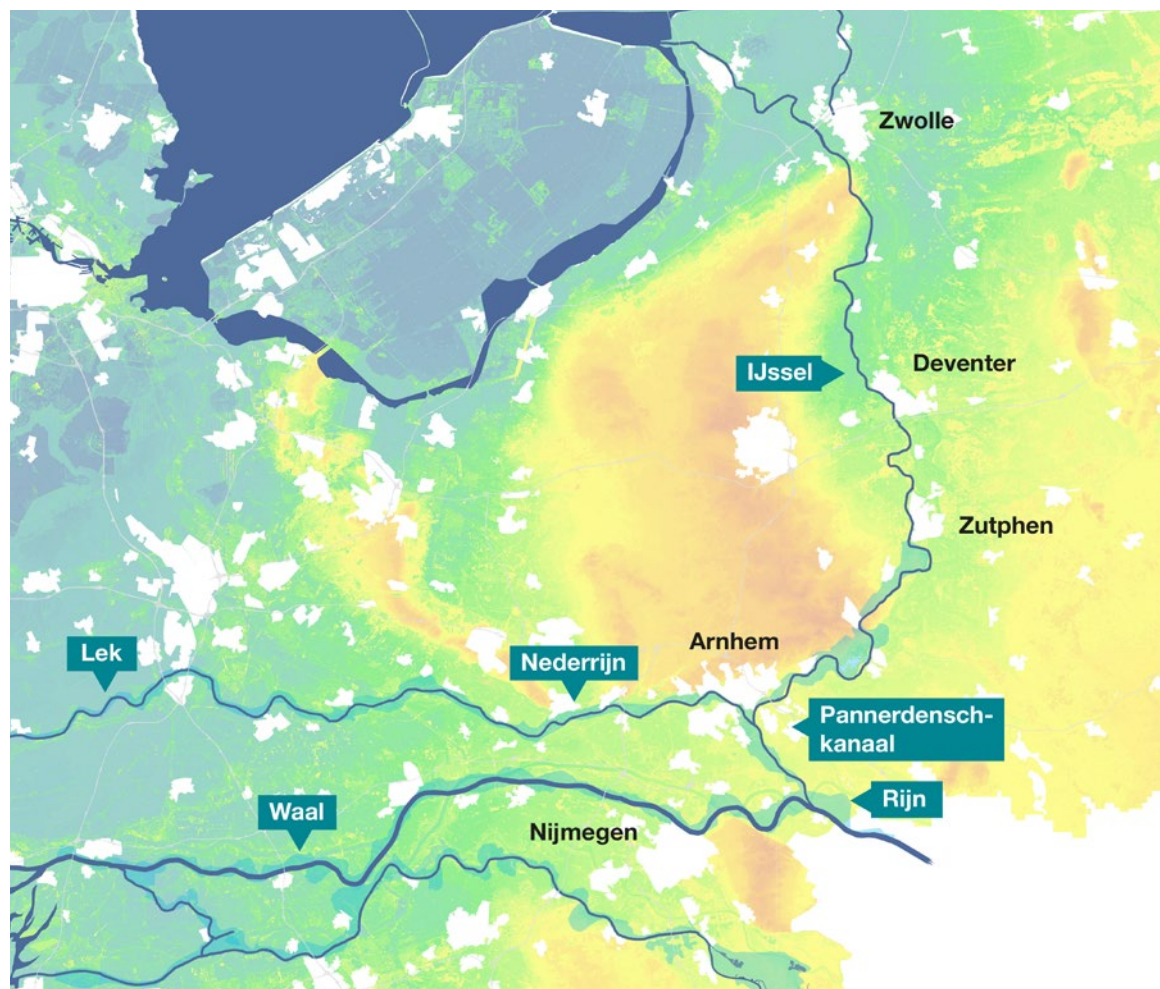
In deze reeks kan het Verhaal van de Rivier worden gezien als een overkoepelend verhaal met gidsprincipes die, op basis van kennis van de rivier als systeem, aangeven hoe met de Nederlandse rivieren zou moeten worden omgegaan om hun duurzaam functioneren te garanderen met het oog op alle gewenste maatschappelijke functies en waarden. In de reeks concrete uitwerkingen miste nog een Verhaal van de Rijntakken. Dat is dit verhaal.

Met het verhaal dat nu voor u ligt hebben wij de karakteristieken van de verschillende Rijntakken, de problemen die daar spelen en de duurzaamheidsopgaven voor de toekomst op een rij gezet. Hierbij hebben wij de onderlinge verschillen tussen de Rijntakken zo goed mogelijk belicht. Het verhaal eindigt met gidsprincipes die zoveel mogelijk op de Rijntakken zijn toegesneden. Net als in het Verhaal van de Maas zijn de generieke gidsprincipes uit het Verhaal van de Rivier hierin te herkennen, maar zijn ze soms meer concreet gemaakt voor toepassing in de praktijk van de rivierbeheerder (Rijkswaterstaat) en beleidsmakers. Daarmee kan het Verhaal van de Rijntakken onder meer worden gebruikt als onderbouwing van het Beheerdersperspectief van Rijkswaterstaat.



## DE KERNBODSCHAP

Eeuwen geleden stroomden onze rivieren vrij af en waren ze niet begrensd door dijken. Geulen zandden aan en verlegden zich. Grote gebieden overstroomden geregeld. Ook na de bedijking traden nog regelmatig overstromingen op, vaak veroorzaakt door de vorming van ijsdammen op zandplaten in de rivier. Om de afvoer van water, ijs en sediment te reguleren zijn kribben aangelegd. Omdat het belang van de scheepvaart ook toenam, zijn de rivieren verder versmald, rivierbochten afgesneden, nieuwe rivierdelen gegraven, en splitsingen en samenvloeiingen verwijderd. Het gevolg van al deze maatregelen is uitschuring van het zomerbed, terwijl de uiterwaarden door sedimentatie steeds hoger kwamen te liggen. Dit leidde weer tot verdroging en daarmee verlies aan diversiteit van de riviernatuur. Het had bovendien een nadelig effect op de afvoercapaciteit van het winterbed. Na de eerste bedijkingen zijn de dijken steeds verder rivierwaarts verlegd en zijn overstromingsvlakten en bypasses afgesloten. Daardoor is het areaal winterbed verder in omvang afgenomen. Al met al is de ruimte voor de Rijntakken, ondanks het programma Ruimte voor de Rivier steeds kleiner geworden.



De Rijntakken en het landschap

We moeten steeds vaker ingrijpen om te zorgen dat de rivier blijft voldoen aan de eisen die we stellen met betrekking tot veilige hoogwaterafvoer, zoetwatervoorziening, scheepvaart en natuur. Niet alleen vanwege de gevolgen van ingrepen in het verleden maar ook omdat we steeds hogere eisen aan de rivier stellen, die bovendien soms met elkaar conflicteren. Hierdoor en door de beperkte ruimte leidt het combineren van functies vaker tot problemen. Zo is voor de scheepvaart een voldoende diepe vaargeul bij lage afvoer van belang. Het blijft een uitdaging om dit te combineren met natuurbehoud, waarvoor ruimtelijke variatie nodig is met een regelmatig overstromend winterbed en een dynamische oeverzone.

De reactie van de rivier op ingrepen in het verleden, die tot ver in de toekomst kan doorzetten, illustreert dat je in de rivier niets kunt doen zonder dat dit consequenties heeft. De reactie van de rivier is een aanpassing van de vorm van de rivier (zoals verhang en bodemligging) aan de veranderde omstandigheden door de ingrepen. De ontwikkelingen in het verleden laten zien dat die aanpassing gevolgen heeft voor de samenleving, via onder meer hogere hoogwaterstanden (noodzaak hogere dijken), een uitschurend zomerbed (vaste laag als ondiepte voor de scheepvaart) en lagere grondwaterstanden in de uiterwaarden en het binnendijkse gebied (verdroging).

De Rijntakken zullen blijven reageren op (een deel van de) ingrepen uit het verleden en op ingrepen in de toekomst. Ook zullen de Rijntakken reageren op veranderingen in het afvoerregime van de Rijn: de Rijn wordt steeds meer een regenrivier met, onder meer, in de zomer langere periodes van lage(re) afvoeren. Ondertussen blijven de Rijntakken cruciaal voor al de verschillende functies die mede onze hoogontwikkelde, welvarende samenleving mogelijk maken. In gidsprincipes kunnen wij aangeven hoe we het best met onze Rijntakken kunnen omgaan om ook in de toekomst de veelheid aan functies te kunnen blijven bedienen. De volgende gidsprincipes kunnen als leidraad dienen bij beleid, inrichting en beheer van de Rijntakken:

1. Voorkom dat maatregelen voor inrichting en beheer tot negatieve gevolgen leiden bij andere afvoeren, op een andere plek, voor een andere functie, of op een later moment in de toekomst.
2. Richt de Rijntakken zo in dat rivierbeheerders niet steeds en snel hoeven in te grijpen maar er (beheer)ruimte ontstaat voor een zekere mate van morfologische dynamiek en natuurlijke successie (bijvoorbeeld bij aanzanding van het zomerbed en natuurontwikkeling in het winterbed).
3. Behoud de karakteristieke landschapsvormen en (aardkundige) waarden, en versterk de verschillen tussen de Rijntakken en hun trajecten.

4. Behoud het zand en grind in de Rijntakken, als natuurlijk kapitaal voor het stabiliseren van de bodemligging. Benut de natuurlijke sedimentdynamiek van de rivier op een slimme manier.
5. Verweef waar mogelijk functies, maar scheid ze waar nodig.

# OVER HET VERHAAL VAN DE RIJN

Dit verhaal is een verhaal van deskundigen over de werking van de Rijntakken Waal (inclusief de Bovenrijn), Nederrijn-Lek (inclusief het Pannerdensch Kanaal) en (Gelderse) IJssel . Hierin worden de grootste maatschappelijke uitdagingen (problemen) van deze rivieren samengevat. Ook worden de opgaven beschreven om de veilige hoogwaterafvoer, laagwaterverdeling, bevaarbaarheid, natuur en waterkwaliteit, en een stabiele bodemligging duurzaam in te vullen. Vervolgens worden principes afgeleid voor beheer en inrichting. Met dit verhaal willen wij onze kennis delen binnen Rijkswaterstaat en met partijen waarmee Rijkswaterstaat samenwerkt aan beleid, inrichting en beheer van de rivier. Dat is belangrijk omdat inzicht in hoe de rivier zich gedraagt en ontwikkelt ten grondslag ligt aan het rivierbeheer en mede ten grondslag zou moeten liggen aan inrichtingsbesluiten die voor het riviereengebied worden genomen.

## Verleden, heden en toekomst

Dat inzicht grijpt terug op het verleden, op de ontstaansgeschiedenis en de rol die menselijk ingrijpen daarbij gespeeld heeft. Vanuit de doorwerking van ontwikkelingen en ingrepen in het verleden beschrijven wij hoe ons riviersysteem zich nu gedraagt. Daarbij kijken wij ook vooruit naar de te verwachten gevolgen van recente ingrepen in de rivieren en de klimaatverandering.

Bij de gidsprincipes doen wij als inhoudelijk deskundigen ook suggesties om het rivierbeheer voor de toekomst duurzamer in te richten, waarbij het natuurlijke, dynamische gedrag van de rivieren meer dan nu als uitgangspunt wordt genomen.

## Rivierbeheer vraagt om aanpassingen

Als deskundigen zien wij dat het huidige rivierbeheer op onderdelen moet worden aangepast. In rivieren waar de mens nog niet heeft ingegrepen wisselen erosie en sedimentatie van grind, zand en slib elkaar af, in de tijd en in de ruimte. Daardoor verplaatsen rivieren zich in het landschap, en kunnen de rivieren het landschap blijven vormen en zichzelf blijven verjongen. Voor de Rijntakken geldt een ander verhaal.

Ingrepen in het verleden hebben de rivier vastgelegd en natuurlijke processen verstoord. Doordat deze rivieren in een keurslijf van dijken en kribben zijn geperst, zijn de hoogwaterstanden hoger geworden en wordt sediment over een kleiner oppervlak afgezet. Daardoor zijn de uiterwaarden hoger geworden dan het door dijken beschermde achterland. En doordat het zomerbed is vastgelegd is vooral op de Waal en de IJssel al tientallen jaren uitschuring van de rivierbodem gaande. Dit leidt tot lagere laagwaterstanden en problemen met de stabiliteit van constructies. Doordat de bodem niet overal even snel uitschuurt

en constructies op de bedding van de rivier (harde lagen) niet of veel minder snel mee zakken, neemt de waterdiepte in de vaargeul voor de scheepvaart af. De uitschuring versterkt de verdroging van de uiterwaarden en de wijdere omgeving, doordat de grondwaterstanden met de verlaging van de rivierbedding en dus de laagwaterstanden meezakken. Daarnaast is het zo dat de Waal sneller erodeert dan de IJssel. Daardoor gaat er steeds meer water over de Waal en minder over de IJssel stroomt met consequenties voor de vullingsgraad van het IJsselmeer, de grootste zoetwaterbuffer van Nederland.

We moeten het rivierbeheer dan ook anders invullen en toewerken naar een duurzaam dynamisch evenwicht van de bodemligging van het zomerbed, de vaargeul en het winterbed, opdat de functies van de rivieren ook in de toekomst goed kunnen worden ingevuld. Kennis over de verplaatsing van sediment (grind, zand en slib) in de rivieren en mogelijkheden om dit te beïnvloeden spelen daarbij een sleutelrol.

---

<sup>1</sup> De verwijzingen naar achterliggende bronnen zijn in dit document weergegeven als pop-up teksten die verschijnen wanneer u met uw cursor over de verwijzingen (I, II, III, etc.) in de tekst beweegt.

# INHOUDSOPGAVE

[BACK](#) [NEXT](#)

# 1. EEN RIJN, DRIE TAKKEN



Tien kilometer na het passeren van de grens vertakt de Bovenrijn in de Waal en het Pannerdensch Kanaal. Het Pannerdensch Kanaal gaat over in de Nederrijn, en de Gelderse IJssel takt hiervan af. De Nederrijn verandert stroomafwaarts van naam en gaat als de Lek verder. Dit verhaal gaat over de Waal (inclusief de Bovenrijn), de Nederrijn-Lek (inclusief het Pannerdensch Kanaal) en de IJssel. Drie Rijntakken met een verschillende ontstaansgeschiedenis en met verschillende eigenschappen.

In dit hoofdstuk beschrijven we per Rijntak de morfologische karakteristieken, het verhang van de waterspiegel, eventuele effecten van het getij en de sedimentsamenstelling van de bovenlaag van de rivierbedding. Vervolgens verbreden we de blik op de Rijn en beschrijven we een aantal karakteristieken (geologie, waterbeweging, sedimentbeweging en morfologie) voor het hele stroomgebied van de rivier. Aansluitend op die beschrijving gaan we in op de afvoer van de Rijn en de verdeling hiervan over de Nederlandse Rijntakken.



## Morfologische karakteristieke

Voor de mens ingreep in de rivier de Waal, bestond deze Rijntak uit brede, ondiepe rivierlopen, tussen bewegende zandplaten en actieve oeverwallen. Stromende nevengeulen waren kenmerkend voor deze rivier. Verschillende uiterwaarden langs de Waal zijn ontstaan door de aanwas van eilanden en zandplaten aan de concave oever (de buitenbocht). Landaanwinning door de mens speelde bij het ontstaan van deze zogenaamde aanwaswaarden een belangrijke rol. Tegenwoordig is de rivier gefixeerd in een door kribben afgebakende hoofdloop, maar de relatief grote breedte-diepte-verhouding en de beschikbaarheid van voldoende zand in brede rivierstranden, maakt het nog altijd bij uitstek de riviertak voor grootschalige zanddynamiek op oeverwallen en in nevengeulen. De oeverwallen zijn nog steeds morfologisch actief. Het oude landschap van geulen en zandplaten is vaak nog goed zichtbaar in de uiterwaarden, maar doorgaans bedekt met een laag recente klei.

## Verhang en getij

Bij een gemiddelde afvoer (Qlobith 2200 m<sup>3</sup>/s), als het water alleen door het zomerbed stroomt, is het verhang van de waterspiegel van de Waal vrij constant langs een groot deel van de rivier (ongeveer 10 cm/km); na Zaltbommel neemt het verhang snel af. In de benedenloop van de Waal is het getij bij zeer lage afvoer (< 900 m<sup>3</sup>/s) merkbaar tot bij Tiel (enkele centimeters), maar bij hogere afvoeren is het getij pas echt merkbaar benedenstrooms van Zaltbommel (ca. 20 cm verschil tussen eb en vloed bij gemiddelde afvoer). Verder stroomafwaarts neemt dit toe tot ca. 45 cm bij Woudrichem.

## Sediment

In 2020 is er voor het eerst in 25 jaar weer een meetcampagne opgestart om de samenstelling van het sediment op de rivierbodem in beeld te brengen. Deze campagne is bij het uitbrengen van dit verhaal nog niet volledig afgerond, maar de resultaten voor de Bovenrijn, Waal en Pannerdensch Kanaal zijn al bekend (zie Figuur 1).

De toplaag van de bedding van de Duitse Niederrhein en de Nederlandse Bovenrijn bestaat grotendeels uit (grof) grind. Ook de Waal, die in het verleden bekend stond als een zandige rivier, is steeds meer een grind gedomineerde rivier (tot aan Tiel). De figuren laten zien dat in de Waal met name de grofste zandfractie (500-2000 µm) heeft plaatsgemaakt voor grind (> 2mm).

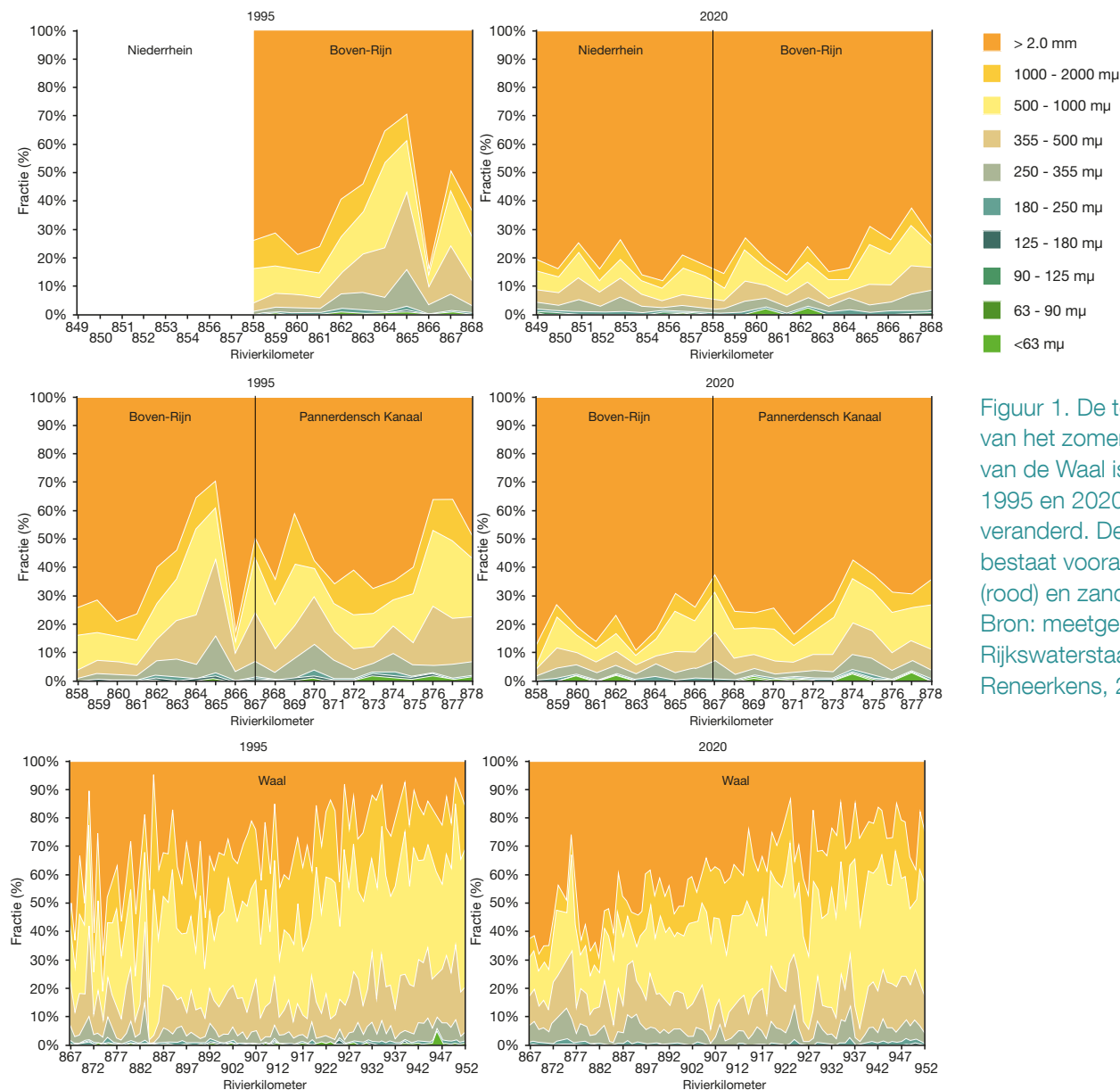
De kleine fracties laten minder verschuivingen zien. Opmerkelijk is dat de bodem van het Pannerdensch Kanaal (zijtak) beduidend grover is dan de bodem van de Waal (hoofdtak), dit zeer waarschijnlijk veroorzaakt door enige bochtwerking op het splitsingspunt. De toplaag van de bedding van de Duitse Niederrhein en de Nederlandse Bovenrijn bestaat grotendeels uit grind.

De toplaag van de bedding van de Bovenrijn-Waal is grover dan die van de Nederrijn-Lek en de IJssel (met uitzondering van de bovenstroomse trajecten). De morfologische processen zijn in de Waal ook sterker dan in de andere takken. Deze verschillen worden besproken in de paragraaf 'Water, zand en grind aan het werk' in het hoofdstuk over 'De vorming van de Rijn'.

In 2020 is er voor het eerst in 25 jaar weer een meetcampagne opgestart om de samenstelling van het sediment op de rivierbodem in beeld te brengen. Deze campagne is bij het uitbrengen van dit verhaal nog niet volledig afgerond, maar de resultaten voor de Bovenrijn, Waal en Pannerdensch Kanaal zijn al bekend (zie Figuur 1).

De toplaag van de bedding van de Duitse Niederrhein en de Nederlandse Bovenrijn bestaat grotendeels uit (grof) grind. Ook de Waal, die in het verleden bekend stond als een zandige rivier, is steeds meer een grind gedomineerde rivier (tot aan Tiel). De figuren laten zien dat in de Waal met name de grofste zandfractie (500-2000  $\mu\text{m}$ ) heeft plaatsgemaakt voor grind (> 2mm). De kleine fracties laten minder verschuivingen zien. Opmerkelijk is dat de bodem van het Pannerdensch Kanaal (zijtak) beduidend grover is dan de bodem van de Waal (hoofdtak), dit zeer waarschijnlijk veroorzaakt door enige bochtwerking op het splitsingspunt.

De toplaag van de bedding van de Bovenrijn-Waal is grover dan die van de Nederrijn-Lek en de IJssel (met uitzondering van de bovenstroomse trajecten). De morfologische processen zijn in de Waal ook sterker dan in de andere takken. Deze verschillen worden besproken in de paragraaf 'Water, zand en grind aan het werk' in het hoofdstuk over 'De vorming van de Rijn'.



Figuur 1. De toplaag van het zomerbed van de Waal is tussen 1995 en 2020 duidelijk veranderd. De toplaag bestaat vooral uit grind (rood) en zandige fracties. Bron: meetgegevens Rijkswaterstaat en Reneerkens, 2020 .

# 1.2

## NEDERRIJN-LEK

### Morfologische karakteristieken

De Nederrijn was voor het ingrijpen door de mens een laaglandrivier met een slingerende loop en zandbanken in de binnenbochten. Plaatselijk lagen kleine eilanden en zandplaten die omringd waren door korte nevengeulen die op enkele plekken nog als strangen herkenbaar zijn. Tegenwoordig is de Nederrijn gefixeerd in een door kribben afgebakende hoofdloop en met stuwen gekanaliseerd. Deze Rijntak is alleen bij hogere afvoeren een vrij afstromende rivier. Door de stuwen komen dynamische situaties waarbij pioniervegetatie zich goed kan ontwikkelen nauwelijks meer voor. Maar hierdoor zijn er wel kansen voor moerasnatuur.

De Nederrijn grenst aan de noordkant aan de hoge gronden van het Veluwemassief en de Utrechtse Heuvelrug. De kwel uit die hoge gronden bereikt ook de rivier. Door de ligging van zomerkades dicht op de rivier is de overstromingsfrequentie van de uiterwaarden laag en treedt nog maar zelden zandafzetting en oeverwalvorming op.

Ten westen van Wijk bij Duurstede gaat de Nederrijn over in de Lek. Tot aan de stuw van Hagestein/Vianen is ook de Lek gestuwd en kent ze vergelijkbare karakteristieken als de Nederrijn. Verder benedenstrooms grenst de rivier niet langer aan hoge gronden, maar aan binnendijkse laagveengebieden.

### Verhang en getij

Bij relatief lage Rijnafoeren is de Nederrijn-Lek gestuwd: met 3 stuwen worden de afvoer en het waterpeil gereguleerd. Het stuwen begint bij een waterstand bij Lobith van 10 m +NAP, wat overeenkomt met een Rijnafoer van ongeveer 2600 m<sup>3</sup>/s. De stuw van Hagestein vormt de grens tussen het gestuwde deel van de Lek en het getijdengebied. Zodra de stuw Hagestein getrokken wordt, kan het getij ook bovenstrooms van de stuw doordringen. De getijslag bedraagt dan tussen Culemborg en Hagestein ca. 70 cm. Verder stroomopwaarts, en ook bij hogere waterstanden, neemt dit effect langzaam af.

Bij hogere afvoeren worden de stuwen één voor één gestreken en stroomt de Nederrijn-Lek wel vrij af. Stroomafwaarts van Culemborg neemt het verhang van de vrij-afstromende rivier snel af.

### Sediment

De top laag van de bodem van het zomerbed van het Pannerdensch Kanaal en van het bovenstroomse deel van de Nederrijn bevat veel grind. Stroomafwaarts neemt het grindgehalte op de Nederrijn af en bestaat de bodem vooral uit grof zand. In de stuwpannen kan slib bezinken dat (deels) zal wegspoelen als bij een stijging van de Rijnafoer de stuwen worden getrokken en de rivier weer vrij afstroomt (figuur 1).

## Morfologische karakteristieken

De IJssel was in het verleden een sterk meanderende zandrivier. Door het meanderen zijn in de binnenbochten grote kronkelwaarden ontstaan. In die tijd was de afvoer van de rivier groter dan nu. Kronkelwaarden worden nu niet meer gevormd. Het reliëf van de afwisseling van hoge kronkelwaardruggen en lage kronkelwaardgeulen is nog steeds duidelijk zichtbaar in de uiterwaarden. Na de vorming van de kronkelwaarden was er een periode waarin een tijd lang steeds minder water via de IJssel afstroomde, doordat steeds meer Rijnwater via de Waal naar zee ging stromen. Pas na de aanleg van het Pannerdensch Kanaal (1707) en de verlegging van de bovenmonding (1777) kreeg de IJssel zijn huidige afvoercharacteristieken. De IJssel is nu een kleine zandrivier, enigszins ingesneden ten opzichte van de oude kronkelwaardterrassen. De bochten van de rivier zijn veel minder groot dan de grote kronkelwaardbochten van bijvoorbeeld de Fraterwaard en bij Cortenoever doen vermoeden. Op verschillende plaatsen grenzen de kronkelwaarden verder van de rivier aan nog oudere rivierterrassen waarin relictgeulen en oude meanders van een nog oudere IJssel zichtbaar zijn.

De hierboven beschreven kronkelwaarden en rivierterrassen is kenmerkend voor de IJssel ten zuiden van Deventer. Ten noorden van Deventer is het karakter van de IJssel anders. Hier is de rivier een sedimenterende zandrivier. Over grote lengten heeft de IJssel hier een slingerende loop in een oude laagvlakte. Stromende nevengeulen zijn, door ingrepen in de rivier, al lang geleden verdwenen of tot hanken omgevormd.

Nevengeulen en zandplaten kunnen niet langer ontstaan. Wel wordt hier bij hoogwaters nog zand op de uiterwaarden afgezet en vindt oeverwalvorming plaats. Maar de omvang van deze processen is langs de IJssel een stuk minder dan langs de Waal, door de beperkte breedte-diepteverhouding van het zomerbed en door het grootschalig vastleggen van de IJsseloevers met oeverbestorting (breuksteen, dat deels de laatste jaren weer verwijderd is).





### Verhang en getij

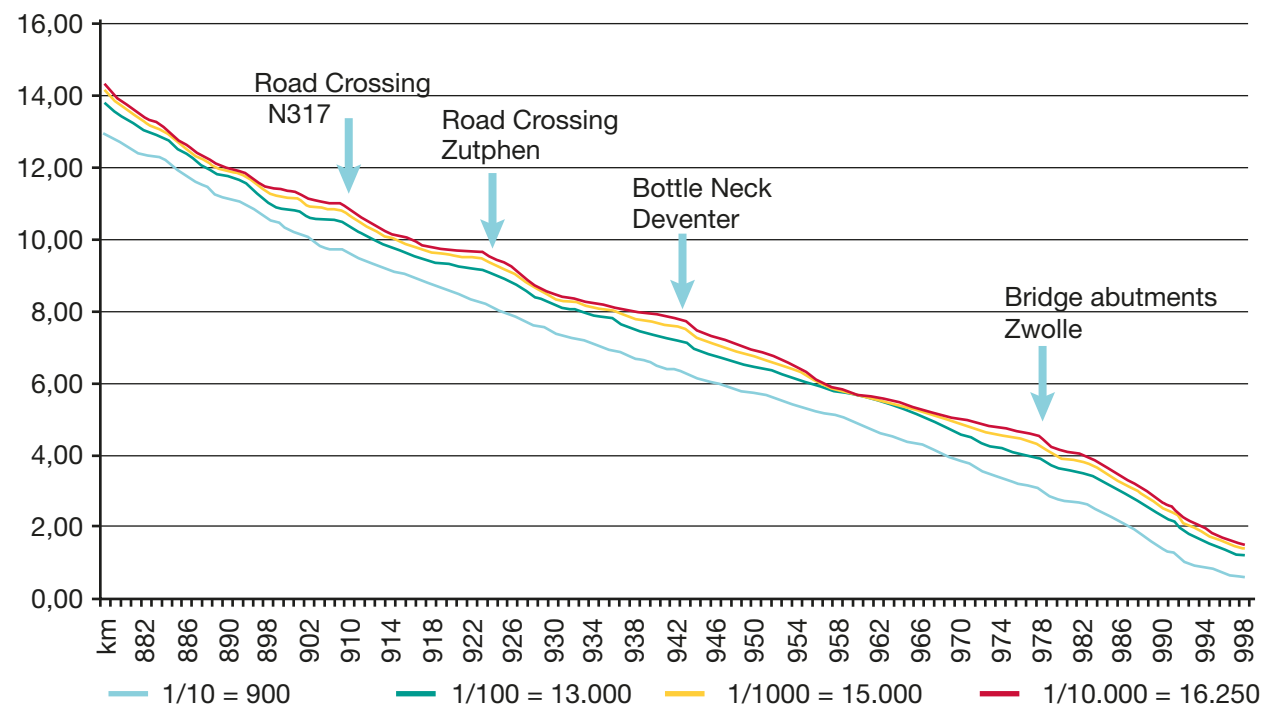
In de IJssel neemt het verhang van boven- naar benedenstrooms heel geleidelijk af; bovenstrooms is het verhang ca.12 cm/km en iedere 10 km verder stroomafwaarts wordt het verhang bijna 1 cm/km minder. Vergeleken met de Waal en de situatie van een vrij afstromende Nederrijn-Lek is het verhang in het benedenstroomse traject van de IJssel relatief gering. Het verhang staat hier onder invloed van het waterpeil op het IJsselmeer. Bij hoge afvoeren gaat het winterbed meestromen en kunnen lokaal, waar de stroomvoerende dwarsdoorsnede van de rivier afwisselend kleiner en groter wordt, aanmerkelijk hogere en lagere verhangen optreden (figuur 2).

Na Zwolle verandert de IJssel in een echte laaglandrivier met deltakenmerken. De rivier gaat hier meer meanderen en is binnendijks omgeven door laaggelegen komgronden met veen op klei. De variatie in waterstanden in de IJsseldelta is beperkt en dit maakt de delta kansrijk voor waterplantrijke strangen en nevengeulen. Sinds de bouw van de Afsluitdijk is hier geen getijdenwerking meer en zijn waterstandfluctuaties beperkt tot opwaaiing vanuit de delta in het meest noordelijke deel van dit IJsseltraject.

### Sediment

De toplaag van de bodem van het zomerbed van de IJssel bevat eerst nog veel grind, maar stroomafwaarts neemt het grindgehalte af en bestaat de bodem vooral uit grof zand. Op de IJssel komt slib in het zomerbed alleen helemaal benedenstrooms voor, waar de IJssel uitmondt in het Ketelmeer (figuur 1).

Figuur 2. Het verhang van de waterspiegel van de IJssel bij vier extreem hoge afvoeren (van eens in de 10 jaar tot eens in de 10.000 jaar). Op plaatsen waar de stroomvoerende dwarsdoorsnede van de rivier relatief beperkt is (door obstakels en flessenhalzen) wordt het water opgestuwd en is het verhang kleiner (Bron: Klijn et al., 2019 ).



# 1.4 HET STROOMGEBIED VAN DE RIJN

## Geologie

De Rijn ontspringt in de Zwitserse Alpen. Het stroomgebied van de Rijn is 185.000 km<sup>2</sup> groot. De Rijn stroomt 'slechts' door drie landen, Zwitserland, Duitsland en Nederland, maar met zijn zijrivieren voert de Rijn ook water af uit Oostenrijk, Liechtenstein, Italië, Frankrijk, België en Luxemburg.

Van zijn oorsprong naar de monding stroomt de Rijn door vijf geologische zones: (1) de Alpen, (2) een tektonisch dalend gebied (slenk) in Zuid-Duitsland, (3) het Rijnlands leisteenplateau, een laaggebergte dat zich uitstrekt over Duitsland, België en Luxemburg, (4) de laagvlakte van de Rijn in Duitsland en (5) de Nederlandse delta.

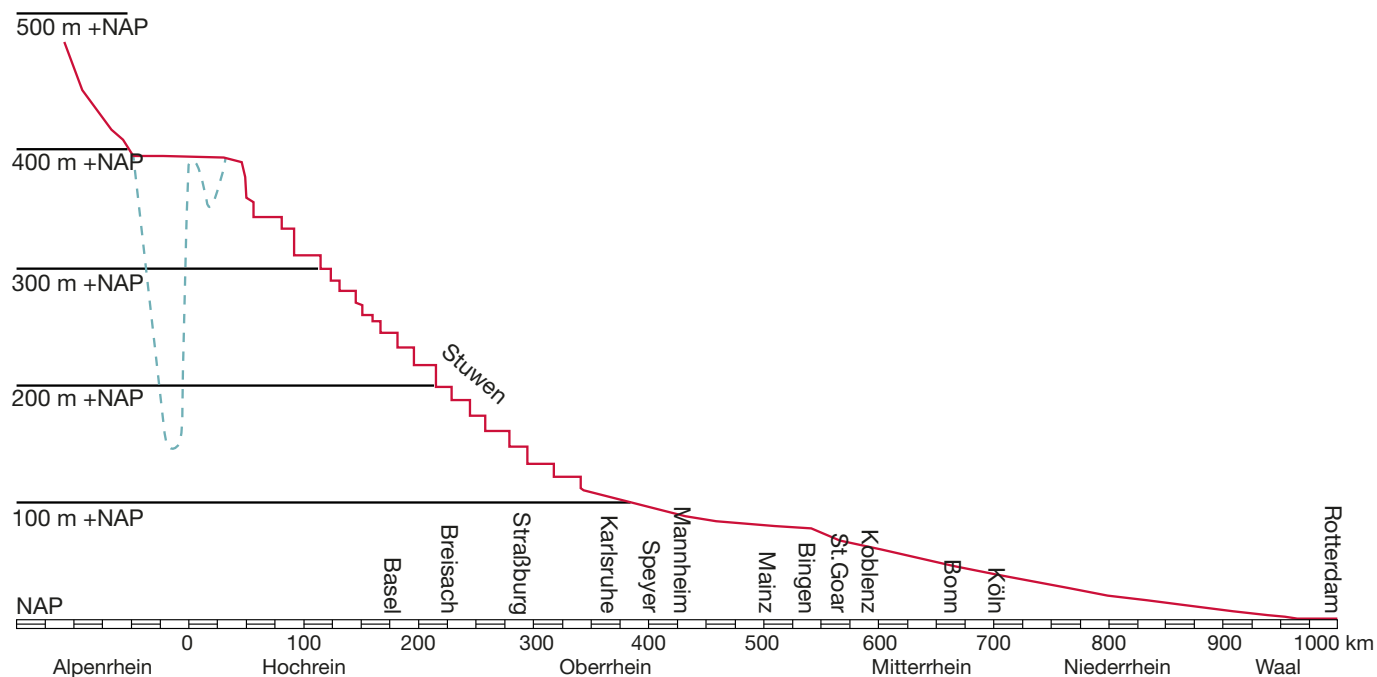
## Waterbeweging

Het meest bovenstroomse deel van de Rijn is de Alpenrhein. Na ongeveer 100 kilometer mondt hij uit in het Bodensee (de Bodensee of Meer van Konstanz). Vanaf Konstanz stroomt de Rijn vanuit het Bodensee weer verder als Hochrhein. Vanaf deze locatie is de afstand langs de rivier op bordes op de oevers aangegeven: het begin van de Hochrhein is km 0. De hoofdstroom van de Rijn vanaf Konstanz is 1233 km lang. De totale lengte van de Rijn, inclusief het deel bovenstrooms van het beginpunt van de kilometer aanduiding, is 1320 km.

Stroomafwaarts van Konstanz verandert de rivier in Zwitserland en Duitsland nog een aantal keren van naam: Oberrhein (bij Bazel:), Mittlerrhein (bij Bingen), Niederrhein (bij Bonn). In de Hochrhein en een deel van de Oberrhein is de rivier gestuwd. Met in totaal 17 stuwen is de rivier gekanaliseerd en zo bevaarbaar gemaakt. De laatste stuw ligt bij Iffezheim en is in 1977 in gebruik genomen. Benedenstrooms van Iffezheim stroomt de Rijn verder vrij door naar Nederland. Op

de grens van Duitsland met Nederland verandert de naam van Niederrhein in Bovenrijn. De Rijn heeft hier inmiddels km 857 bereikt.

Belangrijke zijrivieren, met een gemiddelde afvoer groter dan 100 m<sup>3</sup>/s, zijn de Aare, de Neckar, de Main en de Moezel. De hoogste afvoer sinds het begin van de metingen werd bereikt in 1926: 12.600 m<sup>3</sup>/s.



Figuur 3. Het langsprofiel van de Rijn van de bron in Zwitserland tot de monding in Nederland.

### Sedimentbeweging en morfologie

Hoewel de rivier benedenstrooms van Iffezheim vrij naar zee afstroomt, is de rivierloop ook in dit vrije deel door allerlei maatregelen in de loop der tijd door de mens beteugeld. De zwaarste rivieringrepen zijn in de eerste helft van de negentiende eeuw uitgevoerd. Kribben, geleidedammen en bochtafsnijdingen hebben de rivierloop strakker en korter gemaakt. Zo is het deel van de Rijn tussen Karlsruhe en Mainz (een afstand van bijna 150 km) maar liefst 35% korter geworden. De verkorting van de rivier heeft het verhang, en daarmee de stroomsnelheid van het water, vergroot. Erosie en daling van de rivierbedding waren het gevolg. Benedenstrooms van de stuw bij Iffezheim is de daling van de rivierbedding het gevolg van het feit dat de stuwen het sediment dat van bovenstrooms komt, tegenhouden. Het sedimentarme water dat de stuw bij Iffezheim passeert, erodeert de bedding. Om deze bodemdaling, en grootschalige veranderingen in de ligging van de rivierbodem (verhang) als gevolg van andere ingrepen, te stoppen wordt al sinds 1978 benedenstrooms van Iffezheim sediment kunstmatig in de rivier gestort.

Op de overgang van Oberrhein naar Mittlerrhein, bij Mainz, stroomt de Rijn door resistent gesteente dat minder makkelijk erodeert dan de ondergrond boven- en benedenstrooms. Het bodemverhang is daardoor minder steil waardoor het water minder hard stroomt en het meegevoerde zand bezinkt. Hier komen grote zandgolven voor die de scheepvaart kunnen hinderen. Verder benedenstrooms, op de Niederrhein, stroomt de Rijn door een gebied waar mijnbouw werd gepleegd. Door het instorten van oude mijngangen is de rivierbedding op een aantal plaatsen gezakt. In deze verzakkingen bezinkt het aangevoerde sediment waardoor het sedimentarme water benedenstrooms weer tot erosie van de bedding leidt. Deze erosie vond plaats in grote delen van de Niederrhein en gaat over in de erosie van de Nederlandse Rijntakken. Het gesuppleerde materiaal zorgt inmiddels ook voor een vergroving van de sedimentlaag op de Bovenrijn. In de afgelopen tientallen jaren bedroeg de erosie op de Oberrhein en Mittlerrhein 0,5-1 cm/jaar en op de Niederrhein 1-2 cm/jaar . Op Nederlands grondgebied was deze nog wat hoger.

# 1.5

## DE AFVOER VAN DE RIJN EN DE VERDELING OVER DE RIJNTAKKEN

BACK HOME NEXT

### Het afvoerregime

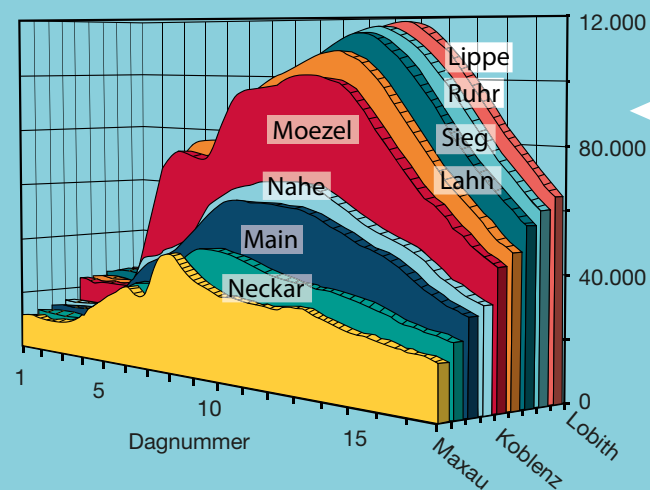
De Rijn is een gemengde rivier. Bovenstrooms van Bazel wordt de afvoer vooral bepaald door sneeuwsmelt in de zomer. Benedenstrooms spelen regen en verdamping een belangrijke rol, wat resulteert in hogere afvoeren in de wintermaanden. Door deze combinatie wordt de afvoer van de Rijn gekenmerkt door een regelmatig regime. De gemiddelde afvoer van de Rijn bij Lobith bedraagt zo'n 2200 m<sup>3</sup>/s. De laagste afvoer is gemeten in 1947 en bedraagt 620 m<sup>3</sup>/s. De hoogste afvoer werd gemeten in 1926 en bedroeg ongeveer 12.600 m<sup>3</sup>/s. Dat is een verschil van een factor 20. Ter vergelijking: in de Maas die geen buffers kent in de vorm van tijdelijke opslag in sneeuw of in grote meren, bedraagt het verschil een factor 150. De kans op hoogwater is het grootst in de winter en het vroege voorjaar, wanneer neerslag valt op een verzadigde ondergrond of smeltende sneeuw en wanneer de verdamping gering is. Op dit moment zijn de Rijntakken zo ingericht dat zij een afvoer van 16.000 m<sup>3</sup>/s veilig af kunnen voeren naar zee.

De verwachting is dat klimaatverandering een beperkt effect zal hebben op de gemiddelde afvoer van de Rijn, maar dat de kans op zowel hoog- als laagwater toe zal nemen. Dit komt doordat de neerslag in de winter naar verwachting toe zal nemen en er minder water wordt opgeslagen in de vorm van sneeuw. Bij zeer hoge afvoeren zullen grote gebieden langs de Rijn in Duitsland overstromen. Dat zorgt voor aftopping van de afvoerpieken op een maximum afvoer van ongeveer 18.000 m<sup>3</sup>/s.

### Hoe ontstaat een hoogwater op de Rijn: 1995 als voorbeeld

In de eerste weken van januari 1995 viel er veel sneeuw in het stroomgebied van de Rijn. Deze sneeuw smolt in de periode van 10 tot 20 januari, waardoor de bodem van de deels bevroren ondergrond verzadigd raakte met water. Hiermee was een situatie ontstaan waarbij eventuele regen snel naar de rivier afstroomt. Toen vanaf 21 januari het weer omsloeg en westelijke stromingen zorgden voor de aanvoer van veel regen, kon deze neerslag niet worden geborgen in watervoerende lagen in de ondergrond. Het water stroomde snel weg richting rivieren als Moezel en Main, die het water naar de Rijn voerden. Als extra bijkomstigheid leidde de temperatuurstijging tot het smelten van veel sneeuw in de Alpen.

De hoogte en duur van een hoogwater op de Rijn wordt in grote mate bepaald door de hoogte én het tijdstip van hoogwater op de toeleverende rivieren. Het tijdstip waarop de hoogste afvoer van een toeleverende rivier de hoofdrivier bereikt, kan grote invloed hebben op de vorm van de afvoergolf in deze hoofdrivier. Een goed voorbeeld hiervan is de invloed van de afvoeren op de Sieg, Ruhr en Lippe op de afvoergolf van de Rijn in Nederland. Was de Rijnafvoer bovenstrooms van deze riviermondingen in 1995 lager dan de Rijnafvoer aldaar bij het hoogwater van 1994, benedenstrooms was de Rijnafvoer juist hoger dan het jaar daarvoor. Ongelukkig voor Nederland vielen de toppen van de afvoer van deze drie kleine rivieren samen met de top van de afvoer van de Rijn zelf zodat een versterkend effect optrad.



Figuur 4. Het ontstaan van een hoge Rijnafvoer uit bijdragen van de verschillende zijrivieren: als voorbeeld de hoogwatergolf op de Rijn van 1995. In bovenstaande afbeelding is op de ene horizontale as de locatie langs de Rijn met plaatsnamen, in volgorde van boven- naar benedenstrooms, weergegeven. Op de andere horizontale as staat het tijdsverloop van de afvoergolf. Op de verticale as staat de hoogte van de afvoer van de Rijn op verschillende locaties langs de Rijn. De combinatie van de horizontale tijd- en ruimteas laat het ontstaan van de hoogwatergolf in benedenstroomse richting zien als gevolg van het instromen van de verschillende zijrivieren van de Rijn.



## De verdeling van de afvoer over de Rijntakken

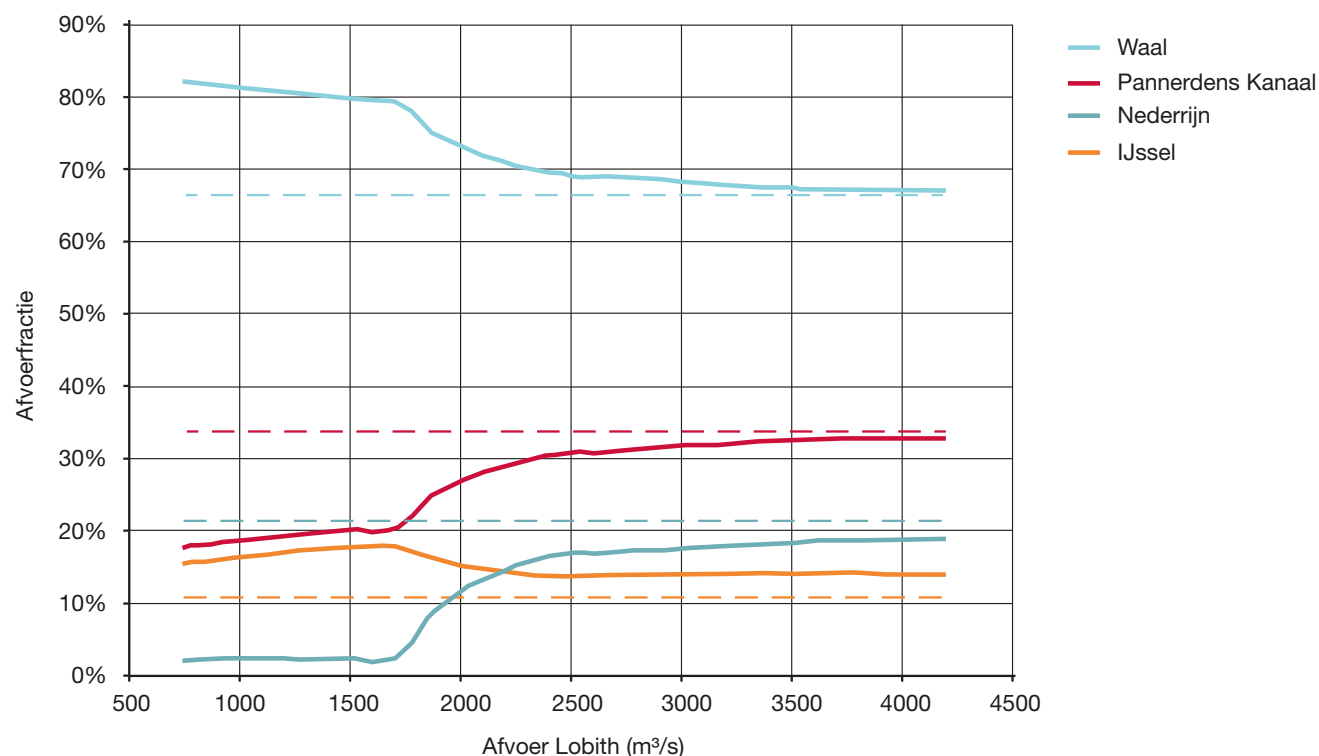
Hoe de afvoer van de Rijn zich verdeelt over de Rijntakken varieert met de grootte van deze afvoer. Meer dan 60% van de Rijnafvoer stroomt af via de Waal; bij een lage Rijnafvoer, als de stuwen in de Nederrijn-Lek gesloten zijn, kan deze fractie wel 80% bedragen. Ook voor de IJssel geldt dat door deze Rijntak een groter deel van de Rijnafvoer stroomt bij een gestuwde Nederrijn-Lek vergeleken met een situatie waarin de stuwen open staan.

Voor de stuwen in de Nederrijn-Lek geldt een stuwprogramma waarbij de stuwen vanaf een bepaalde lage afvoer geleidelijk worden gesloten en zo een steeds groter deel van de aanvoer naar de IJssel wordt gestuurd. Ook de fractie die over de Waal afstroomt neemt dan toe. Als de stuwen geheel gesloten zijn gaat er nog steeds een beperkt debiet door de Nederrijn-Lek, onder meer om het water in de stuwpannen door te spoelen.

Het beleidsuitgangspunt is dat bij Rijnafvoeren hoger dan 16.000 m<sup>3</sup>/s de Lek wordt ontzien en de extra afvoer wordt verdeeld over Waal en IJssel (in principe volgens een verdeelsleutel 80% over de Waal en 20% over de IJssel). Dit uitgangspunt was van kracht voor de invoering van de nieuwe normering in 2017 en geldt nog steeds. Op termijn, na 2050, moeten de Nederlandse Rijntakken op basis van dit uitgangspunt een afvoer tot 18.000 m<sup>3</sup>/s veilig kunnen verwerken.

Met regelwerken bij de Pannerdensche Kop en de IJsselkop kan de verdeling van zeer hoge afvoeren over de Rijntakken worden bijgestuurd. Voor het winterseizoen bepaalt Rijkswaterstaat aan de hand van de actuele situatie in het veld hoe het regelwerk hiervoor moet worden ingesteld. Vooralsnog is hierbij het uitgangspunt dat hiermee de beleidsmatig vastgestelde

afvoerverdeling bij 16.000 m<sup>3</sup>/s wordt gehandhaafd. Onderzocht wordt hoe met de huidige regelwerken op termijn ook invulling kan worden gegeven aan het beleidsuitgangspunt om de Lek te ontzien bij afvoeren hoger van 16.000 m<sup>3</sup>/s.



Figuur 5. Afvoerverdeling bij verschillende debieten

# 2.

## DE VORMING VAN DE RIJN

[BACK](#) [HOME](#) [NEXT](#)



# 2.1

## DE GEOLOGIE: DE RIJN EN Z'N VERTAKKINGEN ZONDER INGREPEN VAN DE MENS

Voor de ingrepen van onze voorouders was de Rijn in Nederland een stelsel van meerdere geulen, grote en kleine, die samen vele kilometers breed konden zijn. Veel geulen waren ondiep; alleen bij hoogwater stroomden alle geulen volop mee.

Af en toe, zo eens in de paar honderd jaar, verlegde de rivier zijn hoofdafvoer naar een andere geul, veelal omdat daarmee een kortere weg naar zee ontstond of de rivier zijn oorspronkelijke hoofdgeul met sediment had geblokkeerd. De rivieren wandelden over het landschap, zetten her en der hun sediment af en vormden zo ons land. Het sediment hoogde het land stap voor stap op. De oude rivierlopen werden als zandbanen in de ondergrond begraven. Tussen die zandbanen ligt klei en veen; de klei werd bij hoge afvoeren verder van de geulen afgezet, het veen ontstond uit planten die geconserveerd werden in de laagste, natte delen van het landschap.

Voor een goed begrip van het ontstaan van de Rijntakken moeten we ver terug in de tijd. In de voorlaatste ijstijd, die 200.000 jaar geleden begon en 130.000 jaar geleden eindigde, kwam het landijs tot halverwege ons land. Het ijs dwong de rivieren naar het westen af te stromen. Toen het ijs zich terug trok kon de Rijn zijn koers verleggen naar het noorden, door een dal dat het ijs had uitgesleten en dat we nu kennen als het

Ijsseldal. Maar die situatie veranderde weer snel toen in de laatste ijstijd het landijs zich weer naar het zuiden uitbreidde. Het ijs kwam deze keer minder ver dan tijdens de voorlaatste ijstijd en bereikte Nederland niet. Wel verlegde de Rijn zijn koers weer naar het westen, waarschijnlijk omdat de ondergrond ten zuiden van de ijskap zo sterk omhoog werd gedrukt dat de Rijn niet langer naar het noorden kon doorstromen. Toen ook de laatste ijstijd ten einde kwam bleef de Rijn naar het westen stromen. De stuwwallen uit de voorlaatste ijstijd bepalen sindsdien de ligging van de hoofdstroom van de Rijn.

Zo'n 4500 jaar geleden liep de Rijn via Utrecht naar Leiden en mondde uit in de Noordzee nabij Katwijk. Deze rivier werd de Oude Rijn genoemd. Ongeveer 2650 jaar geleden vertakte de Rijn zich bij Utrecht waardoor een deel van het Rijnwater via de Vecht en de Amstel naar het noorden ging stromen. Bovenstrooms van deze aftakking werd de rivier Kromme Rijn genoemd. Ongeveer 2000 jaar geleden ontstond de Lek, als aftakking van de Kromme Rijn bij Wijk bij Duurstede .

In Nadere Toelichting 2 in het Verhaal van de Rivier is een kaart opgenomen met de ligging van oude rivierlopen in het rivierengebied.

# 2.2

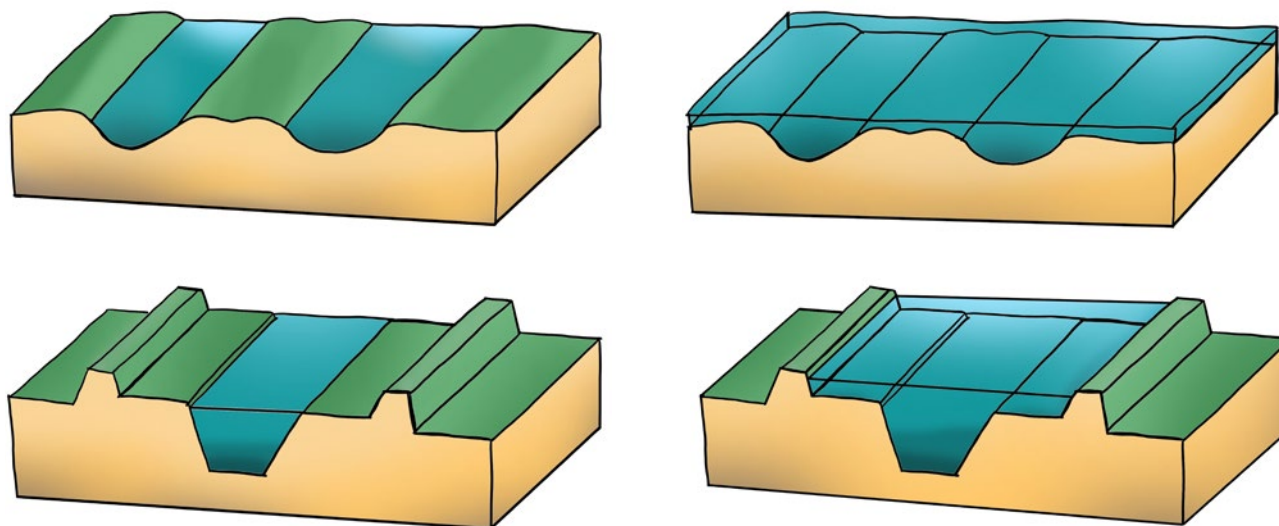
## DE RIJN NA INGREPEN VAN DE MENS

In de achtste eeuw na Christus verzandde de monding van de Oude Rijn, met grote overstromingen tot gevolg doordat een groot deel van het Rijnwater niet langer in zee kon uitstromen. Met een dam in de Kromme Rijn bij Wijk bij Duurstede werd daarom in 1122 de afvoer van Rijnwater naar de Oude Rijn en de Vecht beperkt. De Lek nam de afvoer van het merendeel van het Rijnwater over. De Lek splitste zich ten westen van Vreeswijk in de Hollandsche IJssel en de Lek. De Hollandsche IJssel is in 1285 bij Klaphek afgedamd en sindsdien brengt de Lek het water van de Nederrijn rechtstreeks naar de Nieuwe Maas, waar nu Rotterdam ligt.

Toen de Rijn nog bij Katwijk in zee uitmondde, lag ten zuiden hiervan al de voorloper van de Waal, ongeveer op de plek waar de Waal nu loopt. Daar stroomde ook de Linge (tot deze in 1304 op het splitsingspunt bij Tiel werd afgedamd), een andere Rijntak die belangrijk was voor het transport van goederen in de tijd van de Romeinen. De Waal kreeg al in de tijd van de Romeinen een steeds groter deel van de afvoer van de Rijn te verwerken, ten koste van de Nederrijn. Pas vele eeuwen later werd ook de IJssel een Rijntak, toen overstromingen van de Rijn tussen de 6<sup>e</sup> en 8<sup>e</sup> eeuw na Christus geleidelijk een doorbraak naar het noorden forceerden en een deel van het Rijnwater de route ging volgen door het dal dat het ijs van de voorlaatste ijstijd had uitgesleten.

De Rijntakken zijn al eeuwen vrijwel volledig bedijkt. Uitzonderingen zijn de locaties waar de IJssel en Nederrijn grenzen aan de stuwwallen van de Veluwe en Utrechtse Heuvelrug. Maar in het algemeen geldt dat een hoogwater nu ruimtelijk wordt begrensd door de dijken, waardoor hoogwaterstanden hoger zijn dan vroeger en het water hoger boven het winterbed staat dan vroeger boven de overstromingsvlakte (figuur 6).

De bedijking begon al in de 12e eeuw na Christus. Sindsdien hebben onze voorouders de Rijntakken door de eeuwen heen, stap voor stap, steeds meer vastgelegd en veranderd, ten behoeve van de veilige afvoer van water en ijs, en de scheepvaart. Zo werd het Kanaal van St. Andries, de verbinding tussen Maas en Waal, al in 1599 gegraven. De eeuwen daarna volgden onder meer bochtafsnijdingen en in 1707 de opening van het Pannerdensch Kanaal. Dit kanaal markeert



Figuur 6. Voor de bedijking stroomde het water van de Rijn door meerdere geulen (linksboven) en zette de rivier zijn sediment over grote delen van ons land af (rechtsboven). Nu gaat de afvoer door één geul (linksonder) en kan de rivier zijn sediment bij hoogwater alleen tussen de dijken kwijt (rechtsonder).

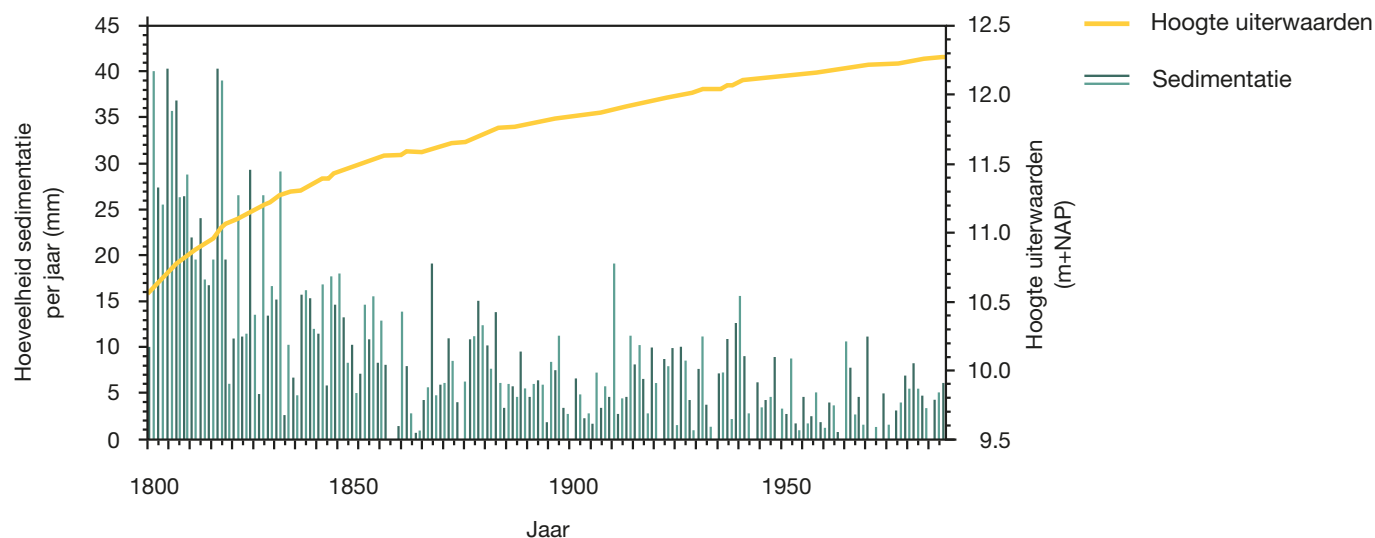


een belangrijke omslag in de ‘moderne’ geschiedenis van de Rijntakken: rond 1700 dreigden de Nederrijn en de IJssel te verzanden, met het graven van het Pannerdensch Kanaal werd deze ontwikkeling gekeerd .

In het verleden waren ijssdammen een veel voorkomende oorzaak van overstromingen. Om de gelijkmatige afvoer van water te bevorderen en het aangroeien van ijs op de vele zandplaten te voorkomen, zijn de Rijntakken in de 19e en begin 20e eeuw systematisch “genormaliseerd”. Door de rivier met kribben in één geul te dwingen kon de rivier zichzelf uitdiepen en werd de vorming van zandbanken voorkomen. Omdat de bevaarbaarheid van de rivier door die normalisaties ook beter werd, zijn de rivieren nog tweemaal verder versmald. De Nederrijn is zelfs volledig gekanaliseerd. De daling van de rivierbodem is grotendeels het gevolg van de riviernormalisaties die in de periode 1850-1934 zijn uitgevoerd.

Sediment kan bij hoogwater alleen nog maar over het beperkte oppervlak van het winterbed worden afgezet. Het meeste sediment, vooral slib, komt terecht in de Rotterdamse havens, het Hollandsch Diep en Haringvliet, en het Ketelmeer. Het winterbed wordt intussen steeds hoger (figuur 7) en het zomerbed, door het vastleggen van de geulen, steeds dieper (figuur 8). Dat laatste geldt vooral voor de vrij afstromende rivieren. In de gekanaliseerde Nederrijn-Lek bezinkt voor

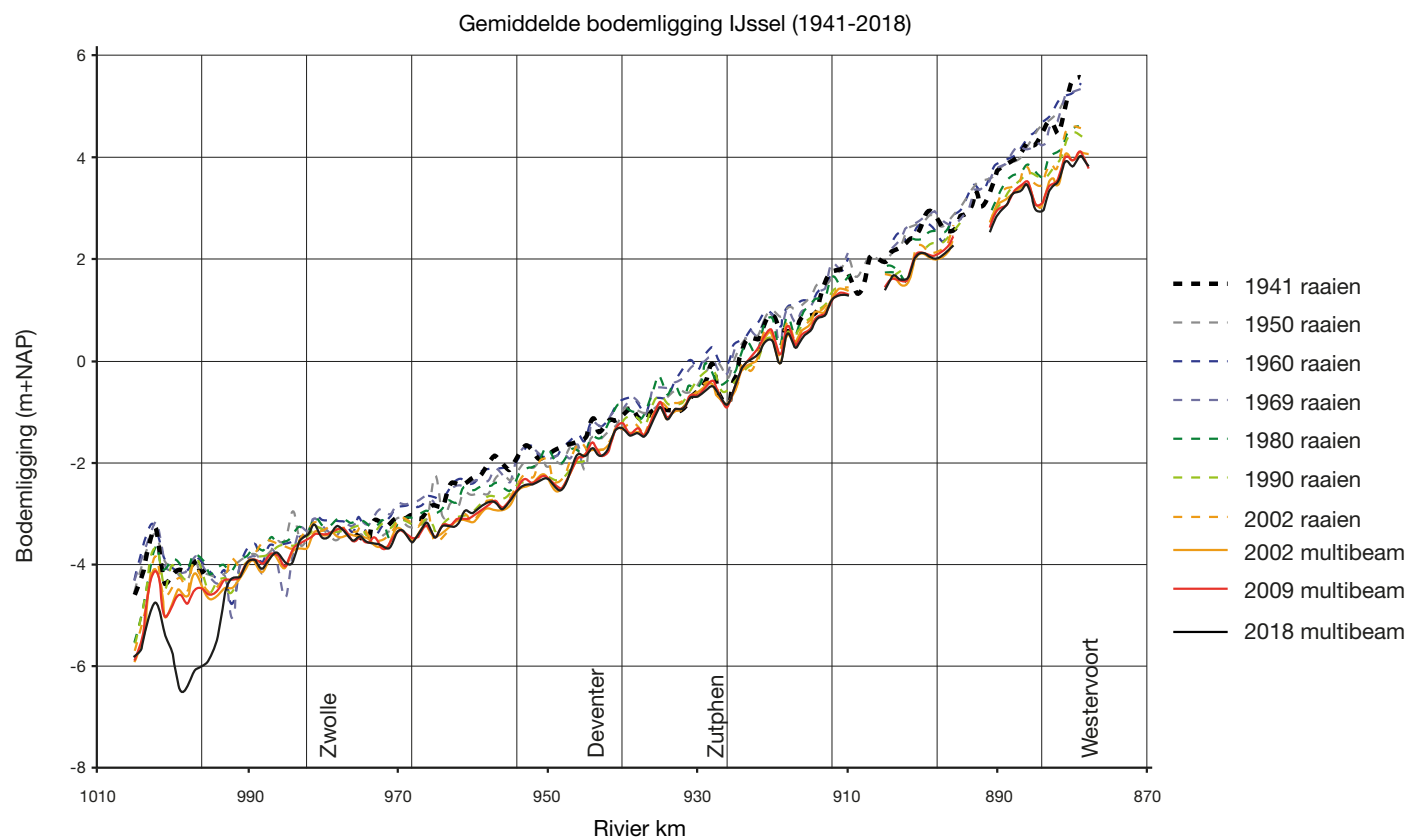
de gesloten stuwen zand en slib dat bij hoogwater, als de stuwen open gaan, grotendeels weer wegspoelt. Intussen daalt het binnendijkse land in de omgeving van de Waal en de Nederrijn-Lek op veel plaatsen, vooral door inklinking en oxidatie van veen als gevolg van de verlaging van de grondwaterstand. Het verschil tussen het hoogwaterpeil van de rivier en de hoogte van het maaiveld van het beschermde land neemt bij deze rivieren daardoor langzaam maar gestaag toe.



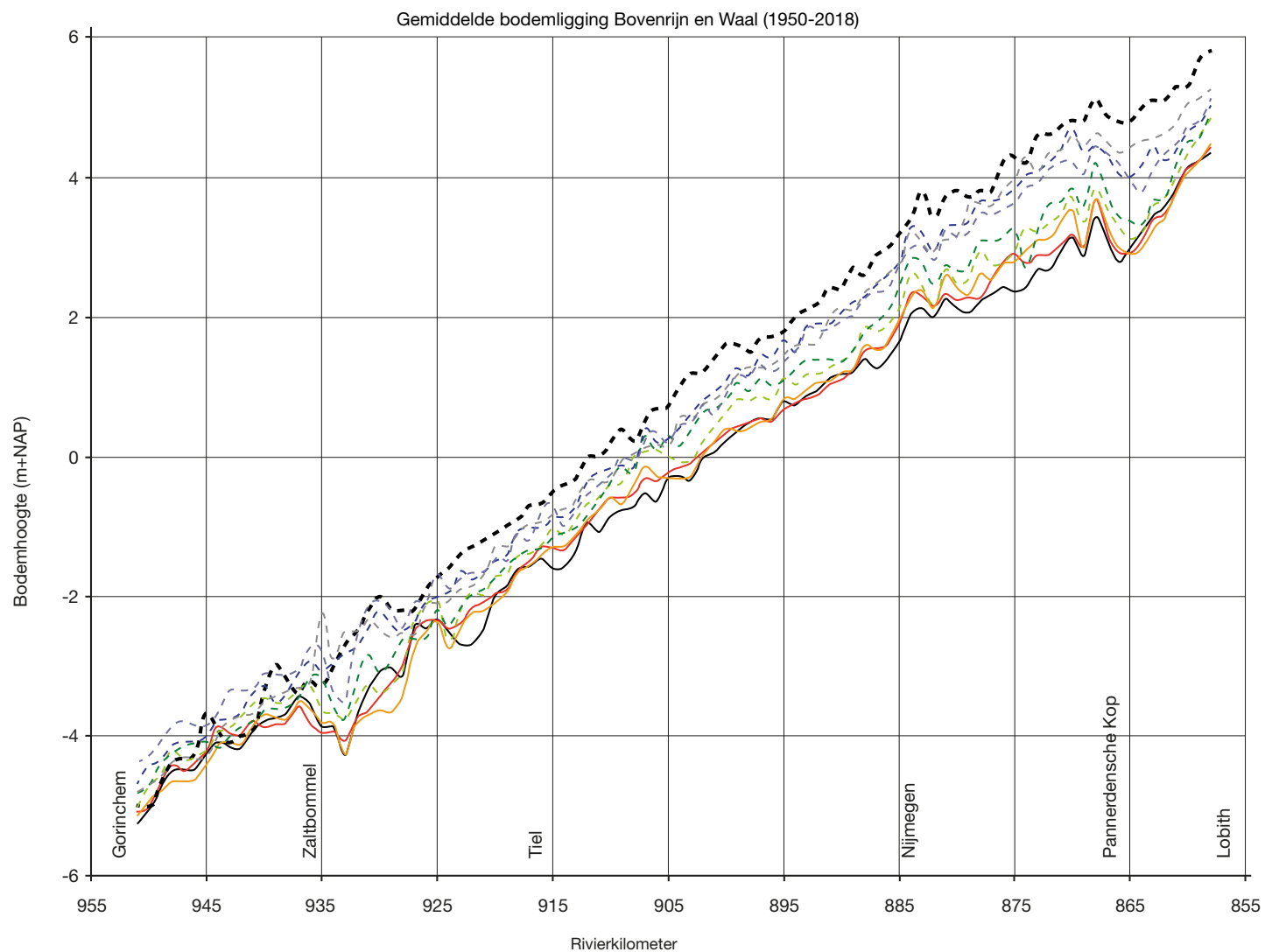
Figuur 7. De grootte van de jaarlijkse sedimentatie van slib op de uiterwaarden en de hierdoor veroorzaakte ophoging van het land (Bron: Middelkoop, 2001 ).

De ingrepen in de Nederlandse rivieren hebben de veilige afvoer van water en ijs, de aanvoer en verdeling van zoetwater en de bevaarbaarheid van de rivieren sterk verbeterd en onze economie enorm gestimuleerd. De maatregelen hadden echter ook bijeffecten die tot honderden jaren na de ingreep kunnen doorwerken. De effecten van grote ingrepen in de 18e, 19e en 20e eeuw zien we nu nog terug in het gedrag van de rivieren, en stellen het rivierbeheer voor grote opgaven, met name:

- > uitschuring van de bedding doordat minder zand en grind uit het stroomgebied wordt aangevoerd dan de genormaliseerde rivieren in Nederland kunnen transporteren (figuren 8 en 9);
- > uiterwaarden die steeds hoger komen te liggen ten opzichte van het binnendijkse gebied doordat sediment zich niet langer over de hele riviervlakte kan verspreiden (figuur 7);
- > onnatuurlijke grote verschillen in waterstand tussen laag- en hoogwater;
- > geen natuurlijke verjonging door erosie en aanzanding van de oevers en het winterbed.



Figuur 8. Erosie van de bodem van de Bovenrijn en de Waal (m +NAP) over een periode van bijna 70 jaar (Bron: jaarlijkse dwarsdoorsnede-gemiddelde bodemliggingen per km (de 'P-mappen'), Rijkswaterstaat).



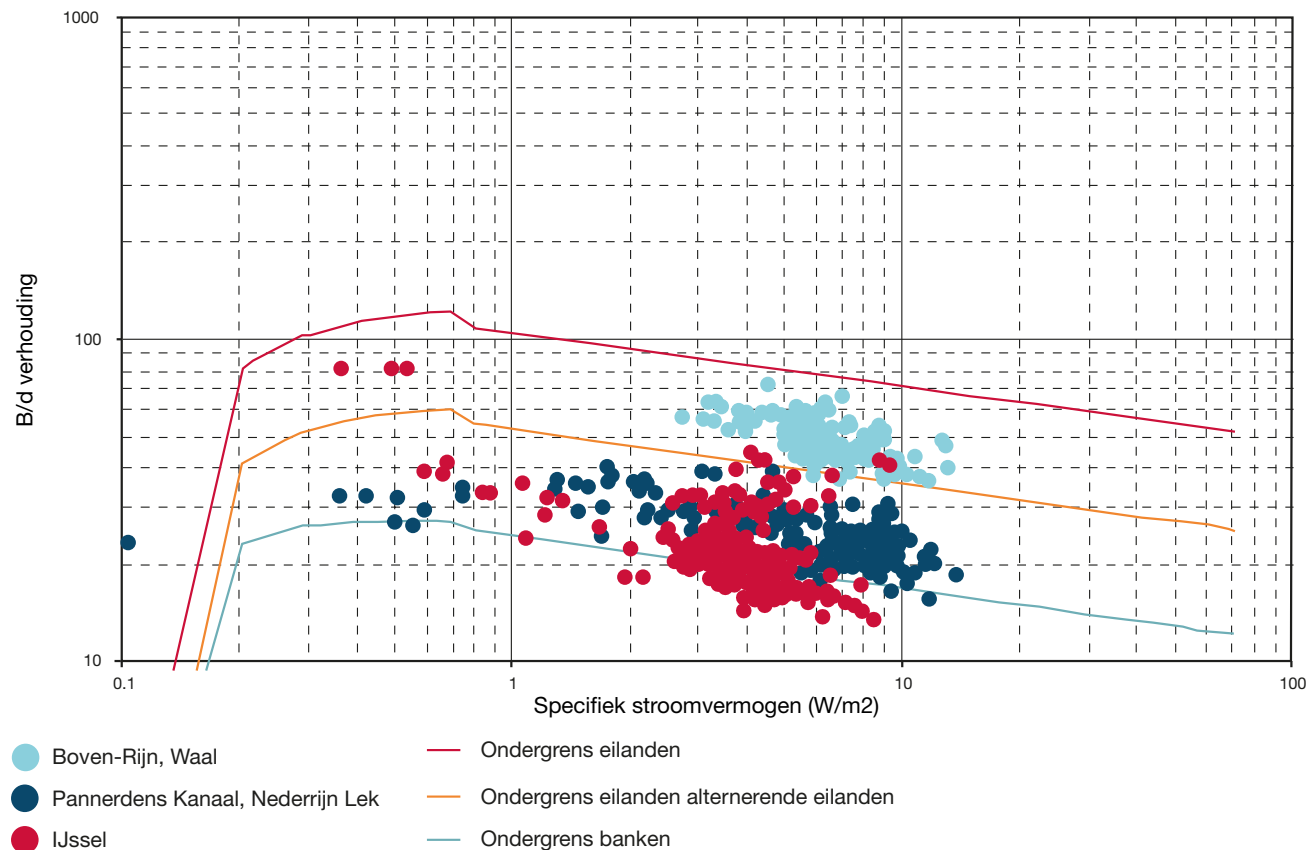
Figuur 9. Erosie van de bodem van de IJssel (m +NAP) over een periode bijna 80 jaar (Bron: jaarlijkse dwarsdoorsnede-gemiddelde bodemliggingen per km (de 'P-mappen'), Rijkswaterstaat).

# 2.3

## WATER, ZAND EN GRIND AAN HET WERK

Onderling zijn er grote verschillen tussen de Rijntakken wat betreft de kracht van de stroming, de grootte van erosie en sedimentatie, en de mate waarin de bodemligging en de oeverzone van de rivier reageren op de variatie van de afvoer door de jaren heen. De morfodynamiek verschilt van tak tot tak. Deze is een functie van twee variabelen: de energie van het stromende water en de verhouding tussen de breedte en diepte van de rivier. In figuur 10 wordt dit geïllustreerd.

Op de horizontale as staat de energie van de rivier, uitgedrukt in een maat voor het vermogen van een rivier om sediment te eroderen en te transporteren, en zo morfologische veranderingen tot stand te brengen. Hoe groter dit getal, en dus hoe verder naar rechts op deze as, hoe gemakkelijker de rivier zand en grind kan verplaatsen. De grootte van dit getal wordt voornamelijk bepaald door het debiet en het verhang. Op de verticale as staat de verhouding tussen de breedte en diepte van de rivier. Rivieren die dynamisch zijn, zoeken de ruimte in het landschap en stromen over een grote breedte, als zij de kans krijgen. Bij voldoende ruimte vormt de rivier steeds weer nieuwe geulen met daartussen eilanden. Dynamische rivieren hebben dus een grote breedte-diepte verhouding.



Figuur 10. De mate van dynamiek van morfologische processen in de Rijntakken, uitgedrukt in een maat voor de energie van de rivier (x-as) en de verhouding tussen de breedte en diepte van de rivier (y-as). De aangegeven grenzen voor eilanden en banken zijn gebaseerd op een theorie voor rechte waterlopen (Bron: Middelkoop et al., 2003).



In figuur 10 op de vorige pagina staan drie lijnen. De onderste lijn geeft de grens aan waarboven de rivier voldoende breed is in verhouding tot de diepte, en voldoende vermogen heeft om zand en grind te transporteren zodat de rivier op zijn bedding ondieptes (banken) kan vormen. De middelste lijn geeft de grens aan waarboven de rivier in de binnenbochten zand- en grindbanken kan vormen. De bovenste lijn geeft de grens aan waarboven de rivier zo breed is in verhouding tot de diepte, en zoveel vermogen heeft om zand en grind te transporteren dat in de rivier zelfs eilanden kunnen worden gevormd. De gekleurde bolletjes zijn waarden voor deze parameters op verschillende locaties langs de IJssel (groen), de Nederrijn-Lek (paars) en de Waal (blauw).

De figuur laat zien dat de bovenste lijn nergens in de Rijntakken wordt overschreden. Er is te weinig morfodynamiek in alle Rijntakken voor het vormen van eilanden in de rivier. In de Waal wordt de ondergrens voor het vormen van een regelmatige afwisseling van banken langs linker- en rechteroever van de rivier (alternerende banken: bruine lijn) wel overschreden. De Waal is, als enige van de drie Rijntakken, nog dynamisch genoeg om een afwisseling van banken (ondieptes) langs beide oevers te vormen. Van de Rijntakken is de morfodynamiek van de Boven-Rijn en Waal het grootste en van de IJssel het kleinst. In deze figuur is de Nederrijn-Lek vrij stromend verondersteld (niet gestuwd). In vergelijking met de historische situatie zijn alle riviertakken minder dynamisch geworden.



# 2.4

## DE RIJN IN EEN VERANDEREND KLIMAAT

[BACK](#) [HOME](#) [NEXT](#)

Door klimaatverandering zal het afvoerregime van rivieren veranderen. Deze veranderingen betreffen de hoogte van zeer hoge en zeer lage afvoeren, de kans van voorkomen van deze extremen, en het moment in het jaar waarop ze optreden. Ook het afvoerregime van de Rijn zal naar verwachting veranderen.

### **Wat wetenschappers nu al zien**

Het karakter van veel rivieren verandert nu al, en dat zien we terug in het afvoerregime van de rivieren. Dat afvoerregime is het verloop van de afvoer van een rivier door het jaar heen. Als je dat verloopt middelt over, bijvoorbeeld, 30 jaar zie je een verloop over de seizoenen dat karakteristiek is voor een bepaalde rivier. Niet alleen de hoogtes en laagtes van afvoeren in een jaar blijken te veranderen, ook het moment in het jaar waarop die voorkomen.

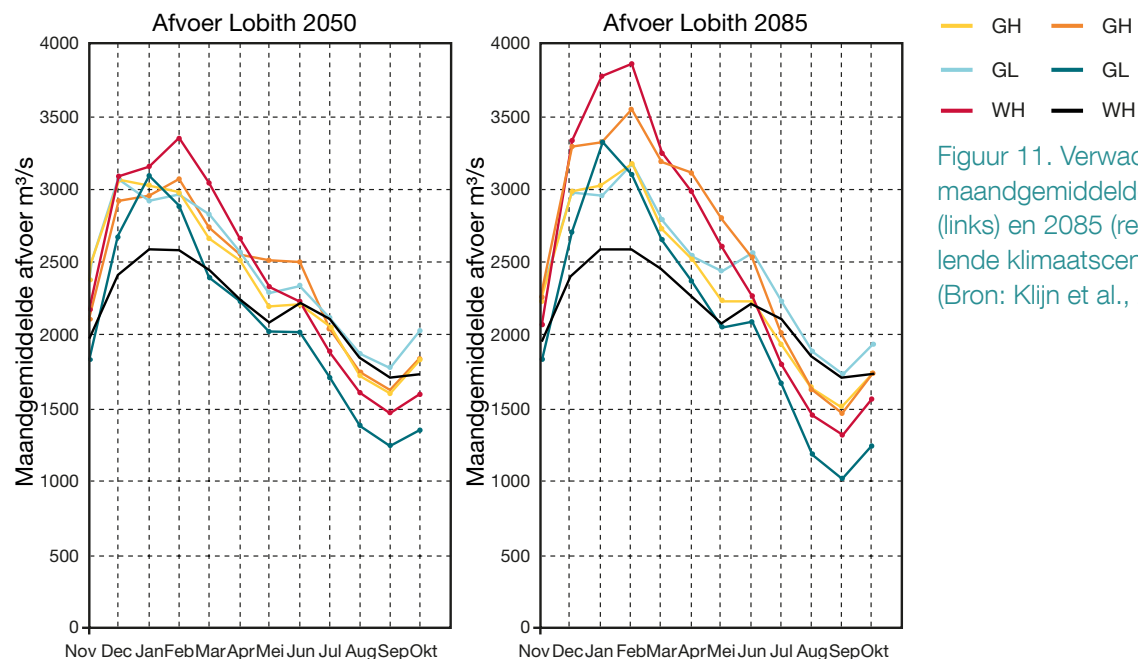
Voor meer dan 4000 meetpunten in rivieren verspreid over 38 landen in Europa is het afvoerregime geanalyseerd over de periode 1960-2010 . In Noordoost- en West-Europa blijkt het moment in het jaar dat de afvoer het hoogst is naar voren te zijn opgeschoven. In Noordoost-Europa, Zuid-Zweden en de Baltische Staten, doordat de sneeuw nu eerder smelt, in West-Europa, langs de Atlantische kust van Portugal tot Engeland, doordat meer regen in de winter

sneller tot verzadiging van de bodem leidt, en dus tot een eerdere piek in de rivierafvoer. De verschuiving in de tijd is vrij groot: sinds 1960 is de verschuiving voor de helft van de meetlocaties in Noordoost-Europa 8 dagen, en voor West-Europa 15 dagen. In andere delen van Europa treedt de piek juist later in het jaar op. In landen rond de Noordzee, Nederland, Denemarken, Schotland en het zuidwesten van Noorwegen, blijkt deze piek op de helft van de meetlocaties in 2010 meer dan 8 dagen later in het jaar te vallen dan in 1960. Volgens de onderzoekers mogelijk een gevolg van het later optreden van stormdepressies in de winter. Zij concluderen dat deze verschuivingen in de tijd een verandering in het afvoerregime van rivieren laat zien waar de vingerafdruk van klimaatverandering al in kan worden herkend.

## De verwachtingen vanaf 2050

Hoe het afvoerregime van de Rijn in de loop van deze eeuw verandert, hangt onder meer af van de ontwikkeling van het klimaat. Een toekomstverwachting van het afvoerregime is daarom ook een bandbreedte van mogelijke ontwikkelingen, gebaseerd op verschillende scenario's van, onder meer, de klimaatverandering. De resultaten van een vijftal scenario's voor de jaren 2050 en 2085 zijn weergegeven in figuur 11. De figuur laat zien dat zowel de kans op hogere als lagere afvoeren naar verwachting zal toenemen. De figuur weerspiegelt de verwachte verandering van het afvoerregime van de Rijn: een groter deel van de neerslag in de winter valt als regen, en de sneeuwsmeltpiek schuift op naar het vroegere voorjaar waardoor de zomerafvoeren afnemen.

Op basis van een studie aan vijf grote rivieren, waaronder de Rijn, gebaseerd op vier scenario's van klimaatverandering (van zeer beperkt tot veel verandering), concluderen wetenschappers dat hoge afvoeren op de Rijn aan het eind van deze eeuw naar verwachting ongeveer 15% hoger zijn dan nu. Voor de lage afvoeren verwachten zij aan het eind van deze eeuw een afname tot wel 50% voor de Rijn in Nederland . Deze verwachtingen komen overeen met de resultaten van een studie uit 2010 van samenwerkende instituten in het stroomgebied van de Rijn .



Figuur 11. Verwachtingen van de maandgemiddelde afvoer in 2050 (links) en 2085 (rechts) voor verschillende klimaatscenario's van KNMI'14 (Bron: Klijn et al., 2015 ).

# 3.

## DE FUNCTIES EN WAARDEN VAN DE RIVIEREN

[BACK](#) [HOME](#) [NEXT](#)





# 3.1

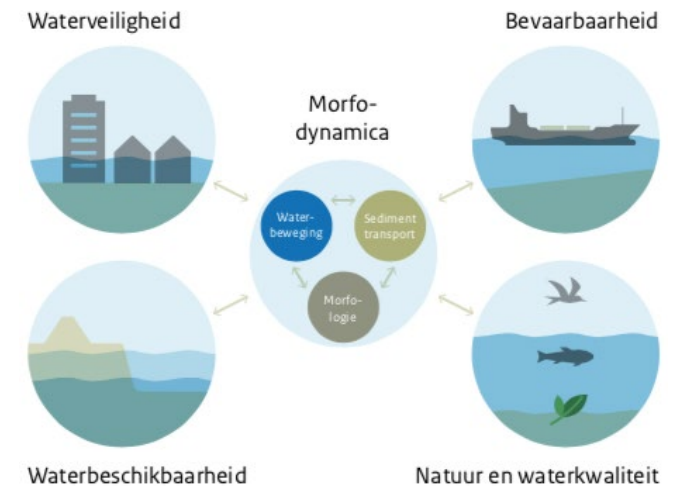
## DE FUNCTIES EN WAARDEN VAN DE RIVIEREN

De Nederlandse rivieren worden benut voor een groot aantal functies en hebben verschillende waarden. Daarbij is dus ook het behoud van verschillende karakteristieken van het rivierengebied van belang. Deze karakteristieken bepalen hoe wij de rivier beleven. Ze zijn zelf geen functie van de rivier maar ze dragen wel bij aan de waarde van de rivier voor andere functies, zoals recreatie. De functies van de rivier en de karakteristieken die bijdragen aan de beleving van de rivier zijn samengevat in het Verhaal van de Rivier.

Het beleid is er op gericht de rivieren zo in te richten en te beheren dat zo veel mogelijk aan de eisen en wensen van deze functies wordt voldaan. Voor enkele functies zijn die eisen hard en vertaald in heldere normen waar aan moet worden voldaan. Denk hierbij aan de normen voor de waterveiligheid en internationale afspraken voor de minimale waterdiepte in de vaargeul. Voor andere functies zijn de eisen, of wensen, minder hard en is meer sprake van een streven om ook deze functies zo goed mogelijk te bedienen. Dit onderscheid is belangrijk: het spreekt in een dichtbevolkt land als Nederland niet vanzelf dat alle functies en waarden in, op en rond de rivier goed samengaan. Het blijft zoeken naar de balans waarbij het voldoen aan bepaalde functies, zoals veilige hoogwaterafvoer of scheepvaart, niet ten koste gaat van andere functies of waarden.

Het vinden van de balans richt zich met name op de kerntaken van de rivierbeheerder: zorgen voor een veilige afvoer van water, ijs en sediment; de verdeling van water over watervragers; goede vaarwegen; een goede water- en habitatkwaliteit, en op basis van de Omgevingswet initiatieven van derden vanuit een positieve grondhouding tegemoet treden. Rijkswaterstaat heeft aan deze vier kerntaken kennistafels verbonden die zij in de onderzoeksstrategie voor de rivieren centraal stelt, en daar nog een vijfde kennistafel aan verbonden: morfologie en sedimentmanagement.

In deze kennistafels neemt morfologie en sedimentmanagement een bijzondere plek in. Waar de andere vier de belangrijkste functies van de rivier betreffen, is morfologie en sedimentmanagement de verbinding tussen deze vier (zie figuur 12). Dit geldt met name voor de bodemligging van het zomerbed: dit is een bepalende factor voor de waterveiligheid, de scheepvaart, de waterverdeling in tijden van droogte, en de uitwisseling met het winterbed (en dus de kansen voor de natuur). Die bodemligging hangt weer af van de water- en sedimentbeweging, en van het sedimentmanagement als onderdeel van het rivierbeheer. Het thema morfologie en sedimentmanagement omvat de morfodynamica van de rivieren: de interactie tussen de waterbeweging, sedimenttransport en de morfologie.



Figuur 12. Verschillende functies van de rivier hebben soms onderling strijdige wensen of stellen tegenstrijdige eisen. De functies beïnvloeden elkaar voor een groot deel via veranderingen in de water- en sedimentbeweging, en de morfologie.



# 3.2

## WATERVEILIGHEID

Onder ‘waterveiligheid’ verstaan wij de veiligheid van mensen en hun eigendommen in het achterland. Voor de waterveiligheid van het achterland is de afvoercapaciteit van de rivier van belang: hoeveel water kan veilig tussen de dijken naar zee afstromen. Tot 1 januari 2017 gold voor de Rijnakken de norm dat een hoogwaterstand op de rivier die met een kans van 1/1250 per jaar kan optreden, veilig moet kunnen worden gekeerd. De afvoercapaciteit van de Rijnakken moest dus voldoende groot zijn om een afvoergolf op de Rijn die met een kans van 1/1250 per jaar (populair gezegd: eens in de 1250 jaar) kan optreden veilig naar zee te kunnen laten afstromen. Met het programma Ruimte voor de Rivier is de afvoercapaciteit van de Rijnakken dusdanig vergroot dat aan deze norm wordt voldaan. Hierbij geldt wel de kanttekening dat gebleken is dat de dijken niet sterk genoeg zijn om een dergelijke afvoer veilig te kunnen keren. De ruimte tussen de dijken is dus voldoende groot voor een 1/1250<sup>e</sup> afvoer, maar de dijken zijn nog niet sterk genoeg.

Aan de sterkte van de dijken zal tussen nu en 2050 worden gewerkt. Daarbij is van belang dat per 1 januari 2017 andere normen gelden voor de hoogwaterbescherming. In 2050 moeten de waterkeringen aan deze nieuwe normen voldoen. Dit kan worden bereikt met versterking van waterkeringen en/of rivierverruiming. Ook kunnen maatregelen worden genomen in de ruimtelijke ordening en de calamiteitenbestrijding. In 2023 zal blijken hoe groot de opgave is als de toetsing van de waterkeringen aan deze nieuwe normering beschikbaar komt. Verwacht wordt dat die opgave groot zal zijn.

De IJssel en de Nederrijn verschillen van de Waal: de natuurlijke hoogten van de Veluwe en Utrechtse Heuvelrug maken dijken langs een (beperkt) deel van deze rivieren overbodig. Een andere bijzondere karakteristiek van de IJssel is dat de zijdelingse toestroming naar deze rivier bij hoge Rijnafvoeren relatief groter is dan bij de andere Rijnakken. De IJssel heeft ook te maken met hoogwaterstanden die mede veroorzaakt worden door stormopzet op het IJsselmeer. Voor het achterland van de Waal en het gebied ten zuiden van de Nederrijn-Lek valt het grote verschil op tussen hoogwaterstanden op de rivier en de lagere ligging van het maaiveld in het achterland.

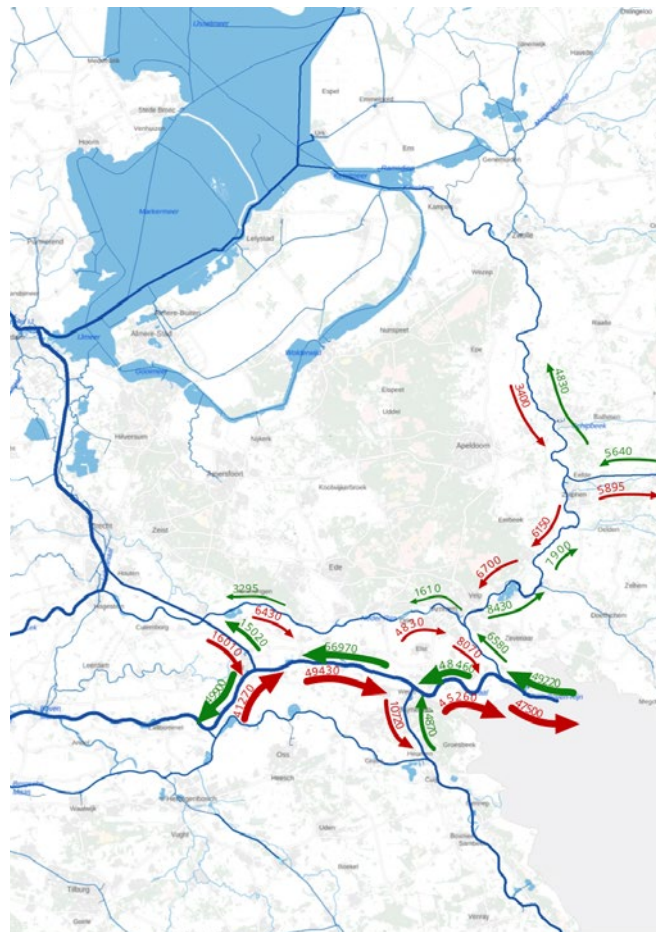
# 3.3 BEVAARBAARHEID

Ook ten aanzien van het belang voor de scheepvaart verschilt de Waal sterk met de andere Rijntakken. Verreweg de meeste scheepvaart over de Rijntakken gaat over de Waal, de hoofdtransportas tussen de Rotterdamse haven en Duitsland (figuur 13). Bij lage rivierafvoer kunnen schepen niet vol beladen over de Waal varen. Dit heeft geen negatieve consequenties voor de inkomsten van de scheepvaartsector (tijdens de droogte van 2018 stegen de vrachtprijzen voor de binnenvaart), maar wel voor de verladers die in 2018 2,8 miljard Euro aan extra kosten moesten maken, en daarnaast voor het transportsysteem als geheel (water, rail, weg), vanwege afnemende betrouwbaarheid.

De intensiteit van de scheepvaart op de IJssel verschilt sterk van traject tot traject. Het traject bovenstrooms van Zutphen wordt veel gebruikt als deel van de verbinding tussen Rotterdam en Twente (via de Twentekanalen). Het deel tussen Zutphen en Zwolle wordt minder gebruikt, en het traject benedenstrooms van Zwolle wordt veel bevaren van en naar het IJsselmeer. Bij een lage Rijnaivoer beperkt de hoeveelheid water die over de IJssel afstroomt de waterdiepte voor de scheepvaart in de vaargeul. De breedte van de IJssel is sowieso beperkend voor de grotere schepen.

Dankzij de stuwen blijft de Nederrijn-Lek ook bij een lage Rijnaivoer bevaarbaar. De intensiteit van de scheepvaart over deze Rijntak is echter beperkt, zeker in vergelijking met die over de Waal.

Passages binnenvaart 2019 (Bivas)



Figuur 13. De intensiteit van de scheepvaart op de drie Rijntakken, in door BIVAS geregistreerde aantallen scheepspassages in het jaar 2019 voor de belangrijkste scheepvaartroutes. De groene pijlen zijn de intensiteiten in stroomafwaartse richting, de rode in stroomopwaartse richting (voor de Twentekanalen is de kleur precies andersom).

# 3.4 WATERBESCHIKBAARHEID

De Rijn is van essentieel belang voor de zoetwatervoorziening van Nederland. Zonder de wateraanvoer vanuit het stroomgebied zouden West- en Noord-Nederland sterk verzilten, in het bijzonder de delen die onder zeeniveau liggen. Dankzij de ruime beschikbaarheid van zoet water hebben wij een productieve landbouw. Ook heeft de vrij-afstromende rivier de ontwikkeling van Rotterdam tot belangrijkste doorvoerhaven van Noordwest-Europa mogelijk gemaakt.

De betekenis van de Rijn als bron van zoetwater blijkt uit de waterbalans van Nederland (tabel 1). In een gemiddeld jaar valt er ongeveer 29 km<sup>3</sup> water op ons land, en verdampt er bijna 21 km<sup>3</sup>. Maar in de zomer verdampt er meer dan er aan neerslag valt. En in een extreem droog jaar, zoals 1976 (maar ook 2018 en 2019), verdampt er op jaarbasis bijna net zoveel als er aan neerslag valt. De Rijn voert zo'n 70 km<sup>3</sup> per jaar aan en in een extreem droog jaar nog altijd ruim 41 km<sup>3</sup>. Uit die cijfers blijkt al dat de aanvoer van de Rijn de hoeveelheid neerslag ruim overtreft, evenals de verdamping plus het gebruik. De Rijn is in het bijzonder belangrijk voor de zoetwatervoorziening van ons land, omdat de aanvoer ook 's zomers doorgaat. Dat wil zeggen 's zomers kampen we vaak al wel met een watertekort. Dat zal met de klimaatveranderingen alleen maar toenemen.

De Rijntakken verdelen het water van de Rijn over een groot deel van Nederland. De IJssel is aanvoerroute voor de zoetwatervoorraad in het IJsselmeer, van waaruit de landbouwgebieden van Noord-Holland en de noordelijke provincies worden gevoed. De Waal is levert de belangrijkste aanvoerroute van zoetwater naar het benedenrivierengebied. Dat water wordt in West-Nederland gebruikt voor veel verschillende doeleinden. De belangrijkste watervrager is het peilbeheer in boezems en polders, om de stabiliteit van kades te verzekeren en bodemdaling te voorkomen.

Andere doelen zijn landbouw, drink- en proceswater en bestrijding van zoutindringing. Via de Nederrijn-Lek wordt ook hoogwaardige landbouw van water voorzien en wordt water geleid naar, onder meer, de grachten van Amersfoort en Utrecht om deze door te spoelen. Met drie hoofdkranen wordt de verdeling van het zoetwater van de Rijn over het land gestuurd: de stuw in de Nederrijn bij Driel, de Haringvlietsluizen en de sluisen in de Afsluitdijk. Bij een zeer lage Rijnafvoer zijn de stuw bij Driel en de Haringvlietsluizen gesloten. Dan valt er aan de waterverdeling niet veel meer bij te sturen.

	Gemiddeld mm	10m <sup>3</sup>	Extreem droog jaar mm	10m <sup>3</sup>
<b>In</b>				
Regenval	795	29.200	535	19.700
Rijn (aan de grens)	1.915	70.400	1.130	41.500
Maas (aan de grens)	200	7.400	95	3.500
Andere rivieren	90	3.300	40	1.500
<b>Totaal</b>	<b>3.000</b>	<b>110.300</b>	<b>1.800</b>	<b>66.200</b>
<b>Uit</b>				
Verdamping	565	20.700	528	19.400
Gebruik	60	2.300	163	6.000
Uitstroming naar zee	2.375	87.300	1.109	40.800
<b>Totaal</b>	<b>3.000</b>	<b>110.300</b>	<b>1.800</b>	<b>66.200</b>

Tabel 1. De waterbalans van Nederland (landoppervlak plus zoete wateren: 36,750 km<sup>2</sup>) gemiddeld voor de periode 1971-2000 en voor een extreem droog jaar (1976) (Bron: NHV, 2004 ).



# 3.5

## NATUUR EN WATERKWALITEIT

In dit verhaal zullen wij ons niet richten op de (chemische) waterkwaliteit en ons beperken tot de natuurwaarden.

Alle ingrepen in het verleden hebben de kansen voor grootschalige en diverse natuur langs de Rijnakken ingeperkt. Er is weinig ruimte voor laag-dynamische natuur. Er is ook weinig ruimte voor hoog-dynamische natuur: zandafzettingen op uiterwaarden komen sporadisch voor, de dynamiek van oeverserosie is stilgelegd en cyclische verjonging van vegetatie moet kunstmatig door herhaald ingrijpen gebeuren. Wel zijn er programma's uitgevoerd voor de versterking van natuurwaarden (zoals NURG) en maatregelen genomen binnen de Kaderrichtlijn Water. Ook Ruimte voor de Rivier heeft meer natuur gebracht, met name gekoppeld aan nevengeulen en het verhogen van de overstromingsfrequenties. Maar voor de beheersing van hoogwaterstanden wordt strak gestuurd op de beperking van de groei van vegetatie. Niet alle bij een natuurlijke rivier behorende vegetatietypen kunnen hierdoor tot volle wasdom komen (bijv. ooibos en struweel). De natuur in de Rijnakken heeft de Natura 2000 status of valt onder het Netwerk Natuur Nederland (NNN).



# 3.6

## ANDERE FUNCTIES

Landbouw is een belangrijk functie in de uiterwaarden langs de Nederrijn en vooral de IJssel. Het landbouwkundig gebruik maakt een verandering door in de richting van meer natuurinclusief en circulair. Wellicht kunnen zo ook kansen worden gecreëerd voor meer recreatie. Voor recreatie is zowel het winterbed (wandelen, zwemmen) als het zomerbed (varen, sportvisserij) van belang.

Het rivierengebied kan een rol spelen in de energietransitie. Zonnepanelen en windmolens kunnen mogelijk lokaal worden geplaatst in het winterbed terwijl de rivier zelf kansen biedt voor het benutten van de warmte van het water (thermische energie). Met turbines wordt bij één van de stuwen in de Nederrijn-Lek energie opgewekt.

Visserij, riviergebonden economische activiteiten en buitendijks wonen spelen slechts op kleine schaal. Voor delfstofwinning in het zomerbed is in de Rijntakken, een paar uitzonderingen daargelaten geen plaats meer. Gebaggerd zand en grind mag in principe niet langer aan het zomerbed van de rivier mogen worden onttrokken, maar moeten worden teruggestort. In het winterbed ligt nog wel veel winbaar zand. Ook dat mag niet meer uit het riviersysteem gehaald worden, maar moet in het systeem verwerkt worden.





# 4. DE GROOTSTE PROBLEMEN VAN DE RIJN



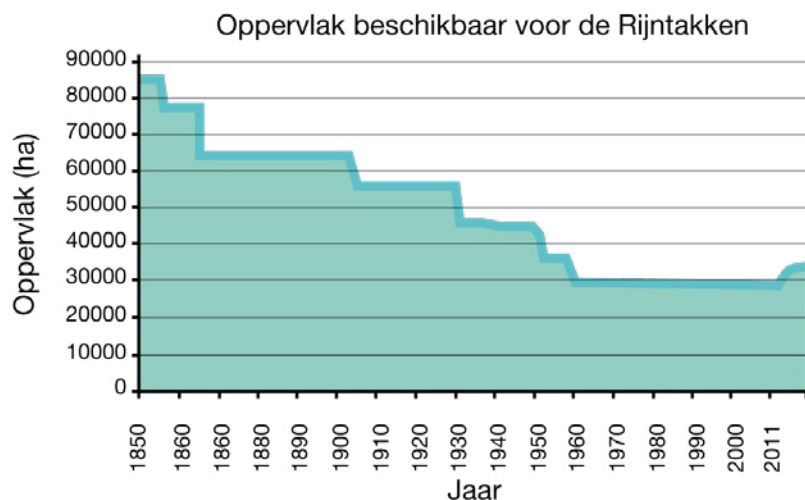
De problemen van de Rijntakken betreffen zowel de biotische als de abiotische karakteristieken van deze rivieren. Daarbij bepalen de abiotische karakteristieken voor een groot deel de omstandigheden waarbinnen de natuur zich kan ontwikkelen. Dit zijn ook de karakteristieken waar een rivierbeheerder op kan ingrijpen om zo, mede, de natuurwaarden te versterken. Daarom staan in dit hoofdstuk de problemen ten aanzien van de abiotische karakteristieken van de Rijntakken centraal.

# 4.1

## DE RIVIEREN ZIJN IN EEN KRAP KEURSLIJF GEDWONGEN

Vanaf ongeveer 1350 zijn de bedijkingen langs de rivieren gesloten en is de overstromingsvlakte beperkt tot de uiterwaarden. De uiterwaarden zijn daardoor hoog opgeslibd, ten koste van de afvoercapaciteit van het winterbed.

Waar de eerste bedijkingen al een enorm verlies aan ruimte voor de rivieren betekenden, is ook sinds 1850 nog veel ruimte voor de afvoer of berging van water langs onze rivieren verloren gegaan (figuur 14). Zo is de voor de rivieren beschikbare oppervlakte in de afgelopen anderhalve eeuw gehalveerd. Dit kwam door het volledig bedijken van voormalige overlaatgebieden, zoals het Rijnstrangengebied, de Ooijpolder en veel gebieden langs de IJssel, waardoor het overstromingsoppervlak sterk is afgenomen. Ook het scheiden van Maas en Waal in 1904 heeft hieraan bijgedragen: voor 1904 werd een deel van de afvoer van de Waal via de Maas afgevoerd, maar sinds de scheiding in 1904 zit de Waal benedenstrooms van St. Andries krap in zijn jas. Alles bij elkaar heeft dit de afvoercapaciteit sterk verkleind en zijn de hoogwaters hoger geworden dan in het verleden. Dat is gepareerd met hogere dijken. De kleine toename in de afgelopen tien jaar is het resultaat van het programma Ruimte voor de Rivier.



Figuur 14. Verlies aan oppervlakte beschikbaar voor afvoer en waterberging in de Rijntakken sinds 1850 (Bron: Klijn et al., 2002).

# 4.2

## DE SEDIMENTHUISHOUDING IS STERK VERSTOORD

[BACK](#) [HOME](#) [NEXT](#)

De aanvoer van sediment uit Duitsland is, onder meer door de aanleg van stuwen bovenstrooms, afgenomen. Het weinige sediment dat de Rijn nog aanvoert komt in Nederland in een keurslijf en kan letterlijk geen kant meer op. De overstromingsvlakte is immers beperkt tot de uiterwaarden. Doordat het sediment het bedijkte land niet langer kan bereiken, speelt het geen rol meer in de geleidelijke ophoging van ons land. Alleen de uiterwaarden worden nog hoger, en de benedenrivieren (Merwedens) en de uitmonding van de IJssel in het Ketelmeer worden plaatselijk ondieper.

Voor ons land als geheel zijn de gevolgen enorm. Het land kan niet langer meegroeien met de stijging van de zeespiegel. Ook is de rol van de rivieren in het voeden van de kustzone met sediment zo goed als uitgespeeld. De sedimenthuishouding van de kust en die van de rivieren zijn feitelijk qua volumina niet meer aan elkaar verbonden.



# 4.3

## DAMMEN EN STUWEN VANGEN SEDIMENT IN

De aanvoer van sediment uit de stroomgebieden is verstoord door dammen en stuwen in verschillende zijrivieren. Het water kan de stuwen passeren, maar het grovere sediment (grind en zand) niet. De bodem bovenstrooms van de dammen en stuwen zandt aan, terwijl de rivier benedenstrooms van de dammen en stuwen een sedimenttekort heeft, waardoor uitschuring en insnijding optreedt. In Duitsland is de bodem onder de Niederrhein bovendien verzakt als gevolg van mijnbouw in het verleden. Die verzakkingen vangen ook zand en grind in.

Onze Nederrijn-Lek is door de kanalisaties morfologisch minder actief geworden, omdat het vermogen van de rivier om sediment te verplaatsen door de stuwen sterk is afgenomen. Alleen bij hoge afvoer, als de stuwen zijn geheven, vindt sedimenttransport plaats. De stuwpannen zijn haast te beschouwen als een serie langgerekte stuwmeertjes.



# 4.4 DE RIVIERBODEM VAN DE RIJNTAKKEN DAALT

Een van de grootste problemen in het rivierbeheer is op dit moment de uitschuring van de rivierbodem van de Rijntakken, in het bijzonder de vrij afstromende IJssel en de Waal (zie figuur 8 hierboven). Deze uitschuring is in hoofdzaak het gevolg van de riviernormalisaties die in de periode 1850-1934 zijn uitgevoerd, de winning van zand en grind, en voor de IJssel ook van bochtafsnijdingen in de tweede helft van de 20e eeuw.

Omdat de bevaarbaarheid van de rivieren door die normalisaties ook beter werd, zijn ze in deze tijd van industriële revolutie verder versmald tot een nog smallere, maar diepere hoofdgeul overbleef. De breedte van het zomerbed van de Waal is bijvoorbeeld in 3 stappen teruggebracht van 500 tot 260 m, zodat die vrijwel altijd bevaarbaar was. Door de versmalling is de rivier zijn bedding verder gaan uitschuren.

De uitschuring van de rivierbedding was gewenst, want de afvoer van water en sediment vergemakkelijkte, en het leverde meer waterdiepte voor de scheepvaart op. Maar nu leidt het ook tot problemen. De uitschuring blijft doorgaan, als reactie op de normalisaties maar ook omdat er vanuit Duitsland te weinig zand en grind wordt aangevoerd. De rivier kan in Nederland meer zand en grind transporteren dan door de rivier uit Duitsland wordt aangevoerd, en neemt dus zand en grind op uit de bedding. Hoe lang de uitschuring nog doorgaat als we ons beheer niet veranderen, weten we niet.

Daar waar, voor de scheepvaart, rivierbochten zijn afgesneden gaat de daling van de rivierbedding extra snel. Zo is het zomerbed van de IJssel door bochtafsnijdingen 17 km korter geworden. Het effect van een bochtafsnijding is dat de rivier zich bovenstrooms hiervan insnijdt, omdat de rivier daar sneller gaat stromen. Die insnijding breidt zich op den duur naar stroomopwaarts uit waardoor de bedding als geheel lager komt te liggen.

Door die bodemerosie komen constructies die in het verleden op de bedding zijn aangelegd (de zogenaamde harde lagen bij St. Andries (1998) en Nijmegen (1988)), en bodemkribben bij Erlecom (1996)) en harde lagen in de ondergrond in Duitsland relatief hoog te liggen: de zandige bedding schuurt uit maar deze constructies en harde lagen dalen niet mee. Daardoor wordt de aflaaddiepte voor de scheepvaart bij lage afvoeren beperkt. Ook komen verbindingen met kanalen in het gedrang, worden kribben en andere constructies ondermijnd en komen kabels en leidingen bloot te liggen. De daling van de rivierbodem heeft ook gevolgen voor de natuur: met het dalen van de rivierwaterstanden daalt de waterstand in de geulen, plassen en het grondwater en verdrogen de uiterwaarden. Ook zullen polderinlaten en inlaten voor drink- en industriewater moeten worden aangepast.

Als de bodem van de ene Rijntak harder daalt dan die van de andere, kan de afvoerverdeling over de splitsingspunten veranderen. Dit kan grote consequenties hebben voor met name de waterverdeling bij laagwater. Een belangrijk aandachtspunt is of de zoetwatervoorziening benedenstrooms van de Rijntakken bij een lage aanvoer uit Duitsland in de knel kan komen als een relatief groot deel van dat water een andere tak instroomt. Belangrijkste probleem op dit moment is dat onder laag water omstandigheden meer water door de Waal afgevoerd wordt dan door de IJssel. Dit beïnvloedt de vullingsgraad van het IJsselmeer. Onder huidige klimaatomstandigheden kan de buffer in het IJsselmeer de afname in toevoer over de IJssel redelijk goed opvangen. Zorgen ontstaan vooral onder klimaatverandering. Tekorten zullen vaker en langduriger optreden.



# 4.5

## GEEN NATUURLIJKE VERJONGING VAN HET WINTERBED

[BACK](#) [HOME](#) [NEXT](#)

Laaglandrivieren schuren van nature de oevers van de buitenbochten uit en zetten sediment in de binnenbochten af. Doordat beide processen het sterkst zijn in de tweede helft van de bochten, wandelen meanderbochten in stroomafwaartse richting en vindt voortdurend verjonging plaats van het winterbed: oude delen worden opgeruimd en jonge nieuw gevormd (Figuur 15).

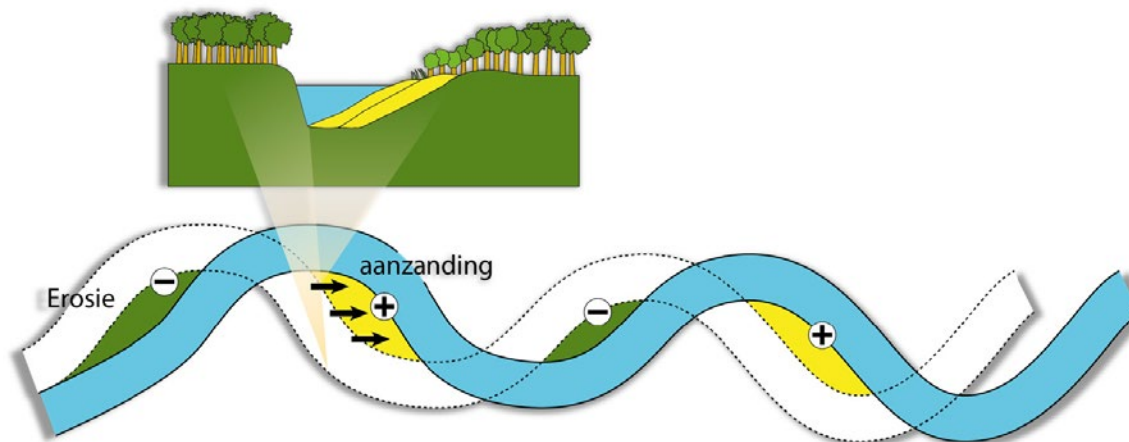
Maar de Rijntakken zijn ingeperkt tot een enkele diepe geul, met als gevolg dat oevererosie als gevolg van het 'wandelen van meanderbochten' is uitgebannen en er geen natuurlijke verjonging van het winterbed meer plaatsvindt. Dit gaat gepaard met verlies aan milieudiversiteit, en dus biodiversiteit. Voor de natuurlijke morfodynamiek, en de daarvan afhankelijke natuurwaarden, is de normalisatie dus zeer nadelig geweest. Ook zijn onze rivieren daardoor dieper en smaller dan ze van nature zouden zijn. Onze rivieren zijn voor de Europese Kaderrichtlijn Water dan ook niet voor niets aangeduid als 'sterk veranderde waterlichamen'.

# 4.6

## VERDROGING EN MINDER VAAK MEESTROMEN UITERWAARDEN

De uiterwaarden van de Rijntakken stromen nu minder vaak mee dan een eeuw geleden, als gevolg van de langjarige erosie van het zomerbed en de opslibbing van de uiterwaarden. De twee tegengestelde trends voor de bodemligging van zomer- en winterbed versterken elkaar. Dat geldt ook voor het effect op de grondwaterstand: het water in de rivier staat bij lage afvoeren nu lager dan een eeuw geleden terwijl het maaiveld van de uiterwaarden een stuk hoger ligt. De grondwaterstand in de uiterwaarden, en in het binnendijkse gebied, volgt de waterstand in de rivieren waardoor bij lage afvoeren in met name de zomer verdroging van de uiterwaarden en het binnendijkse gebied optreedt. Landbouw en natuur worden hierdoor geschaad. De kansen voor de natuur in de uiterwaarden worden bovendien beperkt door de afgenomen overstromingsfrequentie waardoor, onder meer, minder vaak zand op de uiterwaarden wordt afgezet en het grondwater niet wordt aangevuld. Bij de aanleg van nevengeulen ontkom je vaak niet aan steilere oevers dan je zou willen, omdat een flauw talud, bij de laaggelegen bedding en de hooggelegen uiterwaard, meer ruimte vraagt dan beschikbaar is.

Ook door de klimaatverandering zal de overstromingsfrequentie van de uiterwaarden in de toekomst veranderen. Naar verwachting zullen hoge afvoeren vaker voor gaan komen waardoor de uiterwaarden vaker overstromen. Aan de andere kant zullen lage afvoeren naar verwachting langer gaan duren en lager worden dan in de afgelopen tientallen jaren. Daardoor zal de verdroging van uiterwaarden bij lage afvoeren toenemen.



Figuur 15. Van nature schuren de oevers van de buitenbochten uit en wordt sediment afgezet in de binnenbochten. Doordat beide processen het sterkst zijn in de tweede helft van de bochten, wandelen (meander)bochten in stroomafwaartse richting en vindt voortdurend verjonging plaats van het winterbed: oude delen worden opgeruimd en jonge nieuw gevormd.

# 5.

## OPGAVEN VOOR DE RIJN

[BACK](#) [HOME](#) [NEXT](#)



# 5.1

## DUURZAME BODEMLIGGING EN SEDIMENTTRANSPORT

Als we het brede scala aan rivierfuncties ook op de lange termijn willen kunnen blijven bedienen, moet de erosie van het zomerbed van de Rijntakken worden gestopt. De opgave is het zomerbed op een niveau te krijgen dat goed past bij de verschillende functies en goed te handhaven is. Hiervoor moet de bodemdynamiek, de afvoer- en sedimentverdeling over de Rijntakken als één samenhangende opgave worden beschouwd. Continuïteit van sedimenttransport vanuit Duitsland tot in alle takken is nodig. Het beschikbare sediment moet slim worden beheerd: de strategie van baggeren en terugstorten moet zoveel mogelijk bijdragen aan de realisatie van een stabiele bodemligging.

De bodemerosie van het zomerbed (van de bovenlopen van de Rijntakken, en van de Bovenrijn en het Pannerdensch Kanaal), baart zorgen. De bodemerosie maakt het handhaven van voldoende waterdiepte in de vaargeul op alle Rijntakken lastig, vooral bij bodembestortingen zoals ter hoogte van Nijmegen en St. Andries, en bij verbindingssluizen met kanalen zoals Weurt en Eefde. Bodemerosie in combinatie met lagere laagwaters als gevolg van klimaatverandering betekent dat de scheepvaart met meer dieptebeperingen en stremmingen te maken kan gaan krijgen. Watertekorten in het IJsselmeer zullen frequenter en langduriger

optreden en het peilbeheer in polders wordt moeilijk en kan alleen worden gecontinueerd door water in te gaan pompen. Bij inlaatpunten voor drink- en industriewater zal harder moeten worden gepompt. Als we niets doen, krijgt de natuur in de uiterwaarden, in aangrenzende hogere gronden en binnendijs te maken met verdergaande verdroging en daardoor met nivellering en kwaliteitsverlies, omdat door de bodemerosie in de vaargeul niet alleen de rivierwaterstanden, maar ook de grondwaterstanden dalen.

De effecten van ingrepen in het recente verleden zullen nog doorwerken in de toekomst. Hoe forser de ingrepen, hoe langer het duurt voordat de rivier zich weer heeft aangepast. De gevolgen van grote ingrepen schuiven daarbij door naar volgende generaties, net zoals de rivieren nu nog reageren op de grote ingrepen van de afgelopen eeuwen. Ook de verandering van het afvoerregime van de Rijn zal de bodemligging van de rivier en het sedimenttransport beïnvloeden.

Het sediment dat uit de rivier moet worden gebaggerd bij ondieptes voor de scheepvaart moet voor de rivier behouden blijven en bijdragen aan het stabiliseren van de bodemligging van het zomerbed. Ook in de komende tientallen jaren zal de strategie van baggeren en (slim) terugstorten een cruciale schakel blijven in het

tegengaan van het verder zakken van het zomerbed. Het zand en grind in de rivier is een natuurlijk kapitaal, ook als we het juist niet aan de rivier onttrekken maar behouden voor het stabiliseren van de bodemligging. De aanvoer van dit kapitaal kan worden vergroot door in samenwerking met Duitsland sediment te suppleren op de Niederrhein, wat ook in Nederland tot een positieve bijdrage aan de sedimentbalans leidt.

# 5.2

## DUURZAAM VEILIGE HOOGWATERAFVOER

Ten aanzien van de realisatie van een duurzaam veilige hoogwaterafvoer geldt een opgave in twee delen: (1) De uitvoering van maatregelen aan waterkeringen en rivierverruiming zodat in 2050 aan de nieuwe normering, ingevoerd in 2017, wordt voldaan; (2) De verdeling van de 'extra' afvoer boven 16.000 m<sup>3</sup>/s over de Waal en de IJssel (Lek ontzien). Aandachtspunt bij (2) is dat op termijn (na 2050) de 'extra' afvoer tot aan 18.000 m<sup>3</sup>/s veilig door de Rijntakken moet kunnen worden verwerkt. Dit is een belangrijk aandachtspunt voor dijkversterkingsopgaven omdat deze worden ontworpen voor een periode van 50 jaar.

Voor de hoogwaterbescherming gelden beschermingsnormen. Per 1 januari 2017 hebben die normen een andere (reken)basis dan daarvoor. Het beleidsuitgangspunt was (vóór 2017) en blijft dat bij een Rijnafvoer vanaf 16.000 m<sup>3</sup>/s de Lek wordt ontzien en de extra afvoer wordt verdeeld over Waal en IJssel. Voor afvoeren hoger dan 16.000 m<sup>3</sup>/s golden in de oude normeringsystematiek geen nadere afspraken. Dit verandert: Onderzocht wordt hoe met de huidige regelwerken bij de splitsingspunten op termijn ook invulling kan worden geven aan het beleidsuitgangspunt om de Lek te ontzien bij afvoeren hoger van 16.000 m<sup>3</sup>/s. Dit moet gerealiseerd zijn na 2050. Voor

dijkversterkingsopgaven is dit echter een belangrijk aandachtspunt omdat deze versterkingen worden ontworpen voor een periode van 50 jaar.

Vooralsnog wordt er bij het ontzien van de Lek bij afvoeren tussen 16.000 m<sup>3</sup>/s en 18.000 m<sup>3</sup>/s vanuit gegaan dat de extra afvoer in een verhouding 80% over Waal en 20% over de IJssel verdeeld wordt. Experts wijzen er op dat de IJssel eigenlijk beter geschikt is dan de Waal voor meer afvoer bij extreem hoge Rijnafvoeren. Het beter benutten van de ruimte in het IJsseldal kan op de lange termijn een oplossing zijn voor een duurzame waterveiligheid.

Voor de toekomst moeten we er rekening mee houden dat hoogwaters vaker voor gaan komen en de piekafvoeren hoger kunnen worden dan in de afgelopen honderd jaar. De rivieren staan dus vaker hoog en, als we niets doen, hoger dan ooit tevoren.

De frequentere en hogere hoogwaters vergen meer afvoercapaciteit van de rivieren door verruiming van het zomer- en winterbed, hogere dijken of het verwijderen van begroeiing. Deze kunnen botsen met het behoud van cultuurhistorische en natuurlijke landschapswaarden van riviersteden, dijkdorpen en verspreide bebouwing in het landelijk gebied en met wensen voor natuurontwikkeling in uiterwaarden. Een van de opgaven is ook voor de toekomst voldoende afvoercapaciteit te kunnen bieden en daarbij de landschapswaarden van het rivierengebied zoveel mogelijk te behouden of te versterken.



## DUURZAME AANVOER EN BESCHIKBAARHEID BIJ LAGE RIJNAFVOER

De duurzaamheidopgave ten aanzien van laagwater op de Rijntakken betreft zowel de waterverdeling over Nederland (als gevolg van de verdeling over de Rijntakken) als de functies op de Rijntakken zelf. De speelruimte ten aanzien van de waterverdeling en -aanvoer wordt bepaald door het stuwprogramma bij Driel en de spuiregimes van de Haringvlietssluisen en de sluisen in de Afsluitdijk. De verschuiving van de afvoerdeling bij de splitsingspunten, door erosie van de Rijntakken, beïnvloedt de huidige verdeling van zoetwater.

Voor de bediening van regio's benedenstrooms gaat het met name om de zoetwatervoorziening van het noorden van het land via het IJsselmeer, en het westen van het land via de benedenrivieren en de zoete deltawateren. Het IJsselmeer en Markermeer zijn het reservoir van waaruit Noord-Nederland kan worden bediend, voor peilbeheer, landbouw, natuur, en drink- en industriewater. In het westen van het land wordt het water daarnaast gebruikt voor tegengaan van verzilting en doorspoelen. Die belangen en de volgorde waarin hun zoetwatervragen worden bediend in tijden van watertekorten zijn opgenomen in de verdringingsreeks. In die reeks worden de belangen geprioriteerd: eerst de waterveiligheid (stabiliteit kades) en voorkomen van onomkeerbare schade (veen, natuur), dan nutsvoorzieningen (drinkwater, energie), vervolgens kleinschalig hoogwaardig gebruik (kapitaalintensieve gewassen, proceswater) en tot slot de overige gebruiksfuncties (waaronder scheepvaart, landbouw, recreatie en visserij).

Kort samengevat zijn er drie redenen waarom een gelijkmatige aanvoer van water door de Rijn, vooral tijdens droge perioden in de zomer, belangrijk is:

1. Nat houden, van 2/3 van ons land,
2. Zoet houden, van 1/3 van ons land en
3. Diep houden, van 2 van de 3 Rijntakken

### 1. Nat houden

In de verdringingsreeks voor de waterverdeling in droge tijden is het beheer van de waterpeilen van boezemwateren en polderwateren de belangrijkste activiteit. Dit beheer bepaalt direct de stabiliteit van boezemkades en indirect de grondwaterstanden die op hun beurt van invloed zijn op heipaaltrot, bodemdaling, onomkeerbare schade aan infrastructuur (wegen, riolering) en kwetsbare natuur.

Ongeveer 2/3 van ons land heeft oppervlaktewaterpeilen die worden beheerst met stuwen en wateraanvoer kennen vanuit de grote rivieren (figuur 16). Het betreft Laag-Nederland, maar ook grote delen van het rivierengebied en de lagere delen van Hoog-Nederland.

Noord-Nederland (Friesland, Groningen en delen van Drenthe) krijgt Rijnwater uit het IJsselmeer, en ook de Flevopolders, Noord-Holland boven het IJ krijgt z'n water uit het IJsselmeer en Markermeer. Het IJsselmeer wordt gevoed door de IJssel. Centraal-Holland wordt via het Amsterdam-Rijnkanaal en via de Hollandse IJssel van water voorzien, dat deels via de Nederrijn-Lek en deels via de Nieuwe Maas hoofdzakelijk uit de Rijn komt. Onder lage afvoercondities (<1250 m<sup>3</sup>/s bij Lobith) staan de Pr. Bernardsluizen open en wordt

het gebied direct vanuit de Waal van water voorzien. Tenslotte krijgen de Hollandse eilanden en delen van West-Brabant en Zeeland nog water uit de Rijn, via Hollands Diep en Haringvliet.

De mogelijkheden om in de Rijntakken zoetwater vast te houden voor drogere tijden zijn beperkt, en op nationale schaal niet relevant; de zoetwaterreservoirs liggen benedenstrooms (IJssel- en Markermeer, Haringvliet-Hollandsch Diep, Volkerak-Zoommeer). Lokaal kan het voor de natuur in de uiterwaarden wel interessant zijn om water in plasdrasmilieus langer vast te houden.



Figuur 16. De indeling van Nederland in peilbeheerste en vrij afwaterende gebieden .

## 2. Zoet houden

Voor gebruik van oppervlaktewater in, bijvoorbeeld, de landbouw en industrie, en voor drinkwaterbereiding is de kwaliteit van het water belangrijk. Daarom is het belangrijk zoutindringing via Haringvliet, Nieuwe Waterweg en door de sluisen in de Afsluitdijk te voorkómen. Polders die zoute of brakke kwel kennen (vrijwel alle droogmakerijen en de IJsselmeerpolders) worden doorgespoeld met zoet water.

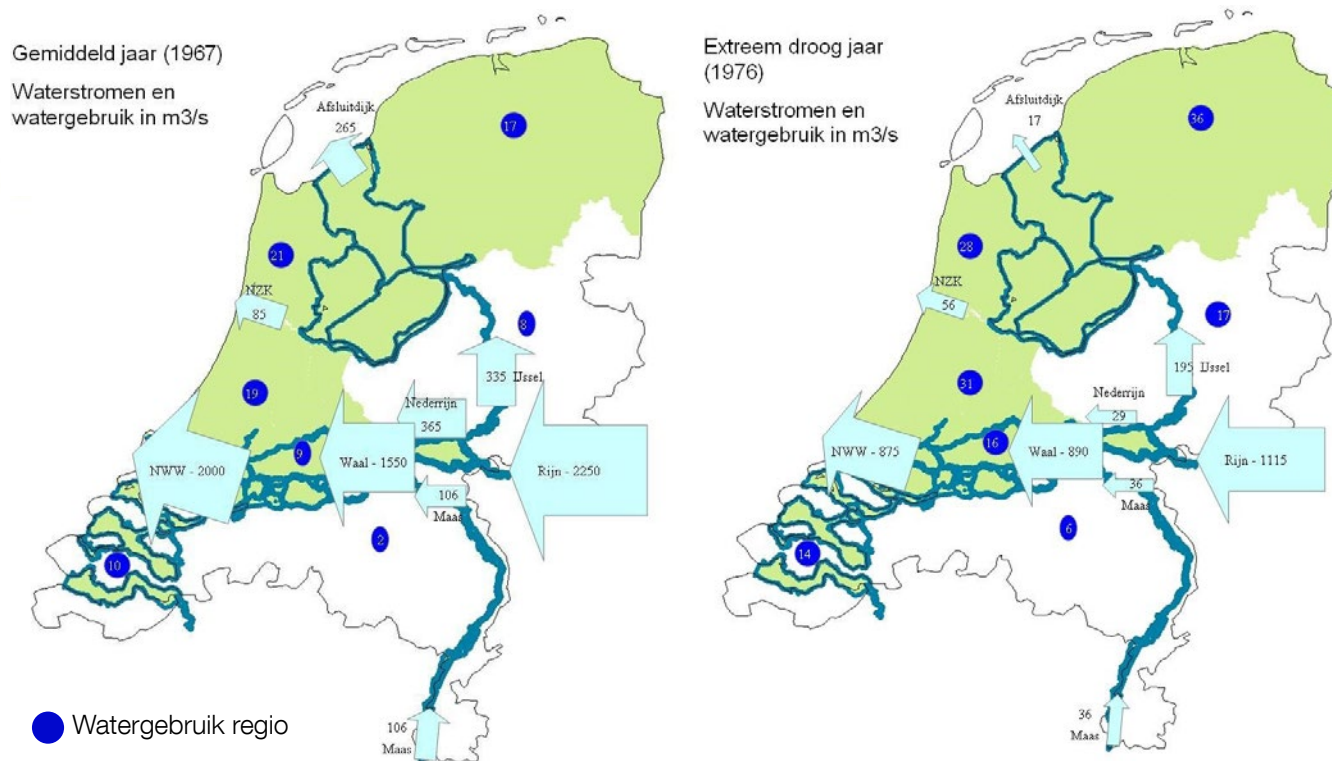
Zowel het buiten houden van de zee als het doorspoelen van Laag-Nederland vraagt heel veel water. Bij de Afsluitdijk is er via de schut- en spuisluisen enige zoutlekkage. Ook in Zeeland is de invloed van externe verzilting relatief gering, want de Zeeuwse wateren zijn door de deltawerken gescheiden van de rivieren, hoewel niet onderschat moet worden dat er substantiële hoeveelheden water nodig zijn om de bestaande zoetwatervoorraden voldoende zoet te houden. In het Haringvliet mag ingevolge het kierbesluit wel zeewater doordringen, maar dat mag niet oostelijker dan de ingang van het Spui komen. Het nieuwe stuurprotocol is erop gericht dit te voorkomen. Tot voor kort werd een groot deel van de Rijnafvoer (in de zomer zo'n 80-90%) naar en door de Nieuwe Waterweg geleiden (figuur 17), om tegendruk gegeven tegen de instroom van zout water vanuit zee om zo cruciale zoetwater inlaten voldoende zoet te houden.

Naar aanleiding van de droge zomer van 2018 is een nieuwe strategie voor de zoetwatervoorziening vanuit het hoofdwatersysteem uitgewerkt. Met de nieuwe zoetwaterstrategie wordt verkent of de watervoorziening op orde kan worden gehouden vanuit strategische zoetwaterbuffers. Voor zuidwest Nederland zijn dit de

bovenstroomse delen van de Lek en de Hollandsche IJssel en het Amsterdam-Rijnkanaal. Deze delen kunnen met kleine hoeveelheden water zoet gehouden worden.

Het doorspoelen van Laag-Nederland gebeurt door water uit de grote meren en boezemwateren in de polders in te laten en aan de andere kant van de polders weer uit te malen naar de boezem. De boezem wordt door het spoelen van de polders steeds zouter. Het boezemsysteem zelf moet zelf dus ook voldoende zoet gehouden worden voor de achterliggende functies.

Figuur 17. Schematische schets van de zomergemiddelde horizontale waterstromen door Nederland in een gemiddelde zomer en een extreem droge zomer (naar PBL, 2011) .



### 3. Diep houden

De afvoer van de Rijn is 's zomers onvoldoende om alle drie Rijntakken bevaarbaar te houden. Daarom is de Nederrijn gekanaliseerd en zijn alleen de Waal en IJssel nog vrij afstromend. Ze horen daarmee bij de laatst overgebleven, zeer zeldzaam geworden, vrijafstromende grotere rivieren ter wereld.

De Rijnafvoer wordt zo over de drie Rijntakken verdeeld dat alle drie takken voldoende vaardiepte kennen en tevens zoveel water naar het IJsselmeer vloeit dat Noord-Nederland van water kan worden voorzien zonder dat het meerpeil zelf te ver uitzakt. De meest bovenstroomse stuw in de Nederrijn (Driel) wordt daarbij gebruikt om water naar de IJssel te sturen, terwijl er altijd (net) voldoende wordt doorgelaten om de stuwpanden van de Nederrijn-Lek zelf op peil te houden leiden en voldoende doorstroming te realiseren voor het op orde houden van de waterkwaliteit.

In vrij afstromende rivieren bepalen het verhang, de dimensies van het zomerbed en de bodemruwheid de waterdiepte. In internationaal verband zijn afspraken gemaakt over de bevaarbaarheid van de Rijn (zie paragraaf hieronder over 'Duurzame bevaarbaarheid'). Het zomerbed van de Waal is 360-400 m breed, de vaargeul op OLR van 150-200 m. Het zomerbed van de IJssel 100 m, de vaargeul van 40 m bij de IJsselkop oplopend tot 65 m bij Kampen. Als over die totale breedte een afvoer van minder dan 800 m<sup>3</sup>/s wordt verdeeld, wordt het op veel plaatsen te ondiep.

Deze twee niet gekanaliseerde rivieren zijn samen te breed om voldoende diepte te garanderen. Er worden dimensies van de vaargeul gevraagd die bij het huidige afvoerregime niet altijd beschikbaar zijn.

Door de klimaatverandering kunnen laagwaters nog lager worden en langer gaan duren. Onder die omstandigheden stroomt er onvoldoende water door de vrij afstromende rivieren om te voldoen aan ALO (referentiewaterstand) en volledig beladen te kunnen varen. Vooral op de IJssel (bochtig en smal) is de scheepvaartfunctie kwetsbaar voor geringe rivierafvoer.

#### Aandachtspunten voor de toekomst

De verdringingsreeks is het instrument waarmee Rijkswaterstaat en de waterschappen afwegingen maken voor het nat en zoet houden van een groot deel van Nederland, en het diep houden van de Rijntakken bij een geringe zoetwateraanvoer uit Duitsland. Maar als de Haringvlietsluizen eenmaal helemaal gesloten zijn en de stuw bij Driel eveneens, valt er aan de waterverdeling niet veel meer bij te sturen. Als je onder deze omstandigheden de waterverdeling wel heel anders zou willen zien, zou je de rivieren anders moeten inrichten (bijvoorbeeld extra stuwen, andere rivierbreedte).

Naar aanleiding van de droge zomer van 2018 is een strategie uitgewerkt waarmee de kans op watertekorten als gevolg van verzilting en uitputting van de zoetwaterbuffers afneemt, zonder grote

ingrepen in het hoofdwatersysteem. De strategie is een stip op de horizon die onderdeel vormt van de herijking Deltabeslissing zoetwater waar in 2021 een regeringsbesluit over wordt genomen. Via het principe van lerend implementeren vindt getrappt uitwerking plaats van (onderdelen) van de strategie. In het Deltaprogramma 2028 vindt uiteindelijk besluitvorming plaats over de strategie. In deze strategie wordt middels een andere inzet van de huidige regelwerken in het hoofdwatersysteem de zoetwatervoorziening op orde gehouden en kunnen grote ingrepen uitgesteld worden.

Een aandachtspunt is de erosie van het zomerbed van de Rijntakken, waardoor onder andere de waterverdeling over de splitsingspunten heel geleidelijk verschuift, met gevolgen voor de zoetwaterverdeling bij geringe rivierafvoer.

Op de lange termijn wordt de opgave van een duurzame zoetwaterbeschikbaarheid beïnvloed door de gevolgen van klimaatverandering: minder zoetwateraanvoer in droge zomers en meer verzilting benedenstrooms door zeespiegelstijging. In de tweede helft van deze eeuw krijgt de Rijn meer het karakter van een regenrivier. De mogelijke consequentie daarvan is niet alleen de verandering van het afvoerregime zelf, maar ook meer stuwmereen (reservoirs) bovenstrooms waardoor we voor onze zoetwateraanvoer (meer) afhankelijk worden van het stuwbeheer bovenstrooms.

# 5.4

## DUURZAME BEVAARBAARHEID

De Waal vervult een hoofdrol voor de scheepvaart, het is een hoofdtransportas van (internationaal) belang. De Nederrijn-Lek en IJssel zijn hoofdarwegen, van nationaal belang. Van alle gebruiksfuncties levert de scheepvaart de grootste uitdagingen op om die zo in te vullen dat het functioneren van de rivier als systeem en de andere gebruiksfuncties en waarden niet worden geschaad, en dit geldt met name op de Waal. De opgave is om de rivier als hoofdtransportas zo goed mogelijk te laten samengaan met de rivier als hoofdwatersysteem, waarbij het functioneren van de rivier als systeem (met morfologische en ecologische dynamiek) het uitgangspunt is.

De realisatie van een duurzame bevaarbaarheid van de Rijnakken kan op verschillende manieren geïnterpreteerd worden: (1) Het duurzame karakter van de wijze van transport, per schip in verhouding tot andere vervoersmodaliteiten (duurzaam transport), (2) De inrichting van de rivier als vaarweg waarbij zo min mogelijk onderhoud nodig is, zodat het energieverbruik en de belasting van het milieu door met name baggeren zoveel mogelijk beperkt blijft (duurzaam onderhoud), (3) De invulling van de functie transport over water op een wijze waarbij deze voor de lange termijn goed samengaat met de bediening van andere functies (rivier als multifunctioneel systeem).

Niet alleen stellen verschillende functies verschillende, soms tegengestelde eisen aan het rivierbeheer, ook gaan die eisen soms tegen de natuurlijke neiging van de rivier in. Een voorbeeld is het verschil in wensen ten aanzien van de morfologische dynamiek in de vaargeul voor de scheepvaart en de natuur. Voor de scheepvaart is een smalle, diepe rivierbak ideaal, zonder erosie of aanzanding, maar vanuit de natuur zijn die morfologische processen juist gewenst omdat ze verjongend werken en diversiteit opleveren. Het blijft een uitdaging om een duurzame bevaarbaarheid van de Rijnakken te combineren met wensen vanuit de natuur, die gebaat zijn bij ruimtelijke variatie met vaker overstromend winterbed en een dynamische oeverzone en nevengeulen. Daar komt bij dat de vrij meanderende rivier zelf steeds weer ondieptes zal blijven opbouwen die drempels voor de scheepvaart vormen en daarom steeds weer moeten worden weggebaggerd.

De uitdaging is om alle functies en belangen zo goed mogelijk te bedienen. Het vertrekpunt daarvoor is het functioneren van de rivier als systeem. De opgave is om de rivier als hoofdarweg en als hoofdwatersysteem te laten voldoen aan de eisen die in de verschillende beleidsdocumenten en internationale overeenkomsten zijn opgenomen. Die opgave is groot en complex, vanwege enerzijds het grote belang van de scheepvaart en de context van internationale verdragen voor

het bedienen van de scheepvaart, waarvan de akte van Mannheim (1868) de belangrijkste is. Daarin verplichten de Rijnsoeverstaten zich tot vrije scheepvaart en tot rivieronderhoud en verbetering van de bevaarbaarheid.

Anderzijds geven Europese kaderrichtlijnen en nationale beleidsdocumenten zoals het Nationaal Waterplan kaders voor het functioneren van het watersysteem. Deze eisen voor de rivier als transportas en als watersysteem verhouden zich niet altijd tot elkaar. De vertegenwoordigers van deze belangen kunnen potentieel winst boeken door meer met elkaars belangen rekening te houden. Als voorbeeld: Een in de lengterichting van de rivier sterk variabele afvoercapaciteit door het winterbed betekent veel variatie in sedimentatie en erosie in het zomerbed, en dus ondieptes voor de scheepvaart. Is een meer constante afvoercapaciteit door het winterbed te realiseren die kansen biedt voor natuurontwikkeling met beperkte effecten op het zomerbed?



# 5.5

## DUURZAME NATUUR EN WATERKWALITEIT

De bandbreedte aan variaties in natuurdynamiek in het winterbed langs de Rijntakken is beperkt. De mogelijkheden die bandbreedte te vergroten (meer hoog- of laag-dynamische natuur) verschillen zowel tussen de Rijntakken als tussen trajecten binnen de Rijntakken. De opgave is de Rijntakken zo in te richten en te beheren dat de bandbreedte aan natuurdynamiek naar beide kanten toe (hoog-laag) zo kan worden opgerekt dat optimaal gebruik wordt gemaakt van verschillen in karakter van riviertrajecten van de Rijntakken en deze natuur zich met zo min mogelijk ingrijpen (duurzaam) kan blijven handhaven.

De natuurlijke dynamiek die we nu nog in de Rijntakken zien of zouden kunnen ontwikkelen wordt sterk bepaald door hoe het rivierensysteem in de afgelopen twee eeuwen is ingericht en hoe de verschillende riviertakken daar op zijn gaan reageren (insnijding zomerbed, opslibbing winterbed). Vanuit die context lopen de kansen voor een duurzame natuur in het rivierengebied langs een drietal gradiënten:

1. Longitudinaal: In de lengterichting van de rivier is er een gradiënt van afnemende verschillen in hoog- en laagwaterstanden (en stroomsnelheden) in stroomafwaartse richting. Die gradiënt vertaalt zich onder meer in verschillen in kansen voor planten: water- en oeverplanten ontwikkelen zich nauwelijks in de bovenstroomse trajecten van Waal en IJssel omdat de peilvariatie binnen het jaar daar te groot is.

2. Lateraal: Dwars op de rivier bepalen verschillen in overstromingsfrequentie en –duur van uiterwaarden de verschillen in het dynamische karakter van de natuur. Sinds de aanleg van zomerkades is hier al een fundamentele ingreep gedaan. De verschillen tussen de Rijntakken zijn groot: op de Waal zijn overstromingsfrequentie en -duur, en daarmee de kansen voor hoog-dynamische natuur, relatief groot; vergeleken met de Waal zijn de IJssel en de Nederrijn meer geschikt voor laag-dynamische natuur.
3. Over de dijk (binnen-/buitendijs): Het water in de Rijntakken staat in verbinding met het achterland, via beeksystemen en kwelstromen. IJssel en Nederrijn zijn verbonden met beken die vanaf de Veluwe water van goede kwaliteit naar de rivieren voeren. Ook grondwaterstromen zijn van invloed op de waterkwaliteit in de uiterwaarden. Voor het achterland kan deze interactie negatief zijn: als het water op de Nederrijn en IJssel bij Arnhem laag staat, zuigt de rivier zoveel water weg uit de Veluwe dat de waardevolle kwelnatuur op de Veluwerand hierdoor wordt geschaad.

Het Rijnstrangengebied is een voorbeeld van een binnendijkse locatie die benut zou kunnen worden voor de ontwikkeling van meer laag-dynamische natuur.

Zowel hoog- als laag-dynamische natuur zijn waardevol in het rivierenlandschap. Naarmate ontwikkelde natuur beter past bij het karakter van een riviertraject zal die natuur zich meer duurzaam, met minder noodzaak voor terugkerend beheer, kunnen handhaven. In dit opzicht laten de karakteristieken van de Rijntakken maar een beperkte bandbreedte toe aan verschillende natuurtypen: enerzijds heeft de bedijking er toe geleid dat het winterbed van alle Rijntakken zich nu minder leent voor laag-dynamische natuur dan in de situatie van voor de bedijking; anderzijds is de rivier zo zeer vastgelegd dat hoog-dynamische natuur in de uiterwaarden zonder actief cyclisch verjongen niet kan bestaan. Het karakter van de Rijntakken beperkt de bandbreedte aan dynamische milieus en bijbehorende natuur die zonder menselijk ingrijpen (beheer) mogelijk is. Er zijn verschillen tussen en binnen de Rijntakken waarvan gebruik kan worden gemaakt om de diversiteit te vergroten:

- > De Waal heeft relatief veel dynamiek en leent zich goed voor nevengeulen in uiterwaarden. De Nederrijn-Lek niet, vanwege het ontbreken van een permanent stromend karakter.
- > De Nederrijn leent zich, door het kunstmatig en constant hoge waterpeil, goed voor moerasnatuur. Dit geldt ook voor de IJsseldelta, dankzij de beperkte variatie in het IJsselmeerpeil.



De opgave is de Rijntakken zo in te richten en te beheren dat optimaal gebruikt wordt gemaakt van verschillen in karakter van riviertrajecten van de Rijntakken en deze natuur zich met zo min mogelijk ingrijpen (duurzaam) kan blijven handhaven.

Duurzame natuur betekent ook robuuste natuur: natuur die gevolgen van, bijvoorbeeld, klimaatextremen kan opvangen. De robuustheid van natuur langs de Rijntakken kan worden versterkt door kerngebieden in te richten: grote gebieden met een hele hoge natuurkwaliteit die zo zijn ingericht dat ze extreme omstandigheden kunnen overleven. Verbindingen (corridors en stepping stones) tussen deze kerngebieden waar de natuur onder, bijvoorbeeld, extreme droogte kan bezwijken kunnen vanuit deze kerngebieden dan opnieuw worden gekoloniseerd zodat de natuur zich kan herstellen. In de Programmatische aanpak Grote wateren worden langs de Rijntakken 3 kerngebieden onderscheiden: (1) Geldersche Poort (= Rijnstrangen + IJsselpoort + Arnhem + Nijmegen); (2) Biesbosch en (3) IJssel-Vechtdelta. Daartussen liggen de corridors.

Het spreekt overigens niet vanzelf dat de opgaven voor een duurzaam veilige hoogwaterafvoer en duurzame natuur goed samengaan. Natuurontwikkeling kan immers tot een dusdanige verruwing leiden dat hoogwaterstanden hierdoor teveel worden opgestuwd. Dit kan in de praktijk betekenen dat de meest ruwe natuurtypen in een kerngebied in stroomluwe delen of binnendijks gerealiseerd moeten worden.

# 6.

## GIDSPRINCIPES RIJN

[BACK](#) [HOME](#) [NEXT](#)

1

2

3

4

5

Hieronder volgen vijf gidsprincipes die als leidraad kunnen dienen bij beleid, beheer en inrichting van de Rijntakken. Bij deze gidsprincipes wordt ook een aantal mogelijke handelingsperspectieven genoemd. Waar de gidsprincipes de richting aangeven die gevolgd zou moeten worden, geven handelingsperspectieven aan welke maatregelen en strategieën daarbij zouden passen.

# 6.1

## GIDSPRINCIPE 1

**Voorkom dat maatregelen voor inrichting en beheer van de Rijntakken tot negatieve gevolgen leiden bij andere afvoeren, op een andere plek, voor een andere functie, of op een later moment in de toekomst.**

Ontwerp maatregelen (/strategieën) voor inrichting en beheer van de Rijntakken op basis van het functioneren van deze Rijntakken als één geheel, inclusief de verdeling van water en sediment bij de splitsingspunten, voor het totale afvoerregime van laag tot hoog. Dit functioneren betreft zowel de morfologische dynamiek, de waterbeweging als de ecologie. Zo moet in de overweging worden betrokken in hoeverre maatregelen gevolgen kunnen hebben dichtbij of elders in de Rijntakken, of die gevolgen snel doorwerken of heel geleidelijk (dan wel pas na lange tijd), en welke gebruiksfuncties of waarden worden geschaad of er juist ook baat hebben. Een afwenteling van gevolgen naar elders in de Rijntakken of naar de toekomst zal vaak niet te voorkomen zijn, maar met inzicht in het functioneren van de Rijntakken als systeem kunnen onaangename verrassingen worden voorkomen en kan tijdig op gevolgen worden geanticipeerd.

Het systeem beslaat het hele afvoerbereik, van zeer laag tot extreem hoog. Beschouw bij inrichting en beheer dus hoge en lage afvoeren, opdat afwegingen worden gemaakt in het licht van een verbetering van de hoogwaterbescherming en de waterverdeling bij lage afvoeren.

De natuurlijke dynamiek van de rivier biedt kansen voor gebruiksfuncties maar stelt ook grenzen aan het gebruik. Niet alles kan, maar door bij inrichting en beheer niet tegen maar met de natuurlijke processen van de rivier mee te werken kan de rivier zo goed mogelijk voor verschillende functies worden gebruikt. Die dynamiek verschilt tussen de Rijntakken en binnen Rijntakken per traject; ook die verschillen zijn karakteristiek voor de Rijntakken.

# 6.2

## GIDSPRINCIPE 2

[BACK](#) [HOME](#) [NEXT](#)

Richt de Rijntakken zo in dat rivierbeheerders niet steeds en snel hoeven in te grijpen maar er (beheer) ruimte is voor een zekere mate van morfologische dynamiek en natuurlijke successie (bijvoorbeeld bij aanzanding van het zomerbed en natuurontwikkeling in het winterbed).

Zo kunnen kosten en hinder voor scheepvaart worden voorkomen (minder vaak baggeren) en kan de ruimtelijke kwaliteit van het winterbed, en daarmee de belevingskwaliteit van de rivier voor burgers, worden versterkt.

In de Rijntakken zijn met Ruimte voor de Rivier de ergste flessenhalzen wel verwijderd, maar het winterbed is nog steeds te krap om alle gewenste natuurtypen tot ontwikkeling te kunnen laten komen. Denk daarbij aan hardhoutoobos of rietland. Overheden rekenen elkaar nu af op millimeters en dat vraagt voortdurend ingrijpen in de vegetatieontwikkeling. Daardoor krijgen nieuwe oobossen, bijvoorbeeld, niet de kans zicht te ontwikkelen. Lage begroeiing kan op een bepaald moment zoveel ruwheid opleveren

dat de waterstanden daardoor te hoog worden opgestuwd. Maar naarmate oobossen ouder worden leveren ze minder ruwheid op omdat ze dan grotendeels boven water uitsteken. Als je de ruwheid in het vroeg stadium van ontwikkeling, dankzij beheerruimte, kunt toestaan, kan uiteindelijk meer oobos ontstaan zonder de veilige hoogwaterafvoer te schaden.

# 6.3

## GIDSPRINCIPE 3

Behoud de karakteristieke landschapsvormen en (aardkundige) waarden van de Rijntakken, en versterk de verschillen tussen de Rijntakken en hun trajecten.

Gidsprincipe 1 stelt dat maatregelen voor inrichting en beheer van de Rijntakken gebaseerd moeten zijn op het functioneren van deze Rijntakken als één geheel.

Gidsprincipe 3 sluit hierop aan en stelt dat die maatregelen ook moeten worden afgestemd op de karakteristieken ter plekke, die variëren tussen en binnen de Rijntakken. Ten aanzien van deze karakteristieken kunnen we een onderscheid maken in landschapsvormen en landschapsvormende processen.

Ten aanzien van landschapsvormen geldt in principe dat we willen behouden wat we hebben, met name langs IJssel en Nederrijn-Lek omdat deze vormen daar in het verleden zijn ontstaan bij een natuurlijke dynamiek die deze rivieren niet langer kenmerkt. Wat hier verdwijnt, komt niet meer terug. Voor landschapsvormende processen is de Waal het meest interessant. Ook hier is de dynamiek beperkt (zie ook figuur 9),





# 6.4

## GIDSPRINCIPE 4

**Behoud het zand en grind in de Rijntakken, als natuurlijk kapitaal voor het stabiliseren van de bodemligging. Benut de natuurlijke sedimentdynamiek van de rivier op een slimme manier.**

De langjarige uitschuring van het zomerbed van de Rijntakken heeft grote maatschappelijke gevolgen. Het zand en grind dat we niet langer uit de rivier halen als grondstof voor de bouw draagt bij aan het beperken van deze uitschuring en heeft daarmee ook grote maatschappelijke waarde. Zand en grind in de rivier zijn een natuurlijk kapitaal, ook als we het juist niet aan de rivier onttrekken maar behouden voor het stabiliseren van de bodemligging.

Met deze notie kunnen we de natuurlijke sedimentdynamiek in de Rijntakken benutten om ongewenste ontwikkelingen in de bodemligging van de Rijntakken zoveel mogelijk te beperken. In het besef dat aan baggeren van ondieptes voor de scheepvaart niet valt te ontkomen (de waterbeweging in de rivier blijft die ondieptes vormen) kan een slimme strategie van terugstorten de erosie van de bedding beperken en er toe leiden dat zand en grind circuleren in de rivier. Aanvullend op het behoud van zand en grind in de

rivier kan ook zand en grind aan de rivier worden toegevoegd (suppleren). Sedimentbeheer berust dan op een combinatie van een effectieve bagger- en stortstrategie en een effectief suppletiebeleid.



# 6.5

## GIDSPRINCIPE 5

### Verweef waar mogelijk functies, maar scheid ze waar nodig.

De Rijntakken vervullen veel functies voor de samenleving. De rivierbeheerder streeft er naar de verschillende functies zoveel mogelijk te laten samengaan. Maar dat kan niet altijd. Waar functies echt conflicteren, is soms een scherpe keuze gewenst. De optie van functiescheiding kan spelen tussen Rijntakken, of trajecten van Rijntakken, en binnen (de dwarsdoorsnede van) het zomerbed en in het winterbed.

Functiescheiding tussen Rijntakken kan het resultaat zijn van prioritering van belangen. De huidige benutting van de Rijntakken voor de verschillende gebruiksfuncties is niet per se de gewenste benutting. De prioritering van belangen kan immers veranderen en om een (gedeeltelijke) scheiding van functies vragen die afwijkt van de huidige situatie.

Functiescheiding kan gewenst zijn omdat de karakteristieken van de Rijntakken, en van verschillende trajecten van een tak, sterk verschillen. Die verschillen kunnen worden benut (zie ook gidsprincipe 3): als een traject of Rijntak zich beter leent voor een bepaalde functie dan

andere delen van het Rijntakkensysteem, dan zou je die functie daar meer ruimte kunnen geven. Het gaat daarbij niet alleen om de fysische eigenschappen van het systeem, maar ook om de mate waarin andere functies nu al wel of niet in de weg zitten. Een voorbeeld is versterking van natuurkwaliteit. Kijken we naar de fysische eigenschappen van het systeem, dan komen de Nederrijn-Lek en de IJsseldelta in beeld als interessante trajecten voor meer laag-dynamische natuur. Kijken we naar de invulling van de scheepvaart, dan komt de IJssel benedenstrooms van Zutphen in beeld als een traject met relatief weinig scheepvaart en dus ruimte voor zich vrij ontwikkelende natuur.

Ook binnen een Rijntak kan functiescheiding gewenst zijn: binnen het zomerbed of binnen het winterbed. Een voorbeeld van functiescheiding in het zomerbed is de aanleg van langsdammen op de Waal. Hiermee worden natuurontwikkeling en scheepvaart van elkaar gescheiden: de langsdam maakt meer morfodynamiek langs de oevers mogelijk zonder dat de scheepvaart daar last van heeft. In het winterbed kan scheiding van landbouw, natuur en recreatie een optie zijn.

# B BRONVERMELDING

- > I - Er is ook een Hollandsche IJssel die al in 1285 van de Rijn is afgesloten.
- > II - Informatie over de morfologische karakteristieken van de Rijntakken is ontleend aan [www.smartrivers.nl](http://www.smartrivers.nl)
- > III - Informatie over het verhang en getij van de Rijntakken is ontleend aan: Reeze, B., van Winden, A., Postma, J., Pot, R., Hop, J. en W. Liefveld (2017). Watersysteemrapportage Rijntakken 1990-2015. Ontwikkelingen waterkwaliteit en ecologie. Bart Reeze Water & Ecologie, Harderwijk.
- > IV - Meer informatie over het sediment in de Rijntakken staat in Het Verhaal van het Sediment
- > V - Reneerkens, M.J.J. (2020). De bodemsamenstelling van de Rijntakken in de jaren 1995 en 2020. RWS ON rapport.
- > VI - Klijn, F., Asselman, N. en E. Mosselman (2019). Robust river systems: On assessing the sensitivity of embanked rivers to discharge uncertainties, exemplified for the Netherlands. *Journal of Flood Risk Management* 12 (Suppl. 2), e12511.
- > VII - Klijn, F., Asselman, N. en E. Mosselman (2019). Robust river systems: On assessing the sensitivity of embanked rivers to discharge uncertainties, exemplified for the Netherlands. *Journal of Flood Risk Management* 12 (Suppl. 2), e12511.
- > VIII - Golz, E. (1994). Bed degradation – Nature, causes, counter measures. *Water Resources Research* 29: 325-333.
- > IX - Overgenomen uit: Ten Brinke, W. (2004). De Beteugelde Rivier. *Veen Magazines*, Diemen.
- > X - Stouthamer, E. (2001). Holocene avulsions in the Rhine-Meuse delta, the Netherlands. Proefschrift Universiteit Utrecht.
- > XI - Van de Ven, G. (2007). Verdeel en Beheers! 300 jaar Pannerdensch Kanaal. *Veen Magazines*, Diemen.
- > XII - Middelkoop, H. (2001). Embanked floodplains in the Netherlands. Proefschrift Universiteit Utrecht.
- > XIII - Middelkoop, H., Stouthamer, E., Schoor, M.M., Wolfert, H.P. en G.J. Maas (2003). Kansrijkdom voor rivierecotopen vanuit historisch-geomorfologisch perspectief. NCR Publication 21-2003.
- > XIV - Middelkoop H., Stouthamer, E., Schoor, M.M., Wolfert, H.P. en G.J. Maas (2003). Kansrijkdom voor rivierecotopen vanuit historisch-geomorfologisch perspectief. NCR Publication 21-2003.
- > XV - Blöschl, G. et al. (2017). Changing climate shifts timing of European floods. *Science* 357: 588-590.
- > XVI - Klijn, F., Hegnauer, M., Beersma, J. en F. Sperna Weiland (2015). Wat betekenen de nieuwe klimaatscenario's voor de rivierafvoeren van Rijn en Maas? Samenvatting van onderzoek met GRADE naar implicaties van nieuwe klimaatprojecties voor rivierafvoeren. Rapport 1220042, Deltares & KNMI, Delft.
- > XVII - Pechlivanidis, I.G., Arheimer, B., Donnelly, C., Hundecha, Y., Huang, S., Aich, V., Samaniego, L., Eisner, S. en P. Shi (2017). Analysis of hydrological extremes at different hydro-climatic regimes under present and future conditions. *Climatic Change* 141: 467-481.
- > XVIII - Görden, K. et al., 2010. Assessment of climate change impacts on discharge in the Rhine River Basin: Results of the RheinBlick2050 Project, CHR rapport I-23, 229 pp.

- > XIX - Erasmus Centre for Urban, Port and Transport economics (2020). Economische impact laagwater. Een analyse van de effecten van laagwater op de binnenvaartsector en de Nederlandse en Duitse economie.
- > XX - NHV (2004). Water in the Netherlands; managing checks and balances. NHV-special 6, Netherlands Hydrological Society, Utrecht.
- > XXI - Klijn, F., Asselman, N., Stone, K. en W. Silva (2002). Ruimteverlies van Rijn en Maas verkend. Het Waterschap 2002/13: 590-601.
- > XXII - Hillebrand, G. en R.M. Frings (2017). Von der Quelle zur Mündung: Die Sedimentbilanz des Rheins im Zeitraum 1991-2010. Rapport CHR/KHR II-22.
- > XXIII - Klijn, F., Asselman, N. En E. Mosselman (2019). Robust river systems: On assessing the sensitivity of embanked rivers to discharge uncertainties, exemplified for the Netherlands. Journal of Flood Risk Management 12 (Suppl. 2), e12511.
- > XXIV - Een opgave is ook de zoetwateraanvoer vanuit de rivieren naar de hoge zandgronden. Dit is geen opgave voor de (inrichting van de) Rijntakken maar voor het regionale systeem (bv via pompcapaciteit) en laten we hier buiten beschouwing.
- > XXV - Deze akte geldt voor de Waal en de Nederrijn-Lek, niet voor de IJssel
- > XXVI - Ministerie van Economische Zaken (2014). Natuurambitie Grote Wateren 2050 en verder.

### Kaarten

- > 1 - Klijn, F., E. van Velzen, J. ter Maat & J. Hunink (2012). Zoetwatervoorziening in Nederland: aangescherpte landelijke knelpuntenanalyse 21e eeuw. Deltares-rapport 1205970, Delft. 229 pp.
- > 2 - Klijn, F., E. van Velzen, J. ter Maat & J. Hunink (2012). Zoetwatervoorziening in Nederland: aangescherpte landelijke knelpuntenanalyse 21e eeuw. Deltares-rapport 1205970, Delft. 229 pp.

## Colofon

Het Verhaal van de Rijntakken is in 2020 geschreven op basis van gesprekken met deskundigen van Rijkswaterstaat en Deltares met verschillende inhoudelijke achtergronden: Nathalie Asselman, Tom Buijse, Frans Klijn, Erik Mosselman (Deltares), Eric ten Cate, Peter Jesse, Marco Tijnagel, Hans Veldman (RWS ON), Vincent Beijck, Arjan Sieben (RWS WWL).

De redactie was in handen van Rien van Zetten (Rijkswaterstaat) en Wilfried ten Brinke (Blueland Consultancy).

Tekstbijdragen zijn geleverd door Frans Klijn en Nathalie Asselman.

Het verhaal is gereviewd door Neeltje Kielen, Otto Koedijk, Erik Mosselman, Michiel Reneerkens, Ralph Schielen, Margriet Schoor en Jackie Straathof.

Layout en illustraties door BVR adviseurs.

Foto's Beeldbank RWS

## Verantwoording

Deskundigen nemen in het Verhaal van de Rijntakken de Waal (inclusief de Bovenrijn), de Nederrijn-Lek (inclusief het Pannerdensch Kanaal) en de IJssel kritisch onder de loep. Het verhaal gaat in op de vorming van deze Rijntakken inclusief hun relatie met het stroomgebied, en de opgaven en uitdagingen waar de betrokkenen bij beheer en inrichting van deze rivieren voor staan. Het verhaal is te beschouwen als een advies van deskundigen aan deze betrokkenen. 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 beheer en inrichting van de Rijn in Nederland.



