



Binnenvaart bij laag water op de Rijn

TNO 2023 R12661 – 21 december 2023

Binnenvaart bij laag water op de Rijn

Auteurs	Ir. E.J. Gerritse
Exemplaar nummer	2023-STL-RAP-100351636
Aantal pagina's	33 (excl. voor- en achterblad)
Aantal bijlagen	0
Opdrachtgever	Topsector Logistiek
Projectnaam	Connekt - Rhine corridor resilience
Projectnummer	060.58186

Alle rechten voorbehouden

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van TNO.

© 2023 TNO

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	3
1 Inleiding	4
2 Laag water op de Rijn	6
2.1 Wat betekent 'laag water'?	6
2.2 Hoe vaak komt laag water voor?	6
2.3 Laag water op de Rijn in de komende jaren	8
3 Problemen door laag water	9
3.1 Gevolgen van laag water voor de Rijnvaart.....	9
3.2 Geschatte economische schade	10
4 Beter voorspellen van laag water	11
5 Technische maatregelen	13
5.1 Bouw van speciale laagwaterschepen	13
5.2 Onderzoek	15
5.3 Aanpassingen aan bestaande schepen.....	16
5.4 Aanpassingen aan de vaarweg.....	16
6 Aanpassingen aan de logistieke keten	19
6.1 Inzet van andere schepen	19
6.2 Grotere voorraden aanleggen	21
6.3 Overstappen op andere manieren van vervoer (modal shift).....	21
7 Relevante onderzoeken en samenwerkingen.....	25
8 Samenvatting en conclusies	28
9 Geciteerde werken	30
Ondertekening.....	33

1 Inleiding

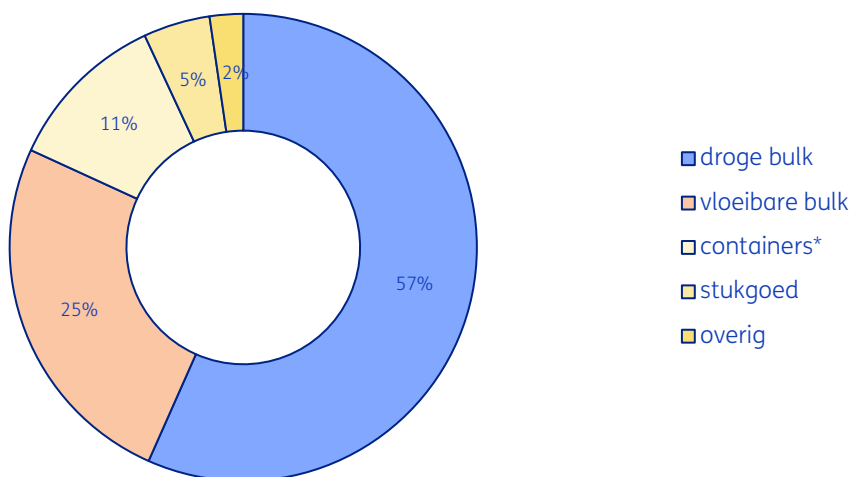
In 2018 lag de binnenvaart op de Rijn wekenlang vrijwel stil door laag water. Enkele jaren daarna, in 2022, bereikten de waterstanden op de Rijn een historisch dieptepunt. De verwachting voor de toekomst is dat laag (en hoog) water vaker voor zullen komen omdat het klimaat verandert. Daarom is het noodzakelijk om na te denken over de gevolgen hiervan en over hoe men in de Rijnlanden hiermee kan omgaan.

Binnenvaart is een belangrijke manier van vervoer voor Noordwest-Europa. In Nederland vindt ongeveer 40% van het totaal aan ton-kilometers goederenvervoer per binnenvaart plaats, en ongeveer 50% van alle goederen die in de havens van Amsterdam en Rotterdam aankomen, vervolgen hun weg naar het achterland via de binnenvaart [1]. Bedrijven hebben zich langs grote vaarwegen gevestigd om te kunnen profiteren van goedkoop en betrouwbaar vervoer via de binnenvaart.

Binnenvaart op de Rijn

De Rijn loopt van Rotterdam in Nederland tot aan Basel in Zwitserland. Er worden meerdere soorten vracht via de Rijnvaart vervoerd. Vervoer van droge en natte bulkmaterialen vormt hiervan veruit het grootste deel, zo'n 80% (zie Figuur 1.1). In 2021 werd er in totaal 168 miljoen ton goederen vervoerd over de traditionele Rijn, zo blijkt uit cijfers van de Centrale Commissie voor de Rijnvaart (CCR) [1].

Vervoer over de traditionele Rijn per type lading



Figuur 1.1: Vervoerd gewicht over de traditionele Rijn per type lading in 2021. Zoals te zien worden er vooral droge en natte bulkgoederen over de Rijn vervoerd. In totaal werd er 168 miljoen ton vervoerd. Bron: CCR jaarverslag 2022 [1].

*Containers worden geteld als netto gewicht (d.w.z. exclusief het gewicht van de container zelf).

Laag water is wereldwijd een probleem

Laag water komt over de hele wereld voor. Door klimaatverandering zal dit probleem waarschijnlijk op steeds meer plekken de kop opsteken. In de afgelopen jaren was onder andere op de Mississippi in de VS, de Yangtze in China en de Amazone in Brazilië sprake van problemen voor de binnenvaart door laag water. Problemen voor de één zijn kansen voor de ander: techniek en innovatie om beter met laag water om te gaan kan wellicht een succesvol Nederlands exportproduct worden.

Dit rapport

Het doel van dit rapport is om een overzicht te geven van de beschikbare kennis over laag water op de Rijn en van bekende maatregelen om de hinder hiervan te verminderen. Het onderzoek gaat alleen over transport van goederen. Personenvervoer en riviercruises blijven buiten beschouwing.

De onderzoeksvragen zijn als volgt:

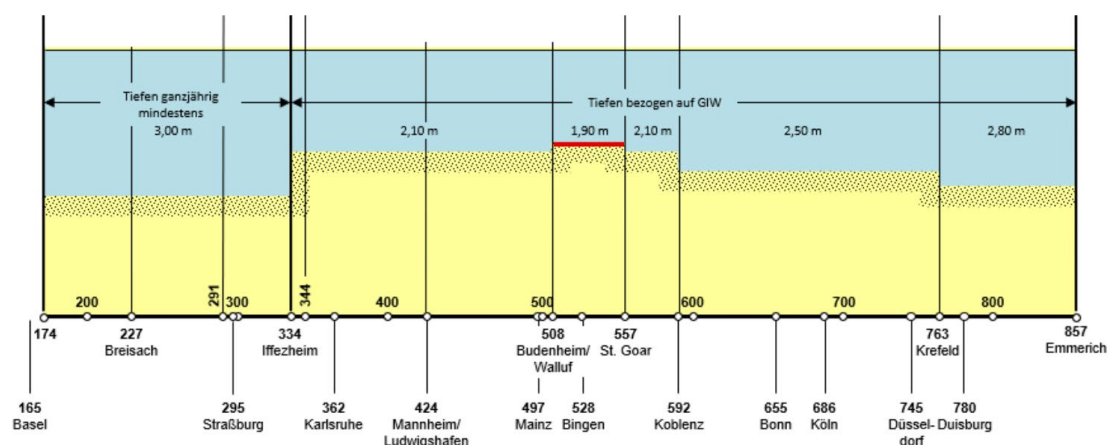
1. Hoe zijn problematische waterniveaus in de Rijn langer van tevoren te voorspellen;
2. Welke problemen in de binnenvaart en daarmee verbonden logistieke ketens ontstaan door hoog en laag water in de Rijn;
3. Met welke technische en operationele maatregelen kunnen deze problemen worden verminderd of voorkomen;
4. Welke mogelijkheden op multimodaal en/of ketenniveau zijn er om de logistieke verstoringen te verminderen of te voorkomen.

2 Laag water op de Rijn

2.1 Wat betekent ‘laag water’?

Er is geen algemene definitie van ‘laag water’. Ook is de Rijn niet overal even diep (zie Figuur 2.1). In dit rapport kijken we vooral naar de waterstand bij het plaatsje Kaub in Duitsland. Dit is het laagste punt op de Rijn. Veel binnenvaartondernemingen nemen een stand van 150 cm bij pegel¹ Kaub aan als de grens voor laag water en deze grens wordt in dit rapport daarom ook aangehouden.

Pegel en waterdiepte zijn niet hetzelfde. Door de eigenaardigheden van het Duitse pegelsysteem moet bij de stand van pegel Kaub nog 85 tot 100 cm worden opgeteld om de toelaatbare diepgang te berekenen. Een pegelstand bij Kaub van 150 cm betekent dus dat een schip een diepgang van 235 - 250 cm mag hebben [2].

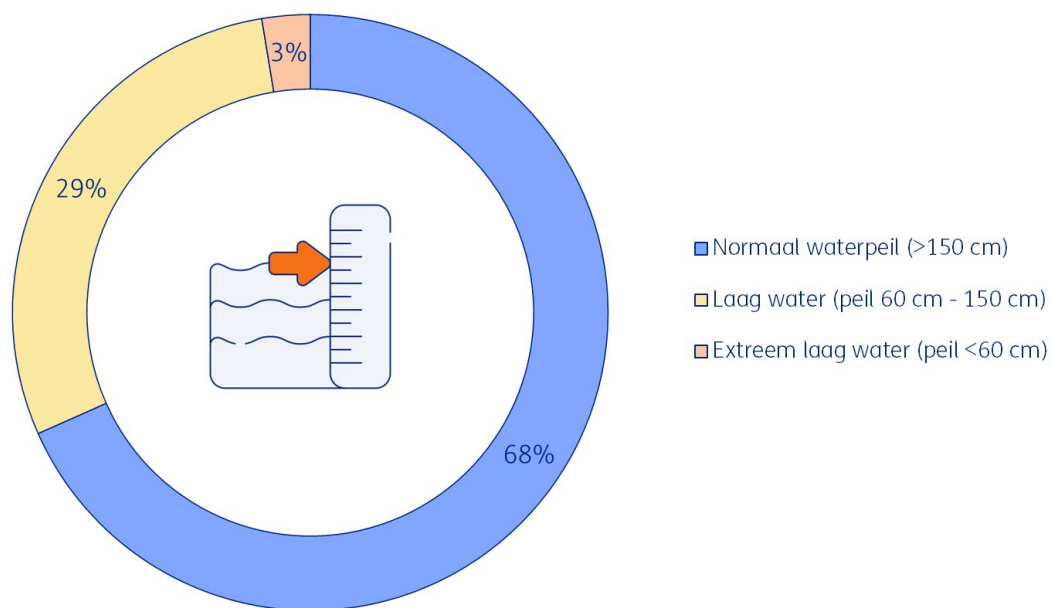


Figuur 2.1: Schematische weergave van de diepgang in de Rijn van Basel tot aan Emmerich. Het punt met de minste diepgang bij Kaub is met een rode lijn aangegeven. Bron: WSV (Bewerkt)

2.2 Hoe vaak komt laag water voor?

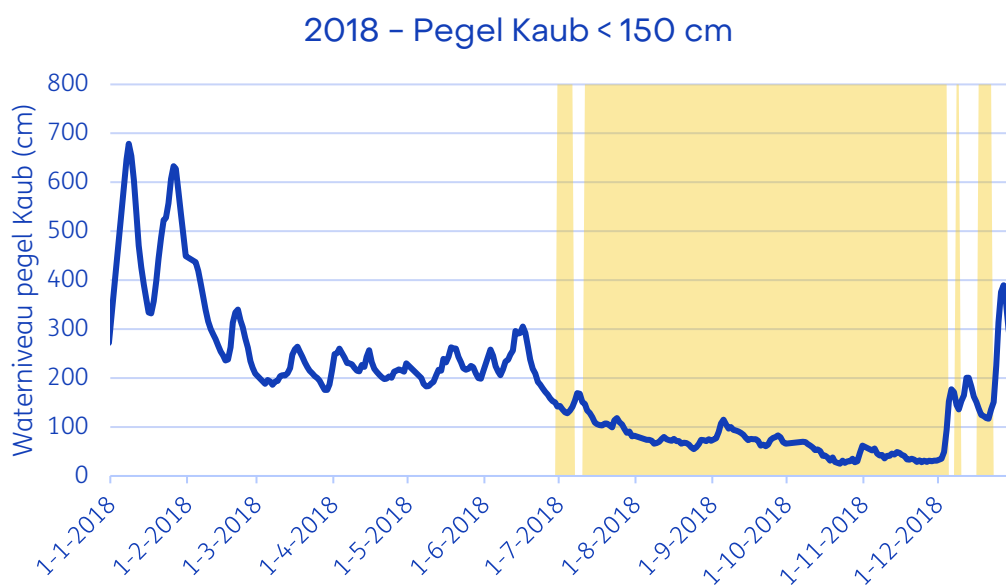
Laag water op de Rijn komt al eeuwenlang af en toe voor [3]. In de afgelopen 10 jaren (2013 tot en met 2022) was er ongeveer 1 van de 3 dagen sprake van laag water (pegel Kaub < 150 cm). Zeer laag water (pegel Kaub < 60 cm) was zeer zeldzaam: het kwam slechts op 3% van de dagen voor. Veel binnenvaartondernemers zien laag water daarom niet als een groot probleem [4] [5].

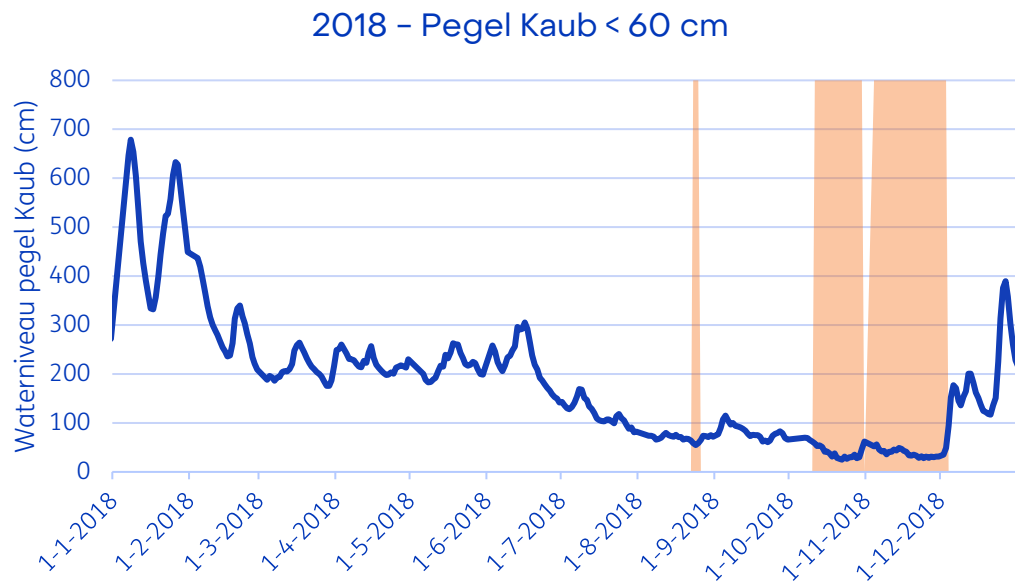
¹ ‘Pegel’ is het Duitse woord voor waterpeil of waterpeilmeter. In het Nederlands kwam dit woord vroeger ook voor, maar is het in onbruik geraakt



Figuur 2.2: Percentage van dagen in de afgelopen 10 jaar (2013 t/m 2022) waarop het water bij pegel Kaub lager stond dan de het aangegeven peil.

In sommige jaren is er een uitzonderlijk lange periode van laag water, zoals bijvoorbeeld in 2018 (zie Figuur 2.3). Ter illustratie zijn in de grafieken hieronder de periode met laag water ingekleurd. 2018 kende maanden met laag water (pegel Kaub < 150 cm) en weken achtereen met extreem laag water (pegel Kaub < 60 cm waardoor beladen scheepvaart nauwelijks nog mogelijk was). Voor industrie en handel die van de binnenvaart afhankelijk is, geeft een dergelijke periode grote problemen.





Figuur 2.3: Waterstand bij pegel Kaub in 2018. Periodes met laag water (<150 cm, geel) en zeer laag water (<60 cm, oranje) zijn gemarkeerd. Zoals te zien in de onderste grafiek was de Rijn in 2018 bijna twee maanden zeer moeilijk bevaarbaar en hield de laagwaterperiode bijna een half jaar aan.

2.3 Laag water op de Rijn in de komende jaren

De Commissie voor de Hydrologie van het Rijnstroomgebied (CHR) deed onderzoek naar de toekomst van de waterstanden in de Rijn [6]. De Rijn wordt op twee manieren voorzien van water: door regen en door smeltwater van sneeuw en gletsjers in de Alpen. De onderzoekers concludeerden dat de totale afstroom in de Rijn de komende decennia ongeveer gelijk zal blijven. Ook bij laag water blijft in komende 30 jaar de totale afstroom binnen de bandbreedte zoals we die nu kennen. Echter, door klimaatverandering neemt in de jaren daarna de hoeveelheid smeltwater sterk af en wordt de regenval dus bepalender voor de hoeveelheid water die door de Rijn stroomt. Laagwaterperiodes met hinder voor de scheepvaart zullen daardoor waarschijnlijk vaker voorkomen en langer duren. Het spreekt vanzelf dat ook de binnenvaart hier de gevolgen van zal merken.

3 Problemen door laag water

3.1 Gevolgen van laag water voor de Rijnvaart

Hieronder volgt een opsomming van gevolgen van laag water voor de binnenvaart op de Rijn en voor hen, die hiervan gebruik maken.

- › **Minder diepgang, smallere vaargeul, langzamer varen** Tijdens laag water is de vaargeul in de Rijn niet alleen minder diep, maar ook smaller. Beiden kunnen ervoor zorgen dat schippers op bepaalde punten langzamer moeten varen, waardoor drukte en vertragingen kunnen ontstaan. Bij extreem laag water zijn de scheepsschroeven minder effectief en is manoeuvreren voor schepen moeilijker, waardoor schepen langzamer varen of meer brandstof verbruiken [7].
- › **Tekort aan schepen** Hoe lager het water staat, hoe minder lading een schip mee kan nemen. Om dezelfde hoeveelheid lading te vervoeren zijn bij laag water dus meer schepen nodig dan normaal. De bezettingsgraad van de Rijnvloot stijgt daarom bij laag water. Dit leidt soms tot een acuut tekort aan schepen.
- › **Grote drukte bij terminals** Ongeveer de helft van de goederen die in de havens van Rotterdam en Amsterdam aankomen, verlaten de haven via binnenvaart. Wanneer deze afvoer door laag water verstoord raakt, blijven goederen langer op de terminals. Deze kunnen daardoor gebrek aan opslagruimte krijgen. Ook kunnen schepen bij laag water minder lading meenemen, waardoor meer schepen nodig zijn om de beschikbare lading te vervoeren. Dit leidt tot meer terminalbezoeken door binnenvaartschepen [8].
- › **Laagwatertoeslag** Bij laag water kunnen schepen minder lading meenemen, anders liggen ze te diep en lopen het risico om vast te lopen [9]. Ook verbruikt een schip bij laag water relatief meer brandstof [10]. Ten derde ontstaat, zoals hierboven beschreven, bij laag water vaak een hogere vraag naar binnenvaartschepen. Om toch genoeg te verdienen en om te profiteren van de stijgende vraag rekenen vervoerders daarom een laagwatertoeslag. Meestal geldt deze toeslag vanaf een peil van 150 cm bij pegel Kaub. Hoogte en voorwaarden van de laagwatertoeslag verschillen per vervoerder. Laagwatertoeslagen zijn niet van toepassing op langlopende contracten waarin vaste prijzen zijn afgesproken. Bij extreem laag water vervallen echter vaak de contractverplichtingen in de binnenvaart en betalen verladers de spotmarktprijzen, die op dat moment veel hoger liggen dan gebruikelijk. Een voorbeeld is de prijsstijging in het vierde kwartaal van 2018, toen er sprake was van een langer periode van zeer laag water (zie hoofdstuk 2). Volgens het CBS [11] steeg de algemene prijs van binnenvaartvervoer met 50% ten opzichte van een jaar eerder. In het Rijngebied stegen de prijzen nog sterker. Volgens onderzoeksbureau Panteia waren prijzen in het Rijngebied voor droge lading (bulk en containers) in 2018 tot wel 2,5 maal zo hoog vergeleken met prijzen aan het begin van het jaar. Voor de tankvaart stegen prijzen zelfs tot 5 maal het niveau aan het begin van het jaar [3].
- › **Geen vervoer** Bij een peil van minder dan 30 cm bij Kaub kunnen de meeste schepen niet meer beladen varen.

Producten die normaal via de binnenvaart worden aangevoerd, worden dan niet meer geleverd. Klanten moeten productie afschalen of stilleggen wanneer geen alternatief vervoer beschikbaar is. Dit gebeurde in 2018 bij BASF [12] en thyssenkrupp [13] [14]. Voordat helemaal geen vervoer meer mogelijk is wordt er al minder lading vervoerd; door de hoge prijzen kiezen verladers voor alternatieven of stellen ze vervoer uit [4].

Laag water is nadelig voor verladers, maar niet per se voor de binnenvaartschippers zelf. Door hogere prijzen, hoge bezetting van de vloot en minder wachttijden bij terminals kunnen schippers bij laag water rekenen op een flinke stijging van de omzet. Zo steeg de omzet van de Nederlandse binnenvaartsector volgens het CBS in 2018 met 13,7% (ongeveer 363 miljoen euro) ten opzichte van 2017. In het 4^e kwartaal van 2018 lag de omzet zelfs 32% hoger dan in datzelfde kwartaal een jaar eerder. In een interview bevestigt Robbert-Jan Zimmerman, CEO van Mercurius Shipping Group, dat laag water leidt tot meer omzet, althans op de korte termijn.

Op de middellange termijn kan laag water echter ook nadelig zijn voor de binnenvaartsector. Ladingstromen verschuiven naar spoor of weg en keren niet meer terug naar de binnenvaart wanneer de periode met laag water voorbij is. Grote verladers als BASF en thyssenkrupp ontvangen sinds 2018 een groter deel van hun aanvoer via het spoor [12] [15]. Meer hierover is te lezen in paragraaf 6.3.

3.2 Geschatte economische schade

De economische schade van laag water is door verschillende teams onderzocht. Volgens Deltares [16] kost laag water Nederland gemiddeld € 48 miljoen per jaar aan direct daardoor gestegen transportkosten, en kan dit bedrag in 2050 verdubbeld zijn. Volgens onderzoek door het Erasmus UPT leden verladers in Nederland en Duitsland in 2018 door laag water 2,8 miljard euro schade [17]. Het grootste deel hiervan (2,2 miljard euro) werd veroorzaakt door productievermindering omdat benodigde grondstoffen niet geleverd konden worden. Grote bedrijven als thyssenKrupp en BASF bevestigen honderden miljoenen schade te hebben geleden door productievermindering als gevolg van laag water in 2018.

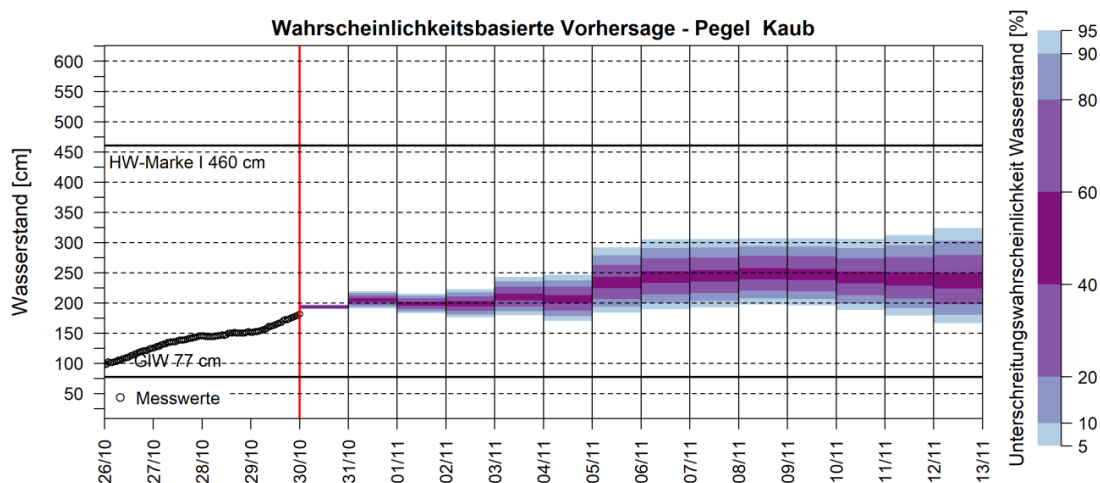
4 Beter voorspellen van laag water

Schippers, planners en verladers maken gebruik van voorspellingen van de waterstanden op de Rijn. De informatie wordt gebruikt om transport te plannen en te weten hoe zwaar een schip beladen mag worden. Volgens onderzoek van Deltares [18] zouden veel binnenvaartvervoerders graag twee tot drie weken vooruit de waterstanden kunnen inschatten. Daardoor kunnen ze in hun planning beter rekening houden met de waterstanden. Tijdens periodes met langdurige droogte zouden vervoerders graag nog verder vooruit kijken, zo'n zes tot acht weken. Schippers zelf hebben volgens Deltares slechts de behoefte enkele dagen vooruit te kijken.

Nu beschikbare voorspellingen

Op dit moment zijn actuele metingen en voorspellingen voor waterdiepte op de Rijn beschikbaar via verschillende online systemen. In Duitsland bijvoorbeeld ELWIS (beheerd door het Bundesanstalt für Gewässerkunde) en in Nederland Vaarweginformatie (beheerd door Rijkswaterstaat). Dergelijke systemen geven voorspellingen voor de waterstand tot vier dagen vooruit.

BfG publiceert na de laagwatercrisis in 2018 ook voorspellingen tot 14 dagen vooruit via ELWIS. Deze geven de waarschijnlijke boven- en ondergrens van het waterniveau weer. Hieronder is ter illustratie een grafiek van BfG te zien met een verschil tussen maximale en minimale voorspelde waarde van zo'n 150 cm aan de rechterzijde van de grafiek (twee weken in de toekomst op het moment dat de afbeelding gemaakt werd). Zoals te zien neemt het verschil tussen boven- en ondergrens van de verwachte waterstand snel toe naarmate de datum van de voorspelling verder in de toekomst ligt.



Figuur 4.1: Meting en voorspelling van het waterniveau bij Kaub door BfG.

Het BfG publiceert ook voorspellingen tot zes weken vooruit en een lange termijn verwachting voor de komende 100 jaar op basis van rekenmodellen. Deze voorspellingen zijn toegankelijk via ELWIS, het WS-Klimaportal (<https://ws-klimaportal.bafg.de/>) en de DAS Basisdienst (<https://www.das-basisdienst.de/>). De lange termijn voorspellingen kennen grote onzekerheden en zijn bedoeld voor strategische beslissingen, niet voor operationele doeleinden.

Beter voorspellen

Het waterniveau op de Rijn hangt nauw samen met het weer en is daarom niet exact te voorspellen. Zoals in

Figuur 4.1 te zien is kennen de voorspellingen voor enkele dagen vooruit een bandbreedte van enkele tot enkele tientallen centimeters. In een vraagggesprek voor dit rapport geeft Deltares aan dat deze voorspellingen ook accuraat zijn en dat zij geen grote verbeteringen van de nauwkeurigheid verwachten op de korte termijn.

Op iets langere termijn wordt wel onderzoek gedaan naar betere voorspellingen.

In Nederland wordt er in het project TRANS2, waar Deltares aan meewerkt, gekeken of op basis van sneeuwval in de winter de waterafvoer in de zomer al maanden van tevoren kan worden voorspeld. Dit moet leiden tot een nauwkeuriger model om de waterstanden 12 weken van tevoren te voorspellen. In Duitsland bestaat het project 'Digital Skipper Asisstant' waarin onder andere met machine learning wordt getracht de voorspellingen van waterniveaus op de Rijn nauwkeuriger te maken [19].

5 Technische maatregelen

5.1 Bouw van speciale laagwaterschepen

Er is sinds 2018 veel onderzoek gedaan naar binnenvaartschepen die bij laag water toch kunnen varen. Op het moment van schrijven (najaar 2023) zijn enkele van deze schepen ook gebouwd en in de vaart genomen.

Als voorbeeld bespreken we hier één nieuw gebouw laagwaterschip, de ‘Stolt Ludwigshafen’. Andere partijen die aangepaste schepen voor laag water lieten bouwen zijn onder andere HGK [20] en Rhenus [21]. De nieuw gebouwde laagwaterschepen zijn erg verschillend en bedoeld voor andere lading. Dit voorbeeld is slechts bedoeld ter illustratie.

Voorbeeld van een nieuw laagwaterschip: Stolt Ludwigshafen

Het schip is gebouwd door een samenwerking van BASF, Stolt, DST en Mercurius Shipping. Met de directeur van Mercurius Shipping, Robbert-Jan Zimmerman, sprak TNO over laag water en dit nieuwe schip. De informatie in de volgende paragraaf is grotendeels uit dit interview afkomstig.

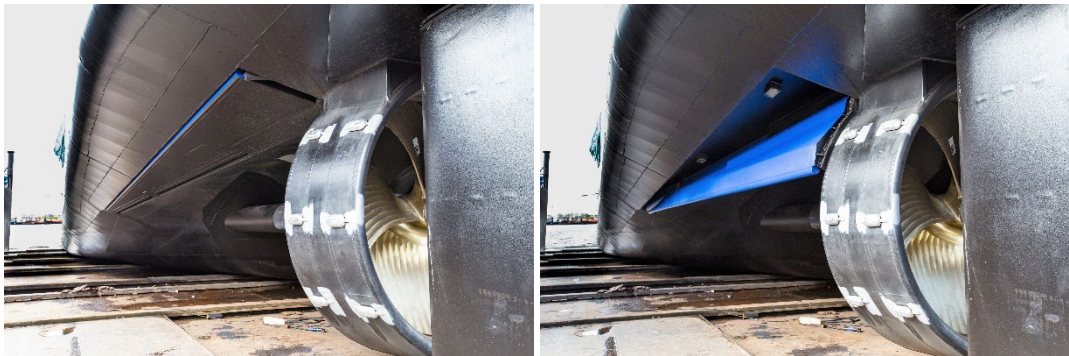


Figuur 5.1: Laagwaterschip 'Stolt Ludwigshafen'. Foto: Mercurius

Het schip is gebouwd in opdracht van BASF en vaart sinds begin 2023 over de Rijn om de fabriek van dit bedrijf in Ludwigshafen te bevoorraden. Conceptontwerp, detaillering en bouw zijn gedaan door DST, Stolt en Mercurius in samenwerking. Het schip maakt gebruik van een aantal nieuwe technieken.

- › Het schip heeft een **langere en bredere romp** dan een ‘normaal’ tankschip met hetzelfde laadvermogen.
- › Een **gestroomlijnde romp** om brandstofverbruik te verminderen. Hierdoor heeft het schip wel relatief weinig draagvermogen.

- › Om toch niet diep te steken, heeft het schip **veel grotere ballasttanks** dan normaal. Wanneer deze met lucht gevuld zijn vermindert de diepgang van het schip. Hierdoor kan ook bij laag water toch met lading gevaren worden.
- › Het schip heeft **tien vrachttanks en drie laadsystemen** zodat het heel flexibel is in het vervoeren van verschillende producten. Door kleinere tanks kan met minder lading gevaren worden zonder de kans op klotsen.
- › **Lichtere materialen** voor romp, motor, aandrijflijnen en brandstofleidingen zijn gebruikt om gewicht te besparen en dus minder diep te liggen.
- › **Drie kleinere schroeven** en drie roeren voor de voortstuwing zodat ook bij laag water de bodem niet geraakt wordt en voldoende stuurkracht aanwezig is.
- › **'Flex tunnel' systeem** dat in de romp geïntegreerd is. Bij laag water of weinig lading kan de tunnel worden uitgeklappt zodat voldoende water naar de schroef gevoerd wordt, waar dit zonder tunnel niet meer het geval zou zijn. Als de tunnel niet nodig is blijft deze ingeklapt waardoor ze niet voor extra weerstand zorgt. Zie Figuur 5.2 voor een illustratie van het systeem.



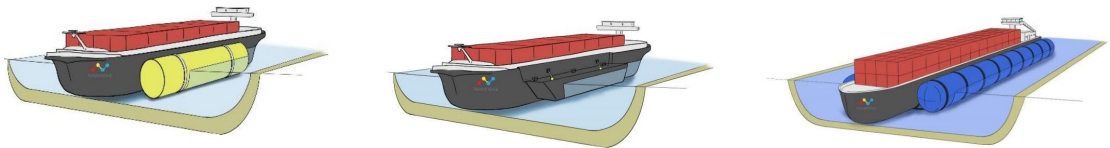
Figuur 5.2: Flex tunnel systeem. Op de rechterafbeelding is de tunnel uitgeklappt. Foto's: Damen Marine Components

Samen zorgen deze ontwerpkeuzes ervoor dat de Stolt Ludwigshafen bij een diepgang van 1,20 meter nog 800 ton lading mee kan nemen. Dat is veel meer dan een regulier schip, dat bij een dergelijke diepgang nauwelijks nog beladen kan varen.

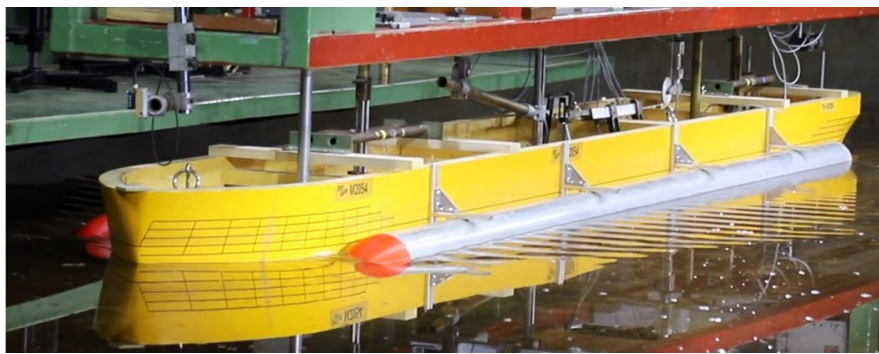
Natuurlijk kent een dergelijk laagwaterschip ook nadelen. Door het gebruik van lichtgewicht materialen is het schip duurder om te bouwen: op het moment van schrijven kost nieuwbouw naar schatting zo'n 15 miljoen euro per schip. Door de kleinere schroeven en grotere romp is het schip minder efficiënt dan een regulier schip met hetzelfde laadvermogen. Daarnaast is het door de lichtere en dunnere romp minder robuust. Deze nadelen maken een laagwaterschip tot een duurder vervoersmiddel dan concurrerende schepen. Om een dergelijk schip in de vaart te houden zijn daarom langlopende afspraken nodig met een klant. Deze moet de leveringszekerheid tijdens laagwater belangrijk genoeg vinden om structureel meer voor transport te betalen. Laagwaterschepen worden vaak voor langere tijd vastgelegd via 'time charter' contracten. Hierbij sluit een verlader een contract af waarbij voor een bepaalde periode van een schip gebruik kan worden gemaakt, in plaats van voor een vast aantal reizen. Zo weet de scheepseigenaar zeker dat het schip ook tijdens perioden met een normaal waterpeil wordt verhuurd en is de verlader verzekerd van vervoer tijdens laag water.

5.2 Onderzoek

Er wordt op meerdere plaatsen onderzoek gedaan naar innovatieve manieren om binnenvaartschepen beter geschikt te maken voor gebruik tijdens laag water. In Nederland gebeurt dit onder meer in het NOVIMOVE project, waarin gekeken wordt naar drijvers die zorgen dat het schip minder diep ligt [22]. Hiermee kan een schip tot 30 cm hoger in het water liggen. Deze drijvers kunnen onderdeel van de romp zijn of uit losse verwijderbare en/of opblaasbare delen bestaan (zie Figuur 5.3) en kunnen bij nieuwbouw, maar ook bij bestaande schepen worden toegepast.



Figuur 5.3: Conceptontwerpen voor drijvers om binnenvaartschepen te ondersteunen bij laag water, ontwikkeld in het NOVIMOVE onderzoeksproject. Illustratie: NOVIMOVE



Figuur 5.4: Proef met een 1:16 schaalmodel van een schip met drijvers bij DST in Duisburg. Foto: NOVIMOVE



Figuur 5.5: Schaalmodel met verwijderbare luchtkussens voor het passeren van ondieptes. Foto (c) Hans Heynen

Onderzoeksinstituut MARIN doet in samenwerking met Rijkswaterstaat vanaf 2019 onderzoek naar het gedrag van binnenvaartschepen bij laag water. Hiervoor worden simulaties, modelstudies in bassins en metingen op schepen gebruikt om meer te leren over mogelijke aanpassingen aan scheepsromp en -voortstuwing. Ook doet MARIN onderzoek naar een andere gewichtsverdeling, gewichtsreductie en aanpassingen aan de romp en de voortstuwing om bij laag water meer lading mee te kunnen nemen.



Figuur 5.6: Het 'shallow water basin' gebruikt voor testen met schaalmodellen van schepen. Foto: MARIN

5.3 Aanpassingen aan bestaande schepen

Voor reeds bestaande schepen zijn de mogelijkheden tot aanpassing beperkt. De rompvorm van het schip kan niet zomaar worden veranderd, waardoor bijvoorbeeld inbouw van een Flex tunnel op een bestaand achterschip vrijwel niet mogelijk is. Wel is het mogelijk om kleinere schroeven te installeren of kleine hulpschroeven op bestaande schepen aan te brengen [7]. Hiermee wordt de diepgang van het schip iets verminderd. Waar in het verleden meestal voor een zo groot mogelijke schroef gekozen werd, omdat deze efficiënter zijn, zijn door laag water kleinere schroeven weer populairder geworden.

Soms wordt bij een bestaand binnenvaartschip het achterschip in het geheel vervangen. Bij zo'n ingreep is het wel mogelijk om direct aanpassingen voor laag water door te voeren, zoals het plaatsen van andere schroeven of tunnels en het kiezen voor een andere vorm van het nieuwe rompdeel. Het vervangen van het gehele achterschip is duur en tijdrovend en daarom niet voor alle schepen interessant. Ook zijn kleinere schroeven minder efficiënt en leiden ze dus tot hoger brandstofverbruik [7].

5.4 Aanpassingen aan de vaarweg

Langsdammen

Langsdammen zijn dammen in de rivier parallel aan de stroomrichting. Rijkswaterstaat experimenteerde in de afgelopen jaren met de plaatsing van langsdammen in de Waal tussen Wamel en Ophemert (een sectie van ongeveer 10 km). Dit experiment werd geëvalueerd door Deltares [23]. Hieruit bleek dat langsdammen helpen om extra vaardiepte te creëren bij laag water. Ook gaan ze bodemerrosie tegen en hebben ze positieve gevolgen voor de natuur.

Volgens binnenvaartorganisatie KBN kan hierdoor ongeveer 15 cm vaardiepte worden gewonnen [24]. Wel maken langsdammen de vaargeul minder breed. Sommige schippers zien langsdammen daarom juist als een verslechtering van de vaarweg in plaats van als een verbetering, zo concludeert Deltares.



Figuur 5.7: Aanleg van langsdam langs de oever van de Waal in 2014. Langs de linkeroever zijn traditionele kribben te zien. © Rijkswaterstaat | Jasja Vliegt

Egaliseren van de rivierbodem

De bodem van de Rijn is niet vlak. Bij zogenaamde ‘drempels’ waar de bodem hoger ligt dan elders ontstaan ondiepe plekken in de vaarweg. Dit kan komen door natuurlijke omstandigheden of door leidingen en kabels die onder de rivier door lopen. Bodemerosie in de Rijn verergert dit probleem, doordat de bodem niet overal gelijkmatig afslijt. Egaliseren van de rivierbodem vermindert hoogteverschillen en drempels en zorgt ervoor dat schepen dieper kunnen steken. Het is van belang om ook de erosie tegen te gaan, zodat de ongelijkheden in de bodem niet weer opnieuw ontstaan.

In Duitsland wordt de komende jaren gewerkt aan het egaliseren en verdiepen van de rivierbodem rondom het plaatsje Kaub, waardoor de rivier hier even diep wordt als op de stukken ervoor en erna (zie Figuur 2.1) [25]. Er wordt 20 cm aan vaardiepte gewonnen door tussen St. Goar en Mainz stenen weg te halen en de bodem uit te baggeren. Volgens de huidige planning is dit werk in 2033 gereed (10 jaar na het schrijven van dit rapport) en zal het, inclusief compensatie voor ontstane milieuschade, ongeveer 180 miljoen euro kosten [26]. Milieubewegingen en ook politici van de Duitse politieke partij die ‘Grünen’ zijn vaak tegenstander van verdiepen van de Rijn. Ook omwonenden zien niets in het plan en willen liever aanpassingen aan schepen dan aan de rivier [27]. Zij vrezen dat door het plaatsen van langsdammen mogelijkheden voor watersport en het lokale strand kwijt te raken.

Ook in Nederland wordt gewerkt aan het wegnemen van ondieptes, bijvoorbeeld in de Waal bij Nijmegen [28].

Plaatsen van meer stuwen in de Rijn

Op dit moment is de Rijn vanaf Iffezheim (zie Figuur 2.1) een vrij afstromende rivier. Om water vast te houden zouden stuwen in de rivier geplaatst kunnen worden. Deze houden de stroom tegen zolang een maximaal waterniveau niet wordt overschreden of de stuwdeuren niet worden opengezet. Dit zou Rijkswaterstaat en vergelijkbare instanties in andere Rijnlanden meer invloed geven op de waterstand in de Rijn.

Stuwen hebben ook belangrijke nadelen zoals hoge kosten voor aanleg en onderhoud, mogelijke hinder voor de scheepvaart, indringing van zout water bij lage afstroom en schade aan de natuur op en om de Rijn. De voorbereiding, vergunningverlening en aanleg van stuwen zouden jaren duren. Voorlopig biedt deze maatregel daarom geen oplossing voor laag water op de Rijn.

6 Aanpassingen aan de logistieke keten

6.1 Inzet van andere schepen

Omdat niet alle schepen even diep steken, heeft het ene schip meer last van laag water dan het andere. Daarom worden bij laag water soms andere schepen ingezet om toch te kunnen blijven vervoeren. Eerder in dit rapport werden al de speciale laagwaterschepen genoemd die na 2018 gebouwd zijn.

Zijn kleinere schepen de oplossing?

Vaak wordt gedacht dat de diepgang van een schip per definitie minder is wanneer het schip kleiner is, maar dit is niet het geval [24] [9]. Het drijfvermogen (en daarmee de diepgang) van een schip hangt van allerlei factoren af en het is goed mogelijk om grote schepen te bouwen die toch een kleine diepgang hebben (zie paragraaf 5.1), maar wel meer lading mee kunnen nemen. Daarom zullen er waarschijnlijk niet veel nieuwe kleine schepen gebouwd worden om de laagwaterproblematiek het hoofd te bieden.

Het aantal bestaande kleine binnenvaartschepen neemt al jaren af. Ook de Rijnvloot is geleidelijk aan steeds meer uit grote schepen gaan bestaan [1]. Kleine schepen hebben moeite om te concurreren: door personeelstekort en scherpe concurrentie op prijs nemen veel bedrijven liever grotere schepen in de vaart, die goedkoper vervoer aan kunnen bieden. Dit is terug te zien in nieuwbouwcijfers voor zowel droge lading schepen als tankschepen [1].

Bovendien gaan er binnenkort nieuwe eisen gelden voor de bestaande kleine schepen in heel Europa (ES-TRIN 2023), waaraan veel bestaande kleine schepen slechts met grote en kostbare aanpassingen kunnen voldoen. Zowel onderzoekers van Erasmus UPT en Panteia [29] als vertegenwoordigers van brancheorganisatie Algemeene Schippers Vereniging (ASV) verwachten dat hierdoor nog meer kleine schepen uit de vaart zullen worden genomen, tenzij er wordt ingegrepen.

De huidige (gestaag krimpende) vloot kleine schepen kan bij laag water de problemen op de Rijn dus slechts voor een klein gedeelte opvangen. Grootschalige nieuwbouw van kleine schepen is onder huidige marktomstandigheden niet waarschijnlijk.

Anders inzetten bestaande vloot

Ten eerste worden alle schepen die kunnen varen bij laag water zo veel mogelijk benut voor vervoer. De benuttingsgraad van alle typen schepen schiet bij laag water omhoog, zo blijkt uit cijfers van de CCR [30]. In 2018 stond de benuttingsgraad van alle scheepstypen op of boven de 80% en voor sommige typen werd bijna de 100% bereikt. De beladingsgraad van schepen daalt echter, zoals besproken in paragraaf 3.1.

Er zijn ook schepen uit de reeds bestaande vloot die bij laag water anders worden ingezet.

Bijvoorbeeld: thyssenkrupp, een staalfabriek langs de Rijn, wordt normaal gesproken bevoorradt door haar eigen vloot duwbotten van thyssenkrupp Veerhaven BV (zie Figuur 6.1). Omdat deze duwbotten relatief diep steken, werden tijdens laag water andere schepen met minder diepgang ingezet om de duwbakken met kolen en erts over de Rijn te vervoeren [13]. Vanzelfsprekend stijgt tijdens laag water de vraag naar schepen die nog wel kunnen varen. Dit leidt tot hoge prijzen en tot schaarste, waardoor inzet van deze schepen niet voor alle verladers mogelijk is.



Figuur 6.1: Zes-baks duwstel van thyssenkrupp Veerhaven BV. Foto: thyssenkrupp Veerhaven BV

Duwbakken langszij

Een andere mogelijkheid om extra vracht mee te nemen is het meenemen van duwbakken langszij (zie Figuur 6.2) door motorvrachtschepen die minder diep steken dan duwbotten. Dit is voorgesteld door Rhenus Logistics in januari 2023 [31]. De duwbakken zijn per stuk maar gedeeltelijk beladen, waardoor het gewicht van de samenstelling niet boven het toegestane maximum uitkomt en de samenstelling niet te diep steekt.

In veel gevallen is bij een dergelijke manier van varen meer personeel verplicht dan zonder extra duwbakken [32]. Dit maakt dat de vraag naar personeel, toch al hoog, nog extra stijgt. Ook leidt het tot hogere kosten. In de praktijk is varen met een dergelijke samenstelling daarom niet altijd mogelijk of rendabel.



Figuur 6.2: Een schip van Rhenus Logistics varende met twee extra duwbakken langszij. Foto: Rhenus

6.2 Grotere voorraden aanleggen

Meer voorraden aanhouden maakt bedrijven beter bestand tegen onderbrekingen van de toelevering. Dit gebeurt dan ook in de praktijk, bijvoorbeeld bij thyssenKrupp in Duisburg [14]. In situaties zoals in 2018, met weken achtereenvolgend waarin vrijwel geen vervoer over de Rijn mogelijk was (zie Figuur 2.3), zullen bedrijven ook met grotere voorraden nog steeds in de problemen komen. Het maakt bedrijven dus robuuster tegen, maar niet immuun voor leveringsproblemen door laag water.

6.3 Overstappen op andere manieren van vervoer (modal shift)

‘Modal shift’ (letterlijk vertaald ‘modaliteitsverschuiving’) is de Engelse term voor het vervoeren van vracht met een ander vervoermiddel dan voorheen. In dit rapport duiden we er verplaatsen van lading van binnenvaart naar spoor- of wegvervoer mee aan. Bij laag water komen bedrijven in de problemen omdat hun bevoorrading vertraagd is of helemaal wordt onderbroken. Vanzelfsprekend kijkt men dan naar andere mogelijkheden om de benodigde goederen toch te laten vervoeren. Hieronder bespreken we de mogelijkheden om door weg- en spoorgoederenvervoer een deel van de lading van de binnenvaart over te nemen bij laag water.

Wegvervoer

Een modern containerschip van 110 meter neemt bijvoorbeeld zo’n 200 TEU containers, 2,000 ton natte bulk of 3,500 ton droge bulk mee. Er zijn tussen de 70 en 100 vrachtwagens nodig om een vergelijkbare hoeveelheid vracht over de weg te vervoeren, afhankelijk van het type lading. Het ontvangende bedrijf moet ook de mogelijkheid hebben om zoveel vrachtwagens te ontvangen, laden en/of lossen. Voor veel verladers is het daarom niet praktisch om bij laag water over te stappen op bevoorrading per vrachtwagen. In uitzonderlijke gevallen gebeurt dit echter wel: zo huurde BASF 65 trucks met tankcontainers in om tijdens de laagwaterperiode de fabriek in Ludwigshafen van grondstoffen te voorzien [33]. Hiermee werd echter slechts een fractie van de normale aanvoer geleverd: BASF ontvangt per dag tussen de 10 en 12 tankschepen.

Spoorvervoer

Een bloktrein kan zo’n 1,500 tot 2,000 ton aan lading meenemen. Hiermee is spoorgoederenvervoer een alternatief voor binnenvaartschepen dat ook grotere volumes kan vervoeren. Volgens onderzoek van de CCR [30] is tijdens laagwaterperiode van 2018 lading naar het spoor verschoven. Staalfabriek thyssenKrupp heeft na 2018 een deal met Deutsche Bahn gesloten om meer steenkool per spoor aan te voeren [34]. Deze lading werd eerder met duwboten van Rotterdam naar Duisburg vervoerd.

Als noodoplossing om logistieke problemen bij laag water snel op te vangen is het spoorgoederenvervoer echter niet flexibel genoeg, zo blijkt uit onderzoek door TNO [35]. Tijdslots voor goederentreinen worden al een jaar van tevoren geboekt en extra materieel om meer goederentreinen te laten rijden is niet snel beschikbaar. Hierdoor is het praktisch onmogelijk om op korte termijn goederentreinen in te zetten bij verstoringen in de binnenvaart.

Uit hetzelfde onderzoek door TNO blijkt ook dat dit op middellange termijn wel mogelijk is.

Er worden drie maatregelen voorgesteld om dit te bereiken:

1. Platform met inzicht in beschikbare treinpaden, materieel en personeel
2. Uitbreiden van spoorwegcapaciteit tussen belangrijke logistieke knooppunten, zodat extra vervoer per trein mogelijk is tijdens logistieke verstoringen.
3. Toestaan van langere openingstijden, langere treinen en voorrang geven aan goederenvervoer, zoals in Duitsland al gebeurde in 2022 [36]

In de jaarplanning van het spoor langs de Rijn wordt ook ruimte gereserveerd voor korte-termijn boekingen. Van de gereserveerde capaciteit voor korte termijn vrachttreinen werd in 2019 minder dan 10% werkelijk gebruikt [37]. In 2022 werd zelfs geen enkele aanvraag voor reservecapaciteit op de corridor ingediend, hoewel er 1,8 mln. pad-kilometers gereserveerd waren. Dit suggereert dat het systeem niet werkt zoals het bedoeld is. Volgens de Rail Alpine Corridor jaarrapportage 2019 [38] wordt reservecapaciteit vaak direct bij nationale infrastructuurbeheerders aangevraagd, omdat op corridorniveau de doorlooptijd van zo'n aanvraag te lang is. Hoeveel reservecapaciteit daadwerkelijk beschikbaar is op deze corridor is daarom onduidelijk. Volgens onderzoek van de CCR [30] is tijdens laagwaterperiode van 2018 wel lading naar het spoor verschoven, maar kon het spoor de binnenvaart zeker niet geheel vervangen.

Lading verplaatsen van binnenvaart naar het spoor kan wel op de middellange termijn. Dit is bijvoorbeeld gedaan door BASF Ludwigshafen [12] en thyssenKrupp Duisburg [13]. Echter, beide bedrijven blijven afhankelijk van de binnenvaart. ThyssenKrupp heeft zojuist geïnvesteerd in een nieuwe bulkterminal in Rotterdam om ook de komende jaren veel grondstoffen via binnenvaart te laten aanvoeren [39]. BASF schrijft op haar website dat het 'ondenkbaar' is dat de fabriek in Ludwigshafen zou bestaan zonder toevoer van grondstoffen per binnenvaart.

Leidt laag water tot blijvende modal shift?

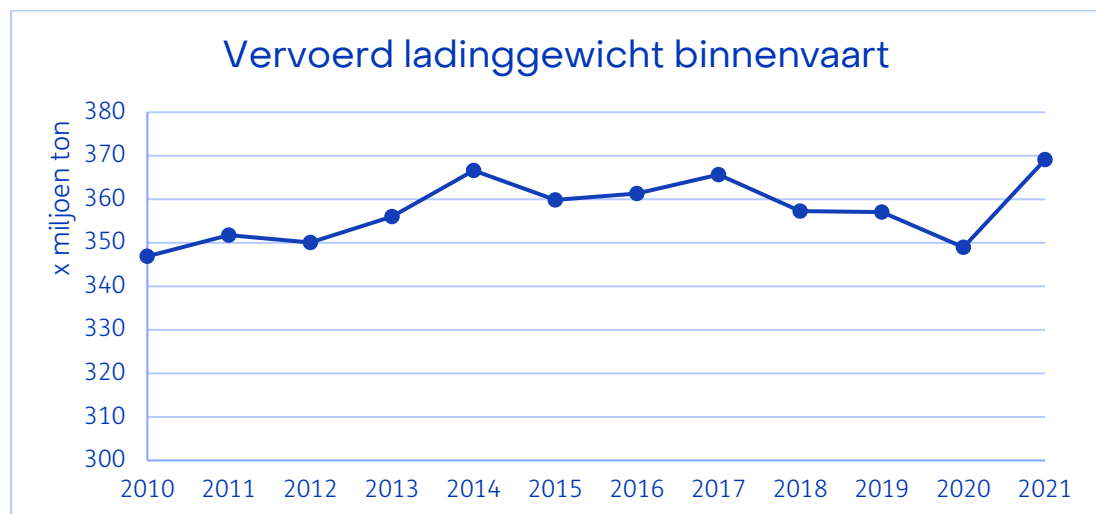
In 2019 schreven onderzoekers van Erasmus UPT een rapport over de periode van laag water op de Rijn [17]. Zij concluderen: "het lijkt er sterk op dat een deel van de binnenvaartdoorvoervolumes in 2018 een verschuiving heeft gemaakt richting het spoor". Ook dhr. Zimmerman van Mercurius Shipping denkt dat er lading naar het spoor verplaatst is als gevolg van laag water. De Centrale Commissie voor de Rijnvaart (CCR) schrijft in haar jaarverslag over 2019 [3] ook dat modal shift van binnenvaart naar spoor heeft plaatsgevonden, met name in de containervaart. Kortom: allerlei verschillende partijen geloven dat de droogte in 2018 tot modal shift van binnenvaart naar spoor heeft geleid. Maar is dat ook zo?



Figuur 6.3: Kaart van de spoorlijnen die samen de Rhine-Alpine Corridor vormen, met belangrijke plaatsen langs het spoor. Bron: Rhine-Alpine Corridor

Als er lading van binnenvaart naar het spoor verplaatst is, dan zou dit terug te zien moeten zijn in de statistieken van het spoorgoederenvervoer. Het jaarverslag van de spoorcorridor Rhine Alpine Corridor (Figuur 6.3) in 2019 [38] vermeldt inderdaad een toename van het goederenvervoer per spoor. Laag water op de Rijn in 2018 wordt als oorzaak genoemd. Echter, het jaarverslag over 2019 meldt ook dat een deel van de in 2018 naar het spoor verschoven lading alweer via de binnenvaart vervoerd werd, zowel voor het spoor langs de Boven- als langs de Beneden-Rijn.

Uit cijfers van het CBS blijkt een lichte afname van vervoerd gewicht door de binnenvaart in Nederland na 2018 (zie Figuur 6.4). In 2019 was het totale vervoer per binnenvaartschip (in ton-km) gedaald met 2,4% ten opzichte van 2017. Volgens het CCR daalde het vervoer op de Rijn sterker: in 2019 nam het vervoerd gewicht in tonnen met 6,4% af ten opzichte van 2017 [3]. Deze afname is echter zeker niet alleen het gevolg van laag water. Ook bijvoorbeeld dalende vraag naar steenkool, de coronacrisis en de algemene economische trend speelden hierbij een grote rol.



Figuur 6.4 :Vervoerd gewicht door de Nederlandse binnenvaart. Bron: CBS

Invloed laag water op modal shift is nog onduidelijk

Of en in welke mate laag water tot blijvende modal shift leidt, is nog onvoldoende onderzocht.

Slechts enkele algemene conclusies zijn mogelijk, namelijk:

- › Het is een feit is dat sommige verladers na laag water in 2018 meer gebruik zijn gaan maken van spoorvervoer, ten koste van de binnenvaart.
- › Een deel van deze verandering is in 2019 weer ongedaan gemaakt, een ander deel is vooralsnog blijvend. Het gaat in totaal slechts om een klein deel van het totaal vervoerde gewicht per binnenvaart.
- › Voor veel grote bedrijven langs de Rijn blijft de binnenvaart de belangrijkste manier om materiaal aan te voeren.
- › Modal shift lijkt sterker plaats te vinden in het containervervoer dan in het bulkvervoer.

Meer nauwkeurige cijfers en onderzoek zijn nodig om te weten of en hoe laag water tot modal shift leidt in het vervoer van containers, droge en natte bulkgoederen door binnenvaartschepen op de Rijn.

7 Relevante onderzoeken en samenwerkingen

Hieronder volgt een lijst van onderzoeks- en uitvoeringsprogramma's die in Nederland en Europa lopen en die onderzoek doen naar oorzaak en gevolgen van laag water op de Rijn en de invloed daarvan de binnenvaart. TNO heeft zich ingespannen om een overzicht te geven van de meest relevante onderzoeken, samenwerkingsverbanden en programma's rondom dit onderwerp. Deze lijst is samengesteld op basis van kennis van de auteur, collega's en geïnterviewden.

Rondetafelbijeenkomsten CCR

2019

De Centrale commissie voor de Rijnvaart organiseert Ronde tafel bijeenkomsten over laag water op de Rijn. De resultaten hiervan zijn terug te lezen in de discussienota : "Act now! - over laagwater en de gevolgen daarvan voor de Rijnvaart" die na iedere bijeenkomst wordt geactualiseerd.



COVADEM

2019

<https://www.covadem.com/>

CoVadem is een initiatief van MARIN, Deltares, Autena Marine en Bureau Telematica Binnenvaart. Tegenwoordig is het een zelfstandig bedrijf. Het bedrijf verzamelt dieptemetingen van deelnemende schepen via een draadloze verbinding. Alle metingen van deelnemende schepen samen worden gebundeld om een actueel overzicht van waterstanden op de vaarweg tussen Basel en Rotterdam te geven.



Aktionsplan Niedrigwasser Rhein

2019

Dit is een gezamenlijk plan van Duitse overheden en ondernemingen om laag water op de Rijn te verminderen en er beter mee om te kunnen gaan. Het bestaat uit een actieplan met acht punten [40], te weten:

1. Verbeteren voorspellingen waterstanden
2. Oprichting DAS-basisdienst Klimaat & Water
3. Beschikbaar maken actuele informatie over waterdiepte
4. Transportconcepten aanpassen en techniek verbeteren
5. Versneld uitvoeren van infrastructuurwerk aan de Middelrijn
6. Versnellen andere infrastructuurprojecten via speciale wetgeving
7. Onderzoek naar oplossingen door vernieuwend water- en rivierbeheer
8. Dialoog met belanghebbenden



Onderdelen van dit plan zijn op het moment van schrijven in uitvoering.

Een overzicht van de stand van zaken aan het begin van 2023 is beschikbaar via de CCR [41].

Digital Twin Vaarwegcorridor

2019-2021

<https://smartport.nl/roadmaps-projecten/futureproof-port-infrastructure/>

Door het ontwikkelen van een digital twin van de Rijn-Maas vaarwegcorridor vanuit Bazel, Zwitserland, worden de interactie tussen schepen en de rivier, maar ook de infrastructuur zoals bruggen en sluizen gesimuleerd. Het doel is het beoordelen en verbeteren van de interactie tussen riviersysteem, infrastructuur en de logistieke ketens. Het project werd uitgevoerd door Deltares, Digishape, Bos + Witteveen en TU Delft. Het programma is onderdeel van de roadmap 'futureproof port infrastructure' van SmartPort.

TRANS2

2023-2025

In het project TRANS2 (TRANSitie naar een klimaatbestendig Rotterdams achterland TRANSport) wordt gewerkt aan een integraal beeld van de binnenvaartlogistiek en een klimaatbestendig transportsysteem, voortbouwend op de bevindingen uit het onderzoeksproject Digital Twin Vaarwegen.

Het consortium bestaat uit de volgende partijen: Deltares, Copernicos, MARIN, TU Delft, Erasmus Universiteit, EICB, SmartPort, Havenbedrijf Rotterdam, Witteveen+Bos, KBN, Danser, NPRC en Rijkswaterstaat. Het programma maakt onderdeel uit van het Topconsortium voor Kennis en Innovatie (TKI) Deltatechnologie.

NOVIMOVE

2020-2024

<https://novimove.eu/>

Onderzoeksprogramma onder leiding van prof. dr. Rudy Negenborn (TU Delft). Het doel van het onderzoeksprogramma is het efficiënter maken van de binnenvaart op de Rhine-Alpine corridor. Onderdeel hiervan is onderzoek naar betere weerbaarheid tegen verstoringen door laag water op de Rijn en aanpassingen aan schepen om ze beter bruikbaar te maken tijdens laag water. Zie ook paragraaf 5.3.



PLATINA3

2021-2023

<https://platina3.eu/>

Het EU-project PLATINA3 ondersteunt het binnenvaartvervoer in Europa. Eén van de rapporten is 'Platina3 - Options for shallow-water/climate resilient vessels' [42] dat veel informatie over en mogelijke oplossingen voor laag water bevat. Het PLATINA3-document bevat onder andere meer voorbeelden van laagwaterschepen dan dit rapport.



IMPRESX

2015 – 2019

www.imprex.eu

IMPRESX (IMproving PRedictions and management of hydrological EXtremes) is een project waarin onderzoek wordt gedaan naar voorspellen van en omgaan met extreme waterstanden. Onderdeel ervan is het maken van een nieuw hydrologisch model voor het Rijnstroomgebied.



RIS COMEX

2016-2022

<https://www.riscomex.eu/>

RIS COMEX was een Europees project waarbij River Information Services (RIS) in Europa aan elkaar gekoppeld worden tot één systeem. Doel was het verbeteren van informatievoorziening voor de binnenvaart onder andere over sluisen, wachttijden, ligplaatsen en de vaarweg. Dit systeem bestaat nu en heet EuRIS.



EDORA

2022

<https://edo.jrc.ec.europa.eu/edora/php/index.php?id=201>

Het European Drought Observatory for Resilience and Adaptation project valt onder het Joint Research Council van de EU. Doel van het programma is om weerbaarheid tegen en aanpassing aan droogte in Europa te verbeteren door een gedeelde kennis en data over droogte beschikbaar te maken.



Rivers2Morrow

2018-2023

<https://ncr-web.org/projects/rivers2morrow/>

Rivers2Morrow is een onderzoeksprogramma gericht op de lange termijn ontwikkeling van laaggeleden rivieren. In het programma worden de morfologie, hydrauliek en ecologie van dergelijke rivieren bestudeerd. Dit betreft ook de rivier de Rijn.



Integraal Riviermanagement

2022

Binnen het programma Integraal Riviermanagement (IRM) werken het Rijk, provincies, waterschappen en gemeenten de komende decennia aan een toekomstbestendig Maas- en Rijnsysteem. Het Nederlandse deel van de Rijn valt ook onder dit programma. Binnen dit programma worden alle belanghebbenden bij de Nederlandse rivieren betrokken, waaronder de binnenvaart.



Klimaatbestendige Netwerken

2018

Klimaatbestendige netwerken is de naam van een programma bij Rijkswaterstaat in het kader van het Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie uit 2018. Uit dit programma komt onder andere de Uitvoeringsagenda Klimaatbestendige Netwerken [28] voort. Dit document uit 2022 beschrijft maatregelen die genomen zullen en kunnen worden om netwerken, waaronder vaarwegen, beter bestand te maken tegen klimaatverandering. In dit programma wordt ook onderzoek gedaan naar de gevolgen van laag water. Zo voerde Rijkswaterstaat in 2022 een stresstest uit voor het hoofdvaarwegennet waar risico's van droogte voor de scheepvaart in kaart werden gebracht [43].

8 Samenvatting en conclusies

In dit rapport staan de resultaten van onderzoek door TNO naar de vragen:

1. Hoe zijn problematische waterniveaus in de Rijn langer van tevoren te voorspellen;
2. Welke problemen in de binnenvaart en daarmee verbonden logistieke ketens ontstaan door hoog en laag water in de Rijn;
3. Met welke technische en operationele maatregelen kunnen deze problemen worden verminderd of voorkomen;
4. Welke mogelijkheden op multimodaal en/of ketenniveau zijn er om de logistieke verstoringen te verminderen of te voorkomen.

Hieronder volgen de belangrijkste conclusies uit dit onderzoek.

- › Beter voorspellen kan door technische verbeteringen en langer vooruit kijken. De beschikbare informatie beter ontsluiten zal helpen om planners en schippers betere beslissingen te laten nemen. Echter, zelfs perfecte voorspellingen helpen niet bij langere periodes van zeer laag water zoals in 2018.
- › Technische maatregelen kunnen zorgen voor minder ladingverlies bij laag water.
 - Er zijn meerdere nieuwe schepen gebouwd die speciaal geschikt zijn om bij laag water te varen. Deze kunnen bij zéér laag water nog grote hoeveelheden lading meenemen en zijn daarmee geschikt als noodoplossing om perioden met extreem laag water te overbruggen.
 - Laagwaterschepen vragen vaak extra investeringen en brandstofverbruik tijdens perioden zonder laag water. Ze kunnen rendabel bestaan als verladers langdurig extra willen betalen voor leveringszekerheid tijdens laag water.
 - Bestaande schepen kunnen worden aangepast om beter bestand te zijn tegen laag water, maar worden niet zo effectief als nieuw gebouwde laagwaterschepen.
- › Aanpassingen aan de vaarweg, met name het verwijderen van lokale ondieptes, kan leiden tot verminderen van de problemen bij laag water. Als ondieptes worden weggenomen kunnen schepen over de hele rivier zwaarder beladen varen.
- › Logistieke maatregelen kunnen het tekort aan scheepvaartcapaciteit deels opvangen. Mogelijkheden zijn:
 - inzet van meer en andere schepen of meegeven van duwbakken langs bij minder diep stekende schepen
 - grotere voorraden aanhouden
 - overstappen op spoorvervoer als alternatief voor binnenvaart

- › 'Modal shift' is op korte termijn nauwelijks mogelijk. Zowel het vervoer via de weg als via het spoor zijn op korte termijn niet in staat grote hoeveelheden lading van de binnenvaart op de Rijn over te nemen.
Op de langere termijn kan de logistiek wel anders worden ingericht en hier zijn ook praktijkvoorbeelden van. Dit gebeurt onder andere door meer lading per spoor te vervoeren. Dit gaat ten koste van de binnenvaart.
- › Het is nog niet duidelijk of de verschuiving van lading van binnenvaart naar spoor structureel is, en hoe groot deze in omvang is. Meer onderzoek is nodig om daar conclusies over te kunnen trekken.

De binnenvaart zal, net zoals in het verleden, te maken krijgen met perioden van laag water. Doordat steeds meer grote schepen worden gebruikt en logistiek steeds vaker volgens het 'just-in-time' principe werkt, levert dit meer dan in het verleden problemen op voor bedrijven die van de Rijnvaart afhankelijk zijn. In de toekomst zal, door afnemend smeltwater als gevolg van klimaatverandering, laag water waarschijnlijk vaker en voor langere periodes voorkomen.

Bij laag water blijft de rivier langer bevaarbaar voor nieuwe laagwaterschepen en bestaande schepen met nieuwe aanpassingen. Aanpassingen aan de vaarweg kunnen het probleem verminderen voor alle schepen, maar voorbereiding en uitvoering ervan zullen waarschijnlijk jaren duren. Hoewel het spoor een deel van de lading van de binnenvaart kan overnemen, is er bij lange na niet genoeg capaciteit om de binnenvaart op de Rijn door spoorvervoer te vervangen. Het is ook niet waarschijnlijk dat verladers en industrie dat zouden willen.

Voor energie, industrie en handel in Noordwest-Europa blijft de binnenvaart op de Rijn van groot belang. Het is daarom zaak om gezamenlijk te werken aan effectieve, haalbare en betaalbare oplossingen om de problemen rondom laag water het hoofd te bieden.

9 Geciteerde werken

- [1] Centrale Commissie voor de Rijnvaart, „CCR Marktobservatie - Jaarverslag,” CCR, Straatsburg, 2022.
- [2] L. Bosman, „Laagwater – de feiten, de fabels en de valse vlucht na 2018,” 26 03 2021. [Online]. Available: <https://www.linkedin.com/pulse/laagwater-de-feiten-fabels-en-valse-vlucht-na-2018-louis-bosman>.
- [3] Centrale Commissie voor de Rijnvaart, „CCR Marktobservatie - Jaarverslag,” CCR, Straatsburg, 2019.
- [4] H. Jamar en L. Ahlgren, „Staying Afloat - Examining the Resilience of the European Inland Waterway Transportation Industry in the Face of Climate Related Disruptions: A Policy and Resilience Analysis,” University of Gothenburg, Gothenburg, 2023.
- [5] Contargo, „Niedrigwasser 2018,” 26 11 2019. [Online]. Available: https://www.ccr-zkr.org/files/documents/workshops/wrshp261119/07_Vinke_de.pdf.
- [6] K. Stahl, M. Weiler, M. van Tiel, I. Kohn, A. Hänsler, D. Freudiger, J. Seibert, K. Gerlinger en G. Moretti, „Impact of climate change on the rain, snow and glacier melt components of streamflow of the river Rhine and its tributaries - Synthesis report,” International Commission for the Hydrology of the Rhine Basin, Lelystad, 2022.
- [7] B. Friedhoff, B. Ramne, C. Alias, E. van Hassel, S. Martens, J. Felde en L. Samuel, „Elevating the logistics resilience of the Rhine-Alpine Corridor with the help of innovative vessel and cargo handling concepts,” in *TRA*, Lisbon, 2022.
- [8] F. Vinke, M. v. Koningsveld, C. v. Dorsser, F. Baart, P. v. Gelder en T. Vellinga, „Cascading effects of sustained low water on inland shipping,” *Climate Risk Management*, vol. 35, 2022.
- [9] C. v. Dorsser, F. Vinke, R. Hekkenberg en M. v. Koningsveld, „The effect of low water on loading capacity of inland ships,” *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, vol. 20, nr. 3, pp. 47-70, 2020.
- [10] MARIN en W. d. Boer, „Impact of low water on sailing performance of ships, design considerations,” 26 11 2019. [Online]. Available: https://www.ccr-zkr.org/files/documents/workshops/wrshp261119/06_De_Boer_en.pdf.
- [11] CBS, „Prijsindex Binnenvaartdiensten,” [Online]. Available: <https://www.cbs.nl/nl-nl/cijfers/detail/84050NED>. [Geopend 26 09 2023].
- [12] BASF en B. Blank, „Anpassung von Logistikkonzepten an Niedrigwasser,” 26 11 2019. [Online]. Available: https://www.ccr-zkr.org/files/documents/workshops/wrshp261119/10_Blank_de.pdf.
- [13] J. Schürings en Thyssenkrupp, „Impulsvortrag ZKR-workshop Niedrigwasser,” 26 11 2019. [Online]. Available: https://www.ccr-zkr.org/files/documents/workshops/wrshp261119/09_Schuerings_de.pdf.
- [14] ThyssenKrupp AG, „Low water – what have we learned from 2018?,” 18 01 2023. [Online]. Available: https://www.ccr-zkr.org/files/documents/workshops/wrshp180123/04_KHuelswitt_en.pdf.
- [15] Reuters, „Thyssenkrupp improves logistics after Rhine low water crisis,” 27 09 2019. [Online]. Available: <https://www.reuters.com/article/us-thyssenkrupp-rhine/thyssenkrupp-improves-logistics-after-rhine-low-water-crisis-idUSKCN1QG22P>.
- [16] J. d. Jong, „Quantifying the risks of climate change on inland waterway transport in the Netherlands,” PIANC, Delft, 2023.

- [17] M. Streng, N. v. Saase en B. Kuipers, „Economische impact laagwater - Een analyse van de effecten van laagwater op de binnenvaartsector en de Nederlandse en Duitse economie,” Erasmus Centre for Urban, Port and Transport Economics, Rotterdam, 2020.
- [18] C. v. d. Mark, M. d. Toom, R. v. d. Wijk en C. Sloff, „Verwachting waterdiepte Rijntakken,” Deltares, 2020.
- [19] Y. Ma, E. Matta, D. Meissner, H. Schellenberg en R. Hinkelmann, „Can machine learning improve the accuracy of water level forecasts for inland navigation? Case study: Rhine river basin, Germany,” in *E-proceedings of the 38th IAHR World Congress September 1-6 2019*, Panama City, Panama, 2019.
- [20] Häfen und Güterverkehr Köln AG, 08 03 2023. [Online]. Available: https://hgkshipping.de/wp-content/uploads/2023/03/2023_03_08_Press_Release_HGK_Shipping_Covestro.pdf.
- [21] Binnenvaartkrant, „Rhenus kiest voor nieuwe koppelverbanden voor brandstofcel en accu's,” 01 07 2022. [Online]. Available: <https://binnenvaartkrant.nl/rhenus-kiest-voor-nieuwe-koppelverbanden-voor-brandstofcel-en-accus>.
- [22] M. Martin and B. Friedhoff, „The Novimove project and foreseen solutions to cope with varying water levels,” 18 01 2023. [Online]. Available: <https://www.ccr-zkr.org/13020156-en.html>.
- [23] Deltares, „Eindevaluatie pilot Langsdammen in de Waal,” Deltares, 2021.
- [24] KBN, „Laagwatervisie voor de binnenvaart in Nederland en op de Rijn,” Koninklijke Binnenvaart Nederland, Zwijndrecht, 2023.
- [25] Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Rhein, „Verbesserung der Schifffahrtsverhältnisse auf der Strecke zwischen Budenheim bei Mainz und St. Goar,” WSV, [Online]. Available: https://www.abladeoptimierung-mittelrhein.wsv.de/Webs/Projektseite/Mittelrheinoptimierung/DE/01_Startseite/startseite_node.html. [Geopend 26 10 2023].
- [26] D. Rodenkirch, „Verkehrsminister Wissing: Mehr Tempo bei Mittelrhein-Vertiefung,” SWR Aktuell, 29 8 2023. [Online]. Available: <https://www.swr.de/swraktuell/rheinland-pfalz/kommission-soll-laut-wissing-mittelrheinvertiefung-beschleunigen-100.html>. [Geopend 30 10 2023].
- [27] SWR Aktuell Rheinland-Pfalz, „Geplante Rheinvertiefung im Mittelrheintal - Kritik von Gemeinden,” SWR, 06 08 2022. [Online]. Available: <https://www.swr.de/swraktuell/rheinland-pfalz/koblenz/tests-fuer-rheinvertiefung-im-mittelrheintal-abgeschlossen-100.html>. [Geopend 30 10 2023].
- [28] Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, „Uitvoeringsagenda Klimaatbestendige Netwerken,” Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Den Haag, 2022.
- [29] Erasmus UPT; Panteia, „De effecten van het aflopen van de langlopende overgangsbepalingen in ES-TRIN (2035/2041),” Erasmus UPT, Rotterdam, 2023.
- [30] Centrale Commissie voor de Rijnvaart, „CCR Marktobservatie - Jaarverslag,” CCR, Straatsburg, 2020.
- [31] T. Maaßen, „Low water level - an approach for solution,” Rhenus Logistics, 2022.
- [32] Centrale Commissie voor de Rijnvaart, „Reglement betreffende het scheepvaartpersoneel op de Rijn (RSP) Artikel 19.03. Minimumbemanning van hechte samenstellen en andere hechte samenstellingen,” 04 05 2023. [Online]. Available: https://wetten.overheid.nl/BWBR0030215/2023-05-04/#DeelIII_Hoofdstuk19_Artikel19.03.
- [33] BASF, „The Rhine and its importance for logistics,” [Online]. Available: <https://www.basf.com/global/en/who-we-are/organization/locations/europe/german-sites/ludwigshafen/the-site/lebensader-rhein/logistik-rhein.html>. [Geopend 2023 10 10].
- [34] Tom Käckenhoff, „Thyssenkrupp improves logistics after Rhine low water crisis,” Reuters, 27 02 2019. [Online]. Available: <https://www.reuters.com/article/us-thyssenkrupp-rhine-idUSKCN1QG22P>.
- [35] T. Chen, E. Charoniti, E. Gerritse, P. v. d. Lande, J. v. Meijeren, B. Devoldere en R. Gilsing, „A paradigm shift in rail freight transport,” TNO, The Hague, 2023.

- [36] Reuters, „Germany to give energy essentials priority by rail if Rhine disruption worsens,” Reuters, 14 08 2022. [Online]. Available: <https://www.reuters.com/markets/commodities/germany-give-energy-essentials-priority-by-rail-if-rhine-disruption-worsens-2022-08-14/>.
- [37] W. Lenze en N. Nießen, „Quality in rail timetabling - A detailed review of stakeholders’ interests compared with current practices in Germany,” *Journal of Rail Transport Planning and Management*, vol. 20, nr. 100282, 2023.
- [38] Rail Freight Corridor Rhine Alpine, „Annual Report 2019,” RFC Rhine Alpine, 2019.
- [39] R. Mackor, „Duitse staalindustrie investeert fors in Rotterdamse terminal EECV,” *Nieuwsblad Transport*, 29 9 2023. [Online]. Available: <https://www.nt.nl/havens/2023/09/29/duitse-staalindustrie-investeert-fors-in-rotterdamse-terminal-eev/>.
- [40] Bundesministerium für Digitales und Verkehr, „Aktionsplan „Niedrigwasser Rhein“ für zuverlässigen Transport,” 07 04 2019. [Online]. Available: <https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Artikel/WS/gemeinsame-erklaerung-acht-punkte-plan-niedrigwasser-rhein.html>.
- [41] M. Grewe, „Initiatives and projects reported in the “Act Now” reflection paper,” 18 01 2023. [Online]. Available: https://www.ccr-zkr.org/files/documents/workshops/wrshp180123/02_MGrewe_en.pdf.
- [42] J. Schweighofer, „PLATINA3 D2.2 - Options for shallow-water / climate resilient vessels,” 2022.
- [43] Rijkswaterstaat - Water, Verkeer & Leefomgeving, „Klimaatbestendige Netwerken: Stresstest Hoofdvaarwegennet - Deelrapport Droogte,” Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Den Haag, 2022.

Interviews

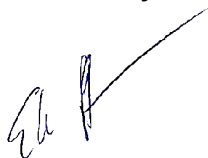
Om dit rapport te kunnen schrijven is gebruik gemaakt van de kennis en kunde van experts uit andere organisaties. TNO interviewde de volgende personen (in alfabetische volgorde):

Cornelis van Dorsser	EICB
Benjamin Friedhoff	DST
Rolien van der Mark	Deltares
Geert Snoeij	KBN
Frederik Vinke	RWS / TU Delft
Robert-Jan Zimmerman	Mercurius Shipping Group

Hartelijke dank aan alle geïnterviewden voor hun medewerking.

Ondertekening

TNO › Mobility & Built Environment › Den Haag, 21 december 2023



Ellen Hofbauer
Plv. Research Manager



Erik Gerritse
Auteur

Mobility & Built Environment

Anna van Buerenplein 1
2595 DA Den Haag
www.tno.nl