



Deltares

TRANS2: TRANSitie naar een klimaatbestendig en duurzaam Rotterdams achterlandTRANSport

[smartport.nl](https://www.smartport.nl)

Overzicht van eindresultaten en doorkijk



SmartPort is een samenwerkingsverband van het Havenbedrijf Rotterdam, Deltalinqs, de gemeente Rotterdam, TNO, Marin, Deltares, de Erasmus Universiteit Rotterdam en de Technische Universiteit Delft. Door inspireren, initiëren en allianties aangaan, stimuleert en financiert SmartPort wetenschappelijk onderzoek voor en door de bedrijven in de haven van Rotterdam, in samenwerking met kennisinstellingen. Het gaat om kennis ontwikkelen, delen en

gebruiken vanuit één collectieve ambitie. De transitie naar de beste en slimste haven kan alleen slagen wanneer alle betrokken partijen gezamenlijk oplossingen aandragen voor veranderingen in de toekomst. Wij zijn ervan overtuigd dat de grootste impact bij ontwikkeling van kennis is gebaseerd op specifieke vragen uit de markt en dat de beste resultaten worden bereikt door alles te halen uit de samenwerking van handel en industrie, overheden en wetenschap.

www.smartport.nl | [LinkedIn: smartportrdam](#) | [Twitter: SmartPortRdam](#) | [Instagram: smartportrdam](#)

SMARTPORT PARTNERS

Deltares





TRANS2: TRANSITIE NAAR EEN KLIMAATBESTENDIG EN DUURZAAM ROTTERDAMS ACHTERLANDTRANSPORT

Overzicht van eindresultaten en doorkijk

Auteur(s)

Rolien van der Mark (Deltares)



EICB
Expertise- en
innovatieCentrum
Binnenvaart



Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat



Rijksoverheid



Samenvatting

De binnenvaartsector staat voor grote uitdagingen. Onder andere geopolitieke instabiliteit, krapte op de arbeidsmarkt, de energietransitie (verduurzaming), de stikstofcrisis en technologische ontwikkelingen zorgen voor onzekere situaties ten aanzien van vraag en aanbod in het huidige en toekomstige transport over water. De betrouwbaarheid en efficiëntie van het vaarwegennetwerk staat verder onder druk door de staat van de infrastructuur (sluizen en bruggen).

Daarbovenop leiden periodes van extreem laagwater, zoals in 2018 en 2022, maar ook hoogwater, hitte en extreem weer, steeds vaker en langduriger tot beperkingen in de transportcapaciteit van de binnenvaart. De grote hoeveelheden vervoerde vracht kunnen niet zomaar door andere modaliteiten opgevangen worden, met soms grote schade in de keten en daarbuiten als gevolg. Is er eenmaal overgestapt naar een andere modaliteit, dan keert het transport niet altijd meer terug naar de binnenvaart. Een incidentele omgekeerde modal shift die permanent wordt, is ongewenst en strijdig met het Europese beleid om juist water en spoor als modaliteiten te doen groeien.

Tegen deze achtergrond is de PPS-samenwerking TRANS2 gestart. Het project TRANS2 ("TRANSitie naar een klimaatbestendig en duurzaam Rotterdams achterlandTRANSport"), is een project met 15 partners onder coördinatie van Deltares. TRANS2 gaat primair over klimaatadaptatie: hoe kan de binnenvaartsector zichzelf aanpassen aan en meer grip krijgen op een veranderend klimaat?

Binnen het consortium zijn in de afgelopen twee jaar meerdere producten voor verschillende onderdelen opgeleverd. Voorliggende rapportage geeft een overzicht van de uitgevoerde werkzaamheden met de resultaten op hoofdlijnen. Voor meer detail wordt verwezen naar de desbetreffende rapporten¹.

De werkzaamheden omvatte de ontwikkeling van een Systeem-Dynamisch (SD) model dat een integraal beeld creëert van het transportsysteem met de verschillende afhankelijkheden. Dit model kan ondersteunen bij strategische besluitvorming. Daarnaast is de "Digital Twin Waterways (DTW)" doorontwikkeld met uitbreiding naar het Europese netwerk. Tevens zijn modellen opgesteld waarmee de kenmerken van het schip vertaald worden naar laadcapaciteit en schroefvermogen om in de DTW te gebruiken. Deze vertaling is noodzakelijk om aanpassingen in het scheepsontwerp of de vlootmix op een systeemniveau te kunnen duiden.

Twee logistieke concepten zijn in TRANS2 toegepast met de DTW. Als eerste is gekeken of het zogenaamde 'hubs en spokes' concept bijdraagt aan een klimaatrobuuste binnenvaart. Tevens zijn de gevolgen van omvaren als gevolg van congestie of verstoringen onderzocht met de DTW.

Tijdens het project kwam de vraag op hoe de vloot zich gaat ontwikkelen in de toekomst. Kleinere schepen vervullen op dit moment een belangrijke rol in de robuustheid van het transport bij laagwater, maar het is onzeker of deze in de toekomst nog steeds in de vaart blijven. Binnen TRANS2 is een start gemaakt met het onderzoeken van deze trend en de gevolgen hiervan. Deze vraag leeft sterk bij de sector en wordt ook opgepakt door de Binnenvaarttafel.

¹ Openbaar beschikbaar via <https://publicwiki.deltares.nl/display/TKIP/DEL170+-+TRANS2%3A+TRANSitie+naar+een+klimaatbestendig+en+duurzaam+Rotterdams+achterlandTRANSport>.

Tot slot is een doorkijk gegeven voor vervolg. Onderwerpen waar energie op zit zijn geïdentificeerd. Op dit moment wordt bij SmartPort het project GRIB (Gezamenlijke Robuustheid: Ideeën voor Binnenvaartlogistiek) afgerond, waarin in kaart wordt gebracht welke kansrijke onderzoeksideeën en innovatierichtingen er zijn voor een klimaatrobuste binnenvaartlogistiek. Bij het definiëren van vervolgprojecten zal worden geput uit zowel TRANS2 als GRIB.

Inhoud

01	Inleiding	7
1.1	Achtergrond	7
1.2	Project TRANS2	7
1.3	Doel en werkwijze TRANS2	8
1.4	Dit rapport: overzicht van eindresultaten en doorkijk	9
02	Overzicht producten en resultaten	10
2.1	Overzicht van producten	10
2.2	Toelichting op en samenhang tussen producten	11
2.2.1	Tooling	11
2.2.1.1	Systeem-Dynamisch (SD) model	11
2.2.1.2	Digital Twin Waterways (DTW)	12
2.2.2	Verkenningen en analyses	13
2.2.2.1	Alternatieve routes / omvaren	13
2.2.2.2	Concept van 'hubs en spokes'	14
2.2.2.3	Parametrisch model voor capaciteit en waterverplaatsing van binnenvaartschepen	14
2.2.2.4	Parametrisch model voor vermogen binnenvaartschepen	15
2.2.2.5	Gebruik van seizoensverwachtingen	15
2.2.2.6	Toekomstige vlootsamenstelling	16
2.2.3	Samenhang tussen producten	16
03	Doorkijk richting vervolg	18

Inleiding

1.1 Achtergrond

De binnenvaartsector staat voor grote uitdagingen. Onder andere geopolitieke instabiliteit, krapte op de arbeidsmarkt, de energietransitie (verduurzaming), de stikstofcrisis en technologische ontwikkelingen zorgen voor onzekere situaties ten aanzien van vraag en aanbod in het huidige en toekomstige transport over water. De betrouwbaarheid en efficiëntie van het vaarwegennetwerk staat verder onder druk door de staat van de infrastructuur (veroudering van kunstwerken zoals sluizen en bruggen, de vervanging en renovatie hiervan en onderhoud aan vaarwegen).

Daarbovenop leiden periodes van extreem laagwater, zoals in 2018 en 2022, maar ook hoogwater, hitte en extreem weer, steeds vaker en langduriger tot beperkingen in de transportcapaciteit van de binnenvaart. De grote hoeveelheden vervoerde vracht kunnen niet zomaar door andere modaliteiten opgevangen worden, met soms grote schade in de keten en daarbuiten als gevolg. Is er eenmaal overgestapt naar een andere modaliteit, dan keert het transport niet altijd meer terug naar de binnenvaart. Een incidentele omgekeerde modal shift die permanent wordt, is ongewenst en strijdig met het Europese beleid om juist water en spoor als modaliteiten te doen groeien.

De ontwikkelingen en ervaringen van de afgelopen jaren en de wens om gezamenlijk op te trekken, tonen aan dat er behoefte is aan een robuust, betrouwbaar en efficiënt transportsysteem, samenwerkend in de keten.

1.2 Project TRANS2

TRANS2 staat voor "TRANSitie naar een klimaatbestendig en duurzaam Rotterdams achterlandTRANSport" en gaat primair over **klimaatadaptatie**: hoe kan de binnenvaart zich aanpassen aan en meer grip krijgen op een veranderend klimaat?

Het is duidelijk dat enkel (grote) infrastructurele aanpassingen aan het vaarwegennetwerk² niet, en in ieder geval niet per direct, tot een oplossing voor laagwaterproblematiek leiden:

- De effectiviteit is redelijk beperkt (we kunnen nu eenmaal geen water maken),
- De besluitvorming over en aanleg van vaarweginfrastructuur duren lang,
- De ruimtelijke inpassing is (soms) lastig,
- Oplossingen voor de scheepvaartfunctie conflicteren vaak met andere rivierfuncties zoals hoogwaterveiligheid, stabiliteit van constructies of natuur,
- Internationale afspraken of wet- en regelgeving staan niet alles toe,
- Aanpassingen ten gunste van de vaarweg kunnen ongewenst zijn vanuit de optiek van andere opgaven.

2 Denk hierbij bijv aan langsdammen, krib-aanpassingen, stuw- en sluizencomplexen, plaatsen van pompen, waterbuffering in reservoirs, aanleg van (lateraal) kanalen, verlagen van sluisdrempels.

Er is dus méér nodig dan alleen aanpassingen in de infrastructuur en het vaarwegennetwerk; we moeten zoeken naar klimaatadaptieve oplossingen in de hele transportketen. Dat wil zeggen: ook kijkend naar de vloot, naar de logistiek, naar verbeterde informatievoorziening, en wellicht nog breder. In TRANS2 hebben 15 partners de handen ineen geslagen om hierover tot dialoog te komen en met elkaar klimaatadaptieve oplossingen te verkennen.

Het consortium van TRANS2 bestaat uit de volgende 15 partners:

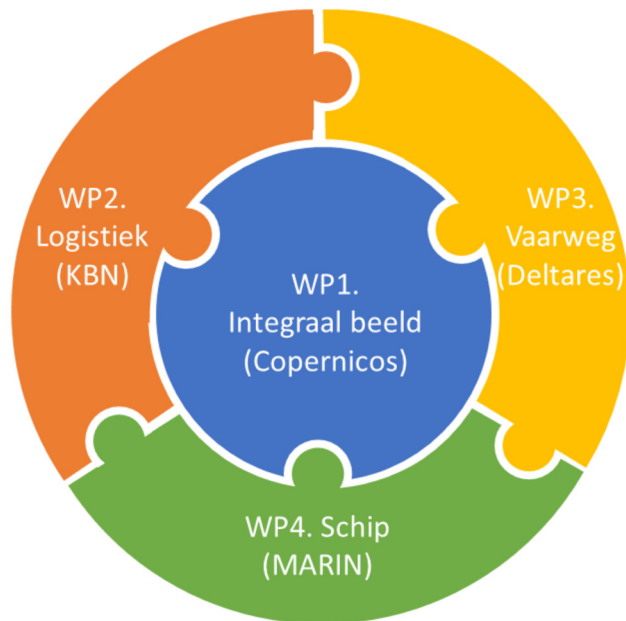
- Deltares (coördinator en penvoerder)
- Copernicos
- MARIN
- TU Delft (Civiele Techniek en Geowetenschappen, CITG)
- Rotterdam School of Management / Erasmus Universiteit Rotterdam
- Coöperatie NPRC
- Danser Group
- Koninklijke Binnenvaart Nederland
- SmartPort
- EICB (Expertise- en InnovatieCentrum Binnenvaart)
- Havenbedrijf Rotterdam
- Havenbedrijf Amsterdam
- Witteveen + Bos
- Rijkswaterstaat
- Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (Directoraat-generaal Luchtvaart en Maritieme zaken, DGLM)

Het project is in september 2022 als voorstel ingediend bij de PPS-Oproep 2022 Kennis-en Innovatieagenda (KIA) Landbouw, Water, Voedsel (aanvraagnummer LWV22113). Na honorering is het project ondergebracht bij TKI Deltatechnologie (DEL170). TRANS2 had een looptijd van twee jaar (1 jan 2023 – 31 dec 2024).

1.3 Doel en werkwijze TRANS2

Het primaire doel van TRANS2 is om meer grip op het binnenvaart-transport te verkrijgen onder een veranderend klimaat, met oog voor andere gaande transitie en ontwikkelingen.

Een aantal producten was bij aanvang van het project al vastgelegd, en daarnaast was beoogd om tijdens de looptijd van het project andere onderwerpen in te vullen en de activiteiten nader te concretiseren. De scope van de werkzaamheden lag daarbij op de onderdelen Logistiek, Vaarweg, Schip, en Integraal beeld (Figuur 1-1). De brede samenstelling, brede scope en niet-gelijke inbreng van de verschillende partijen maakte dat het project een verkennend karakter had, waar we in de dialoog tijdens het project bepaalden welke onderwerpen we kunnen en willen oppakken gegeven de beschikbare expertise binnen het consortium.



Figuur 1-1 Werkvelden binnen TRANS2.

Centraal in het project stonden:

- de ontwikkeling van een systeem-dynamisch model (SD-model), en
- het doorbouwen aan de Digital Twin Waterways (DTW), een tool waarvan de initiatie en ontwikkeling in eerdere TKI-projecten is gestart.

Andere met elkaar gekozen activiteiten konden een technische ontwikkeling zijn die bijdraagt aan een van de tools, een toepassing van een van de tools of een uitzoekvraag over een onderwerp.

Gedurende het project hebben we zes dialoogsessies georganiseerd, waar de voortgang van de werkzaamheden werd gepresenteerd. Tijdens die dialoogsessies brachten alle partners actief hun kennis en behoeften in. Er werden concrete afspraken gemaakt over activiteiten om op te pakken en (in kleiner comité) uit te werken. De verslagen van de dialoogsessies zijn gedeeld met het hele consortium en desgewenst opvraagbaar. Een ingesteld kernteam bewaakte de voortgang, maakte waar nodig afspraken en stelden de agenda voor de dialoogsessies op. Het kernteam bestond uit de projectmedewerkers van Deltares, Copernicos, MARIN, KBN en SmartPort.

1.4 Dit rapport: overzicht van eindresultaten en doorkijk

In dit rapport wordt een beknopt overzicht gegeven van alle producten, die in het TRANS2 project tot stand zijn gekomen. Alle individuele producten zijn beschikbaar via de [publieke wiki-pagina van het project](#) (dit is een vereiste van TKI-Deltatechnologie). Voor specifieke resultaten over een onderwerp wordt dus doorverwezen naar het achterliggende product.

Dit rapport kan worden gezien als de metaforische 'satéprikker', die alle verkregen resultaten bij elkaar brengt en verbindt, en waarin de onderlinge samenhang duidelijk wordt. Daarnaast wordt een eerste aanzet gedaan voor doorkijk richting vervolg.

Overzicht producten en resultaten

2.1 Overzicht van producten

Binnen het project TRANS2 zijn de onderstaande producten tot stand gekomen (Tabel 2-1).

Tabel 2-1 Overzicht van TRANS2 producten.

Onderwerp	Product
Systeem-Dynamisch model	A. SD-model en dashboard met modelbeschrijving en beleidsanalyses
Digital Twin Waterways (DTW)	B. Uitbreiding naar Europees netwerk: Aandachtspunten
	C. Dataset lat-lon coördinaten voor UN/LOCODE
	D. Reflectie op praktische bruikbaarheid DTW (vertrouwelijk)
Alternatieve routes / omvaren	E. Verslag van interviews 'alternatieve routes'
	F. Toepassing DTW voor 'alternatieve routes (omvaren)'
Concept van 'hubs en spokes'	G. Toepassing DTW voor 'hubs en spokes'
Parametrisch model voor capaciteit en waterverplaatsing van binnenvaartschepen	H. Rapportage modelbeschrijving + Python script van model
Parametrisch model voor vermogen van binnenvaartschepen	I. Rapportage modelbeschrijving
Gebruik van seizoensverwachtingen	J. Rapportage 'gebruik van seizoensverwachtingen'
Toekomstige vlootsamenstelling	K. Rapportage overzicht werkzaamheden
Eindrapportage: overzicht en doorkijk	L. Voorliggende rapportage

2.2 Toelichting op en samenhang tussen producten

Hieronder volgt een korte toelichting op de uitgevoerde werkzaamheden en opgeleverde producten. Voor meer details wordt naar de eigenlijke producten verwezen, beschikbaar via de links op de [publieke wiki-pagina](#).

2.2.1 Tooling

Om als ondernemer, havenautoriteit of overheid inzicht te krijgen in de effectiviteit van een oplossing of set aan oplossingen, is instrumentarium nodig voor analyse en vergelijking van performance indicatoren.

- In TRANS2 legden we een solide basis voor een Systeem-Dynamisch (SD) model dat op een wat hoger abstractieniveau (d.w.z., niet op het niveau van individuele scheepsbewegingen) een integraal beeld creëert van het transportsysteem door het goederenvervoer over water te simuleren. De tool maakt de afhankelijkheden inzichtelijk en kan ondersteunen bij strategische besluitvorming.
- In TRANS2 is de zogenaamde Digital Twin Waterways³ (DTW) doorontwikkeld die in meer detail scheepsbewegingen en bijbehorende activiteiten simuleert aan de hand van een gegeven vaarwegennetwerk met kunstwerken, vloot en reizen (herkomsten en bestemmingen en te vervoeren vracht) en klimaat (rivierafvoer). De ontwikkeling van de DTW is in eerdere TKI-projecten reeds gestart.

2.2.1.1 Systeem-Dynamisch (SD) model

Het online dashboard⁴ *“Op weg naar een toekomstbestendige binnenvaart; een onderzoek naar maatregelen tegen het effect van droogte op de binnenvaart”* ([product A](#)) is ontwikkeld door Copernicos. System Dynamics is een krachtige simulatiemethode voor het begrijpen en beïnvloeden van complexe systemen. Hierbij draait het om het modelleren en simuleren van de interacties tussen verschillende onderdelen van een systeem om beter te begrijpen hoe een systeem zich in de loop van de tijd gedraagt. Het helpt om patronen en relaties te identificeren die niet direct af te leiden zijn uit (eenvoudige) observaties. In het SD-model zijn mechanismen opgenomen die goederenvertraging kunnen bewerkstelligen. Vertraging kan veroorzaakt worden door een ontoereikende capaciteit van het vaarwegennetwerk, van de vloot, van de overslaglocaties en door prijsverhogingen. Vervolgens zijn strategische oplossingsrichtingen (maatregelen) geïmplementeerd die het effect van droogte kunnen verminderen. Het dashboard bevat de volgende strategische maatregelen:

- Bufferverhoging
- Verhoging opslagcapaciteit
- Verhoging overslagcapaciteit
- Laagwaterschepen
- Kleinere schepen
- Verhoging vlootcapaciteit
- Verbetering vaardiepte
- Effectiever verkeersmanagement

Uit de scenario-analyses volgt dat laagwaterschepen en verbetering van de vaardiepte het meest effectief zijn om het effect van laagwater op het transport over water te mitigeren. De andere oplossingsrichtingen hebben beduidend minder effect, en die zullen individueel in ieder geval niet genoeg effectief zijn. Met het dashboard is het mogelijk om als gebruiker zelf de invloed van een afvoerreeks, vloot of aannames te onderzoeken.

3 Ook wel Digital Twin Vaarwegen (DTV) of Digital Twin Fairways (DTF) genoemd.

4 exchange.iseesystems.com/public/copernicos/trans2/index.html#page1

Om de effectiviteit van de maatregel 'laagwaterschepen' en de vlootsamenstelling verder te onderzoeken, is het SD-model gedetailleerd naar scheepsklassen, goederensegmenten en typen schepen. Hiermee is het mogelijk om in het dashboard te experimenteren met verschillende vlootsamenstellingen. Dit is mede ingebouwd ten behoeve van [Product K](#).

2.2.1.2 Digital Twin Waterways (DTW)

In TRANS2 is de Digital Twin Waterways verder doorontwikkeld:

- Het vaarwegennetwerk is uitgebreid naar het Europese netwerk van EuRIS. Er is een testberekening met dit uitgebreide netwerk uitgevoerd. Bij de uitbreiding zijn enkele aandachtspunten geïdentificeerd. Die zijn, samen met de link naar de testsimulatie, gedocumenteerd in [Product B](#).
- De DTW is toegepast op een tweetal scenario-verkenningen, namelijk "omvaren" en "hubs en spokes". Die toepassingen zijn nader beschreven in de [Producten F en G](#) (zie ook hieronder).
- Om deze twee verkenningen mogelijk te maken, waren uitbreidingen of aanpassingen nodig bij de afhandeling van sluizen, overslag en wachttijden. Ook is het mogelijk gemaakt om als input van de twin IVS-data te gebruiken. Dit is een databron waarin historische reizen staan (herkomst, bestemming, vertrektijd) inclusief hoeveelheid en type lading en type schip.
- De IVS-data bevat herkomsten en bestemmingen in termen van UN/LOCODES (United Nations Code for Trade and Transport Locations). De coördinaten waren echter niet van al deze locaties beschikbaar. Als onderdeel van dit project is een dataset met coördinaten samengesteld voor de UN/LOCODES, die ook op Zenodo⁵ is beschikbaar gesteld ([Product C](#)).

De DTW bestaat momenteel enerzijds uit het dashboard⁶ dat eerder al werd ontwikkeld, en anderzijds 'onder de motorkap' scripts om simulaties te doen. De mogelijkheden met de scripts zijn uitgebreider dan wat nu in het dashboard zit. In TRANS2 is ervoor gekozen om de beschikbare tijd niet in te zetten om het dashboard te actualiseren, maar om de klimaatadaptieve verkenningen uit te voeren, wat de scope van het project was.

In TRANS2 is de DTW toegepast op cases, die een meer tactisch/strategisch karakter hebben. Dit kan meerwaarde hebben voor bijvoorbeeld beleidsmakers als het gaat om infrastructurele beslissingen. Dit soort exercities helpt ook om te kijken welke functionaliteiten nog ontbreken in de DTW.

De DTW kan ook meerwaarde bieden voor de sector in de dagelijkse operatie ([Product D](#)). Denk hierbij aan vragen zoals het aantal benodigde schepen van welke tonnageklasse om ergens een voorraad op peil te houden, gegeven een pendelstroom tussen enkele laad- en loslocaties. Of meer tactische vragen zoals hoe het transport duurzamer kan, wat de invloed van laagwater is voor de huidige vloot van een onderneming, en hoeveel schepen nodig zijn als flexibele schil. Echter zijn voor het daadwerkelijke gebruik door de sector bij dergelijke vraagstukken nog ontwikkelstappen noodzakelijk. Onder andere aspecten als gebruiksgemak, integratie in bestaande systemen en het feit dat de DTW momenteel geen operationele tool is (met actuele en verwachte waterstanden, waar bevindt zich de huidige vloot, actuele wachttijden) zijn benodigde stappen voor praktische toepassing.

In 2024 is het Europese project CLARION⁷ van start gegaan (met looptijd van 4 jaar). Hierin heeft de

5 <https://zenodo.org/records/11191511>. Citation: Baart, F., Turpijn, B., van der Mark, R., & van Hemert, G. (2024). Geocoded variant of United Nations Code for Trade and Transport Locations [Data set]. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.11191511>.

6 <https://deploy-preview-32-digitwin-waterways.netlify.app/#/>

7 <https://projectclarion.eu/>: Climate resilient port infrastructure.

Technische Universiteit Delft (TUD) de taak om een Digital Twin Waterways te ontwikkelen waarin de interacties tussen schepen, hydrodynamica en infrastructuur voor de Europese vaarwegen worden gesimuleerd. De focus ligt hierbij op een aantal Europese transportcorridors (achterland van de havens van Rotterdam, Hamburg en Antwerpen). Dit betekent dat de DTW in de komende jaren zal worden doorontwikkeld, gebruikmakend van wat tot nu toe gebouwd is. Deltares is ook partner in CLARION, en heeft een andere taak in het project, namelijk de ontwikkeling van een Multimodal Hinterland Resilience Model (MHRM) waarin op systeemniveau naar het transportsysteem wordt gekeken, door de netwerken voor water, weg en spoor met elkaar te verbinden. Voor het vaarwegennetwerk zal dan waarschijnlijk ook gebruik worden gemaakt van de ontwikkelde kennis rondom de DTW.

Een aanbeveling is verder om te onderzoeken hoe het SD-model en de DTW elkaar kunnen versterken. Het SD-model kan gebruikt worden om snel veel scenario's en strategieën te onderzoeken, waarvan de meest relevante, kansrijke of waarschijnlijke verder uitgewerkt kunnen worden in de Digital Twin Waterways. Andersom kunnen uitkomsten van de DTW als (vereenvoudigde) relaties worden opgenomen in het SD-model.

2.2.2 Verkenningen en analyses

Naast tool-ontwikkeling hebben we in TRANS2 klimaatadaptieve oplossingen verkend of analyses gedaan op een specifiek onderdeel binnen de werkvelden schip, vaarweg en logistiek. Deze kennis kan vervolgens weer landen in of bijdragen aan de Digital Twin Waterways en het SD-model.

2.2.2.1 Alternatieve routes / omvaren

Tijdens een dialoogsessie kwam de vraag op in hoeverre de Maas of Nederrijn-Lek een volwaardig alternatief kunnen zijn voor de Waal ten tijde van extreem laagwater, welke aanpassingen daarvoor nodig zijn en welk aandeel van de vloot daadwerkelijk gebruik kan maken van de alternatieve routes.

Daartoe is eerst een interviewronde gehouden om inzicht te krijgen in de behoeftes, afwegingen en verwachtingen bij de sector ([Product E](#)). De rode draad uit deze gesprekken is dat de routekeuze primair tot stand komt door de combinatie van reistijd, brandstofverbruik en de mogelijkheden door de afmetingen van het schip in relatie tot de vaarweg. Ondernemers hebben behoefte aan betrouwbare routes en duidelijke communicatie. Bij onvoorziene omstandigheden is de sector inventief om oplossingen te vinden. Ook kwam naar voren dat de uitdagingen van de toekomst vragen om een multimodale benadering.

Vervolgens is een eerste verkenning uitgevoerd met behulp van de DTW ([Product F](#)). Om schepen die normaalgesproken via de Waal varen een alternatieve route te laten varen, waarbij de DTW de routekeuze bepaalt (Maas, Nederrijn, of anders), is een fictieve stremming opgelegd in de Waal. Om deze simulatie uit te kunnen voeren is de DTW verder uitgebreid (zie ook eerder benoemd). De belangrijkste toevoegingen waren het kunnen simuleren van daadwerkelijk opgetreden reizen (IVS-data) en een eenvoudige sluismodule voor het nauwkeuriger bepalen van wachttijd en reistijd. De simulaties toonden aan dat de DTW in staat is om een stremming te simuleren waarbij alternatieve routes worden gezocht om bestemmingen te bereiken. Een stemming op de Waal resulteert in meer scheepvaartverkeer op de Nederrijn en op de Maas. Een uitsplitsing welk aandeel van de vloot welke omvaarroute kiest is niet zo triviaal, omdat dit van meerdere factoren afhangt. Er is geconcludeerd dat er nog stappen nodig zijn om de routekeuze te verbeteren, simulaties realistischer te maken en te valideren.

Deze exercitie was bijzonder nuttig, ook omdat het een waardevolle lijst van aanbevelingen heeft opgeleverd waarop doorgepakt kan worden. Dit betreft aanbevelingen die niet alleen van belang zijn voor het simuleren van stremmingen of voor advisering over routekeuze, maar ook voor andere toepassingen zoals vertragingen veroorzaakt door laagwater.

2.2.2.2 Concept van 'hubs en spokes'

Schepen worden doorgaans afgeladen op het ondiepste punt langs de route, waarbij ook waterstandsverwachtingen nodig zijn om de waterdiepte te schatten bij dit knelpunt op het moment dat dit punt wordt gepasseerd. Op de rest van het traject is de waterdiepte groter dan bij het knelpunt, en zou meer lading mee kunnen. De gedachte is dat optimalisatie van de beladingsgraad bij laagwater mogelijk is door de reis in kleinere stukken te knippen door bij een hub over te slaan of vanaf de hub door te varen met duwbakken in andere samenstelling. Voor een kortere reis is ook de waterstandsverwachting minder onzeker, omdat je minder ver vooruit hoeft te voorspellen. We hebben de Digital Twin Waterways gereed gemaakt om dergelijke verkenningen te kunnen simuleren. Door consortiumpartner Danser wordt met dit concept in de praktijk al geëxperimenteerd.

Product G presenteert een sterk vereenvoudigde casestudy waarbij tijdens laagwater een opgelegd aantal containers van Rotterdam naar Duisburg gevaren worden volgens enerzijds een directe route (1 schip heen en weer tussen Rotterdam en Duisburg) en anderzijds volgens het 'hubs en spokes' concept met een hub in Nijmegen (1 schip vaart heen en weer tussen Rotterdam en Nijmegen en 1 schip vaart heen en weer tussen Nijmegen en Duisburg). In de gepresenteerde vergelijking is het 'hubs en spokes' concept efficiënter in tijd, zowel als de transportcapaciteit van het schip tussen Nijmegen en Duisburg gelijk is aan die tussen Rotterdam en Nijmegen als in de situatie dat de transportcapaciteit tussen Nijmegen en Duisburg gehalveerd is door een lagere beschikbare waterdiepte (en minder lading per schip). Belangrijk om te vermelden is dat deze casestudy niet gevalideerd is en niet geheel aansluit op de werkelijke situatie waarin een grotere vloot ter beschikking is. Dichter aansluiten op de praktijk (beschikbaarheid vloot en fysieke ruimte) en een validatie uitvoeren is aan te bevelen in een mogelijk vervolg. Ook is het wenselijk de gevoeligheid van gekozen invoerparameters te onderzoeken, zoals de overslagtijd of opslagruimte in Nijmegen. De invloed van de rivierafvoer of waterstand op de effectiviteit van het concept is daarnaast interessant om mee te nemen, aangezien we verwachten dat het concept vooral effectief is bij laagwater.

Het 'hubs en spokes' concept lijkt in principe een belangrijke bijdrage te kunnen leveren aan een klimaatrobuuste binnenvaartlogistiek. Dit blijkt uit de uitgevoerde vereenvoudigde casestudy. Ook Van der Plas (2024)⁸ concludeert dat transporthubs de achterlandverbindingen (in de Rotterdam – Rijn corridor) kunnen verbeteren en het netwerk meer klimaatrobuust kunnen maken. Echter, uit de studie van Van der Plas volgt ook dat de kosteneffectiviteit afhangt van overslagkosten, de strategische ligging en integratie met andere modaliteiten. Interviews uitgevoerd door SmartPort wijzen uit dat de business case nu niet uit kan. Een vervolgonderzoek kan zich daarom richten op wanneer het concept wel past, rekening houdend met de belangen van de verschillende systeemspelers.

2.2.2.3 Parametrisch model voor capaciteit en waterverplaatsing van binnenvaartschepen

Er is een model en bijhorende programmeercode in Python⁹ ontwikkeld dat een schatting geeft van de capaciteit, waterverplaatsing en het displacement van binnenvaartschepen bij een gegeven diepgang, op basis van informatie over de lengte, breedte en het type schip (Product H). De nauwkeurigheid van deze schatting kan worden vergroot door extra informatie toe te voegen over de ledige diepgang en het ledige scheepsgewicht en/of over de ontwerpdiepgang en de bijhorende ontwerpcapaciteit. Het model is direct toepasbaar om de effecten van laagwater op de capaciteit van de binnenvaartvloot te bepalen. Daarnaast kan het model ook toegepast worden binnen de Digital Twin Waterways, zodat met ieder schip

8 Van der Plas, L.M. (2024). Drought-resilient port-hinterland connections; Investigating the impact of modality transport hubs. MSc-thesis Delft University of Technology, Civil Engineering. Research carried out as part of the European project CLARION. <https://resolver.tudelft.nl/uuid:60970ea8-6ea7-4e79-87d3-277071cd95c7>

9 <https://github.com/TUDELFT-CITG/OpenTNSim/pull/70>

met willekeurige afmeting gerekend kan worden in plaats van met een CEMT- of RWS-klasse (dit is van belang, omdat de variatie binnen een klasse groot is). Ook kan het als module worden geïmplementeerd in andere binnenvaartmodellen die bijvoorbeeld betrekking hebben op de stabiliteit van schepen of de weerstand en het brandstofgebruik.

2.2.2.4 Parametrisch model voor vermogen binnenvaartschepen

Een goede schatting van de performance van de verschillende scheepsklassen in termen van het vermogen en scheepsweerstand bij gegeven scheepsafmetingen, vaarsnelheid, diepgang en waterdiepte, vormt een belangrijke bouwsteen voor het bepalen van brandstofverbruik en emissies. Er is een parametrisch model voor schroefasvermogen, scheepsweerstand, volgstroomgetal en zoggetal (de laatste twee zijn zogeheten voortstuwingskarakteristieken) opgesteld voor dubbelschroefs binnenvaartschepen met scheepslengtes tussen de 50 en 135 meter ([Product I](#)). Het model geldt voor diep water, en daarom is er tevens een correctie voor scheepsweerstand in ondiep water afgeleid. Het model is geschikt voor toepassing in scenariosimulaties of in de eerste fase van een conceptontwerp. Ook is het te gebruiken als module voor de Digital Twin Waterways.

2.2.2.5 Gebruik van seizoenverwachtingen

Eén van de activiteiten ([Product J](#)) betrof het eenmalig genereren van een seizoenvoorblik met als doel om te bekijken of dit bruikbaar is voor de sector. Dit hield in dat in april 2023 een vooruitzicht werd gemaakt van de afvoer bij Lobith voor de komende drie maanden (12 weken), aan de hand van de aanwezige sneeuwvoorraad op dat moment en mogelijke realisaties van het weer (op basis van historie; vergelijkbaar met de ESP-verwachting die de Duitse BfG opstelt voor 6 weken vooruit). Dit levert een aantal realisaties van toekomstige afvoeren, die daarna kunnen worden gevisualiseerd als boxplots, staafdiagrammen, of pluim met waarschijnlijkheidsbanden. Open voor discussie staat welke weergavevorm behulpzaam is voor de gebruiker.

In tegenstelling tot korte-termijn verwachtingen, worden seizoenverwachtingen door de binnenvaartsector nog niet of nauwelijks gebruikt, terwijl geregeld wordt gesteld dat die informatie van meerwaarde kan zijn. Als men bijvoorbeeld een droge periode tijdig ziet aankomen, dan kan daarop worden geanticipeerd (extra schepen of andere modaliteit organiseren, voorraden preventief aanvullen).

De TRANS2 partners gaven aan dat in de praktijk dergelijke informatie niet gebruikt wordt. Deze vooruitblik voor de komende 3 maanden (tot augustus) is eenmalig opgesteld. Alvorens verder te automatiseren en operationaliseren, is het nodig nader te bekijken wat de waarde van de informatie is. Buiten TRANS2 is er daarna een korte verkenning geweest, uitgevoerd door Deltares in opdracht van de Topsector Logistiek¹⁰, naar welke informatie momenteel beschikbaar is, hoe die van meerwaarde kan zijn (inclusief een vereenvoudigd voorbeeld) en welke obstakels er zijn bij het gaan gebruiken in de praktijk.

10 Rapport: https://topsectorlogistiek.nl/wp-content/uploads/2024/05/TSL51.00.090-11209791-002-ZWS-0003_v1.0-Waarde-van-middellange-termijn-verwachtingen-voor-de-binnenvaart.pdf. Of ook hier te downloaden: <https://www.deltares.nl/expertise/publicaties/waarde-van-middellange-termijn-verwachtingen-voor-de-binnenvaart>. Two-pager: https://topsectorlogistiek.nl/wp-content/uploads/2024/07/20240620_TSL_2Pager-Deltares-2024.pdf

Onze bevindingen op basis van de werkzaamheden in TRANS2 en in de studie voor de Topsector Logistiek zijn:

- Er is een breed-gedragen gevoel dat middellange-termijn verwachtingen meerwaarde kunnen hebben (getuige initiatieven van HbR, RWS/droogtetafel, BfG, BASF, topsector logistiek).
- Middellange-termijn verwachtingen worden in Nederland niet of nauwelijks bekeken of gebruikt.
- De tactisch beslisser is nog niet goed aangehaakt (de operationeel planner heeft niet veel aan de langere zichttijd).
- Niet iedere onderneming is er mee geholpen (als bijvoorbeeld definitieve boekingen zo ver vooruit toch nog niet bekend zijn).
- Verwachtingen verder vooruit vragen om een andere (probabilistische) benadering:
 - De dimensies ‘kans’ en ‘risico’ zijn complex om mee te werken, een pluim geeft weinig houvast.
 - Begrip en training zijn nodig om hiermee te gaan werken.
- Een generieke tool is lastig te maken, omdat elke sector of organisatie zijn eigen specifieke risico-afwegingen of tactische beslissingen kent.
- Vooral de industrie in Duitsland met transport over de Rijn heeft baat bij verder vooruit kijken. Het is de vraag welke Nederlandse partijen hiermee geholpen zijn.

2.2.2.6 Toekomstige vlootsamenstelling

In de toekomst, met vaker laagwater en het geleidelijk verdwijnen van het kleine schip, zal de vloot naar verwachting niet meer in staat zijn om aan de transportvraag te voldoen. Om hieraan wel te kunnen voldoen, zijn laagwaterschepen of diversificatie van de vloot een mogelijke oplossing.

We verkenden de huidige vlootmix en hebben van daaruit met eenvoudige aannames geschat hoe die mix in de toekomst zou kunnen ontwikkelen en welk effect dat heeft op de transportcapaciteit bij “normale” en “droge” omstandigheden. Daarbij is gekeken naar de vernieuwingsgraad van de vloot, die ook wordt beïnvloed door beleid rondom verduurzaming, naar verschuivingen tussen grootteklassen, en naar de mate van ‘laagwaterbestendigheid’ in het scheepsontwerp. Met het Systeem-Dynamisch model kunnen maatregelen gericht op onder andere de vlootsamenstelling worden geanalyseerd, omdat die in het model gevarieerd kan worden.

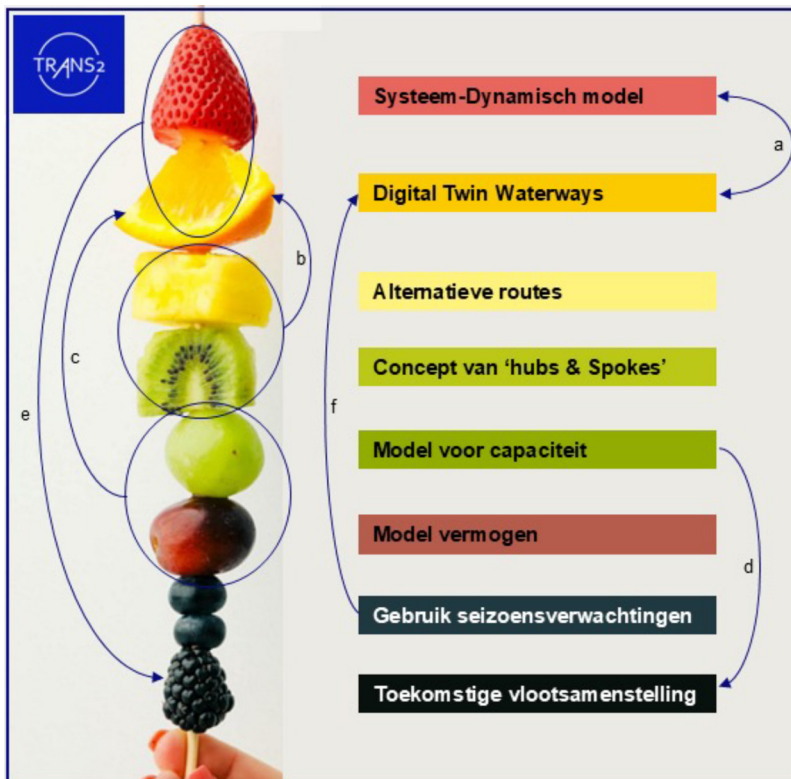
Niet eerder (vóór TRANS2) was een geslaagde poging gedaan om scenario’s voor toekomstige vlootsamenstelling op te stellen. Het proces was een eerste vingeroefening, en een zoektocht met elkaar naar geschikte werkwijze, aanpak en beschikbare gegevens. De rapportage ([Product K](#)) is daarmee een waardevolle vastlegging van de relevante aandachtspunten die we tegenkwamen in de discussies.

2.2.3 Samenhang tussen producten

Zoals in de vorige secties al aangegeven, is er onderlinge samenhang tussen de verschillende onderdelen. Hieronder zetten we die nogmaals bij elkaar.

- a. We hebben vastgesteld dat het SD-model en de DTW elkaar kunnen versterken. Het SD-model kan gebruikt worden om snel veel scenario’s en strategieën te onderzoeken, waarvan de meest relevante, kansrijke of waarschijnlijke verder uitgedetailleerd kunnen worden in de Digital Twin Waterways. Andersom kunnen uitkomsten van de DTW als (vereenvoudigde) relaties worden opgenomen in het SD-model.
- b. De DTW-toepassingen met betrekking tot ‘alternatieve routes’ en ‘hubs en spokes’ hebben waardevolle inzichten en aanbevelingen opgeleverd over hoe de DTW verder verbeterd kan worden.
- c. De opgestelde modellen voor capaciteit en vermogen zijn inhoudelijke bouwstenen bij verdere doorontwikkeling van de DTW.
- d. Als methodische overweging is voorgesteld om het parametrisch model voor capaciteit in te zetten bij het creëren van een dataset van de huidige vlootmix (zie Product K).

- e. Zowel het SD-model als de DTW zien we als tools om in te zetten bij het vergroten van inzicht in de huidige en toekomstige vlootsamenstelling (zie Product K).
- f. Voor de praktische vertaalslag van de DTW zien we een kans in het meenemen van waterstandsverwachtingen, zodat adviezen met betrekking tot de planning en bevrachting gepresenteerd kunnen worden en een afweging kan worden gemaakt.



Figuur 2-1 Onderlinge samenhang tussen de verschillende onderdelen.

Doorkijk richting vervolg

Binnen de TRANS2 samenwerking is in de afgelopen twee jaar een aantal producten opgeleverd, gepresenteerd in het voorgaande hoofdstuk. Voor elk van deze producten geldt dat er inhoudelijke verbeterpunten en aanbevelingen zijn. In dit hoofdstuk gaan we niet zozeer in op de specifieke aanbevelingen per onderdeel (zie daarvoor de individuele producten en het voorgaande hoofdstuk), maar proberen we uit te zoomen en richting te geven aan kansrijke vervolgstappen.

Hierbij dient vermeld te worden dat in het laatste kwartaal van 2024, toen TRANS2 in de afrondende fase was, SmartPort de opdracht heeft gekregen van TKI-Deltatechnologie om samen met de logistieke en maritieme sector kansen te verkennen voor cross-sectorale PPS-projecten om te komen tot een klimaatrobuuste binnenvaart. In dit project, getiteld GRIB - Gezamenlijke Robuustheid: Ideeën voor Binnenvaartlogistiek, brengt SmartPort in kaart welke kansrijke onderzoeksideeën en innovatierichtingen er zijn voor een klimaatrobuuste binnenvaartlogistiek. Binnen deze verkenning is een groot aantal interviews afgenomen bij organisaties. Ook uit GRIB volgen straks aanbevelingen, deels ontstaan uit TRANS2, en deels afzonderlijk afkomstig uit de interviews. GRIB bevindt zich in de afrondende fase, en het is goed om beide projecten in samenhang te overzien bij het definiëren van vervolgprojecten.

TRANS2 heeft geresulteerd in de volgende inzichten en kansrijke vervolgrichtingen:

- I. De samenwerking is door alle consortiumpartners als prettig en waardevol ervaren. De kracht van de PPS-samenwerking is dat verschillende partijen hun kennis en ervaring bij elkaar brengen. Door de brede samenstelling en scope van de problematiek heeft het project vooral een verkennend en verbindend karakter gehad. Alle partijen hebben aangegeven graag verder samen te willen werken aan de thematiek van klimaatrobuuste binnenvaart en de ingezette onderwerpen. Hierbij werd aangegeven dat de focus dan minder in de breedte en dus meer in de diepte zou moeten gaan.
- II. Er zat tijdens het project veel energie op het onderwerp van de toekomstige vlootsamenstelling, en dit krijgt ook een vervolg. Het onderwerp is inmiddels opgepakt door de Binnenvaarttafel; er is een werkgroep samengesteld voor dit onderwerp. In TRANS2 benaderden we de vlootsamenstelling vanuit het oogpunt van klimaatverandering; bij de Binnenvaarttafel zal de scope breder zijn. Verbindingen tussen TRANS2 en de werkgroep zijn inmiddels gelegd.
- III. Het concept van 'hubs en spokes' lijkt zeker de moeite van nader onderzoek waard, waarbij de aandacht zou moeten gaan naar de business case. De studie naar alternatieve routes gaf het inzicht dat deze aanpak opgeschaald kan worden om de redundantie van het vaarwegennetwerk te onderzoeken. Door een grote set aan simulaties uit te voeren met stremmingen op verschillende locaties en de 'pijn' (in termen van extra vaartijd of een andere KPI) uit te drukken, kan bepaald worden welke regio's of vaarwegen kwetsbaar of kritiek zijn, en waar in het netwerk een investering de meeste waarde heeft.
- IV. Ook de verdere doorontwikkeling van de DTW wordt door een aantal partijen als belangrijk gezien. In het Europese project CLARION krijgt dit alvast een vervolg. Een van de taken van de TU Delft in het vier jaar lopende project (tot 2028) is de ontwikkeling van een Digital Twin Waterways waarin de interacties tussen schepen, hydrodynamica en infrastructuur voor de Europese vaarwegen worden gesimuleerd. Ook in Path2Zero vinden ontwikkelingen plaats binnen de TU Delft. Doorontwikkeling door meerdere partijen vraagt ook om regie en kwaliteitscontrole op de ontwikkelde modules en elementen in de open source shared code repositories, waarmee Digital Twins gemaakt worden. Aan de TU Delft wordt

momenteel bekeken hoe dit het beste kan worden vormgegeven, samen met een enthousiaste community (met o.a. TRANS2 partners).

- V. Een aandachtspunt bij de DTW is de praktische bruikbaarheid van de tool. Om de tool toe te passen en beslissingen op te baseren, dienen de uitkomsten vanzelfsprekend betrouwbaar en van goede kwaliteit te zijn. Maar even belangrijk wellicht is dat de gebruiksvriendelijkheid op orde is of dat de koppeling met bestaande tools bij gebruikers eenvoudig gemaakt kan worden. Dit laatste neigt al snel naar maatwerk, zodat een PPS-samenwerking minder voor de hand ligt. De sector ziet wel kansen om elementen van de DTW in de operatie te gaan gebruiken. De logische te nemen vervolgstap is om hierover met elkaar door te praten. Hoewel niet zo expliciet besproken binnen het consortium, geldt voor het SD-model ook dat doorontwikkeling hand in hand gaat met gebruikers die meerwaarde zien in toepassing ervan. Ook hier geldt dat de eerste vervolgstap is om in kleiner comité de behoeften en wensen door te spreken.
- VI. Op het onderwerp 'gebruik van seizoensverwachtingen' lijkt wat minder energie te zitten. Waarschijnlijk komt dit ook doordat niet goed in beeld is hoe we hiermee verder zouden moeten (welke gebruikers hebben er wat aan; heeft gebruik daadwerkelijk meerwaarde; hoe te financieren).

Aangezien a) sommige onderdelen al ergens een vervolg krijgen, en b) de consortiumpartners aangeven bij een vervolg minder breedte en meer diepte te willen op specifieke onderwerpen (waarbij de 15 partners niet allen inhoudelijke betrokkenheid hebben bij alles), is het de vraag of een vergelijkbare PPS-samenwerking zoals TRANS2 geschikt is. Het lijkt logisch om deelprojecten op te zetten op gerichte onderwerpen, en waarbij een subset van het consortium betrokken is. Echter is het ook mogelijk om verschillende deelonderzoeken toch samen te brengen in een grotere samenwerking à la TRANS2, zodat het consortium bij elkaar blijft en we elkaar geïnformeerd en scherp kunnen houden op de deelonderzoeken.

Het is ook de visie van SmartPort om na GRIB op onderdelen door te pakken. Er is een drietal thema's gedefinieerd voor kansrijk vervolgonderzoek in PPS-samenhang.

- De vlootsamenstelling (Bullet II) is een zeer kansrijk onderwerp voor vervolgonderzoek, in nauwe samenwerking en samenhang met de Binnenvaarttafel. Begin 2025 wordt er vanuit de Binnenvaarttafel al het een en ander uitgezocht. Dit richt zich met name op de droge lading; een vervolgonderzoek naar andere typen lading en schepen kan wenselijk kan zijn.
- De DTW (bullets IV en V) is een interessante tool voor de sector. Hierbij is er aandacht nodig voor het eigenaarschap en praktische bruikbaarheid (zoals eerder al genoemd). Het toepassen van de DTW op use cases als 'hubs en spokes' (Bullet III) is een ander potentieel vervolg.
- De ontwikkeling in de transportvraag in relatie tot grootschalige transitie is naar voren gekomen als thema waar vervolgonderzoek wenselijk is. Er bestaan economische scenario's voor de transportvraag van de toekomst¹¹, maar deze gaan over het algemeen uit van *business as usual* met groei of krimp. De transitie die nu gaande zijn kunnen resulteren in een heel andere toekomstige transportvraag én daarbij horende eisen aan het transportsysteem.
 - Een geïdentificeerde concrete onderzoeksrichting is de rol van de binnenvaart in het transport van alternatieve energiedragers. Indien bijvoorbeeld ammonia vooral per schip vervoerd moet worden (vanwege veiligheidseisen), dan veranderen de eisen aan het transportsysteem (als gevolg van bijvoorbeeld eisen aan robuustheid, bereikbaarheid, betrouwbaarheid en/of veiligheid).

11 In de rapportage over toekomstige vlootsamenstelling worden dergelijke scenario's ook benoemd, omdat de toekomstige vloot immers mede wordt beïnvloed door de toekomstige transportvraag. In eerste instantie werd geprobeerd de toekomstige vlootsamenstelling op te stellen vanuit veranderingen in transportvraag. NB: de gewenste en verwachte toekomstige vlootsamenstelling zijn twee verschillende 'dingen'.

SmartPort is als kennishub van de haven op de thema's energie, logistiek en infrastructuur en met hun achterban een geschikte partij om in samenwerking met de TRANS2-partners cross-sectorale verbindingen te leggen en vervolgprojecten op te zetten.

Colofon

©SmartPort
februari 2025

Ontwerp: IJzersterk.nu
Fotografie: Danny Cornelissen - Portpictures.nl

Alle opgenomen informatie is eigendom van de consortiumpartners uit dit onderzoeksproject.
Reproductie van inhoud, geheel of gedeeltelijk, is toegestaan mits bronvermelding is toegepast.

Vrijwaring

SmartPort heeft de grootst mogelijke zorg besteed aan de samenstelling van dit document. Desondanks accepteert SmartPort geen aansprakelijkheid voor eventuele onjuistheden in de informatie, noch voor schade, overlast of ongemak dan wel andersoortige gevolgen die voortvloeien uit of samenhangen met het gebruik van deze informatie.



connecting
knowledge

HEEFT U VRAGEN?

SmartPort

info@smartport.nl

tel. 010 402 03 43