

HYDROGEN TO BE

GEOPOLITIEKE EN SOCIALE IMPLICATIES VAN OPKOMENDE
KOOLSTOFARME WATERSTOFHANDELS- EN AANBODSNETWERKEN
IN DE ARRA-SUPERCLUSTER



MANAGEMENTSAMENVATTING

Dit is de managementsamenvatting bij het rapport *'Hydrogen to be: Geopolitical and social implications of emerging low-carbon hydrogen trade and supply networks in the ARRRR supercluster'* ([link](#)) met de resultaten van een onderzoek door een consortium van:

- Clingendael International Energy Programme (CIEP)
- Dutch Research Institute For Transitions (DRIFT)
- Erasmus Commodity & Trade Centre (ECTC), onderdeel van Erasmus Centre for Urban, Port and Transport Economics (Erasmus UPT)
- Faculteit Techniek, Bestuur en Management van de TU Delft (TU Delft TBM).

PROJECT TEAM Amit Arkhipov-Goyal (hoofdauteur, ECTC), Aad Correljé (TU Delft TBM), Wouter Jacobs (ECTC), Coby van der Linde (CIEP), Igno Notermans (DRIFT), Roel van Raak (DRIFT), Toyah Rodhouse (hoofdauteur, TU Delft TPM) en Pier Stapersma (CIEP).

Het project werd financieel mogelijk gemaakt door Resilient Delta, SmartPort, Havenbedrijf Rotterdam, en de Provincie Zuid-Holland. Het Ministerie van Economische Zaken en Klimaatbeleid heeft een separate financiële bijdrage geleverd aan CIEP via de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland) voor het hiermee samenhangende onderzoeksproject dat resulteerde in de publicatie van het rapport [Managing Future Security of Low Carbon Hydrogen Supply](#).



Het project is verder in natura ondersteund door BP, Deltalinqs, Gemeente Rotterdam, Shell, VARO Energy, en Vopak, en een tweetal anonieme energie-experts die hun kennis en ervaring hebben ingebracht om het onderzoek te valideren.

DISCLAIMER De verantwoordelijkheid voor inhoud en standpunten zoals weergegeven in dit rapport en in ander gerelateerd materiaal ligt uitsluitend bij de leden van het projectteam en hun organisaties: CIEP, DRIFT, Erasmus UPT, TU Delft TBM. Het rapport en het gerelateerde materiaal kunnen niet geïnterpreteerd worden als weergave van overtuigingen en standpunten van de Nederlandse Regering, Havenbedrijf Rotterdam, SmartPort, Resilient Delta, en andere betrokkenen.

IMAGE CREDITS gebruikte afbeeldingen in het verslag zijn copyright van en gereproduceerd met toestemming van boerenjongens, tenzij anders vermeld.

DESIGN Studio Maartje de Sonnaville

INLEIDING

De Russische invasie van Oekraïne in februari 2022 en de daaropvolgende Westerse sancties op Rusland hebben geopolitiek en energie weer in de schijnwerpers gezet. De huidige wereldwijde energiecrisis brengt in herinnering dat geopolitiek en maatschappelijke dynamiek grote invloed hebben op energiesystemen, en daarmee op de energietransitie. In een aantal maanden tijd is het Europese energiebeleid van de afgelopen decennia en de stabiliteit van de Europese samenleving in een compleet ander licht komen te staan.

Zo lijkt het relevanter dan ooit om verder dan de huidige trends en kortetermijnontwikkelingen te kijken. Dit geldt zeker voor de kapitaalintensieve energiesector, waar enorme investeringen en lange doorlooptijden een robuuste lange-termijn visie noodzakelijk maken. Op weg van de COVID-19-pandemie naar de huidige energiecrisis, bereidt de wereld zich in verschillende mate voor op een nieuwe crisis: een zich veel langzamer ontvouwende klimaatcrisis. De huidige crisis maakt duidelijk dat het aanpassen van het energiesysteem en het tegelijkertijd betrouwbaar houden van de energievoorziening een lastige opgave is. Waterstof is al onderdeel van het veranderproces, maar de precieze rol van waterstof in het energiesysteem van de toekomst is nog niet geheel duidelijk.

PADEN VERKENNEN MET SCENARIO'S

Om te begrijpen hoe waterstofwaardeketens zich kunnen ontwikkelen in een onzekere toekomst helpt het om scenario's te formuleren daarvoor, tegen de achtergrond van verschillende denkbare geopolitieke en maatschappelijke contexten. Dit project schetst dergelijke scenario's om bedrijven, overheden, en bedrijfsnetwerken te ondersteunen in het ontwikkelen van strategieën om zich robuust te positioneren in de toekomstige koolstofarme waterstof waardeketens en markten. Het project verkent de gevolgen voor het hele Amsterdam-Rotterdam-Rijn-Roer-Antwerpen (ARRRA) gebied, en voorziet in specifieke aanbevelingen voor de partijen die actief zijn bij het Rotterdamse Haven-Industriële Cluster (HIC).

Het onderzoek beoogt de volgende vraag te beantwoorden:

Hoe zal geopolitiek de totstandkoming van waterstofhandels- en aanbodnetwerken naar het ARRRA-supercluster vormen en welke implicaties heeft dit op de belangrijkste partijen, en op de Nederlandse samenleving, in de periode van 2025 tot 2040?

Het onderzoeksteam gebruikte een methode voor scenario-ontwikkeling in acht stappen om deze vraag te beantwoorden. Deze aanpak maakte helder wat er op het spel staat, voor wie, en in welke tijdspanne. Hiervoor zijn de belangrijkste exogene krachten die inwerken op de totstandkoming van ketens voor de voorziening van koolstofarme waterstof naar het ARRR-gebied in kaart gebracht. Dit bracht het onderzoeksteam tot een twintigtal sociale, economische, milieu, politieke en technologische (SEEPT) krachten.

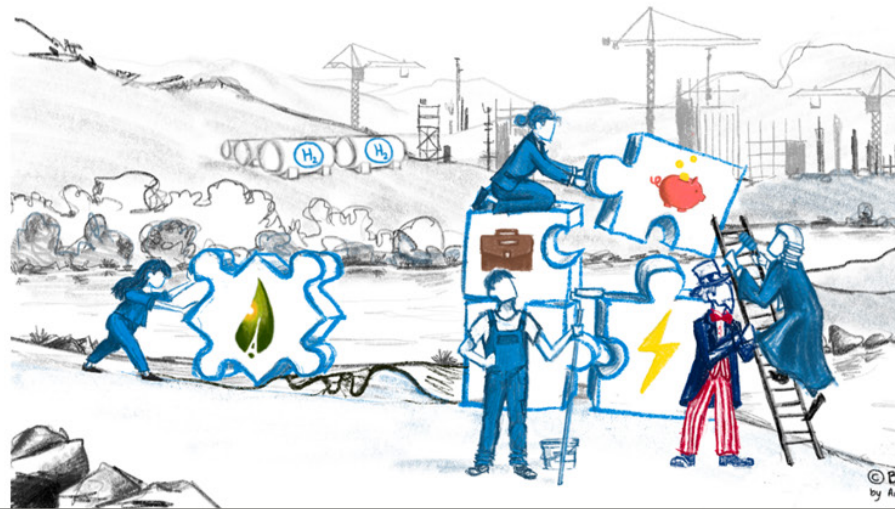
Sociaal	Economisch	Milieu	Politiek	Technologisch
S1: Sociale structuur	EC1: CO ₂ -reductiebeleid	ENV1: Door de klimaatverandering veroorzaakte extreme weersomstandigheden	P1: Leiderschap in ontwikkeling van waterstof en waterstoftechnologie	T1: Leercurve voor (niet H ₂) elektriciteitsopslagtechnologie
S2: Maatschappelijke acceptatie van de energietransitie	EC2: Stabiliteit van financiële markten in de wereld	ENV2: Schaarste aan grondstoffen	P2: Mate van globale samenwerking	T2: Toegang tot waterstof sleuteltechnologieën
S3: Energie-(verdelings)rechtvaardigheid	EC3: Mate van globalisering	ENV3: Beschikbaarheid van land en water	P3: Bepalers van standaarden in wereldmarkten	T3: Ontwikkeling van intercontinentale supernetwerken voor elektriciteit
S4: Beschikbaarheid van menselijk kapitaal	EC4: Relocatie van industrie	ENV4: Duurzaamheidspaden	P4: Energiezekerheid in Noordwest-Europa	T4: Opkomst van energie-intensieve digitale toepassingen

OVERZICHT VAN DE SEEPT-KRACHTEN

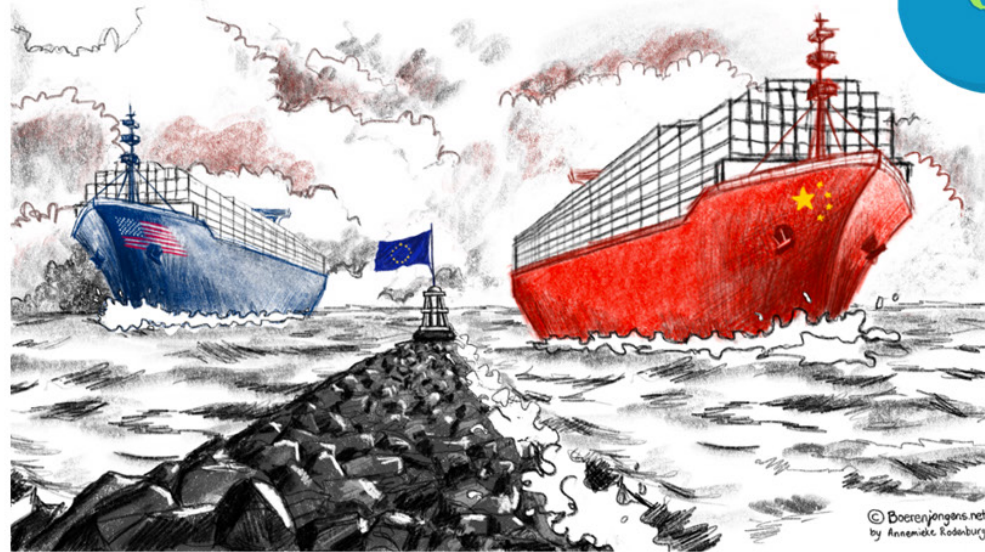
DE VIER SCENARIO'S EN WATERSTOFMARKTONTWIKKELPADEN

Zes van deze krachten (S1, ENV4, P1, P3, P4 & T2) zijn door het team beoordeeld als kritische onzekerheden en vormen daarmee het startpunt voor het construeren van de vier scenario's voor de wereld rond 2040. De scenario-narratieven zijn geschreven als een terugblik vanuit 2040 op ontwikkelingen in de voorgaande jaren.

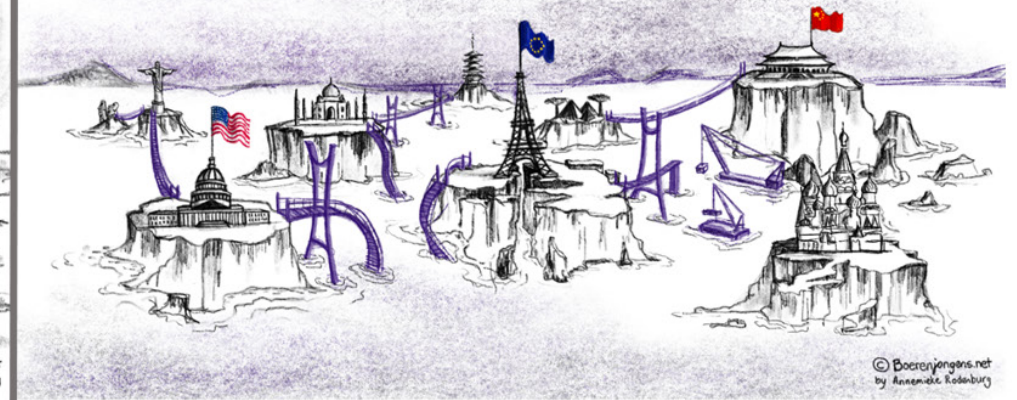
1. Wederopstanding van het Rijnlands Model



3. Europa's Eureka



2. Het Gelijk van Sun Tzu



4. Verwoeste Bruggen

De **Wederopstanding van het Rijnlands Model** geeft een proces weer dat uitmondde in een economische ordening die overeenkomsten vertoont met de naoorlogse en pre-Washington-consensus periode. Het Rijnlandse sociaaleconomische marktmodel was prominent in Noordwest-Europa. Deze economische transitie werd mogelijk door de blijvende hegemonie van de Verenigde Staten, die zich echter niet in dezelfde mate als voorheen inzetten op volstrekt open wereldmarkten. De EU en de VS bleven ondertussen wel strategische partners. Zorgen over het milieu werden overschaduwd door zorgen over energiezekerheid en betaalbaarheid, en door het economisch herstel van de 2020 pandemie en de energiecrisis die in 2022 uitbrak. De Europese politieke retoriek richtte zich op inkomenszekerheid, herverdeling van welvaart, en maatschappelijk welzijn, door middel van hogere lasten voor het bedrijfsleven. Energiezekerheid verbeterde op kosten van de overheid.

Waterstofmarktontwikkeling werd gedreven door een pragmatische invulling van het streven naar duurzaamheid en betaalbaarheid. De energietransitie kwam langzaam op gang, maar versnelde vanaf 2030 gestaag. De industrie bepaalde het tempo van de adoptie van waterstof. Waterstof werd vrijwel uitsluitend benut in de industrie. In de vraag werd voornamelijk voorzien door grote volumes aan importen van de wereldmarkt, aangevuld met beperkte volumes die regionaal werden geproduceerd. De combinatie van importen en lokale productie voor industriële consumptie leidde tot aanvaardbare energiezekerheid, redelijke betaalbaarheid, en beperkte duurzaamheid. Een klimaatneutrale Europese samenleving komt pas in beeld tussen 2060 en 2070.

Het Gelijk van Sun Tzu voorziet een wereld die geleid wordt door China, na een machtsstrijd met de Verenigde Staten. Verschuivingen in de geopolitieke balans in het Midden-Oosten vergrootte de bipolaire verhoudingen tussen het Oosten en het Westen, waarbij China in toenemende mate de leiding nam. De afgenomen hegemonie van de Verenigde Staten werd echt duidelijk rond 2040, toen China de toon begon te zetten in het internationale verkeer en wereldhandel. De EU-lidstaten tonen zich verdeeld over de te volgen richting. Noordwest-Europa beweegt sterker richting de Atlantische wereld, terwijl Zuid- en Zuidoost-Europa zich meer tot China richten. Het streven naar lage CO₂-emissies heeft niet altijd de prioriteit in deze bipolaire wereld. Regionale conflicten eisen voortdurend aandacht en middelen op, ten koste van klimaatmitigatie en -adaptatie. Toch streeft de wereld na 2040 geleidelijk verder naar klimaatneutraliteit onder Chinese leiding.

De waterstofmarktontwikkeling volgde de logica van energiezekerheid. In de jaren 2030 versterkten voortdurende zorgen daarover de groei van regionale waterstofmarkten. Innovatie en adoptie van diverse koolstofarme waterstoftechnologieën

droegen bij aan een ingrijpende en steeds snellere energietransitie. Waterstof werd geconsumeerd in de energie-intensieve industrie en de elektriciteitssector, en kwam in hoge mate van regionale productie en in wat mindere mate van importen. De importen naar Noordwest-Europa kwamen uit de Atlantische markt, met enige verscheidenheid in de vorm van de waardeketens. Dit leidde tot redelijke energiezekerheid en duurzaamheid en het bereiken van klimaatneutraliteit van Europa tussen 2050 en 2060.

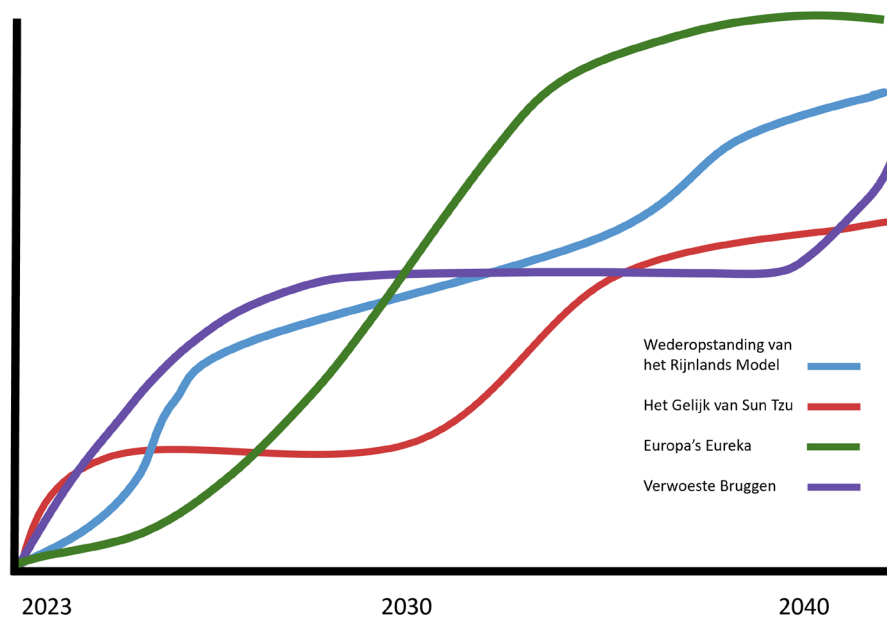
Europa's Eureka kreeg vorm in een gunstige context voor de wereldhandel. Doorbraken in diplomatie maakten het mogelijk dat uiteenlopende landen zich schaarden achter een gezamenlijk EU-geleide strategie voor het beperken van de klimaatverandering. De EU zette succesvol in op de transitie als antwoord op de energiecrisis van 2022. Europese regeringen, gekozen in een collectivistische tijdsgeschiedenis door burgers die een groene toekomst voor hun zagen, speelden een grote rol in het reilen en zeilen van de Europese economie, terwijl ze duurzaamheidsidealen gestalte gaven. De zeker gestelde toegang tot betaalbare sleuteltechnologieën in het energiedomein en kritische grondstoffen stelden Europa in staat om haar energietransitie te realiseren, hoewel dit de beweging in andere landen die al achterliepen verder vertraagde.

Waterstofmarktontwikkeling werd gedreven door een combinatie van energiezekerheid en ideële duurzaamheidswaarden. De energietransitie versnelde exponentieel in de 2030s. Innovatie-gedreven kostenreducties in waterstoftechnologieën mondden uit in een brede waterstofadoptie in de energie-intensieve staalindustrie, in de chemie, in de elektriciteitssector, voor transport en mobiliteit, en in de gebouwde omgeving. In de vraag van deze gebruikers werd voorzien door zowel ruime regionale productie als door grote importvolumes van een breed scala aan aanbieders in de wereldmarkt. Diversificatie van aanvoer leidde tot grote energiezekerheid. Innovatie-gedreven kostenreducties leidden tot een wezenlijk verbeterde betaalbaarheid, en de systemische verandering van economie en samenleving resulteerde in uitstekende duurzaamheid. Klimaatneutraliteit werd in Europa bereikt rond 2050.

Verwoeste Bruggen waren het recept voor een steeds kleiner wordende en onsaamhangende wereld, waarin veel landen zich in de eerste plaats richtten op hun binnenlandse problemen en het nationaal belang. Europa kwam alleen te staan nadat de unie niet goed kon herstellen van de energiecrisis, wat keer op keer tot meningsverschillen tussen de EU-lidstaten leidde. Het nieuwe presidentschap in de VS nam een afslag naar rechts en het land raakte minder geïnteresseerd in het beperken van klimaatverandering en de relaties met Europa. De EU heropende de

gesprekken met Rusland over veiligheidsgaranties. De jaren '30 werden gekenmerkt door fragmentatie, zodat handel in toenemende mate binnen de blokken in de wereld plaatsvond. Dit proces van de-globalisering kwam samen met incoherente pogingen van Noordwest-Europa om haar emissies te reduceren en om de internationaal de standaarden te bepalen in dat kader. Deze inspanningen waren echter tevergeefs, ook door de snelle opkomst van sentimenten rond groen kolonialisme in ontwikkelingslanden.

Waterstofmarktontwikkeling werd gedreven door ideële duurzaamheidswaarden, die initieel succesvol waren. Er brak echter snel een periode van stagnatie aan, die pas werd doorbroken door een nieuwe groeisprint na 2040. Het gebruik van waterstof vond alleen plaats in de gekrompen energie-intensieve industrie in het ARRRR-gebied, en daarin voorzien kon worden door een behoorlijk aanbod uit regionale productie naast kleine importvolumes. De waterstofwaardeketen waren weinig divers en de innovatie in (groene) sleuteltechnologieën voor waterstof was ontoereikend. Het streven naar duurzaamheid tegen elke prijs resulteerde in exact dat, een hoge prijs. Energiezekerheid en betaalbaarheid bleven hierdoor onder de maat tot 2040. Uiteindelijk bleek de periode toch een opmaat naar klimaatneutraliteit in 2050, maar dit kwam vooral door de verdere teloorgang van de Europese industriële basis.



S-CURVE VOOR DE VIER WATERSTOFMARKTONTWIKKELINGSPADEN

STRATEGISCHE OPTIES VOOR DE VERSTERKING VAN HET ROTTERDAMS HAVEN-INDUSTRIEEL CLUSTER

De vier scenario's schetsen een aantal zekerheden en onzekerheden in ontwikkeling van een waterstofmarkt. Daaruit kunnen vijf scenario-ontstijgende strategieën worden geformuleerd om zorgen te adresseren die ontstaan uit de meeste scenario's. Dit zijn de meer robuuste 'no-brainers' die de actoren in het haven-industrieel cluster kunnen inzetten. Er zijn ook drie scenario-specifieke strategieën die alleen werken in twee van de vier scenario's en die daarmee risicovoller zijn.

Navolging geven aan deze strategieën vraagt een actieve inspanning van verschillende betrokkenen. Coördinatie, zo niet samenwerking, is de sleutel voor een duurzame ontwikkeling van het cluster in een steeds onzekerdere wereld.

SCENARIO-OVERSTIJGENDE STRATEGIEËN

- 1. Breid regionale productie van duurzame elektriciteit en waterstof substantieel uit:** alle scenario's onderstrepen dat energievoorzieningszekerheid niet langer als vanzelfsprekend beschouwd kan worden. Dit maakt investeringen noodzakelijk in de productie van elektriciteit en waterstof, ook al is de ruimte beperkt en bestaat het risico dat toename van het gebruik van waterstof beperkt zal blijven. Verticale integratie van waterstofproductie, met langdurige afname-overeenkomsten, neemt een aantal risico's tot op zekere hoogte weg.
- 2. Diversifieer importen naar aanbieders, energiebronnen, en -dragere:** toenemende geopolitieke en handelsbarrières vergroten de kans dat energiestromen verstoort raken en dat eigendommen en investeringen in het buitenland stranden. Voor toekomstige gebruikers van waterstof, zoals de chemie-, staal-, raffinage-, en transportsector, is de diversificatie van de aanvoer essentieel. De scenario's onderstrepen dat investeringen in het Atlantische bassin en Zuid-Europa robuuster zijn. Het Midden-Oosten en Noord-Afrika kunnen risicovoller zijn. Maar als de-globalisering intensifieert, dan kan deze regio een belangrijke export-hub naar Europa zijn. Het moet dan ook een punt van aandacht zijn voor Europese energie- en klimaatdiplomatie.
- 3. Investeer in optionaliteit en multifunctionaliteit van terminals, conversiefabrieken, opslagfaciliteiten, infrastructuur en apparatuur:** in de energietransitie bestaat er niet één enkele oplossing voor alle vraagstukken. De partijen in het Rotterdamse cluster kunnen dan ook beter niet al hun eieren in één mand-

je leggen. Gebruikers van waterstof kunnen streven naar het realiseren van optionaliteit door het aangaan van flexibele afnameovereenkomsten. Netbeheerders kunnen bijdragen aan optionaliteit middels de inzet op multifunctionele en multidirectionele infrastructuur, bijvoorbeeld door de aanpassing van gaspijpleidingen voor het transport van waterstof, maar ook voor andere gassamenstellingen zoals methaan, waterstofsulfide en ammonia. Ook andere, bestaande infrastructuur voor fossiele brandstoffen, zoals LNG-terminals, moet geschikt gemaakt worden voor ammonia en andere waterstofderivaten zonder daarbij het gebruik van fossiele brandstof onnodig te verlengen.

- 4. Investeer in back-up en vluchtstroken in waterstofproductie, conversie-, opslag-, en infrastructuurcapaciteit:** optionaliteit moet worden aangevuld met andere ogenschijnlijk redundante elementen in het energiesysteem, zoals back-up elektriciteitsproductiecapaciteit, strategische energievoorraden en pijpleidingen die maar zelden op volle capaciteit benut zullen worden. 'Redundantie' wordt al snel als kostbaar gezien, maar de optiewaarde ervan moet ook onderkend worden. Deze waarde moet een plek krijgen in processen die leiden tot investeringsbeslissingen.
- 5. Zet nog harder in op circulariteit:** terwijl het al vorm begint te krijgen, kan een sterkere inzet op circulariteit een aantal externe (energie-)afhankelijkheden verder wegnemen. Dit kan door het aantrekken van nieuwe ondernemingen en aanbieders van diensten, en door co-investeringen in haveninfrastructuur die nodig is voor het transport en de opslag van materialen, moleculen, en energie in het cluster. Havenbedrijf Rotterdam kan kennisdeling ondersteunen, bijvoorbeeld met betrekking tot verbetering van verkrijgen, sorteren, en verwerken voor schaarse materialen zoals platina, en het opschalen van innovaties voorbij de pilot fase. Circulariteit zal echter ook nieuwe wederzijdse fysieke en relationele afhankelijkheden creëren.

SCENARIO-SPECIFIEKE STRATEGIEËN

- 6. Vervang huidige grijze waterstof met koolstofarme waterstof en omarm de transitie in andere industriële segmenten:** het vervangen van het huidige gebruik van grijze waterstof in de chemische industrie is een *low-regret* maatregel. Het kan dienen als een belangrijk signaal en het pad effenen voor het gebruik van koolstofarme waterstof in andere sectoren. Het is bovendien een betekenisvolle boodschap aan overheden en de maatschappij dat de sector de energietransitie omarmt als een proactieve, in plaats van regulering-volgende

partij. Dit is belangrijk, aangezien geen van de scenario's een maatschappelijke en politieke *licence-to-operate* garandeert voor de grote (chemische) industrie in het ARRRR-gebied.

- 7. Schaal de investeringen in aanvoer van strategische transitiegrondstoffen op en geef vorm aan beheersing van aanvoerketens:** een waterstoftransitie vereist een voldoende beschikbaarheid en betaalbaarheid van strategische transitiematerialen, technologieën, en goed opgeleid personeel. In *Het Gelijk van Sun Tzu* en in *Verwoeste Bruggen* moeten de overheden in Noordwest-Europa diplomatieke inspanningen opvoeren, en investeren in de handelsrelaties met producenten van kritische grondstoffen. Tegelijkertijd moeten overheden beginnen met het monitoren van de behoefte aan materialen en technologie in het ARRRR-gebied en van import-afhankelijkheden. Hier kan worden voortgebouwd op de kracht van Noordwest-Europa, met het prioriteren van innovatieprogramma's rond volgende-generaties materialen, schone technologieën. Regulering die (voortijdige) overname verhindert van strategische ondernemingen kan daarbij nodig blijken. Een prominente veiligheidscomponent in het industriebeleid kan essentieel zijn, waarbij de stabiliteit van het beleid gewaarborgd moet zijn. Deze strategie kent risico's en is geen vereiste in alle scenario's. Protectionisme is maatschappelijk kostbaar, zeker indien kosten veelal gesocialiseerd worden terwijl de opbrengsten privaat zijn. Het overeind houden van mogelijk inefficiënte industrieën zal vragen oproepen.

- 8. Werk samen met andere havens in het ARRRR-gebied in de import van en handel in waterstof en waterstofderivaten:** de energietransitie is een uitdaging die te groot is voor één individueel haven-industrieel cluster. In *Het Gelijk van Sun Tzu* en in *Europa's Eureka*, maar ook gegeven de mogelijkheid van frequente verstoringen en veranderingen van de aanvoerlijnen, kan nauwere samenwerking de weerbaarheid, veerkracht, en het aanpassingsvermogen in het ARRRR-gebied en het achterland verhogen. Dit vraagt informatie-uitwisseling en coördinatie in de adoptie, uitrol en opschaling van nieuwe technologie. Het zou een bepaalde mate van intraregionale havenspecialisatie vragen, waarbij de Rotterdamse Haven bijvoorbeeld haar nabijheid tot ondergrondse opslag van waterstof en CO₂-afvang en opslag benut.

drift
for transition



 **TU**Delft

CIEP