

OPENBARE EINDRAPPORTAGE

‘Marinisering’ en integratie van waterstoftechniek voor binnenvaart en short-sea toepassingen.



PROJECT GEGEVENS

Referentienummer: TWAS218009
Project titel: 'Marinisering' en integratie van waterstoftechniek voor binnenvaart en short-sea toepassingen.
Afkorting: FELMAR – First Element MARine
Looptijd: 1 oktober 2018 – 31 december 2019
Publicatiedatum: 1 juli 2020

Project deelnemers

Nedstack Fuel Cell Technology (pervoerder)

Contactpersoon: Roel van de Pas
Westervoortsedijk 73, Arnhem
www.nedstack.com



MARIN

Contactpersoon: Moritz Krijgsman
Haagsteeg 2, Wageningen
www.marin.nl



Future Proof Shipping

Contactpersoon: Fokke van der Veen
Weena 505, Rotterdam
www.futureproofshipping.com



DAMEN

Contactpersoon: Erik-Jan Boonen
Avelingen West 20, Gorinchem
www.damen.com



Marine Service Noord

Contactpersoon: Niek Koops
Scheepswervenweg 2, Westerbroek
www.marine-service-noord.com



Holland Ship Electric

Contactpersoon: Andre Brand
Waalhaven z.z. 42, Rotterdam
www.hollandshipelectric.com



Lloyds Register

Contactpersoon: Gerard Vromans
Mandelalaan 41a, Rotterdam
www.lr.org



Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, Nationale regelingen EZ-subsidies, Topsector Energie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

Eindrapport

Inleiding

Nederland is een maritiem land bij uitstek. Wij lopen al eeuwen voorop in innovatieve scheepsbouw en hebben een wereldwijd unieke maritieme kennispositie ontwikkeld. Deze industrie ontwikkelt zich echter continue en speelt met dezelfde zero-emissie transitievraagstukken als andere mobiele domeinen. Waterstof, als een duurzame brandstof, in combinatie met brandstofcellen en elektrische voorstuwing is een kansrijke toepassing voor schone regionale kust- en binnenvaart.

De toepassing van dit soort systemen in de maritieme omgeving vraagt om een nieuwe systeemintegratie en het maritiem geschikt maken van sommige brandstofcelcomponenten. De maritieme industrie heeft bovendien haar eigen eisen. Bestaande demonstratie in deze markt zijn nog niet geoptimaliseerd voor gebruik in een maritiem toepassingsgebied in termen van veiligheidsconcept, normconformiteit, omgevingscondities en gebruikerseisen. De sociaaleconomische acceptatie in deze industrie vraagt eveneens om een tastbare en aantoonbare demonstratie van de haalbaarheid, betrouwbaarheid en flexibiliteit van een dergelijke toepassing.

Om deze onderwerpen en vraagstukken te adresseren is het project FELMAR aangevraagd en toegekend binnen de Topsector Energie. Het project sloot daarbij aan bij de thema's: 'duurzaam en klimaatneutraal gas' en 'duurzaam gas in specifieke sectoren'. Het project is ingediend op 4 mei 2018 en de beschikking is vervolgens toegekend op 16 juli 2018. Het project is gestart op 1 oktober 2018 en is, na een eenmalige verlenging, geëindigd op 31 december 2019.

Het consortium was opgebouwd uit multidisciplinaire en complementaire partijen om de vraagstukken zo breed mogelijk te kunnen beantwoorden. Deze openbare eindrapportage beschrijft beknopt de resultaten en projectevaluatie.

Doelstelling

De doelstelling van FELMAR was het ontwikkelen en mariniseren van een op waterstof-brandstofcel gebaseerde voortstuwings-configuratie voor de regionale scheepvaart geschikt voor klasse-typegoedkeuring. Hiervoor wordt onder andere een nieuwe 40 kW maritiem brandstofcel systeem ontwikkeld, welke getest en gevalideerd zal worden in een nieuw Zero-Emission-Laboratory (ZEL) en op een bewegingssimulator. In het ZEL wordt een geïntegreerde hybride machine kamer ingericht, waar bij voortstuwingsontwerpen en bijvoorbeeld energie-management systemen gevalideerd kunnen worden. Daarnaast wordt een generieke ontwerpmethode gedefinieerd en wordt de veiligheid van zowel installaties aan boord als in het laboratorium geanalyseerd. Ook wordt de economische haalbaarheid in kaart gebracht door middel van een businesscase.

De kennis die wordt verkregen, wordt bij een demonstratie van het laboratorium, gepresenteerd aan de sector met als doel om de integratie van waterstof en brandstofcellen een stap dichterbij de werkelijkheid te brengen.

Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, Nationale regelingen EZ-subsidies, Topsector Energie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

Consortium

Het consortium is met zorg samengesteld op basis van expertise en competenties. De ambitie was om de totale scope van een waterstof brandstofcel aangedreven binnenvaartschip te kunnen overzien. De project partners waren verdeeld over heel Nederland en hebben de volgende achtergrond en expertise;

Nedstack fuel cell technology

Nedstack is al 20 jaar lang toonaangevend in de ontwikkeling, realisatie en commercialisatie van PEM brandstofcellen en -brandstofcellensystemen. Het zwaartepunt van de toepassing van de huidige PEM brandstofcel systemen ligt in grotere stationaire installaties (1-2 MWe) en daarmee onderscheidt Nedstack zich van het 'laag vermogen / hoog volume' karakter van het gros van de spelers op de PEM brandstofcelmarkt. Het projectmatige- en hoog- vermogenskarakter van de binnenvaartsector sluit uitstekend aan bij de onderscheidende kwaliteiten van Nedstack. Bovendien heeft Nedstack al ervaring met maritieme toepassingen zoals de ontwikkeling van de brandstofcellen van de rondvaartboot Nemo H2 voor de Amsterdamse grachten.

DAMEN

Damen is een van Europa's grootste scheepbouwers. Met eigen scheepsontwerpen wordt een wereldwijde markt voorzien van vooruitstrevende schepen. Als scheepsbouwer/ontwerper heeft Damen de kennis in huis om te bepalen onder welke condities het waterstofsysteem moet functioneren. Gezien het brede portfolio van Damen kan de toepassing voor een waterstofsysteem breder worden getrokken dan binnenvaart en short-sea. Daarbij kan gedacht worden aan werkboden, veerponten en patrouille schepen. Damen investeert ook in de ontwikkeling van duurzame schepen. Hybride sleepboten en LNG-binnenvaarttanker zijn hier mooie voorbeelden van. Damen ziet waterstof als een potentiële brandstof voor de maritieme sector. Gezien de complexe techniek is een stapsgewijze ontwikkeling essentieel. Het toepassen van deze technologie is een te grote stap en zal moeilijk worden geaccepteerd door de markt.

Holland Ship Electric (HSE)

Holland Ship Electric is een elektrotechnische systeem integrator, met brede ervaring op het gebied van scheepsinstallaties. Samen met dochteronderneming HSP (Hybrid Ship Propulsion), zijn ze marktleider in Nederland voor het ontwerpen, installeren en bedrijfsvaardig opleveren in alle vormen van hybride aandrijvingen. HSE levert als systeem integrator op het elektrotechnische vlak, een belangrijke bijdrage voor de beschrijving en besturing van de door brandstofcellen gevoede hybride voorstuwing.

Marine Service Noord (MSN)

Marine Service Noord is een specialist in maritieme leiding systemen. Marine Service Noord erkent het belang van investering in duurzame technologie voor de maritieme sector en is daarom onder andere ook voorloper op het gebied van productontwikkeling van bijvoorbeeld LNG-brandstofsysteem, en wil dezelfde rol vervullen op het gebied van waterstof. Zo hebben ze al veel ervaring opgedaan op het gebied van brandstofceltechnologie en vooral de opslag en distributie van waterstof door haar bijdrage aan het Nemo H2 project, een waterstof aangedreven rondvaartboot voor rederij Lovers.

Maritiem Research Instituut Nederland (MARIN)

Als internationaal topinstituut biedt MARIN gedegen kennis en onafhankelijk onderzoek. Ze combineren software, testfaciliteiten, simulatoren en ware grootte metingen om onze klanten te helpen schepen en operaties schoner, veiliger en slimmer te maken tijdens elke fase van de levenscyclus. Op die manier

Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, Nationale regelingen EZ-subsidies, Topsector Energie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

worden ontwerp en operatie dichter bij elkaar gebracht. MARIN heeft in haar Strategie Plan (2018-2021) het emissie-loos varen als een van de vier belangrijkste strategie doelstellingen neergezet. MARIN levert de juiste modellen en faciliteiten voor een fysieke simulatie op een testbed. Daarnaast wordt een bewegingssimulator ter beschikking gesteld voor het onderzoek naar het gedrag van een brandstofcelstelsel onder zeegaande condities.

Future Proof Shipping

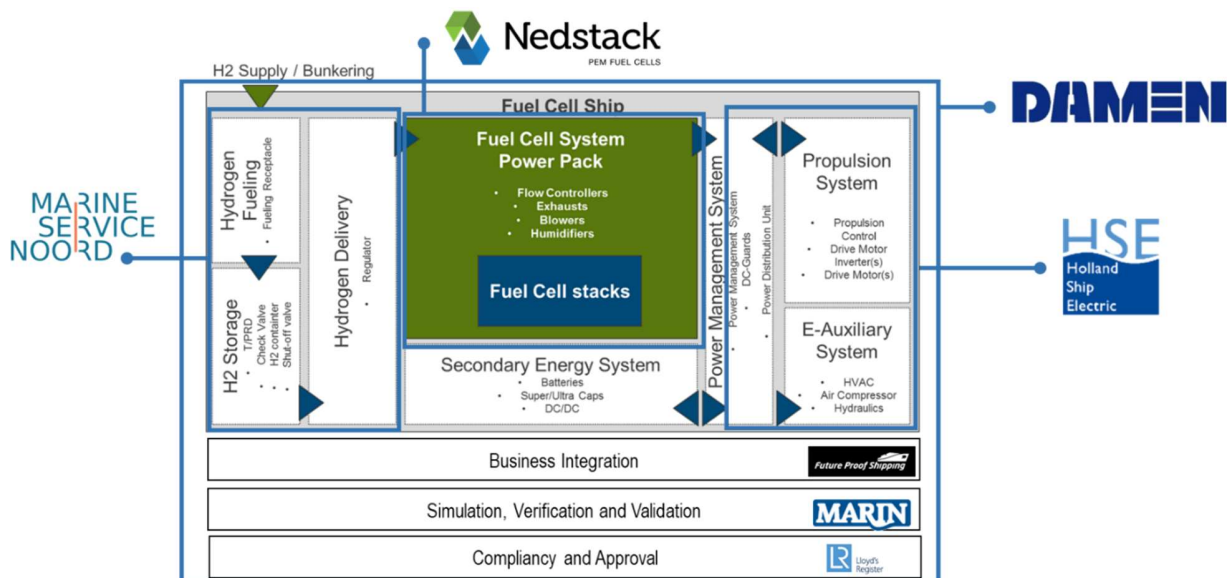
Future Proof Shipping is opgezet met als doel om onder andere te bereiken dat in 2050 de volledige scheepsindustrie geen CO2 meer uitstoot. Uit een recente studie, die Future Proof Shipping samen met de Erasmus Universiteit heeft uitgevoerd, is gebleken dat een op waterstof gebaseerd aandrijfsysteem, de beste kansen heeft om deze lange termijn-doelstellingen voor de maritieme sector ook daadwerkelijk te realiseren. In de nabije toekomst wil Future Proof Shipping een batterij-brandstofcelhybride aandrijfsysteem op basis van waterstof, voor de voortstuwing van een binnenvaartschip gaan gebruiken.

Lloyds Register (LR)

Lloyd Register is één van 's werelds grootste professionele dienstverleners voor engineering en technologie. Ze verhogen de veiligheid en verbeteren de prestaties van cruciale infrastructuren voor klanten in meer dan 75 landen over de hele wereld. LR is toonaangevend als internationale leverancier van classificatie-, compliance- en consultancydiensten aan de maritieme en offshoresector. Ze helpen hun klanten bij ontwerp, bouw en exploitatie van hun assets, zodat die zo veilig en zo goed mogelijk presteren. LR is internationaal betrokken bij meerdere projecten op het gebied van waterstof en brandstofcellen aan boord van schepen en levert vanuit die expertise inzicht en analyses voor de veilige installatie en integratie van waterstof opslag, brandstofcellen en batterijen aan boord.

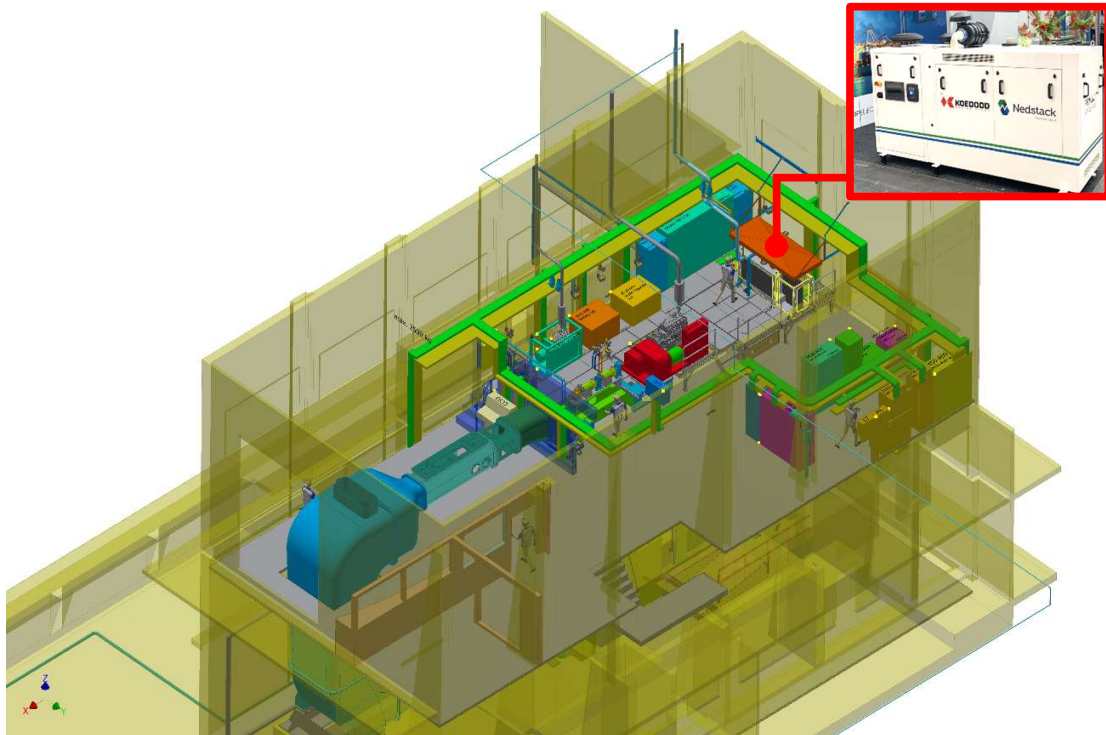
Lloyds Register onderhoudt ook contacten met regelgevende instanties in de binnenvaart zoals de Inspectie Leefomgeving en Transport (ilent) en de Centrale Commissie voor de Rijnvaart (CCR).

De verschillende expertises en ervaring van alle partners is weergegeven in de volgende systeemrepresentatie van een brandstofcel aangedreven schip.



Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, Nationale regelingen EZ-subsidies, Topsector Energie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

Door de daadwerkelijke realisatie en beproeving van het brandstofcelsysteem en ook de integratie van verschillende onderdelen in combinatie met ontwerpstudies en analyses zijn veel concrete projectuitkomsten realiseerbaar. Deze validatiestudies worden uitgevoerd in het nieuwe Zero Emissie Lab van MARIN. Onderstaande afbeelding geeft een indruk van het lab met brandstofcelsysteem.



Naar verwachting wordt dit laboratorium in de loop van 2020 in bedrijf genomen.

Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, Nationale regelingen EZ-subsidies, Topsector Energie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

Resultaten

Project resultaten

Binnen het project is een nieuw maritiem brandstofcelsysteem ontwikkeld, gerealiseerd en beproefd.

In dat proces zijn veel nieuwe relaties opgebouwd en is kennis en ervaring opgedaan in de ontwikkeling van brandstofcellen. Een nieuwe generatie ontwerpers heeft de mogelijkheid gekregen om ervaringen uit het verleden en nieuwe inzichten te vertalen in een nieuw ontwerp en realisatie van het systeem.

Het brandstofcelsysteem is in bedrijf gesteld en beproefd op de bewegingssimulator van MARIN.

Daarnaast is met behulp van het FELMAR ontwerp, de engineering en diverse leveringen, een deel van het toekomstige Zero Emissions Lab (ZEL) gerealiseerd, inclusief de 'approval in principle' voor toepassing in de scheepvaart. Binnen het project zijn ook detailontwerpen voor de elektrische en werktuigbouwkundige installaties gemaakt en gerealiseerd.



De veiligheidsaspecten van waterstof als brandstof, aan boord zijn uitgebreid onderzocht en gezamenlijk zijn er verschillende concrete oplossingsrichtingen aangedragen. De infrastructuur rondom waterstof, zowel aan de wal als aan boord brengt verschillende veiligheidsrisico's met zich mee, waarvoor maar ten dele regelgeving en richtlijnen beschikbaar zijn. Ook zijn voor verschillende schakels in het logistieke proces, zoals waterstofproductie of transport verschillende normen van toepassing. Deze normen zijn in kaart gebracht, evenals de uniforme gevaren en risico's. Er zijn risico mitigerende maatregelen voorgesteld, die in een uiteindelijk installatie aan boord verder uitgewerkt moeten worden.

In het algemeen is er tussen de partners veel kennis gedeeld en zijn er vergevorderde inzichten opgedaan met betrekking tot de opslag van waterstof, de distributie door het schip en de integratie van brandstofcellen in het schip als met de overige systemen. Er is een methodiek ontwikkeld om een veilig en door klasse geaccepteerd schip te ontwerpen. Deze punten zijn cruciaal om een waterstof-brandstofcel voorstuwingssysteem geleidelijk op de markt te brengen. Het is wezenlijk nieuwe techniek, waarbij alle vuistregels overboord gaan en ieder aspect opnieuw bestudeerd moet worden. Dit is tijdrovend en vraagt om een goede samenwerking tussen alle betrokken partijen. Daarbij is een terugkerende vraag is: Wat is goed / veilig genoeg? De valkuil om het systeem continue te verbeteren ten opzichte van het huidige stand ligt daarbij op de loer. Echter brengt dit hogere kosten met zich mee, waarbij de kosten al een groot struikelblok zijn voor een waterstof-brandstofcel aandrijving.

Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, Nationale regelingen EZ-subsidies, Topsector Energie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

Deze vraagstukken zijn besproken en uitgewerkt voor een concrete case studie, een binnenvaartschip van Future Proof Shipping dat in de loop van 2020 omgebouwd zal gaan worden naar een waterstof-brandstofcel aandrijving.

Op basis van de informatie en ervaring van de verschillende partners is een business case ontwikkeld voor een nul-emissie binnenvaartschip op basis van waterstof in vergelijking met een state-of-art conventioneel binnenvaartschip.



Het project FELMAR heeft vanaf het begin veel aandacht gekregen vanuit de markt, er zijn nieuwe relaties zijn ontstaan en met een aantal partijen zijn samenwerkingsovereenkomsten gesloten om de introductie van waterstof als brandstof in combinatie met brandstofcellen te versnellen.

[Mogelijkheden voor spin off en vervolgactiviteiten](#)

Het Zero Emissions Laboratorium, wordt in 2020 afgerond. Uitvoerige integratie testen zijn gepland tweede helft van 2020. Als de testen succesvol zijn afgerond, dan is de configuratie 'waterstof-brandstofcel elektrische voortstuwingsaandrijving' ook gereed voor de volledige opzet van het ZEL. Later zal het laboratorium verder worden uitgebreid met nieuwe beschikbare technologie.

Naast de mogelijkheden binnen het FELMAR consortium zijn er al veel spin-off initiatieven met industrie spelers opgestart. Deze worden uit (beperkte) eigen middelen gefinancierd of in sommige gevallen direct door de eindklant. Voorbeelden hiervan zijn bijvoorbeeld concept studies van een havensleepboot met OSD-IMT en een 'offshore construction vessel' met Ulstein Design and Solutions. Echter hebben markten zoals binnenvaart en short-sea niet de innovatiekracht om uit eigen middelen, echte waterstoftransities te financieren en behoeven ondersteuning door middel van subsidies in de demo- en vroege adoptie fase.

Naast deze concrete spin-offs, is er met veel interesse vanuit de hele wereldwijde sector gereageerd op het project en is bij diverse gelegenheden als vakbeurzen en conferenties gesproken over kansrijke mogelijkheden tot implementatie van waterstof als brandstof. Tegelijkertijd is het belangrijk om te realiseren dat de transitie naar schepen zonder emissies, op basis van waterstof, veel meer vraagt dan alleen de ombouw van een schip. Op dit moment zijn er nog geen mogelijkheden om op grote schaal waterstof beschikbaar te maken voor de scheepvaart en is er zeker geen bestaande infrastructuur aanwezig voor het bevoorraden van dit soort schepen. Ook zal het naar verwachting nog enkele jaren duren voordat de regelgeving dusdanig is geëvolueerd dat waterstofscheepen eenvoudig toegelaten worden op de binnenlandse rivieren.

Het project had bij aanvang een enorm ambitieniveau en veel doelen zijn behaald. Echter zijn een aantal activiteiten, met name de geïntegreerde testen door diverse omstandigheden nog niet uitgevoerd. De partners in het FELMAR consortium zijn vastbesloten om ook niet gerealiseerde doelstellingen alsnog te realiseren in de komende maanden.

Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, Nationale regelingen EZ-subsidies, Topsector Energie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

Knelpunten

Eén van de belangrijkste knelpunten in de uitvoering van FELMAR was opbouwen van kennis en ervaring in een zeer kort tijdsbestek. Verschillende partners hebben hiervoor de teams gedurende het project moeten versterken, maar dit heeft wel een effect gehad op doorlooptijd. Ook de overweldigende interesse van de markt en de daaruit voortvloeiende activiteiten heeft veel aandacht gevraagd van deelnemers die bij aanvang van het project niet voorzien was.

Een ander knelpunt, met een meer inhoudelijk karakter is dat veel van de huidige regelgeving geeft geen ruimte aan het gebruik van waterstof als brandstof voor binnenvaartschepen. Ook de logistiek rondom het transport van waterstof en de ontwikkelingen van regelgeving van de IMO heeft geleid tot complexere risico-evaluaties dan origineel voorzien. Verder hebben de vele facetten rondom een waterstof aangedreven binnenvaartschip hebben veel tijd en aandacht gevraagd. Er zijn meerdere dagen nodig geweest om uitvoerig met elkaar de veiligheid en consequenties van mitigerende maatregelen te bespreken. Dit heeft ook op sommige punten geleid tot een herziening van ontwerpen met daarbij behorende doorlooptijd en kosten.

Kennisverspreiding

Individuele partners hebben bij diverse openbare gelegenheden beperkt kennis kunnen delen. Veel meer is algemene en openbare kennis gedeeld, in de directe relaties van de project partners. Het direct kunnen bediscussiëren met ter zake deskundige partijen en personen heeft geleid tot aanvullende en soms vernieuwende inzichten die het project, maar ook spin-off activiteiten verder brachten.

De partners zijn voornemens om rond de lancering van het zero emissie lab een workshop en presentatie te geven van de project resultaten.

Vanwege de korte doorlooptijd van project zijn er geen aanvullende rapportages gemaakt, wel zijn verscheidene persberichten gepubliceerd, die terug te vinden zijn op de websites van verschillende partners.

Meer informatie over FELMAR of een kopie van dit rapport kan opgevraagd worden bij de penvoerder.



Supported by:



Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, Nationale regelingen EZ-subsidies, Topsector Energie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

Conclusie en aanbevelingen

In het afgelopen jaar zijn er grote stappen gemaakt met betrekking tot de integratie van waterstof en brandstofcellen aan boord van binnenvaart schepen. Er is een laboratorium in aanbouw dat de nodige koudwatervrees kan wegnemen betreffende functionaliteit en betrouwbaarheid van een waterstof-brandstofcel voorstuwing. Daarbij is er een innovatief concept omtrent de ombouw van een binnenvaartschip uitgewerkt. Dit lijkt technisch haalbaar en geeft alle redenen voor een vervolg om tot een emissie-loos schip te komen.

Met alle kennis en expertise in Nederland op het gebied van waterstof-elektrische aandrijvingen voor de binnenvaart, heeft Maritiem Nederland het in zich om mondiaal koploper te worden in het waterstof elektrisch varen. De competenties en ervaring zijn aanwezig en verspreid over het hele land om grote stappen te kunnen zetten. Van de productie van waterstof, de opslag aan boord, de omzetting naar elektrische voorstuwing en vermogensopwekking tot de vooruitstrevende eindgebruiker zijn allemaal aanwezig binnen onze landsgrenzen. De transitie naar schone binnenvaart vraagt echter een totale omwenteling van de hele sector. Hier is hulp van de overheid bij nodig om te coördineren en te financieren omdat de belangen van de verschillende bedrijven binnen de sector anders en soms zelfs tegengesteld zijn.