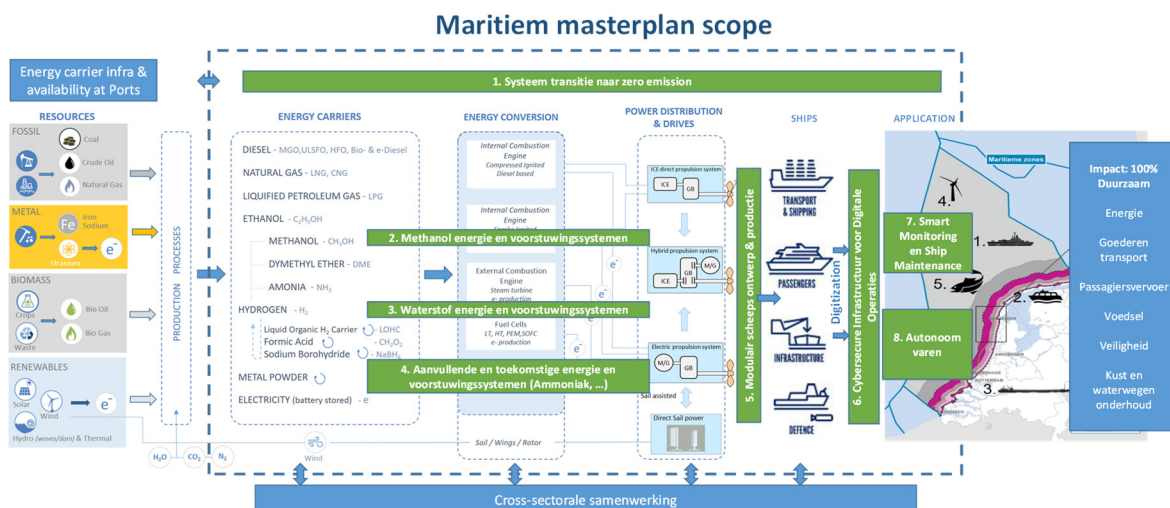


R&D-programma Maritiem Masterplan



De doelstelling van het ‘Masterplan voor een emissieloze maritieme sector’ (Maritiem Masterplan) is: na de coronacrisis duurzaam het verschil maken door samenwerking in de gehele keten en launching customership van de overheid, met 30 emissieloze en digitale schepen in 2030 en breed beschikbare kennis en technologie. De programmaliijnen in dit R&D programma zijn gericht op onderzoek en ontwikkeling met dat doel.

Investeren in de ontwikkeling en toepassing van nieuwe technologieën is nodig om ervoor te zorgen dat Nederlandse schepen binnen afzienbare tijd hun uitstoot significant kunnen reduceren en emissieloos kunnen gaan varen. De technische uitdagingen in deze maritieme energietransitie zijn groot: de benodigde vermogens voor schepen zeer hoog zijn (vele megawatts) en het noodzakelijke bereik zeer groot (vele dagen tot weken). De systemen voor dit soort hoge vermogens zijn nog in ontwikkeling en gebruiken brandstoffen die nog niet breed beschikbaar zijn. Elk scheepstype vraagt een eigen optimale aandrijflijn: een sleepboot of ander hulpvaartuig heeft een heel andere missie en vaarprofiel dan een vrachtschip of veerboot. Om tot emissieloze schepen te komen, moeten we ook naar de hele keten kijken: vanaf de energiebron, via de energiedragers, de omzetting van energie en de hele aandrijflijn tot het operationele gebruik van het schip. Alleen als deze hele keten ‘from well tot wake’ klimaatneutraal is, kunnen we echt spreken over schone scheepvaart.

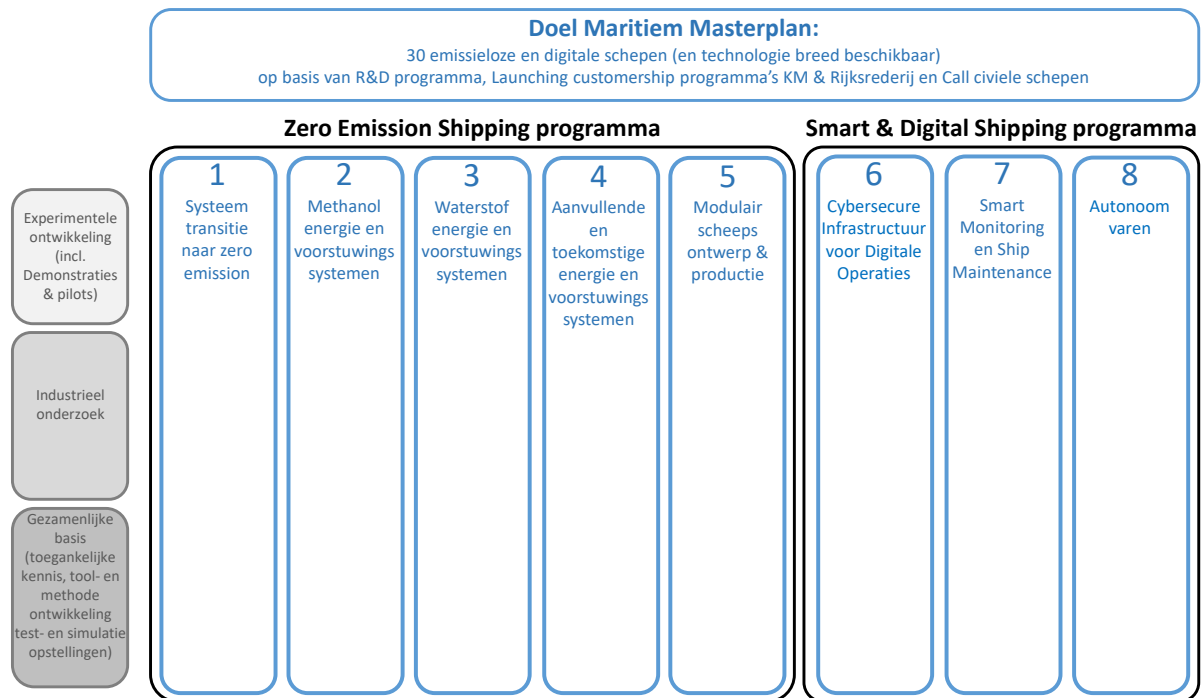


De maritieme energietransitie van grondstof tot maatschappelijk belang, met 8 programmaliijnen

De diversiteit aan schepen, werkzaamheden en vaarroutes maakt dus dat er niet één oplossing is voor de gehele Nederlandse vloot. Ontwikkeling en toepassing van verschillende alternatieve brandstoffen zoals methanol, waterstof en ammoniak zullen de komende decennia bijdragen aan het

steeds schoner varen van de schepen. Daarnaast zal met de versnelling van technologie-ontwikkeling het belang van eenvoudigere (en goedkopere) retrofits toenemen. Het modulair bouwen van schepen is één van de pilaren om schepen in de toekomst sneller aan te passen aan dan beschikbare technologie. Uiteraard gaat het niet enkel om brandstoffen. Oplossingen zoals elektrificering en gebruik batterijen evenals technieken zoals wind assisted ship propulsion en carbon capture storage dragen ook bij aan de versnelde verduurzaming van de maritieme sector. Naast verduurzaming liggen er grote kansen voor een slimmere en internationaal concurrerende sector door de inzet van nieuwe digitale oplossingen.

Het R&D-programma van het Maritiem Masterplan omvat daarom acht onderzoeklijnen die gericht zijn op *Zero Emission Shipping (1 – 5)* en *Smart & Sigital Shipping (6 – 8)*:



Samen zorgen deze lijnen voor de systeemverandering die nodig is om in de toekomst concurrerend emissieloze schepen te ontwikkelen, bouwen en laten varen. Leren van de eerste pilots, retrofits en prototypes en de technologieën daarop aanpassen, zal zorgen voor een continue verbetering van de concrete toepassing van R&D. In het R&D programma is ruimte voor de ontwikkeling van technologie die nu nog zeer experimenteel is, maar op termijn zal bijdragen aan de reductie van uitstoot.

De onderzoeklijnen staan in uitwerking en toepassing op zichzelf, maar zijn verweven waar het gaat om de energietransitie in de scheepvaart. Met het R&D-programma van het maritiem masterplan legt de sector het fundament voor de toekomstige ontwikkeling van emissieloze schepen.

Programmalijn 1: Systeemtransitie naar zero emission	
Doel programmalijn	<p>Het doel van programmalijn 1 is het aandragen van technisch gerelateerde oplossingen die nodig zijn voor de andere onderzoeklijnen waarmee de systeemtransitie naar zero-emissie gerealiseerd kan worden voor de nationale en Europese binnenvaart en zeevaart in 2030. De adoptie van (toekomstig) beschikbare duurzame technologieën is primair afhankelijk van de kosteneffectiviteit van een duurzame oplossing gerekend vanuit de €/ton CO2 of 'marginal abatement cost' (MAC) voor de verschillende scheepstypes in hun operationele context.</p> <p>Uiteindelijk is de R&D opgave in deze programmalijn om de keuzeprocessen te ondersteunen van alle betrokken stakeholders die bijdragen aan een versnelling van de systeemtransitie naar zero emissie. Het gaat daarbij om beschikbaarheid van energiedragers, onderbouwing van business cases, marktontwikkelingen, externe factoren, gevolgen voor personeel en regelgevingskaders. Deze programmalijn moet een kader bieden voor de andere meer technologisch bepaalde programmalijnen</p> <p><i>Noot: deze vraagstelling speelt ook in luchtvaart en automotive. Dit biedt een kans voor gezamenlijke verkenningen van welke combinaties van aandrijftechnologie en duurzame energiedragers het meest geschikt zijn voor welke mobiliteitstoepassingen, en de ontwikkeling en implementatie van de bijbehorende technologie, systemen en waardeketens voor productie, distributie en toepassing van die energiedragers (bijv. E-fuels).</i></p>
Onderzoeksvragen	<p>Voor een succesvolle systeemtransitie zullen enkele belangrijke randvoorwaarden moeten worden ontwikkeld:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Emissieloze oplossingen moeten voldoende ontwikkeld zijn: <ul style="list-style-type: none"> ○ Technologie moet marktrijp zijn en in de praktijk zijn getest; ○ Oplossingen moeten voldoen aan de veiligheidsnormen; en ○ Oplossing moet in voldoende mate beschikbaar zijn (bijvoorbeeld meerdere leveranciers). • In het geval van een duurzame energiedrager moet: <ul style="list-style-type: none"> ○ Deze in voldoende mate beschikbaar zijn tenminste binnen Europa; en ○ Er afdoende bunkerinfrastructuur beschikbaar zijn tenminste in Europa en voor omslag in gehele vloot wereldwijd. • Oplossingen moeten op termijn rendabel zijn. <ul style="list-style-type: none"> ○ Oplossing moet kunnen worden ingebed in de operatie; ○ De verhoogde CAPEX is terug te verdienen door lagere OPEX en in nieuwe financieringsmodellen wordt hier ruimte voor geboden; ○ Schaalvergroting leidt tot lagere CAPEX. • De overheid en organisaties zoals klassenbureaus dragen actief bij aan de energietransitie door ruimte in regelgeving te bieden aan pilots en experimenten in regelgeving en dat eveneens te doen alternatieve brandstoffen en energiedragers. Bovendien zet de Nederlandse overheid zich op Europees en internationaal niveau in voor coherent beleid. <p>Deze programmalijn behandelt de volgende onderzoeksvragen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Wat zijn de belangrijkste technologie gerelateerde factoren die bijdragen aan het realiseren van de energietransitie van schepen in verschillende maritieme marktsegmenten (zoals droge lading schepen, tankers, visserijschepen, sleepboten, werkschepen zoals offshore en koel- en vriesschepen)? Denk hieraan bij:

	<ul style="list-style-type: none"> o Technisch operationele factoren tijdens het varen o Technische veiligheidsvereisten in regelgeving. o Technische oplossingen die 'forward compatible' zijn of de levenscyclus van het schip <ul style="list-style-type: none"> - Op welke wijze kunnen resultaten uit het maritiem masterplan worden geëxtrapoleerd naar de verschillende segmenten? - Op welke wijze kan aansluiting worden gezocht bij de energietransitie bij andere sectoren (e.g., automotive en luchtvaart), zowel binnen het mobiliteitscluster als daarbuiten? - Welke niet-technische maatregelen dienen te worden ontwikkeld voor de industrie en de overheid om de energietransitie te versnellen en op te schalen? En wat is hierbij de rol van de regionale, nationale en internationale overheden in deze? - Op welke basis kunnen de ketenpartners besluiten nemen over investeringsbeslissingen voor emissieloze technologie ten behoeve van nieuwbouw en retrofit.
<p>Resultaten</p>	<p>Het resultaat van de programmalijn energietransitie is een duidelijk inzicht in technologische en economische randvoorwaarden.</p> <p>De resultaten van de hoofdactiviteiten zijn als volgt:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Transitiepaden over de lifecycle per scheepstype (incl. retrofits naar andere energiedragers) gericht op toekomstbestendige en schaalbare oplossingen die forward compatible zijn naar emissieloos schip. - Geharmoniseerd vergelijkingsmodel tussen verschillende duurzame technologieën van well to wake per scheepstype. - Integrale transitie methodiek voor de maritieme sector in globale context, inclusief continue bijsturing aangaande de contextuele ontwikkelingen zoals internationale R&D, duurzame energie beschikbaarheid, en regelgevingen, en emissie referentie methodiek (EEDI, EEXI, etc.) - Een set aan specifieke non-technische tools, regelgeving en beleidsadvies, vanuit de transitie methodiek ter versnelling en opschaling van commerciële haalbaarheid van zero-emissie scheepvaart in internationale context. - Een richtlijn voor het doorontwikkelen van de benodigde (cross sectorale) ecosystemen over de waardeketen. - Bedrijfseconomische aanpak ontwikkelen om schaalvoordelen te benutten en kosten te reduceren. <p>Alle beoogde trajecten dienen aandacht binnen de trajecten te geven aan de haalbaarheid van de concepten, en dragen direct bij aan de doorontwikkeling van de integrale roadmap voor de systeemtransitie.</p>
<p>Afhankelijkheden</p>	<p>De haalbaarheid van de specifieke technologische ontwikkelingen die onderzocht worden in programmalijnen 2-8 zijn sterk afhankelijk van de context waarin deze toegepast worden. De inzichten in de kosten (PL 2-5), risico's (PL2-5), technische oplossingen (PL2-5) en de impact op de operatie en het onderhoud (PL6-8) van klimaatneutrale en emissieloze technologie verschaffen de financiële, technische, infrastructurele en organisatorische impact van deze technologie voor de business case van toepassing van deze technologie in andere sectoren waarin de reders, maakindustrie en dienstverleners actief zijn.</p> <p>De toepassingen van deze technologieën via het launching customerschap en civiele schepen zal de schaalbaarheid van deze technologieën significant doen toenemen, waarmee het investeringsrisico wordt gereduceerd en daarmee de 'Marginal</p>

	<p>abatement cost' van de technologie. Enkel het reduceren van het technologische risico is onvoldoende om te garanderen dat de transitie tot stand komt. Hierbij zijn ook andere ontwikkelingen (CO₂-beleid, beschikbaarheid van energiedragers, etc) van belang. In deze programmalijn wordt aan deze vraagstukken gewerkt.</p> <p>Daarnaast zal uit deze programmalijn veel kennis worden ontwikkeld rondom specifieke (technische) vereisten vanuit de verschillende maritieme marktsegmenten. Hiermee kan richting worden gegeven aan het onderzoek in deze programmalijnen.</p>
Emissie reductie impact	<p>De bijdrage is sterk afhankelijk van het voorgestelde concept. Aanvullende energiedragers hebben de potentie om tot een vrijwel emissievrij schip te komen. Ook de afvang van CO₂ kan emissies naar de atmosfeer significant reduceren. Het reductiepotentieel van het verminderen van de energie- en vermogensvraag houdt voor fossiele brandstoffen direct verband met het verminderde brandstofverbruik. Een lager brandstofverbruik faciliteert echter ook de introductie van alternatieve energiedragers met een groter ruimtebeslag. Dezelfde redenering geldt voor het direct gebruik van duurzame energie, zoals bijvoorbeeld wind-assist.</p> <p>De concrete emissiereductie van het voorgestelde concept dient een direct selectie criterium te worden in de toekenningsprocedure.</p>
Implementatie	<p>De uitkomst van deze programmalijn is een set aan concrete tools en methoden die zich richten op het ondersteunen van het versneld en opgeschaald implementeren van technologieën uit programmalijnen 2 tot en met 8. Deze tools kunnen zowel gebruikt worden om de impact van klimaatneutrale en emissieloze technologie inzichtelijk te maken voor implementatie van de technologie op de launching customerschepen, civiele retrofits en nieuwbouwschepen van het maritieme masterplan als voor de business case van toepassing van deze technologie na het maritieme masterplan, wanneer subsidies niet meer benodigd zijn voor implementatie van deze technologie, omdat de kosten gedaald zijn door opschaling van zowel de technologie als de benodigde alternatieve brandstoffen.</p> <p>De bevindingen uit de projecten dienen te worden gedeeld met de sector, als continue doorontwikkeling van de systeemtransitie.</p>

Programmalijn 2: Methanol energie en voorstuwingssystemen	
Doel programmalijn	Het doel van programmalijn 2 is het realiseren van bewezen en schaalbare vermogens- en energiesystemen voor methanol en het daarmee samenhangende (innovatie) ecosysteem voor realistische maritieme gebruiksprofielen. Het onderzoek richt zich op zowel gebruik in interne verbrandingsmotoren als elektrochemische omzetting in brandstofcellen. De scope van deze programmalijn omvat projecten van het industrieel ontwikkelen en onafhankelijk testen van deze technologie in motorenlaboratoria en brandstofcellaboratoria tot en met de implementatie van deze energiesystemen aan boord van retrofit en pilotprojecten.
Onderzoeksvragen	<p>Methanol is een van de belangrijkste bouwstenen in een hernieuwbare energie-infrastructuur, omdat het relatief eenvoudig geproduceerd kan worden uit groene waterstof en (afgevangen) CO₂, alsmede uit biomassa en afvalstromen. Daarnaast biedt de relatief hoge energiedichtheid en toepasbaarheid kansen. De activiteiten richten zich op het ontwikkelen en verbeteren van zowel brandstofcellen, interne verbrandingsmotoren en opslag concepten voor de scheepvaart. Grotere methanol verbrandingsmotoren worden in beperkte mate toegepast. Aanvullende vragen richten zich op de ontwikkeling en verbeteringen van meer en kleinere interne verbrandingsmotoren en op de ontwikkeling van industriële ombouw van kleinere verbrandingsmotoren. De verificatie van het integrale veiligheidsconcept en robuustheid voor brede maritieme toepassing zijn voor methanol tevens essentieel. Bij de afweging voor methanol spelen ook de grondstoffen voor de methanolproductie een grote rol. Bij synthetische productie is tevens CO₂ benodigd. Daarom kunnen voorstellen waarin CO₂ afvang meegenomen wordt van aanvullende waarde zijn.</p> <p>Dit leidt tot de volgende onderzoeksvragen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Hoe kan methanol veilig en ruimte-efficiënt opgeslagen, gebunkerd en gebruikt worden in de scheepvaart? - Hoe verhouden de vermogensdichtheid, efficiëntie, dynamisch gedrag en levensduur van brandstofcellen op methanol zich tot conventionele systemen? - Hoe kunnen brandstofgebruik en NO_x-emissies van interne verbrandingsmotoren op methanol geminimaliseerd worden? - Hoe verhouden vermogensdichtheid, dynamisch gedrag en levensduur van brandstofcellen met methanol zich tot conventionele aandrijfsystemen? - Hoe verhouden vermogensdichtheid, dynamisch gedrag en levensduur van interne verbrandingsmotoren met methanol zich tot conventionele aandrijfsystemen? - Hoe kunnen bestaande scheepsmotoren het beste worden omgebouwd en geoptimaliseerd voor de toepassing van methanol? - Hoe kunnen retrofits met methanol gerealiseerd worden? - Hoe kunnen complexe (hybride) aandrijfsystemen op methanol geïntegreerd worden? - Hoe kunnen geïntegreerde aandrijfsystemen op methanol aangestuurd worden?
Resultaten	Om aandrijfsystemen op methanol succesvol toe te kunnen passen in de maritieme sector moeten onder andere de fysieke dimensies, brandstofverbruik, dynamisch gedrag, levensduur en de onderlinge samenhang van deze karakteristieken van deze systemen in kaart gebracht worden en waar nodig verbeterd. Er worden zowel aandrijfsystemen gebaseerd op brandstofcellen als interne verbrandingsmotoren ontwikkeld. Uiteindelijk leidt dit tot schaalbare, veilige en robuuste modules die voldoen aan generieke eisen in de scheepvaart.

	<p>De hoofdactiviteiten leveren de volgende resultaten op:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Standaarden en regelgeving voor innovatieve opslag en bunker concepten van methanol, inclusief een aanbevolen werkwijze; - Evaluatie van de specificaties en operationele karakteristieken van brandstofcellen met methanol-reformers en direct methanol brandstofcellen gebaseerd op testen en demonstrators; - Evaluatie van de specificaties en operationele karakteristieken van methanol in interne verbrandingsmotoren gebaseerd op testen en demonstrators; - Evaluatie, operationele karakteristieken en regelstrategieën van geïntegreerde energiesystemen voor methanol gebaseerd op testen en demonstrators. - Pilots en/of retrofitprojecten met methanol energie- en aandrijfsystemen. <p>Voor de toepasbaarheid van het industrieel onderzoek is het belangrijk dat de regeling en integratie van de systemen wordt uitgewerkt voor een concrete scheepscasus.</p>
Afhankelijkheden	<p>Dit programma sluit aan op de industrie gedreven ontwikkelingen in Green Maritime Methanol en eerder onderzoek in de maritieme kennisinstellingen. De faciliteiten van het maritieme motoren lab van de Nederlandse Defensie Academie met twee motoren voor methanol, de faciliteiten van het Innovation Centre for Sustainable Powertrains van TNO, het brandstofcellen laboratorium van de TU Delft en het Zero Emissie Laboratorium van MARIN zijn beschikbaar voor onderzoek vanuit de industrie ter voorbereiding op de implementatie van deze technologie in eventuele gekoppelde retrofit en pilotprojecten, waarvan het ontwerp is ontwikkeld getest en gevalideerd aan de hand van programmaliijn 5.</p> <p>De technisch economische haalbaarheid, toepasbaarheid en schaalbaarheid van deze aanvullende energie en voorstuwingssystemen, dient te worden ingeschat als onderdeel van trajecten, om de rol van deze technologie ontwikkeling in de systeemtransitie te plaatsen (link lijn 1).</p> <p>De impact op het scheepsonwerp en de bouw van deze aanvullende energie en voorstuwingssystemen, dient te worden ingeschat als onderdeel van trajecten (link lijn 5).</p> <p>De mogelijkheden voor monitoring van de aanvullende energie en voortstuwingssystemen dient verkend te worden (link lijn 6).</p>
Implementatie	<p>De R&D regeling leent zich naast de ontwikkeling van de technologie en de integratie van deze technologie in een gevalideerd ontwerp ook voor de implementatie van de technologie in een retrofit of pilotproject.</p> <p>De methanol energiesystemen op verbrandingsmotoren worden verder geïmplementeerd in de volgende launching customer schepen van Defensie en de Rijksrederij:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Zeegaande hulpvaartuigen van de Koninklijke Marine; - MPV-50 van de Rijksrederij; - Emergency Towing Vessels van de Rijksrederij. <p>De methanol energiesystemen op brandstofcellen met reformers zijn mogelijke kandidaat voor de laatste launching customerschepen van de Koninklijke Marine vanaf 2027:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Zeegaande hulpvaartuigen van de Koninklijke Marine. <p>Tevens zijn deze energiesystemen kandidaat energiesystemen voor de volgende civiele type schepen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Short sea shipping - Long range towing vessels

Programmalijn 3: Waterstof energie en voortstuwingssystemen	
Doel programmalijn	<p>Het doel van programmalijn 3 is het realiseren van bewezen en schaalbare voortstuwings- en energiesystemen voor waterstof en het daarmee samenhangende (innovatie) ecosysteem voor realistische maritieme gebruiksprofielen. Het onderzoek richt zich op zowel elektrochemische omzetting in brandstofcellen als verbranding in single fuel en dual-fuel motoren. De elektrificatie van maritiem energie- en aandrijfsystemen is daarbij een integraal onderdeel van deze programmalijn. De scope van deze programmalijn omvat projecten van het industrieel ontwikkelen en testen van deze technologie bij onafhankelijke partijen of kennisinstellingen, tot en met de implementatie van deze energiesystemen aan boord van retrofit- en pilotprojecten.</p>
Onderzoeksvragen	<p>Waterstof is een van de belangrijkste bouwstenen in een hernieuwbare energie-infrastructuur, omdat het middels elektrolyse relatief eenvoudig geproduceerd kan worden uit hernieuwbare elektriciteit en water. De activiteiten richten zich op het ontwikkelen en verbeteren van zowel brandstofcellen als interne verbrandingsmotoren voor de scheepvaart. Voor de integratie van deze aandrijflijnen is naar verwachting in veel gevallen een (gedeeltelijk) elektrisch aandrijflijn nodig, en voor brandstofcellen is dit zelfs noodzakelijk.</p> <p>Er is kennis nodig om brandstofcellen die werken op waterstof als onderdeel van een scheepstelsel te integreren en te optimaliseren. Daarnaast is behoefte aan onderzoek naar toepassing in een tweetal typen interne verbrandingsmotoren. Ten eerste de ontwikkeling van spark-ignition motoren die volledig op waterstof kunnen draaien. Ten tweede de bepaling van haalbaarheid en schaalbaarheid van dual-fuel motoren die gedeeltelijk op waterstof draaien als mogelijke transitie-oplossing voor bijvoorbeeld retrofits.</p> <p>De succesvolle integratie van waterstof energie- en voortstuwingssystemen vereist ook kennis over elektrische en hybride aandrijfsystemen, eventueel in combinatie met opslagsystemen voor elektrische energie, zoals batterijen. Deze worden ontwikkeld, geoptimaliseerd voor verschillende scheepstypen en operationele profielen en getest. De verificatie van het integrale veiligheidsconcept en robuustheid is voor brede maritieme toepassing van waterstof essentieel. Hierbij moeten verschillende waterstofdragers en opslagvormen worden meegenomen (vaste stof, in een dragende vloeistof etc.).</p> <p>Dit leidt tot de volgende onderzoeksvragen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Hoe kan waterstof veilig en ruimte-efficiënt opgeslagen, gebunkerd en gebruikt worden in de scheepvaart? - Hoe kan technologie voor de opslag van elektrische energie, zoals batterijen, veilig en ruimte efficiënt worden toegepast, en gebruikt worden in de scheepvaart? - Hoe kunnen de vermogensdichtheid, efficiëntie, dynamisch gedrag en levensduur van brandstofcellen op waterstof verbeterd worden? <ul style="list-style-type: none"> o Hoe verhouden vermogensdichtheid, dynamisch gedrag en levensduur van brandstofcellen met waterstof zich tot conventionele aandrijfsystemen? - Hoe kunnen de vermogensdichtheid, efficiëntie, dynamisch gedrag en levensduur van verbrandingsmotoren op waterstof verbeterd worden? <ul style="list-style-type: none"> o Hoe kunnen brandstofgebruik en NO_x-emissies van interne verbrandingsmotoren op waterstof geminimaliseerd worden? o Hoe verhouden vermogensdichtheid, dynamisch gedrag en levensduur van interne verbrandingsmotoren met waterstof zich tot conventionele aandrijfsystemen?

	<ul style="list-style-type: none"> ○ Hoe kunnen bestaande scheepsmotoren het beste worden omgebouwd en geoptimaliseerd voor de toepassing van waterstof als retrofit oplossing? - Hoe kunnen de vermogensdichtheid, efficiëntie, dynamisch gedrag en levensduur van opslagsystemen voor elektrische energie (bijvoorbeeld batterijen) verbeterd worden? - Hoe kunnen energiedichtheid, laadsnelheid en levensduur van maritieme batterijen nauwkeurig worden bewaakt, geschat en geoptimaliseerd? - Hoe kunnen complexe (hybride) maritieme aandrijfsystemen op waterstof geïntegreerd worden? - Hoe kunnen geïntegreerde aandrijfsystemen op waterstof aangestuurd worden?
Resultaten	<p>Om aandrijfsystemen op waterstof succesvol toe te kunnen passen in de maritieme sector moeten onder andere de fysieke dimensies, brandstofverbruik, dynamisch gedrag, levensduur en de onderlinge samenhang van deze karakteristieken van deze systemen in kaart gebracht worden en waar nodig verbeterd. Er worden zowel aandrijfsystemen gebaseerd op brandstofcellen als interne verbrandingsmotoren ontwikkeld. Uiteindelijk leidt dit tot schaalbare, veilige en robuuste modules die voldoen aan generieke eisen in de scheepvaart.</p> <p>De hoofdactiviteiten leveren de volgende resultaten op:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Standaarden, regelgeving en aanbevolen werkwijzen voor innovatieve concepten aangaande opslag en bunkeren van waterstof, toepassen van brandstofcellen, verbrandingsmotoren op waterstof, en het toepassen van opslagsystemen voor elektrische energie, zoals batterijen. - Evaluatie van de specificaties en operationele karakteristieken van brandstofcelsystemen inclusief ondersteunende componenten gebaseerd op testen en demonstrators. - Evaluatie van de specificaties en operationele karakteristieken van interne (retrofit-) verbrandingsmotoren op waterstof gebaseerd op testen en demonstrators. - Evaluatie van de specificaties en operationele karakteristieken van opslagsystemen voor elektrische energie (bijv. batterijen) gebaseerd op testen en demonstrators. - Evaluatie van operationele karakteristieken en regelstrategieën van geïntegreerde energiesystemen voor waterstof gebaseerd op testen en demonstrators. - Evaluatie en validatie van waterstof use cases voor launching customers. - Pilots en/of retrofitprojecten met waterstof energie- en aandrijfsystemen.
Afhankelijkheden	<p>Er zijn al veel ontwikkelingen met betrekking tot de toepassing van waterstof in de scheepvaart. Onderzoek en ontwikkeling in deze programmalijn sluiten daar nauw op aan. Er kan bijvoorbeeld gebruik gemaakt worden van de infrastructuur die ontwikkeld is voor het testen van brandstofcellen en verbrandingsmotoren voor waterstof, bijvoorbeeld in het fuel cell laboratory van de TU Delft, het Innovation Centre for Sustainable Power Trains van TNO en het Zero Emissie Laboratorium van MARIN. De kennis en faciliteiten van deze instituten kunnen gebruikt worden voor het verlagen van het risico van toepassing van waterstof energie- en aandrijfsystemen aan boord, ter voorbereiding op de implementatie van deze technologie in eventuele gekoppelde retrofit en pilotprojecten, waarvan het ontwerp is ontwikkeld getest en gevalideerd aan de hand van programmalijn 5.</p> <p>De technisch economische haalbaarheid, toepasbaarheid en schaalbaarheid van deze aanvullende energie en voorstuwingssystemen, dient te worden ingeschat als</p>

	<p>onderdeel van trajecten, om de rol van deze technologieontwikkeling in de systeemtransitie te plaatsen (link lijn 1).</p> <p>De impact op het scheepsontwerp en de bouw van deze aanvullende energie en voorstuwingssystemen, dient te worden ingeschat als onderdeel van trajecten (link lijn 5).</p> <p>De mogelijkheden voor monitoring van de aanvullende energie en voortstuwingssystemen dient verkend te worden (link lijn 6).</p>
Emissie reductie impact	<p>De bijdrage is sterk afhankelijk van het voorgestelde concept. Aanvullende energiedragers hebben de potentie om tot een vrijwel emissievrij schip te komen. Ook de afvang van CO₂ kan emissies naar de atmosfeer significant reduceren. Het reductiepotentieel van het verminderen van de energie- en vermogensvraag houdt voor fossiele brandstoffen direct verband met het verminderde brandstofverbruik. Een lager brandstofverbruik faciliteert echter ook de introductie van alternatieve energiedragers met een groter ruimtebeslag. Dezelfde redenering geldt voor het direct gebruik van duurzame energie, zoals bijvoorbeeld wind-assist.</p> <p>De concrete emissiereductie van het voorgestelde concept dient een direct selectiecriteria te worden in de toekenningsprocedure.</p>
Implementatie	<p>De R&D regeling leent zich naast de ontwikkeling van de technologie en de integratie van deze technologie in een gevalideerd ontwerp ook voor de implementatie van de technologie in een retrofit of pilotproject.</p> <p>Waterstof en brandstofcellen kunnen worden geïmplementeerd in de volgende launching customerschepen van Defensie en de Rijksrederij:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dienstvaartuig en trailerbaar meetvaartuig Rijksrederij; - Multipurpose vessels MPV-20 en MPV-50 van de Rijksrederij; - Havenduikvaartuigen van de Koninklijke Marine. <p>Ook in de civiele sector kunnen waterstof en brandstofcellen gebruikt worden om emissieloze schepen te realiseren. Spark-ignition interne verbrandingsmotoren worden voor de hogere vermogens voorzien en dual fuel motoren voor retrofits. De ontwikkelde technologie en kennis faciliteert daarmee de implementatie van waterstof energie- en aandrijfsystemen in de mobiliteitssector in het algemeen en de maritieme sector in het bijzonder.</p>

Programmalijn 4: Aanvullende en toekomstige energie en voortstuwingssystemen	
Doel programmalijn	<p>Het doel van programmalijn 4 is het realiseren van bewezen en schaalbare aanvullende en toekomstige energie- en voortstuwingssystemen en het verminderen van de energie- en vermogensvraag aan boord. Dit betreft systemen die niet direct gebaseerd zijn op methanol (programmalijn 2) en waterstof (programmalijn 3). Het onderzoek richt zich op het gebruik van deze aanvullende energiedragers in de daarvoor benodigde aandrijfsystemen, het verminderen van de energie- en vermogensvraag, het afvangen en opslaan van CO₂ en het direct opwekken en gebruik van duurzame energie aan boord. De scope van deze programmalijn omvat projecten van het industrieel ontwikkelen en testen van deze technologie bij onafhankelijke partijen of kennisinstellingen tot en met de implementatie van deze energiesystemen aan boord van retrofit en pilotprojecten.</p>
Onderzoeksvragen	<p>In aanvulling op de energie en voortstuwingssystemen voor methanol en waterstof in programmalijnen 2 & 3 zijn er veel aanvullende en toekomstige concepten die uitdagingen bieden waaronder:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Energiedragers (synthetische brandstoffen, zoals ammoniak) - Aandrijftechnologie (gas turbines, solid oxide fuel cells, ...) - Verminderen van de energie- en vermogensvraag (weerstandreductie, warmteterugwinning, ...) - Afvangen, opslaan en gebruik van CO₂ aan boord (CCS, CCU, sluiten koolstofkringloop) - Direct gebruik duurzame energie (wind assist, zonne-energie, ...) <p>Ook deze concepten moeten onderzocht, ontwikkeld en toegepast worden zodra ze een significante bijdrage kunnen leveren aan het realiseren van zero-emissie en digitale schepen.</p> <p>Dit leidt tot de volgende onderzoeksvragen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Wat zijn de benodigdheden voor veilige toepassing van het alternatieve concept voor toepassing in de scheepvaart? - Hoe kan energie- en vermogensvraag verminderende technologie een belangrijke bijdrage leveren aan het elimineren van emissies in de sector? - Hoe kunnen aanvullende aandrijfsystemen bijdragen aan het elimineren van emissies in de sector? - Hoe kunnen aanvullende (combinaties van) energiedragers bijdragen aan het elimineren van emissies in de sector? - Hoe kan CO₂ afvang, opslag en gebruik bijdragen aan het elimineren van emissies in de sector en het sluiten van de koolstofkringloop? - Hoe kan duurzame energie uit wind en zon direct aan boord gebruikt worden? - Hoe kunnen deze systemen in een scheepsontwerp geïntegreerd worden?
Resultaten	<p>Om aanvullende en toekomstige energie en voortstuwingssystemen succesvol toe te kunnen passen in de maritieme sector moeten onder andere de fysieke dimensies, brandstofverbruik, dynamisch gedrag, levensduur en de onderlinge samenhang van deze karakteristieken van deze systemen in kaart gebracht worden en waar nodig verbeterd. Uiteindelijk leidt dit tot schaalbare, veilige en robuuste modules die voldoen aan generieke eisen in de scheepvaart.</p> <p>De hoofdactiviteiten leveren de volgende resultaten op:</p>

	<ul style="list-style-type: none"> - Standaarden en regelgeving behorende bij het concept en het certificatieproces inclusief een aanbevolen werkwijze (recommended practice). - Evaluatie van de impact van aanvullende energie en vermogensvraag reducerende concepten. - Evaluatie van de impact van aanvullende aandrijfsystemen. - Evaluatie van de impact van aanvullende energiedragers. - Evaluatie van de impact van CO₂ afvang, opslag en gebruik. - Evaluatie van de impact van direct gebruik van wind en zon aan boord. - Evaluatie van de specificaties en operationele karakteristieken gebaseerd op testen en demonstrators. - Modellen en regelstrategieën van geïntegreerde energiesystemen. - Testresultaten voor prototypes en industriële producten Toepassing van deze systemen in retrofits of pilot-projecten.
<p>Afhankelijkheden</p>	<p>De technisch economische haalbaarheid en toepasbaarheid van deze aanvullende energie en voorstuwingssystemen, dient te worden ingeschat als onderdeel van trajecten, om de rol van deze technologie ontwikkeling in de systeemtransitie te plaatsen (link lijn 1).</p> <p>De lijn is complementair aan de lijnen die zich primair op methanol (programmaliijn 2) en waterstof (programmaliijn 3) richten. Wel kunnen energiedragers mogelijk gebruikt worden in de energie en voorstuwingssystemen uit deze lijnen (link lijn 2 & 3).</p> <p>De impact op het scheepsontwerp en de bouw van deze aanvullende energie en voorstuwingssystemen, dient te worden ingeschat als onderdeel van trajecten (link lijn 5). De mogelijkheden voor monitoring van de aanvullende energie en voortstuwingssystemen dient verkend te worden (link lijn 6).</p> <p>De programmaliijn sluit aan bij diverse lopende projecten en initiatieven, zoals GasDrive, Ammoniadrive, WASP en DERISCO₂, en kan gebruik maken van de daarvoor ontwikkelde laboratoria en proeftuinen bij onder andere de TU Delft, TU Eindhoven, TNO en MARIN.</p>
<p>Emissie reductie impact</p>	<p>De bijdrage is sterk afhankelijke van het voorgestelde concept. Aanvullende energiedragers hebben de potentie om tot een vrijwel emissievrij schip te komen. Ook de afvang van CO₂ kan emissies naar de atmosfeer significant reduceren. Het reductiepotentieel van het verminderen van de energie- en vermogensvraag houdt voor fossiele brandstoffen direct verband met het verminderde brandstofverbruik. Een lager brandstofverbruik faciliteert echter ook de introductie van alternatieve energiedragers met een groter ruimtebeslag. Dezelfde redenering geldt voor het direct gebruik van duurzame energie, zoals bijvoorbeeld wind-assist.</p> <p>De concrete emissiereductie van het voorgestelde concept dient een direct selectie criterium te worden in de toekenningsprocedure.</p>
<p>Implementatie</p>	<p>De R&D regeling leent zich naast de ontwikkeling van de technologie en de integratie van deze technologie in een gevalideerd ontwerp ook voor de implementatie van de technologie in een retrofit of pilotproject.</p> <p>De aanvullende en toekomstige energie- en voorstuwingssystemen en vermindering van de energie- en vermogensvraag aan boord kunnen breed toegepast worden in launching customer schepen en de civiele vloot. De snelheid waarmee de concepten geïmplementeerd kunnen worden en de daarmee samenhangende uitstootreductie is sterk afhankelijk van de marktrijpheid van het concept.</p>

Programmalijn 5: Modulair scheepsontwerp & productie	
Doel programmalijn	<p>De stappen naar emissieloos varen zijn omgeven door onzekerheden, zowel rondom de implementatie van verschillende technieken en het tempo waarop dit gerealiseerd kan worden. Om de risico's van deze stappen te verminderen en snel te kunnen reageren op toekomstige ontwikkelingen is het noodzakelijk om componenten en systemen modulair en uitwisselbaar te maken, modellen te ontwikkelen voor het gedrag van deze modulaire componenten en systemen en het gedrag en de interactie tussen deze componenten en systemen te valideren voor toepassing aan boord. Het doel van programmalijn 5 is te komen tot modulaire ontwerpen en realisaties van toekomstbestendige, betrouwbare, betaalbare, klimaatneutrale en emissieloze scheepsvermogen, voortstuwing en energiesystemen (Power, Propulsion and Energy systemen = PPE-systemen), waarbij vergaande electrificering een grote rol zal spelen. De programmalijn richt zich op zowel op het ontwikkelen van (inter)nationale standaarden, als de toepassing daarvan in digitale modellen voor PPE-systeemontwerp, scheepsontwerp en -productie en de validatie van deze modellen en ontwerpen. Na onafhankelijke validatie kunnen deze modellen en ontwerpen vervolgens sector breed geïmplementeerd worden als onderdeel van de totale scheepsontwerp en –productie.</p> <p>De regeling biedt ook de gelegenheid om te komen tot de eerste implementatie van de PPE-systemen en -ontwerpen in retrofit- en pilotprojecten. Deze modulaire ontwerp aanpak zorgt er voor dat de resultaten van implementatie van klimaatneutrale en emissieloze technologie in retrofit en pilotprojecten inzetbaar is voor de launching customership projecten en toekomstige civiele nieuwbouwprojecten in verschillende maritieme sectoren, waarin Nederlandse reders, de Nederlandse maakindustrie en dienstverleners actief zijn.</p>
Onderzoeksvragen	<p>De verduurzaming, digitalisering en electrificering van de maritieme sector en de onzekerheden in de stappen naar emissieloos varen verhogen de complexiteit en risico's in het ontwerp en bouw van schepen. Met een sector breed gedragen systematische modulaire aanpak kan de evaluatie en integratie van verschillende PPE-systemen effectiever en efficiënter uitgevoerd worden, de productie efficiënter worden ingericht en geautomatiseerd, toekomstige ombouw van schepen worden vereenvoudigd en blijven de risico's van implementatie van nieuwe technologieën beheersbaar.</p> <p>Een system engineering aanpak, waarin systematisch gewerkt wordt van operationele eis tot realisatie en waarin systemen en subsystemen in (virtuele) modellen gevat worden, kan hieraan bijdragen. Dit draagt bij aan het creëren van gestructureerde regel- en bewakingsystemen van de PPE-systemen en aan de operationele Digital Twin van het schip. Deze Digital Twin kan o.a. ingezet worden voor slimme digitale monitoring en duurzame autonome operaties. Door het creëren van traceerbaarheid in het ontwerp van systeemoplossing terug naar operationele eis kan de sector gezamenlijk de risico's bij implementatie van nieuwe technologie verlagen en ontwikkelde modules hergebruiken voor meerdere scheepsontwerpen. In o.a. de automotive and aerospace sectoren wordt system engineering reeds lange tijd toegepast, hetgeen bij heeft gedragen aan verdere standaardisatie en schaalvergroting.</p> <p>Dit leidt tot de volgende onderzoeksvragen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Hoe beïnvloeden operationele gebruikerseisen en operatieprofielen de functionele en technische eisen voor de PPE-systemen en de keuze van de verschillende energiedragers en energie omzeters?

	<ul style="list-style-type: none"> ○ Welke energiedragers en –omzetters zijn geschikt voor welke operationele profielen? ○ Welke rol speelt electrificering van het PPE-systeem bij de overstap naar andere energiedragers en –omzetter? ○ Hoe behouden we het overzicht over de operationele eisen en de functionele oplossingen tijdens het ontwerp van de schepen van de toekomst? <ul style="list-style-type: none"> - Hoe kan het ontwerp- en productieproces van machinekamers met verschillende toekomstige PPE-systemen efficiënter ingericht worden en de technische, veiligheid- en financiële risico's beheer? <ul style="list-style-type: none"> ○ Welke standaarden zijn benodigd voor effectieve inzet van modulair ontwerp en productie? ○ Hoe kan vergaande automatisering en robotisering van de productie een rol spelen in de transitie naar emissieloos varen? ○ Hoe kan een system engineering aanpak helpen in de stap naar modulariteit en daarmee de opstap zijn naar standaardisatie, en sector brede implementatie en opschaling? ○ Hoe komt de sector tot toekomstbestendige en levensvatbare ontwerp- en productiemethodieken die ervoor zorgen dat klimaatneutraal en emissieloos varen technisch en financieel haalbaar is? ○ Hoe draagt deze aanpak bij aan HAZID analyses voor de systeemontwerpen? - Hoe kan een modulair machinekamer ontwerp van schepen met klimaatneutrale en emissieloze PPE-systemen leiden tot het makkelijker integreren van toekomstige systemen? <ul style="list-style-type: none"> ○ Kunnen energieopslag systemen (e.g., tanks, batterijen) voor alternatieve brandstoffen worden uitgevoerd als modulaire containers? ○ Kan gelijkstroom (DC) distributie voldoen aan de eisen die aan het modulaire PPE-systeem gesteld zijn? ○ Kunnen componenten van energie- en voortstuwingssystemen uitgevoerd worden als (eenvoudig) uitwisselbare modules? ○ Kunnen PPE-systemen zo ontwikkeld worden dat ze flexibel zijn, zodat schepen gedurende de levensduur aangepast kunnen worden op andere brandstoffen. Hiermee kunnen toekomstbestendige oplossingen verkregen worden die forward compatible zijn naar een emissieloos schip. ○ Aan welke veiligheidsaspecten en standaarden dienen voor deze modules te voldoen? - Hoe kan het systeemgedrag en de interactie tussen de verschillende deelsystemen gemodelleerd en gevalideerd worden? <ul style="list-style-type: none"> ○ Wat is de interactie tussen het voortstuwingssysteem, het energiesysteem en andere gebruikers? ○ Hoe kan het regel- en bewakingssysteem bijdragen aan het aanpassen van het systeemgedrag aan de dynamische belastbaarheid van de verschillende vermogensopwekkers?
--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

	<ul style="list-style-type: none"> - Hoe kan een efficiënter digitaal ontwerp en productie proces ingezet worden om de risico's te beheersen van de eerste implementatie van deze technologie aan boord van pilot en retrofit projecten.
Resultaten	<p>De programmalijn levert als resultaat modulaire ontwerpen en realisaties van toekomstbestendige, betaalbare klimaatneutrale en emissieloze PPE-systemen, gebruikmakend van systematisch modulaire ontwerptechnieken en flexibele productieprocessen. Dit zal worden toegepast op voor Nederland relevante scheepstypen met bijbehorende operationele profielen.</p> <p>De programmalijn levert als resultaat een eenduidige en systematisch ontwerp en productie aanpak die overzicht behoudt in het ontwerpproces van operationele eis tot realisatie. Deze aanpak zal worden toegepast op specifieke scheepstypen met bijbehorende operationele profielen. Met deze aanpak worden risico's verminderd, modulariteit van het scheepsontwerp en -productieproces bereikt en door (vroegtijdige) modelvorming per module bijgedragen aan de Digital Twin van het eindelijke schip en haar subsystemen.</p> <p>De hoofdactiviteiten leveren de volgende resultaten op:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ontwerpen en pilots voor geïntegreerde modulaire innovatieve PPE-systemen gebruikmakend van elektrische vermogensdistributie waar nodig en waar mogelijk inclusief energiebesparende concepten (e.g., wind assist), (data)standaarden voor modulair ontwerp en productie; <ul style="list-style-type: none"> ○ Modulaire productie van scheepssystemen voor pilot- en retrofit projecten. ○ Pilots voor geautomatiseerde en gerobotiseerde productielijnen gericht op flexibiliteit, efficiëntie en circulariteit; ○ Pilots voor modulaire productie van geavanceerde scheepssystemen; ○ Pilots van onderscheidende duurzame energiedrager opslag geïntegreerd in het scheepsontwerp. - HAZID's van de PPE-systeem- en scheepsontwerpen en daarvan afgeleide ontwerpregels en analyses voor toepassing en opslag van alternatieve energiedragers; - Een aanbevolen werkwijze (recommended practice) en standaarden betreffende de toepassing van het concept modulariteit in scheepsbouw; - Modelvorming per systeemmodule die bijdraagt aan de Digital Twin van het eindelijke schip en haar subsystemen; - Regel- en bewakingsstrategieën waarmee de dynamische interactie tussen de verschillende energieopwekkers en -gebruikers gereguleerd wordt, zodat onderhoud beperkt wordt en gebruikerseisen gehaald worden; - Integratie van ontwikkelde simulatiemodellen en resultaten van testen in laboratoria van de verschillende PPE-systemen, die het gedrag van deze systemen voorspellen, in het ontwerp- en validatie proces en in de uiteindelijke scheepsoperatie; <ul style="list-style-type: none"> ○ Een virtueel breed inzetbaar simulatie platform waarmee de interactie tussen verschillende PPE-systemen kan worden onderzocht en geoptimaliseerd en dat ingezet kan worden tijdens de scheepsoperatie; ○ Een gecontroleerde laboratorium validatie omgeving om het virtuele simulatie platform en nieuwe regelstrategieën te verifiëren en valideren. - Een evaluatie en concretisering van de emissiereductie potentie van de ontwikkelde en geïmplementeerde technieken en pilots.

Afhankelijkheden	Deze programmalijn loopt als rode draad door de gehele ontwikkeling (van ontwerp tot operatie) van de klimaatneutrale emissieloze systemen. Het verbindt de eerste programmalijnen via modelvorming, systematische aanpak en vergaande electrificering met de operationele en digitaliseringskant in de laatste programmalijnen. Een virtueel simulatie platform en een fysieke validatie omgeving bieden de werven, engineering bureau's, systeem integratoren en systeemleveranciers de mogelijkheid om hun prototypes en industriële systemen onafhankelijk te valideren waarmee de risico's van implementatie in pilot- en retrofit projecten en de aansluitende launching customership projecten beheerst kunnen worden.
Emissie reductie impact	De bijdrage aan de uitstoot vermindering wordt voornamelijk bepaald door de keuze van brandstof en energie omzetter, die onderwerp zijn van programmalijn 2 tot en met 4. De efficiënte integratie van deze systemen en de geavanceerde regeling kunnen door de geoptimaliseerde opzet van deze systemen leiden tot een verdere besparing van 10% tot 20% aan energieverbruik en de bijbehorende schadelijk uitlaatgassen, als er sprake is van bijvoorbeeld verbrandingsmotoren. De programmalijn draagt bij aan daadwerkelijke realisatie van emissieloze schepen door de systematische aanpak die risico's kan indammen en het benodigde overzicht en vertrouwen geeft bij het introduceren van nieuwe technologieën.
Implementatie	De resulterende ontwerpen worden gebruikt voor het ontwerp van de productie van schepen met klimaatneutrale en emissieloze energiesystemen voor de launching customership projecten. Deze ontwerpen kunnen vervolgens ingezet worden door Defensie en de Rijksrederij bij de verwerving van de launching customer schepen en door de civiele reders bij civiele nieuwbouwprojecten en retrofits uit het maritiem masterplan voor een emissieloze maritieme sector.

Programmalijn 6: Cybersecure Infrastructuur voor Digitale Operaties	
Doel programmalijn	Het doel van programmalijn 6 is het veilig verzamelen, gecontroleerd beschikbaar maken en slim verwerken van de juiste data van de scheepssystemen en scheepsintegriteit, de omgeving waarin het schip opereert en de condities waaronder het schip opereert.
Onderzoeksvragen	<p>De activiteiten richten zich op het ontwerpen en testen van een cybersecure infrastructuur aan boord en op de wal waarmee relevante data uit de scheepssystemen van de diverse toeleveranciers op een gelijkwaardige wijze ontsloten wordt. Gebruikers van de ontsloten data zijn het personeel aan boord en op de wal en de verschillende applicaties en digital twins uit programmalijnen 7 en 8 die het personeel ondersteunen in hun werkzaamheden om de operatie efficiënt, veilig en duurzaam uit te voeren. Daarmee vormt programmalijn 6 het fundament voor de programmalijnen 7 en 8.</p> <p>Het schip zal daarom op een slimme en efficiënte wijze uitgerust moeten worden met sensoren en de daarbij benodigde cybersecure netwerkarchitectuur. Onderdeel van de infrastructuur is robuuste en efficiënte wijze van opslag van ruwe en verwerkte data en het gecontroleerd, vertrouwd en selectief kunnen delen van data met verschillende partijen. Met de ontsloten data is het mogelijk beeldopbouw te plegen zowel intern als extern het schip. Intern het schip betreft het de status en beschikbaarheid van de systemen, de scheepsintegriteit, de status van de lading en de status van het aan boord aanwezig personeel. Externe betreft het de condities en omgeving waarin het schip vaart en data afkomstig van SCC en VTS.</p> <p>Dit leidt tot de volgende onderzoeksvragen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Welke (virtuele) en potentieel multi-inzetbare sensors dienen (door)ontwikkeld te worden voor de veilige verzameling, gecontroleerd beschikbaar maken, en slim verwerken van de juiste data om de operatie efficiënt, veilig en duurzaam uit te voeren. - Hoe zijn de in deze programmalijn ontwikkelde sensors en digitale technologie te valideren en (cybersecure) te demonstreren zodat deze veilig, robuust en effectief gereed gemaakt wordt voor implementatie? - Hoe zijn de interfaces tussen diverse systeemleveranciers te standaardiseren, zodat de verzamelde data vertrouwd, gecontroleerd, eenvoudig toepasbaar, en selectief beschikbaar gesteld worden aan verschillende partijen? - Hoe kan door een zo vroeg mogelijke, geautomatiseerde controle aan boord de kwaliteit van de verzamelde data zo groot mogelijk gemaakt worden? <ul style="list-style-type: none"> o Hoe kan de kwaliteit van de data gedefinieerd worden om flexibel en langdurig gebruik mogelijk te maken? o Aan welke eisen c.q. kwaliteit moet de data voldoen zodat deze interpreteerbaar is voor Digital Twins? o Hoe kunnen valse sensoralarmen bepaald en geminimaliseerd worden? - Hoe kan een schaalbare, generieke cybersecure infrastructuur ontworpen, gedemonstreerd en gerealiseerd worden? <ul style="list-style-type: none"> o Hoe kunnen draadloze technieken op een cybersecure wijze gedemonstreerd en toegepast worden? - Hoe kan de verzamelde data gecombineerd worden met de operationele context om de interpretatie te verbeteren? <ul style="list-style-type: none"> o Hoe kan de scheepsintegriteit, de integriteit van scheepssystemen en de status van personeel aan boord zo efficiënt mogelijk bepaald worden?

	<ul style="list-style-type: none"> ○ Hoe kunnen de externe condities zoals stroming en golven en andere omgevings-informatie in de omtrek van de scheepslocatie verzameld worden? - Hoe kunnen de externe condities zoals stroming en golven en andere omgevings-informatie in de omtrek van de scheepslocatie verzameld worden? - Hoe kan door een zo vroeg mogelijke, geautomatiseerde controle aan boord de kwaliteit van de verzamelde data zo groot mogelijk gemaakt worden? - Hoe kan de kwaliteit van de data gedefinieerd worden om flexibel en langdurig gebruik mogelijk te maken? - Hoe kan de verzamelde data gecombineerd worden met de operationele context om de interpretatie te verbeteren?
<p>Resultaten</p>	<p>Om maritieme operaties slimmer, veiliger, duurzamer en emissie loos uit te kunnen voeren, moet over de hele maritieme operatie van een schip op een veilige manier data verzameld, ontsloten en gedistribueerd worden zodat deze gebruikt kan worden in de programmalijnen 7 en 8.</p> <p>De hoofdactiviteiten leveren de volgende in testomgevingen gevalideerde en gedemonstreerde en aan boord geïmplementeerde resultaten op:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sensors van de scheepssystemen (e.g., batterijen, brandstofcellen, verbrandingsmotoren) en scheepsintegriteit (e.g., romp, schroef), de omgeving waarin het schip opereert (e.g., andere scheepvaart), en de condities waaronder het schip opereert (e.g., weersomstandigheden). - Ontwikkeling en demonstratie van een methode voor sensor specificatie & selectie. - Realisatie van interface en data standaardisatie, security en eigenaarschap. - Definitie, uitwerking en demonstratie van, en inzicht in data kwaliteit - Ontwikkeling en implementatie van een methode voor root cause fout analyse - Methode voor vertrouwd en selectief data te delen, zowel technisch als in juridisch sluitend afsprakenkader (inclusief platformen). - Ontwikkeling en implementatie van een flexibele en toegankelijke data infra- en architectuur aan boord en op de wal (zoals SCC, VTM, onderhoudsbedrijven, etc)
<p>Afhankelijkheden</p>	<p>Programmalijn 6 vormt het fundament voor programmalijnen 7 en 8 waar onder andere applicaties worden ontwikkeld die zorgen voor het efficiënter en goedkoper varen van het schip en, gezien de toenemende complexiteit, verantwoord en gecontroleerd kunnen varen met een modern schip. Er zijn ontwikkelingen gaande met betrekking tot de toepassing van een flexibele data infra- en architectuur aan boord van toekomstige marineschepen. Onderzoek en ontwikkeling in deze programmalijn sluiten daar op aan maar zijn ook gericht voor een brede toepassing binnen het civiele maritieme domein.</p>
<p>Emissie reductie impact</p>	<p>De bijdrage is sterk afhankelijke van het voorgestelde concept. Aanvullende energiedragers hebben de potentie om tot een vrijwel emissievrij schip te komen. Ook de afvang van CO₂ kan emissies naar de atmosfeer significant reduceren. Het reductiepotentieel van het verminderen van de energie- en vermogensvraag houdt voor fossiele brandstoffen direct verband met het verminderde brandstofverbruik. Een lager brandstofverbruik faciliteert echter ook de introductie van alternatieve energiedragers met een groter ruimtebeslag. Dezelfde redenering geldt voor het direct gebruik van duurzame energie, zoals bijvoorbeeld wind-assist.</p> <p>De concrete emissiereductie van het voorgestelde concept dient een direct selectiecriteria te worden in de toekenningsprocedure.</p>

Implementatie	<p>Een gelijkwaardige ontsluiting van data en beschikbaar stellen aan personeel en applicaties en 3rd parties aan boord en op de wal biedt de mogelijkheid om nieuwe technologieën zoals mixed reality, data science, digital twins, simulaties en artificial intelligence toe te passen. Deze technologieën dragen bij om maritieme operaties goedkoper, efficiënter, duurzamer, emissie loos en waar mogelijk en noodzakelijk op afstand veilig en gecontroleerd uit te voeren. Bovendien is het ontsluiten van data noodzakelijk om de performance van innovatieve voorstuwing- en energiesystemen goed te kunnen bewaken en begrijpen, evenals de complexere interactie tussen die systemen het wenselijk/noodzakelijk maakt alle gerelateerde data in gezamenlijkheid te analyseren en te gebruiken.</p> <p>De activiteiten (studies, richtlijnen, ontwikkeling van digitale test en validatie omgevingen, demonstrators en implementatie) dienen met een diversiteit aan actoren uitgevoerd te worden.</p> <p>Verder heeft het de voorkeur dat de activiteiten in deze programmalijn zoals het uitwerken van test en performance omgevingen en het demonstreren in use cases, bijdragen aan de activiteiten van de andere programmalijnen en met name aan 5, 7 en 8.</p>
---------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Programmalijn 7: Smart Monitoring en Ship Maintenance	
Doel programmalijn	Het doel van programmalijn 7 is het eenduidig ondersteunen van het personeel aan boord en op de wal in het veilig, slim, en zuinig uitvoeren van maritieme operaties en in het monitoren, adviseren, bedienen en onderhouden van de systemen aan boord van het schip (e.g., digital twins), waarbij rekening gehouden wordt met de te behalen operationele doelstellingen.
Onderzoeksvragen	<p>De introductie van nieuwe, zero-emission energiesystemen geeft de energiehuishouding een meer centrale positie in de operatie van het schip. De toenemende complexiteit en integratie van de systemen vereist uitgebreidere ondersteuning voor de bemanning. De ondersteuning kan verkregen worden door het slim monitoren van de status en integriteit van de systemen aan boord en de scheepsomgeving (en het schip zelf?). Inzicht in deze systemen, gecombineerd met verdere digitalisering biedt de mogelijkheid om operaties te optimaliseren en de operationele veiligheid te vergroten. Door innovatieve visualisatie technieken zoals bijvoorbeeld augmented reality wordt de bemanning en ondersteuning vanaf de wal de benodigde informatie gegeven. Daarnaast richten de activiteiten zich op het minimaliseren van correctief en preventief onderhoud tijdens maritieme operaties door condition based monitoring en predictive maintenance toe te passen op basis van digital twins, data science en artificial intelligence technieken om duurzame operaties mogelijk te maken.</p> <p>Deze ontwikkelingen leiden tot de volgende onderzoeksvragen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Hoe kunnen verschillende adviessystemen bijdragen aan een geïntegreerd, eenduidig en overkoepelend advies? - Hoe kunnen nieuwe visualisatie technieken zoals augmented reality het personeel aan boord en op de wal helpen begrijpen in welke situatie het schip zich bevindt? - Hoe draagt smart monitoring bij aan zuinigere en veiligere operaties? - Hoe kunnen nieuwe onderhoudsconcepten zoals conditioned based monitoring en predictive maintenance bijdragen aan een slimme, veilige en zuinige maritieme operatie? - Hoe wordt sensoriek optimaal toegepast om de status en integriteit van het schip en de systemen te monitoren? - Hoe wordt het sensor en netwerkarchitectuur van WP6 gecombineerd met contextuele informatie zodat een compleet en toepasbaar extern maritiem beeldopbouw wordt gerealiseerd? - Hoe wordt de monitoringsdata geïnterpreteerd en gecombineerd om tot zuinigere en veiligere operaties te komen? Denk hierbij aan route & weather planning, energie & powermanagement, alarm management, intent sharing en collision avoidance. - Hoe wordt de interface tussen het smart monitoring en ship maintenance systeem, de bemanning en de wal op een betrouwbare en efficiënte manier uitgevoerd? - Hoe blijven de applicaties op de wal gesynchroniseerd met de situatie aan boord en met de operatie, met name als de verbindingen met de wal beperkt is of niet gegarandeerd is? - Hoe zijn nieuwe brugconcepten te ontwikkelen zodat met veel meer data en zero emissie voortstuwings- en energiesystemen, veel slimmer en zuiniger varen mogelijk is?
Resultaten	Smart monitoring en ship maintenance betreft een breed scala aan ondersteuningsapplicaties die de bemanning aan boord en op de wal op een

	<p>eenduidige wijze ondersteunen in de uitvoering van hun taak. De adviezen van deze applicaties vullen elkaar aan en zorgen ervoor dat de bemanning de maritieme operaties slimmer, veiliger, duurzamer en emissie loos kunnen uitvoeren. De ontwikkeling van de applicaties dienen human centrisch plaats te vinden waarbij de interactie van het personeel met de systemen centraal staat. Ontwikkeling en evaluatie dient plaats te vinden met behulp van daartoe ingerichte laboratoria. Validatie, demonstratie en implementatie dient aan boord van bestaande en nieuwe schepen en bij SCC en VTS gerealiseerd te worden.</p> <p>De hoofdactiviteiten leveren de volgende resultaten op:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ontwikkelen en implementeren van een integraal smart monitoring en maintenance systeem voor monitoring van de integriteit, operationele condities en (energie)voorraden van de scheepssystemen aan boord - Voorspellen van korte en lange termijn maritieme beeld ten behoeve van veilige en optimale operatie op basis van detectie, tracking, classificatie, gedragsanalyse en -predictie - Operationele interface van het smart monitoring en maintenance systeem met de bemanning en de wal. - Smart awareness ten behoeve van beslisondersteuning systeem voorop het gebied van: <ul style="list-style-type: none"> o Optimale en zuinige operatie o Veilige operaties - Demonstratie van het digitaal delen over de te varen route met omringende scheepvaart, SCC en VTS - Een in een laboratorium beproefd nieuwe ergonomisch brugconcept gedemonstreerd aan boord waarin nieuwe ondersteuningsapplicaties en visualisatietechnieken samenkomen - Voorspellen van korte en lange termijn onderhoud op basis van sensor data, datascience en condition en predictive maintenance
Afhankelijkheden	<p>Programmaliijn 7 hangt sterk af van programmaliijn 6 omdat programmaliijn 6 de data-infrastructuur realiseert voor de applicaties uit programmaliijn 7. Daarnaast is er een afhankelijkheid met programmaliijn 5 omdat programmaliijn 5 de gekozen ontwerpmethodiek die passend is voor implementatie van nul-emissie technologie. Ten slotte ondersteunt programmaliijn 7 de programmaliijnen 2, 3 en 4 door de operatie van emissie reductie systemen met genoemde digitale technologie efficiënter en veiliger te laten verlopen.</p> <p>Op het gebied van monitoring en onderhoudsconcepten zijn er diverse ontwikkelingen gaande bij het Ministerie van Defensie (DMO en NLDA), universiteiten zoals TU-Delft, Radboud Universiteit, kennisinstituten, maritieme integratoren zoals Damen Naval en RH Marine en toeleveranciers. Onderzoek en ontwikkeling in deze programmaliijn sluiten daar op aan.</p>
Emissie reductie impact	<p>Inzage in de prestaties van het systeem.</p> <p>Programmaliijn 7 ondersteunt het personeel in het zuinig omgaan met de aan boord beschikbare energie. Daarnaast levert programmaliijn 7 op de middellange en lange termijn efficiency op omdat het bijdraagt aan het realiseren van predictive maintenance.</p>
Implementatie	<p>Slimme monitoring applicaties en predictive maintenance concepten zowel aan boord als op de wal faciliteren de toepassing van nieuwe technieken zoals data science, artificial intelligence, mixed reality, digital twins, etc waarmee het personeel geholpen wordt de operatie waarin het schip zich bevindt, sneller en makkelijker te begrijpen.</p>

	<p>Daarmee dragen deze technologieën bij om maritieme operaties goedkoper, efficiënter, duurzamer, emissie loos en waar mogelijk en noodzakelijk op afstand veilig en gecontroleerd uit te voeren.</p> <p>De activiteiten in deze programmalijn dienen waar mogelijk gebruik te maken van use cases zoals gedefinieerd in programmalijn 8 om herbruikbaarheid maar vooral ook versnelling mogelijk te maken. Tav VTS en SCC zijn de activiteiten te combineren met ontwikkelingen bij de kennisinstututen.</p>
--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Programmalijn 8: Autonom Varen	
Doel programmalijn	Het doel van programmalijn 8 is het verduurzamen, veiliger en efficiënter inrichten van de scheepsvaart door taken aan boord sterk te ondersteunen met automatisering, en waar mogelijk volledige autonome operaties. Waardoor de mens van uitvoerende naar een blijvend centrale, maar meer controlerende rol gaat door taken te vereenvoudigen, te verplaatsen naar de wal, en te vervangen door robotisering.
Onderzoeksvragen	<p>Smart Shipping technologie / autonoom varen versterkt de opkomst van duurzaam varen en vice versa. Door aan boord verregaand te automatiseren dalen de arbeidskosten per schip, waardoor kleinere scheepsontwerpen of langzamere maritieme (logistieke) oplossingen duurzaam rendabel worden en zo bijdragen aan een modal shift van minder duurzame, of overbelaste, modaliteiten naar het water. Tegelijkertijd heeft een duurzame voortstuwing aan boord minder onderhoud van bemanning nodig. Duurzaam (0-emissie) en smart shipping zullen elkaar dus versterken.</p> <p>Eveneens stimuleren smart shipping oplossingen een veiligere operatie (voor mens en milieu) en bieden ze door het verleggen van taken naar de wal een antwoord aan het groeiende tekort aan gekwalificeerde zeevarenden.</p> <p>Dit leidt tot de volgende onderzoeksvragen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Hoe kunnen vergaande digitalisering, automatisering en autonomie scheepsoperaties optimaliseren t.a.v. veiligheid, kosten en emissiereductie? - Welke situation assessment capability is nodig zodat vergaande digitalisering robuust wordt en contingency capabilities bevat in complexe situaties (hoge verkeersdichtheid, verminderde zicht, passeren van fysieke objecten zoals bruggen en sluisen, verminderde communicatie, verminderde manoeuvreerbaarheid)? - Welke mate van autonomie wordt nagestreefd en kan het systeem door de gebruiker worden aangepast op die behoefte? - Hoe worden regelgeving en juridische kaders aangepast voor veilige implementatie? - Hoe wordt de communicatie met andere schepen / de wal uitgevoerd? Hoe wordt de veiligheid van deze communicatie gewaarborgd? - Hoe wordt de situation assessment gedeeld met andere schepen / de wal ten behoeve van efficiënte en veilige operaties en geïnformeerde SCC en VTS? - Wat is de relatie tussen de beschikbare connectiviteit (bandbreedte en robuustheid) en de benodigde mate van autonomie. - Welke mate van connectiviteit is nodig voor veilige door de mens gemonitorde autonome operaties op zee? - Hoe is autonome navigatie en hoe is navigatie op afstand te valideren en te accrediteren?
Resultaten	<p>Antwoord op bovenstaande vragen, concreet gemaakt in:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Industry guidelines voor automatische en autonome aansturing van schepen, aansluitend bij internationale richtlijnen - Legal/liability modellen - Operationele / exploitatie modellen - Ontwikkeling & implementatie van een model based system engineering aanpak, in lijn met hoe deze in andere programmalijnen wordt opgepakt en die gebruikt kan worden in implementatie van de nieuwe technologieën - Technische implementatie en performance evaluation in diverse testomgevingen en laboratoria die technologieën en applicaties voor diverse use cases testen.

	<ul style="list-style-type: none"> - Technische oplossingen binnen de gekozen use cases, bouwend op de infrastructuur en monitoring systemen die in het kader van programmalijnen 6 en 7 worden ontwikkeld - Remote-controlled varen in havens, binnenvaart en short-sea demonstreren op kleine, middelgrote en grote schepen als noodzakelijke tussenstap naar autonoom, waarbij connectiviteit, opleidingen en situational awareness in een shore control center automatische verkeersbegeleiding uitgewerkt en gedemonstreerd worden - Kunstmatige intelligentie en autonome systemen aan boord die de taken van bemanning overnemen, bijvoorbeeld in veilige interactie met andere schepen maar ook in havens. - Ontwerp van schepen en varende platforms waarin de rol van bemanning is bijgesteld naar monitoring (op afstand) in plaats van besturing aan boord.
<p>Afhankelijkheden</p>	<p>De programmalijn 8 bouwt deels op ontwikkelingen die in programmalijn 6: <u>Cybersecure Infrastructuur voor Digitale Operaties</u> worden gerealiseerd. Het ontsluiten van (platform)data is een noodzakelijke voorwaarde om autonome technologie op te bouwen. Commerciële toepasbaarheid van die technologie is een randvoorwaarde om autonome scheepssystemen op grote schaal commercieel toe te kunnen passen. Ook is er een belangrijke link met programmalijn 7: Smart Monitoring & Ship Maintenance. Het Digitalisering van monitoring en Ship maintenance kan wel bestaan zonder de automatisering van de executieve functies van het schip. Andersom is het voor het automatiseren en autonominiseren van schepen cruciaal dat er betrouwbare gedragsmodellen van het schip beschikbaar zijn, zoals die in programmalijn 7 ontwikkeld worden.</p> <p>Omdat de ontwikkeling van platformdigitalisering en autonome technologie zich naar verwachting nog sterk zal ontwikkelen is een <u>modulaire, model system based ontwerp/productiemethode</u> zeer wenselijk om toekomstige ontwikkelingen makkelijker in te passen.</p> <p>Buiten het maritieme masterplan is samenwerking met initiatieven op het gebied van internationale regelgeving (IMO, CCNR) en het valideren van veiligheid (zoals voorgesteld in het CAPE-JIP) noodzakelijk om de randvoorwaarden voor autonome schepen en systemen te kunnen garanderen. Voor standaardisatie (gegevensuitwisseling, connectiviteit, VTS & vaarwegdata) zal samenwerking met internationale gremia gezocht en onderhouden moeten worden, zowel binnen Europa als daarbuiten.</p>
<p>Emissie reductie impact</p>	<p>Smart shipping technologie maakt mogelijk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Autonomie en dientengevolge bemanningsreductie zorgen voor verdere kostenreductie: competitieve business cases voor modal shift; - Kleinere, onbemande vaartuigen die taken overnemen van bemande schepen gebruiken in het algemeen veel minder energie. <p>De winst is afhankelijk van de uitgewerkte use case, ruw geschat:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Short Sea (autonomie alleen) -10% efficiency, bijdrage modal shift door duurzaam en kosten effectieve shortsea moeilijk te kwantificeren maar significant; - AGV/drones -70% energie door het veel kleinere platform. -100% directe emissies door het kleinere platform elektrisch uit te kunnen voeren, wat bij inzet rond windparken ook een betere politieke acceptatie kent; - Binnenvaart winst door modal shift is niet makkelijk te kwantificeren maar levert een significante reductie in <u>energiegebruik</u>; <p>Naast de beoogde emissie reductie bieden smart ships / autonome schepen een belangrijk instrumentarium om een duurzame scheepvaart te garanderen op het</p>

	<p>gebied van veiligheid (minder ongelukken), beschikbaarheid van personeel door vergrijzing en betrouwbaardere operaties (vermindering faalkosten) en verplaatsen van taken naar de wal.</p>
Implementatie	<p>De randvoorwaardelijke elementen dienen use case overstijgend en overkoepelend (kennis infrastructuur, (semi-) overheid en betrokken bedrijven zoals klassenbureaus en verzekeraars) onderzocht en ontwikkeld te worden. Hierin worden naast studies en richtlijnen ook digitale test en performance omgevingen ontwikkeld of verbeterd om de ontwikkelde oplossingen te valideren.</p> <p>Daarnaast bestaan de activiteiten uit het uitwerken van drie typische use cases (open voor alternatieve voorstellen uit industrie) in combinatie met shore control centre en vessel trafic management:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Autonom short-sea schip met gereduceerde bemanning. Autonome navigatie, digitaal platform management, remote control mogelijk. - Autonomous Guard Vessel / Large inspection drones: Vervangen bemande platformen door veel kleinere onbemande, elektrische vaartuigen. Remote and/or autonomous, voor civiele en/of defensive toepassingen; - Autonom binnenvaartschip met gereduceerde bemanning. 24 uren operatie met minimale bemanning, autonome navigatie, digitaal platform management, remote monitoring en bemanningsadvies, remote control mogelijk; <p>De test en performance omgevingen worden in parallel uitgewerkt tot fysieke demonstraties met een focus op kansrijke commerciële toepassingen</p>