RAPPORT

Stikstofdepositie offshore werkschepen

12 augustus 2025
Finaal Rapport

In opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

REBEL





Inhoud

Introductie	03
Stikstofdepositie	04
Total Cost of Ownership (TCO)	07
Strategische implicaties en beleidsadvies	15
Appendices	19

Introductie

Introductie
In de Rijksbegroting van IenW voor 2025 is in totaal 42,7 miljoen euro opgenomen om de zeevaart en zeehavens te verduurzamen met een specifieke focus op stikstofreductie. Hiervoor zijn drie pilots opgezet:

1. Batterij-elektrisch varen in havengebieden
2. Offshore bevoorradingsschepen die op waterstof varen
3. Elektrificatie van havenmaterieel

De hoofdfocus van deze studie richt zich op waterstof (de tweede pilot) maar zal ook advies geven gericht op batterij-elektrisch varen. Gezien de verwachte toename in offshore scheepsbewegingen t.b.v. de aanleg en onderhoud van windmolenparken richten wij ons voornamelijk op deze scheepstypes. Daarnaast maken we een uitstap naar shortsea schepen omdat deze relatief korte afstanden varen en daarom in de categorie zeescheepvaart de meeste potentie hebben om zero emissie te varen.

Tot op heden zijn batterij-elektrisch en waterstof aangedreven duurder dan (conventionele) diesel aangedreven schepen. Voor de bovengenoemde pilots zal een subsidieregeling worden opgezet voor de bouw/ombouw naar zero emissie schepen. IenW wilt inzicht krijgen in de TCO-gap van deze schepen, zowel in aanschafkosten als in operationele kosten, om zo tot een effectieve subsidieregeling te komen.

In dit rapport
Dit rapport is opgedeeld in drie onderdelen:

1. Stikstofdepositie berekeningen
2. Total Cost of Ownership (TCO) berekeningen
3. Strategische implicaties en beleidsadvies

Dit onderzoek richt zo op drie voorbeeldschepen:

1. Crew Transfer Vessel (CTV)
2. Offshore Support Vessel (OSV)
3. Shortsea containerschip (~1200TEU)

Met betrekking tot de aandrijving zijn de volgende 6 varianten gekozen:

1. Conventionele diesel-verbrandingsmotor (dieselmotor die direct de schroef aandrijft)
2. Diesel-elektrische (DE) aandrijving (dieselgenerator die via een elektromotor de schroef aandrijft)
3. Batterij-elektrische (BE) aandrijving (zero-emissie)
4. Hybride BE/DE aandrijving (batterij + diesel gensets)
5. Waterstof Fuel Cell aandrijving (zero-emissie)
6. Waterstof-verbrandingsmotor (als optie 1, op dit moment nog hybride met ca. 65% H_2 verbranding en rest diesel, 100% H_2 verbranding is nog niet mogelijk)

Hierin dient de diesel-elektrische aandrijving (optie 2) als 'base case' voor het bepalen van de TCO-gap. Dit heeft twee redenen: enerzijds is dit type de standaard voor nieuwbouwschepen. Daarnaast is retrofitten van schepen alleen mogelijk met deze aandrijving. De hybride BE/DE aangedreven schepen kunnen in de buurt van gebouwde omgeving en natuurgebieden zero-emissie varen en op volle zee overschakelen naar conventionele dieselaandrijving. Optie 4 en 5 zijn varen volledig zero-emissie.

Naast de bovengenoemde zes aandrijvingen zal er nog kort worden stilgestaan bij de combinatie van een H_2 brandstofcel met een diesel-elektrische aandrijflijn.

SECTIE I

Stikstofdepositie

Vaarroutes

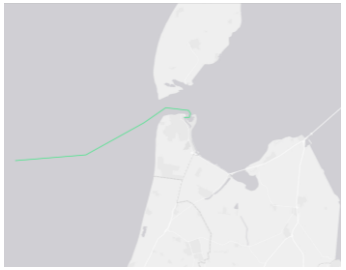
Selectie van vaarroutes
Voor deze studie is gekozen om voor ieder type schip drie representatieve vaarroutes uit te werken. Voor de CTV is gekozen voor Den Helder, IJmuiden, en Scheveningen. Dit zijn de meest gebruikte uitvalsbases voor deze schepen vanwege de nabijheid bij de meeste windmolenparken. De uitvalsbases van OSV's zijn meer over het land verspreid – in deze studie nemen wij IJmuiden, Maasvlakte II (MV2), en Vlissingen als haven van vertrek en terugkomst. Shortsea activiteiten vinden voornamelijk plaats in Rotterdam (MV2) en in mindere mate in Amsterdam en Vlissingen. Daarom kiezen wij ook voor deze drie plekken als referentievertrek- en aankomsthaven.

Voor iedere haven is een terminal geselecteerd vanwaar de schepen uitvaren en is met Aerius een route getekend richting zee. De route is gestopt op 12-mijls zone, hiervoor is gekozen omdat deze ongeveer overeenkomt met de maximale rekenafstand van 25km in Aerius. Buiten de maximale rekenafstand kan de berekende depositie niet meer met voldoende wetenschappelijke zekerheid aan een individuele bron worden toegerekend.

Berekeningen
Door deze routes en scheepstypes (zie configuratie op volgende pagina) in Aerius in te voeren krijgen we de totale stikstofoxide en ammoniak uitstoot (NOx en NH3) alsook de stikstofdepositie. Op de volgende pagina staan hiervan de resultaten.

Operationele inzet
We gaan uit van 200 vaarbewegingen (retour) per jaar voor de CTV en 50 vaarbewegingen (retour) voor de OSV en het shortsea schip. Deze getallen zijn afgeleid uit interviews die ten behoeve van dit project gehouden zijn.

CTV – Den Helder



CTV – IJmuiden



CTV – Scheveningen



OSV – IJmuiden



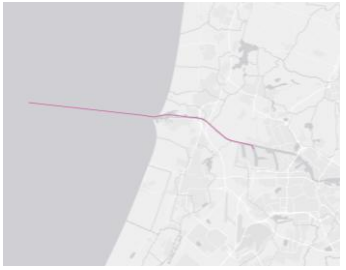
OSV – Maasvlakte II



OSV – Vlissingen



Shortsea – Amsterdam



Shortsea – Maasvlakte II



Shortsea - Vlissingen



Stikstof uitstoot en –depositie van conventionele type schepen

De CTV heeft de laagste NOx en NH_3 uitstoot per kilometer, gevolgd door het OSV en het shortsea schip. Voor CTV's komt het neer op 0.12kg NOx en NH_3 uitstoot per gevaren kilometer, 1.565kg/km voor OSV's en 11.469kg/km voor shortsea schepen. De emissie zelf zegt nog niets over de depositie, deze is vooral afhankelijk van de afstand van de emissies tot een N2000 gebieden die binnen 25 kilometer van de vaarroute liggen.

Voor CTV's zien we voor de 200 retourvaarten een gemiddelde depositie van dan 0.02 mol stikstof per ha per jaar. Hier is in Den Helder bijna twee keer zoveel stikstofdepositie dan voor de CTV's varend vanuit IJmuiden en Scheveningen.

Voor OSV's zien we de meeste stikstofdepositie voor de schepen varend vanuit MV2 en Vlissingen. Ook hier is in IJmuiden de minste depositie, de helft van de andere twee havens. Gemiddeld is de stikstofdepositie hier 0.085 mol stikstof per ha per jaar.

Voor de shortsea schepen zien we de meeste stikstofdepositie voor de vaarroute vanuit Amsterdam. Dit komt overeen met onze verwachtingen gezien de route vanuit Amsterdam een grote afstand aflegt langs kust- en natuurgebieden. Vlissingen en MV2 hebben gelijkwaardige waardes van stikstofdepositie. Gemiddeld is de stikstofdepositie hier 0.18 mol stikstof per ha per jaar.

Schip – Haven	Windpark/Rederij	Lengte enkele reis (km)	Retour-vaarten per jaar	NOx/NH3 uitstoot (kg)	Depositie (mol N/ha/jr)[6]
CTV – Den Helder	OranjeWind[1]	29.0	200	5.498	0,0393
CTV – IJmuiden	Hollandse Kust Zuid[2]	20.9	200	3.955	0,0201
CTV – Scheveningen	variërend	25.2	200	4.786	0,0236
OSV – IJmuiden	OranjeWind[1]	20.9	50	3.266	0,0472
OSV – MV II	Variërend[4]	29.6	50	4.629	0,1040
OSV – Vlissingen	Borssele 1+2[3]	38.8	50	6.123	0,1025
Shortsea – Amsterdam	Thor Svecon/MSC[5]	34.7	50	10.248	0,2153
Shortsea – MV II	ACL/NSCL[5]	28.9	50	8.288	0,1706
Shortsea - Vlissingen	variërend[5]	39.1	50	11.216	0,1593

Berekeningen voor één enkel schip. De configuratie in Aerius is als volgt voor bovenstaande schepen:

CTV: *Sleepboten, werkschepen en overige GT: 100-1599*

OSV: *Sleepboten, werkschepen en overige GT: 5000-9999*

Shortsea: *Container, GDC (stukgoed), RoRo GT: 10000-29999 (~1200 TEU)*

[1]https://www.rwe.com/en/press/rwe-offshore-wind-gmbh/2024-12-17-rwe-and-totalenergies-select-den-helder-as-operations-base-for-oranjewind/

[2]https://ayop.com/en/news/vattenfall-kiest-voor-zeehaven-ijmuiden-en-windcat-workboats-2/

[3]https://www.offshorewind.biz/2020/01/22/orsted-opens-borssele-1-2-om-base-in-vlissingen/

[4]https://www.rhb.nl/nl/offshore-rotterdam-terminal/

[5]Alphaliner

[6]Gebruikmakend van de OwN-2000-Methode in https://calculator.aerius.nl/own2000/calculate/

SECTIE II

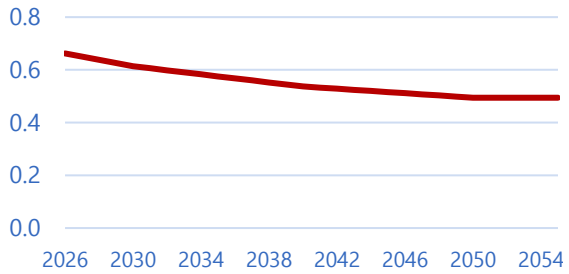
Total Cost of Ownership (TCO)

Algemene aannames

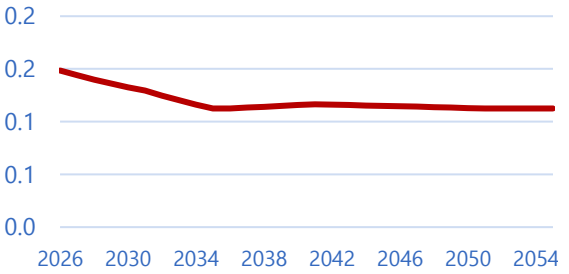
In het TCO model hebben we verschillende aannames gedaan. Hieronder zetten we de belangrijkste aannames op een rijtje:

- **Emissiekosten:** Voor de emissiekosten nemen we aan dat zowel EU ETS en FuelEU Maritime volledig van kracht zijn.
- **Levensduur schip:** In lijn met inzichten uit interviews, nemen we in dit model aan dat de levensduur van een schip 30 jaar is.
- **Levensduur batterij en fuel cell:** Uit de interviews begrepen we dat voor beide componenten een levensduur van 10 jaar een valide aanname is.
- **Batterij prijs:** Er zijn drie typen batterijen: LTO, NMC en LFP. In dit model gaan we uit van een NMC batterij. Uit interviews blijkt dat de NMC batterij de meest gebruikte batterij is in de scheepvaart en daarnaast de beste verhouding heeft tussen prijs en levensduur. De NMC kost circa 500 euro per kWh (inclusief batterij-management systeem en veiligheidsvereisten).
- **Retrofit afschrijving:** Bij retrofitten gaan we ervanuit dat de 50% van de waarde van de bestaande (diesel-directe) onderdelen van het schip versneld afgeschreven wordt (desinvestering)
- **Fuel cell prijs:** Hoewel er verschillende fabrikanten en soorten fuel cells zijn, begrepen we van de fabrikanten dat 1.500 euro per kW voor een fuel cell een valide aanname is.
- **Waterstoftank prijs:** In dit model gaan we uit van een waterstoftank die de waterstof onder 350 bar opslaat. De kosten voor tanks bedragen circa 2.000 euro per kg H2.
- **Energie efficiënte maatregelen:** Maatregelen die de efficiëntie van de aandrijving verhogen hebben bij aandrijflijnen met een grote investering en/of operationele kost een groter effect en zijn daardoor extra batig. Deze kosten voor energie-efficiëntiemaatregelen (zoals een lichtere romp) hebben we geschat op 25% van de kosten van de romp en het propeller systeem. De energiebesparing is bepaald op 10%.
- **Inflatie:** Niet meegerekend, behalve voor brandstoffen.
- **Brandstof en componentprijzen:** in de grafieken aan de rechterkant hebben wij de gebruikte prijsscenario's voor de verschillende brandstoffen, componenten en ETS getoond.

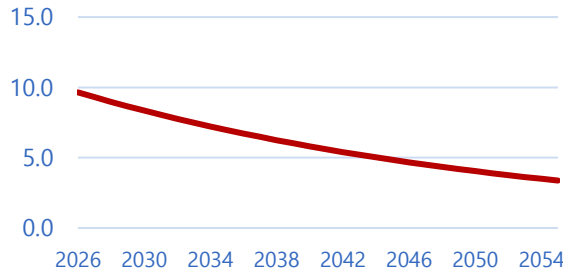
MDO prijs (EUR/liter)



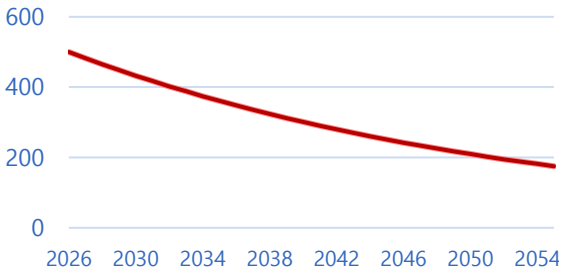
Elektriciteitsprijs (EUR/kWh)



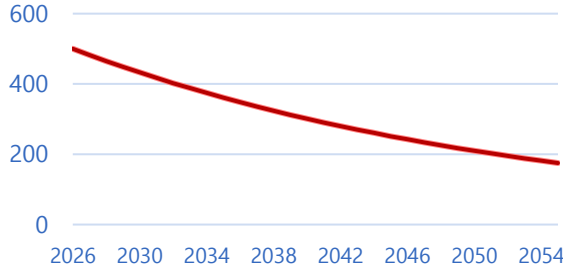
H2 prijs (EUR/kg)



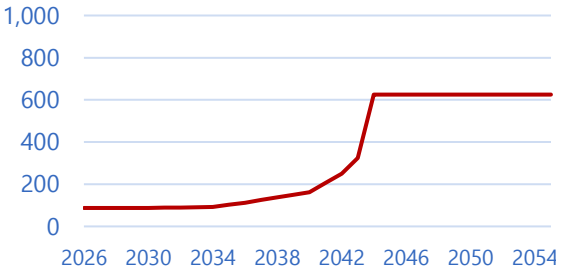
Batterij prijs (EUR/kWh)



Fuel cell prijs (EUR/kW)



ETS prijs



Beschrijving van schepen en aandrijvingen

CTV

Voor CTV's analyseren we de CAPEX en TCO van onderstaande aandrijvingen:

- MDO-E (diesel-elektrisch aangedreven)
- Hybrid (combinatie van diesel-elektrisch en batterij-elektrisch)
- Battery-Electric (zero-emissie, batterij-elektrisch zonder dieselondersteuning)
- H2 ICE (waterstofverbrandingsmotor)
- H2 Fuel Cell (verbrandingscel + batterij + elektromotor)
- Hybride H2 Fuel cell (diesel-elektrisch aangedreven met een verbrandingscel + batterij)

Uit interviews bleek dat voor de CTV een retrofit niet haalbaar is vanwege grote aanpassingen aan de motorruimte en indeling van het schip. Een retrofit wordt daarmee duurder dan een nieuwbouwschip. Daarom zijn retrofits van CTV's niet nader beschouwd.

OSV

Voor OSV's nemen we de volgende types mee in de analyse:

- MDO-E (diesel-elektrisch aangedreven)
- Hybrid (combinatie van diesel-elektrisch en batterij-elektrisch)
- Battery-electric (zero-emissie, batterij-elektrisch zonder dieselondersteuning)
- H2 ICE (waterstofverbrandingsmotor)
- H2 Fuel Cell (verbrandingscel + batterij + elektromotor)
- Hybride H2 Fuel cell (diesel-elektrisch aangedreven met een verbrandingscel + batterij)
- Hybrid – Retrofit (combinatie van diesel-elektrisch en batterij-elektrisch)
- Battery-electric – Retrofit (zero-emissie, batterij-elektrisch zonder dieselondersteuning)
- H2 ICE – Retrofit (waterstofverbrandingsmotor)
- H2 Fuel Cell – Retrofit (verbrandingscel + batterij + elektromotor)

Hierbij gaven de interviewees aan dat de retrofit een haalbare optie is vanwege in het algemeen genoeg beschikbare ruimte op het schip ten behoeve van batterijkamers en/of waterstof-opslag.

Shortsea schip

Voor de shortsea schepen analyseren we de volgende types:

- MDO-E (diesel-elektrisch aangedreven)
- Hybrid (combinatie van diesel-elektrisch en batterij-elektrisch)
- H2 ICE (waterstofverbrandingsmotor)
- H2 Fuel Cell (verbrandingscel + batterij + elektromotor)
- Hybride H2 Fuel cell (diesel-elektrisch aangedreven met een verbrandingscel + batterij)
- Hybrid – Retrofit (combinatie van diesel-elektrisch en batterij-elektrisch)
- H2 ICE – Retrofit (waterstofverbrandingsmotor)
- H2 Fuel Cell – Retrofit (verbrandingscel + batterij + elektromotor)

Hierin is de batterij-elektrische configuratie weggelaten. Uit interviews blijkt dat een representatieve vaarafstand leidt tot een significant grote en dure batterij.

Scheepsspecifieke aannames (op basis van interviews vastgesteld)

Item	CTV	OSV	Shortsea
Motor output vermogen (kW)	500	3,000	1,500
Afstand per vaart excl. zero-emissie afstand (km)	300	300	1,400
Vaarsnelheid (km/h)	40	30	25
Aantal retourvaarten per jaar	200	50	50
Dynamic Positioning (DP) en stationaire activiteiten per vaart (uur)	2	48	30

CTV

TCO

CTV's vallen niet onder EU ETS en FuelEU Maritime en hoeven daardoor geen emissiekosten te betalen. Daardoor is het TCO verschil met de zero-emissie varianten significant. Zonder emissiekosten is er voor de hybride-elektrische en batterij-elektrische variant wel de potentie om met subsidies de TCO-gap te dichten.

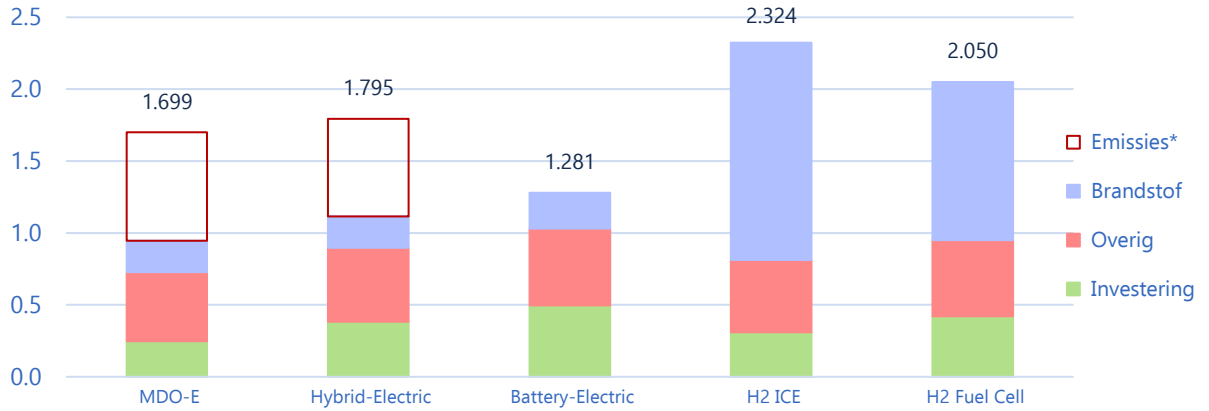
Met de aanname dat dat fossiel aangedreven CTV's moeten betalen voor de emissies conform EU ETS en FuelEU Maritime, is de TCO (gemiddeld over 30 jaar) van een batterij-elektrische CTV lager dan die van conventioneel aangedreven CTV's. Dit maakt dat er bij invoering van emissiekosten op kleinere schepen direct een business case is voor zero-emissie CTV's. Gegeven het progressieve karakter van EU ETS en FuelEU Maritime, zullen de emissiekosten zullen over tijd ook progressief toenemen. Deze stijgen van ca. 133.000 euro in 2026 naar 1.442.000 per jaar euro in 2055.

Het verschil in TCO tussen conventioneel (incl. emissiekosten) en een H_2 fuel cell is relatief laag. Doordat waterstof verbranding minder efficiënt is dan via een fuel cell, zijn de brandstofkosten hier hoger. De investeringskosten verschillen tussen de varianten maar hebben een minder grote impact dan de brandstofkosten.

CAPEX

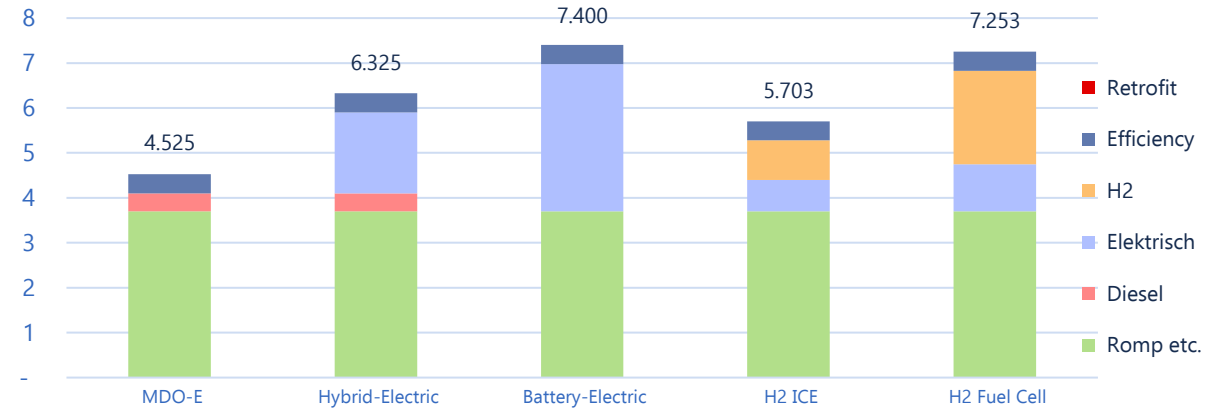
Het verschil in investeringskosten tussen conventionele en zero-emissie CTV's is vooral zichtbaar bij de hybride-elektrische en batterij-elektrische aandrijving. De grootte van de batterij heeft de meeste invloed op de investeringskosten. H_2 aangedreven CTV's hebben vergeleken met de conventionele varianten lagere meerkosten, een H_2 ICE CTV is zelfs goedkoper dan een hybride-elektrische CTV. Echter, de hoge brandstofkosten zorgen hier voor een hogere TCO.

Jaarlijkse TCO voor een levensduur van 30 jaar (mln euro)



**Emissiekosten vanuit EU ETS en FuelEU Maritime (onder de aanname dat CTV's hieronder vallen)*

CAPEX van een CTV (mln euro)



OSV

TCO

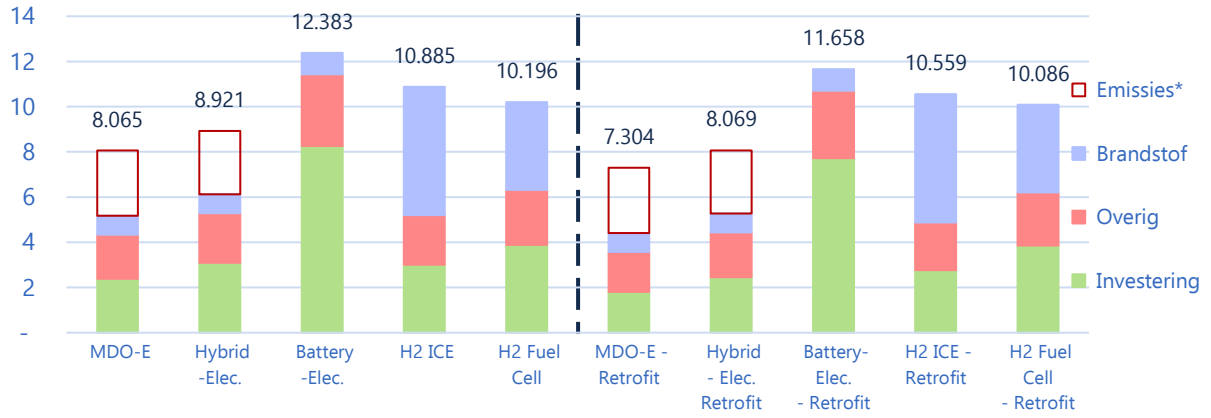
Hoewel de OSV een relatief korte vaarafstand per route heeft, zorgen DP activiteiten ervoor dat er alsnog veel energie wordt verbruikt op zee. Het verschil tussen de conventionele en hybride-elektrische varianten met de zero-emissie varianten is daardoor significant. Jaarlijks komt dit neer op 2-3 miljoen euro voor de H_2 types en zelfs 4,2 miljoen euro met de batterij-elektrische variant. Hoewel de brandstofkosten voor batterij-elektrisch relatief laag zijn, wegen de investeringskosten enorm zwaar op de TCO. Het tegenovergestelde geldt voor de H_2 schepen. Hier zijn de investeringskosten relatief laag, zelfs in de ordegrootte van de diesel variant, maar hebben de brandstofkosten een grote impact op de TCO. Bij de retrofit varianten zien we in absolute termen eenzelfde TCO-gap.

Zero-emissie OSV's hebben enkele beperkingen. Allereerst variëren de activiteiten van deze schepen enorm. Sommige varen wekelijks heen en weer, anderen blijven voor een langere periode bij een windmolenpark of varen tussen verschillende windmolenparken over een periode van enkele weken. Dit heeft invloed op de energiebehoefte op een schip en daarmee ook de grootte van eventuele batterijen en waterstoftanks. Doordat het schip maar een beperkt aantal havenaanlopen en –uitvaarten heeft, is de stikstofdepositie van OSV's relatief beperkt t.o.v. bijvoorbeeld een shortsea schip– zoals te zien op p.6.

CAPEX

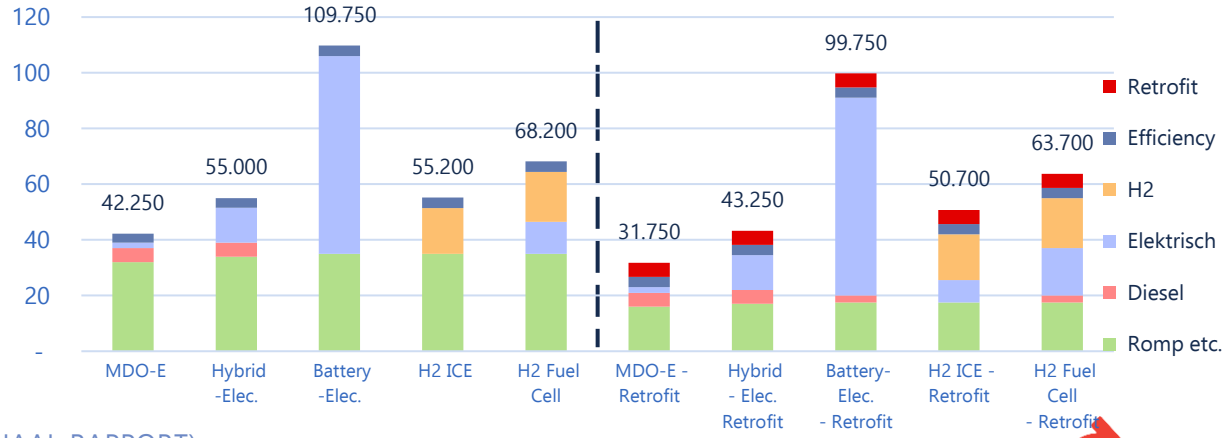
Het verschil in investeringskosten is groot. Bij de batterij-elektrische variant drukken de kosten van de batterij zwaar op de investeringskosten. Het H_2 ICE schip heeft even hoge investeringskosten als het hybride-elektrische schip. De hogere investeringskosten bij de H_2 fuel cell OSV komt voornamelijk door de hoge kosten van de fuel cell. Op gebied van CO_2 emissies heeft de H_2 ICE veel potentie, maar door de verbranding van waterstof komen er wel stikstofemissies vrij. De exacte emissies zijn echter nog onbekend.

Jaarlijkse TCO voor een levensduur van 30 jaar (mln euro)



**Emissiekosten vanuit EU ETS en FuelEU Maritime*

CAPEX van een OSV (mln euro)



Shortsea

TCO

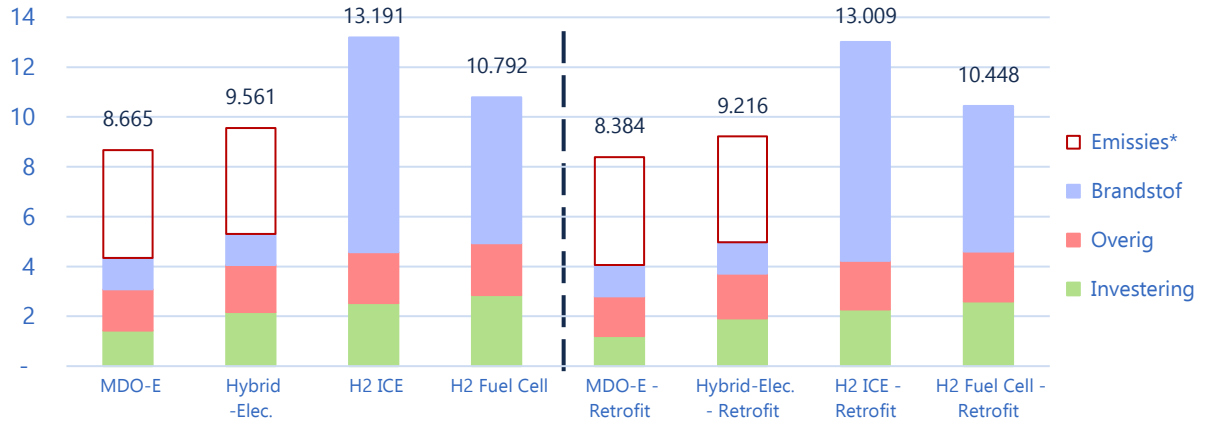
De jaarlijkse TCO van een hybride-elektrisch shortsea schip ligt ongeveer 0,9 miljoen euro hoger dan voor een conventioneel schip. Voor het H_2 ICE en H_2 fuel cell is dit respectievelijk 4,5 en 2,1 miljoen hoger. Een hybride-elektrisch shortsea schip is het goedkoopste alternatief op een conventioneel shortsea schip om stikstofdepositie te mitigeren. Doordat het H_2 ICE type een iets minder efficiënte energieomzetting heeft dan de waterstof fuel cell variant, heeft deze hogere brandstofkosten. Voor beide schepen zijn de investeringskosten vergelijkbaar.

Qua TCO-gap zien we hetzelfde als bij OSV's. Hoewel de brandstofkosten voor hybride-elektrisch shortsea schepen relatief laag zijn, wegen de investeringskosten zwaarder op de TCO. Het tegenovergestelde geldt voor de H_2 schepen. Hier zijn de investeringskosten relatief laag. Bij de retrofit varianten zien we in absolute termen eenzelfde TCO-gap.

CAPEX

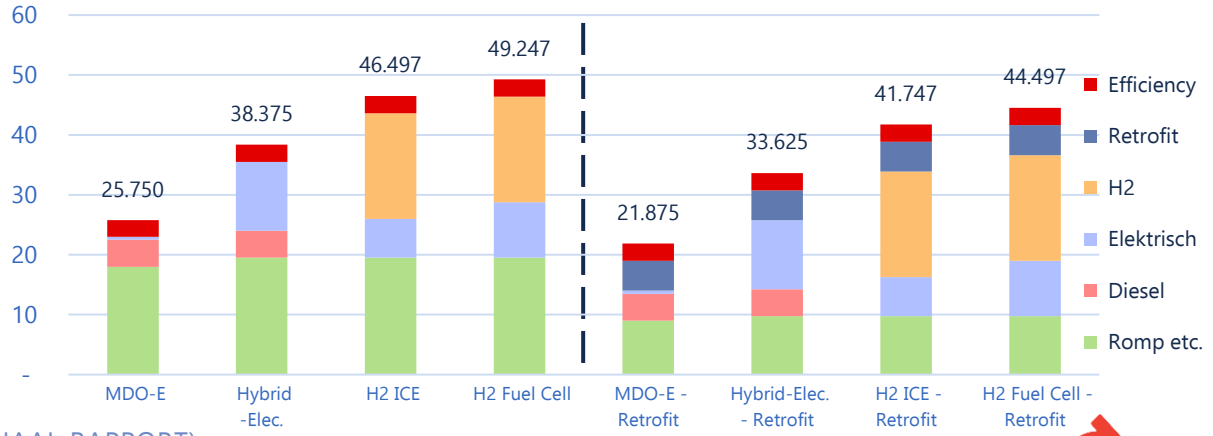
Qua investeringskosten is er geen significant verschil tussen de hybride-elektrische en de twee H_2 schepen. Echter is het verschil met het conventionele schip wel significant. Retrofit van een bestaand schip is goedkoper dan het aanschaffen van een nieuw schip. Desalniettemin blijft het conventionele schip significant goedkoper in aanschaf en jaarlijkse TCO dan de zero-emissie varianten.

Jaarlijkse TCO voor een levensduur van 30 jaar (mln Euro)



**Emissiekosten vanuit EU ETS en FuelEU Maritime*

CAPEX van een shortsea schip (mln Euro)



Shortsea – IMO Net Zero Framework

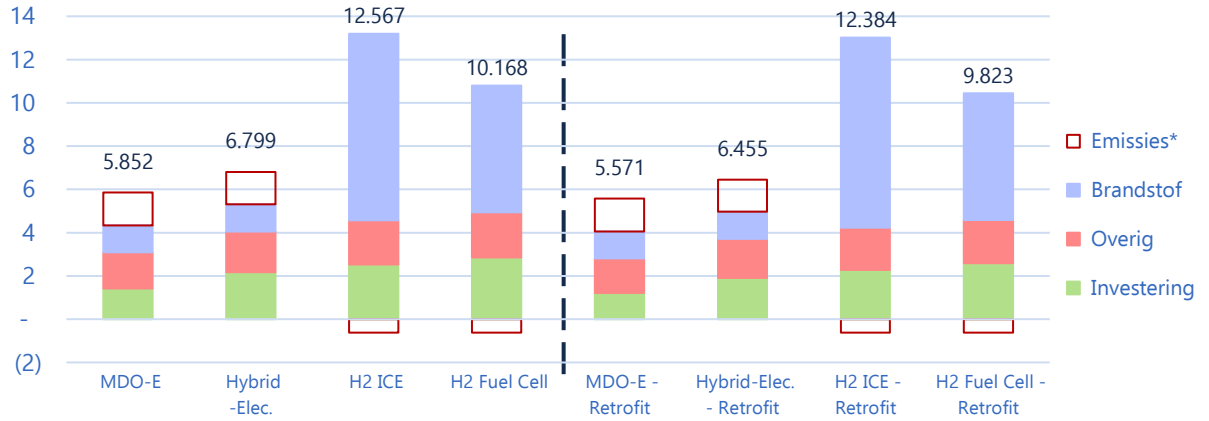
TCO

De emissiekosten die de conventionele schepen onder IMO Net Zero Framework (NZF) jaarlijks zouden moeten betalen zijn lager dan bij de combinatie van EU ETS en FuelEU Maritime, zie ook vorige slide. Daarentegen wordt bij IMO NZF zero-emissie varen 'beloond'. Als je hiermee het kostenverschil tussen conventioneel en zero-emissie voor IMO NZF optelt, komt dat alsnog lager uit fan voor de EU regulaties. Dit betekent dat bij invoering van beide EU regulaties de TCO-gap kleiner is dan bij IMO NZF. Echter, zoals uitgelegd op p.20, kan het voor rederijen lonen om in een vroeg stadium van IMO NZF zero-emissie varen omdat dan de 'beloning' nog het hoogst is.

CAPEX

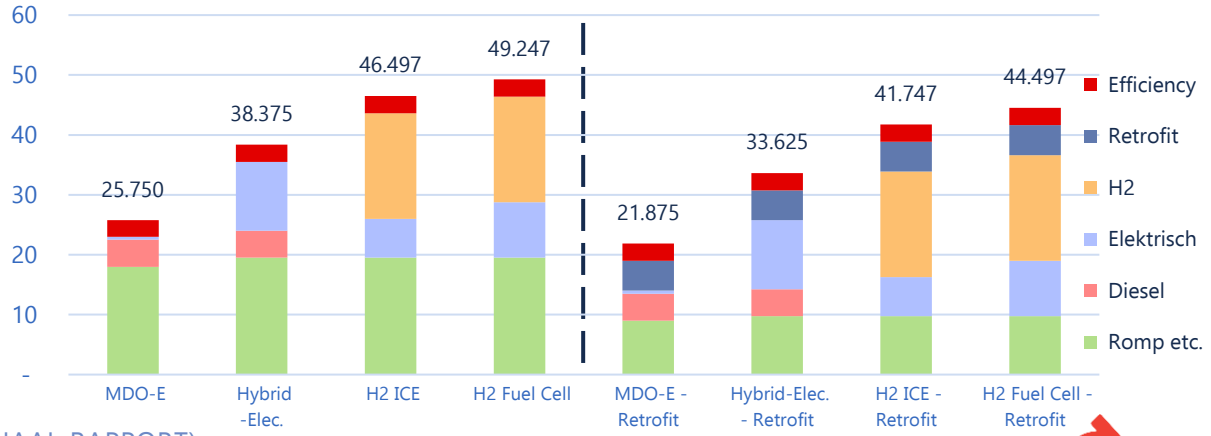
De investeringskosten blijven hetzelfde als op de vorige pagina.

Jaarlijkse TCO voor een levensduur van 30 jaar (mln Euro)



**Emissiekosten vanuit IMO NZF*

CAPEX van een shortsea schip (mln Euro)



TCO-gap

Met de TCO-gap bedoelen we het verschil in TCO tussen het conventionele schip (MDO-E) en de zero-emissie varianten. Voor de drie typen schepen hebben we onderscheid gemaakt tussen de TCO-gap met en zonder emissiekosten.

CTV
De TCO-gap voor CTV's zonder emissiekosten is het laagst voor de hybride-elektrische variant. Met EU ETS en FuelEU Maritime emissiekosten heeft de batterij-elektrische CTV zoals we op p.10 ook al zagen lagere TCO dan het conventionele schip.

OSV
Voor OSV's zien we een vergelijkbare TCO-gap als voor CTV's. Met de emissiekosten komt de hybride-elektrische variant naar voren als optie met de laagste TCO-gap, door de grote benodigde batterij-capaciteit is de batterij-elektrische variant hier minder voordelig. Beide waterstof varianten zijn zonder emissiekosten significant duurder.

Shortsea
Ook bij shortsea schepen springt de hybride-elektrische variant boven de andere uit wat betreft TCO-gap, deze variant wordt gevolgd door de H2 Fuel cell variant. Voor beide types heeft retrofitten ook een significant effect op de TCO-gap.

TCO-gap (%)

CTV	Hybrid-Elec.	Battery-Elec.	H2 ICE	H2 Fuel Cell
Met EU ETS en FuelEU Maritime	*6%*	*-25%*	*37%*	*21%*
Zonder emissiekosten	*18%*	*35%*	*146%*	*117%*

OSV	Hybrid-Elec.	Battery-electric	H2 ICE	H2 Fuel Cell	Hybrid - Retrofit	Battery-electric - Retrofit	H2 ICE - Retrofit	H2 Fuel Cell - Retrofit
Met EU ETS en FuelEU Maritime	*11%*	*54%*	*35%*	*26%*	*10%*	*60%*	*45%*	*38%*
Zonder emissiekosten	*18%*	*139%*	*110%*	*97%*	*19%*	*164%*	*139%*	*128%*

Shortsea	Hybrid-Elec.	H2 ICE	H2 Fuel Cell	Hybrid - Retrofit	H2 ICE - Retrofit	H2 Fuel Cell - Retrofit
Met EU ETS en FuelEU Maritime	*8%*	*50%*	*22%*	*10%*	*55%*	*10%*
Zonder emissiekosten	*16%*	*189%*	*136%*	*22%*	*221%*	*128%*

H2 Fuel cell hybrid

Op basis van de aannames die gehanteerd zijn voor nieuwbouw hybride-elektrische en H_2 fuel cell CTV schepen, hebben we een inschatting gemaakt van de jaarlijkse TCO van een mogelijk hybride (MDO + fuel cell) CTV. Voor de CAPEX hebben we het gemiddelde genomen van het hybride elektrische schip en het H2 fuel cell schip. Hetzelfde geldt voor de overige kosten. Voor brandstof zijn de kosten van het H2 fuel cell schip aangekomen voor de zero-emissie route, voor de andere activiteiten zijn die van het hybride schip aangenomen. De aangenomen emissiekosten zijn ook hetzelfde als die van het hybride-elektrische schip. Als we aannemen dat CTV's geen emissiekosten hebben, dan vergroot die TCO-gap ietwat maar niet significant.

Voor de hybride H2 fuel cell CTV bedraagt de TCO-gap ca. 235.000 euro per jaar, 140.000 meer dan voor het hybride-elektrische schip. Dit komt voornamelijk door de hogere brandstof (H_2) kosten en de hogere investeringskosten die met name te maken hebben met de fuel cell en waterstoftank investeringen.

De hybride H2 fuel cell OSV's is circa 500.000 euro per jaar duurder dan de hybride-elektrische variant en ongeveer 1,5 miljoen duurder dan de MDO-E variant. Hier hebben de investeringskosten de grootste impact hebben op de TCO-gap, de brandstofkosten zijn minder dan 100.000 per jaar hoger dan hybride-elektrische en MDO-E variant. Bij shortsea schepen is eenzelfde verschil zichtbaar: ongeveer 500.000 euro in jaarlijkse TCO.

Deze drie variaties op de hybride en H2 fuel cell schepen laten zien dat de TCO-gap te overzien is en met eventuele subsidies een gedeelte van de TCO-gap te verminderen is. De opties voor CAPEX subsidies zijn opgenomen in appendix IV,

CTV – Jaarlijkse TCO (000 euro)	MDO-E	Hybrid-Electric	Hybrid-H2 Fuel Cell	H2 Fuel Cell
Investering	247	384	440	421
Overig	481	514	522	531
Brandstof	218	218	294	1,099
Emissies	754	678	678	-
Totale kosten	**1,699**	**1,795**	**1,935**	**2,050**
Totale kosten excl. emissies	*946*	*1,116*	*1,257*	*2,050*

OSV - Jaarlijkse TCO (000 euro)	MDO-E	Hybrid-Electric	Hybrid-H2 Fuel Cell	H2 Fuel Cell
Investering	2,381	3,095	3,494	3,893
Overig	1,961	2,190	2,309	2,428
Brandstof	834	838	930	3,876
Emissies	2,890	2,798	2,798	-
Totale kosten	**8,065**	**8,921**	**9,531**	**10,196**

Shortsea - Jaarlijkse TCO (000 euro)	MDO-E	Hybrid-Electric	Hybrid-H2 Fuel Cell	H2 Fuel Cell
Investering	1,423	2,170	2,510	2,850
Overig	1,664	1,891	1,989	2,086
Brandstof	1,250	1,251	1,335	5,855
Emissies	4,329	4,250	4,250	-
Totale kosten	**8,665**	**9,561**	**10,083**	**10,792**

Noot: TCO zijn voor nieuwbouw schepen.

SECTIE IV

Strategische implicaties en beleidsadvies

Strategische vraagstukken – Algemeen

Wat zijn andere benodigde randvoorwaarden?
Zero-emissie schepen – of deze nou volledig of deels zero emissie zijn – kennen een grotere upfront-investering dan conventioneel aangedreven schepen. Deze meerkosten vertalen zich door in ongunstigere financieringsvoorwaarden met rente-opslagen en een grotere druk op de liquiditeit door hogere aflossingen. Gunstigere financieringsvoorwaarden voor groene schepen via rentekortingen en garantstellingen kunnen helpen de businesscase gunstiger uit te pakken.

In dit vroege stadium van het gebruik van hernieuwbare brandstoffen blijkt uit onze interviews dat, gezien de hoge meerkosten, transparantie tussen de energieleverancier en rederij en haar opdrachtgevers zeer gewenst is. Voor shortsea containerschepen geldt dit ook voor de meerkosten van het zero-emissie vervoeren van een container. Wanneer actoren duidelijk maken uit welke kostenelementen de prijs is opgebouwd, kan dit draagvlak voor een hogere transportprijs mogelijk maken..

Nu diesel nog de dominante brandstof is, is er een groot risico op 'misgokken' voor rederijen. Dit risico is niet in het TCO-model meegenomen. Wanneer de markt doet iets anders dan verwacht of er komt een onverwachte doorbaak met een (nieuwe) hernieuwbare energiebron, dan betekent het dat een rederij mogelijk niet meer (kosten)competitief is. Hybride aangedreven schepen zijn 'flexibel' en kunnen doordat zij zowel conventioneel aangedreven zijn als hernieuwbare brandstoffen gebruiken zich beschermen tegen dit risico.

Grote rederijen en bedrijven staan sterker als het gaat om het maken van afspraken en afsluiten van bijvoorbeeld contracten voor de afname van brandstoffen. Daarnaast zijn zij beter in staat om een zero-emissie schip te 'vermarkten'. Kleinere rederijen en bedrijven Zijn hiertoe minder in staat doordat ze hiervoor geen specifieke afdelingen hebben en financieel minder de risico's kunnen opvangen.

Een andere belangrijke randvoorwaarde is dat de inzetbaarheid van de schepen niet teveel afwijkt door gebrek aan laadinfrastructuur of waterstof. Daarnaast moeten offshore werkschepen een bepaalde flexibiliteit hebben wat betreft inzetbaarheid. OSV's in het bijzonder moeten ook ingezet kunnen worden in andere landen en continenten, dit vraagt erom dat ze niet te afhankelijk zijn van lokale infrastructuur en beschikbaarheid van bijvoorbeeld waterstof.

Welke subsidieregelingen uit de EU kunnen hiervoor aangesproken worden?
De EU heeft drie instrumenten die geschikt lijken om aan te spreken: CEF AFIF, het Innovation Fund en Horizon Europe, gerangschikt van hogere TRL naar lage TRL. Gelet op de gewenste maturiteit van de aandrijflijn lijkt CEF AFIF het meest geschikt. Dit richt zich op marktrijpe technologieën en biedt in dit specifieke kader een subsidiekader voor de walinfrastructuur (incl. lokale energieopwekkingsmogelijkheden) met specifiek voor de scheepvaart een bijdrage van maximaal 30% in de meerkosten tussen een conventioneel-aangedreven schip en een zero-emissie schip.

Hoeveel ETS kosten kunnen er vermeden worden met bovenstaande casussen?
Offshore Support Vessels (OSV's) zitten qua grootte op de grens van ETS en FuelEU. Gelet op de operatie schatten wij in dat de batterij-elektrische variant van deze schepen in de operatie ten gevolge van ETS en FuelEU gemiddeld € 2,9 miljoen per jaar duurder worden. Voor een shortsea-schip bedragen de ETS-kosten circa € 4,3 miljoen per jaar.

Strategische vraagstukken – Batterij-Elektrisch

Wat zijn de voorwaarden benodigd aan wal?
Voor schepen met batterij-aandrijving is een zware walstroomaansluiting benodigd met een minimale oplaadcapaciteit van 1 MW. De huidige walstroomaansluitingen faciliteren 400 Volt bij 63 Ampère (25 kW) , dit vraagt dus om ontwikkeling van het elektriciteitsnetwerk voor deze aansluitingen. Voor OSV's, en eventueel voor CTV's, zijn oplaadpunten op zee bij windmolenparken noodzakelijk om de benodigde capaciteit van de batterij te minimaliseren. Daarnaast geeft dit ook operationele flexibiliteit.

Wat zijn andere benodigde randvoorwaarden?
Voor elektriciteit geldt bovendien dat er een ongelijk speelveld is in vergelijking tot conventionele diesel doordat er belasting afgedragen moet worden. Leveringen van elektriciteit aan (internationale) zeescheepvaart zouden om adoptie van deze technieken te stimuleren, evenals gasoline (MDO) vrijgesteld moeten worden van accijnzen.

Voor offshore werkschepen is de mogelijkheid om te laden bij windmolenparken een belangrijke randvoorwaarde. Dit zorgt ervoor dat de schepen hun flexibiliteit behouden en niet afhankelijk zijn van de wal voor het opladen van de batterijen. Door vanuit de Rijksoverheid laadpunten in windmolenparken op te nemen in de tenders voor nieuwe windmolenparken kan dit effectief behaald worden.

Is het bevorderlijk om naast scheeps(om)bouw ook laadinfrastructuur te financieren?
Walstroom dient gerealiseerd te worden in havens om batterij-elektrisch varen mogelijk te maken. Hiertoe dienen zeer zware aansluitingen gerealiseerd te worden die qua vermogens ver boven de benodigde vermogens voor regulier hotelgebruik uitkomen. Het strekt tot de aanbeveling om naast scheeps(om)bouw ook subsidiemogelijkheden te voorzien voor laadfaciliteiten (> 1 MW capaciteit) t.b.v. de voortstuwingsinstallaties.
Gezien offshore en shortsea schepen voorspelbare routes en elektriciteitsbehoefte nodig hebben is de afname en benodigde laadinfrastructuur goed in te schatten. Laadinfrastructuur is voor batterij-elektrische schepen onmisbaar, daarom kan je het niet los van elkaar financieren.

Op dit moment vormt netcongestie echter een beperkende factor voor de beschikbaarheid van laadinfrastructuur met bovenstaande vermogens.

In welke verhouding?
De subsidie verhouding is sterk afhankelijk van de lokale energie-infrastructuur en de mate waarin er sprake is van congestie. In veel situaties zal dit betekenen dat er lokale energieopwekking moet plaatsvinden met onshore batterijopslag. Daarom moeten de kosten van de laadinfrastructuur in de uiteindelijke TCO van de reder meegenomen worden voor de subsidieaanvraag. De kosten hiervan verschillen per haven en scheepstype en zullen daarom ook om andere verhoudingen in subsidies vragen.

Strategische vraagstukken – H2

Wat zijn de voorwaarden benodigd aan wal?
Voor het bunkeren van waterstof zijn drie mogelijkheden: 1) via een tankwagen aan de wal, 2) via een waterstofleiding vanaf de wal naar het schip en 3) *ship-to-ship* met een binnenvaart waterstof tanker. Op dit moment gebeurt voor de onderzochte schepen alleen nog het bunkeren via een tankwagen omdat de benodigde volumes nog dusdanig laag zijn. In het geval van grote containerschepen wordt er getest met *ship-to-ship* bunkeren van methanol en ammonia maar nog niet met vloeibare waterstof. Dit maakt dat er op wal geen benodigdheden zijn naast een veilige plek op de kade voor een tankwagen en een vergunning voor het bunkeren. Een bunkerstation is *nice to have,* maar is niet per se nodig en leidt in een grote haven zoals Rotterdam tot minder flexibiliteit voor schepen. Idealiter wordt het bunkeren/laden nog steeds tijdens laden en lossen of ingeplande uren aan de kade gedaan.

Wat zijn andere benodigde randvoorwaarden?
Ten aanzien van de operationele uitgaven geldt dat er een impuls gegeven moet worden aan de productie van (groene) waterstof. Dit kan door productie-tenders uit te schrijven en als overheidsinstantie het verschil tussen productieprijs en marktprijs ('wat kan de markt dragen') bij te passen. Het is in het kader van een gelijk speelveld tussen verschillende energiedragers van belang dat ook deze waterstof accijnsvrij geleverd wordt aan de zeevaart, wat nu nog niet het geval is voor waterstof (en elektriciteit) maar wel voor minerale oliederivaten.

Is het bevorderlijk om naast scheeps(om)bouw ook laadinfrastructuur te financieren?
Voor waterstof is dit niet strikt noodzakelijk. Wel zou het op termijn bijdragen om net als bij walstroom in het verleden, waterstof bunkerinfrastructuur op grotere schaal te installeren. Hierbij valt te denken aan waterstof bunkerstations en eventueel bunkerschepen. In de meest ideale situatie voor de scheepvaart wordt ship-to-ship waterstof bunkeren in de toekomst mogelijk maar dit behoeft nog technologische innovaties en mogelijke aanpassingen in wetgeving.

In welke verhouding?
In het geval van waterstof is het allereerst belangrijk dat er voldoende vraag en aanbod is of gecreëerd kan worden om de laadinfrastructuur te installeren. Daarom is het ten tijde van dit onderzoek nog niet aan te bevelen om laadinfrastructuur te financieren.

Wat zijn gewenste subsidiepercentages?

Batterij-Elektrisch
Voor batterij-elektrische schepen kijken we naar de hybride en volledig batterij-elektrische optie. In Appendix IV zijn voor ieder type schip en aandrijving de absolute en relatieve percentages uitgezet tegenover de TCO voor het conventionele en zero-emissie schip.

Voor het hybride schip verwachten we niet dat de rederij een bepaald hoger tarief kan vragen, voor het batterij-elektrische schip achten we dit wel mogelijk. Daarom adviseren we, ons baserende op de uitkomsten van de TCO-analyse, om voor hybride schepen tussen de 20% en 40% subsidie te geven over de CAPEX-gap. Hiermee komen de TCO voor CTV's 4.0-5.1% hoger uit, en bij OSV's en shortsea schepen ca. 8.8-7.2%. We verwachten dat dit prijsverschil overbrugd kan worden door een hogere marktwaarde (*doordat ze zero-emissie varen*) van deze schepen.

Voor volledig batterij-elektrische schepen is de TCO-gap niet te overbruggen met een CAPEX subsidie. Bij 80% subsidie op de CAPEX-gap voor een CTV zijn de TCO alsnog 22.5% hoger, wij achten niet dat dit een voldoende klein verschil is voor een rederij om hierin te investeren. Voor de OSV zien we vergelijkbare getallen. Daarnaast lopen hiervoor de subsidiebedragen enorm op aangezien de CAPEX-gap al 67.5 miljoen euro bedraagt.

We raden af om voor batterij-elektrische schepen een subsidie op de OPEX of de meerkosten van de elektriciteit in te voeren. Voor hybride schepen zijn de meerkosten van het elektrisch varen beperkt en zijn er aanvullende voordelen te behalen zoals kortingen op havengeld. Voor de volledig batterij-elektrische schepen geldt ook dat de TCO-gap veroorzaakt wordt door hoge CAPEX-gap. In feite is dit een positieve constatering, de OPEX voor hybride en volledig batterij-elektrische schip is niet significant meer dan voor het conventionele schip.

H_2
Zonder emissiekosten is voor H_2 CTV's de TCO-gap veel hoger dan voor de conventionele CTV's. Met EU ETS en FuelEU Maritime en een CAPEX-gap subsidie van 100% is de TCO voor een H_2 fuel cell CTV 12.7% hoger dan voor het conventionele schip. Het subsidiëren van een zo'n CTV zou dan neerkomen op een subsidie van 2.8 miljoen euro.

Voor OSV's en shortsea schepen hebben emissiekosten een positief effect op de TCO-gap en daarmee verbetert het effect van een CAPEX subsidie. Bij deze schepen geldt hetzelfde als bij de CTV; een subsidie tegen de 100% zorgt voor een verschil met de TCO van het conventionele schip van rond de 10%. We verwachten dat dit voor rederijen een voldoende klein verschil zou zijn om het te overwegen. Echter, in absolute zin zijn deze subsidies vele malen hoger dan wat mogelijk is binnen de huidige regeling met een subsidiebedrag van in de 20 miljoen euro.

Hetzelfde geldt voor een subsidie op de meerkosten van H_2. Op dit moment is het verschil in kosten met MDO dermate groot dat dit subsidiëren onhaalbaar is en voor enkele schepen al snel in de tientallen miljoenen loopt. Daarnaast is het met name voor dit soort subsidieregelingen het normaalst om dit voor de eerste jaren te doen. Dit is in dit geval extra lastig omdat in de eerste jaren het prijsverschil tussen MDO en H_2 het hoogst is.

Andere overwegingen en beperkingen

Andere prikkels
Er zijn andere mogelijke subsidies of financiële prikkels die zero-emissie schepen kunnen ondersteunen. Zo zou een korting op havengelden voor deze schepen een goede prikkel zijn die gemakkelijk uit te voeren zou moeten zijn. Echter valt dit buiten de verantwoordelijkheid van IenW.

Een andere, meer rigoureuze maatregel, zou het instellen zijn van een zero-emissie zone langs de Nederlandse kust of bij bijvoorbeeld windmolenparken op zee. Op verschillende plekken in Noorwegen zijn al dit soort emissiezones, hierdoor zijn daarom op dit moment daar veel ferry's geforceerd om zero-emissie te varen.

IMO Net Zero Framework (NZF)
Een andere optie die effect heeft op de OPEX van het schip zijn emissiekosten. Met de mogelijke invoering van IMO NZF verandert de TCO van de schepen die de huidige ETS regeling vallen significant. IMO NZF creëert een directe prikkel om schepen emissievrij te varen. Dit komt doordat in de beginjaren het verkopen van Surplus Units (SU's) tegen het hoge tarief extra voordelig kan zijn ten opzichte van conventioneel varen. Naarmate meer schepen *compliant* zijn zal het aanbod van de SU's vermoedelijk toenemen en de prijs ervan dalen. Dit zorgt ervoor dat vroeg investeren in vergroning een hoger resultaat kan opleveren.

Voor EU ETS en FuelEU Maritime is dit eigenlijk omgekeerd. Met EU ETS worden de costs of non-compliance over tijd duurder doordat er minder credits beschikbaar komen. FuelEU Maritime volgt eenzelfde methodiek als IMO NZF maar is minder progressief in haar doelen. Daarnaast is er maar één tarief voor non-compliance.

Hogere prijs kan gevraagd worden
Zoals eerder genoemd kunnen rederijen hun zero-emissie schepen tot op zekere hoogte 'vermarkten'. Dit houdt in dat ze een hogere prijs kunnen vragen voor hun services., niet heel de TCO-gap hoeft gedekt te worden. Je ziet nu al dat multinationals zoals Heineken hieraan mee doen om hun scope 2 en 3 emissies te minimaliseren. Zodra meer bedrijven dit ook gaan doen krijgen rederijen extra vraag naar zero-emissie services kan de rederij dit ook tegen een iets hogere prijs aanbieden. Op korte termijn zal dit voornamelijk in de B2C markt opkomen.

Retrofit vs nieuwbouw
Het retrofitten van schepen heeft veel potentie maar is maar op een bepaald moment in de levensduur financieel voordelig. Dit moment hangt samen met de vervanging van de hoofdmotor dat meestal rond de 10-15 jaar gebeurt. Een van de voorwaarden is dan wel dat er voldoende ruimte is op het schip om bijvoorbeeld de batterijen of waterstoftank te installeren.

Zero-emissieschepen profiteren in toenemende mate van efficiëntieverbeteringen. Hoe efficiënter een schip opereert, hoe minder (relatief dure) alternatieve brandstoffen nodig zijn. Bij nieuwbouwschepen zijn dergelijke efficiëntiemaatregelen vaak standaard, maar bij bestaande schepen van 10 tot 15 jaar oud is dit meestal niet het geval. Hierdoor zal een ge-retrofit schip ook meer energie verbruiken. Bij het retrofitten van schepen is bovendien de resterende levensduur beperkt. Zelfs na aanpassingen blijft de totale levensduur vaak rond de 30 jaar, waardoor het economische rendement van investeringen in efficiëntie en verduurzaming lager kan uitvallen.

Kosteneffectiviteit in relatie tot stikstofdepositie

CTV's maken vrijwel dagelijks vaarbewegingen van en naar windparken en offshore installaties. Ze hebben echter een gering motorvermogen. De depositie ligt conform de Aerius-berekening ruwweg een factor 10 lager dan shortsea schepen. De meerkosten (CAPEX) bedragen 2 à 3 miljoen, terwijl die voor shortsea schepen voor de hybride variant 13 miljoen bedragen. Bij eenzelfde subsidiepercentage is het even effectief om subsidies te verlenen aan shortsea schepen en CTV's, zie berekeningen rechts.

OSV's hebben relatief minder stikstofdepositie omdat ze minder vaarten bij de kust hebben. Daarnaast zijn deze schepen minder geschikt voor zero-emissie aandrijvingen vanwege langer verblijf op zee en minder frequente bunkering. Vanwege *Dynamic Positioning* (DP) activiteiten op zee is er ook meer back-up vermogen nodig wat voor zero-emissie varianten extra kosten betekent.

Shortsea schepen hebben (i) relatief veel stikstofdepositie, (ii) varen langere tijd langs de kust, en hebben (iii) voorspelbare routes en daarom voorspelbare energiebehoefte.

- H2 ICE is een goede optie, techniek wordt in rap tempo ontwikkeld, echter leidt dit wel tot CO_2 en NOx-uitstoot en daardoor stikstofdepositie.
- Als het doel puur de stikstofdepositie te mitigeren, dan is de hybride-elektrische optie in alle gevallen de beste optie.
- Ook in het geval van een CAPEX-subsidie liggen de operationele kosten voor ZE-schepen nog steeds hoger.

Aan de hand van de berekeningen rechts laten we zien dat met hybride CTV's en shortsea schepen op de meeste kosteneffectieve manier stikstofdepositie vermeden kan worden.

Kosteneffectiviteitsscores voor hybride-elektrische schepen:

- CTV: 1,8 miljoen meer CAPEX, reductie 0,02 à 0,04 mol/ha/jaar = 45 tot 90 miljoen EUR benodigd per schip om 1 mol/ha/jaar te besparen.
- OSV: 13 miljoen meer CAPEX, reductie 0,05 à 0,1 mol/ha/jaar = 130 tot 260 miljoen EUR benodigd per schip om 1 mol/ha/jaar te besparen.
- Shortsea: 13 miljoen meer CAPEX, reductie 0,16 à 0,22 mol/ha/jaar = 60 tot 80 miljoen EUR benodigd per schip om 1 mol/ha/jaar te besparen.

LET'S TALK



Wouter van der Geest
+31 6 22 85 66 62
Wouter.vandergeest@rebelgroup.com



Jesse Bijleveld
+31 6 30 98 51 11
Jesse.bijleveld@rebelgroup.com

NO CHANGE WITHOUT A REBEL

Rebels in strategy & finance

Rebel Economics & Policy

Wijnhaven 23
3011 WH Rotterdam
The Netherlands

+31 10 275 59 95
info@rebelgroup.com
www.rebelgroup.com

APPENDIX I

Aandrijvingen

Dieselaandrijving

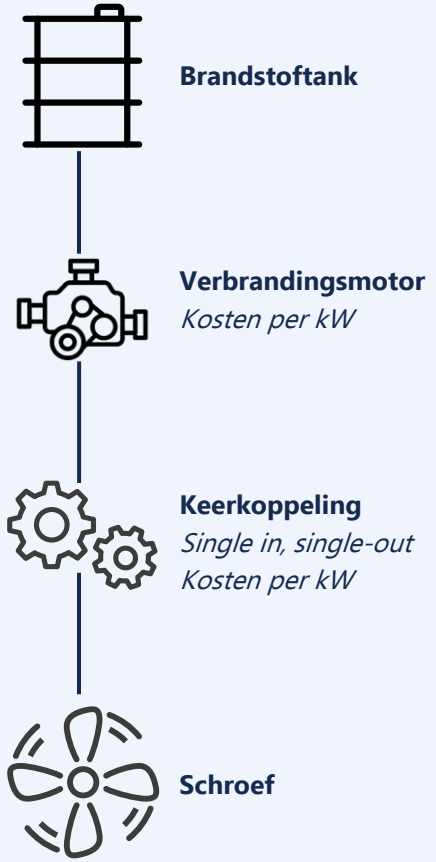
Een conventionele aandrijflijn van een schip bestaat uit een dieselmotor die, al dan niet via een keerkoppeling, een schroef aandrijft. De brandstof wordt geleverd uit één of meerdere dieseltanks. Veelal beschikken grote schepen over een verwarmde dagtank om er voor te zorgen dat de brandstof in optimale conditie de verbrandingsmotor bereikt.

De verbrandingsmotor kan optioneel worden voorzien van katalysatoren, roetfilters en uitlaatgaswasinstallaties (vooral om zwavel neer te laten slaan). Omwille van versimpeling zijn deze koppelingen niet ingetekend. Eveneens is het mogelijk om via een asgenerator een batterij op te laden ten behoeve van het boordnet. Doorgaans behalen verbrandingsmotoren een rendement van 40% - dat wil zeggen dat 40% van de energie in de brandstof wordt omgezet in voortstuwingsenergie en de overige 60% in warmte.

De keerkoppeling is benodigd doordat het toerental dat een verbrandingsmotor presenteert veelal veel groter is dan het toerental waarmee de schroef aangedreven wordt. De keerkoppeling zorgt zodoende voor reductie. Ook maakt de keerkoppeling het mogelijk om de schroef in omgekeerde draairichting te laten draaien; hiermee kan het schip vaart verminderen (‘afstoppen’) en zelfs achteruit varen.

Een verbrandingsmotor heeft een optimaal werkingsgebied. Veelal ligt dit tussen de 50% en de 80% van het nominaal vermogen. Binnen dit werkingsgebied zet het schip het meest efficient brandstof om in energie. Buiten deze werkingsgebieden presteert een verbrandingsmotor minder goed. Zeker bij zeer lage toerentallen en zeer lage vermogens kan het zogenaamd ‘specifiek brandstofverbruik’ fors oplopen. In dit werkingsgebied zijn de verbrandingstemperaturen vaak ook laag waardoor er additionele emissie is van stikstofoxiden (NOx).

Conventionele diesel aandrijving



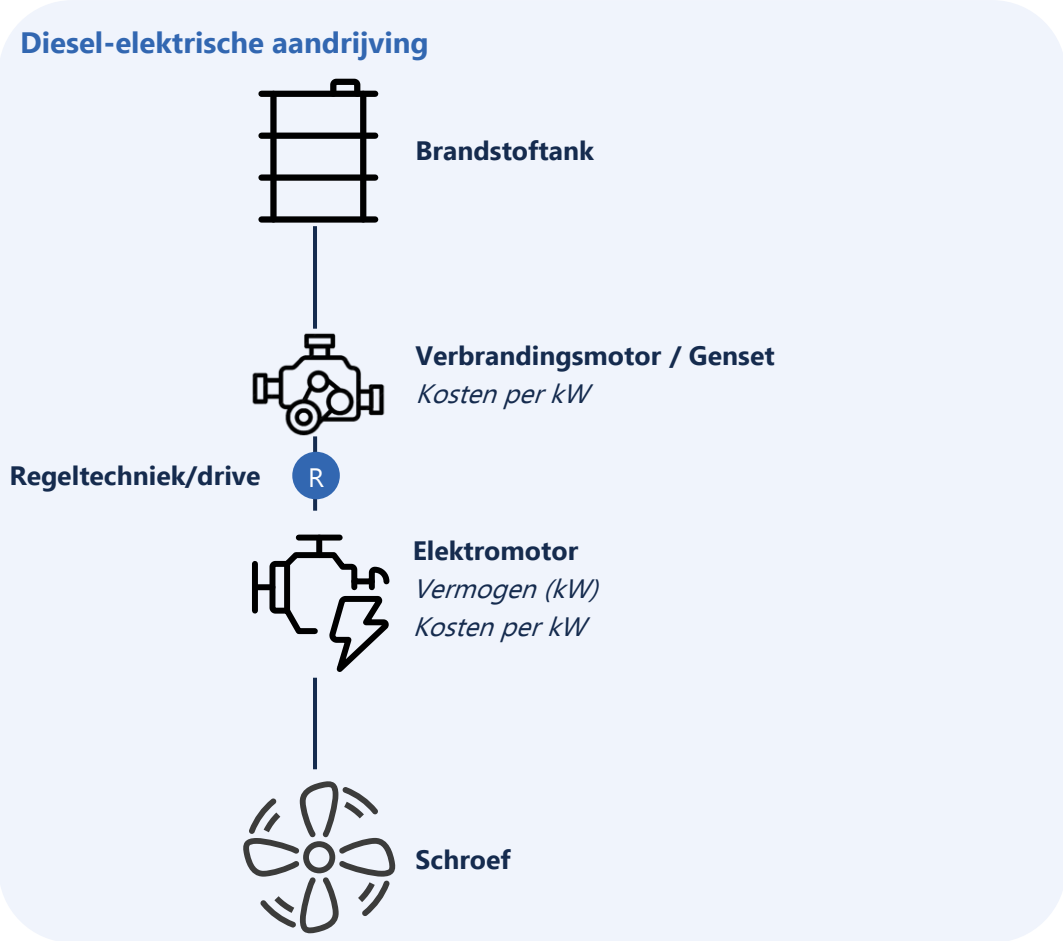
Diesel-elektrische aandrijving

Een diesel-elektrische aandrijflijn bestaat uit uit een elektromotor die, al dan niet via een keerkoppeling, een schroef aandrijft. De elektriciteit die benodigd is om de elektromotor te voeden wordt geleverd door één, maar doorgaans meerdere diesel-generatoren. Via frequentieregelaars wordt er voor gezorgd dat de elektriciteit die hierbij wordt opgewekt, conform specificities wordt aangeleverd aan de elektromotor.

Men kiest hierbij doorgaans voor meerdere generatoren om zo motoren aan of af te kunnen schakelen, naar gelang van het gewenste vermogen op de schroef en de bijbehorende vaarsnelheden. Dit kan bij schepen met een divers vaarprofiel besparingen in brandstof tot enkele tientallen procenten opleveren. Ook zijn de kosten voor kleine dieselgeneratoren doorgaans goedkoper dan een hoofdmotor met een gelijk vermogen (2x 500 kW < 1x 1000 kW).

Doorgaans behalen generatoren een rendement van 40% - dat wil zeggen dat 40% van de energie in de brandstof wordt omgezet in voortstuwingsenergie en de overige 60% in warmte. Het rendement van een dieselelektrisch aangedreven schip is doorgaans op vollast lager dan een diesel-directe aandrijflijn, maar in deellast juist gunstiger (*doordat één of enkele generatoren op het meest efficiënte toerental kunnen draaien*).

De generatoren kunnen optioneel worden voorzien van katalysatoren, roetfilters en uitlaatgaswasinstallaties (vooral om zwavel neer te laten slaan). Omwille van versimpeling zijn deze koppelingen niet ingetekend

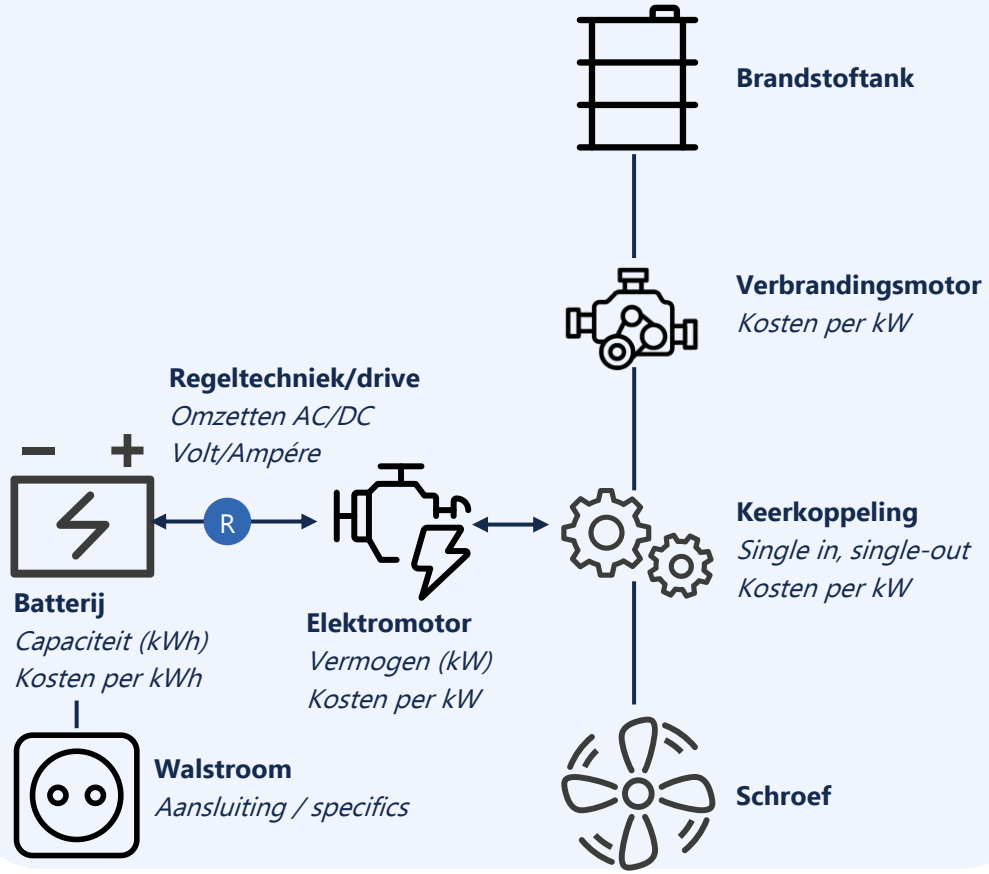


Hybride aandrijving

Een hybride aandrijving combineert de voordelen van de diesel-directe aandrijflijn met de elektrische aandrijflijn. Het schip is hierbij in staat om één van beide systemen of beide systemin te gebruiken. Dit betekent dat er meer hardware aan boord staat, maar ook dat het schip in staat is de voordelen van beide systemin uit te nutten. Voordelen zijn een grote mate van flexibiliteit daar waar het gaat om de inzet (het kan op meerdere trajecten ingezet worden) en zekerheid omtrent de OPEX (de gunstige keuze kan altijd gemaakt worden).

Door de hybride uitvoering kunnen batterijcapaciteit geringer blijven. Via de verbrandingsmotor is het ook mogelijk om de elektromotor te benutten als generator en daardoor energie terug te leveren aan de batterij. Deze wordt dan opgeladen met behulp van de dieselmotor. Dit kan op volle zee, daar waar uitstoot van luchtvervuilende stoffen minder problematisch is, raadzaam zijn om emissieloos de haven in te varen.

Parallel hybride batterij-elektrische aandrijving



Batterij-elektrische aandrijving

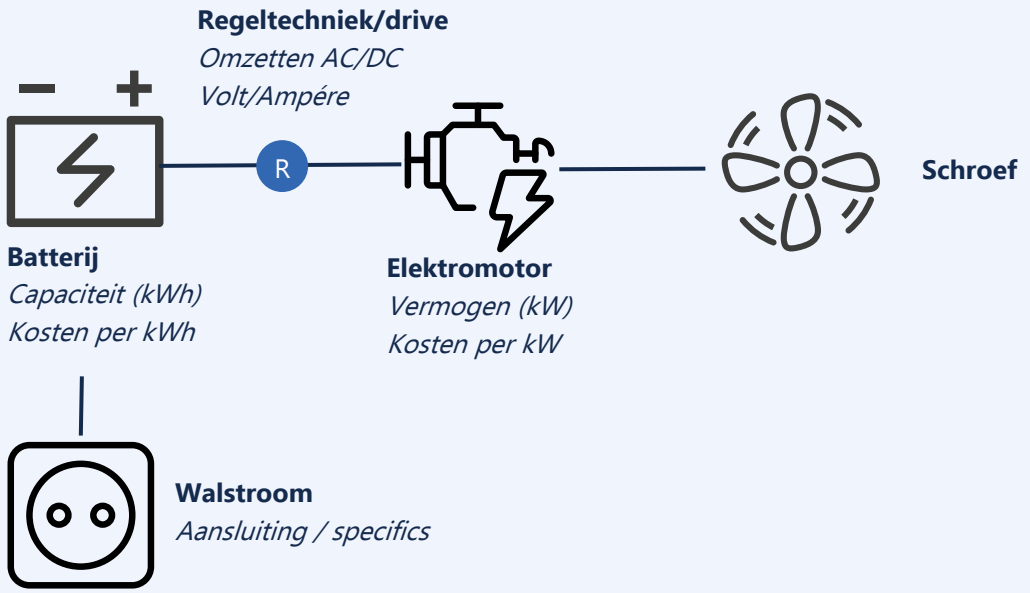
Bijgevoegd diagram beschrijft schematisch de componenten van een batterij-elektrische aandrijflijn. Deze bestaat uit een batterij, een stuk regeltechniek (drives), de elektromotor en de schroef (al dan niet gecombineerd in de vorm van roerpropellors).

De batterij fungeert hierbij als de energiebron. Vanuit de batterij wordt de elektrische energie geleverd aan de elektromotor. De batterij dient hierbij over voldoende capaciteit te beschikken om het schip voor zijn toepassing te kunnen laten varen. Dit betekent dat rekening gehouden moet worden met de meest ongunstige omstandigheden die een schip kan tegengekomen (reserve-capaciteit). Daarnaast geldt dat ten behoeve van de levensduur van batterijen te diep laden en ontladen wordt afgeraden; hiervoor wordt vaak nog een opslag van 20% op de gewenste capaciteit aangehouden. Tot slot geldt dat gedurende de levensduur van de batterij de capaciteit ook langzaam terugloopt. Hiervoor rekent men bij ontwerp ook met additioneel 20% degradatie van de batterij. In vergelijking tot een dieseltank is een batterij weinig energiedicht. Voor iedere MWh aan capaciteit kan circa 10 ton gewicht ingeschat worden.
Batterijen gaan langer mee als zij niet te snel ontladen en opgeladen worden; dit zijn de zogenaamde C-ratio's.

Er zijn diverse typen batterijen in omloop in de maritieme industrie. Er zijn batterijen van het type LFP (lithium, ijzer, fosfaat). Deze kennen een lange levensduur en zijn relatief veilig. De energiedichtheid is echter Geringer dan een NMC-batterij. De LTO batterij is ook in opkomst. Deze batterijen hebben in vergelijking tot de andere voorbeelden de langste levensduur, maar ze zijn minder energiedicht.

Regeltechniek is benodigd om de hoeveelheden stroom vanuit de batterijen conform de juiste specificaties te leveren aan de elektromotor. Dit is vaak ingewikkelde techniek en dit kan een kostbaar element zijn van de aandrijving. Des te groter de batterij- en motorvermogens, des te complexer en des te kostbaarder de regeltechniek doorgaans wordt.

Batterij-elektrische aandrijving

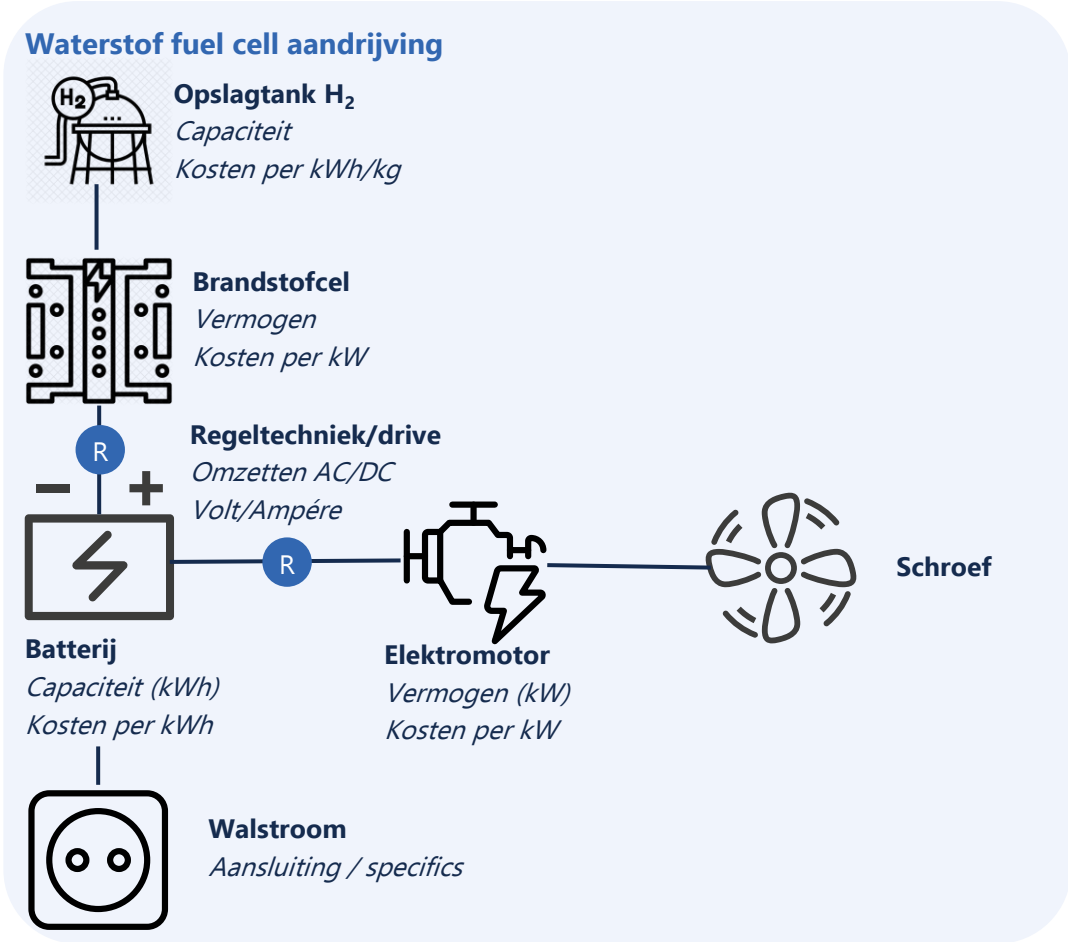


Waterstof aandrijving

De waterstof-aandrijving is vergelijkbaar aan de batterij-elektrische aandrijflijn. De capaciteit van de batterij kan hierbij echter een stuk geringer worden uitgevoerd. De batterij kan namelijk met behulp van een brandstofcel worden opgeladen. De batterij dient hierbij als een energiebuffer die in staat is om de piekvermogens die gevraagd worden de elektromotor(en) aan boord op te vangen, terwijl de brandstofcel op een relatief constante manier energie voedt aan het batterijsysteem. Een brandstofcel heeft doorgaans een relatief gering rendement van circa 50% tot 60%.

Om de waterstof aan de brandstofcel te kunnen voeden is energieopslag van waterstof benodigd aan boord. Dit brengt veiligheidsrisico's met zich mee, doordat waterstof onder hoge druk of zelfs in vloeibare vorm gehouden moet worden (bij zeer lage temperaturen). Dit vereist specifieke opslagtanks.

De elektromotoren aan boord hebben doorgaans een zeer hoog rendement. Ze zijn in staat om 90% van de elektrische geleverde energie om te zetten in voortstuwingsenergie. Elektromotoren kunnen ook in de vorm van roerpropellors worden uitgerust. Daardoor is een schoefas niet meer nodigd, en ook kunnen de roeren achterwege blijven.



APPENDIX II

TCO en CAPEX tabellen

Opbouw Total Costs of Ownership

De TCO is opgebouwd uit de volgende kostensoorten:

Soort	Item	Aannames
Investeringskosten	Kapitaalkosten van het schip	70% bank financiering
	Financiering met eigen vermogen van het schip	30% financiering met eigen vermogen
	Batterij vervanging	Iedere 10 jaar vervangen
	Fuel cell vervanging	Iedere 10 jaar vervangen
Overige kosten	Verzekeringskosten	0.5% van CAPEX
	Reparatie en onderhoudskosten	1.0% van CAPEX
	Administratiekosten	0.1% van CAPEX
	Personeelskosten	Jaarlijks salaris van 100.000 euro
	Certificatie- en trainingskosten	0.2% van CAPEX
Brandstofkosten	Zero-emissie brandstofkosten (eerste 30km)	Per schip verschillend
	Niet-zero-emissie route brandstofkosten	Per schip verschillend
	Stationaire en dynamic positioning brandstofkosten	Per schip verschillend
Emissiekosten	Emissiekosten	EU ETS en FuelEU Maritime, IMO NZF optioneel

CTV

TCO (000 euro)	MDO-E	Hybrid	Battery-Electric	H2 ICE	H2 Fuel Cell
Investering	7,396	11,519	14,900	9,321	12,622
Overig	14,444	15,416	15,996	15,080	15,917
Brandstof	6,529	6,548	7,529	45,330	32,967
Emissies	-	-	-	-	-
Totale kosten	**28,368**	**33,483**	**38,425**	**69,731**	**61,506**

Investeringskosten (000 euro)	MDO-E	Hybrid	Battery-Electric	H2 ICE	H2 Fuel Cell
Romp etc.	3,700	3,700	3,700	3,700	3,700
Diesel	400	400	-	-	-
Elektrisch	-	1,800	3,275	700	1,050
H2	-	-	-	878	2,078
Retrofit	-	-	-	-	-
Efficiency	425	425	425	425	425
Totaal	**4,525**	**6,325**	**7,400**	**5,703**	**7,253**

OSV

TCO (000 euro)	MDO-E	Hybrid	Battery -elek.	H2 ICE	H2 Fuel Cell	MDO-E - Retrofit	Hybrid - Retrofit	Battery-electric - Retrofit	H2 ICE - Retrofit	H2 Fuel Cell - Retrofit
Investering	71,419	92,849	247,887	90,224	116,787	54,257	73,644	231,542	82,868	115,928
Overig	58,815	65,700	95,265	65,808	72,828	53,145	59,355	89,865	63,378	70,398
Brandstof	25,025	25,130	28,324	170,527	116,269	25,025	25,130	28,324	170,527	116,269
Emissies	86,687	83,944	-	-	-	86,687	83,944	-	-	-
Totale kosten	**241,946**	**267,622**	**371,476**	**326,559**	**305,883**	**219,114**	**242,072**	**349,731**	**316,774**	**302,594**

Investeringskosten (000 euro)	MDO-E	Hybrid	Battery -elek.	H2 ICE	H2 Fuel Cell	MDO-E - Retrofit	Hybrid - Retrofit	Battery-electric - Retrofit	H2 ICE - Retrofit	H2 Fuel Cell - Retrofit
Romp etc.	32,000	34,000	35,000	35,000	35,000	16,000	17,000	17,500	17,500	17,500
Diesel	5,000	5,000	-	-	-	5,000	5,000	2,500	-	2,500
Elektrisch	2,000	12,500	71,000	-	11,500	2,000	12,500	71,000	8,000	17,000
H2	-	-	-	16,450	17,950	-	-	-	16,450	17,950
Retrofit	-	-	-	-	-	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000
Efficiency	3,250	3,500	3,750	3,750	3,750	3,750	3,750	3,750	3,750	3,750
Totaal	**42,250**	**55,000**	**109,750**	**55,200**	**68,200**	**31,750**	**43,250**	**99,750**	**50,700**	**63,700**

Shortsea

TCO (000 euro)	MDO-E	Hybrid	H2 ICE	H2 Fuel Cell	MDO-E - Retrofit	Hybrid - Retrofit	H2 ICE - Retrofit	H2 Fuel Cell - Retrofit
Investering	42,678	65,085	75,997	85,512	36,345	57,321	68,234	77,748
Overig	49,905	56,723	61,108	62,593	47,813	54,158	58,543	60,028
Brandstof	37,495	37,520	258,624	175,654	37,495	37,520	263,481	175,654
Emissies	129,881	127,487	-	-	129,881	127,487	-	-
Totale kosten	**259,959**	**286,815**	**395,730**	**323,759**	**251,533**	**276,486**	**390,258**	**313,430**

Investeringskosten (000 euro)	MDO-E	Hybrid	H2 ICE	H2 Fuel Cell	MDO-E - Retrofit	Hybrid - Retrofit	H2 ICE - Retrofit	H2 Fuel Cell - Retrofit
Romp etc.	18,000	19,500	19,500	19,500	9,000	9,750	9,750	9,750
Diesel	4,500	4,500	-	-	4,500	4,500	-	-
Elektrisch	500	11,500	6,500	9,250	500	11,500	6,500	9,250
H2	-	-	17,622	17,622	-	-	17,622	17,622
Retrofit	-	-	-	-	5,000	5,000	5,000	5,000
Efficiency	2,750	2,875	2,875	2,875	2,875	2,875	2,875	2,875
Totaal	25,750	38,375	46,497	49,247	21,875	33,625	41,747	44,497

APPENDIX III

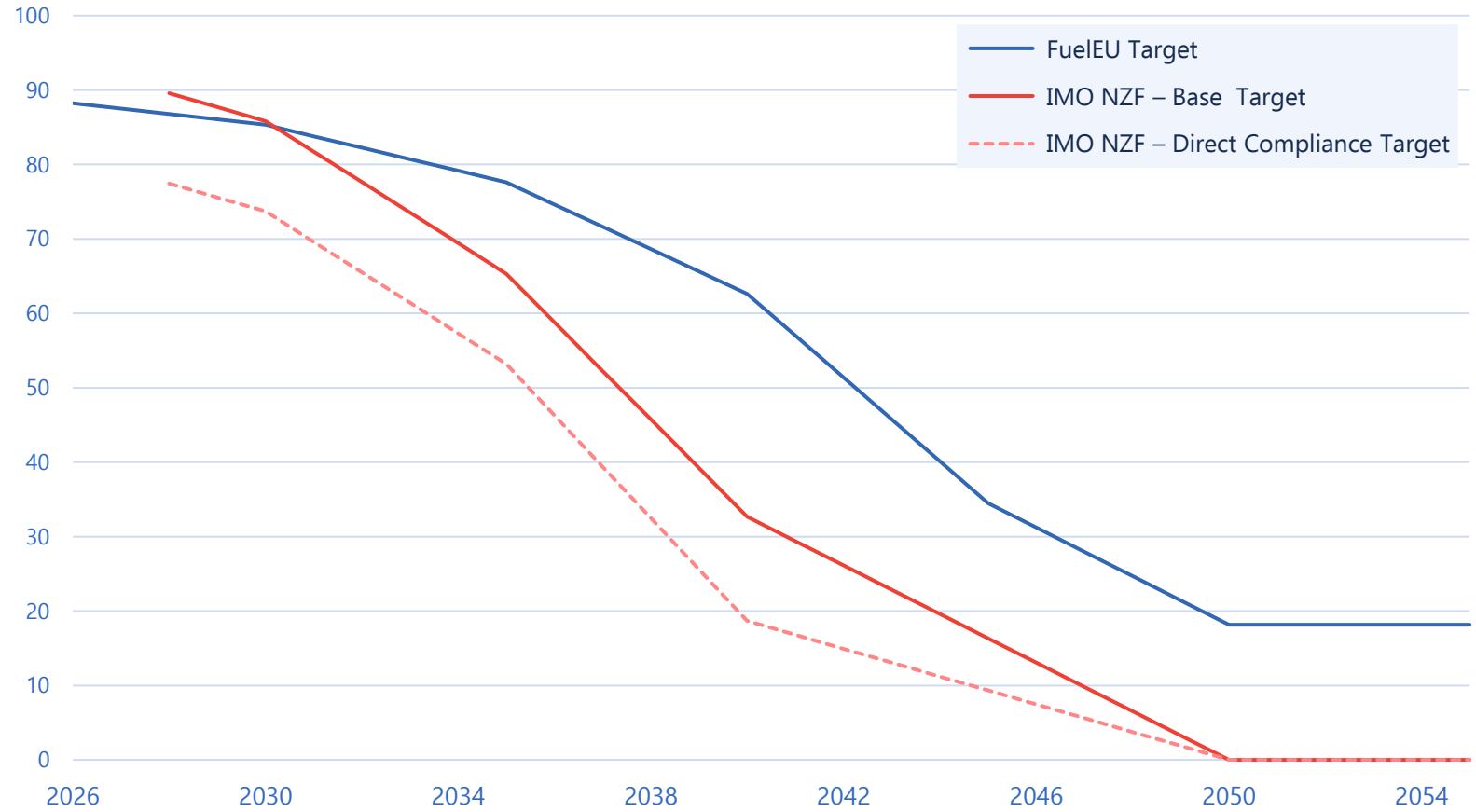
FuelEU Maritime & IMO NZF

Het IMO NZF streeft naar een 100% CO_2-reductie in 2050. Afhankelijk van de emissiesituatie gelden er drie financiële regimes:

1. Boven de basistarget: emissies worden afgerekend tegen een prijs van $380 per ton.
2. Tussen basistarget en directe compliance grens: een gematigd tarief van $100 per ton geldt.
3. Onder directe compliance grens: niet uitgestoten tonnen CO_2 kunnen verhandeld worden tegen een marktprijs die net iets onder de $380 geschat wordt.

Het FuelEU Maritime beleid mikt op 80% CO_2-reductie in 2050. Wanneer brandstofgebruik boven de toegestane target ligt, wordt het verschil verrekend tegen het prijsverschil met de GFI, wat leidt tot een directe financiële afrekening.

GFI Targets for FuelEU Maritime and IMO NZF (g CO_2/MJ)



APPENDIX IV

Subsidiepercentages

CTV – CAPEX Subsidie

CTV - Hybrid

% CAPEX Subsidie	-	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
CAPEX Subsidie in 000 EUR	-	90	180	270	360	450	540	630	720	810	900	990	1,080	1,170	1,260	1,350	1,440	1,530	1,620	1,710	1,800
CTV - MDO-E - TCO	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368
CTV - Hybrid - TCO	33,483	33,336	33,189	33,041	32,894	32,747	32,600	32,453	32,306	32,159	32,012	31,865	31,718	31,570	31,423	31,276	31,129	30,982	30,835	30,688	30,541
Meerkost (%)	*18.0%*	*17.5%*	*17.0%*	*16.5%*	*16.0%*	*15.4%*	*14.9%*	*14.4%*	*13.9%*	*13.4%*	*12.8%*	*12.3%*	*11.8%*	*11.3%*	*10.8%*	*10.3%*	*9.7%*	*9.2%*	*8.7%*	*8.2%*	*7.7%*

CTV - Battery-electric

% CAPEX Subsidie	-	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
CAPEX Subsidie in 000 EUR	-	144	288	431	575	719	863	1,006	1,150	1,294	1,438	1,581	1,725	1,869	2,013	2,156	2,300	2,444	2,588	2,731	2,875
CTV - MDO-E - TCO	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368
CTV - Battery-electric - TCO	38,425	38,190	37,956	37,721	37,486	37,251	37,016	36,781	36,546	36,311	36,076	35,841	35,606	35,371	35,136	34,901	34,666	34,431	34,196	33,961	33,726
Meerkost (%)	*35.5%*	*34.6%*	*33.8%*	*33.0%*	*32.1%*	*31.3%*	*30.5%*	*29.7%*	*28.8%*	*28.0%*	*27.2%*	*26.3%*	*25.5%*	*24.7%*	*23.9%*	*23.0%*	*22.2%*	*21.4%*	*20.5%*	*19.7%*	*18.9%*

CTV - H2 ICE

% CAPEX Subsidie	-	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
CAPEX Subsidie in 000 EUR	-	59	118	177	236	294	353	412	471	530	589	648	707	766	825	883	942	1,001	1,060	1,119	1,178
CTV - MDO-E - TCO	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368
CTV - H2 ICE - TCO	69,731	69,635	69,538	69,442	69,346	69,250	69,153	69,057	68,961	68,864	68,768	68,672	68,576	68,479	68,383	68,287	68,191	68,094	67,998	67,902	67,806
Meerkost (%)	*145.8%*	*145.5%*	*145.1%*	*144.8%*	*144.4%*	*144.1%*	*143.8%*	*143.4%*	*143.1%*	*142.8%*	*142.4%*	*142.1%*	*141.7%*	*141.4%*	*141.1%*	*140.7%*	*140.4%*	*140.0%*	*139.7%*	*139.4%*	*139.0%*

CTV - H2 Fuel Cell

% CAPEX Subsidie	-	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
CAPEX Subsidie in 000 EUR	-	136	273	409	546	682	818	955	1,091	1,228	1,364	1,500	1,637	1,773	1,910	2,046	2,182	2,319	2,455	2,592	2,728
CTV - MDO-E - TCO	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368
CTV - H2 Fuel Cell - TCO	61,506	61,283	61,060	60,837	60,615	60,392	60,169	59,946	59,723	59,500	59,277	59,054	58,831	58,608	58,385	58,162	57,939	57,716	57,493	57,271	57,048
Meerkost (%)	*116.8%*	*116.0%*	*115.2%*	*114.5%*	*113.7%*	*112.9%*	*112.1%*	*111.3%*	*110.5%*	*109.7%*	*109.0%*	*108.2%*	*107.4%*	*106.6%*	*105.8%*	*105.0%*	*104.2%*	*103.5%*	*102.7%*	*101.9%*	*101.1%*

Noot: TCO bevatten geen emissiekosten

OSV – CAPEX Subsidie

OSV - Hybrid

% CAPEX Subsidie	-	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
CAPEX Subsidie in 000 EUR	-	638	1,275	1,913	2,550	3,188	3,825	4,463	5,100	5,738	6,375	7,013	7,650	8,288	8,925	9,563	10,200	10,838	11,475	12,113	12,750
OSV - MDO-E - TCO	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946
OSV - Hybrid - TCO	267,622	266,580	265,538	264,496	263,454	262,412	261,370	260,328	259,286	258,244	257,203	256,161	255,119	254,077	253,035	251,993	250,951	249,909	248,867	247,825	246,783
Meerkost (%)	*10.6%*	*10.2%*	*9.8%*	*9.3%*	*8.9%*	*8.5%*	*8.0%*	*7.6%*	*7.2%*	*6.7%*	*6.3%*	*5.9%*	*5.4%*	*5.0%*	*4.6%*	*4.2%*	*3.7%*	*3.3%*	*2.9%*	*2.4%*	*2.0%*

OSV - Battery-Electric

% CAPEX Subsidie	-	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
CAPEX Subsidie in 000 EUR	-	3,375	6,750	10,125	13,500	16,875	20,250	23,625	27,000	30,375	33,750	37,125	40,500	43,875	47,250	50,625	54,000	57,375	60,750	64,125	67,500
OSV - MDO-E - TCO	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946
OSV - Battery-electric - TCO	371,476	365,960	360,443	354,927	349,411	343,894	338,378	332,862	327,345	321,829	316,313	310,796	305,280	299,764	294,247	288,731	283,214	277,698	272,182	266,665	261,149
Meerkost (%)	*53.5%*	*51.3%*	*49.0%*	*46.7%*	*44.4%*	*42.1%*	*39.9%*	*37.6%*	*35.3%*	*33.0%*	*30.7%*	*28.5%*	*26.2%*	*23.9%*	*21.6%*	*19.3%*	*17.1%*	*14.8%*	*12.5%*	*10.2%*	*7.9%*

OSV - H2 ICE

% CAPEX Subsidie	-	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
CAPEX Subsidie in 000 EUR	-	648	1,295	1,943	2,590	3,238	3,885	4,533	5,180	5,828	6,475	7,123	7,770	8,418	9,065	9,713	10,360	11,008	11,655	12,303	12,950
OSV - MDO-E - TCO	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946
OSV - H2 ICE - TCO	326,559	325,501	324,442	323,384	322,326	321,267	320,209	319,151	318,092	317,034	315,975	314,917	313,859	312,800	311,742	310,684	309,625	308,567	307,509	306,450	305,392
Meerkost (%)	*35.0%*	*34.5%*	*34.1%*	*33.7%*	*33.2%*	*32.8%*	*32.3%*	*31.9%*	*31.5%*	*31.0%*	*30.6%*	*30.2%*	*29.7%*	*29.3%*	*28.8%*	*28.4%*	*28.0%*	*27.5%*	*27.1%*	*26.7%*	*26.2%*

OSV - H2 Fuel Cell

% CAPEX Subsidie	-	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
CAPEX Subsidie in 000 EUR	-	1,298	2,595	3,893	5,190	6,488	7,785	9,083	10,380	11,678	12,975	14,273	15,570	16,868	18,165	19,463	20,760	22,058	23,355	24,653	25,950
OSV - MDO-E - TCO	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946
OSV - H2 Fuel Cell - TCO	305,883	303,763	301,642	299,521	297,400	295,280	293,159	291,038	288,917	286,797	284,676	282,555	280,434	278,314	276,193	274,072	271,951	269,830	267,710	265,589	263,468
Meerkost (%)	*26.4%*	*25.5%*	*24.7%*	*23.8%*	*22.9%*	*22.0%*	*21.2%*	*20.3%*	*19.4%*	*18.5%*	*17.7%*	*16.8%*	*15.9%*	*15.0%*	*14.2%*	*13.3%*	*12.4%*	*11.5%*	*10.6%*	*9.8%*	*8.9%*

OSV Retrofit – CAPEX Subsidie

OSV - Hybrid Retrofit

% CAPEX Subsidie	-	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
CAPEX Subsidie in 000 EUR	-	575	1,150	1,725	2,300	2,875	3,450	4,025	4,600	5,175	5,750	6,325	6,900	7,475	8,050	8,625	9,200	9,775	10,350	10,925	11,500
OSV - MDO-E - Retrofit - TCO	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114
OSV - Hybrid - Retrofit - TCO	242,072	241,132	240,193	239,253	238,313	237,373	236,433	235,493	234,554	233,614	232,674	231,734	230,794	229,855	228,915	227,975	227,035	226,095	225,155	224,216	223,276
Meerkost (%)	*10.5%*	*10.0%*	*9.6%*	*9.2%*	*8.8%*	*8.3%*	*7.9%*	*7.5%*	*7.0%*	*6.6%*	*6.2%*	*5.8%*	*5.3%*	*4.9%*	*4.5%*	*4.0%*	*3.6%*	*3.2%*	*2.8%*	*2.3%*	*1.9%*

OSV - Battery-Electric Retrofit

% CAPEX Subsidie	-	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
CAPEX Subsidie in 000 EUR	-	3,400	6,800	10,200	13,600	17,000	20,400	23,800	27,200	30,600	34,000	37,400	40,800	44,200	47,600	51,000	54,400	57,800	61,200	64,600	68,000
OSV - MDO-E - Retrofit - TCO	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114
OSV - Battery Electric - Retrofit - TCO	349,731	344,174	338,617	333,060	327,502	321,945	316,388	310,831	305,274	299,716	294,159	288,602	283,045	277,488	271,930	266,373	260,816	255,259	249,702	244,144	238,587
Meerkost (%)	*59.6%*	*57.1%*	*54.5%*	*52.0%*	*49.5%*	*46.9%*	*44.4%*	*41.9%*	*39.3%*	*36.8%*	*34.2%*	*31.7%*	*29.2%*	*26.6%*	*24.1%*	*21.6%*	*19.0%*	*16.5%*	*14.0%*	*11.4%*	*8.9%*

OSV - H2 ICE Retrofit

% CAPEX Subsidie	-	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
CAPEX Subsidie in 000 EUR	-	948	1,895	2,843	3,790	4,738	5,685	6,633	7,580	8,528	9,475	10,423	11,370	12,318	13,265	14,213	15,160	16,108	17,055	18,003	18,950
OSV - MDO-E - Retrofit - TCO	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114
OSV - H2 ICE - Retrofit - TCO	316,774	315,225	313,677	312,128	310,579	309,030	307,482	305,933	304,384	302,836	301,287	299,738	298,190	296,641	295,092	293,543	291,995	290,446	288,897	287,349	285,800
Meerkost (%)	*44.6%*	*43.9%*	*43.2%*	*42.4%*	*41.7%*	*41.0%*	*40.3%*	*39.6%*	*38.9%*	*38.2%*	*37.5%*	*36.8%*	*36.1%*	*35.4%*	*34.7%*	*34.0%*	*33.3%*	*32.6%*	*31.8%*	*31.1%*	*30.4%*

OSV - H2 Fuel Cell Retrofit

% CAPEX Subsidie	-	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
CAPEX Subsidie in 000 EUR	-	1,598	3,195	4,793	6,390	7,988	9,585	11,183	12,780	14,378	15,975	17,573	19,170	20,768	22,365	23,963	25,560	27,158	28,755	30,353	31,950
OSV - MDO-E - Retrofit - TCO	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114
OSV - H2 Fuel Cell - Retrofit - TCO	302,594	299,983	297,372	294,761	292,150	289,539	286,928	284,317	281,705	279,094	276,483	273,872	271,261	268,650	266,039	263,428	260,817	258,206	255,594	252,983	250,372
Meerkost (%)	*38.1%*	*36.9%*	*35.7%*	*34.5%*	*33.3%*	*32.1%*	*30.9%*	*29.8%*	*28.6%*	*27.4%*	*26.2%*	*25.0%*	*23.8%*	*22.6%*	*21.4%*	*20.2%*	*19.0%*	*17.8%*	*16.6%*	*15.5%*	*14.3%*

Shortsea – CAPEX Subsidie

Shortsea - Hybrid

% CAPEX Subsidie	-	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
CAPEX Subsidie in 000 EUR	-	631	1,263	1,894	2,525	3,156	3,788	4,419	5,050	5,681	6,313	6,944	7,575	8,206	8,838	9,469	10,100	10,731	11,363	11,994	12,625
Shortsea - MDO-E - TCO	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959
Shortsea - Hybrid - TCO	286,815	285,783	284,752	283,720	282,688	281,656	280,625	279,593	278,561	277,529	276,498	275,466	274,434	273,402	272,371	271,339	270,307	269,275	268,244	267,212	266,180
Meerkost (%)	*10.3%*	*9.9%*	*9.5%*	*9.1%*	*8.7%*	*8.3%*	*7.9%*	*7.6%*	*7.2%*	*6.8%*	*6.4%*	*6.0%*	*5.6%*	*5.2%*	*4.8%*	*4.4%*	*4.0%*	*3.6%*	*3.2%*	*2.8%*	*2.4%*

Shortsea - H2 ICE

% CAPEX Subsidie	-	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
CAPEX Subsidie in 000 EUR	-	1,037	2,075	3,112	4,149	5,187	6,224	7,261	8,299	9,336	10,373	11,411	12,448	13,485	14,523	15,560	16,597	17,635	18,672	19,709	20,747
Shortsea - MDO-E - TCO	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959
Shortsea - H2 ICE - TCO	395,730	394,034	392,339	390,643	388,948	387,252	385,557	383,861	382,166	380,470	378,775	377,079	375,384	373,688	371,993	370,297	368,602	366,906	365,211	363,515	361,820
Meerkost (%)	*52.2%*	*51.6%*	*50.9%*	*50.3%*	*49.6%*	*49.0%*	*48.3%*	*47.7%*	*47.0%*	*46.4%*	*45.7%*	*45.1%*	*44.4%*	*43.7%*	*43.1%*	*42.4%*	*41.8%*	*41.1%*	*40.5%*	*39.8%*	*39.2%*

Shortsea - H2 Fuel Cell

% CAPEX Subsidie	-	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
CAPEX Subsidie in 000 EUR	-	1,175	2,350	3,524	4,699	5,874	7,049	8,224	9,399	10,573	11,748	12,923	14,098	15,273	16,448	17,622	18,797	19,972	21,147	22,322	23,497
Shortsea - MDO-E - TCO	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959
Shortsea - H2 Fuel Cell - TCO	323,759	321,839	319,918	317,998	316,078	314,158	312,238	310,317	308,397	306,477	304,557	302,636	300,716	298,796	296,876	294,955	293,035	291,115	289,195	287,275	285,354
Meerkost (%)	*24.5%*	*23.8%*	*23.1%*	*22.3%*	*21.6%*	*20.8%*	*20.1%*	*19.4%*	*18.6%*	*17.9%*	*17.2%*	*16.4%*	*15.7%*	*14.9%*	*14.2%*	*13.5%*	*12.7%*	*12.0%*	*11.2%*	*10.5%*	*9.8%*

Shortsea Retrofit – CAPEX Subsidie

Shortsea - Hybrid Retrofit

% CAPEX Subsidie	-	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
CAPEX Subsidie in 000 EUR	-	588	1,175	1,763	2,350	2,938	3,525	4,113	4,700	5,288	5,875	6,463	7,050	7,638	8,225	8,813	9,400	9,988	10,575	11,163	11,750
Shortsea - MDO-E - Retrofit - TCO	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533
Shortsea - Hybrid - Retrofit - TCO	276,486	275,526	274,566	273,606	272,645	271,685	270,725	269,765	268,804	267,844	266,884	265,924	264,963	264,003	263,043	262,083	261,122	260,162	259,202	258,242	257,281
Meerkost (%)	*9.9%*	*9.5%*	*9.2%*	*8.8%*	*8.4%*	*8.0%*	*7.6%*	*7.2%*	*6.9%*	*6.5%*	*6.1%*	*5.7%*	*5.3%*	*5.0%*	*4.6%*	*4.2%*	*3.8%*	*3.4%*	*3.0%*	*2.7%*	*2.3%*

Shortsea - H2 ICE Retrofit

% CAPEX Subsidie	-	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
CAPEX Subsidie in 000 EUR	-	994	1,987	2,981	3,974	4,968	5,961	6,955	7,949	8,942	9,936	10,929	11,923	12,917	13,910	14,904	15,897	16,891	17,884	18,878	19,872
Shortsea - MDO-E - Retrofit - TCO	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533
Shortsea - H2 ICE - Retrofit - TCO	390,258	388,634	387,010	385,386	383,762	382,138	380,514	378,890	377,266	375,642	374,018	372,394	370,770	369,146	367,522	365,898	364,274	362,650	361,026	359,402	357,778
Meerkost (%)	*55.2%*	*54.5%*	*53.9%*	*53.2%*	*52.6%*	*51.9%*	*51.3%*	*50.6%*	*50.0%*	*49.3%*	*48.7%*	*48.0%*	*47.4%*	*46.8%*	*46.1%*	*45.5%*	*44.8%*	*44.2%*	*43.5%*	*42.9%*	*42.2%*

Shortsea - H2 Fuel Cell Retrofit

% CAPEX Subsidie	-	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
CAPEX Subsidie in 000 EUR	-	1,131	2,262	3,393	4,524	5,655	6,786	7,918	9,049	10,180	11,311	12,442	13,573	14,704	15,835	16,966	18,097	19,228	20,359	21,491	22,622
Shortsea - MDO-E - Retrofit - TCO	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533
Shortsea - H2 Fuel Cell - Retrofit - TCO	313,430	311,581	309,733	307,884	306,035	304,187	302,338	300,489	298,640	296,792	294,943	293,094	291,245	289,397	287,548	285,699	283,851	282,002	280,153	278,304	276,456
Meerkost (%)	*24.6%*	*23.9%*	*23.1%*	*22.4%*	*21.7%*	*20.9%*	*20.2%*	*19.5%*	*18.7%*	*18.0%*	*17.3%*	*16.5%*	*15.8%*	*15.1%*	*14.3%*	*13.6%*	*12.8%*	*12.1%*	*11.4%*	*10.6%*	*9.9%*

CTV – Brandstof Subsidie

CTV - Hybrid																					
Fuel Cost Subsidie in 000 EUR		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	16	17	18	19
% Brandstof Meerkosten Subsidie	**-**	**5%**	**10%**	**15%**	**20%**	**25%**	**30%**	**35%**	**40%**	**45%**	**50%**	**55%**	**60%**	**65%**	**70%**	**75%**	**80%**	**85%**	**90%**	**95%**	**100%**
CTV - MDO-E - TCO	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368
CTV - Hybrid - TCO	33,483	33,449	33,416	33,382	33,348	33,315	33,281	33,247	33,214	33,180	33,147	33,113	33,079	33,046	33,012	32,979	32,945	32,911	32,878	32,844	32,811
Meerkost (%)	*18.0%*	*17.9%*	*17.8%*	*17.7%*	*17.6%*	*17.4%*	*17.3%*	*17.2%*	*17.1%*	*17.0%*	*16.8%*	*16.7%*	*16.6%*	*16.5%*	*16.4%*	*16.3%*	*16.1%*	*16.0%*	*15.9%*	*15.8%*	*15.7%*
CTV - Battery-electric																					
Fuel Cost Subsidie in 000 EUR	-	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1,000
% Brandstof Meerkosten Subsidie	**-**	**5%**	**10%**	**15%**	**20%**	**25%**	**30%**	**35%**	**40%**	**45%**	**50%**	**55%**	**60%**	**65%**	**70%**	**75%**	**80%**	**85%**	**90%**	**95%**	**100%**
CTV - MDO-E - TCO	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368
CTV - Battery-electric - TCO	38,425	38,343	38,260	38,177	38,095	38,012	37,929	37,847	37,764	37,681	37,599	37,516	37,433	37,351	37,268	37,185	37,103	37,020	36,937	36,855	36,772
Meerkost (%)	*35.5%*	*35.2%*	*34.9%*	*34.6%*	*34.3%*	*34.0%*	*33.7%*	*33.4%*	*33.1%*	*32.8%*	*32.5%*	*32.2%*	*32.0%*	*31.7%*	*31.4%*	*31.1%*	*30.8%*	*30.5%*	*30.2%*	*29.9%*	*29.6%*
CTV - H2 ICE																					
Fuel Cost Subsidie in 000 EUR	-	1,939	3,878	5,817	7,756	9,695	11,635	13,574	15,513	17,452	19,391	21,330	23,269	25,208	27,147	29,086	31,026	32,965	34,904	36,843	38,782
% Brandstof Meerkosten Subsidie	**-**	**5%**	**10%**	**15%**	**20%**	**25%**	**30%**	**35%**	**40%**	**45%**	**50%**	**55%**	**60%**	**65%**	**70%**	**75%**	**80%**	**85%**	**90%**	**95%**	**100%**
CTV - MDO-E - TCO	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368
CTV - H2 ICE - TCO	69,731	67,758	65,785	63,813	61,840	59,867	57,895	55,922	53,949	51,977	50,004	48,031	46,058	44,086	42,113	40,140	38,168	36,195	34,222	32,249	30,277
Meerkost (%)	*145.8%*	*138.9%*	*131.9%*	*124.9%*	*118.0%*	*111.0%*	*104.1%*	*97.1%*	*90.2%*	*83.2%*	*76.3%*	*69.3%*	*62.4%*	*55.4%*	*48.5%*	*41.5%*	*34.5%*	*27.6%*	*20.6%*	*13.7%*	*6.7%*
CTV - H2 Fuel Cell																					
Fuel Cost Subsidie in 000 EUR	-	1,321	2,642	3,963	5,284	6,605	7,926	9,247	10,568	11,889	13,210	14,531	15,851	17,172	18,493	19,814	21,135	22,456	23,777	25,098	26,419
% Brandstof Meerkosten Subsidie	**-**	**5%**	**10%**	**15%**	**20%**	**25%**	**30%**	**35%**	**40%**	**45%**	**50%**	**55%**	**60%**	**65%**	**70%**	**75%**	**80%**	**85%**	**90%**	**95%**	**100%**
CTV - MDO-E - TCO	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368
CTV - H2 Fuel Cell - TCO	61,506	60,152	58,797	57,443	56,088	54,733	53,379	52,024	50,670	49,315	47,961	46,606	45,251	43,897	42,542	41,188	39,833	38,479	37,124	35,769	34,415
Meerkost (%)	*116.8%*	*112.0%*	*107.3%*	*102.5%*	*97.7%*	*92.9%*	*88.2%*	*83.4%*	*78.6%*	*73.8%*	*69.1%*	*64.3%*	*59.5%*	*54.7%*	*50.0%*	*45.2%*	*40.4%*	*35.6%*	*30.9%*	*26.1%*	*21.3%*

Noot: TCO bevatten geen emissiekosten

OSV – Brandstof Subsidie

OSV - Hybrid																					
Fuel Cost Subsidie in 000 EUR	-	5	10	16	21	26	31	37	42	47	52	57	63	68	73	78	84	89	94	99	104
% Brandstof Meerkosten Subsidie	**-**	**5%**	**10%**	**15%**	**20%**	**25%**	**30%**	**35%**	**40%**	**45%**	**50%**	**55%**	**60%**	**65%**	**70%**	**75%**	**80%**	**85%**	**90%**	**95%**	**100%**
OSV - Hybrid - TCO	288,844	288,844	288,844	288,844	288,844	288,844	288,844	288,844	288,844	288,844	288,844	288,844	288,844	288,844	288,844	288,844	288,844	288,844	288,844	288,844	288,844
OSV - Battery-electric - TCO	328,672	328,672	328,672	328,672	328,672	328,672	328,672	328,672	328,672	328,672	328,672	328,672	328,672	328,672	328,672	328,672	328,672	328,672	328,672	328,672	328,672
Meerkost (%)	*13.8%*	*13.8%*	*13.8%*	*13.8%*	*13.8%*	*13.8%*	*13.8%*	*13.8%*	*13.8%*	*13.8%*	*13.8%*	*13.8%*	*13.8%*	*13.8%*	*13.8%*	*13.8%*	*13.8%*	*13.8%*	*13.8%*	*13.8%*	*13.8%*
OSV - Battery-Electric																					
Fuel Cost Subsidie in 000 EUR	-	165	330	495	660	825	990	1,155	1,320	1,485	1,650	1,815	1,980	2,144	2,309	2,474	2,639	2,804	2,969	3,134	3,299
% Brandstof Meerkosten Subsidie	**-**	**5%**	**10%**	**15%**	**20%**	**25%**	**30%**	**35%**	**40%**	**45%**	**50%**	**55%**	**60%**	**65%**	**70%**	**75%**	**80%**	**85%**	**90%**	**95%**	**100%**
OSV - Hybrid - TCO	288,844	288,844	288,844	288,844	288,844	288,844	288,844	288,844	288,844	288,844	288,844	288,844	288,844	288,844	288,844	288,844	288,844	288,844	288,844	288,844	288,844
OSV - H2 ICE - TCO	493,298	493,298	493,298	493,298	493,298	493,298	493,298	493,298	493,298	493,298	493,298	493,298	493,298	493,298	493,298	493,298	493,298	493,298	493,298	493,298	493,298
Meerkost (%)	*70.8%*	*70.8%*	*70.8%*	*70.8%*	*70.8%*	*70.8%*	*70.8%*	*70.8%*	*70.8%*	*70.8%*	*70.8%*	*70.8%*	*70.8%*	*70.8%*	*70.8%*	*70.8%*	*70.8%*	*70.8%*	*70.8%*	*70.8%*	*70.8%*
OSV - H2 ICE																					
Fuel Cost Subsidie in 000 EUR	-	7,275	14,550	21,825	29,100	36,376	43,651	50,926	58,201	65,476	72,751	80,026	87,301	94,576	101,851	109,127	116,402	123,677	130,952	138,227	145,502
% Brandstof Meerkosten Subsidie	**-**	**5%**	**10%**	**15%**	**20%**	**25%**	**30%**	**35%**	**40%**	**45%**	**50%**	**55%**	**60%**	**65%**	**70%**	**75%**	**80%**	**85%**	**90%**	**95%**	**100%**
OSV - Hybrid - TCO	267,622	267,577	267,533	267,488	267,443	267,398	267,353	267,309	267,264	267,219	267,174	267,129	267,084	267,040	266,995	266,950	266,905	266,860	266,816	266,771	266,726
OSV - H2 Fuel Cell - TCO	305,883	300,364	294,844	289,325	283,805	278,285	272,766	267,246	261,726	256,207	250,687	245,167	239,648	234,128	228,609	223,089	217,569	212,050	206,530	201,010	195,491
Meerkost (%)	*14.3%*	*12.3%*	*10.2%*	*8.2%*	*6.1%*	*4.1%*	*2.0%*	*-0.0%*	*-2.1%*	*-4.1%*	*-6.2%*	*-8.2%*	*-10.3%*	*-12.3%*	*-14.4%*	*-16.4%*	*-18.5%*	*-20.5%*	*-22.6%*	*-24.7%*	*-26.7%*
OSV - H2 Fuel Cell																					
Fuel Cost Subsidie in 000 EUR	-	4,562	9,124	13,687	18,249	22,811	27,373	31,935	36,497	41,060	45,622	50,184	54,746	59,308	63,870	68,433	72,995	77,557	82,119	86,681	91,243
% Brandstof Meerkosten Subsidie	**-**	**5%**	**10%**	**15%**	**20%**	**25%**	**30%**	**35%**	**40%**	**45%**	**50%**	**55%**	**60%**	**65%**	**70%**	**75%**	**80%**	**85%**	**90%**	**95%**	**100%**
OSV - Hybrid - TCO	267,622	267,577	267,533	267,488	267,443	267,398	267,353	267,309	267,264	267,219	267,174	267,129	267,084	267,040	266,995	266,950	266,905	266,860	266,816	266,771	266,726
OSV - MDO-E - Retrofit - TCO	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114
Meerkost (%)	*-18.1%*	*-18.1%*	*-18.1%*	*-18.1%*	*-18.1%*	*-18.1%*	*-18.0%*	*-18.0%*	*-18.0%*	*-18.0%*	*-18.0%*	*-18.0%*	*-18.0%*	*-17.9%*	*-17.9%*	*-17.9%*	*-17.9%*	*-17.9%*	*-17.9%*	*-17.9%*	*-17.9%*

OSV Retrofit – Brandstof Subsidie

OSV - Hybrid Retrofit																					
Fuel Cost Subsidie in 000 EUR	-	5	10	16	21	26	31	37	42	47	52	57	63	68	73	78	84	89	94	99	104
% Brandstof Meerkosten Subsidie	**-**	**5%**	**10%**	**15%**	**20%**	**25%**	**30%**	**35%**	**40%**	**45%**	**50%**	**55%**	**60%**	**65%**	**70%**	**75%**	**80%**	**85%**	**90%**	**95%**	**100%**
OSV - MDO-E - Retrofit - TCO	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114
OSV - Hybrid - Retrofit - TCO	242,072	242,027	241,983	241,938	241,893	241,848	241,803	241,759	241,714	241,669	241,624	241,579	241,534	241,490	241,445	241,400	241,355	241,310	241,266	241,221	241,176
Meerkost (%)	*10.5%*	*10.5%*	*10.4%*	*10.4%*	*10.4%*	*10.4%*	*10.4%*	*10.3%*	*10.3%*	*10.3%*	*10.3%*	*10.3%*	*10.2%*	*10.2%*	*10.2%*	*10.2%*	*10.2%*	*10.1%*	*10.1%*	*10.1%*	*10.1%*
OSV - Battery-Electric Retrofit																					
Fuel Cost Subsidie in 000 EUR	-	165	330	495	660	825	990	1,155	1,320	1,485	1,650	1,815	1,980	2,144	2,309	2,474	2,639	2,804	2,969	3,134	3,299
% Brandstof Meerkosten Subsidie	**-**	**5%**	**10%**	**15%**	**20%**	**25%**	**30%**	**35%**	**40%**	**45%**	**50%**	**55%**	**60%**	**65%**	**70%**	**75%**	**80%**	**85%**	**90%**	**95%**	**100%**
OSV - MDO-E - Retrofit - TCO	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114
OSV - Battery Electric - Retrofit - TCO	349,731	348,609	347,486	346,364	345,242	344,119	342,997	341,874	340,752	339,629	338,507	337,385	336,262	335,140	334,017	332,895	331,772	330,650	329,528	328,405	327,283
Meerkost (%)	*59.6%*	*59.1%*	*58.6%*	*58.1%*	*57.6%*	*57.1%*	*56.5%*	*56.0%*	*55.5%*	*55.0%*	*54.5%*	*54.0%*	*53.5%*	*53.0%*	*52.4%*	*51.9%*	*51.4%*	*50.9%*	*50.4%*	*49.9%*	*49.4%*
OSV - H2 ICE Retrofit																					
Fuel Cost Subsidie in 000 EUR	-	7,275	14,550	21,825	29,100	36,376	43,651	50,926	58,201	65,476	72,751	80,026	87,301	94,576	101,851	109,127	116,402	123,677	130,952	138,227	145,502
% Brandstof Meerkosten Subsidie	**-**	**5%**	**10%**	**15%**	**20%**	**25%**	**30%**	**35%**	**40%**	**45%**	**50%**	**55%**	**60%**	**65%**	**70%**	**75%**	**80%**	**85%**	**90%**	**95%**	**100%**
OSV - MDO-E - Retrofit - TCO	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114
OSV - H2 ICE - Retrofit - TCO	316,774	308,541	300,309	292,076	283,844	275,611	267,379	259,146	250,913	242,681	234,448	226,216	217,983	209,751	201,518	193,285	185,053	176,820	168,588	160,355	152,123
Meerkost (%)	*44.6%*	*40.8%*	*37.1%*	*33.3%*	*29.5%*	*25.8%*	*22.0%*	*18.3%*	*14.5%*	*10.8%*	*7.0%*	*3.2%*	*-0.5%*	*-4.3%*	*-8.0%*	*-11.8%*	*-15.5%*	*-19.3%*	*-23.1%*	*-26.8%*	*-30.6%*
OSV - H2 Fuel Cell Retrofit																					
Fuel Cost Subsidie in 000 EUR	-	4,562	9,124	13,687	18,249	22,811	27,373	31,935	36,497	41,060	45,622	50,184	54,746	59,308	63,870	68,433	72,995	77,557	82,119	86,681	91,243
% Brandstof Meerkosten Subsidie	**-**	**5%**	**10%**	**15%**	**20%**	**25%**	**30%**	**35%**	**40%**	**45%**	**50%**	**55%**	**60%**	**65%**	**70%**	**75%**	**80%**	**85%**	**90%**	**95%**	**100%**
OSV - MDO-E - Retrofit - TCO	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114	219,114
OSV - H2 Fuel Cell - Retrofit - TCO	302,594	297,075	291,555	286,035	280,516	274,996	269,477	263,957	258,437	252,918	247,398	241,878	236,359	230,839	225,319	219,800	214,280	208,761	203,241	197,721	192,202
Meerkost (%)	*38.1%*	*35.6%*	*33.1%*	*30.5%*	*28.0%*	*25.5%*	*23.0%*	*20.5%*	*17.9%*	*15.4%*	*12.9%*	*10.4%*	*7.9%*	*5.4%*	*2.8%*	*0.3%*	*-2.2%*	*-4.7%*	*-7.2%*	*-9.8%*	*-12.3%*

Shortsea – Brandstof Subsidie

Shortsea - Hybrid																						
Fuel Cost Subsidie in 000 EUR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
% Brandstof Meerkosten Subsidie	**-**	**5%**	**10%**	**15%**	**20%**	**25%**	**30%**	**35%**	**40%**	**45%**	**50%**	**55%**	**60%**	**65%**	**70%**	**75%**	**80%**	**85%**	**90%**	**95%**	**100%**
Shortsea - MDO-E - TCO	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959
Shortsea - Hybrid - TCO	286,815	286,779	286,743	286,708	286,672	286,636	286,600	286,564	286,528	286,493	286,457	286,421	286,385	286,349	286,313	286,277	286,242	286,206	286,170	286,134	286,098
Meerkost (%)	*10.3%*	*10.3%*	*10.3%*	*10.3%*	*10.3%*	*10.3%*	*10.2%*	*10.2%*	*10.2%*	*10.2%*	*10.2%*	*10.2%*	*10.2%*	*10.2%*	*10.1%*	*10.1%*	*10.1%*	*10.1%*	*10.1%*	*10.1%*	*10.1%*
Shortsea - H2 ICE																						
Fuel Cost Subsidie in 000 EUR	-	11,055	22,110	33,166	44,221	55,276	66,331	77,386	88,441	99,497	110,552	121,607	132,662	143,717	154,772	165,828	176,883	187,938	198,993	210,048	221,104
% Brandstof Meerkosten Subsidie	**-**	**5%**	**10%**	**15%**	**20%**	**25%**	**30%**	**35%**	**40%**	**45%**	**50%**	**55%**	**60%**	**65%**	**70%**	**75%**	**80%**	**85%**	**90%**	**95%**	**100%**
Shortsea - MDO-E - TCO	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959
Shortsea - H2 ICE - TCO	395,730	383,092	370,455	357,817	345,180	332,543	319,905	307,268	294,630	281,993	269,356	256,718	244,081	231,443	218,806	206,169	193,531	180,894	168,256	155,619	142,981
Meerkost (%)	*52.2%*	*47.4%*	*42.5%*	*37.6%*	*32.8%*	*27.9%*	*23.1%*	*18.2%*	*13.3%*	*8.5%*	*3.6%*	*-1.2%*	*-6.1%*	*-11.0%*	*-15.8%*	*-20.7%*	*-25.6%*	*-30.4%*	*-35.3%*	*-40.1%*	*-45.0%*
Shortsea - H2 Fuel Cell																						
Fuel Cost Subsidie in 000 EUR	-	6,907	13,813	20,720	27,627	34,533	41,440	48,347	55,253	62,160	69,067	75,973	82,880	89,787	96,693	103,600	110,507	117,413	124,320	131,227	138,133
% Brandstof Meerkosten Subsidie	**-**	**5%**	**10%**	**15%**	**20%**	**25%**	**30%**	**35%**	**40%**	**45%**	**50%**	**55%**	**60%**	**65%**	**70%**	**75%**	**80%**	**85%**	**90%**	**95%**	**100%**
Shortsea - MDO-E - TCO	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959
Shortsea - H2 Fuel Cell - TCO	323,759	315,270	306,781	298,292	289,803	281,314	272,825	264,337	255,848	247,359	238,870	230,381	221,892	213,403	204,914	196,425	187,937	179,448	170,959	162,470	153,981
Meerkost (%)	*24.5%*	*21.3%*	*18.0%*	*14.7%*	*11.5%*	*8.2%*	*4.9%*	*1.7%*	*-1.6%*	*-4.8%*	*-8.1%*	*-11.4%*	*-14.6%*	*-17.9%*	*-21.2%*	*-24.4%*	*-27.7%*	*-31.0%*	*-34.2%*	*-37.5%*	*-40.8%*

Shortsea Retrofit – Brandstof Subsidie

Shortsea - Hybrid Retrofit																					
Fuel Cost Subsidie in 000 EUR	-	1	3	4	5	6	8	9	10	12	13	14	16	17	18	19	21	22	23	25	26
% Brandstof Meerkosten Subsidie	**-**	**5%**	**10%**	**15%**	**20%**	**25%**	**30%**	**35%**	**40%**	**45%**	**50%**	**55%**	**60%**	**65%**	**70%**	**75%**	**80%**	**85%**	**90%**	**95%**	**100%**
Shortsea - MDO-E - Retrofit - TCO	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533
Shortsea - Hybrid - Retrofit - TCO	276,486	276,451	276,415	276,379	276,343	276,307	276,271	276,235	276,200	276,164	276,128	276,092	276,056	276,020	275,985	275,949	275,913	275,877	275,841	275,805	275,769
Meerkost (%)	*9.9%*	*9.9%*	*9.9%*	*9.9%*	*9.9%*	*9.8%*	*9.8%*	*9.8%*	*9.8%*	*9.8%*	*9.8%*	*9.8%*	*9.7%*	*9.7%*	*9.7%*	*9.7%*	*9.7%*	*9.7%*	*9.7%*	*9.6%*	*9.6%*
Shortsea - H2 ICE Retrofit																					
Fuel Cost Subsidie in 000 EUR	-	11,299	22,599	33,898	45,197	56,497	67,796	79,095	90,394	101,694	112,993	124,292	135,592	146,891	158,190	169,490	180,789	192,088	203,388	214,687	225,986
% Brandstof Meerkosten Subsidie	**-**	**5%**	**10%**	**15%**	**20%**	**25%**	**30%**	**35%**	**40%**	**45%**	**50%**	**55%**	**60%**	**65%**	**70%**	**75%**	**80%**	**85%**	**90%**	**95%**	**100%**
Shortsea - MDO-E - Retrofit - TCO	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533
Shortsea - H2 ICE - Retrofit - TCO	390,258	377,377	364,497	351,617	338,737	325,856	312,976	300,096	287,216	274,335	261,455	248,575	235,695	222,814	209,934	197,054	184,174	171,293	158,413	145,533	132,653
Meerkost (%)	*55.2%*	*50.0%*	*44.9%*	*39.8%*	*34.7%*	*29.5%*	*24.4%*	*19.3%*	*14.2%*	*9.1%*	*3.9%*	*-1.2%*	*-6.3%*	*-11.4%*	*-16.5%*	*-21.7%*	*-26.8%*	*-31.9%*	*-37.0%*	*-42.1%*	*-47.3%*
Shortsea - H2 Fuel Cell Retrofit																					
Fuel Cost Subsidie in 000 EUR	-	5,087	10,173	15,260	20,347	25,433	30,520	35,607	40,693	45,780	50,867	55,953	61,040	66,127	71,213	76,300	81,387	86,473	91,560	96,647	101,733
% Brandstof Meerkosten Subsidie	**-**	**5%**	**10%**	**15%**	**20%**	**25%**	**30%**	**35%**	**40%**	**45%**	**50%**	**55%**	**60%**	**65%**	**70%**	**75%**	**80%**	**85%**	**90%**	**95%**	**100%**
Shortsea - MDO-E - Retrofit - TCO	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533	251,533
Shortsea - H2 Fuel Cell - Retrofit - TCO	313,430	304,941	296,452	287,963	279,475	270,986	262,497	254,008	245,519	237,030	228,541	220,052	211,563	203,074	194,586	186,097	177,608	169,119	160,630	152,141	143,652
Meerkost (%)	*24.6%*	*21.2%*	*17.9%*	*14.5%*	*11.1%*	*7.7%*	*4.4%*	*1.0%*	*-2.4%*	*-5.8%*	*-9.1%*	*-12.5%*	*-15.9%*	*-19.3%*	*-22.6%*	*-26.0%*	*-29.4%*	*-32.8%*	*-36.1%*	*-39.5%*	*-42.9%*

H2 fuel cell hybride – CAPEX subsidie

CTV - H2 Fuel Cell Hybrid																					
% CAPEX Subsidie	**-**	**5%**	**10%**	**15%**	**20%**	**25%**	**30%**	**35%**	**40%**	**45%**	**50%**	**55%**	**60%**	**65%**	**70%**	**75%**	**80%**	**85%**	**90%**	**95%**	**100%**
CAPEX Subsidie in 000 EUR	-	113	226	340	453	566	679	792	906	1,019	1,132	1,245	1,358	1,472	1,585	1,698	1,811	1,924	2,038	2,151	2,264
CTV - MDO-E - TCO	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368	28,368
CTV - H2 Fuel Cell Hybrid - TCO	37,695	37,510	37,325	37,140	36,955	36,770	36,585	36,400	36,215	36,030	35,845	35,660	35,475	35,290	35,105	34,920	34,735	34,550	34,365	34,180	33,995
Meerkost (%)	*32.9%*	*32.2%*	*31.6%*	*30.9%*	*30.3%*	*29.6%*	*29.0%*	*28.3%*	*27.7%*	*27.0%*	*26.4%*	*25.7%*	*25.1%*	*24.4%*	*23.7%*	*23.1%*	*22.4%*	*21.8%*	*21.1%*	*20.5%*	*19.8%*
OSV - H2 Fuel Cell Hybrid																					
% CAPEX Subsidie	**-**	**5%**	**10%**	**15%**	**20%**	**25%**	**30%**	**35%**	**40%**	**45%**	**50%**	**55%**	**60%**	**65%**	**70%**	**75%**	**80%**	**85%**	**90%**	**95%**	**100%**
CAPEX Subsidie in 000 EUR	-	968	1,935	2,903	3,870	4,838	5,805	6,773	7,740	8,708	9,675	10,643	11,610	12,578	13,545	14,513	15,480	16,448	17,415	18,383	19,350
OSV - MDO-E - TCO	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946	241,946
OSV - H2 Fuel Cell Hybrid - TCO	285,938	284,357	282,776	281,194	279,613	278,032	276,450	274,869	273,287	271,706	270,125	268,543	266,962	265,381	263,799	262,218	260,636	259,055	257,474	255,892	254,311
Meerkost (%)	*18.2%*	*17.5%*	*16.9%*	*16.2%*	*15.6%*	*14.9%*	*14.3%*	*13.6%*	*13.0%*	*12.3%*	*11.6%*	*11.0%*	*10.3%*	*9.7%*	*9.0%*	*8.4%*	*7.7%*	*7.1%*	*6.4%*	*5.8%*	*5.1%*
Shortsea - H2 Fuel Cell Hybrid																					
% CAPEX Subsidie	**-**	**5%**	**10%**	**15%**	**20%**	**25%**	**30%**	**35%**	**40%**	**45%**	**50%**	**55%**	**60%**	**65%**	**70%**	**75%**	**80%**	**85%**	**90%**	**95%**	**100%**
CAPEX Subsidie in 000 EUR	-	903	1,806	2,709	3,612	4,515	5,418	6,321	7,224	8,127	9,030	9,933	10,836	11,740	12,643	13,546	14,449	15,352	16,255	17,158	18,061
Shortsea - MDO-E - TCO	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959	259,959
Shortsea - H2 Fuel Cell Hybrid - TCO	302,485	301,009	299,533	298,057	296,581	295,105	293,629	292,153	290,677	289,201	287,725	286,249	284,773	283,297	281,821	280,345	278,869	277,393	275,917	274,441	272,965
Meerkost (%)	*16.4%*	*15.8%*	*15.2%*	*14.7%*	*14.1%*	*13.5%*	*13.0%*	*12.4%*	*11.8%*	*11.2%*	*10.7%*	*10.1%*	*9.5%*	*9.0%*	*8.4%*	*7.8%*	*7.3%*	*6.7%*	*6.1%*	*5.6%*	*5.0%*

Noot: TCO van CTV's bevatten geen emissiekosten