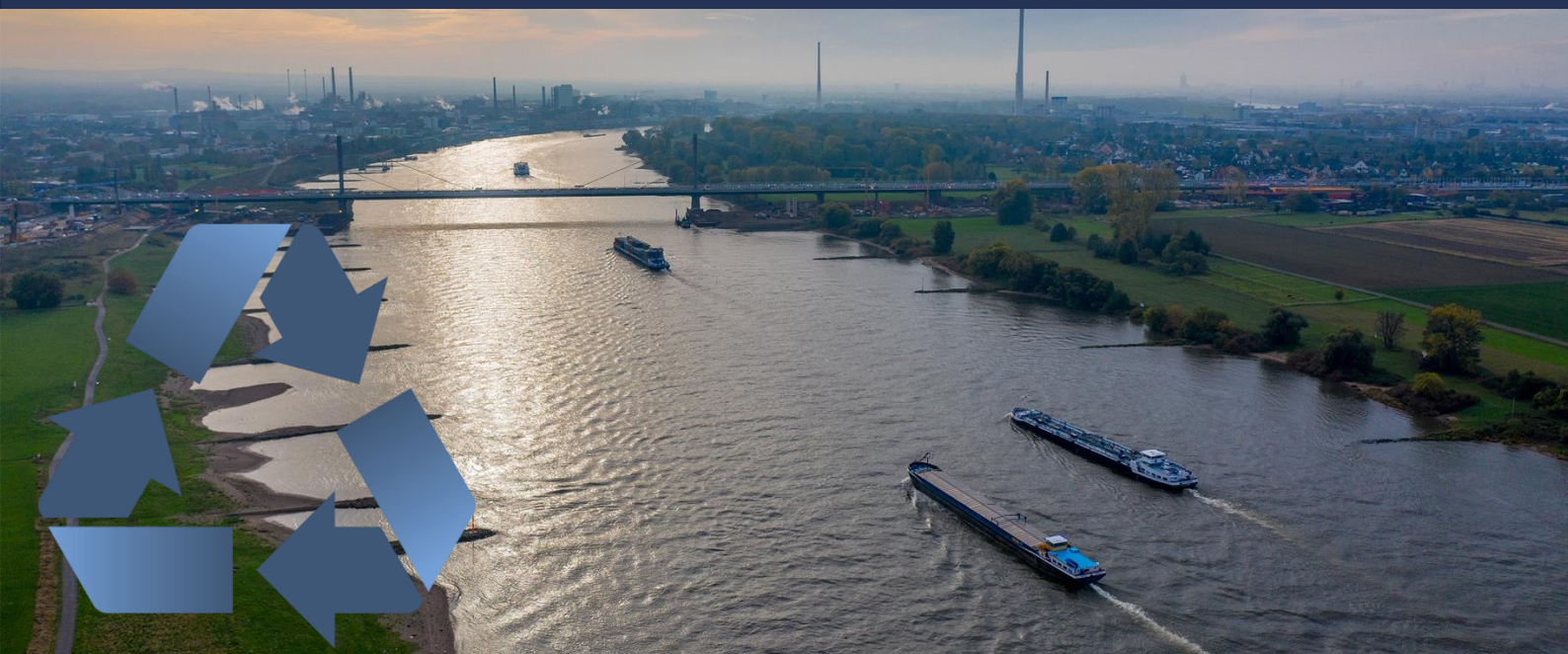


Refit alliantie- Verduurzamingsstappenplan

PI project Hogeschool Rotterdam



Auteurs

Brian Adams 1033042
Katelijn Kroese 1044169
Loet van Holland 1037735
William de Koning 1029817

Begeleiders

Pieter Boersma
Erik van der Lichte
Desiree Scholten

Datum

31-05-2024

Gerelateerde bedrijven

Hogeschool Rotterdam
Refit alliantie



Samenvatting

De Nederlandse binnenvaart is een belangrijke sector voor de Nederlandse goederenvervoer, jaarlijks worden er miljoenen tonnen aan goederen vervoerd. Echter wordt dit gedaan door een groot aantal schepen wat voornamelijk op basis van fossiele brandstoffen vaart waardoor de Nederlandse binnenvaart bijdraagt aan de uitstoot van broeikasgassen.

Om ervoor te zorgen dat deze uitstoot teruggedrongen wordt is er vanuit de *inland shipping Refit Alliantie* een plan ontstaan om Nederlandse binnenvaartschepen te gaan refitten met andere vormen van voortstuwing of andere energiedragers. Hieruit is de opdracht voor een onderzoek ontstaan om een stapsgewijze benadering te maken voor de refit van een schip. Dit met als doel de refit bereikbaar te maken voor scheepseigenaren om hier vervolgens mee te zorgen dat meer scheepseigenaren ervoor kiezen hun schip te laten refitten met een andere vorm van voortstuwing, of een andere energiedrager te gaan gebruiken. Dit alles met als einddoel de uitstoot van de sector te verminderen

Vanuit deze opdracht is er eerst gekeken naar de stakeholders die te maken hebben of belangen hebben bij de refit van binnenvaartschepen. Nadat deze stakeholders bekend waren is er gewerkt aan een theoretische achtergrond waarin gekeken is naar het operationeel profiel, de technische haalbaarheid, de benodigdheden, de infrastructuur, de kosten/baten en naar scholen en instituten. Aan de hand van deze achtergrondinformatie is er een refit stappenplan opgesteld wat bestaat uit vier fases, deze fases zijn: de oriëntatie, de voorbereiding-refit, de refit en de post refit.

INHOUD:

Samenvatting	2
1. Inleiding	4
2. Achtergrondinformatie	5
3. Probleemanalyse, projectdoel en onderzoeksvraag	6
4. Stakeholder analyse	7
4.1 <i>De verschillende stakeholders</i>	7
4.2 <i>Stakeholder onderzoek</i>	10
5. Literatuuronderzoek	12
5.1 <i>Operationeel profiel</i>	12
5.2 <i>Technische haalbaarheid</i>	15
5.4 <i>Benodigdheden</i>	21
5.5 <i>Infrastructuur</i>	22
5.6 <i>Kosten/baten</i>	25
5.7 <i>Scholen, instituten en kennisdeling</i>	28
6. Refit stappenplan	29
6.1. <i>Oriëntatie</i>	29
6.2. <i>Vorbereiding Refit</i>	29
6.3. <i>Refit</i>	30
6.4. <i>Post-Refit</i>	30
6.5. <i>Afsluitend</i>	30
7. Conclusie	32
8. Discussie	33
Bibliografie	34
9. Bijlage	37
9.1. <i>Resultaten mentimetervragen</i>	37
9.2. <i>Prognose aansluitvermogen per container terminal in 2035</i>	41
9.3. <i>Zes pack laadlocaties</i>	42

1. Inleiding

In dit rapport wordt een verduurzamingstappenplan voorgedragen aan de hand van een stakeholder analyse en een literatuuronderzoek. Dit verduurzamingsstappenplan wordt opgesteld in opdracht van de Refit Alliantie om een beeld te schetsen van hoe een duurzame refit zal kunnen plaatsvinden. Diverse onderzoeken zijn uitgevoerd naar stakeholders en technieken om een goed beeld van de realiteit te verkrijgen. Hierbij is onder andere gekeken naar brandstofalternatieven, de beschikbaarheid hiervan en de relevante wet- en regelgeving.

De hoofdvraag van het onderzoek van dit rapport is: ‘Hoe zal een proces van de verduurzaming van een binnenvaartschip eruit kunnen zien voor verschillende stakeholders van de binnenvaart?’

Het rapport is geschreven door de volgende auteurs: Katelijn Kroese, William de Koning, Brian Adams en Loet van Holland. Dit rapport is opgesteld door twee studenten van Maritieme Techniek, een student van Maritiem Officier en een student van de opleiding Logistics Engineering. Hierdoor kan het onderzoek vanuit meerdere invalshoeken bekeken worden.

Hoofdstuk 2 zal achtergrondinformatie geven voor het rapport waarna in hoofdstuk 3 de probleemanalyse wordt gedaan en het doel en onderzoeksvraag worden vastgesteld en toegelicht. In hoofdstuk 4 zal een stakeholderanalyse gedaan worden om de belangen in de sector vast te stellen. Hierna zal relevante theorie voor het einddoel aan de hand van een literatuuronderzoek onderzocht en beschreven worden. Aan de hand van deze informatie zal een voorstel gedaan worden voor een stappenplan die de hoofdvraag van dit onderzoek voor een zo breed mogelijk relevant publiek beantwoordt.

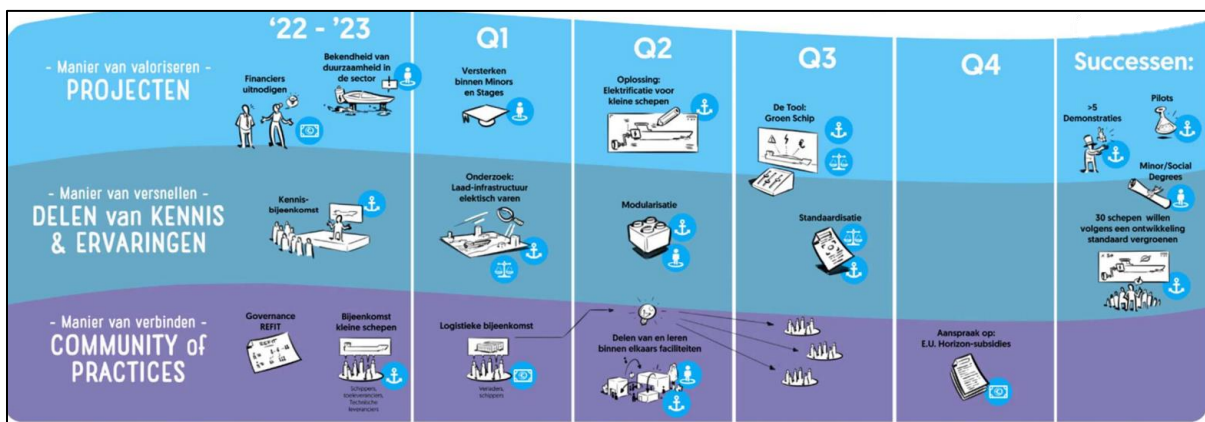
2. Achtergrondinformatie

Binnen de regio Drechtsteden werken verschillende organisaties en bedrijven samen aan vijf *Innovation Roadmaps*. Eén van deze roadmaps is de Roadmap Duurzaam Varen. Deze roadmap richt zich specifiek op de verduurzaming van de binnenvaart, een cruciaal onderdeel van de bredere maritieme energietransitie. Deze transitie heeft ingrijpende gevolgen voor de maritieme sector, die regionaal, provinciaal, landelijk en Europese maatregelen moet nemen om de emissies te verminderen in lijn met onder andere de *Green Deal*-ambities.

Bedrijven, kennisinstellingen en overheden werken samen om deze transitie te realiseren. Het doel van het verduurzamingsplan is om tegen 2030 150 emissie loze binnenvaartschepen in de vaart te hebben, een uitdagende taak waarvoor intensieve samenwerking en innovatie vereist wordt. Vragen over financiering, energiekeuze, regelgeving en praktische aspecten zoals bunkeren, zijn cruciaal voor deze transitie, het PI-project sluit hier naadloos bij aan.

De Refit Alliantie Binnenvaart, een nieuw samenwerkingsverband waar het PI-project aan verbonden is, streeft ernaar om gestandaardiseerde en opschaalbare oplossingen te bieden voor onder andere de binnenlandse scheepsvaart, en om onzekerheden over energiedragers en vaarprofielen weg te nemen. (Interview P. Boersma, Maritime Delta, 2023)

Nederland kent 6300 km aan vaartwater, met 4870 binnenvaartschepen, die jaarlijks 7,9 miljard kilo CO₂ uitstoten (Refit Alliantie, 2021). Het belang van het doel van refit alliantie om de binnenlandse scheepsvaart te verduurzamen is dus substantieel. Echter, de energietransitie is zeer complex, met verschillende stakeholders en disciplines die bij elkaar samen moeten komen. In Figuur 1 is het stappenplan van de refit alliantie weergegeven (Maritime Innovation Platform, 2024).



FIGUUR 1: STAPPENPLAN REFIT ALLIANTIE (REFIT ALLIANTIE)

Voor het PI project van de hogeschool Rotterdam kijken studenten van verschillende disciplinaire achtergronden naar het vraagstuk omtrent het standaardiseren van het verduurzamen van binnenvaartvaartschepen.

3. Probleemanalyse, projectdoel en onderzoeksvraag

Het huidige gebruik van fossiele brandstoffen in de maritieme sector draagt bij aan de wereldwijde uitstoot van broeikasgassen, wat een negatieve impact heeft op het milieu en de volksgezondheid. Binnenvaartschepen, die een cruciale rol spelen in het transport van goederen over waterwegen, zijn geen uitzondering op deze trend. Het verminderen van de emissies van binnenlandse schepen is daarom een urgent vraagstuk geworden.

Voor de verduurzaming van binnenvaartschepen zijn er uiteenlopende veelbelovende oplossingen ontwikkeld om de impact van de scheepvaart op het milieu te verminderen. Door hiernaar over te schakelen kunnen schepen emissievrij opereren, waardoor de luchtkwaliteit verbetert en de CO₂-uitstoot wordt verminderd. Echter, de transitie naar duurzame voortstuwingsmogelijkheden brengt ook uitdagingen met zich mee, zoals de benodigde infrastructuur, kosten van ombouw en de praktische haalbaarheid op operationeel niveau.

Het doel van het PI-project is om een gestandaardiseerde aanpak door middel van een stappenplan te ontwikkelen voor de verduurzaming van de binnenvaart. Het stappenplan moet schaalbaar en realistisch zijn en zal als leidraad kunnen dienen voor scheepseigenaren, reders, werven en andere belanghebbenden bij het transformeren van binnenvaartschepen naar zero-emissie alternatieven. In het stappenplan wordt rekening gehouden met de vragen van de verschillende stakeholders die bij de energietransitie van de binnenvaart komen kijken.

De bijbehorende onderzoeksvraag voor dit project luidt: *'Hoe zal een proces van de verduurzaming van een binnenvaartschip eruit kunnen zien voor verschillende stakeholders van de binnenvaart?'* Deze vraag zal beantwoord worden door een gestructureerde benadering te volgen waarin de huidige situatie van binnenvaartschepen wordt geanalyseerd, mogelijke duurzame strategieën worden onderzocht, de kosten en baten te evalueren, en een plan op te stellen voor een praktische implementatie van de verduurzamingsmogelijkheden.

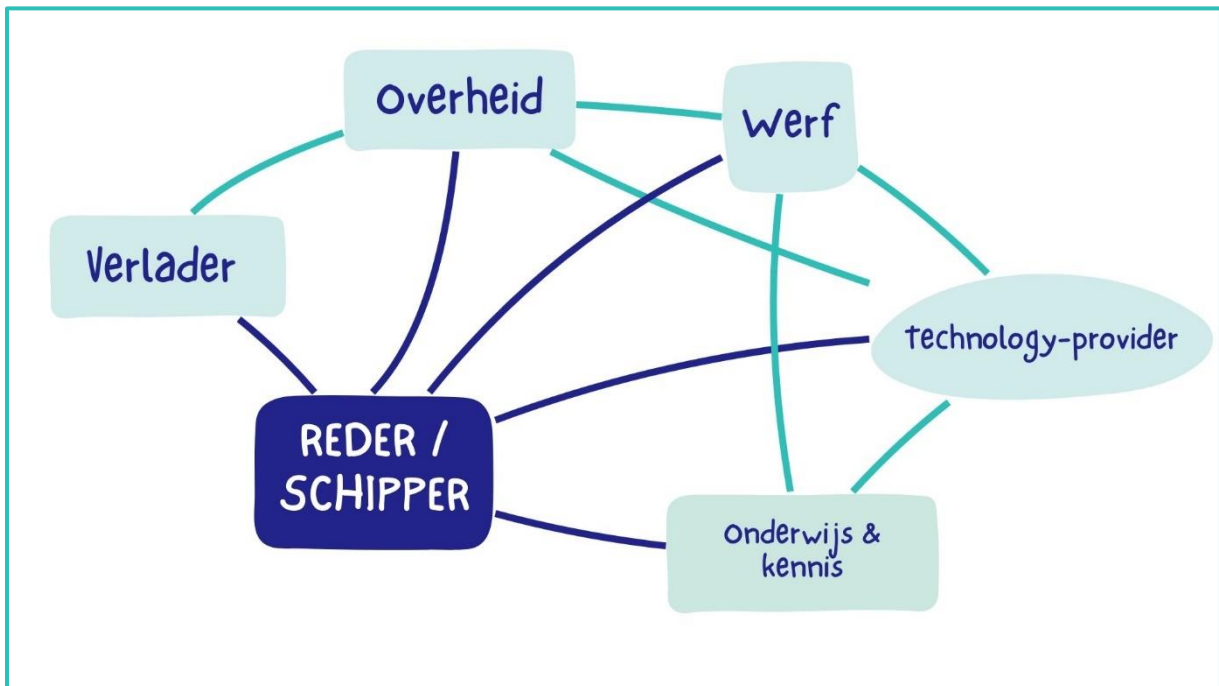
De methode die wordt gehanteerd tijdens dit project als volgt zijn: op basis van bronnen zal er een stakeholderprofiel worden samengesteld. Hieruit volgt een stakeholder analyse. Op basis van een mentimetersessie tijdens het maritieme innovatieplatform zal meer informatie worden ingewonnen over de standpunten van professionals ten op zichte van verduurzaming. Hieruit zal een analyse volgen. Vervolgens zal op basis van literatuuronderzoek de verduurzamingsmogelijkheden van verschillende disciplines binnen de binnenlandse scheepvaart worden onderzocht. Hieruit volgt een voorstel voor een stappenplan, een conclusie en een folder.

4. Stakeholder analyse

Bij het verduurzamen van een bestaand binnenlandschip komen vele partijen met eigen meningen samen. Om het verduurzamingsproces zo goed mogelijk op gang te krijgen wordt er gekeken naar de beperkingen die verschillende groepen zouden kunnen uitten. Zo kan een ingenieur een plan bedenken om de laadruimte te verkleinen voor het gebruik van elektrische batterijen, maar ziet een schipper daarentegen weer dat zijn omzet wordt verkleind. Op die manier zijn alle stakeholders en de limitatie, zorgen en vragen die zij meebrengen in kaart gebracht.

4.1 De verschillende stakeholders

De verschillende stakeholder, hun relatie tegenover elkaar en voorbeelden van hun argumentatie zijn geanalyseerd. De zes belangrijkste stakeholders zijn: de werf, de overheid, de verlader, onderwijs en kennis, technology-provider en de reder/schipper (Figuur 2).



FIGUUR 2: VERBINDINGEN TUSSEN DE STAKEHOLDERS

4.1.1. Reder/schipper

De schipper is de kapitein en/of eigenaar van het binnenvaartschip in kwestie. Ingeval dat de schipper niet de eigenaar van het schip is, zal dit hoogstwaarschijnlijk de reder zijn. Als stakeholder zijn dit een van de keyspelers, deze moeten echter gemotiveerd raken om hun huidige schip te laten refitten. Omdat de keuze bij de reder/schipper ligt is deze stakeholder tijdens het proces met alle andere stakeholders in contact. Voorbeelden van vragen die door deze partij gesteld kunnen worden gaan als volgt;



- *Wat is de kosten/baten analyse?*
- *Hoe veranderd mijn Total costs of Ownership?*
- *Wat is de verandering in mijn scheepsstabiliteit?*
- *Hoe lang moet er stilgelegd worden om te kunnen laden?*
- *Hoelang duurt een refit proces?*

- *Is het veilig om met de duurzame voortstuwing te varen?
Wat zijn de risico's?*
- *Hoeveel laadruimte neemt de duurzame voortstuwing in beslag?*

4.1.2. Technology Provider

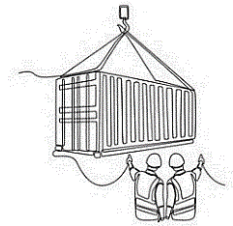
De Technology Provider identificeert en implementeert geschikte duurzame technologieën voor binnenvaartschepen, zorgt voor de technische integratie en naleving van regelgeving, en biedt training en voortdurende ondersteuning. Ze werken nauw samen met scheepswerven, energieleveranciers, en regelgevende instanties om een geïntegreerde verduurzamingsaanpak te bevorderen. Daarnaast adviseren ze over kosten-batenanalyses en financieringsmogelijkheden om de economische haalbaarheid van verduurzaming te waarborgen. Voorbeelden van vragen die door deze partij gesteld kunnen worden gaan als volgt;



- *Hoe lang kan er op de duurzame voortstuwing gevaren worden?*
- *Wat doet de plaatsing de duurzame voortstuwing met het gewicht/stabiliteit?*
- *Hoe (brand)veilig zijn de innovatieve oplossingen op een schip?*
- *Is de duurzame oplossing technisch haalbaar voor een specifiek schip?*
- *Wat zijn de technische eisen van het scheepsontwerp voor duurzaam varen?*

4.1.3. Verlader

Een verlader organiseert en beheert het transport van goederen, inclusief het boeken van vervoer en voorbereiden van documentatie. De verlader optimaliseert transportkosten, waarborgt naleving van regelgeving, en coördineert met alle betrokken partijen. Voorbeelden van vragen die door deze partij gesteld kunnen worden gaan als volgt;



- *Is er voldoende stroom in Nederland om op grote schaal elektrisch te varen?*
- *Is er genoeg ruimte op de terminal?*
- *Wat is de laad/los methode van elektrische accu's?*
- *Wat is de investering?*
- *Wat is de terugverdientijd?*
- *Is er ruimte voor accucontainers op terminals?*
- *Wat is de stekkertijd?*
- *Wat is de laadinfrastructuur?*
- *Moet er een verdeling van accucontainers zijn?*
- *Hoeveel accucontainers zijn er gemiddeld per binnenvaartschip nodig?*
- *Wat gaat het doen met de transportkosten?*
- *Is het schip langer onderweg of niet?*
- *Hoe vaak moet een schip brandstof tanken bij alternatieve brandstofkeuzes?*
- *Hoe lang is het tank-proces van alternatieve brandstoffen?*
- *Hoe lang kan een schip op een volle tank met alternatieve brandstof varen?*
- *Zijn er momenteel bunkerplaatsen voor alternatieven brandstoffen?*

4.1.4. Overheid

De overheid stelt onder andere regelgeving en beleid op om de verduurzaming van de binnenvaart te bevorderen en te waarborgen, en staat op deze manier boven alle stakeholder als machthebber. Dit kunnen zij ook gebruiken om de verduurzaming te versnellen en/of te sturen. Ook biedt de subsidies en financieringsprogramma's om investeringen in duurzame technologieën te ondersteunen. Daarnaast handhaven medewerkers de naleving van milieu- en veiligheidseisen door middel van inspecties en certificeringen. Voorbeelden van vragen die door deze partij gesteld kunnen worden gaan als volgt;



- *Wat is er nodig op het elektriciteitsnetwerk?*
- *Wat is de verwachte energie vraag?*
- *Hoe veel extra ruimte is er nodig voor een juiste laadinfrastructuur?*
- *Is er genoeg capaciteit vanuit de energieleveranciers voor het plaatsen van laadpunten?*
- *Wat zijn de veiligheidsrisico's van duurzaam varen voor de omliggende omgeving?*

4.1.5. De werf

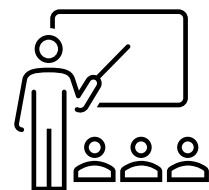
De werf is verantwoordelijk voor de uitvoering van de refit en het installeren van de innovatieve technologieën op de binnenvaartschepen. De werf zorgt voor de technische aanpassingen en upgrades, waarbij er nauw wordt samen gewerkt met ingenieurs en Technology Providers. Daarnaast wordt er scholing en training aan werknemers aangeboden om veilig en efficiënt met de nieuwe technologieën te werken. Voorbeelden van vragen die door deze partij gesteld kunnen worden gaan als volgt;



- *Is er scholing nodig voor werkgevers voor het refit proces?*
- *Wat zijn de veiligheidseisen omtrent werken met accu's/motoren die op alternatieve brandstof varen?*
- *Hoelang duurt het refit proces?*

4.1.6. Onderwijs en Kennis

Onderwijs- en kennisinstellingen leveren cruciale onderzoeks- en ontwikkelingsondersteuning voor innovatieve technologieën in de energietransitie, waaronder de binnenvaart. Deze instituten bieden scholing aan huidige en toekomstige professionals om hen te voorzien van de benodigde vaardigheden en kennis. Daarnaast katalyseren deze instituten samenwerking tussen industrie en academische wereld om praktische en theoretische oplossingen te ontwikkelen en te implementeren. Voorbeelden van vragen die door deze partij gesteld kunnen worden gaan als volgt;



- *Hoe kunnen onderwijsinstellingen de benodigde vaardigheden en kennis effectief overbrengen aan toekomstige professionals in de binnenvaartsector?*
- *Welke onderzoeksgebieden moeten prioriteit krijgen om de verduurzaming van de binnenvaart te versnellen?*
- *Hoe kan de samenwerking tussen onderwijsinstellingen, kenniscentra en de industrie verbeterd worden om innovatie en implementatie van duurzame technologieën te bevorderen?*

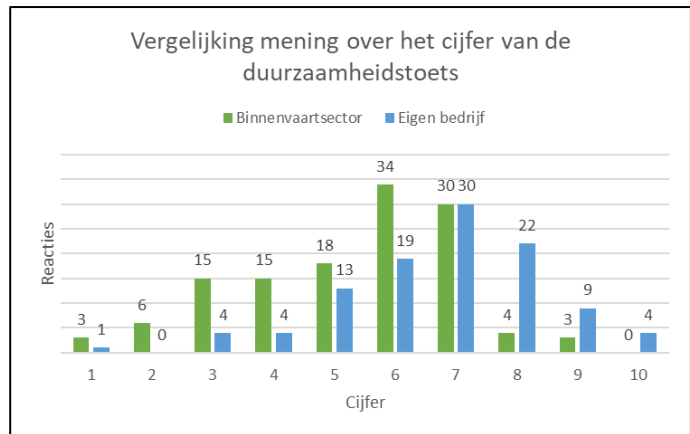
- o *Wat zijn de belangrijkste uitdagingen bij het integreren van duurzaamheid en innovatieve technologieën in het huidige curriculum van technische opleidingen?*

4.2 Stakeholder onderzoek

Door middel van een mentimetersessie tijdens het *Maritime Innovation Platform 2024* zijn acht vragen gesteld aan deelnemers van de Refit Alliantie lezing omtrent de verduurzaming van de binnenvaart. Deze vragen gaan als volgt:

- o Als de binnenvaartsector een duurzaamheidstoets zou nemen, welk cijfer zou deze dan krijgen?
Gemiddelde cijfer: 5.34
- o Als je een lage score gaf, om welke reden was dit?
*Voornaamste redenen: **Conservatief**, geld, kosten, langzaam, afwachtend*
- o Als uw eigen bedrijf een duurzaamheidstoets zou nemen, welk cijfer zou deze kan krijgen?
Gemiddelde cijfer: 6.75
- o Wanneer u als bedrijf investeert in duurzaamheid, hoe doorslaggevend zijn dan de volgende items? (1 = niet belangrijk en 10 = zeer belangrijk)
 - De omvang van de benodigde investering 6.6
 - Het rendement op de investering 6.9
 - **Vraag van klanten** 7.2
 - Strategische duurzaamheidsdoelen 6.4
 - Imago van de organisatie 6.6
 - Wetgeving 7.1
 -
- o Wat is er nodig om de duurzaamheid opgang te laten komen?
*Voornaamste redenen: **Wetgeving**, geld, innovatie, beschikbaarheid, vraag en overheidssteun*
- o Hoe effectief beoordeelt u de volgende items voor een goede investering van de binnenvaartsector? (1 = niet belangrijk en 10 = zeer belangrijk)
 - Gezamenlijk eigendom met andere investeerders 5.7
 - **Langetermijncontracten voor groene schepen** 7.4
 - Innovatie om investeringen vooraf te verminderen 6.6
 - Beloningen en subsidies voor investeringen 7.0
 - Training, vergroting van bewustzijn en persoonlijke ontwikkeling 6.2
- o Wat is u grootste motivatie om bij een vennootschap aan te sluiten die zicht inzet voor zero-emission performance? (op basis van stemmen)
 - Kosten verdelen 8
 - Risico's verdelen 5
 - **Kennis delen** 44
 - Anders 3
- o Wat thema's moet geprioriteerd worden bij toekomstbestendig onderwijs? (op basis van stemmen)
 - **Techniek** 40
 - Refitproces 17
 - Marketing 1
 - Zakelijke casussen 24
 - Wetgeving 29

Uit de resultaten is te zien dat de stakeholders de sector minder duurzaam vinden in verhouding met hun eigen bedrijf. Daarnaast geven ze als voornaamste redenen van een laag cijfer de conservativiteit van de sector en de kosten die de verduurzaming met zich meebrengt. Bij het uiteindelijke verduurzamen zal dit voornamelijk gedaan worden door de vraag vanuit klanten en door veranderingen in de wetgeving. Vanuit de bedrijven zal een goede motivator langetermijncontracten zijn die zekerheid van het rendement van de investering geven. Als bedrijven open staan om zich in bij een vennootschap aan te sluiten is kennis delen voor 73 procent van de deelnemers de belangrijkste reden en als laatste vinden de deelnemers les in techniek het belangrijkste voor een toekomstbestendig onderwijs. De resultaten per vraag staan in bijlage 9.1.



FIGUUR 3: VERGELIJKING MENING OVER HET CIJFER VAN DE DUURZAAMHEIDSTOETS

Deze conclusies benadrukken het belang van wetgeving, klantvraag naar technische oplossingen, en financiële steun om de verduurzaming van de binnenvaart effectief te stimuleren. Bovendien benadrukken ze de behoefte aan samenwerking en kennisdeling tussen verschillende stakeholders om de overgang naar een duurzamere binnenvaartsector te versnellen. In hoofdstuk 5 zal daarom theoretisch achtergrondinformatie gegeven omtrent de onderwerpen die de stakeholders aanhalen. Op basis hiervan zal in hoofdstuk 6 en 7 een verduurzamingsstappenplan worden geadviseerd.

5. Literatuuronderzoek

Het verduurzamingsstappenplan is ontwikkeld om de diverse belangen van de verschillende stakeholders in de verduurzaming van binnenvaartschepen aan elkaar te verbinden. Dit plan beoogt een gestandaardiseerde aanpak voor het verduurzamingsproces, waarbij zowel operationele, technische, financiële als infrastructuuraspecten worden meegenomen. In dit hoofdstuk wordt theoretische achtergrond gegeven die relevant kan zijn voor belanghebbende.

5.1 Operationeel profiel

In dit hoofdstuk zal er gekeken worden naar het operationeel profiel voor een verduurzamingsproces. Hierin zal eerst gekeken worden naar wat dit operationeel profiel inhoudt, daarna zal er gekeken worden waarom deze nodig is en ook zal er een operationeel profielschets gemaakt worden voor de binnenvaart in Nederland.

5.1.1. Inhoud

Het operationeel profiel van een schip beschrijft de operationele parameters en omstandigheden waaronder het schip functioneert gedurende zijn levensduur. Dit profiel omvat diverse aspecten die het gebruik, de prestaties en het onderhoud van het schip beïnvloeden. De belangrijkste elementen van een operationeel profiel zijn:

- Type en doel van het schip;
- Vaargebied;
- Vaartijd;
- Bereik;
- Vaarsnelheid;
- Type lading;
- Laadvermogen;
- Formaat van het schip;
- Gewicht van het schip;
- Huidige technische installatie;
- Beschikbare ruimte bunkers.

Ook kan er in het operationeel profiel gekeken worden naar de kosten en de baten van het schip om te bepalen of een refit voor dit schip economisch gezien wel of niet interessant is.

5.1.2. Gebruik

Het operationeel profiel wat opgemaakt is wordt vervolgens gebruikt om een analyse van mogelijkheden te maken, Volgens TNO is het operationeel profiel voor een groot gedeelte van belang bij het bepalen van de juiste energiedrager, aangezien niet ieder schip en iedere route dezelfde beschikbaarheden heeft van bunkeren of het meenemen van energiedragers. (TNO, 2022)

Volgens TNO zijn er bij verschillende soorten ladingen ook verschillende soorten verduurzamingsopties die beter passen, zo wordt er gezegd dat bij de containervaart heel goed gewerkt kan worden met accu containers, omdat deze bij het laden en lossen gemakkelijk gewisseld kunnen worden. Maar wordt er voor de bulk lading gezegd dat er beter gekeken kan worden naar alternatieve brandstoffen. (TNO, 26 maart 2024)

5.1.3. Profiel

In dit hoofdstuk wordt er een profielschets gemaakt van de Nederlandse binnenvaart. Hiermee wordt er een operationeel profiel opgemaakt van hoe een gemiddeld Nederlands binnenvaartschip eruit zal zien.

Volgens het CBS waren er in 2022 4866 binnenvaartschepen die goederen vervoeren. Deze zijn verdeeld over vier verschillende gewichtsklasse van laadvermogen. (CBS, Hoeveel binnenvaartschepen zijn er in Nederland?, 2022)

TABEL 1: GEWICHTSKLASSE EN LAADVERMOGEN BINNENLANDSCHIP

Gewichtsklasse	Laadvermogen [t]
Tot 1000 ton	1926
1000 tot 2000 ton	1170
2000 tot 3000 ton	968
3000 ton	766

Deze 4866 schepen vervoerde samen volgens het CBS in 2022 345 miljoen ton aan goederen, hiervan is 52 procent droge bulk. (CBS, Hoeveel vracht gaat er via de Nederlandse binnenwateren?, 2022) Dit is goed voor zo'n 20 procent van alle vervoerde goederen in Nederland in 2022. Daarmee heeft de Nederlandse binnenvaart een belangrijk aandeel in de vervoerssector van Nederland. (CBS, Hoeveel goederen worden er in Nederland vervoerd?, 2022) Op basis van deze informatie is te zeggen dat een gemiddeld Nederlands binnenvaartschip een laadvermogen heeft van 1.726 ton. En dat een Nederlands binnenvaartschip vervoerd gemiddeld 70.900 ton per jaar vervoerd.

Informatie zoals vaartijd, vaarsnelheid, technische installatie en beschikbare ruimte is verschild erg voor de verschillende type schepen die de binnenvaart kent. Aangezien dit belangrijke parameters zijn is er gekozen om een aan de hand van een voorbeeldschip een operationeel te schetsen. Op het moment dat het schip een refit zal ondergaan moeten deze parameters worden vastgesteld.

5.1.4 Voorbeeld schip

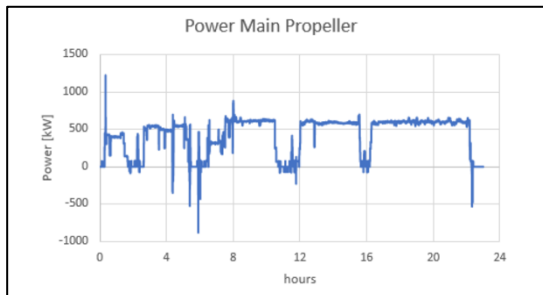
Op basis van het een rapport van het binnenvaartschip van futureproofshipping kan een idee worden gegeven van een operationeel profiel van een binnenvaarder. Dit voorbeeldschip is een een general cargo schip met een lengte van 110 meter. Het schip heeft een diesel hoofdmotor die een vermogen van 1468 kW kan leveren en een boeg propeller diesel motor die 367 kW kan leveren. Er zijn twee diesel generatoren aan boord die respectievelijk 48 en 32 kW genereren voor elektra aan boord. Dit schip vervoert momenteel containers via de Maas verder Nederland, België en Duitsland in. De route is zo'n 200 km lang, met gaandeweg vier sluisen, zie Figuur 4.



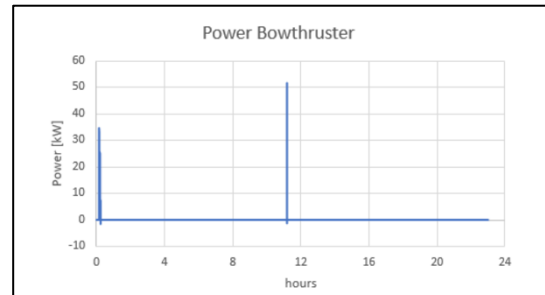
FIGUUR 4: VAARROUTE VOORBEELD SCHIP

Van dit schip is een operationeel profiel opgemeten. Dit was terwijl het schip volgeladen vier in een stroming die die andere kant op stroomde.

Bij deze situatie wordt gezien als de ‘moeilijkste’ situatie voor de motor, die moet hierbij maximaal werk leveren. In Figuur 5 is het vermogen dat de hoofdmotor moet leveren gedurende de dag weergegeven. Zoals te zien levert de hoofdmotor gedurende de dag verschillende aantal vermogens. Het gemiddelde vermogen lag op 485 kW. De gemiddelde vermogen voorde ontwerpsnelheid van het schip is 650 kW. In Figuur 6 is het vermogen weergegeven van de boeg propeller gedurende de dag, deze heeft maar twee keer aangestaan aan de piekmomenten te zien. (M. Godjevac, 2021)



FIGUUR 5: OPERATIONEEL PROFIEL VOORBEELD SCHIP, HOOFDMOTOR (GODJEVAC)



FIGUUR 6: OPERATIONEEL PROFIEL VOORBEELD SCHIP, BOEG PROPELLOR MOTOR (GODJEVAC)

Voor het maken van een refitplan is het van belang om het operationeel profiel van een schip in kaart te brengen. Hierbij wordt namelijk inzichtelijk gemaakt wat de werksituatie van een schip is en wat een duurzaam voorstuwingsysteem gedurende een dag moet kunnen leveren om aan het operationeel profiel van een binnenvaartschip te kunnen voldoen.

5.2 Technische haalbaarheid

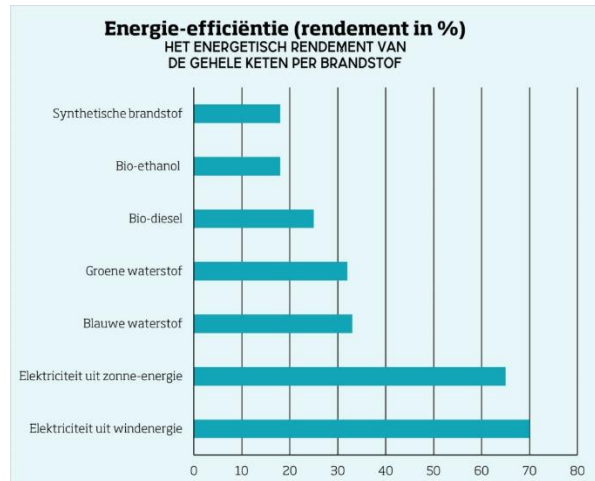
Het hoofdstuk 'technische haalbaarheid' analyseert de technologische aspecten van het verduurzamingsproces. Dit omvat voornamelijk alternatieve brandstoffen en energiedragers maar ook andere energiebesparingskansen.

5.2.1 Alternatieve energiedragers

In dit hoofdstuk zullen alternatieve brandstoffen kort besproken worden op de onderwerpen rendement, uitstoot en haalbaarheid. Het doel hiervan is om te kijken welke brandstof de meeste potentie heeft. Hier zal aan het einde in het kort over gesproken worden.

Rendement

Het rendement wordt bekeken van well to wheel, dat wil zeggen over de gehele keten dus van bron tot en met eindgebruiker. Hierin komt elektriciteit in meerdere vormen als beste uit ($\eta=65-70\%$) omdat de energie in elektriciteit direct door een voortstuwingsmiddel zoals de elektromotor gebruikt kan worden die wederom een hoog rendement hebben. Na elektriciteit komt waterstof ($\eta=30-35\%$) dat wordt gemaakt wordt van elektriciteit. Reden voor de omzetting naar waterstof is dat deze in zijn verschillende vormen die als energiedrager worden gebruikt met de huidige technologie een hogere energiedichtheid hebben dan de accu's die de elektriciteit direct opslaan. Na waterstof komen diesel en andere vloeibare brandstoffen ($\eta < 25\%$). (Pasman, 2023 & Demaco Holland B.V., 2023) (Figuur 7)

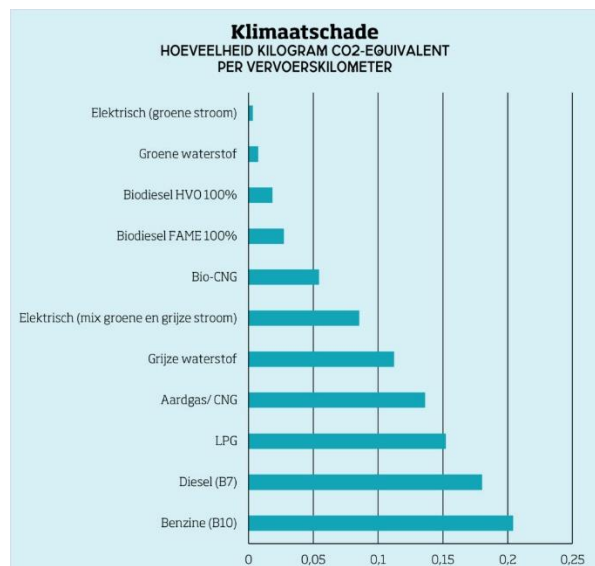


FIGUUR 7: ENERGIE-EFFICIËNTIE VAN VERSCHILLENDE ENERGIEDRAGERS

Uitstoot

De uitstoot zal bekeken worden aan de hand van de hoeveelheid kilogram CO₂ die de brandstof per vervoerskilometer uitstoot. Fossiele brandstoffen hebben over het algemeen een hoge uitstoot aan CO₂. Grijze alternatieve brandstoffen zoals elektriciteit en waterstof scoren beter maar niet te vergelijken met groene alternatieve brandstoffen als het gaat om uitstoot.

Biodiesel heeft een uitstoot heeft van 0.02-0.03 kg/km CO₂ dat 70-85% minder is dan conventionele diesel (0.18 kg/km CO₂). Biodiesel kan hierdoor als goede alternatieve brandstof worden gezien voor schepen waarvan besloten wordt de dieselmotor niet te vervangen. Een nadeel aan deze brandstof is dat deze brandstoffen sterk afhankelijk zijn van de grondstofprijzen. Daarnaast wordt verwacht dat



FIGUUR 8: CO₂ UITSTOOT/VERVOERSKILOMETER VAN VERSCHILLENDE ENERGIEDRAGERS

de grote volumes die nodig zijn voor een complete transitie van de binnenvaartsector lastig haalbaar zijn. (Kounis et al., 2023) (Figuur 8)

Haalbaarheid

De haalbaarheid van verscheidene alternatieve brandstoffen is hedendaags een veel gestelde vraag door verschillende keuzes in energiedragers en het relatief vroege stadium van de energietransitie.

Uit de voorgaande stukken komt elektriciteit en met name groene elektriciteit het beste uit de testen. Het is een energiedrager met een hoger rendement en een lagere uitstoot dan de andere aangehaalde energiedragers. Ook is de voortstuwingsinstallatie relatief simpel en onderhoudsvrij vergeleken met een voortstuwingsinstallatie met een brandstofmotor. De nadelen van de energiedrager zijn echter dat de energiedichtheid van accu's beduidend lager is vergeleken met andere alternatieve brandstoffen. Ook kan de laadtijd tot in de meerdere uren lopen bij grote batterijen en is de aanschafprijs van accu's hoog. Daarentegen wordt er nog wel volop geïnnoveerd op het gebied van accu's en kunnen al deze nadelen in de toekomst drastisch verminderen. Huidige technologie van het bedrijf ZES staat een binnenvaartschip toe met de ZESpack gebruik te maken van 2000 kW per TEU-volume aan accu. Een schip met een motor van 500 kW kan hiermee 4 uur varen. Meerdere ZESpacks kunnen op een schip geplaatst worden wat het bereik vergroot. (ZESPack - Zero Emission Services, 2021)

Een energiedrager die voortkomt uit voornamelijk elektriciteit en dat een hogere energiedichtheid heeft is waterstof. Deze kan op druk in gasvorm en vloeibaar opgeslagen worden. Het gas wordt tussen de 300 en 700 bar opgeslagen en de vloeistof wordt met een temperatuur van (-253 °C) opgeslagen. Deze opslagmethodes kosten energie waardoor de efficiëntie lager uitvalt dan elektriciteit op zichzelf. In deze methodes is een balans van een hoge energiedichtheid en lage kosten om dit op te slaan. Ter referentie ligt in Nederland de focus op 300 bar en in Duitsland ligt deze op 500 bar.

Biodiesel kan als goede alternatieve brandstof worden gezien voor schepen waarvan besloten wordt dat het vervangen van de dieselmotor niet interessant is. Echter is er zoals eerder gezegd een nadeel aan deze brandstof namelijk dat deze brandstoffen sterk afhankelijk zijn van de grondstofprijzen en dat wordt verwacht dat de grote volumes die nodig zijn lastig haalbaar zijn. (Kounis et al., 2023)

Methanol en LNG zijn brandstoffen met een hogere energiedichtheid dan voorgaande energiedragers echter stoten deze nog steeds CO₂ uit. Daarnaast stoten beide ook methaanslip uit wat 86x schadelijker is dan CO₂. LNG is hierdoor op langer termijn schadelijker is dan de HFO uit de zeevaart wat juist als zeer vervuilende brandstof wordt gezien. Dat komt door het volgende. De metingen van CO₂ worden meestal direct bij het verlaten van de uitlaat gemeten. Hierdoor lijkt LNG een schonere brandstof dan bijvoorbeeld diesel (MGO). Het methaan dat vrijkomt wordt echter na 20 jaar langzaam afgebroken tot CO₂ waardoor de absolute hoeveelheid na 100 jaar zelfs hoger uitkomt dan HFO. Maar niet voordat het de schade heeft gedaan in de oorspronkelijke vorm van methaan. (Savides, 2022 & Ushakov et al., 2019) (Figuur 9)

Table 13. Well-to-wake carbon dioxide and carbon dioxide equivalent factors (CEF_{w/w}) for fossil marine fuels.

Fuel type	Engine type	Well-to-wake (g/g fuel)		
		CO ₂	CO ₂ e100	CO ₂ e20
HFO	SSD	3.545	3.892	4.559
	MSD	3.545	4.159	5.516
VLSFO	SSD	3.734	4.098	4.792
	MSD	3.734	4.366	5.749
MGO	SSD	3.782	4.016	4.372
	MSD	3.782	4.211	5.073
LNG	LNG-Otto-MS	3.280	4.930	7.801
	LNG-Otto-MS + crankcase	3.280	5.121	8.330
	LNG-Otto-SS	3.280	4.385	6.288
	LNG-Otto-SS + crankcase	3.280	4.586	6.845
	LNG-Diesel	3.280	3.940	5.008
	LBSI	3.280	4.663	7.060
	LBSI + crankcase	3.280	4.854	7.589
Steam Turbine	3.280	3.859	4.856	

FIGUUR 9: WELL-TO-WAKE CO₂ UITSTOOT VOOR MARITIEME BRANDSTOFFEN

Conclusie

In het kort is elektriciteit en met name groene elektriciteit een schone en efficiënte optie en wordt deze optie alleen maar interessanter met de innovaties op het gebied van accu's die komende jaren komen. Waterstof is in de tussentijd een oplossing met een lagere efficiëntie maar een hogere energiedichtheid waar binnenvaartschepen zonder te hoeven bunkeren langer op kunnen varen dan op alleen accu's. Echter als het vervangen van de accu's een relatief klein probleem is, is de oplossing met accu's interessanter door de hogere efficiëntie en de verwachte ontwikkelingen op dit gebied. Ook wordt er al gevaren op accu's in de binnenvaart en is hierom al meer kennis beschikbaar. Op een kleinere schaal is biodiesel interessant maar lastiger haalbaar voor de volledige sector. Koolstof houdende brandstoffen zoals methanol en LNG zijn op korte termijn een makkelijke oplossing om tijdelijk de uitstoot van de sector te verminderen maar zullen op lange termijn niet helpen de doelen te behalen of zelfs een slechter resultaat geven. (Pasman, 2023)

5.2.2 Energiebesparingskansen

Buiten alternatieve brandstoffen voor de voortstuwing kunnen andere aspecten van het schip aangepast worden. Hieronder zijn enkele voorbeelden vermeld en kort toegelicht op volgorde van kosteloze besparing tot toekomstige technologie.

- **Slow steaming:** slow steaming is het langzamer varen op een traject dan normaal. Als normaal volle kracht wordt gevaren om zo snel mogelijk op locatie te zijn wordt bij slow steaming een lagere snelheid gebruikt om brandstof te besparen. Een snelheidsvermindering van 3% zorgt voor een vermindering van het brandstofverbruik van 10%. (Kounis et al., 2023)
- **Walstroom in haven:** walstroom in de haven kan als vervanger voor de dieselgenerator worden gebruikt.
- **Accu's met zonnepanelen:** Deze methode kan gebruikt worden om de dieselgenerator praktisch onnodig te maken. Het relatief grote dek-oppervlak kan voor een groot deel worden benut om zonne-energie op te vangen die de accu's kunnen opslaan voor later gebruik. Dit kan naast het huishouden op termijn ook de voortstuwing helpen
- **Katalysator*:** een katalysator zet een stof om in een andere stof zonder hier zelf door aangetast te worden. De schadelijke stoffen koolstofmonoxide (CO), stikstofoxide (NO_x) en koolwaterstof (CH) worden omgezet in koolstofdioxide, stikstof en waterdamp.
- **Warmteterugwinning:** bij warmteterugwinning wordt de energie van de warmte die van de uitlaat komt gebruikt om elders te gebruiken zoals het opwarmen van verschillende delen van het schip of om elektriciteit op te wekken door stoom.
- **Romp, propeller en roer optimalisatie:** Optimalisatie van verschillende delen van het schip is een relatief makkelijke manier om de huidige kennis en techniek toe te passen op oudere schepen. Deze kennis en techniek kan ook bij nieuwere schepen toegepast worden omdat bij de bouw hier bijvoorbeeld nog niet voor gekozen is. Ook zijn inmiddels nieuwe technologieën verbeterd en wijder beschikbaar. Enkele voorbeelden zijn;
 - Schroefoptimalisatie
 - Straalbuis of preduct
 - Pre- & post swirl stators (grothues fins)
 - Hull vane
- **Carbon capture* :** carbon capture is het opvangen van CO₂ om deze elders permanent op te slaan waar geen of minder kwaad kan

(* = DEZE ZIJN GEEN ENERGIEBESPAARDERS MAAR EEN UITSTOOTVERMINDERING)

5.3 Regelgeving

Regelgeving speelt een cruciale rol voor alle stakeholders en vormt een kader voor de te bedenken refitactiviteiten. De regelgeving kan zowel beperkend als faciliterend zijn bij de integratie van alternatieve duurzame voortstuwingssystemen. Het niet naleven van de geldende regelgeving kan ernstige consequenties hebben, waardoor het essentieel is dat alle betrokken partijen volledig op de hoogte zijn van en voldoen aan de relevante wet- en regelgeving. Hieronder worden enkele belangrijke regelgevende instanties kort toegelicht.

1 Klasse bureaus

Ja, de binnenvaart heeft ook te maken met de rol van klassebureaus en de regelgeving omtrent verduurzamingstechnologieën. Klassebureaus zoals Bureau Veritas, DNV GL en Lloyd's Register spelen een belangrijke rol in het certificeren en classificeren van schepen, inclusief die in de binnenvaart. Hieronder een aangepaste versie van je tekst die ook de binnenvaart omvat:

1 2 Klassebureaus

Klassebureaus, zoals Bureau Veritas, DNV GL en Lloyd's Register, spelen een cruciale rol in de maritieme industrie door schepen te classificeren en te certificeren op basis van technische normen en veiligheidsvoorschriften. Alle klassebureaus hebben tegenwoordig eisen opgesteld omtrent verduurzamingstechnologieën. Echter, de regelgeving verschilt per technologie in hoeverre deze uitgebreid is en hoe streng deze is opgesteld. De klassebureaus certificeren ook technologieën op het gebied van emissiereductie, energie-efficiëntie en alternatieve brandstoffen zoals LNG en waterstof. Daarnaast werken klassebureaus vaak samen met internationale organisaties zoals de IMO om wereldwijde normen te ontwikkelen en te implementeren. Hierdoor dragen klassebureaus niet alleen bij aan de veiligheid en betrouwbaarheid van schepen, maar ook aan de duurzaamheid van de maritieme sector. Voor het verduurzamen van de binnenlandse scheepvaart die onder Nederlandse vlag varen, zijn de Nederlandse klassebureaus van belang. De binnenvaart heeft dus ook te maken met deze klassebureaus en de bijbehorende regelgeving omtrent verduurzaming. (ILENT, Klassenbureaus en keuringsinstanties binnenvaart, z.d.)

2 Nationale maritieme autoriteiten

Naast de klasse bureaus zijn er ook nog Nederlandse autoriteiten zoals de *Inspectie Leefomgeving en Transport* (ILT), onderdeel van de *Ministerie van infrastructuur en waterstaat* (IenW), de *Nederlandse Zeevaartinspectie* (NZI) en Rijkswaterstaat. Het ministerie gaat over het opstellen van beleid. De inspecties gaan onder andere over de naleving van wet- en regelgeving. Uiteraard wordt door deze instanties ook aandacht besteed aan verduurzaming. Zo is het ministerie bezig met het opstellen van beleid dat gaat over milieunormen en subsidieprogramma's voor de ontwikkeling van schonere technologieën.

3 De Europese Unie

De Europese Unie (EU) heeft verschillende initiatieven en beleidsmaatregelen ontwikkeld om de binnenvaart te verduurzamen en te bevorderen. Enkele belangrijke aspecten van het EU-beleid met betrekking tot binnenvaart en verduurzaming zijn de Europese Green deal, subsidiëren en regelgeving toegepast. (European commision, *inland waterways*, zdt)

- De Europese Green Deal:

De Europese Green Deal is een initiatief van de Europese Commissie om Europa tegen 2050 klimaatneutraal te maken. (European Commision, 2019) Binnen dit kader wordt gestreefd naar een vermindering van de uitstoot van broeikasgassen in alle sectoren, inclusief de binnenvaart. Dit omvat

het bevorderen van alternatieve brandstoffen en technologieën voor emissiereductie. Enkele belangrijke punten uit het rapport die relevant zijn voor de verduurzaming van binnenvaartschepen zijn:

-‘*Multimodal transport needs a strong boost*’, dit wil zeggen dat de EU graag ziet dat 75 procent van het vervoer dat momenteel via vracht wordt vervoerd, in de toekomst via spoor- en waterwegen zal gaan. Dit betekent dat de positie van binnenvaart wordt verstevigd.

-‘*To achieve climate neutrality, a 90% reduction in transport emissions is needed by 2050*’, dit wil zeggen dat van transport emissies 90 procent minder moet worden uitgestoten om het doel van emissie loos varen in 2050 te kunnen behalen. Hierbij moet ook de binnenlandse scheepvaart een bijdrage aanleveren. In Nederland is de transportemissies van binnenlandse schepen goed voor drie procent van uitstoot van transport (ABN AMRO, 2023).

- Fit for 55:

De Fit-for-55 is een klimaatwet aangenomen door de Europese Unie, waarin staat dat het de doelstelling van de EU-lidstaten is om in 2030 ten minste 55 procent minder netto broeikasgassen uit te stoten (Europese Raad, Fit for 55, z.d.).

- Strategie voor duurzame en slimme mobiliteit:

De EU heeft een strategie voor duurzame en slimme mobiliteit gelanceerd, waarin de binnenvaart wordt erkend als een belangrijke modaliteit voor vrachtvervoer. Deze strategie richt zich op het verbeteren van de efficiëntie, multimodaliteit en duurzaamheid van het transport, waaronder ook de binnenvaart toebehoort. (VGN, 2021)

-TEN-T-netwerk (Trans-Europees Transportnetwerk):

Het TEN-T-netwerk bestaat uit een Europees transportnetwerk waaronder ook de scheepsvaart valt. Het doel van de EU is om heel Europa doormiddel van transportnetwerken te verbinden. Ook ondersteunt de TEN-T het integreren van duurzame technologieën zoals walstroom en alternatieve brandstoffen. De EU ondersteunt dus investeringen in het moderniseren en verduurzamen van de binnenvaartinfrastructuur om de connectiviteit en duurzaamheid van het Europese transportsysteem te bevorderen. (EU-monitor, *Trans-Europese netwerken (TEN)*, z.d.)

-Subsidieregelingen en financieringsprogramma's:

De EU biedt subsidies en financieringsprogramma's aan om investeringen in duurzame binnenvaartprojecten te ondersteunen. Dit omvat bijvoorbeeld het *Connecting Europe Facility* (CEF) programma, dat financiering biedt voor infrastructuurprojecten in de transportsector, inclusief de binnenvaart. (European Commission, *Connecting Europe Facility for Transport*, z.d.)

-Regelegeving voor emissiereductie:

De EU heeft regelgeving ingevoerd om de emissies van de binnenvaart te verminderen, zoals de EU-regels voor de monitoring, rapportage en verificatie van de CO₂-uitstoot van schepen. De EU Stage V-wetgeving (Verordening (EU) 2016/1628) heeft als doel de emissies van niet voor de weg bestemde mobiele machines (NRMM), waar de binnenvaart onder valt, te verminderen om de luchtkwaliteit te verbeteren. Deze wetgeving is vanaf 2022 vereist voor motoren die Europese binnenvaartschepen aandrijven, dit geldt voor zowel nieuwbouwschepen als voor vervanging van motoren. Het repareren van bestaande motoren is nog wel toegestaan onder de Stage V-wetgeving. Echter, wanneer de bestaande motoren aan vervangen toe zijn, zal dit in de toekomst leiden tot een grotere emissiereductie. Verder stelt de wetgeving strikte grenswaarden vast voor schadelijke stoffen zoals stikstofoxiden (NO_x), fijnstof (PM) en koolwaterstoffen (HC), afhankelijk van het vermogen en

toepassingsgebied van de motoren. Daarnaast omvat het typegoedkeuringsvereisten, een fase-in schema voor geleidelijke implementatie van strengere normen, en voorschriften voor monitoring, rapportage en conformiteitsbewaking door fabrikanten. Deze wetgeving is essentieel voor het beschermen van de volksgezondheid en het milieu door de emissies van mobiele machines te verminderen. Het volledige document van Verordening (EU) 2016/1628 is beschikbaar op de website van de Europese Unie. (European Union, 2016) Daarnaast worden er normen en richtlijnen ontwikkeld voor de bevordering van schone en energiezuinige schepen (ABN AMRO, 2023).

4 Internationale standaardisatieorganisatie (ISO):

Ten slotte, heeft de *Internationale standaardisatie organisatie* (ISO) uiteenlopende normen opgesteld. De ISO faciliteert internationale samenwerking door het ontwikkelen van gestandaardiseerde processen en technologieën die wereldwijd erkend en toegepast kunnen worden. Dit bevordert een gelijk speelveld en stimuleert duurzame praktijken in de scheepvaartindustrie wereldwijd, wat ook voordelen heeft voor de Nederlandse binnenvaart. Een voorbeeld van een ISO-norm ziet er als volgt uit:

ISO 19030: Deze norm biedt richtlijnen voor het meten van de prestatie van scheepsrompen en schroeven met betrekking tot brandstofverbruik en emissies. Het doel is om slijtage en vervuiling te minimaliseren, wat leidt tot lagere emissies.

ISO-normen die onder andere specifiek met het verduurzamen van scheepsvaart te maken hebben zijn: ISO 14001, ISO 50001, ISO 8178, ISO 19030, ISO 15016, ISO 20400 en de ISO-30000 series. (ISO, *transport by water*, z.d.)

5.4 Benodigdheden

Om te zorgen dat de binnenvaart groen kan gaan varen zijn er een aantal benodigdheden, in dit hoofdstuk zal er ingegaan worden op deze benodigdheden. Dit zal vooral gaan om wat er beschikbaar moet zijn om bijvoorbeeld op biobrandstof of op accu's te gaan varen.

Volgens het CBS werd er in 2022 260.000 ton aan brandstof afgenomen voor de binnenvaart. Dit betekent dat er voorzieningen getroffen moeten gaan worden om de hoeveelheid energie die voorkomt uit deze hoeveelheid brandstof op andere manieren bij de schepen te krijgen. Om deze energie bij de schepen te krijgen zijn er eerder verschillende energiedragers besproken. Echter zijn er ook benodigdheden om deze energiedragers bij de schepen te krijgen of moet er beschikbaarheid zijn van deze energiedragers. (CBS, Hoeveel brandstof wordt in Nederland afgezet aan vervoer over water?, 2022)

Om dit te realiseren moet er op verschillende niveaus gekeken worden naar wat er in de toekomst mogelijk nodig is voor de beschikbaarheid en de mogelijkheid om deze energiedragers op de schepen te krijgen. Volgens TNO zitten hierin de uitdagingen dat er van een deel van deze energiedragers zoals waterstof of alternatieve brandstoffen, niet voldoende productie is of het zeer hoge kosten met zich meebrengt. Ook worden er vraagtekens gezet bij de beschikbaarheid van voldoende energie voor het opladen van accu's of accucontainers, echter wordt hierin wel de kanttekening gemaakt dat het opladen van accu's tijdelijk gestopt kan worden op het moment dat er een energie te kort is. (TNO, 26 maart 2024)

Hieruit valt op te maken dat de grootste uitdaging zich voordoet in het beschikbaar maken van zowel alternatieve brandstoffen als elektriciteit voor het eventuele gebruik van accu's. Daarom zal er gekeken moeten worden naar de productie van beide en wel het efficiënter maken hiervan voordat hier volop op ingezet kan worden.

Naast dat er aan beschikbaarheid gewerkt moet worden, moet er ook gekeken worden naar de mogelijkheden om de energiedragers aan boord van de schepen te krijgen. Volgens AVIV zijn er op dit moment zo'n 90 bunkerstations in Nederland, waar schepen tussen de 20-50 m³ aan brandstof binnen halen per bezoek. Deze bunkerstations bestaat vaak uit een vastgelegd tankschip of een ponton waar schepen kunnen aanleggen om brandstof binnen te halen, echter zijn deze niet geschikt voor alle nieuwe vormen van energiedragers, zo hebben deze geen containerkranen voor accu containers of andere soorten containers met energiedragers erin. (AVIV, 2021)

Daarom zal er ook gekeken moeten worden naar de bunkerinfrastructuur en locaties voor de vergroening van de binnenvaart, dit kan gedaan worden door aanpassingen aan de huidige locaties waar dit mogelijk is maar er zal ook gekeken moeten worden naar nieuwe locaties om te zorgen dat alle vormen van energiedragers aan boord van de schepen kunnen komen. De ontwikkelingen hiervan zullen worden besproken in het hoofdstuk infrastructuur.

5.5 Infrastructuur

Om de refit succesvol te laten verlopen en duurzame oplossingen te identificeren, wordt in dit hoofdstuk een overzicht gegeven van verschillende energiedragers en de bijbehorende infrastructuur. Hierbij wordt aandacht besteed aan diesel, biodiesel, elektriciteit, waterstof en andere relevante energiebronnen.

5.5.1. Diesel

De infrastructuur voor het tanken van diesel voor binnenvaartschepen is goed ontwikkeld en omvat diverse faciliteiten en diensten die beschikbaar zijn in belangrijke havens, langs rivieren, en bij bunkerstations.

Om te beginnen zitten er in de haven van Rotterdam al veel verschillende aanbieders op zowel de terminals als bunkerschuiten, het voordeel van deze schuiten is, is dat deze flexibel in kunnen worden gezet zodat het binnenvaartschip altijd door kan blijven gaan, twee van deze dienstverleners zijn; VT Group en Interstream Barging.

5.5.2. Bio-diesel

De infrastructuur voor biodiesel voor binnenvaartschepen in Nederland is in opkomst en wordt steeds uitgebreider. Grote havens zoals Rotterdam en Amsterdam bieden al bunkermogelijkheden voor biodiesel, en langs belangrijke binnenvaartcorridors zijn er steeds meer stations die deze duurzame brandstof aanbieden. Het voordeel van het gebruik maken van Bio-diesel is dat deze op dezelfde manier zal worden gebunkerd als normale diesel, dit zorgt ervoor dat er in dit proces weinig tot niks hoeft te veranderen. Om de Bio-diesel beschikbaar te maken zijn er verschillende projecten zoals;

Green Deal Zeevaart, Binnenvaart en Havens

De Green Deal Zeevaart, Binnenvaart en Havens is een samenwerking tussen de overheid, havens, scheepseigenaren, en brandstofleveranciers om de verduurzaming van de maritieme sector te versnellen. Onder deze Green Deal zijn er specifieke doelen en projecten gericht op het bevorderen van het gebruik van duurzame brandstoffen, zoals biodiesel.

(C-230) (Green Deal Zeevaart, Binnenvaart en Havens, 2024)

GoodShipping Programma

Dit programma werkt op basis van een 'pay-as-you-sail'-model, waarbij verladers een extra vergoeding betalen voor het vervoer van hun goederen met behulp van duurzame brandstoffen. Deze extra vergoeding wordt gebruikt om het prijsverschil tussen conventionele en duurzame brandstoffen te overbruggen, waardoor verladers kunnen profiteren van de voordelen van het gebruik van biodiesel zonder dat dit leidt tot hogere kosten voor hun logistieke activiteiten.

Productielocaties

In Tabel 1 is een lijst te zien met de belangrijkste productielocaties van Bio-diesel in Nederland

Bedrijf	Locatie
Argent Energy Netherlands	Amsterdam
Simadan Group	Amsterdam
SunOil Biodiesel	Emmen
Biodiesel Kampen B.V.	Kampen
Marathon Petroleum	Rotterdam
Biovalue	Emmen
Tradin Organic	Amsterdam
Biodiesel Tiel B.V.	Tiel
Oleon	Ertvelde, België

TABEL 2: PRODUCTIE LOCATIES BIO-DIESEL

5.5.3. Elektriciteit

Een andere vorm van brandstof voor de binnenvaart is elektriciteit, deze kan in worden gezet inde vorm van een hybride motor, als volledige aandrijving of er kan gebruik worden gemaakt van walstroom zoals benoemd in [Energiebesparingskansen](#).

Walstroom

Als er wordt gekeken naar de Havennota 2020-2030, (2020) dan is te zien dat [Green Deal Zeevaart, Binnenvaart en Havens](#) zich de komende jaren in zal zetten om met de verschillende partijen de laadinfrastructuur uit te breiden op het gebied van

Provincie	Aantal	Provincie	Aantal	Provincie	Aantal	Provincie	Aantal
Zuid-Holland	>155	Gelderland	>16	Overijssel	2	Drenthe	0
Noord-Holland	>67	Utrecht	>15	Flevoland	1	Friesland	0
Zeeland	>20	Noord-Brabant	6	Groningen	3	Limburg	0

FIGUUR 10: AANTAL WALSTROOM AANSLUITINGEN

“walstroomvoorzieningen, vulpunten voor duurzame energiedragers en batterijwissellocaties”. (Elektrische aansluitpunten en walstroom, 2024)

Laadlocaties

In [Bijlage 10.2](#) is een kaart te zien met de verwachte laadcapaciteit in 2035, wanneer een terminal een capaciteit heeft van 630kVA dan zullen hier 1 tot 2 schepen per dag kunnen worden opgeladen, wanneer de terminal een capaciteit heeft van 1750kVA/2000kVA dan kunnen hier 3 tot 7 schepen per dag op worden geladen. (Tegen de stroom in varen, Q4 2020)

ZES pack

Een van de mogelijkheden om elektrisch te gaan varen is door gebruik te maken van containers van (ZES, Geraadpleegd: 28 mei 2024), in [bijlage 10.3](#) zijn de verwachte laadlocaties van ZES te zien. Het idee van de ZES pack is dat deze container aan boord wordt gezet van een binnenvaartschip om zo elektrisch te kunnen varen, deze containers beschikken over genoeg capaciteit om een schip met twee van deze containers zo’n 60 tot 120 Km emissievrij te laten varen. (zespac, 2024) Wanneer het schip aankomt bij zijn eindbestemming kan deze zeer eenvoudig van containers wisselen om zo weer verder te kunnen varen, het voordeel hiervan is, is dat er bijna geen tijd verloren zal gaan aan het opladen.

5.5.4. LNG

In Nederland zijn er op dit moment 7 locaties waar LNG kan worden gebunkerd, dit zijn; Amsterdam, Rotterdam, Moerdijk, Vlissingen en Groningen, Harlingen en Zeebrugge. (LNG-bunkerlocaties en bunkerschepen, 2024) ook varen er in Nederland en België twee bunkerpontons, genaamde de Flexfueller 001’ en ‘002’. Verder zijn er ook verschillende veiligheidsregels voor het bunkeren van LNG, zoals; het hebben van poederblussers en een duidelijk aangegeven bunkerzone. ((Bunkeren van) LNG als brandstof voor de binnenvaart, 2024)

5.5.5. Waterstof

Op dit moment zijn er twee projecten bezig om waterstof werkend te maken in de binnenvaart, namelijk; FELMAR en WEVA (binnenvaartkrant, 2024). Zo is er een PEM-brandstofcellen voor mariene toepassingen ontwikkeld om waterstof te kunnen gebruiken als energiedrager te kunnen gebruiken. (Binnenvaart, 2024)

Verder zal de prijs een belangrijke rol spelen in de vraag of waterstof een toekomst zal krijgen in de binnenvaart, zo is te lezen in (Binnenvaart klimaatneutraal met waterstof, 2024) dat wanneer de prijs van 1 Kg waterstof rond de €2,50 of lager komt dat dit pas interessant zal worden voor de binnenvaart.

Op dit moment beschikt Nederland over twee productielocaties voor waterstof, namelijk; Nouryon in Delfzijl en een paar locaties in Rotterdam (binnenvaartkrant, 2024). Ook wordt er in Rotterdam druk getest met bunkerlocaties en bunkerschepen, deze project gebeuren in samenwerking met RH2INE-project.

5.6 Kosten/baten

5.6.1. Refit kosten

Het maken van een schatting van de refitkosten voor het verduurzamen van een binnenvaartschip is complex vanwege de brede keuze aan verschillende typen duurzame voortstuwingssystemen en de variaties in de staat en beschikbare ruimte van binnenvaartschepen.

Daarnaast zijn er ook bedrijven aan de gang gegaan met het vraagstuk van de kosten die gepaard gaan bij het verduurzamen van een binnenvaartschip. Zo kan een schipper op de webapplicatie van het bedrijf *sustainable ships (Decarbonizer — Sustainable Ships, z.d.)* inzicht krijgen in de kosten-baten analyse en terugverdientijd van een refit van zijn schip. Hierbij kan de eigenaar verschillende keuzes maken voor het verduurzamen van het schip. Dit is een zeer toepasselijk tool om te integreren bij de oriëntatiefase het verduurzamingsstappenplan.

Als voorbeeld wordt het kostenplaatje van een voorbeeldschip doorlopen om een idee te schetsen van de kosten van een refit van een binnenvaartschip. Het voorbeeld schip is de Skoon Skipper, een general cargo binnenvaartschip. Op basis van informatie van dit voorbeeldschip zijn de initiële investeringskosten te vinden die nodig zijn om de duurzame technologieën en maatregelen op een binnenvaartschip te implementeren.

Duurzame oplossing	Geschatte initiële investeringskosten	Geschatte CO ₂ -reductie
Zonnepanelen	€ 382.500	7 procent
Windenergie	€ 810.00	11 procent
Hybride batterij	€ 2.320.973	3 procent
Biobrandstof	€ 5.000	47 procent
Ammoniak	€ 91.285.691	97 procent
Methanol	€ 823.936	90 procent
Waterstof	€ 12.833.955	97 procent
Volledig Elektrisch	€ 7.905.044	97 procent

FIGUUR 11: GESCHATTE INVESTERINGSKOSTEN GEBASEERD OF DE "SKOON SKIPPER" (SUSTAINABILITY SHIP)

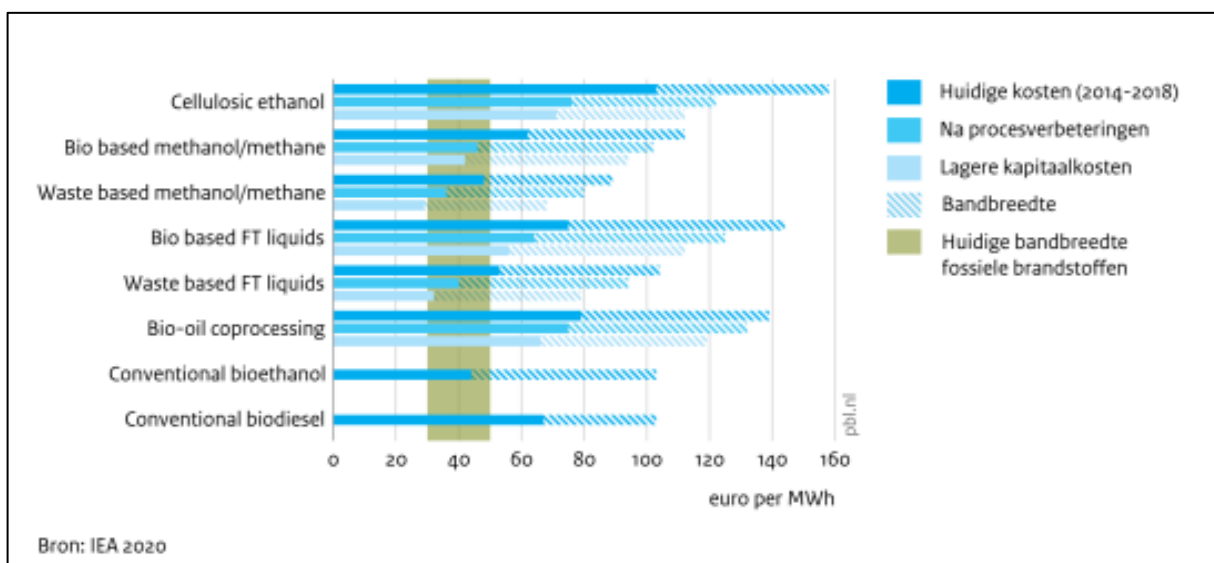
Voor andere schepen kunnen deze kosten en de geschatte CO₂-reductie anders uitvallen. Op basis van de uitkomsten van de kennis van *Sustainability ship* kan een schipper of reder stellen welke duurzame oplossing behapbaar blijft in kosten en of de investeringskosten de geschatte CO₂-reductie waard zijn.

5.6.2. Brandstof- en energiedrager kosten

Er zijn al vele verschillende onderzoeken uitgevoerd naar de verduurzaming van de binnenvaart, ook specifiek gericht op de Nederlandse Binnenvaart. Zo heeft het TNO in 2024 een onderzoek uitgevoerd naar de klimaat neutrale doelstelling van de binnenvaart voor 2050, waarin een verkenning van beelden en paden daar naartoe wordt geschetst. (TNO, 26 maart 2024) Hierin wordt ook uitgebreid stil

gestaan bij een kostenanalyse, waardoor dit onderzoek zich dus zeer toepasselijk leent tot dit project. Door deze punten te analyseren, kan een onderbouwde strategie worden ontwikkeld voor het stappenplan voor de verduurzaming van de binnenvaart. De belangrijkste punten worden benoemd en geanalyseerd:

Bij de evaluatie van duurzame brandstoffen blijkt dat de productiekosten van deze brandstoffen momenteel meestal hoger liggen dan de productiekosten van fossiele brandstoffen, zie Figuur 12. Hoewel duurzame elektriciteit relatief voordelig is, brengen de kosten voor batterijafschrijving en distributie extra financiële lasten met zich mee. Daarnaast vragen duurzame brandstoffen zoals waterstof, bio-LNG en methanol om hogere installatiekosten aan boord van schepen, wat de economische haalbaarheid van deze brandstoffen belemmert. Echter, door procesverbeteringen toe te passen aan deze innovatieve brandstoffen zouden de kosten omlaag kunnen worden getrokken. Hierdoor is ook te stellen dat naar verwachting de prijzen van de productie van alternatieve brandstoffen zal afnemen in de toekomst.



FIGUUR 12: PRODUCTIEKOSTEN VAN VERSCHILLENDE SOORTEN BRANDSTOFFEN (IEA 2020)

Naast alternatieve brandstoffen is een van de belangrijkste duurzame energiedragers varen op batterijen. Elektrisch varen biedt veel potentie, maar brengt ook uitdagingen met zich mee. Schepen aangedreven door batterijen hebben een beperkte energiedichtheid en vereisen grote accu's, wat kan leiden tot operationele beperkingen in de zin van minder cargoruimte en hogere kosten. De investeringskosten voor batterij-elektrische aandrijvingen kunnen bijvoorbeeld oplopen tot 4 miljoen euro per schip. De distributiekosten van elektrische brandstoffen zijn echter relatief laag dankzij de bestaande infrastructuur voor elektriciteitsdistributie. Bovendien kan een 'pay per use'-model voor batterijcontainers helpen de investeringskosten te verlagen door de kosten van batterijsystemen op te nemen in de elektriciteitskosten die aan boord worden geleverd. In een 'pay per use'-model de 'huurt' de schipper een accu, zonder dat dit zijn bezit is.

De productiekosten van duurzame biobrandstoffen variëren aanzienlijk, afhankelijk van factoren zoals grondstofbronnen en productietechnologieën, zie Figuur 12. Hoewel conventionele biobrandstoffen momenteel relatief goedkoop zijn, zijn geavanceerde biobrandstoffen duurder, maar deze bieden juist weer mogelijkheden voor toekomstige kostendalingen, waardoor ze toch aantrekkelijk zijn.

Voor e-brandstoffen zoals e-diesel en e-methanol worden hogere productiekosten verwacht, terwijl waterstof mogelijk concurrerend kan zijn met biobrandstoffen, met geschatte kosten tussen 21 en 37

euro per Gigajoule in 2040. De distributiekosten van deze nieuwe brandstoffen zijn echter hoger vanwege de benodigde infrastructuurontwikkeling en momentele onderbenutting van deze brandstoffen.

TABEL 3: VERWACHTE PRODUCTIEKOSTEN VOLGENS TNO (2024)

Type (e-)Brandstof	Periode	Grondstof	Productiekosten [euro per GJ]
Fossiele diesel	2020-2022	Aardolie	4-19
HVO	2020-2024	PPO	21-34
Bio-ethanol	2040	Cellulose houdende biomassa	21-34
Bio-LNG	2024	Biomassa	13-28
FT diesel	2040	Biomassa	18-35
Bio-olie	2040	Biomassa	21-37
Groene waterstof	2040	-	21-37
E-methanol	2040	DAC	36-59
E-diesel (FT)	2040	DAC	42-66
E-ammonia	2040	-	32-55

Daarnaast speelt de aandrijflijn een cruciale rol. Dit component van het voortstuwingssysteem draagt de kracht van de motor over naar de schroef, wat het schip voortstuwt. De investeringskosten voor aandrijflijnen die gebruikmaken van alternatieve brandstoffen zijn aanzienlijk hoger dan die voor conventionele dieselmotoren. Brandstofcel aandrijvingen en energieopslagopties zoals accu's kunnen meerkosten van miljoenen euro's per schip met zich meebrengen. Specifiek kunnen de extra kosten voor H₂- of methanolbrandstofcel aandrijvingen tussen 2035-2050 variëren van 300.000 tot 600.000 euro per jaar. Deze hoge investeringen kunnen de adoptie van duurzame aandrijflijnen belemmeren, tenzij deze worden ondersteund door subsidies, regelgeving of CO₂-heffingen.

Uit onderzoek van TNO blijkt dat de Total Cost of Ownership (TCO) voor schepen met alternatieve aandrijflijnen aanzienlijke onzekerheden vertoont, voornamelijk door variabiliteit in brandstof- en aandrijflijnkosten. De huidige waarde van hernieuwbare brandstofeenheden en relevante wetgeving kunnen echter helpen om het prijsverschil tussen duurzame en fossiele brandstoffen te overbruggen (TNO, 26 maart 2024).

Uit de analyse blijkt dat verduurzamen geen goedkope oplossing is, echter zijn er wel enorm veel verschillende subsidieregelingen waar een ingenieursbureau, werf of schipper beroep op zouden kunnen doen. Bovendien bevordert het morele aspect en de druk vanuit regelgevende instanties de keuze om te toch de stap te zetten naar groen gaan varen.

5.7 Scholen, instituten en kennisdeling

In ontwikkelde landen zijn zo genoemde *industry-university collaborations* (IUC's) van belang voor het ontwikkelen van nieuwe technologieën en theorieën, waarbij beide stakeholders profijt ervaren. (S. Prasad, 2021) Onderzoek heeft aangetoond dat innovatief onderzoek tussen universiteiten en bedrijven helpt bij het faciliteren van innovaties, diepergaand theoretische kennis en intellectuele eigendommen. (Laursen and Salter, 2004; Weckowska, 2015). De samenwerking tussen universiteiten en bedrijven heeft uiteenlopende potentie, voor zowel industriële doeleindes, kennis doeleindes en het verbeteren van het studenten competentie pakket. Het is ook van belang dat universiteiten leren om, met de hulp van netwerken, onderzoek te gaan integreren tot nieuwe producten en services. (K. Sjo, 2019)

Daarboven op is niet alleen wetenschappelijk onderzoek van belang voor innovaties. VMBO en MBO studenten worden vaak over het hoofd gezien in de westerse kenniseconomie. (D. Kok, 2006) Aangezien de helft van de leerlingen van het voortgezet onderwijs hier deel van uit maken, zit juist in deze groep veel potentie. Zo stelt MKB-Nederland dat deze groep 'lager' opgeleide het fundament is van de samenleving, en daarom niet over het hoofd moeten worden gezien bij het ontwikkelen en implementeren van innovaties.

Open innovatie staat voor het delen van vervaardigde kennis. Het is een concept waarbij organisaties niet alleen gebruik maken van interne ideeën en bronnen, maar ook externe kennis en technologieën integreren om innovaties te versnellen en te verbeteren. (E. Elmquist, 2009) Deze werkwijze moedigt bedrijven aan om samen te werken met externe partners zoals universiteiten, onderzoeksinstituten, leveranciers en zelfs concurrenten. De voordelen van open innovatie zijn uiteenlopend. Ten eerste kan het de ontwikkelingstijd van nieuwe producten en diensten worden verkort doordat bedrijven toegang hebben meer kennis en expertise. Open innovatie bevordert ook de creativiteit en diversiteit van ideeën, wat kan leiden tot meer baanbrekende en disruptieve innovaties, binnen een kortere onderzoeksperiode. Aangezien er enige tijdsdruk is opgelegd vanuit regelgevende instanties, zou het gebruik maken van open innovaties kunnen bijdrage aan het versnellen van het verduurzamingsproces.

Bovendien kan het samenbreng van professionals op non-educatief vlak de kennisdeling bevorderen. Het initiatief van de Refit Alliantie is om bedrijven samen te brengen om de energietransitie te katalyseren. Zulke initiatieven bevorderen het delen van kennis. Bovendien is naast het samenbrengen van professionals, ook het samenbrengen van scholen en het bedrijfsleven een belangrijk aspect binnen de refit alliantie. Dit was ook merkbaar tijdens de kick-off van de Refit Alliantie op vrijdag 17 mei te Dordrecht, waar twee van de studenten van het PI project aanwezig mochten zijn.

6. Refit stappenplan

Op basis van de stakeholderanalyse en de theoretische achtergrond kan een refitplan voor de binnenvaart worden opgesteld. Het proces van een refit is opgedeeld in vier stappen, namelijk oriëntatie, voorbereiding refit, de refit zelf en post-refit. Omdat het proces veel tijd en kosten kan opeisen moet het proces zo efficiënt en makkelijk mogelijk verlopen om de aantrekkelijkheid voor anderen te verhogen. Dit stappenplan zal een globaal voorstel van aanpak beschrijven. Aan het eind wordt het stappenplan in een afbeelding samengevat en gepresenteerd.

6.1.1 Stakeholders

Het is handig als er voor de stakeholders vooraf al een relatief gemakkelijke manier is om te kijken wat er per schip nodig is en wat een refit in de praktijk oplevert. De mogelijkheden om een schip efficiënter te laten varen en minder uit te laten stoten zijn zoals in hoofdstuk 5.2 te lezen is bijna eindeloos. Zo kan het ene schip al veel behalen uit een uitlaatgassenbehandeling en is het voor een ander schip interessanter om van energiebron te wisselen. Daarom is het cruciaal dat er zo veel mogelijk kennis wordt gedeeld. Tijdens de stakeholderanalyse in hoofdstuk 4 is ook gebleken dat deelnemers dit reden nummer één is om ook bij een vennootschap aan te sluiten zoals de refit alliantie.

6.1.2 Kennis toepassen

Opgedane kennis is het makkelijkste bereikbaar als het op één plaats te vinden. Een intuïtieve configurator kan hierbij bijvoorbeeld een handig hulpmiddel zijn. Deze configurator fungeert als een gebruiksvriendelijke tool waarmee stakeholders, zoals schippers, ingenieurs en verladers, gemakkelijk toegang hebben tot relevante informatie en advies op maat kunnen krijgen voor hun specifieke schip en situatie. Naarmate er meer kennis toegevoegd wordt aan deze tool, zal de tool steeds meer op verschillende schepen toegepast kunnen worden. Het doel van deze configurator is dat scheepseigenaren vooraf al kosteloos en op eigen tempo kunnen bekijken wat er met vergelijkbare schepen gedaan is en wat de effecten hiervan zijn geweest. Een voorbeeld hiervan is www.sustainable-ships.org. Als de scheepseigenaar overtuigd is van de voordelen kan het proces daadwerkelijk beginnen en kunnen de verschillende stakeholders bij elkaar gebracht worden. (*Decarbonizer — Sustainable Ships, z.d.*)

6.1. Oriëntatie

Voordat de refit plaatsvindt moet er worden gekeken naar welke refit voor een bepaald binnenvaartschip daadwerkelijk het meest interessant is. De oriëntatie zal worden bekeken vanuit het perspectief van de verschillende stakeholders die bij het proces betrokken zijn. De verlader moet voor duurzame schepen een aantrekkelijker aanbod doen van werk dat de investering van de verduurzaming over tijd rechtvaardigt. De technologieprovider moet per schip evalueren welke refit en aanpassingen passend zijn. De energieleverancier moet de garantie kunnen geven dat hij aan de vraag naar de benodigde energiedrager kan voldoen in geval van een elektrificatie refit. Bij alternatieve brandstoffen moet gekeken worden hoe realistisch het is om een refit te doen en wat er qua infrastructuur in Nederland nu aanwezig is. Financiers en overheden moeten samenwerken om de benodigde financiële middelen vrij te maken voor de refit. Tot slot kan een schipper via de webapplicatie van het bedrijf Sustainable Ships inzicht krijgen in de kosten-batenanalyse en terugverdientijd van een refit van zijn eigen schip. Als het refitplan vaststaat kan er overgegaan worden naar de voorbereiding.

6.2. Voorbereiding Refit

Nadat er is besloten welke duurzame voortstuwing op het binnenvaartschip zal worden toegepast, moeten de juiste voorbereidingen getroffen worden zodat de refit zelf zo snel en efficiënt mogelijk kan

worden uitgevoerd. De technologieprovider moet hiervoor de juiste werf en leveranciers aanstellen. Daarnaast moet er een plan van aanpak en planning opgesteld worden waarmee de betrokkenen overzicht krijgen van de refit. In overeenstemming met de scheepseigenaar en andere partijen kan dan een tijdslot gereserveerd worden.

6.3. Refit

Tijdens de refit is het aan de werf om de refit uit te voeren en verslag te leggen van leermomenten en obstakels. Voorbeelden hiervan zijn onverwachte veranderingen in geplande kosten en tijd. Voor de werf is het hiervan van belang dat de regelgeving vanuit de klassebureaus wordt nageleefd tijdens de refit.

6.4. Post-Refit

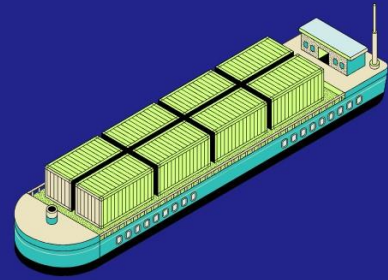
Nadat de refit is afgerond en het schip gaat varen is het zaak dat er nog steeds kennis wordt verzameld over de aanpassingen. De schipper zal hierin het grootste aandeel hebben omdat hij de verschillen in de omgang van het schip zal merken. De technologieprovider moet ook van dit alles op de hoogte gehouden worden voor feedback en om de lessen direct weer op andere projecten toe te passen. De scheepseigenaar zal meer inzicht hebben in het verschil in kosten/baten. Het doel van het blijven verzamelen van deze informatie is om de inschattingen die voor de refit gedaan zijn te verbeteren. Ook kunnen trends vastgesteld worden waaraan te zien is welke aanpassingen over de tijd meer gaan kosten, meer geld opleveren en welke variabelen invloed hebben op de aanpassingen. Een voorbeeld hiervan zijn de invloeden van veranderende brandstofkosten die de effecten van een bepaalde aanpassing positiever of negatiever kunnen gaan beïnvloeden naarmate de tijd verloopt.

6.5. Afsluitend

Wat steeds terugkomt is dat kennis en het verzamelen hiervan cruciaal is om het succes te vergroten. Veel onderdelen die beschreven zijn in het voorgaande stappenplan kunnen door één partij gedaan worden. Zo kan de kennisbank (1), het bij elkaar brengen van de juiste stakeholders (2), het inschatten van verwachtingen (3), het documenteren van leermomenten en obstakels (4) en het documenteren van gegevens achteraf (5) allemaal door één partij gedaan worden. Om de reder en schippers ervan te overtuigen om hun schip te refitten is het van belang dat alle informatie bij één partij te halen is. Dit zodat er in een relatief korte tijd al veel kennis voor hen beschikbaar is zonder dat zij hier zelf bij alle verschillende partijen moeten verzamelen. Indien het stappenplan daadwerkelijk kan worden toegepast in de praktijk, kan de impact hiervan van grote waarde zijn voor de verduurzaming van de binnenvaart.

Het stappenplan zal worden samengevat en gepresenteerd met een poster op de volgende pagina;

Refit stappenplan



7. Conclusie

Dit rapport had als doel om een stappenplan te ontwikkelen voor de refit van een binnenvaartschip. Dit stappenplan is samengesteld door diverse informatiebronnen te analyseren. De eerste stap was het identificeren van de stakeholders en hun behoeften. Vervolgens is de theoretische achtergrond onderzocht om de mogelijkheden voor verduurzaming te verkennen, met aandacht voor verschillende energiedragers en energiebesparende maatregelen zoals low-steaming en walstroom.

Daarnaast is de wet- en regelgeving met betrekking tot duurzaam varen geanalyseerd, zowel nationaal als internationaal, om ervoor te zorgen dat het stappenplan toekomstbestendig is. De vereisten voor duurzaam varen zijn onderzocht, waarbij bleek dat de beschikbaarheid van alternatieve brandstoffen nog beperkt is. Ook de infrastructuur voor deze brandstoffen, zoals laad- en bunkermogelijkheden, is in kaart gebracht om de huidige en toekomstige opties te evalueren.

Een kosten-batenanalyse is uitgevoerd, waarbij de hoge kosten van verduurzaming van een schip zijn belicht. Ook is gekeken naar verschillende subsidies, zoals het CEF-programma, en tools zoals Sustainable Ships, die inzicht geven in de kosten en mogelijke besparingen. Hoewel deze tools niet volledig accuraat zijn, worden ze betrouwbaarder naarmate er meer data beschikbaar komt. Het voorbeeldschip de Skoon Skipper is gebruikt voor deze analyse.

Samenwerkingen tussen onderwijsinstellingen en het bedrijfsleven, evenals initiatieven zoals de Refit Alliantie, zijn onderzocht en aanbevolen om kennis en middelen te bundelen.

Op basis van deze achtergrondinformatie is een voorstel voor een refitplan opgesteld, bestaande uit vier fasen: oriëntatie, voorbereiding-refit, refit en post-refit.

- Oriëntatiefase: In deze fase bepalen stakeholders welke vormen van refitting interessant zijn voor een specifiek schip. Hierbij worden de energiedragers gekozen en worden kosten-batenanalyses uitgevoerd om een refitplan op te stellen.
- Voorbereiding-refitfase: Een werf wordt geselecteerd en de benodigde materialen worden voorbereid op basis van het refitplan.
- Refitfase: Het schip gaat naar de werf waar de aanpassingen volgens het refitplan worden uitgevoerd.
- Post-refitfase: Het schip keert terug naar zijn normale operatie, waarbij gegevens worden verzameld over de effecten van de refit en de kosten-batenanalyse wordt bijgewerkt voor toekomstige refits.

Dit stappenplan biedt een gestructureerde aanpak voor de verduurzaming van binnenvaartschepen, met aandacht voor de behoeften van stakeholders, de beschikbaarheid van technologie en brandstoffen, en de economische haalbaarheid.

8. Discussie

In dit hoofdstuk wordt gekeken naar onderdelen waar nog naar had gekeken kunnen worden bij het maken van dit onderzoek, en wat eventueel zou kunnen worden gedaan in een vervolgonderzoek of in een later stadium voor het vergroten van de betrouwbaarheid van de informatie. Het rapport dat is opgeleverd kan op verschillende punten ter discussie worden gesteld:

Ten eerste, de studenten van het PI-project waren zelf niet aanwezig bij de mentimetersessie. Hierdoor weten zij niet hoe betrouwbaar de verkregen informatie is en hoe serieus de deelnemers de vragen hebben ingevuld. Daarom wordt voorgesteld om tijdens een vervolgonderzoek een grootschalig onderzoek uit te voeren naar de mengingen van de betrokkenen. Het wordt voorgesteld om dit via een enquête uit te voeren. Bij een enquête krijgt de ondervraagde beter de gelegenheid om over antwoorden na te denken dan tijdens een mentimetersessie. Dit verhoogt de betrouwbaarheid van de resultaten. Ook kan bij deze enquête diepergaand vragen worden gesteld en kan de positie van de stakeholder aangegeven worden. Hierdoor wordt het zeer inzichtelijk waarom het verduurzamen van de binnenvaart moeizaam verloopt. Op basis daarvan zou een plan van aanpak kunnen worden gerealiseerd.

Ten tweede, zou in contact staan met de verschillende stakeholders het rapport hebben kunnen verbeteren. Indien er direct contact was geweest met stakeholders hadden de studenten betere inzichten kunnen vergaren in de standpunten van professionals. Momenteel zijn bijvoorbeeld de vragen van de stakeholder analyse uit eigen kennis beantwoord. Voor vervolgonderzoek dan ook aangereden worden om direct bij de stakeholders te achterhalen welke vragen zij over het verduurzamen van de binnenvaart hebben.

Ook is het refit plan wat opgesteld is benaderd vanuit theoretische achtergrond, waardoor het nog onbekend is hoe deze in het echt zal bevallen voor de stakeholders. Ook is het nog onduidelijk wat de werkbaarheid van dit proces zou zijn. Daarom zou in een vervolgonderzoek het opgestelde refitplan getest moeten worden door de stakeholders. In eerste instantie zou kunnen worden begonnen met het opgestelde refitplan langs een casus situatie te leggen. In een later stadium zou deze op een praktische situaties toegepast kunnen worden. Hiermee kan informatie over het gebruik en de werking van het opgestelde refit plan opgedaan worden, zodat er eventuele aanpassingen of toevoegingen aan kunnen worden gedaan. Hiermee wordt de werkbaarheid van het proces zo optimaal mogelijk te gemaakt.

Ten slotte bleek uit de mentimetersessie dat de stakeholders de voornaamste reden voor de langzame verduurzaming van de binnenvaart de kosten. Momenteel is in dit onderzoek wel gekeken naar wat de geschatte kosten van een binnenvaartschip is, maar niet op welke manier deze kosten nog naar beneden kunnen worden gebracht in de toekomst of welke subsidies er nu daadwerkelijk allemaal te verkrijgen zijn. Dit onderzoek zou centraal kunnen staan voor een vervolgonderzoek.

Bibliografie

- Sustainable Ships. (Geraadpleegd: 25 mei 2024). *Decarbonizer — Sustainable ships*.
<https://www.sustainable-ships.org/decarbonizer>
- (Bunkeren van) LNG als brandstof voor de binnenvaart. (2024, Februari). binnenvaartkennis:
<https://www.binnenvaartkennis.nl/2024/02/bunkeren-van-lng-als-brandstof-voor-de-binnenvaart/>
- ABN AMRO, SustainabilityWeekly. (3 juli 2023). *Opties voor het koolstofarm maken van de binnenvaart*.
- AVIV. (2021). *Veiligheidsaspecten nieuwe energiedragers binnenvaart*. Rijkswaterstaat:
<https://open.rijkswaterstaat.nl/open-overheid/@189584/veiligheidsaspecten-nieuwe/>
- Boersma, P. (2023, februari 7). Interview Pieter Boersma over Innovatie Roadmap Duurzaam Varen. (M. Delta, Interviewer)
- C-230. Green Deal Zeevaart, Binnenvaart en Havens.
- CBS. (2022). CBS. Hoeveel brandstof wordt in Nederland afgezet aan vervoer over water?:
<https://www.cbs.nl/nl-nl/visualisaties/verkeer-en-vervoer/uitstoot-en-brandstofafzet/brandstofafzet-vervoer-over-water>
- CBS. (2022). *Hoeveel binnenvaartschepen zijn er in Nederland?* CBS: <https://www.cbs.nl/nl-nl/visualisaties/verkeer-en-vervoer/vervoermiddelen-en-infrastructuur/binnenvaartschepen>
- CBS. (2022). *Hoeveel brandstof wordt in Nederland afgezet aan vervoer over water?* CBS:
<https://www.cbs.nl/nl-nl/visualisaties/verkeer-en-vervoer/uitstoot-en-brandstofafzet/brandstofafzet-vervoer-over-water>
- CBS. (2022). *Hoeveel goederen worden er in Nederland vervoerd?* CBS: <https://www.cbs.nl/nl-nl/visualisaties/verkeer-en-vervoer/goederen/transportsector/goederen#:~:text=In%202022%20werd%201%2C7,weg%20werd%20er%20minder%20vervoerd.>
- CBS. (2022). *Hoeveel vracht gaat er via de Nederlandse binnenwateren?* CBS: <https://www.cbs.nl/nl-nl/visualisaties/verkeer-en-vervoer/goederen/binnenvaart/vracht>
- Cryogenics., D. (2023, 17 november). *De energiedichtheid van waterstof: een unieke eigenschap*. Demaco Holland B.V.;. <https://demaco-cryogenics.com/nl/blog/de-energiedichtheid-van-waterstof-een-unique-eigenschap/>
- De Nederlandse Binnenvaar, het verduurzamen waard. (2021). *binnenvaart, Factsheet Refit Alliantie*.
- Elektrische aansluitpunten en walstroom*. (2024). rwsduurzaamemobiliteit:
<https://rwsduurzaamemobiliteit.nl/beleid/routeradar/duurzame-energiedragers-mobiliteit-dem/routeradar-dem-2021/binnenvaart/infrastructuur/elektrische-aansluitpunten-walstroom/>
- Elmquist, M. (2009). *Exploring the field of open innovation*. Zweden: Emerald Insight.
- EU Monitor. (Geraadpleegd: 21 mei 2024). *Trans-Europese netwerken (TEN)*.
<https://www.eumonitor.nl/9353000/1/j9vvik7m1c3gyxp/vh7doukwqmwj#:~:text=Het%20tra>

ns%2DEuropese%20vervoersnetwerk%20bestaat,verbinden%20door%20middel%20van%20transportnetwerken

European Commision. (11.12.2019). *The European Green Deal* . Brussels.

European Commision. (Geraadpleegd: 20 mei 2024). *Connecting Europe Facility for Transport*.

European Union. (14 september 2016). *REGULATION (EU) 2016/1628 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL*.

Europese Raad, Raad van de Europese Unie. (Geraadpleegd: 21 mei 2024). *Fit for 55*.
<https://www.consilium.europa.eu/nl/policies/green-deal/fit-for-55/>

(Geraadpleegd: 26 mei 2024). ZES: <https://zeroemissionservices.nl/zes-system/>

(Geraadpleegd: 28 mei 2024). ZES: <https://zeroemissionservices.nl/zes-system/>

Green Deal Zeevaart, Binnenvaart en Havens. (2024). greendeals: <https://www.greendeals.nl/greendeals/green-deal-zeevaart-binnenvaart-en-havens>

(2020). *Havennota 2020-2030*. Den Haag: Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.

IMO. (geraadpleegd: 20 mei 2024). *Improving the energy efficiency of ships*. International Maritime Organisation:

<https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Improving%20the%20energy%20efficiency%20of%20ships.aspx>

European Commision: https://transport.ec.europa.eu/transport-modes/inland-waterways_en

Inspectie Leefomgeving en Transport. (Geraadpleegd te 20 mei 2024). *Klassenbureaus en keuringsinstanties binnenvaart*. ilent: <https://www.ilent.nl/onderwerpen/klassenbureaus-en-keuringsinstanties-binnenvaart>

ISO. (Geraadpleegd: 21 mei 2024). *Water-based transport*.
<https://www.iso.org/sectors/transport/by-water>

Kok, D. (Mei 2006). *Innovatief handen in elkaar slaan* . Groningen: Rijksuniversiteit Groningen .

Kounis, N.,. (2023, 3 juli). *Opties voor het koolstofarm maken van de binnenvaart*. SustainaWeekly. Marketing Communication, & Boele, G. .
https://assets.ctfassets.net/1u811bvgvthc/1BkzyrmORVqDvz2elviT60/a53faddcef5a6eb9c949a6d5b9cdf9f7/Sustainaweekly_3_juli_2023_

rwsduurzamemobiliteit: <https://rwsduurzamemobiliteit.nl/beleid/routeradar/duurzame-energie dragers-mobiliteit-dem/routeradar-dem-2021/binnenvaart/infrastructuur/lng-bunkerlocaties-bunkerschepen/>

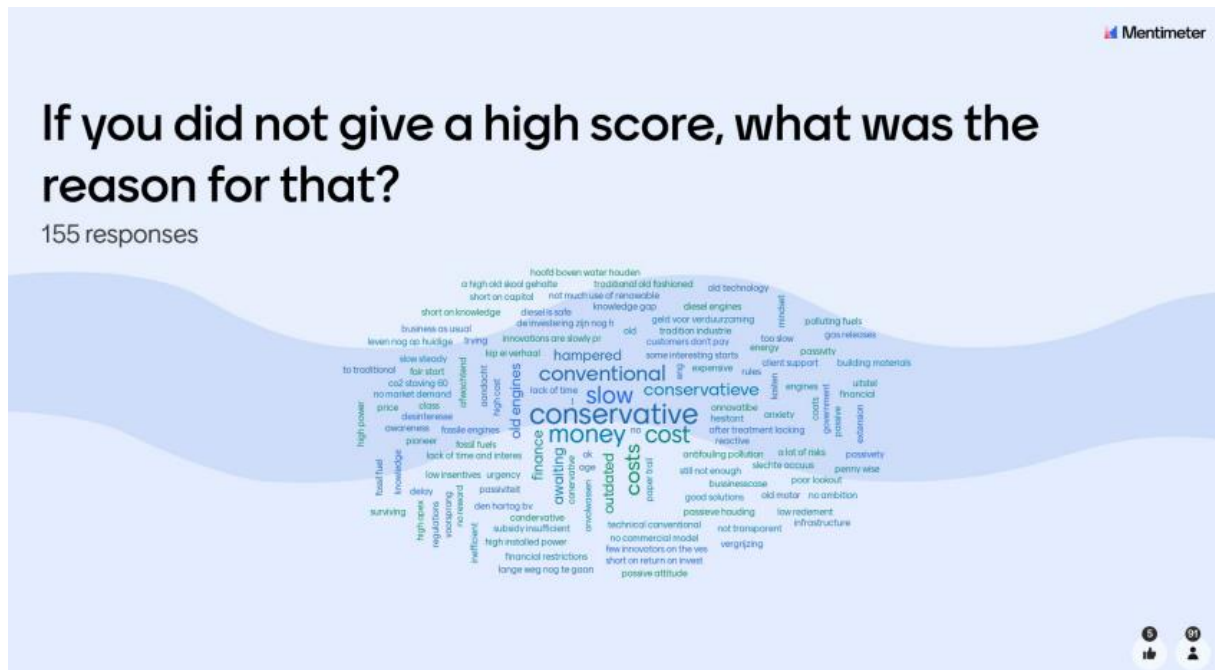
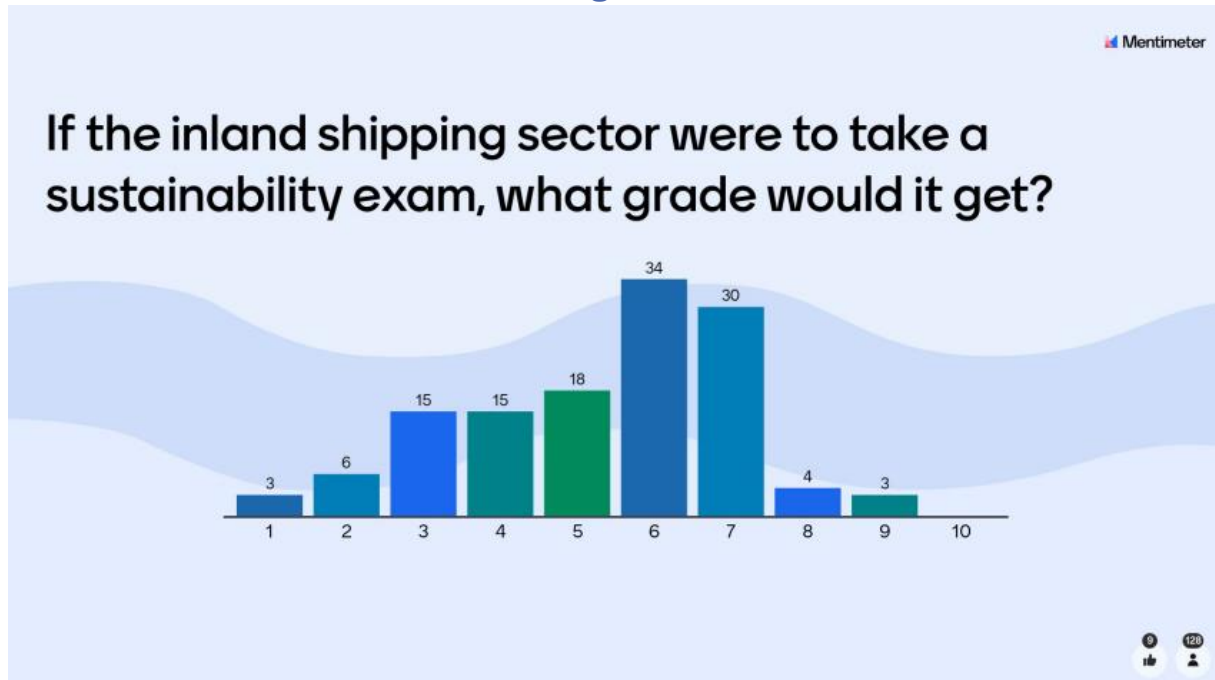
Maritime Innovation Platform . (2024). Resultaten mentimetersessie Refit Alliantie., (p. 11). dordrecht.

Over waterstof. (Geraadpleegd: 26 mei 2024). Waterstofnet:
<https://www.waterstofnet.eu/nl/waterstof/wat-is-waterstof#:~:text=De%20energie%2Dinhoud%20van%20gasvormige,bij%20350%20bar%20gasvormige%20waterstof.>

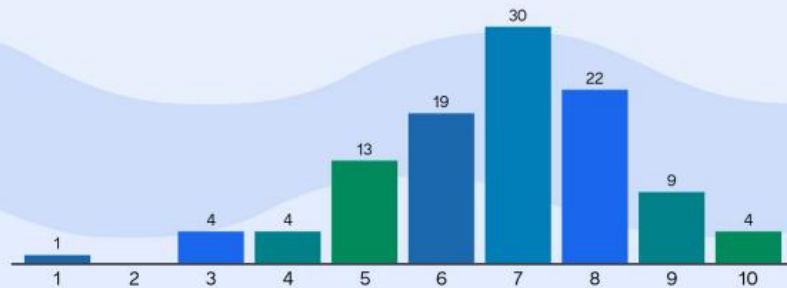
- Pasman, A. (2023, 20 juli). *Wat is duurzame en schone brandstof?* . Natuur & Milieu. . <https://natuurenmilieu.nl/themas/vervoer-reizen/alternatieve-brandstoffen/wat-is-schone-brandstof/>
- Platform, M. I. (2024). Resultaten metnimetersessie., (p. 11). Dordrecht.
- Prasad, S. (2021). *India Industry-University Collaboration-A Novel Approach Combining Technology, Innovation, and Entrepreneurship*. doi:10.1109/EDUCON46332.2021.9454090
- Savvides, N. (2022, 4 mei). *LNG ships likely worse for the environment than HFO, says latest research - The Loadstar*. *The Loadstar*. <https://theloadstar.com/lng-ships-likely-worse-for-the-environment-than-hfo-says-latest-research/>.
- Sjoo, K. (2019). *University–industry collaboration: A literature review and synthesis*. Chalmers University of Technology.
- (Q4 2020). *Tegen de stroom in varen*. Arnhem: elaad Outlook.
- TNO. (2022). *De transitie naar een duurzame scheepvaart*. TNO: <https://www.tno.nl/nl/duurzaam/duurzaam-verkeer-vervoer/duurzame-mobiliteit/transitie-duurzame-scheepvaart/#:~:text=Het%20operationele%20profiel%20van%20het,energie drager%20het%20meest%20geschikt%20is>
- TNO. (26 maart 2024). *KLIMAATNEUTRALE BINNENVAART IN 2050*. Den Haag: TNO en Planbureau voor de Leefomgeving.
- Ushakov, S., Stenersen, D., & Einang, P. M. (2019). *Methane slip from gas fuelled ships: a comprehensive summary based on measurement data*. *Journal Of Marine Science And Technology*, 24(4), 1308–1325. <https://doi.org/10.1007/s00773-018-00622-z>.
- VNG. (03-2021). *EU strategie duurzame en slimme mobiliteit*.
- ZESPack - Zero Emission Services. (2021, 23 juli). *Zero Emission Services*. <https://zeroemissionservices.nl/zespac/>.
- zespac. (2024). zeroemissionservices: <https://zeroemissionservices.nl/zespac/>

9. Bijlage

9.1. Resultaten mentimetervragen



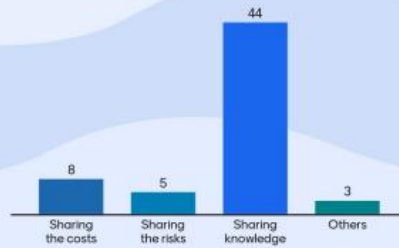
If your own company were to take a sustainability exam, what grade would it get?



When investing in sustainability, how decisive are these considerations for your company? Rate the items between 1 - 10!



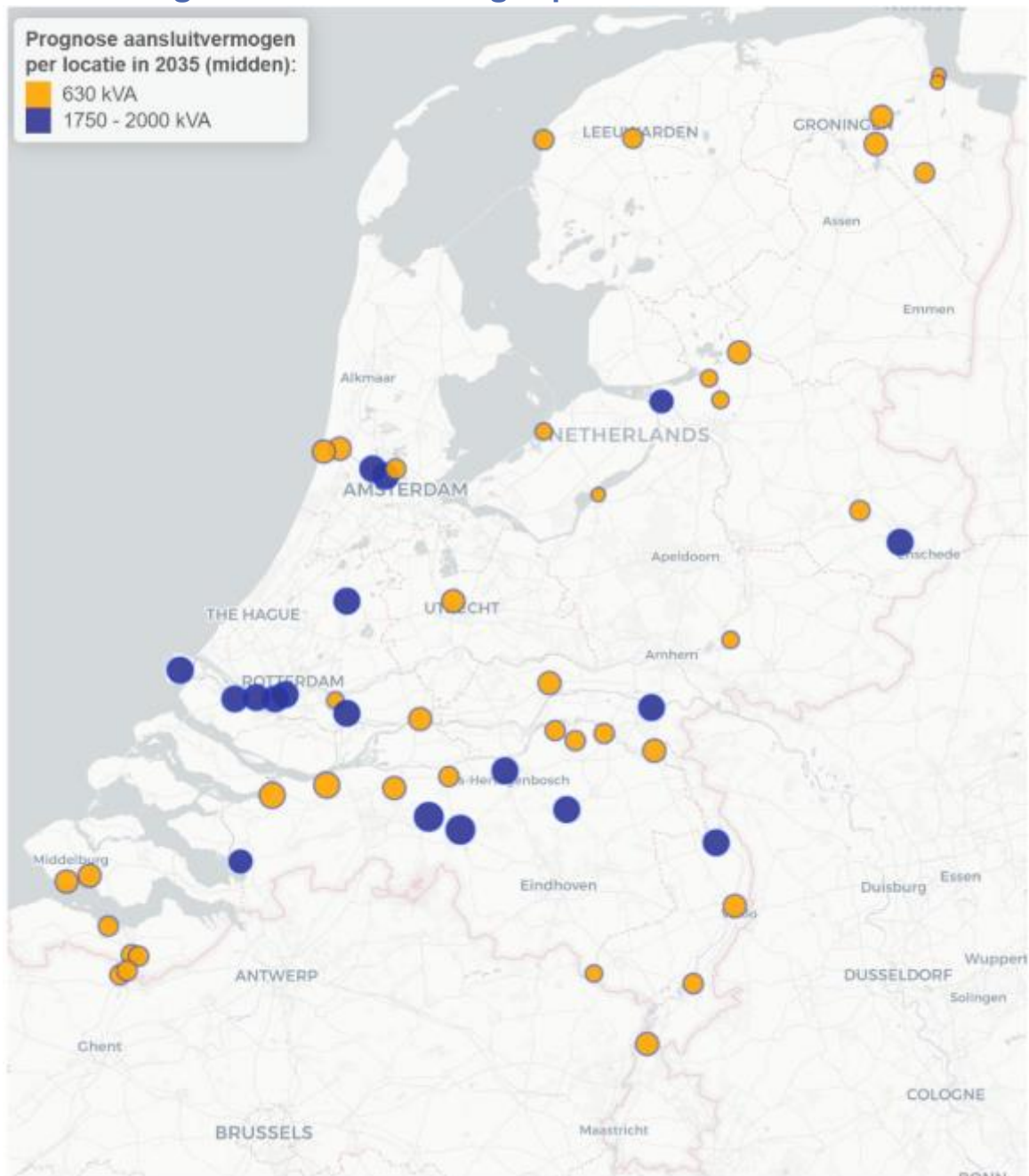
Suppose you will join partnerships for zero-emission performance, what is your main motivation?



If we enable future proof education, which topics should we prioritize?



9.2. Prognose aansluitvermogen per container terminal in 2035 (midden):



(Tegen de stroom in varen, Q4 2020)

9.3. Zes pack laadlocaties



(ZES, Geraadpleegd: 26 mei 2024)