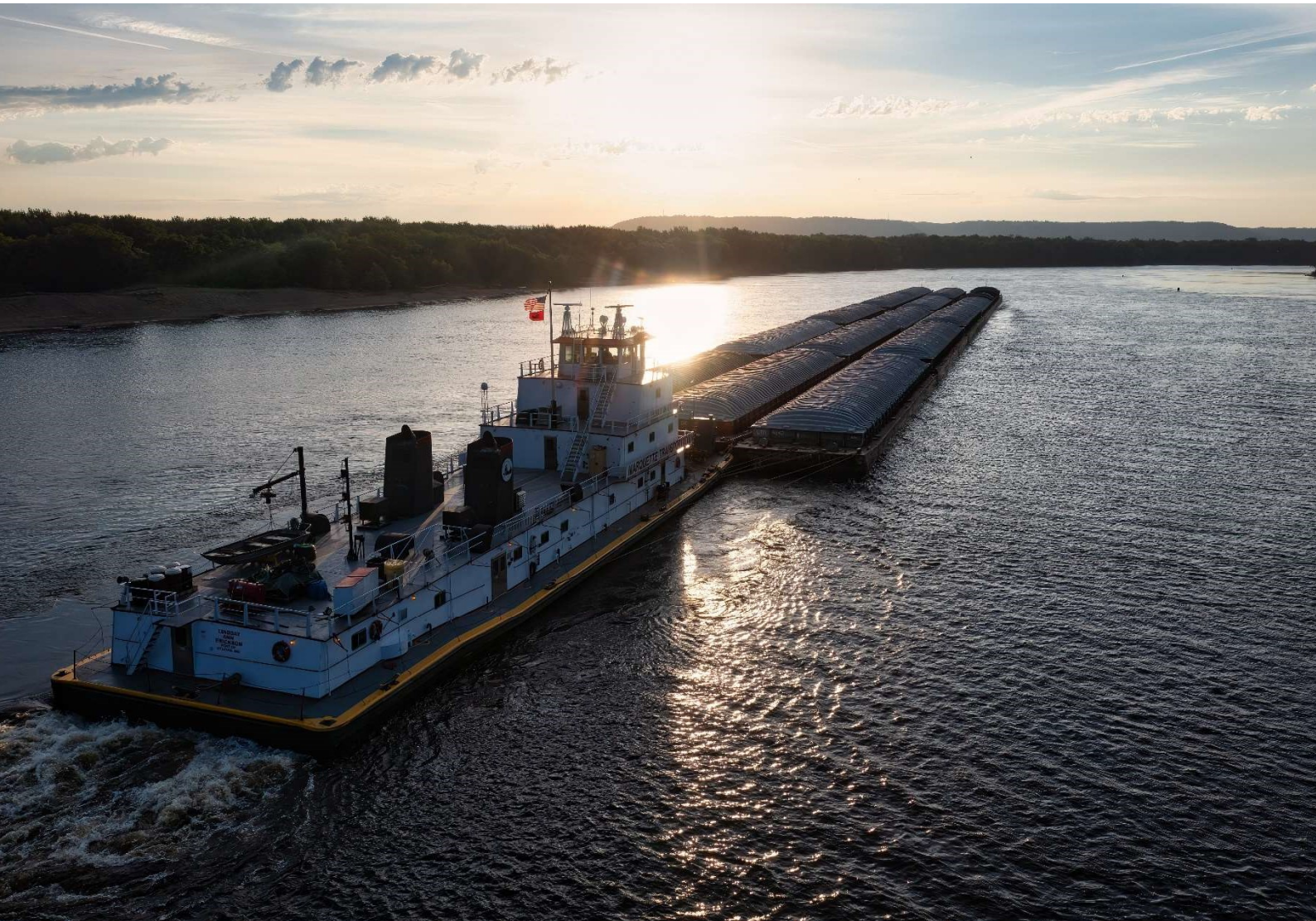


Ontwerprapport

Use case verduurzaming binnenvaart

De binnenvaart, het verduurzamen waard



Gegevens:

Naam: P.J. IJzerman (0987650)
Plaats & Datum: Dordrecht (maandag 12 juni 2023)
Instituut: Hogeschool Rotterdam
Begeleiders: Johan Antonissen (Afstudeerbegeleider)
Sjoerd Gerritsen (Processbegeleider)
Opdrachtgever: Pieter Boersma (Duurzaam varen)
Teus van Beek (Wärtsilä)
Versie: 1.0 all rights reserved



**Duurzaam
Varen**



Samenvatting

Binnenvaartschippers staan voor een moeilijke keuze: binnen enkele jaren zullen ze moeten betalen voor hun CO₂-uitstoot. Momenteel zijn er veel verschillende opkomende technieken, maar er heerst veel onduidelijkheid binnen de sector. Dit betreft onder andere de energiedragers, kosten en baten, beschikbaarheid van mensen en middelen, wet- en regelgeving met betrekking tot emissies, en financiering.

Oplossingen zijn allemaal uniek, daardoor moeilijk te verzekeren en financieren. Dit leidt ertoe dat de rederijen veel meer betalen dan noodzakelijk zou zijn met een modulair ontwerp en een open standaard.

Om deze reden ontwikkeld de Refit Alliantie een tool, methode of applicatie waarmee binnenvaartschippers gegevens over hun schip en vaarroute kunnen invoeren, om vervolgens hun energieverbruik te berekenen. Het doel is om door het berekende energieverbruik een voorbeeldberekening te maken voor de ombouw naar een bepaalde techniek

De hoofdvraag luidt als volgt: Hoe kan een rederij binnen maximaal een halve dag de energievraag van zijn schip berekenen om daarmee automatisch een simpele kosten- en batenanalyse van zijn schip te laten maken waarvan de impact van retrofit naar een elektrische aandrijving wordt berekenen?

Aan het begin van het project worden de eisen en wensen van de klant onderzocht. Vervolgens zijn er concepten ontwikkeld en zijn deze getoetst op succescriteria, het concept wat werkte op basis van een gegevensbank kwam het beste uit de test omdat het de perfecte mix had tussen de juiste snelheid, uitbreidbaarheid en betrouwbaarheid.

Dit houdt in dat de schipper een bepaald traject opgeeft, daarvan de benodigde energie uitrekent dan de vergelijking maakt of het mogelijk is om die afstand te varen zonder te wisselen van batterijcontainer. En uiteindelijk een conclusie te de verandering is op de variabele kosten en baten. Tot slot worden de voor- en nadelen van de retrofit benoemd.

Dit is de juiste oplossing omdat een schipper in weinig tijd een globaal idee kan krijgen of het retrofitten van zijn schip een goed idee is. De tool kan gemakkelijk uitgebreid worden waardoor er een vergelijking gemaakt kan worden tussen verschillende systemen. Het idee is dat technisch leveranciers gegevens doorgeven van de oplossingen die zij leveren en er meer transparantie op de markt is.

Nadat de rekentool ontwikkeld is, is deze getest door een use case en telefonisch doorgegeven resultaten. Hieruit blijkt dat de afwijking van de telefonisch doorgegeven resultaten gemiddeld 40% is. De test die uitgevoerd is voor de use case komt echter wel redelijk uit met een gemiddelde afwijking van 8%.

Als het uiteindelijke product vergeleken worden met het Programma van eisen die is opgesteld aan het begin van het rapport, kan er geconcludeerd worden dat alle eisen voldaan zijn en dat het project daarom als een succes is afgerond.

Inhoudsopgave

Verklarende woordenlijst	5
1 Inleiding	6
1.1 Probleemstelling.....	6
1.2 Doelstelling	6
1.3 Hoofd- en deelvragen.....	7
1.4 Leeswijzer	7
2 Analyse	9
2.1 Marktonderzoek	9
2.2 Parameters energieverbruik binnenvaartschip.....	10
2.3 Functie-analyse.....	11
2.6 Programma van eisen	11
3 Concept	13
3.1 Flowchart concept	13
3.2 Weerstand concept	14
3.3 Gegevensbank concept.....	14
3.4 Digitale meting concept	15
3.5 Keuzematrix	15
4 Gekozen ontwerp	16
4.1 Algemene omschrijving	16
4.2 Stappenplan	16
4.3 Detaillering en verantwoording	20
4.4 Berekeningen	22
4.4.1 NOx uitstoot naar energieverbruik.....	22
4.4.2 Rendement berekening	22
4.4.3 Berekening CO ₂ besparing	24
4.5 Systeemvoorbeeld.....	24
5 Testen van prototypen	26
5.1 Testenmethode	26
5.2 Test uitvoeren	27
5.3 Test conclusie	28
6 Conclusie en aanbevelingen	29
6.1 conclusie	29
6.2 Aanbevelingen	29
Bibliografie	30
Bijlage I – Plan van aanpak deliverable 2	31
Bijlage II – Scheepskwalificaties	40

Bijlage III – Handleiding	41
Bijlage IV – NO_x-berekening	51



Verklarende woordenlijst

CEMT	In de context van de binnenvaart staat CEMT voor "Comité Européen de Navigation Intérieure" (Europees Comité voor de Binnenvaart). Het CEMT is een intergouvernementele organisatie die is opgericht om de samenwerking en coördinatie tussen Europese landen op het gebied van de binnenvaart te bevorderen.
Energiedrager	Een energiedrager is een stof, materiaal of medium dat energie kan opslaan, transporteren en vrijgeven. Het dient als een tussenliggende vorm van energie die gemakkelijk kan worden getransporteerd of omgezet naar verschillende vormen van energie, zoals thermische energie, elektrische energie of mechanische energie.
ICE	In de context van verbrandingsmotoren staat "ICE" voor "Internal Combustion Engine", wat in het Nederlands een "interne verbrandingsmotor" betekent. Een interne verbrandingsmotor is een type motor waarbij de verbranding van brandstof plaatsvindt binnenin de motor zelf.
In kind	In de context van subsidies verwijst "inbrengen in kind" naar een situatie waarin een organisatie of individu een eigen bijdrage levert in de vorm van goederen, diensten, of middelen als onderdeel van de financiering van een gesubsidieerd project.
Open innovatie	Open innovatie is een benadering waarbij organisaties samenwerken met externe partijen, zoals andere bedrijven, academische instellingen, onderzoeksinstituten, startups en het bredere publiek, om nieuwe ideeën, kennis en technologieën te ontwikkelen en te implementeren. Het omarmt het idee dat waardevolle ideeën en expertise zich buiten de grenzen van een organisatie kunnen bevinden.
Open standaard	Een open standaard is een technische standaard die vrij beschikbaar is voor iedereen en waarvan de specificaties openbaar zijn. Het is een standaard die niet eigendom is van een specifieke organisatie of bedrijf, en die door iedereen gebruikt, geïmplementeerd en aangepast kan worden zonder beperkingen of royalty's.
Parameter	Een parameter is een variabele of factor die wordt gebruikt om een bepaalde eigenschap, gedrag of conditie van een systeem, proces, functie of model te bepalen of te beïnvloeden. Parameters stellen ons in staat om specifieke eigenschappen of kenmerken van een systeem te definiëren en te beheren.
Rederijen	De bedrijven die schepen in de vaart exploiteren worden rederijen genoemd
Reders	De personen die verantwoordelijk zijn voor de bedrijfsvoering van een rederij zijn reders.
Refitten/retrofit	Refitten, ook wel refit genoemd, verwijst naar het proces van het vernieuwen, renoveren of aanpassen van een bestaand schip, jacht, vliegtuig, voertuig of een ander object om het te upgraden, te moderniseren of aan te passen aan nieuwe behoeften of normen. Binnen dit rapport gaat het hierbij om het aanpassen van de aandrijflijn.
RSW- klasse	In de binnenvaart verwijst "RSW" naar "Rijn-Schelde-Verbinding". Het RSW-type is een classificatie van schepen die specifiek zijn ontworpen en gebouwd om te voldoen aan de vereisten voor het varen op de Rijn en de Schelde, twee belangrijke rivieren in Europa.

1 Inleiding

De maritieme sector in Nederland moet verduurzamen. Er is een transitie nodig van een fossiele economie naar een zero-emissie economie.

Vanuit de overheid zijn hiervoor meerdere maatregelen gepresenteerd, waaronder de Green Deal Zeevaart Binnenvaart en Havens en de 'Fit for 55'. Deze maatregelen bieden kaders en stimuleren de ambitie om uiteindelijk te transformeren naar een zero-emissie binnenvaart. Deze omvorming van de sector zal met miljarden euro's gepaard gaan en is een grote uitdaging voor alle betrokken partijen.

De Refit Alliantie wil de krachten bundelen en een uniek 'open-innovatie' samenwerkingsverband creëren dat gericht is op een praktische uitvoerbare oplossing voor een verduurzaming van de binnenvaartsector. In 2050 moet de gehele zeevaart emissievrij zijn. Als een binnenvaartschip uit de huidige vloot tegen die tijd niet vrij van fossiele brandstof vaart, zal deze in zijn geheel gesloopt moeten worden waarmee vrijwel alle economische en ecologische waarde verloren gaat. Dit gaat alleen al in Nederland om zo'n 5000 schepen, wat bij een volledige vervanging van de vloot al snel om tientallen miljarden euro's gaat.

Samen met Ayesha Mahabier en Yorick Verheij doen we onderzoek naar hoe de Refit-alliantie haar ambitie het beste kan nastreven. Dit ontwerprapport richt zich op het ontwikkelen van een kosten- en batenanalyse die gemaakt is op basis van het energieverbruik van een binnenvaartschip.

1.1 Probleemstelling

Binnenvaartschippers staan voor een moeilijke keuze: binnen enkele jaren zullen ze moeten betalen voor hun CO₂-uitstoot. Momenteel zijn er veel verschillende opkomende technieken, maar er heerst veel onduidelijkheid binnen de sector. Dit betreft onder andere de energiedragers, kosten en baten, beschikbaarheid van mensen en middelen, wet- en regelgeving met betrekking tot emissies, en financiering.

Oplossingen zijn allemaal uniek, daardoor moeilijk te verzekeren en financieren. Dit leidt ertoe dat de rederijen veel meer betalen dan noodzakelijk zou zijn met een modulair ontwerp en een open standaard.

1.2 Doelstelling

Het ultieme doel van de Refit-alliantie Duurzame Binnenvaart is het verbinden van rederijen, technische leveranciers, scheepswerven, financiers en de overheid om een realistische, schaalbare en gestandaardiseerde oplossing te ontwikkelen voor de verduurzaming van binnenvaartschepen.

Dit rapport richt zich op de ontwikkeling van een tool, methode of applicatie waarmee binnenvaartschippers gegevens over hun schip en vaarroute kunnen invoeren, om vervolgens hun energieverbruik te berekenen. Het doel is om door het berekende energieverbruik een voorbeeldberekening te maken voor de ombouw naar een bepaalde techniek. De tool, methode of applicatie, samen met het ontwerprapport (geschreven volgens (Elling, 2019)), moet uiterlijk op 12 juni 2023 worden opgeleverd.

1.3 Hoofd- en deelvragen

De hoofdvraag van de gehele opdracht is als volgt geformuleerd:

- Hoe kan de Refit Alliantie de Nederlandse binnenvaartreders helpen te verduurzamen van een fossiele economie naar een zero-emissie economie voor 2050?

De hoofdvraag voor dit onderdeel/rapport is als volgt geformuleerd:

- Hoe kan een rederij binnen maximaal een halve dag de energievraag van zijn schip berekenen om daarmee automatisch een simpele kosten- en batenanalyse van zijn schip te laten maken waarvan de impact van retrofit naar een elektrische aandrijving wordt berekenen?

De hoofdvraag zal beantwoord worden door de onderstaande deelvragen uit te werken:

- Welke tools, methodes of systemen bestaan er momenteel om een schipper te helpen kiezen voor een bepaalde aandrijving?
- Aan welke eisen zou dit product moeten voldoen?
- Hoe kan er uit verschillende concepten de juiste gekozen worden?
- Hoe kan gecontroleerd worden of de berekeningen die het product uitvoert inderdaad accuraat zijn?

1.4 Leeswijzer

Dit rapport bevat de onderbouwing voor het ontwerp en de ontwikkeling van een tool, methode of systeem om binnenvaartschippers te helpen bij de keuze om zijn schip wel of niet te retrofitten. Het rapport is onderverdeeld aan de hand van verschillende hoofdstukken:

Deel I: Marktonderzoek en analyse. In dit eerste deel wordt een marktonderzoek uitgevoerd om de bestaande tools, methoden of systemen te onderzoeken die momenteel beschikbaar zijn om schippers te helpen bij het verduurzamen van hun schip of het berekenen/meten van hun energieverbruik. Daarnaast wordt een functieanalyse gemaakt aan de hand van een functieboom. Op basis van deze analyse wordt een Programma van eisen opgesteld, waarin de gestelde eisen en functies voor het prototype worden vastgelegd.

Deel II: Ontwerpfase. Tijdens deze fase worden verschillende concepten ontwikkeld op basis van het Programma van Eisen. Deze concepten worden met elkaar vergeleken aan de hand van een keuzematrix, waarbij verschillende criteria worden beoordeeld om het meest geschikte concept te selecteren.

Deel III: Verantwoordingsfase. In deze fase worden de gemaakte keuzes in zowel het proces als het uiteindelijke product gedocumenteerd en verantwoord. De berekeningen die zijn uitgevoerd, worden toegelicht en er wordt een systeemvoorbeeld gegeven om de werking van de tool, methode of systeem te illustreren.

Deel IV: Testfase en conclusie. In het laatste deel van het rapport wordt de ontwikkelde tool getest. De testresultaten worden geanalyseerd en geëvalueerd om de functionaliteit en betrouwbaarheid van de tool te beoordelen. Op basis van deze bevindingen wordt een conclusie geformuleerd, waarin wordt ingegaan op de mate waarin de tool aan de gestelde doelen en eisen voldoet. Tot slot worden aanbevelingen voor de toekomst gegeven, waarbij mogelijke verbeteringen of uitbreidingen van de tool worden besproken.

Door deze structuur te volgen, wordt een gestructureerde en logische opbouw van het ontwerprapport gegarandeerd. Het stelt de lezer in staat om de verschillende fasen van het ontwerpproces te begrijpen en de onderbouwing van de gemaakte keuzes te volgen.

2 Analyse

In dit hoofdstuk is onderzoek gedaan naar wat precies het probleem is met de keuze om een schip te refitten. Er wordt onderzoek gedaan welke factoren invloed hebben op het energieverbruik van een binnenvaartschip en om de juiste ontwerpcriteria vast te stellen.

Ook wordt er onderzocht welke soortgelijke tools, methodes of systemen er al bestaan om het energieverbruik van een willekeurig binnenvaartschip op een specifieke vaarroute te berekenen. Bij het zoeken naar bestaande machines kunnen er ook ideeën ontstaan voor een eventueel nieuw ontwerp of verbeteringen van huidige (deel)oplossingen.

2.1 Marktonderzoek

Als een rederij het noodzakelijk acht of graag zou willen verduurzamen, begint de puzzel. Er zijn veel mogelijkheden voor het ombouwen van een schip. Dit is een lang traject waarbij veel partijen aan elkaar verbonden moeten worden. Globaal vinden de volgende stappen plaats.

1. Het schip moet geheel doorgemeten worden, wat is het specifieke gebruik en wat is de levensduur van het schip. Is het vervangen van de aandrijving wel handig?
2. Vervolgens maakt een (of meerdere) technische leverancier(s) een berekening en offerte.
3. Deze technische oplossing moet vervolgens goedgekeurd worden om te varen (nieuwe technologieën). De oplossing moet verzekerd en gefinancierd worden.
4. Vervolgens vindt er een GO/no-GO plaats om de ombouw te laten plaatsvinden.
5. Dan wordt er een afspraak gemaakt met een scheepswerf.
6. Alle onderdelen worden gefabriceerd en het schip worden geïnstalleerd.

Naast deze factoren komen er ook nog vragen zoals beschikbaarheid van de energiedrager, kosten van de energiedrager en ombouwtijd.

2.2 Parameters energieverbruik binnenvaartschip

Zoals in de inleiding beschreven is, is de binnenvaart een hele onzichtbare sector. Bijna ieder binnenvaartschip dat rondvaart is uniek, daarom is er geen standaard verbruik gemeten over een bepaald traject zoals we bij auto's gewend zijn (niet dat dat altijd klopt of transparant is, maar dat is voor dit ontwerprapport niet relevant).

Om het onderzoek naar de parameters voor het energieverbruik nauwkeurig uit te voeren, is het essentieel om eerst de term "energieverbruik" te definiëren en vervolgens af te bakenen.

Energieverbruik: alle energie die verbruikt wordt om het schip te verplaatsen van locatie A naar B. Als extra scope is ook de efficiëntie meegenomen, een beladen schip gebruikt misschien meer energie, maar heeft wel een hogere efficiëntie/ton vervoerde goederen.

Afbakening: energie die het schip nodig heeft voor verwarming, douches, laden en lossen van droge of natte lading worden niet meegenomen in de parameters.

Globaal kunnen de parameters opgedeeld worden in diverse groepen; vaartraject, interne- en externe factoren. Dit is hieronder weergegeven.

Externe factoren

- Hoeveelheid lading
- Volledig beladen of niet?

Interne en externe factoren

- Vaarsnelheid
- Luchtweerstand

Interne factoren

- Afmetingen van het binnenvaartschip
- Gewicht van het binnenvaartschip
- Soort aandrijving
- Ouderdom van de aandrijving
- Onderhoud van de aandrijving

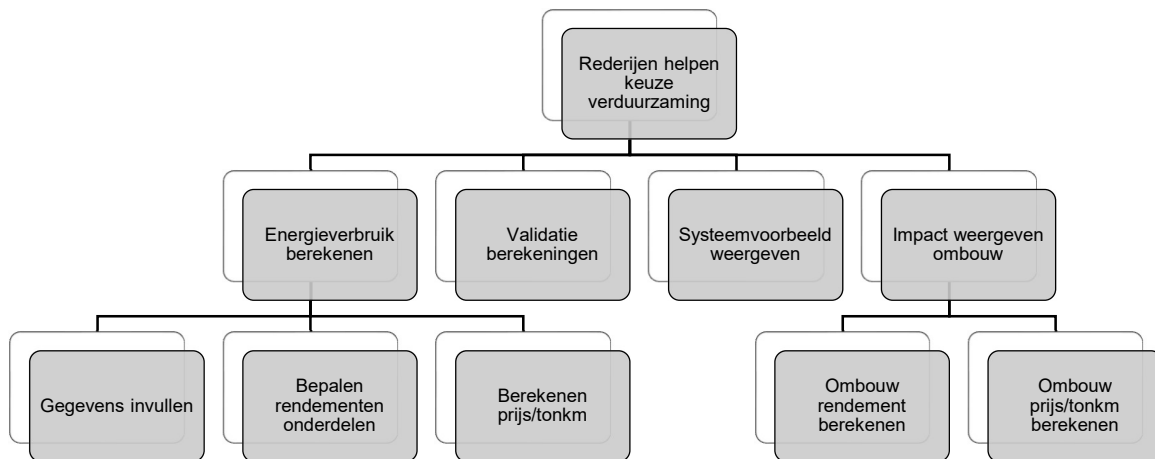
Vaartraject

- Hoeveelheid tegenstroming
- Lengte van het vaartraject
- Afmetingen van waterdoorgang
- Weerstand door beperkt water
- Hoeveelheid bochten in het vaartraject
- Golfweerstand (Bolt, 2003)

Door bovenstaande opsomming is er inzichtelijk wat globaal de parameter voor het energieverbruik van een binnenvaartschip is.

2.3 Functie-analyse

Om alle te vervullen functies goed in kaart te brengen, is er een functieboom gemaakt (Figuur 1 - Functieboom). De hoofdfunctie (het doel) van het complete systeem is bovenin de functieboom beschreven, de deelfuncties daaronder moeten bepaalde functies vervullen. Deze deelfuncties leveren ieder een bepaalde bijdrage om de hoofdfunctie te vervullen en het uiteindelijke doel waarvoor het systeem dient te behalen.



Figuur 1 - Functieboom

2.6 Programma van eisen

Aan de hand van de geleverde documenten en in overleg met opdrachtgever en stakeholders (interviews Ayesha en Yorick) is er een Programma van eisen opgesteld. In het Programma van eisen worden de eisen aan het ontwerp opgeschreven, hier moet het ontwerp dus minimaal aan voldoen.

Tabel 1 - Programma van eisen

NUMMER	EIS	BRON
GROEP 1	Algemeen	
1.1	Kosten- en batenanalyse voor het retrofitten van een willekeurig binnenvaartschip op basis van zijn vaartraject.	Opdrachtgever
1.2	Kosten per km/ton of km/container voor het vervoeren van goederen voor en na het retrofitten zonder de kosten van de ombouw.	Opdrachtgever
1.3	Er moet een Sankey-diagram (of soortgelijk) toegevoegd worden om inzichtelijk te maken waar energie naartoe gaat binnen de aandrijving,	Opdrachtgever
GROEP 2	Documentatie	
2.1	De manier hoe de tool ontwikkeld is moet worden vastgelegd door middel van een (beknopt) ontwerpverslag.	Studie
2.2	Er moet een (beknopt) verhaal gegeven worden hoe de tool gebruikt moet worden.	-

GROEP 3	Validatie & verbetering	
3.1	De tool moet met de vereiste documentatie door een onafhankelijke partij beoordeeld kunnen worden op de correctheid.	Aannamen
3.2	Gebruikers moeten een manier hebben om feedback te kunnen geven aan de ontwikkelaar om de tool te verbeteren.	-
3.3	Een onafhankelijke partij met kennis van de systemen moet zelfstandig de tool kunnen uitbreiden.	-
3.4	Er moeten aanbevelingen zijn om de tool verder uit te breiden.	Opdrachtgever
GROEP 4	Overig	
4.1	Er moet een systeemvoorbeeld weergegeven worden in de tool waardoor een rederij precies kan zien welke onderdelen er vervangen zouden moeten worden bij het retrofitten van een schip.	Opdrachtgever
4.2	Het systeem mag geen gegevens opslaan en/of verspreiden die de gebruikers invoeren.	-

In Tabel 2 - Succescriteria zijn de succescriteria opgenomen. Aan de hand van deze criteria kan een definitief ontwerp gekozen worden uit diverse concepten.

Tabel 2 - Succescriteria

NR	CRITERIA	OMSCHRIJVING
1.1	Relevantie	Hoe beter de tool in staat is om de gebruiker te helpen kiezen in zijn duurzaamheidsoverwegingen hoe beter.
1.2	Gebruiksgemak	Hoe gemakkelijker de gebruiker de tool kan gebruiken hoe beter.
1.3	Accuratie	Hoe accurater de kosten- en batenanalyse is hoe beter.
1.4	Volledigheid	Hoe vollediger de tool hoe beter.
1.5	Snelheid	Hoe korter de cyclustijd tussen opstarten van de tool tot de kosten- en batenanalyse hoe beter.

Voor een uitgebreidere afbakening en scope van het project verwijs ik graag naar het Bijlage I – Plan van aanpak deliverable 2 in de bijlagen.

3 Concept

Binnen dit hoofdstuk worden er verschillende concepten uitgewerkt voor het berekenen van het energieverbruik van een binnenvaartschip en het verkrijgen van advies over het verduurzamen van hun aandrijflijn. Bij ieder concept wordt een oplossing gegeven voor het vervullen van verschillende functies. Vervolgens worden aan het einde van dit hoofdstuk alle concepten vergeleken in een keuzematrix, waaruit blijkt welk concept het beste de verschillende functies vervult.

3.1 Flowchart concept

Dit concept berust op het principe waarbij een simpele flowchart doorlopen wordt. Deze manier van testen is het gemakkelijkste, de resultaten uit het flowchart zijn ook het minst specifiek. Als aanvulling zou bijvoorbeeld per gemaakte keuze een bepaalde berekening ingevuld kunnen worden voor het energieverbruik.

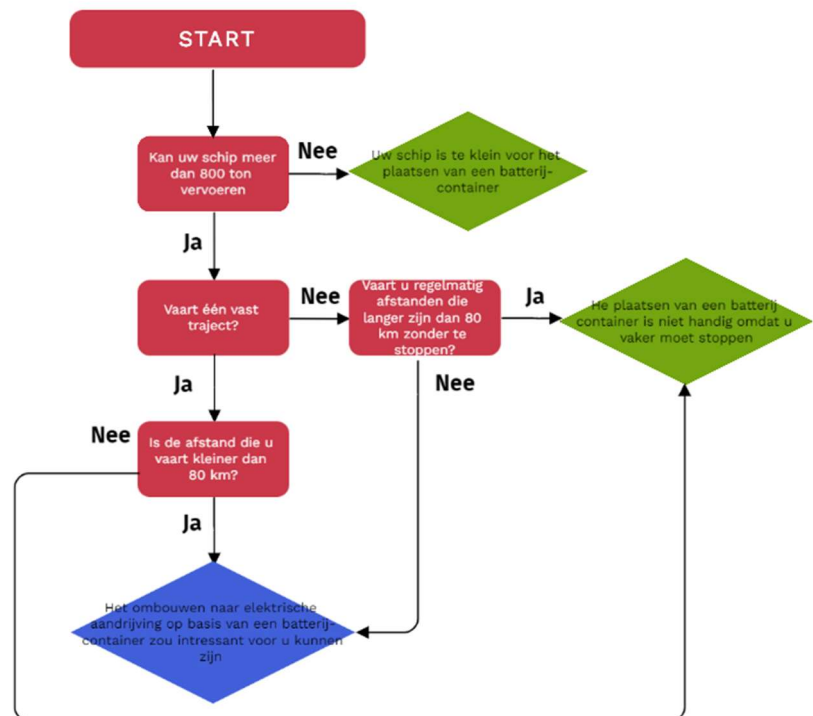
In Figuur 2 – Voorbeeld concept flowchart is een voorbeeld weergegeven hoe het eruit zou kunnen zien. Mocht dit het beste concept zijn, dan kan deze verder uitgewerkt worden met formules en systeemvoorbeelden.

Voordelen:

- Snelste manier om globaal een idee te geven in welke situaties ombouw een goed idee is.
- Makkelijk maakbaar en te controleren.

Nadelen:

- Diepgang is niet mogelijk bij dit concept
- Moeilijk om verschillende ombouw opties met elkaar te vergelijken, wat is het voordeel van bijvoorbeeld batterijcontainers t.o.v. een brandstofcel?



Figuur 2 - Voorbeeld concept flowchart

3.2 Weerstand concept

Zoals beschreven in 2.1 Marktonderzoek zijn er veel verschillende methodes waarop het energieverbruik van een schip berekend kan worden. Door de weerstand te berekenen, kan ook het geïnstalleerd vermogen en de impact van een ombouw berekend worden. Een voorbeeld hiervan is weergegeven in Figuur 3 - Voorbeeld weerstandsberekening 110m¹.

Invoer				Berekeningen				Uitkomst		
Naam	Symbool	Waarde	Eenheid	naam	Symbool	waarde	eenheid	Rf		
Vaarsnelheid	V	16.5	km/u	nat oppervlakte	S	1919.753	m ²	Rp	121304.8	121.3048
Scheeplente	L	106.95	m	Vaarsnelheid	V	4.583333	m/s	Rz	68113.08	68.11308
Scheepsbreedte	B	11.25	m	Max diepgang	T _{max}	3.35	m	Rtot	483.9439	Kn
Diepgang voor	T _{voor}	3.35	m	Soortelijke massa water	ρ	997	kg/m ³			
Diepgang achter	T _{achter}	3.35	m	gravitatieversnelling	g	9.81	m/s ²			
				Froudegetal		0.597408	-			
Dwarsdoorsnede kanaal	A _c	194.425	m ²	dwarsschip oppervlakte		37.6875	m ²			
waterdiepte	h	6	m	Retourstroom		1.977546	m/s			
				waterspiegeldaling		0.92393	m			
				reeele retrourstroom		6.560879	m/s			

Figuur 3 - Voorbeeld weerstandsberekening 110m

Voordelen:

- Dit is de methode waarmee je het nauwkeurigst het energieverbruik kan berekenen zonder meetapparatuur te gebruiken.

Nadelen:

- Een rederij weet niet precies wat de gegevens zijn die hij of zij moet invullen
- Zoals weergegeven in 2.2 Parameters energieverbruik binnenvaartschip zijn er veel verschillende factoren die invloed hebben op het energieverbruik en is het onmogelijk om alles goed te berekenen, dit kan alleen door metingen uit te voeren.
- Deze methode vraagt veel tijd van de gebruiker.

3.3 Gegevensbank concept

Voor de uitstoot van binnenvaartschepen zijn diverse gegevensbanken beschikbaar, dit zijn allemaal gemiddelde gegevens van bepaalde scheepsclassificaties op een specifieke vaarroute. Als de rederij zijn of haar vaarroute en scheepstypen invoert, kan er vervolgens een gemiddelde berekening gemaakt worden voor het gebruik.

Voordelen:

- Op deze manier hoeft de schipper maar weinig gegevens in te vullen om toch tot een waardevolle uitkomst te komen.
- De methode kan gemakkelijk uitgebreid worden omdat het specifieke verbruik eerst berekend wordt.

Nadelen:

- De berekening kan alleen gemaakt worden op basis van een gemiddelde, op deze manier kan een schipper die nu al een zuinigere motor heeft ingebouwd niet zijn situatie vergelijken met de nieuwe situatie.
- De gehele berekening wordt gebaseerd op basis van gegevens die verstrekt zijn door een externe partij, de methode om tot de gegevens te komen, zijn in veel gevallen onbekend.

¹ Er wordt hier geen toelichting gegeven op de gebruikte formules omdat dit niet relevant is voor de keuze van een bepaald concept.

3.4 Digitale meting concept

Voor dit concept kan een schipper een app downloaden of een meetkastje via de post binnenkrijgen. Deze app of standaard meetkast (die niet gekoppeld is aan de motor) meet steeds de snelheid waarmee gevaren wordt, waar er gevaren wordt en bijvoorbeeld het geluid van de motor (toerental). Hierdoor kan op een kosten-vriendelijke manier toch een specifieke meting van het schip uitgevoerd worden. De app zou ook moeten kunnen communiceren met een ander medium om alle data te kunnen verwerken naar een waardevolle conclusie voor de schipper.

Voordelen:

- Op deze manier hoeft de schipper geen gegevens in te vullen, alleen maar een app te downloaden of een bepaalde module aan te schaffen.
- Als er meer gebruikers van de app zijn, kunnen gegevens van het ene schip op traject A omgerekend worden naar gegevens van een ander schip op traject B.

Nadelen:

- Dit kan misschien als een privacy inbreuk gezien worden, het gehele businessmodel van de rederij is zichtbaar voor de ontwikkelaar/
- Veel moeite om te testen.
- Naast de app of module moet de data ook verwerkt worden zodat het van toegevoegde waarde is voor de rederij.
- Om iedere situatie te berekenen (hoog/laag water in de zomer) moet de app minimaal een jaar geïnstalleerd zijn.

3.5 Keuzematrix

Ieder concept wordt getoetst aan de hand van de succescriteria. Er zijn ook weegfactoren aangebracht voor de onderdelen die veel waarde toevoegen voor de gebruiker. Het puntenaantal per succescriteria kan variëren van 1 (slecht) tot en met 5 (goed), dit cijfer is een combinatie voor hoe makkelijk het te implementeren is, hoe makkelijk het te gebruiken is, hoe betrouwbaar het is en wat de kosten ervan zijn. Het concept met de meeste punten wordt gebruikt als basis voor het uiteindelijke eindontwerp.

Tabel 3 - Keuzematrix

NR.	CRITERIA	WEEGFACTOR	CONCEPT 1 FLOWCHAT	CONCEPT 2 WEERSTAND	CONCEPT 3 GEGEVENSBA NK	CONCEPT 4 DIGITALE METING
1.1	Relevantie	5	5	3	4	4
1.2	Gebruiksgemak	4	4	5	2	3
1.3	Accuratie	2	2	1	4	4
1.5	Snelheid	4	4	5	3	4
1.6	Uitbreidbaarheid	3	3	1	4	4
SOM			60	60	68	55

Aan de hand van Tabel 3 - Keuzematrix kan worden vastgesteld dat het **gegevensbank concept** als basis voor het eindontwerp wordt gebruikt.

4 Gekozen ontwerp

4.1 Algemene omschrijving

Er is gekozen voor de oplossing die een berekening van het energieverbruik maakt op basis van een database. Dit betekent dat de schipper een specifiek traject opgeeft, de benodigde energie berekent, vervolgens de haalbaarheid beoordeelt om die afstand te varen zonder van batterijcontainer te wisselen, en uiteindelijk een kosten-batenanalyse uitvoert. Tot slot worden de voordelen en nadelen van de retrofit genoemd.

Dit is de juiste oplossing omdat een schipper in weinig tijd een globale indruk kan krijgen of het retrofitten van zijn schip een goed idee is. De tool kan gemakkelijk uitgebreid worden waardoor er een vergelijking gemaakt kan worden tussen verschillende systemen. Het idee is dat technische leveranciers gegevens doorgeven van de spullen die zij leveren en er meer transparantie op de markt is.

4.2 Stappenplan

Het proces is ingedeeld in verschillende stappen om hiermee makkelijker fouten te zoeken; zowel bij het programmeren als bij het invoeren door de gebruiker.

Uitleg

In het eerste stuk wordt de omvang van de sheet uitgelegd, wordt er een afbakening gemaakt voor wie dit handig is om in te vullen en voor wie dit niet nuttig is.

Er is een knop toegevoegd om de sheet leeg te maken, op deze manier kunnen ze hem meerdere keren invullen als ze bijvoorbeeld verschillende schepen hebben of benieuwd zijn naar de mogelijkheden op een andere vaarroute.

Stap 1: scheepscategorie

In deze stap kan de gebruiker zijn of haar scheepscategorie (RSW- klasse) invullen, dit bepaalt de diepgang die het schip beladen en onbeladen vaart, andere afmetingen en daarmee de gemiddelde weerstand.

Vervolgens bepaalt dit ook waar het schip mag varen (CEMT-klasse), een M8 schip mag bijvoorbeeld niet in een CEMT_II traject varen omdat het schip te groot is voor de watergang. Ook kan hierdoor een inschatting gemaakt worden van het laadvermogen wat zich uiteindelijk kan vertalen naar een variabele kosten/km ton voor vervoer van goederen. Wat het laadvermogen is van iedere RSW-klasse en waar ze mogen varen, kan gevonden worden in Bijlage II – Scheepskwalificaties.

Stap 1 : Scheepscategorie			
In dit eerste gedeelte kunt u het soort schip waarvoor u de berekening wilt uitvoeren invullen, vervolgens wordt er aan de rechterkant het laadvermogen weergegeven, deze kan later nog aangepast worden bij stap 4.			
M8	Naam	Motorvrachtschip - M8 (Groot Rijnschip)	
	Laadvermogen	1200	Ton
	Minimale vaarklasse	CEMT_Va	

Figuur 4 - Stap 1

Stap 2: Vaarroute

Als tweede onderdeel kan de gebruiker zijn of haar vaarroute invullen. Dit is de afstand tussen laden en lossen. Dit kan of een route zijn die het meeste gevaren wordt of in het geval van losse opdrachten de langste vaarroute. De volgende gegevens moeten worden doorgegeven: het vaartraject (CEMT-klasse), de stroming (als het irrelevant is dan weet de tool dit zelf), de belading, de afstand en de geschatte vaarsnelheid.

Voor het onderzoek naar de vaarwegkwalificaties van een specifiek traject is er een link naar een kaart toegevoegd. Voor het berekenen van de afstand is er ook een aparte link toegevoegd.

Stap 2: Vaarroute

In dit gedeelte van de tool kunt u een vaarroute invullen die u vaak vaart. Op de vaarroute vaart u waarschijnlijk over verschillende vaarwegen (trajecten). Vervolgens moet er ook een inschatting gemaakt worden hoe hard u vaart op het desbetreffende traject. U kunt kiezen voor een retour-vaarroute of een enkele reis als u daar bijvoorbeeld moet laden/lossen en dit wat tijd in beslag neemt. In deze tijd kunnen de accupakketten ook verwisseld worden en zou de maximale afstand die u vanaf dat punt kunt varen weer "maximaal" zijn.

1 **Afstand traject bepalen**
 2 **Stroming en traject bepalen**

Traject	Stroming	Beladen	Afstand (Km)	Geschatte vaarsnelheid (Km/uur)
1 CEMT_Vib	stroomopwaarts	beladen	5	5
2 CEMT_Va	stroomopwaarts	beladen	5	5
3 CEMT_Va	stroomopwaarts	leeg	5	20
4 CEMT_Vb	stroomopwaarts	beladen	5	15
5 CEMT_Vic	stroomopwaarts	beladen	5	15
6				
7				
8				
9				
10				

Voorbeeld: Traject Dordrecht -> Maastricht -> Nijmegen -> Dordrecht (zie afbeelding rechts)

Traject (Km)	Stroming	Beladen	Afstand (Km)	Geschatte vaarsnelheid (Km/uur)
1 CEMT_Vib	stroomopwaarts	beladen	23	5
2 CEMT_Va	stroomopwaarts	beladen	152	5
3 CEMT_Va	stroomopwaarts	leeg	138	20
4 CEMT_Vb	stroomopwaarts	beladen	11	15
5 CEMT_Vic	stroomopwaarts	beladen	77	15
6				
7				
8				
9				
10				

Foutmelding Er zijn geen foutmeldingen gevonden, u kunt door naar stap 3

Bereken traject

Figuur 5 - Stap 2

Stap 3: Controle en opties

In deze stap wordt het geschatte energieverbruik in diesel getoond, als ze dit traject zelf al eerder hebben gevaren dan weten ze misschien hoeveel dit exact is. In dit geval kunnen ze het aanpassen om de resultaten nauwkeuriger te maken.

Ook zijn er enkele variabelen toegevoegd die ze zelf kunnen invullen zoals verschillende energieprijzen of CO₂ rechten.

Stap 3: controle en opties

Op deze pagina zijn er onderbouwde schattingen gemaakt over het energieverbruik, om tot een goede conclusie te komen is het belangrijk dat u de gegevens controleerd en aanpast indien het niet klopt. Het gaat hierbij om de donkerblauwe vakken.

Traject	Stroming	Belading	Afstand (Km)	Geschatte vaarsnelheid (Km/uur)	Tijd (uur)	Energieverbruik varen (Kwh)	Voorspeling gebruikte diesel (L)
1 CEMT_Vib	stroomopwaarts	beladen	5	5	1	343.1	32.2
2 CEMT_Va	stroomopwaarts	beladen	5	5	1	357.9	33.6
3 CEMT_Va	stroomopwaarts	leeg	5	20	0.25	186.1	17.5
4 CEMT_Vb	stroomopwaarts	beladen	5	15	0.33	438.6	41.2
5 CEMT_Vic	stroomopwaarts	beladen	5	15	0.33	395.6	37.1
6							
7							
8							
9							
10							
SOM					2.92	1721.26	161.62

Wil u de berekening uit laten met kosten per ton of per container?
 Klopt het dat u zoveel containers mee kan nemen op uw schip?

Containers 50 Containers

Voor de energieprijzen hebben we enkele aannames gedaan, deze kunt u uiteraard ook wijzigen

Energieprijs	€	0.16	Euro/Kwh
Dieselprijs	€	0.96	Euro/liter
Co2 rechten	€	97.00	Euro/ton
Gebruik ZES container	€	0.24	Euro/Kwh

Foutmeldingen Er zijn geen foutmeldingen gevonden, u kunt nu de uitkomst uitlezen

Naar stap 4

Figuur 6 - Stap 3

Stap 4 uitkomst

De uitkomst start met een technische en bedrijfseconomische conclusie. Die heeft vooral betrekking op de range, als het niet mogelijk is om de vaarroute met één batterijcontainer te varen dan is het eigenlijk nooit rendabel om nu over te stappen naar deze technologie.

De bedrijfseconomische conclusie is dan dat het schip geheel af moet remmen, de batterij vervangen zou moeten worden wat totaal minimaal een half uur kost, waardoor het niet meer rendabel zou kunnen zijn.

Er is een laag en hoog verbruik toegevoegd voor slechte en goede omstandigheden/rendementen. Ook zijn er cirkeldiagrammen toegevoegd waarin inzichtelijk is gemaakt waar de energie naartoe gaat.

Stap 4: Uitkomst						
Conclusie technisch		Uw hoeft de batterijcontainer niet te wisselen om uw gehele vaartraject te varen bij gemiddelde weersomstandigheden				
Conclusie bedrijfseconomisch		Het retrofitten naar een elektrische aandrijving met een batterij container zou een goede optie voor u kunnen zijn en het is zeker waard om dit verder te onderzoeken.				
<i>Huidige situatie</i>						
	Energieverbruik (Kwh)	Energiedrager kosten (Euro)	Energiedrager euro/container	Dieselverbruik gemiddelde	Dieselgebruik hoog (L)	Dieselgebruik laag (L)
1	343.1	30.93	0.1237	32.2	63.5	12.5
2	357.9	32.26	0.1290	33.6	66.2	13.0
3	186.1	16.77	0.0671	17.5	34.4	6.8
4	438.6	39.53	0.1581	41.2	81.1	16.0
5	395.6	35.66	0.1426	37.1	73.2	14.4
6						
7						
8						
9						
10						
Som	1721.3	155.16	0.1241	161.62	318.41	62.75
<i>Use case</i>						
	Energieverbruik (Kwh)	Energiedrager kosten (Euro)	Energiedrager euro/container km	Batterij containerverbruik gemiddeld (stuks)	Batterij containerverbruik hoog (stuks)	Batterij containerverbruik laag (stuks)
1	133.3	53.31	0.2132	0.07	0.14	0.05
2	139.0	55.61	0.2224	0.07	0.14	0.05
3	72.3	28.91	0.1157	0.04	0.07	0.02
4	170.4	68.15	0.2726	0.09	0.17	0.06
5	153.7	61.47	0.2459	0.08	0.16	0.05
6						
7						
8						
9						
10						
Som	668.6	267.44	0.214	0.33	0.68	0.23
	CO2_huidige situatie (ton)	CO2_nieuwe situatie (ton)	EU ETS voordeel ombouw (euro)			
1	0.097	0.036	5.89			
2	0.101	0.038	6.14			
3	0.052	0.020	3.19			
4	0.124	0.046	7.53			
5	0.112	0.042	6.79			
6						
7						
8						
9						
10						
Som	0.485	0.181	29.54			

Figuur 7 - Stap 4

Stap 5 kosten- en batenanalyse

In de laatste stap kan de schipper de voor- en nadelen van de retrofit zien en de impact van de variabele kosten op het varen van de specifieke route. De voor- en nadelen zijn hetzelfde ongeacht de uitkomst van de berekening, de conclusie is het specifieke advies.

Stap 5: Kosten- en batenanalyse (per vaarroute)									
Kosten	Uitleg				Baten	Uitleg			Saldo
Toename energiekosten	Diesel heeft een hoge verbrandingswaarde in vergelijking tot zijn prijs, hierdoor is momenteel elektriciteit in combinatie met het huren van de container duurder in gebruik	€	112.29		EU ETS voordeel	De hoeveelheid uitstoot per kWh is bijna hetzelfde voor stroom en diesel, alleen heeft de elektrische aandrijving een hogere efficiëntie waardoor er minder CO2 uitgestoten wordt en daar een korting wordt behaald	€	29.54	-€ 82.75
Toelichting									
Bij de kosten- en batenanalyse kan geen vergelijking worden gemaakt van onderhoud omdat de prijs daarvan erg fluctueert. Het elektrisch systeem is erg jong en daardoor zullen er meer fouten in het systeem zitten, ook komen de onderdelen minder vaak voor en hebben minder mensen de juiste kennis om onderhoud uit te voeren wat zorgt voor een hogere prijs.									
Nadelen									
- Maximale laadvolume/gewicht neemt af ivm lagere energiedichtheid batterijcontainer.									
- Door te kiezen voor een systeem wat nog in ontwikkeling is ben je afhankelijk van één bedrijf voor onderhoud en reparaties									
- Momenteel is de businesscase zonder de extra inkomsten van de verlader in de meeste gevallen nog niet dekkend									
- Technieken zijn nog hard in ontwikkeling waardoor het mogelijk goedkoper en beter gaat worden, maar dit gaat natuurlijk niet gebeuren zonder early adaptors									
- De infrastructuur is nog niet geheel op gang waardoor het niet overal mogelijk is om batterij containers om te wisselen en/of op te laden.									
- De maximale vaarafstand zonder te stoppen neemt af is nog niet geheel op gang waardoor het niet overal mogelijk is om batterij containers om te wisselen en/of op te laden.									
Voordelen									
- Bewezen concept, er varen al rederijen rond met deze techniek									
- Een elektrische aandrijving heeft minder onderhoud nodig dan een andere aandrijflijn									
- De energiedrager van de toekomst is nog onzeker, maar door een elektromotor in te bouwen kan je later nog wisselen van energiedrager zonder een te grote ingreep									
- Er zijn groene verladers op de markt die meer betalen voor het zero emissie vervoer van goederen									
- Door het kiezen van een schone technologie zorg je ervoor dat de prijs lager wordt, waardoor het voor meer mensen rendabel is en er meer bunkerpunten zijn, waardoor de prijs uiteindelijk gaat zakken net zoals de kosten voor het opladen van de batterijcontainers									
- Met een zero-emissie oplossing ben je ervan verzekerd dat je niet uitgesloten wordt van bepaalde vaarroutes.									

Figuur 8 - Stap 5

Stap 6: systeemvoorbeeld

In de vijfde stap wordt er een systeemvoorbeeld gegeven, meer informatie hierover is beschikbaar in 4.5 Systeemvoorbeeld.

Stap 7: Uitbreiden van de tool en feedback

Er is nu een rekentool gemaakt voor één energiedrager. Natuurlijk de rekentool meer toegevoegde waarde hebben voor de gebruiker als hij of zij de huidige situatie kon vergelijken met meer dan één ombouwmogelijkheid. Hierbij zijn een aantal dingen erg belangrijk: 1. Transparantie, aanvullingen die op de Excel tool gemaakt worden, moeten inzichtelijk zijn. 2. Controleerbaar, toevoegingen of uitbreidingen moeten door iedereen gecontroleerd kunnen worden. Hieronder zijn enkele voorstellen gedaan waardoor de tool meer waarde zou kunnen toevoegen.

- Meer typen energiedragers toevoegen, waterstof, katalysator toevoegen, HVO etc;
- Energiedichtheid van de energiedrager meenemen in de overweging -> wat is hierdoor het effect op het laadvermogen;
- Infrastructuur mogelijkheden op het traject, wordt er op een bepaald traject veel gevaren op één brandstof dan is het voordelig om ook voor die brandstof te kiezen omdat er dan minder risico is met betrekking tot het aanbod van de energiedrager en is de prijs waarschijnlijk lager omdat iemand die daar een bepaalde energiedrager verkoopt zijn kosten van installatie kan verdelen over meer volume;
- Gemakkelijker een traject berekenen door bijvoorbeeld punten te geven op een kaart;
- De mogelijkheid om bij de tool onderscheid te maken tussen enkele en dubbele schroef binnenvaartschip;
- Als er meerdere energiedragers toegevoegd worden, zou het ook mooi zijn als deze met elkaar vergeleken kunnen worden, waaruit blijkt dat op traject x en schip y de beste oplossing z is.

4.3 Detaillering en verantwoording

Om te concluderen dat het product aan alle eisen voldoet, wordt in dit hoofdstuk toegelicht hoe er aan de verschillende eisen in het Programma van eisen voldaan wordt.

1.1 Kosten- en batenanalyse voor het retrofitten van een willekeurig binnenvaartschip op basis van zijn vaartraject

Voor zowel het voltooien van eis 1.1 & 1.2 is het noodzakelijk dat er een energieberekening gemaakt wordt. Dit is gedaan op basis van de datasheet die de TNO ook gebruikt voor het AERIUS-project, dit is een rekentool waarbij de emissie van stikstof als gevolg van economische activiteiten berekend kan worden².

De kosten- en batenanalyse laat het verschil in variabele kosten zien. Hierbij wordt onderhoud buiten beschouwing gelaten. Er is geen goede inschatting te maken over wat het verschil is in onderhoudskosten op basis van de elektrificatie. Bij auto's werd vaak gedacht dat het goedkoper was, maar dat was niet zo vanwege de hogere slijtage van de banden. Dit is bij binnenvaartschepen niet het geval, maar omdat er minder specialisten zijn met betrekking tot elektrificatie en er minder reserveonderdelen zijn, zullen de onderhoudskosten per foutmelding groter zijn. Over de kans van optreden, kan echter niks gezegd worden.

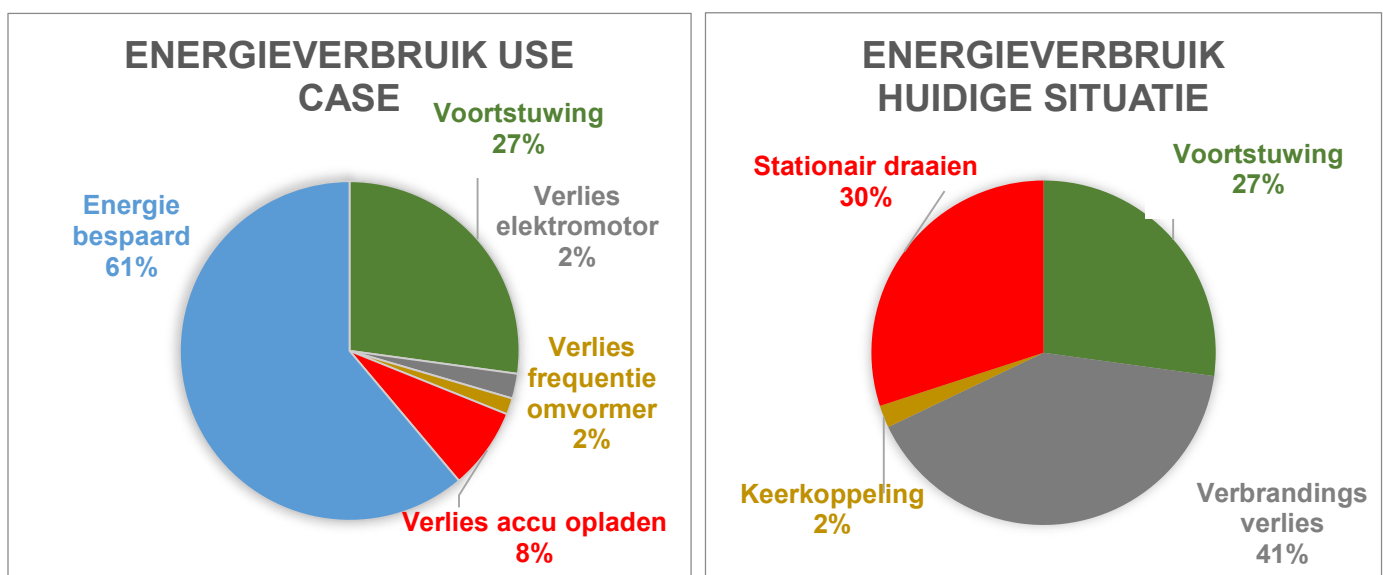
Het gaat hier dus om de energiekosten en het EU ETS voordeel.

1.2 Kosten per km/ton of km/container voor het vervoeren van goederen voor en na het retrofitten zonder de kosten van de ombouw.

Dit wordt toegelicht in stap 4. In stap 2 wordt de optie gegeven om de berekening te voltooien in kosten per ton of per container.

1.3 Er moet een Sankey-diagram (of soortgelijk) toegevoegd worden om inzichtelijk te maken waar energie naartoe gaat binnen de aandrijving.

Voor de verschillende onderdelen van de aandrijving is het rendement opgevraagd, deze gegevens zijn verwerkt in de 4.4.2 Rendement berekening. Deze zijn vervolgens toegevoegd in een cirkeldiagram omdat een Sankey-diagram moeilijk te realiseren was in Excel. De twee scenario's zijn weergegeven in Figuur 9 - Cirkeldiagram energieverbruik.



Figuur 9 - Cirkeldiagram energieverbruik

² https://zenodo.org/record/4138573#.X5fK_4hKiiM

2.1 De manier hoe de tool ontwikkeld is moet worden vastgelegd door middel van een (beknopt) ontwerprapport.

Dit document is te beschouwen als de documentatie.

2.2 Er moet een (beknopt) verhaal gegeven worden hoe de tool gebruikt moet worden

Om te garanderen dat de tool op de juiste manier en voor de juiste doeleinden gebruikt wordt, is er een beknopte handleiding geschreven. Deze is te vinden in Bijlage III – Handleiding.

3.1 De tool moet met de vereiste documentatie door een onafhankelijke partij beoordeeld kunnen worden op de correctheid

De tool staat samen met de documentatie op de website van de Refit Alliantie, de gehele Excel sheet inclusief de macro's zijn toegankelijk voor iedereen, op deze manier kan iedereen de berekeningen controleren. In dit ontwerprapport wordt ervan uitgegaan dat er op een goede manier gedocumenteerd is.

3.2 Gebruikers moeten een manier hebben om feedback te kunnen geven aan de ontwikkelaar om de tool te verbeteren

Omdat het idee van de rekentool is om zoveel mogelijk toegevoegde waarde te creëren, kan iedereen erbij en dus ook iedereen vragen stellen aan de ontwikkelaar. Aan de bovenkant van de tool staat een formulier dat ingevuld kan worden door de gebruiker en als dat gebeurt, krijgen Pieter Boersma en ik (Joep IJzerman) een bericht.

3.3 Een onafhankelijke partij met kennis van de systemen moet zelfstandig de tool kunnen uitbreiden

Het is mogelijk voor andere partijen om zelf de tool aan te vullen, binnen de eerste COP is dit ook kort besproken aan de techniek tafel. Het is echter nog niet mogelijk om live met deelnemers van de Refit Alliantie te werken, hiervoor zouden regels moeten worden opgesteld. Ook om technieken met elkaar te vergelijken, hoe zorgen we ervoor dat ieder systeem ook echt de specificaties heeft die zijn opgegeven?

3.4 Er moeten aanbevelingen zijn om de tool verder uit te breiden

Stap 7 (4.2 Stappenplan) van de tool focust op het geven van aanbevelingen om de tool verder uit te breiden.

4.1 Er moet een systeemvoorbeeld weergegeven worden in de tool waardoor een rederij precies kan zien welke onderdelen er vervangen zouden moeten bij het retrofitten van een schip

Dit is gerealiseerd en dit wordt verder toegelicht in 4.5 Systeemvoorbeeld.

4.2 Het systeem mag geen gegevens opslaan en/of verspreiden die de gebruikers invoeren

Het Excel bestand staat op de website van de Refit Alliantie en mensen moeten de tool eerst downloaden om het bestand in te vullen. Op deze manier zijn de invoergegevens niet zichtbaar voor andere gebruikers.

4.4 Berekeningen

De berekeningen voor het energieverbruik zijn gebaseerd op een uitgebreide dataset van de TNO. Daarin kan door bepaalde filters aan te zetten een specifiek NO_x -uitstoot/km van ieder schip op basis van een bepaald traject gevonden worden.

De dataset heeft de volgende filters;

- Scheepscategorie
- Beladingstoestand (beladen, onbeladen)
- Vaarwegcategorie
- Stroomrichting (stroom- en afwaarts en irrelevant)

Als deze gegevens ingevuld zijn komt, er een emissiefactor uit, in gram NO_x/km.

Als we teruggaan naar de invloed factoren van energieverbruik zien we dat snelheid van het schip en vorm en gladheid van de romp niet geheel worden meegenomen. Hiervoor wordt geen correctie aangehouden omdat deze factoren niet apart ingevoerd hoeven te worden maar wel meegenomen zijn in de (gemiddeld) berekening van de TNO.

4.4.1 NO_x uitstoot naar energieverbruik

Uit de invoer van de dataset van TNO komt een specifiek NO_x-uitstoot per km per traject. De NO_x-uitstoot is van vele factoren afhankelijk, een koude motor heeft aanzienlijk meer NO_x-uitstoot dan een opgewarmde motor. Ook als de vermogensvraag afneemt, stijgt de NO_x-uitstoot per benodigde KWh. Het is daarom onmogelijk om met enkel de gegevens die een schipper invult empirisch een getal te bepalen die een verbinding legt tussen NO_x-uitstoot en KWh voor iedere soort motor.

De gegevens van de dataset is een gemiddelde voor alle motortypen. Om een simpele kosten-baten analyse te maken, is het belangrijk om de gemiddelde NO_x-uitstoot per kilometer om te rekenen naar een NO_x-uitstoot per KWh om zo de benodigde energie te berekenen. Dit wordt gedaan door het percentuele aandeel van iedere motortype en de werkelijke NO_x-uitstoot bij elkaar te voegen. Hieruit komt een gemiddelde NO_x-uitstoot per KWh. Op deze manier kan er een onderbouwde schatting gemaakt worden hoeveel KWh er dan gebruikt wordt in één kilometer (Hein de wilde, 2019).

$$\frac{\text{Gram NO}_x}{\text{Kilometer}} \cdot \text{Kilometer} = \frac{\text{Gram NO}_x}{\text{KWh}} \cdot \text{KWh}$$

$$\frac{\text{Gram NO}_x}{\text{Kilometer}} \cdot \text{Kilometer} \cdot \frac{\text{KWh}}{\text{Gram NO}_x} = \text{KWh}$$

Een berekening voor het gemiddelde NO_x per KWh en de verdeling van de huidige vloot over de motortypen kan gevonden worden in de bijlagen (Bijlage IV –).

4.4.2 Rendement berekening

Als het energieverbruik van de huidige situatie berekend is, moet vervolgens de koppeling gemaakt worden tussen de huidige aandrijving (ICE) en de mogelijke refit, een elektrische aandrijving met batterijcontainers als energiebron.

Door het rendement van de huidige aandrijving af te trekken van het huidige energieverbruik kan berekend worden hoeveel energie er daadwerkelijk nodig is om het binnenvaartschip van A naar B te verplaatsen zonder interne rendementen. Hierbij wordt geen rekening gehouden met het rendement van de schroef of weerstanden die te maken hebben met de weerstand van het schip, niet de aandrijving. Omdat deze niet veranderen in het mogelijke nieuwe scenario.

$$E_{use\ case} = E_{huidi\ aandrijving} \cdot \frac{\eta_{huidige\ situatie}}{\eta_{use\ case}}$$

$E_{use\ case}$	= Energieverbruik van de use case	= kWh/km
$E_{huidige\ aandrijving}$	= Huidige energieverbruik	= kWh/km
$\eta_{huidige\ situatie}$	= Rendement van de aandrijving in de huidige situatie	= %
$\eta_{use\ case}$	= Rendement van de aandrijving in de use case	= %

De enige onbekenden in deze formule zijn de rendementen van de huidige aandrijving en de rendementen van de use case. Deze kunnen berekend worden met behulp van de volgende formule:

$$\eta_{Gecombineerd\ rendement} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \dots$$

De rendementen die gebruikelijk zijn bij huidige schepen en bij het ombouwen naar een nieuwe technologie zijn weergegeven in Tabel 4 - Huidige efficiëntie en

Tabel 5 - Efficiëntie use case. De informatie is afkomstig van Wärtsilä, maar daar kan niet naar verwezen worden.

Tabel 4 - Huidige efficiëntie

Soort efficiëntie	Normaal	Hoog	Laag
$\eta_{dieselmotor}$	40%	42%	37%
$\eta_{Keerkoppeling}$	97%	98%	95%
$\eta_{stationair\ draaien}$	80%	100%	68%
$\eta_{externe\ factoren}$	100%	130%	60%
η_{totaal_oud}	31%	54%	14%

Tabel 5 - Efficiëntie use case

Soort efficiëntie	Normaal	Hoog	Laag
$\eta_{elektromotor}$	92%	96%	85%
$\eta_{freq_omvormer}$	95%	97%	90%
$\eta_{accu\ opladen}$	80%	85%	75%
$\eta_{externe\ factoren}$	100%	130%	60%

$\eta_{\text{totaal_nieuw}}$	70%	103%	34%
-------------------------------	-----	------	-----

Naast het normale verbruik is er ook een hoog en laag verbruik berekend, dit is gedaan zodat als de schipper zijn traject doorrekent hij rekening kan houden met externe invloeden. Er wordt hier gerekend met gemiddeldes, door deze “veiligheidsfactor” toe te voegen, kan aangenomen worden dat hij in ieder geval zo ver kan varen als aangegeven bij het lage rendement.

$$E_{\text{use case}} = E_{\text{huidige aandrijving}} \cdot \frac{\eta_{\text{huidige situatie}}}{\eta_{\text{use case}}} = E_{\text{huidige aandrijving}} \cdot \frac{31\%}{70\%}$$

4.4.3 Berekening CO₂ besparing

In de toekomst moeten rederijen betalen voor hun CO₂ uitstoot, dit is daarom ook opgenomen in de afweging om over te gaan op een elektrische aandrijving.

Bij verbranding van diesel komt er altijd een bepaalde hoeveelheid CO₂ vrij omdat dat een simpele scheikundige reactie is. Bij elektrische energie is dit echter wat lastiger. Een gedeelte komt van groene bronnen en een ander deel komt bijvoorbeeld ook uit de verbranding van diesel maar dan in een grote fabriek. De benadering die hiervoor gebruikt is, is om het totale elektrische energie verbruik en productie over een jaar te nemen en hierover de CO₂ gemiddeld mee te nemen.

De batterijcontainers hebben natuurlijk meer voordelen zoals dat ze op kunnen laden op tijden dat de energievraag laag is en daardoor minder CO₂ uitstoten en als een buffer voor het net ingezet kunnen worden, dit wordt echter niet meegenomen in de berekening.

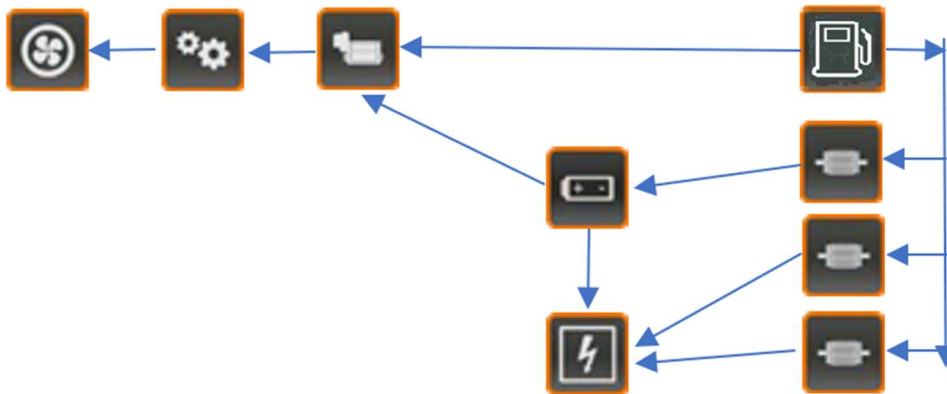
In 2021 was de totale uitstoot door elektriciteit 33 megaton (CBS, Uitstoot broeikasgassen 2,1 procent hoger in 2021, 2022), het totale elektriciteitsaanbod was 122 miljard KWh (CBS, Aanbod en verbruik van elektriciteit, 1990-2021, 2021). Dit komt uit op 270,5 gram CO₂ per KWh. De uitstoot van diesel bedraagt 2606 gram CO₂ per liter, wat uitkomt op 219 gram CO₂ per KWh. De uitstoot per KWh is bij het elektrische systeem dus hoger (zonder de productie, winning van de grondstoffen en transport mee te nemen), maar een elektrische aandrijving heeft een hoger rendement en stoot daardoor minder CO₂ uit.

Tabel 6 - Legenda systeemvoorbeeld

Figure	Meaning
	Main Engine
	Energy Storage
	Energy Management System
	DC Hub
	AC Switchboard
	Main Consumer
	Gearbox
	Bow or Stern Thruster
	Shaft motor/generator
	Electric Motor
	Diesel tank

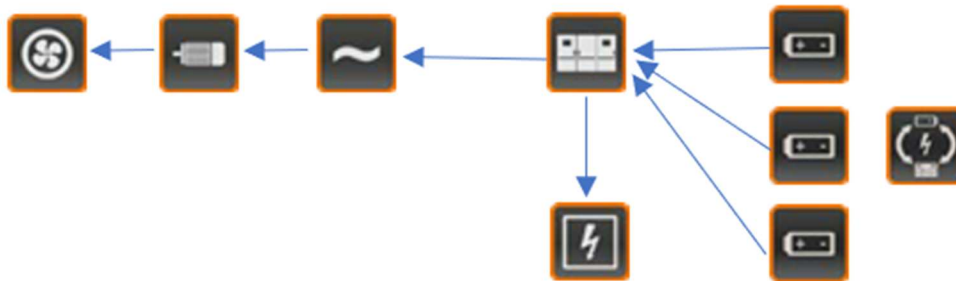
4.5 Systeemvoorbeeld

Bij veel van de interviews kwam naar voren dat er een groot scala aan technologieën beschikbaar is en het niet inzichtelijk was wat er precies moest gebeuren om een schip te refitten. Het is momenteel nog niet mogelijk om het volume van de nieuwe energiedrager toe te voegen, maar er kan op een eenvoudige manier weergegeven worden welke componenten het nieuwe systeem zouden hebben.



Figuur 10 - Systeemvoorbeeld huidige scenario

Figuur 10 - Systeemvoorbeeld huidige scenario geeft de huidige situatie weer in geval van een verbrandingsmotor. Er wordt diesel getankt, deze voedt de generatoren (hoeveelheid afhankelijk van soort en grootte schip, tanker meer vermogen in verband met oppompen van vloeistoffen). Dan zit er een kleine accu aan boord. Daarmee wordt onder andere de hoofdmotor gestart, bij een hybride systeem zijn er meerdere motoren die geschakeld zijn zodat er als er maar weinig vermogen nodig is de motor beter in zijn optimale vermogen toerental combinatie arbeid kan leveren. De hoofdmotor is aangesloten op een keerkoppeling die op zijn beurt is aangesloten op de schroef. Deze is soms beweegbaar om te manoeuvreren, anders is er een boegschroef aanwezig.



Figuur 11 - Systeemvoorbeeld mogelijk toekomstscenario

In het mogelijke toekomstscenario zijn er meerdere batterijpakketten die samen beheerd en gekoeld worden door een energy management system. Deze zijn aangesloten op een dc-hub die energie doorgeeft aan kleine verbruikers (bijvoorbeeld de wasmachine). De boot wordt voortgestuwd door een AC motor, deze kan zonder koppeling de andere kant op draaien.

5 Testen van prototypen

Om de betrouwbaarheid en nauwkeurigheid van het ontwerp te testen, kunnen situaties die zijn doorgemeten in de praktijk vergeleken worden met een inschatting van het energieverbruik door de Excel tool.

5.1 Testenmethode

De rekentool wordt op twee manieren gevalideerd.

1. Door de energie berekening te valideren;
2. Door de rekentool te vergelijken met een geëlektrificeerd schip.

Voor een binnenvaartschipper is het handig om zoveel mogelijk op zijn kleinste vaarroute te varen, een groot schip kan veel meer vervoeren en gebruikt maar marginaal extra brandstof. Hierdoor is voor de test aangenomen dat 60% op de kleinste vaarroute gevaren wordt, 20% op de 2^e kleinste vaarroute die is toegestaan voor dat schip en 20% van de 3^e kleinste vaarroute. Er wordt aangenomen dat het schip gedurende 50% van de tijd beladen is en 50% van de tijd stroomopwaarts gaat en 50% stroomafwaarts.

Als tweede test wordt er een vergelijking gemaakt met een binnenvaartschip waar daadwerkelijke metingen zijn uitgevoerd en het traject bekend is.

Deze gegeven komen uit 2003 en zijn helaas de meest recente cijfers die beschikbaar zijn (Bolt, 2003). Dit geeft de transparantie in de markt wederom weer.

AVV_klasse	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
enquête								
aantal schepen	24	19	9	10	9	21	1	17
L (m)	38,85	53,65	59,84	70,95	80,35	86,99	84,84	106,95
B (m)	5,31	6,63	7,06	8,33	8,20	9,39	9,50	11,25
T (m)	2,42	2,42	2,54	2,61	2,69	2,86	3,20	3,35
laadverm (t)	353	546	700	963	1181	1475	1800	2711
Pb (kW)	185	278	311	451	646	881	746	1267
V geladen (km/u)	11,4	13,6	13,9	14,7	15,8	15,6	13,5	16,5
n_gel (tpm)	1490	1612	1394	1189	1279	1393	1250	982
verbr_gel (l/u)	28,6	50,9	58,1	83,3	115,0	154,0	75,0	189,3
gebr verm bij 200g/kwh	122	216	247	354	489	655	319	805
ingezet perc	66%	78%	79%	79%	76%	74%	43%	64%
V leeg (km/u)	15,2	17,3	16,9	17,2	19,1	18,3	18,0	18,5
n_leeg (tpm)	1560	1612	1361	1132	1261	1280	1200	883
verbr_leeg (l/u)	26,4	47,9	55,6	77,8	95,6	118,1	75,0	145,4
gebr verm bij 200g/kwh	112	204	236	331	406	502	319	618
ingezet perc	61%	73%	76%	73%	63%	57%	43%	49%
vgel m/s	3,17	3,79	3,87	4,08	4,38	4,34	3,75	4,59
vleeg m/s	4,22	4,80	4,69	4,78	5,29	5,08	5,00	5,14
verbr leeg/vol	92%	94%	96%	93%	83%	77%	100%	77%

Figuur 12 - Vergelijking validatie rekentool

Er is gekozen voor RSW-klasse M1, M2, M6 en M8 omdat deze de grootste omvang in antwoorden hebben en hierdoor het betrouwbaarste zijn.

5.2 Test uitvoeren

Het uitvoeren van de eerst test leverde de volgende resultaten op:

Tabel 7 - Uitkomst test 1

Scenario	Gasolieverbruik enquête (L/uur)	Gasolieverbruik tool (L/uur)	Vershil %
M1 onbeladen	26,5	13,8	92%
M1 beladen	28,6	18,8	52%
M2 onbeladen	47,9	24,52	95%
M2 beladen	50,9	49,62	3%
M6 onbeladen	118,1	75,4	57%
M6 beladen	154,0	116,38	32%
M8 onbeladen	145,4	135,32	7%
M8 beladen	189,3	226,26	-16%

Er is te zien dat de energieschatting zeker bij de kleine schepen veel lager is dan telefonisch doorgegeven, dit zou kunnen komen doordat de kleine schippers veel langer bezig zijn bij sluizen, iets waar geen rekening mee wordt gehouden bij de energieberekening. De gegevens zijn inmiddels 20 jaar oud en de vloot is gemiddeld al een stuk efficiënter. Een ander argument waarom de uitkomst hiervan niet accuraat zou kunnen zijn, is omdat de rekentool niet gemaakt is voor het berekenen van het gasolieverbruik over een bepaalde tijd maar juist over een bepaald traject.

Tabel 8 - Resultaat use case Alphenaar. Dit schip is geheel zero emissie gemaakt door het plaatsen van batterijcontainer. Dit schip vaart tussen Moerdijk en Alphen aan de rijn. Een traject van 65 km enkele vaart. De Alphenaar valt in categorie M6.

	Traject	Stroming	Beladen	Afstand (Km)	Geschatte vaarsnelheid (Km/uur)
1	CEMT_IV	stroomafwaarts	beladen	15	15.6
2	CEMT_Va	stroomafwaarts	beladen	10	15.6
3	CEMT_VIb	stroomafwaarts	beladen	10	15.6
4	CEMT_VIc	stroomafwaarts	beladen	30	15.6
5	CEMT_VIc	stroomopwaarts	leeg	30	18.3
6	CEMT_VIa	stroomopwaarts	leeg	10	18.3
7	CEMT_Va	stroomopwaarts	leeg	10	18.3
8	CEMT_IV	stroomopwaarts	leeg	15	18.3
9					
10					

Figuur 13 - Invoerwaarde tool Alphenaar

Tabel 8 - Resultaat use case Alphenaar

	Energieverbruik (Kwh)	Energiedrager kosten (Euro)	Energiedrager euro/container km	Batterij containerverbruik gemiddeld (stuks)	Batterij containerverbruik hoog (stuks)	Batterij containerverbruik laag (stuks)
1	418.2	€ 167.30	€ 0.1785	0.21	0.25	0.18
2	303.7	€ 121.47	€ 0.1943	0.15	0.19	0.13
3	345.8	€ 138.34	€ 0.2213	0.17	0.21	0.15
4	1153.6	€ 461.44	€ 0.2461	0.58	0.70	0.51
5	676.2	€ 270.47	€ 0.1443	0.34	0.41	0.30
6	183.2	€ 73.30	€ 0.12	0.091624809	0.111658503	0.080938026
7	180.2	€ 72.09	€ 0.12	0.090109122	0.109811412	0.079599123
8	228.8	€ 91.53	€ 0.10	0.114411983	0.139428076	0.101067388
9						
10						
Som	3489.8	€ 1,395.94	€ 0.164	1.74	2.13	1.54
					4252.888683	3082.796243

De uitkomst van de rekentool is een gemiddeld verbruik van 3480 KWh, een maximaal verbruik van 4200 KWh en een minimaal verbruik van 3082 KWh.

“Het verbruik van de Alphenaar ligt tussen de 2400 KWh en 4440 KWh heen en weer. In een aantal gevallen is de energie-inhoud van de batterijcontainer net niet toereikend om heen en terug zero emissie te varen.”

Tabel 9 - Uitkomst test 2

	Meting verbruik (KWh)	Tool verbruik (KWh)	Vershil %
Gemiddeld	3082	-	-
Min	2400	3082	-22%
Max	4440	4200	6%

Het verschil tussen de tool en de meetwaarden zijn bij de use case een stuk minder.

5.3 Test conclusie

De testen zijn succesvol afgerond, hieruit blijkt dat de afwijking van de telefonisch doorgegeven resultaten gemiddeld 40% is. De test die uitgevoerd is voor de use case komt echter wel redelijk uit met een gemiddelde afwijking van 8%.

6 Conclusie en aanbevelingen

6.1 conclusie

In dit verslag is er een antwoord gezocht op de hoofdvraag: Hoe kan een rederij binnen maximaal een halve dag de energievraag van zijn schip berekenen om daarmee automatisch een simpele kosten- en batenanalyse van zijn schip te laten maken waarvan de impact van retrofit naar een elektrische aandrijving wordt berekenen?

De tool is nog niet volledig ingevuld door een rederij, het is daarom niet mogelijk om te concluderen dat hij/zij dit inderdaad binnen een halve dag kan doen. Echter is het wel redelijkerwijs aan te nemen omdat er maar enkel invoermogelijkheden zijn.

Door het ontwikkelen van een Excel rekentool is een rederij nu in staat om zijn kosten- en batenanalyse te maken. De tool voldoet aan alle eisen die gesteld waren in het programma van eisen, en daarom kan worden aangenomen dat dit product succesvol is. De Refit Alliantie heeft door de ontwikkeling van de rekentool ook direct iets te bieden.

6.2 Aanbevelingen

In dit project was er een gelimiteerde tijd om te werken aan de rekentool. Als ingenieur is een product echter nooit “perfect” en is er altijd ruimte om aanpassingen of verbeteringen door te voeren.

Aanbevelingen:

- Er zit een groot verschil tussen de telefonisch doorgegeven gegevens en de berekende resultaten, er moet meer getest worden met meetgegevens uit de praktijk.
- De tool moet (meer) in de praktijk getest worden om de bruikbaarheid en het gebruiksgemak voor de gebruiker te vergroten.

Er zijn een aantal mogelijkheden die de toegevoegde waarde van de tool kunnen vergroten:

- Deze zijn leesbaar in stap 7 van 4.2 Stappenplan.

Reflectie op gemaakte keuzes:

- De berekening op basis van NO_x is niet ideaal. Er zit geen standaard verband tussen NO_x en dieselgebruik en op deze manier wordt er veel gerekend met gemiddeldes wat de nauwkeurigheid verkleint. Ik kwam er echter te laat achter dat dit de verkeerde aanpak was.

Bibliografie

- Bolt, E. (2003). *Schatting energieverbruik binnenvaartschepen*. Rotterdam: Adviesdienst verkeer en verdoer afdeling scheepvaart .
- CBS. (2021). *Aanbod en verbruik van elektriciteit, 1990-2021*. Opgehaald van Rijksoverheid: <https://www.clo.nl/indicatoren/nl0020-aanbod-en-verbruik-van-elektriciteit#:~:text=In%202021%20bedroeg%20het%20totale,met%203%20miljard%20KWh%20toenam.>
- CBS. (2022). *Uitstoot broeikasgassen 2,1 procent hoger in 2021*. Opgehaald van CBS: <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2022/11/uitstoot-broeikasgassen-2-1-procent-hoger-in-2021>
- Elling, R. (2019). *Rapportage techniek* . Delft: Noordhof Uitgevers .
- H. Kals, B. C. (2018). *Industriële productie*. Boom.
- Hein de wilde, A. E. (2019). *TNO Kennisinbreng Mobiliteit voor Klimaat- en* . TNO.
- Ingenieursbureau, V. P. (sd). *Ontwerp van het 'ideale' conventionele achterschip enkel- en dubbelschroefs*. Hogeschool Inholland Delft .

Bijlage I – Plan van aanpak deliverable 2





PLAN VAN AANPAK

DEEL 2 REFIT ALLIANTIE

5 april 2023

Afstudeeropdracht
Hogeschool Rotterdam

Teamleden

Joep Ijzerman, 0987650

Yorick Verheij, 0934790

Ayesha Mahabier, 0985679

Opdrachtgevers

Pieter Boersma

Teus van Beek

Contactgegevens & versiebeheer

Tabel 1 - Contactgegevens

Contactgegevens:		
Procesbegeleider Sjoerd Gerritsen	Bedrijfsbegeleider Teus van Beek	Innovator binnenvaart Pim Opraus
Student Joep IJzerman Werktuigbouwkunde Afstudeerbegeleider: Johan Antonissen	Organisatiegegevens Refit Alliantie Leerparkpromenade 50, 3312 KW Dordrecht Maritieme sector	Bedrijfsbegeleider Pieter Boersma

Tabel 2 - Versiebeheer

Versiebeheer:				
Versienummer	Datum	Review door	Status	Korte beschrijving wijzigingen
0.1	05-04-2023	Pieter Boersma, Teus van Beek en Pim Opraus	-	-
1.0	06-04-2023	Teus van Beek	-	Kosten- en batenanalyse MUSCOW verbeterd
1.1	25-05-2023	n.v.t. feedback van hoofddocument	-	PVE en succescriteria ipv MUSCOW

Inhoudsopgave

1. Inleiding	4
1.1 Achtergrond	4
1.2 Probleemstelling	4
1.3 Doelstelling	4
2. Producten, scope, afbakening en kwaliteitsbewaking	5
2.1 Producten	5
2.2 Scope	5
2.3 Afbakening.....	6
2.4 Kwaliteitsbewaking.....	6
3. Planning	8

1. Inleiding

Om een duidelijker beeld te schetsen wat de opdracht is, zetten we de bedrijfsachtergrond, de probleemstelling en doelstellingen concreet op papier.

1.1 Achtergrond

De maritieme sector in Nederland moet verduurzamen. Er is een transitie nodig van een fossiele economie naar een zero-emissie economie.

Vanuit de overheid zijn hiervoor meerdere maatregelen gepresenteerd, waaronder de Green Deal Zeevaart Binnenvaart en Havens en de 'Fit for 55'. Deze maatregelen bieden kaders en stimuleren de ambitie om uiteindelijk te transformeren naar een zero-emissie binnenvaart. Deze omvorming van de sector zal met miljarden euro's gepaard gaan en is een grote uitdaging voor alle betrokken partijen.

De Refit Alliantie wil de krachten bundelen en een uniek 'open-innovatie' samenwerkingsverband creëren dat gericht is op een praktische uitvoerbare oplossing voor een verduurzaming van de binnenvaartsector. In 2050 moet de gehele zeevaart emissievrij zijn. Als een binnenvaartschip uit de huidige vloot tegen die tijd niet vrij van fossiele brandstof vaart, zal deze in zijn geheel gesloopt moeten worden waarmee vrijwel alle economische en ecologische waarde verloren gaat. Dit gaat alleen al in Nederland om zo'n 5000 schepen, wat bij een volledige vervanging van de vloot al snel om tientallen miljarden euro's gaat.

1.2 Probleemstelling

De transitie naar een zero-emissie economie komt maar traag op gang. Er is een gebrek aan duidelijkheid (energiedragers, de kosten en baten, beschikbaarheid van mensen en middelen, wet- en regelgeving omtrent emissie, financiering).

De optimale keuze voor het transformeren van een schip bestaat nog niet, wat het uitstellen van actie tot verduurzaming makkelijk maakt. Oude schepen in zijn geheel naar de sloop sturen, zou betekenen dat er met de tijd zo'n 5000 schepen volledig onbruikbaar zullen worden en bovendien moeten worden vervangen.

Het bedenken van een realistische, opschaalbare oplossing - waar na afronding mee gestart kan worden - vereist een grondig onderzoek binnen de verschillende spelers in de binnenvaart. Om van de Refit Alliantie een succes te maken zullen er verschillende businessmodellen getoetst worden met als grondlegging een open-innovatie samenwerkingsverband.

1.3 Doelstelling

Het gemeenschappelijke doel van de alliantie is om partijen bij elkaar te brengen en door kennis met elkaar te delen en meer openheid te creëren in de sector de verduurzaming te versnellen.

2. Producten, scope, afbakening en kwaliteitsbewaking

2.1 Producten

De volgende producten worden opgeleverd voor 12 juni:

1. Persoonlijk portfolio met leerdoelen;
2. Onderzoek naar techniek en regelgeving voor binnenvaartschepen;
3. Gezamenlijke rapport met businessmodel voor de Refit alliantie;
4. Tool voor het maken van een kosten- en batenanalyse voor het retrofitten van een schip.

2.2 Scope

In dit onderdeel wordt er ingegaan op de diverse producten, het persoonlijk portfolio wordt hierbij buiten beschouwing gelaten omdat hiervoor duidelijke richtlijnen zijn opgesteld in de beoordelingsmatrix. Voor de rekentool is er een programma van eisen en succesfactoren opgesteld.

2. Onderzoek naar techniek en regelgeving

Als start van de afstudeeropdracht is er onderzoek gedaan naar welke technieken er op de markt zijn om een binnenvaartschip te verduurzamen. Hier moeten nog enkele wijzigingen met betrekking tot de uitstoot van diverse energiedragers toegevoegd worden.

3. Gezamenlijke onderdelen

Aan het einde van het afstuderen wordt er een gezamenlijk rapport opgeleverd. Hier wordt een verklaring gegeven waarom er gekozen is om een kosten- en batenanalyse te maken, en waarom onderzoek naar techniek en regelgeving van belang is.

4. Kosten- en batenanalyse

Bij dit onderdeel moet er een vergelijking gemaakt worden voor de huidige situatie waarmee een schipper vaart en als hij de keuze zou maken om zijn schip te retrofitten naar een elektrische aandrijving met als energiedrager een batterij container.

Hierbij is het ook van belang dat het bereik van de batterij container, de kosten en risico's meegenomen worden en duidelijk zijn voor de rederij.

Aan de hand van de geleverde documenten en in overleg met opdrachtgever en stakeholders is er een Programma van Eisen opgesteld. In het Programma van Eisen worden de eisen aan het ontwerp opgeschreven, hier moet het ontwerp dus minimaal aan voldoen.

Tabel 3 - Programma van eisen kosten- en batenanalyse

NUMMER	EIS	BRON
GROEP 1	<i>Algemeen</i>	
1.1	Kosten- en batenanalyse voor het retrofitten van een willekeurig binnenvaartschip op basis van zijn vaartraject.	Opdrachtgever
1.2	Kosten per km/ton of km/container voor het vervoeren van goederen voor en na het retrofitten zonder de kosten van de ombouw.	Opdrachtgever
1.3	Er moet een Sankey-diagram (of soortgelijk) toegevoegd worden om inzichtelijk te maken waar energie naartoe gaat binnen de aandrijving,	Opdrachtgever
GROEP 2	<i>Documentatie</i>	
2.1	De manier hoe de tool ontwikkeld is moet worden vastgelegd door middel van een (beknopt) ontwerprapport.	Studie

2.2	Er moet een (beknopt) verhaal gegeven worden hoe de tool gebruikt moet worden.	-
GROEP 3	<i>Validatie & verbetering</i>	
3.1	De tool moet met de vereiste documentatie door een onafhankelijke partij beoordeeld kunnen worden op de correctheid.	Aannamen
3.2	Gebruikers moeten een manier hebben om feedback te kunnen geven aan de ontwikkelaar om de tool te verbeteren.	-
3.3	Een onafhankelijke partij met kennis van de systemen moet zelfstandig de tool kunnen uitbreiden.	-
3.4	Er moeten aanbevelingen zijn om de tool verder uit te breiden.	Opdrachtgever
GROEP 4	<i>Overig</i>	
4.1	Er moet een systeemvoorbeeld weergegeven worden in de tool waardoor een rederij precies kan zien welke onderdelen er vervangen zouden moeten worden bij het retrofitten van een schip.	Opdrachtgever
4.2	Het systeem mag geen gegevens opslaan en/of verspreiden die de gebruikers invoeren.	-

In Tabel 4 - Succescriteria kosten- zijn de succescriteria opgenomen. Er worden in het ontwerpproces verschillende concepten gemaakt en deze kunnen hiermee worden vergeleken.

Tabel 4 - Succescriteria kosten- batenanalyse

NR	CRITERIA	OMSCHRIJVING
1.1	Relevantie	Hoe beter de tool in staat is om de gebruiker te helpen kiezen in zijn duurzaamheidsoverwegingen hoe beter.
1.2	Gebruiksgemak	Hoe gemakkelijker de gebruiker de tool kan gebruiken hoe beter.
1.3	Accuratie	Hoe accurater de kosten- en batenanalyse is hoe beter.
1.4	Volledigheid	Hoe vollediger de tool hoe beter.
1.5	Snelheid	Hoe korter de cyclustijd tussen opstarten van de tool tot de kosten- en batenanalyse hoe beter.
1.6	Uitbreidbaarheid	Hoe gemakkelijker het is om de tool uit te breiden hoe beter.

2.3 Afbakening

Dit project begint op maandag 6 februari 2023 en eindigt op maandag 12 juni 2023. Binnen deze tijd moeten alle producten opgeleverd zijn. Het businessmodel moet getest zijn bij de verschillende stakeholders. De berekeningen voor het energieverbruik van een binnenvaartschip moeten vergeleken worden met gegevens uit de praktijk.

2.4 Kwaliteitsbewaking

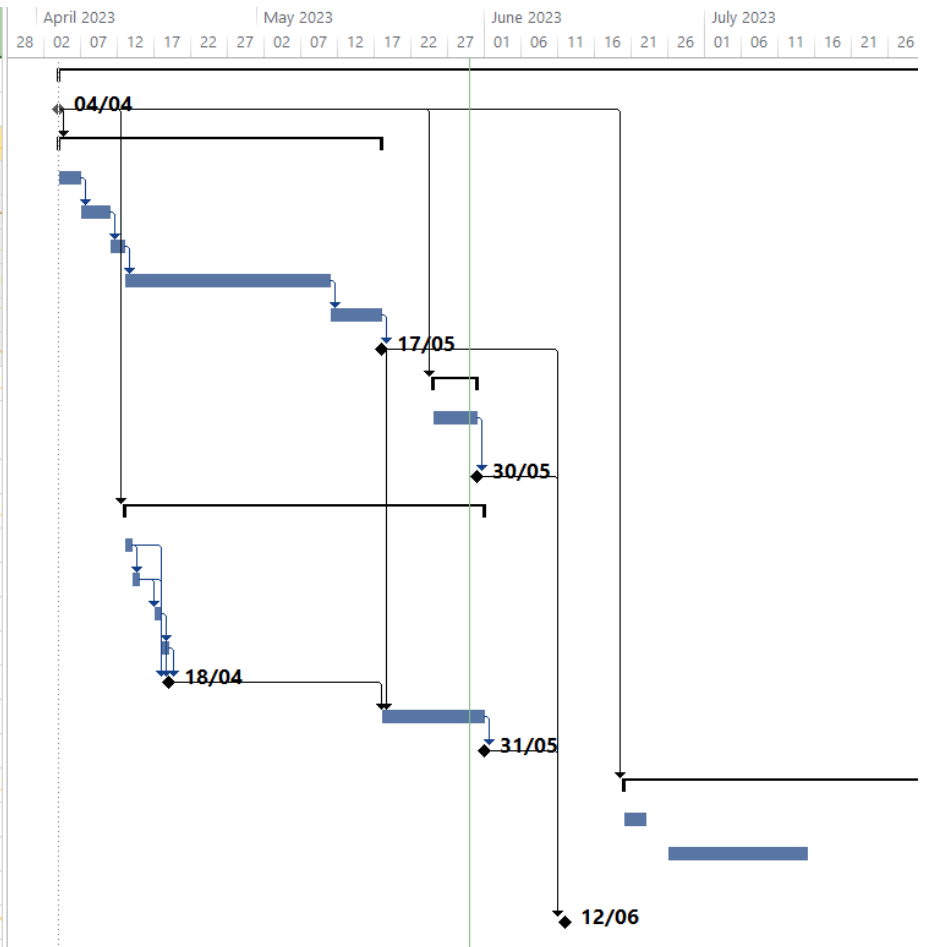
Het is van belang om de kwaliteit van dit project en daarmee de opgeleverde producten te waarborgen. Dit wordt op verschillende manieren gedaan:

1. Er is een gedetailleerde lijst met eisen vastgesteld, aan de hand daarvan kan worden aangetoond of er aan de juiste kwaliteit voldaan wordt;






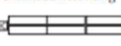

2. Oplossingsrichtingen en deelproducten worden getest met stakeholders en opdrachtgevers zodat er vraag gestuurd oplossingen worden uitgewerkt.

3. Planning

Task Mode	Task Name	Duration	Start	Finish
	Refit deel 2	107 days	Tue 04/04/23	Thu 31/08/23
	Startmijlpaal deel 2	0 days	Tue 04/04/23	Tue 04/04/23
	Kosten- en batenanalyse	32 days	Tue 04/04/23	Wed 17/05/23
	Case zoeken en naar eisen vertalen	3 days	Tue 04/04/23	Thu 06/04/23
	Concepten vergelijken	2 days	Fri 07/04/23	Mon 10/04/23
	Concepten beoordelen	2 days	Tue 11/04/23	Wed 12/04/23
	Keuze uitwerken	20 days	Thu 13/04/23	Wed 10/05/23
	Testen met stakeholders	5 days	Thu 11/05/23	Wed 17/05/23
	Eindmijlpaal system engineering	0 days	Wed 17/05/23	Wed 17/05/23
	Onderzoek techniek en regelgeving	4 days	Thu 25/05/23	Tue 30/05/23
	Afronding techniek en regelgeving onderzoek	4 days	Thu 25/05/23	Tue 30/05/23
	Eindmijlpaal Techniek en regelgeving	0 days	Tue 30/05/23	Tue 30/05/23
	Porfolio	35 days	Thu 13/04/23	Wed 31/05/23
	Leerdoel 1 uitwerken	1 day	Thu 13/04/23	Thu 13/04/23
	Leerdoel 2 uitwerken	1 day	Fri 14/04/23	Fri 14/04/23
	Leerdoel 3 uitwerken	1 day	Mon 17/04/23	Mon 17/04/23
	Leerdoel 4 uitwerken	1 day	Tue 18/04/23	Tue 18/04/23
	Leerdoelen bespreken	0 days	Tue 18/04/23	Tue 18/04/23
	Verbeteren en buffer	10 days	Thu 18/05/23	Wed 31/05/23
	Eindmijlpaal portfolio	0 days	Wed 31/05/23	Wed 31/05/23
	Events	52 days	Tue 20/06/23	Thu 31/08/23
	Electric marine beurs	3 days	Tue 20/06/23	Thu 22/06/23
	Afstudeerzitting?	15 days	Mon 26/06/23	Fri 14/07/23
	Mogelijke herkansing?	0 days	Thu 31/08/23	Thu 31/08/23
	Eindmijlpaal afstudeeropdracht	0 days	Mon 12/06/23	Mon 12/06/23



Bijlage II – Scheepskwalificaties

CEMT Klasse	Motorvrachtschepen (Motorvessels)						Duwstellen (Barges)					
	RWS Klasse	Karakteristieken maatgevend schip**			Classificatie		RWS Klasse	Karakteristieken maatgevend duwstel**				
		Naam	Breedte	Lengte	Diepgang (geladen)	Laadvermogen		Breedte en lengte	Combinatie	Breedte	Lengte	Diepgang (geladen)
		m	m	m	t	m		m	m	m		
0	M0	Overig				1-250	B <= 5,00 of L <= 38,00					
I	M1	Spits	5,05	38,5	2,5	251-400	B = 5,01-5,10 en L >= 38,01	BO1		5,2	55	1,9
II	M2	Kempenaar	6,6	50-55	2,6	401-650	B = 5,11-6,70 en L >= 38,01	BO2		6,6	60-70	2,6
III	M3	Hagenaar	7,2	55-70	2,6	651-800	B = 6,71-7,30 en L >= 38,01	BO3		7,5	80	2,6
	M4	Dortmund Eems (L <= 74 m)	8,2	67-73	2,7	801-1050	B = 7,31-8,30 en L = 38,01-74,00	BO4		8,2	85	2,7
	M5	Verl. Dortmund Eems (L > 74 m)	8,2	80-85	2,7	1051-1250	B = 7,31-8,30 en L >= 74,01					
IVa	M6	Rijn-Herne schip (L <= 86 m)	9,5	80-85	2,9	1251-1750	B = 8,31-9,60 en L = 38,01-86,00	BI	Europa I duwstel	9,5	85-105	3,0
	M7	Verl. Rijn-Herne (L > 86 m)	9,5	105	3,0	1751-2050	B = 8,31-9,60 en L >= 86,01					
IVb												
Va	M8	Groot Rijnschip (L <= 111 m)	11,4	110	3,5	2051-3300	B = 9,61-11,50 en L = 38,01-111,00	BII-1	Europa II duwstel	11,4	95-110	3,5
	M9	Verlengd Groot Rijnschip (L > 111 m)	11,4	135	3,5	3301-4000	B = 9,61-11,50 en L >= 111,01					
Vb								BII-2	2-baksduwstel lang	11,4	170-190	3,5-4,0
VIa	M10	Maatg. schip 13,5 * 110 m	13,50	110	4,0	4001-4300	B = 11,51-14,30 en L = 38,01-111,00	BII-2b	2-baksduwstel breed	22,8	95-145	3,5-4,0
	M11	Maatg. schip 14,2 * 135 m	14,20	135	4,0	4301-5600	B = 11,51-14,30 en L >= 111,01					
	M12	Rijnmax schip	17,0	135	4,0	>= 5601	B >= 14,31 en L >= 38,01					
Vib								BII-4	4-baksduwstel  (incl. 3-baks lang)	22,8	185-195	3,5-4,0
Vic								BII-6l	6-baksduwstel lang  (incl. 5-baks lang)	22,8	270	3,5-4,0
Vila								BII-6b	6-baksduwstel breed  (incl. 5-baks breed)	34,2	195	3,5-4,0

Bijlage III – Handleiding



Handleiding rekentool elektrificatie binnenvaartschip

De binnenvaart, het verduurzamen waard

Inhoudsopgave

1 Contactgegevens	1
2 Introductie	2
2.1 Refit Alliantie	2
2.2 Voor wie	2
2.3 Waarom	2
3. Stappenplan	2
Uitleg	2
Stap 1: scheepscategorie	2
Stap 2: Vaarroute	3
Stap 3: Controle en opties	3
Stap 4 uitkomst	4
Stap 5 kosten- en batenanalyse	5
Stap 6: systeemvoorbeeld	7
Stap 7: Uitbreiden van de tool en feedback	8
4. Foutmeldingen	9
4.1 Macro not enabled"	9
4.2 Foutmelding in foutmeldingstekst	9
4.3 Niet mogelijk om een vaarroute aan te klikken	9
4.4 Overige foutmeldingen	9

1 Contactgegevens

Er kan contact worden opgenomen met de ontwikkelaars doormiddel van het volgende formulier: <https://forms.gle/ufV3chMViWjcSoAn8>

2 Introductie

2.1 Refit Alliantie

Het doel van de Refit-alliantie Duurzame Binnenvaart is het verbinden van rederijen, technische leveranciers, scheepswerven, financiers en de overheid om een realistische, schaalbare en gestandaardiseerde oplossing te ontwikkelen voor de verduurzaming van binnenvaartschepen.

2.2 Voor wie

Deze tool is ontwikkeld voor mensen die momenteel in bezit zijn of de intentie hebben om een binnenvaartschip aan te kopen en hun opties met betrekking tot verduurzaming willen onderzoeken.

2.3 Doel van de rekentool

Het doel van de rekentool is om de binnenvaartschipper in een korte tijdsduur een beeld te geven of een retrofit naar een elektrische aandrijving met als energiedrager batterij-container wat voor hem/haar zou zijn. Dit wordt gedaan door een energieberekening te maken op basis van een vaarroute, vervolgens een kosten- en batenanalyse te maken en tot slot een systeemvoorbeeld te geven. Momenteel is het alleen nog mogelijk om de vergelijking gasolie naar batterij-elektrisch te maken, in de toekomst kan deze rekentool uitgebreid worden om ook andere opties te vergelijken.

Deze rekentool is ontwikkeld voor het maken van een energieberekening en het ontwikkelen van een kosten-en batenanalyse. Er kunnen geen rechten worden ontleed of aanspraak gemaakt worden op de juistheid of volledigheid van de inhoud, actualiteit en het functioneren van de rekentool.

3. Stappenplan

Het proces is ingedeeld in verschillende stappen om hiermee makkelijker fouten te zoeken; zowel bij het programmeren als bij het invoeren door de gebruiker. Alleen de donkerblauwe velden in Sheet 2 hoeven gewijzigd te worden.

Uitleg

In het eerste stuk wordt de omvang van de sheet uitgelegd, wordt er een afbakening gemaakt voor wie dit handig is om in te vullen en voor wie dit niet nuttig is.

Er is een knop toegevoegd om de sheet leeg te maken, op deze manier kunnen ze hem meerdere keren invullen als ze bijvoorbeeld verschillende schepen hebben of benieuwd zijn naar de mogelijkheden op een andere vaarroute.

Stap 1: scheepscategorie

In deze stap kan de gebruiker zijn of haar scheepscategorie (RSW- klasse) invullen, dit bepaalt de diepgang die het schip beladen en onbeladen vaart, andere afmetingen en daarmee de gemiddelde weerstand.

Vervolgens bepaalt dit ook waar het schip mag varen (CEMT-klasse), een M8 schip mag bijvoorbeeld niet in een CEMT_II traject varen omdat het schip te groot is voor de watergang. Ook kan hierdoor een inschatting gemaakt worden van het laadvermogen wat zich uiteindelijk kan vertalen naar een variabele kosten/km ton voor vervoer van goederen.

Stap 1 : Scheepscategorie

In dit eerste gedeelte kunt u het soort schip waarvoor u de berekening wilt uitvoeren invullen, vervolgens wordt er aan de rechterkant het laadvermogen weergegeven, deze kan later nog aangepast worden bij stap 4.

M8	Naam	Motorvrachtschip - M8 (Groot Rijnschip)
	Laadvermogen	1200 Ton
	Minimale vaarklasse	CEMT_Va

Figuur 1 - Stap 1

Stap 2: Vaarroute

Als tweede onderdeel kan de gebruiker zijn of haar vaarroute invullen. Dit is de afstand tussen laden en lossen. Dit kan of een route zijn die het meeste gevaren wordt of in het geval van losse opdrachten de langste vaarroute. De volgende gegevens moeten worden doorgegeven: het vaartraject (CEMT-klasse), de stroming (als het irrelevant is dan weet de tool dit zelf), de belading, de afstand en de geschatte vaarsnelheid.

Voor het onderzoek naar de vaarwegkwalificaties van een specifiek traject is er een link naar een kaart toegevoegd. Voor het berekenen van de afstand is er ook een aparte link toegevoegd.

Stap 2: Vaarroute

In dit gedeelte van de tool kunt u een vaarroute invullen die u vaak vaart. Op de vaarroute vaart u waarschijnlijk over verschillende vaarwegen (trajecten). Vervolgens moet er ook een inschatting gemaakt worden hoe hard u vaart op het desbetreffende traject. U kunt kiezen voor een retour-vaarroute of een enkele reis als u daar bijvoorbeeld moet laden/lossen en dit wat tijd in beslag neemt. In deze tijd kunnen de accupakketten ook verwisseld worden en zou de maximale afstand die u vanaf dat punt kunt varen weer "maximaal" zijn.

1 Afstand traject bepalen
2 Stroming en traject bepalen

	Traject	Stroming	Beladen	Afstand (Km)	Geschatte vaarsnelheid (Km/uur)	Voorbeeld: Traject Dordrecht -> Maastricht -> Nijmegen -> Dordrecht (zie afbeelding rechts)					
	Traject (Km)	Stroming	Beladen	Afstand (Km)	Geschatte vaarsnelheid (Km/uur)	Traject (Km)	Stroming	Beladen	Afstand (Km)	Geschatte vaarsnelheid (Km/uur)	
1	CEMT_Vib	stroomopwaarts	beladen	5	5	4	CEMT_Vib	stroomopwaarts	beladen	23	5
2	CEMT_Va	stroomopwaarts	beladen	5	5	2	CEMT_Va	stroomopwaarts	beladen	152	5
3	CEMT_Vb	stroomopwaarts	leeg	5	20	3	CEMT_Va	stroomopwaarts	leeg	138	20
4	CEMT_Vb	stroomopwaarts	beladen	5	15	4	CEMT_Vb	stroomopwaarts	beladen	11	15
5	CEMT_Vic	stroomopwaarts	beladen	5	15	5	CEMT_Vic	stroomopwaarts	beladen	77	15
6						6					
7						7					
8						8					
9						9					
10						10					

Foutmelding Er zijn geen foutmeldingen gevonden, u kunt door naar stap 3

Bereken traject

Figuur 2 - Stap 2

Stap 3: Controle en opties

In deze stap wordt het geschatte energieverbruik in diesel getoond, als ze dit traject zelf al eerder hebben gevaren dan weten ze misschien hoeveel dit exact is. In dit geval kunnen ze het aanpassen om de resultaten nauwkeuriger te maken.

Ook zijn er enkele variabelen toegevoegd die ze zelf kunnen invullen zoals verschillende energieprijzen of CO₂ rechten.

Stap 3: controle en opties								
Op deze pagina zijn er onderbouwde schattingen gemaakt over het energieverbruik, om tot een goede conclusie te komen is het belangrijk dat u de gegevens controleerd en aanpast indien het niet klopt. Het gaat hierbij om de donkerblauwe vakken.								
Traject	Stroming	Belading	Afstand (Km)	Geschatte vaarsnelheid (Km/uur)	Tijd (uur)	Energieverbruik varen (Kwh)	Voorspelling gebruikte diesel (L)	
1	CEMT_Vib	stroomopwaarts	beladen	5	5	1	343.1	32.2
2	CEMT_Va	stroomopwaarts	beladen	5	5	1	357.9	33.6
3	CEMT_Va	stroomopwaarts	leeg	5	20	0.25	186.1	17.5
4	CEMT_Vb	stroomopwaarts	beladen	5	15	0.33	438.6	41.2
5	CEMT_Vic	stroomopwaarts	beladen	5	15	0.33	395.6	37.1
6								
7								
8								
9								
10								
SOM						2.92	1721.26	161.62
Wilt u de berekening uit laten met kosten per ton of per container?					Containers			
Klopt het dat u zoveel containers mee kan nemen op uw schip?					50 Containers			
Voor de energieprijzen hebben we enkele aannemens gedaan, deze kunt u uiteraard ook wijzigen								
Energieprijs					€	0.16	Euro/kwh	
Dieselprijs					€	0.96	Euro/liter	
CO2 rechten					€	97.00	Euro/ton	
Gebruik ZES container					€	0.24	Euro/kwh	
Foutmeldingen		Er zijn geen foutmeldingen gevonden, u kunt nu de uitkomst uitlezen			Naar stap 4			

Figuur 3 - Stap 3

Stap 4 uitkomst

De uitkomst start met een technische en bedrijfseconomische conclusie. Die heeft vooral betrekking op de range, als het niet mogelijk is om de vaarroute met één batterijcontainer te varen dan is het eigenlijk nooit rendabel om nu over te stappen naar deze technologie.

De bedrijfseconomische conclusie is dan dat het schip geheel af moet remmen, de batterij vervangen zou moeten worden wat totaal minimaal een half uur kost, waardoor het niet meer rendabel zou kunnen zijn.

Er is een laag en hoog verbruik toegevoegd voor slechte en goede omstandigheden/rendementen. Ook zijn er cirkeldiagrammen toegevoegd waarin inzichtelijk is gemaakt waar de energie naartoe gaat.

Stap 4: Uitkomst

Conclusie technisch	Uw hoeft de batterijcontainer niet te wisselen om uw gehele vaartraject te varen bij gemiddelde weersomstandigheden						
Conclusie bedrijfseconomis	Het retrofitten naar een elektrische aandrijving met een batterij container zou een goede optie voor u kunnen zijn en het is zeker waard om dit verder te onderzoeken.						
<i>Huidige situatie</i>							
Energieverbruik (Kwh)	Energiedrager kosten (Euro)	Energiedrager euro/container	Dieselverbruik gemiddelde	Dieselgebruik hoog (L)	Dieselgebruik laag (L)		
1	343.1	30.93	0.1237	32.2	63.5	12.5	
2	357.9	32.26	0.1290	33.6	66.2	13.0	
3	186.1	16.77	0.0671	17.5	34.4	6.8	
4	438.6	39.53	0.1581	41.2	81.1	16.0	
5	395.6	35.66	0.1426	37.1	73.2	14.4	
6							
7							
8							
9							
10							
Som	1721.3	155.16	0.1241	161.62	318.41	62.75	
<i>Use case</i>							
Energieverbruik (Kwh)	Energiedrager kosten (Euro)	Energiedrager euro/container km	Batterij containerverbruik gemiddeld (stuks)	Batterij containerverbruik hoog (stuks)	Batterij containerverbruik laag (stuks)		
1	133.3	53.31	0.2132	0.07	0.14	0.05	
2	139.0	55.61	0.2224	0.07	0.14	0.05	
3	72.3	28.91	0.1157	0.04	0.07	0.02	
4	170.4	68.15	0.2726	0.09	0.17	0.06	
5	153.7	61.47	0.2459	0.08	0.16	0.05	
6							
7							
8							
9							
10							
Som	668.6	267.44	0.214	0.33	0.68	0.23	
CO2_huidige situatie (ton)	CO2_nieuwe situatie (ton)	EU ETS voordeel ombouw (euro)					
1	0.097	0.036	5.89				
2	0.101	0.038	6.14				
3	0.052	0.020	3.19				
4	0.124	0.046	7.53				
5	0.112	0.042	6.79				
6							
7							
8							
9							
10							
Som	0.485	0.181	29.54				

Figuur 4 - Stap 4

Stap 5 kosten- en batenanalyse

In de laatste stap kan de schipper de voor- en nadelen van de retrofit zien en de impact van de variabele kosten op het varen van de specifieke route. De voor- en nadelen zijn hetzelfde ongeacht de uitkomst van de berekening, de conclusie is het specifieke advies.

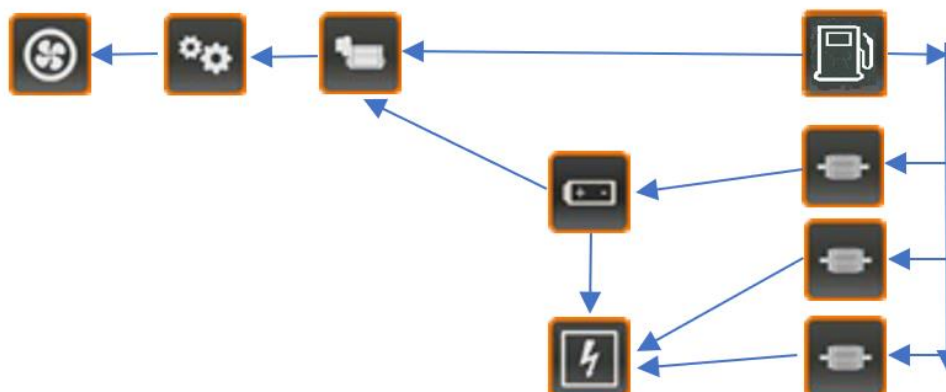
Stap 5: Kosten- en batenanalyse (per vaarroute)

Kosten	Uitleg			Baten	Uitleg			Saldo
Toename energiekosten	Diesel heeft een hoge verbrandingswaarde in vergelijking tot zijn prijs, hierdoor is momenteel elektriciteit in combinatie met het huren van de container duurder in gebruik	€	112.29	EU ETS voordeel	De hoeveelheid uitstoot per kWh is bijna hetzelfde voor stroom en diesel, alleen heeft de elektrische aandrijving een hogere efficiëntie waardoor er minder CO2 uitgestoten wordt en daar een korting wordt behaald	€	29.54	-€ 82.75
Toelichting								
Bij de kosten- en batenanalyse kan geen vergelijking worden gemaakt van onderhoud omdat de prijs daarvan erg fluctueert. Het elektrisch systeem is erg jong en daardoor zullen er meer fouten in het systeem zitten, ook komen de onderdelen minder vaak voor en hebben minder mensen de juiste kennis om onderhoud uit te voeren wat zorgt voor een hogere prijs.								
Nadelen								
<ul style="list-style-type: none"> - Maximale laadvolume/gewicht neemt af ivm lagere energiedichtheid batterijcontainer. - Door te kiezen voor een systeem wat nog in ontwikkeling is ben je afhankelijk van één bedrijf voor onderhoud en reparaties - Momenteel is de businesscase zonder de extra inkomsten van de verlader in de meeste gevallen nog niet dekkend - Technieken zijn nog hard in ontwikkeling waardoor het mogelijk goedkoper en beter gaat worden, maar dit gaat natuurlijk niet gebeuren zonder early adaptors - De infrastructuur is nog niet geheel op gang waardoor het niet overal mogelijk is om batterijcontainers om te wisselen en/of op te laden. - De maximale vaarafstand zonder te stoppen neemt af is nog niet geheel op gang waardoor het niet overal mogelijk is om batterijcontainers om te wisselen en/of op te laden. 								
Voordelen								
<ul style="list-style-type: none"> - Bewezen concept, er varen al rederijen rond met deze techniek - Een elektrische aandrijving heeft minder onderhoud nodig dan een andere aandrijving - De energiedrager van de toekomst is nog onzeker, maar door een elektromotor in te bouwen kan je later nog wisselen van energiedrager zonder een te grote ingreep - Er zijn groene verladers op de markt die meer betalen voor het zero emissie vervoer van goederen - Door het kiezen van een schone technologie zorg je ervoor dat de prijs lager wordt, waardoor het voor meer mensen rendabel is en er meer bunkerpunten zijn, waardoor de prijs uiteindelijk gaat zakken net zoals de kosten voor het opladen van de batterijcontainers - Met een zero-emissie oplossing ben je ervan verzekerd dat je niet uitgesloten wordt van bepaalde vaarroutes. 								

Figuur 5 - Stap 5

Stap 6: systeemvoorbeeld

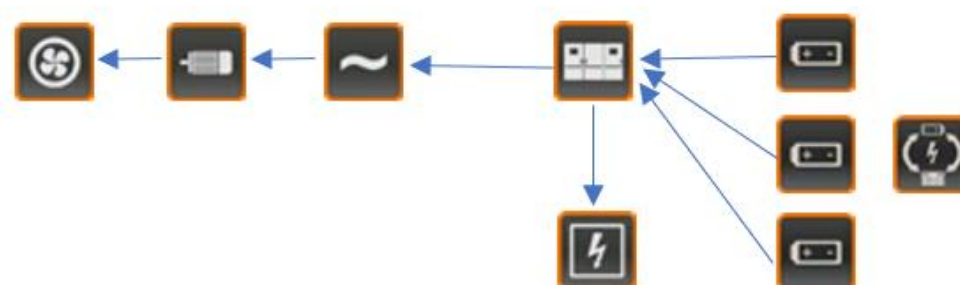
In de vijfde stap wordt er een systeemvoorbeeld gegeven



Figuur 6 - Systeemvoorbeeld huidige scenario

Figuur 6 - Systeemvoorbeeld huidige scenario geeft de huidige situatie weer in geval van een verbrandingsmotor. Er wordt diesel getankt, deze voedt de generatoren (hoeveelheid afhankelijk van soort en grootte schip, tanker meer vermogen in verband met oppompen van vloeistoffen). Dan zit er een kleine accu aan boord. Daarmee wordt onder andere de hoofdmotor gestart, bij een hybride systeem zijn er meerdere motoren die geschakeld zijn zodat er als er maar weinig vermogen nodig is de motor beter in zijn optimale vermogen toerental combinatie arbeid kan leveren. De hoofdmotor is aangesloten op een keerkoppeling die op zijn beurt is aangesloten op de schroef. Deze is soms beweegbaar om te manoeuvreren, anders is er een boegschroef aanwezig.

Figure	Meaning
	Main Engine
	Energy Storage
	Energy Management System
	DC Hub
	AC Switchboard
	Main Consumer
	Gearbox
	Bow or Stern Thruster
	Shaft motor/generator
	Electric Motor
	Diesel tank



Figuur 7 - Systeemvoorbeeld mogelijk toekomstscenario

In het mogelijke toekomstscenario zijn er meerdere batterijpakketten die samen beheerd en gekoeld worden door een energy management system. Deze zijn aangesloten op een dc-hub die energie

doorgeeft aan kleine verbruikers (bijvoorbeeld de wasmachine). De boot wordt voortgestuwd door een AC motor, deze kan zonder koppeling de andere kant op draaien.

Stap 7: Uitbreiden van de tool en feedback

Er is nu een rekentool gemaakt voor één energiedrager. Natuurlijk de rekentool meer toegevoegde waarde hebben voor de gebruiker als hij of zij de huidige situatie kon vergelijken met meer dan één ombouwmogelijkheid. Hierbij zijn een aantal dingen erg belangrijk: 1. Transparantie, aanvullingen die op de Excel tool gemaakt worden, moeten inzichtelijk zijn. 2. Controleerbaar, toevoegingen of uitbreidingen moeten door iedereen gecontroleerd kunnen worden. Hieronder zijn enkele voorstellen gedaan waardoor de tool meer waarde zou kunnen toevoegen.

- Meer typen energiedragers toevoegen, waterstof, katalysator toevoegen, HVO etc;
- Energiedichtheid van de energiedrager meenemen in de overweging -> wat is hierdoor het effect op het laadvermogen;
- Infrastructuur mogelijkheden op het traject, wordt er op een bepaald traject veel gevaren op één brandstof dan is het voordelig om ook voor die brandstof te kiezen omdat er dan minder risico is met betrekking tot het aanbod van de energiedrager en is de prijs waarschijnlijk lager omdat iemand die daar een bepaalde energiedrager verkoopt zijn kosten van installatie kan verdelen over meer volume;
- Gemakkelijker een traject berekenen door bijvoorbeeld punten te geven op een kaart;
- De mogelijkheid om bij de tool onderscheid te maken tussen enkele en dubbele schroef binnenvaartschip;
- Als er meerdere energiedragers toegevoegd worden, zou het ook mooi zijn als deze met elkaar vergeleken kunnen worden, waaruit blijkt dat op traject x en schip y de beste oplossing z is.

4. Foutmeldingen

4.1 Macro not enabled”

Als u computer op een hoge beveiligingsstand heeft staan moet u de macro's accepteren. Sommige computers blokken deze automatisch, in dat moet u de volgende stappen volgen

1. Ga naar de bestandlocatie (waarschijnlijk downloads)
2. Klik erop met de rechtermuisknop en ga naar eigenschappen of properties.
3. Ga naar onderaan de pagina en klik op unblock (er staat dan geen vinkje meer voor)

4.2 Foutmelding in foutmeldingstekst

Na de eerste drie stappen is er steeds een foutmelding vakje. Nadat de macro is uitgevoerd (er op de knop is gedrukt om naar de volgende stap te gaan), wordt deze geüpdatet. Als hier een foutmelding staat moet deze verholpen worden en vervolgens opnieuw op de knop gedrukt worden net zolang de foutmelding verdwenen is.

4.3 Niet mogelijk om een vaarroute aan te klikken

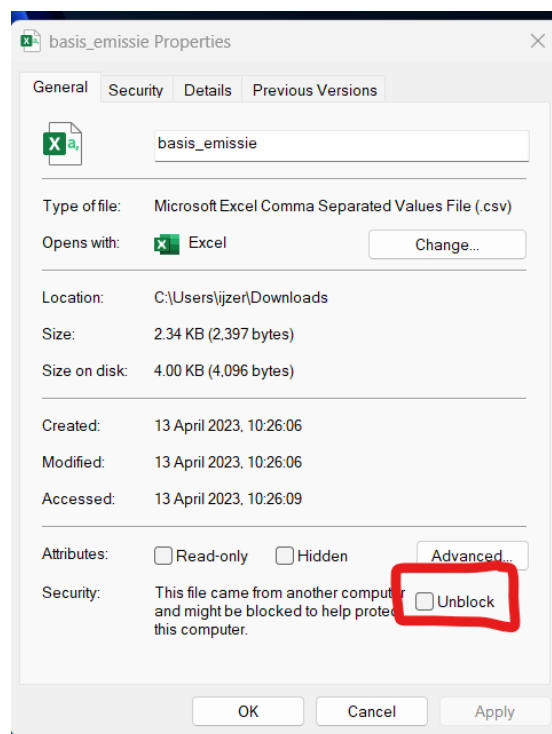
Een groot schip mag (en kan) niet varen op een klein traject. De tool houdt hier zelf rekening mee en zal die optie bij stap 2 weghalen. De andere opzicht bevinden zich iets later in het drop down menu.

4.4 Overige foutmeldingen

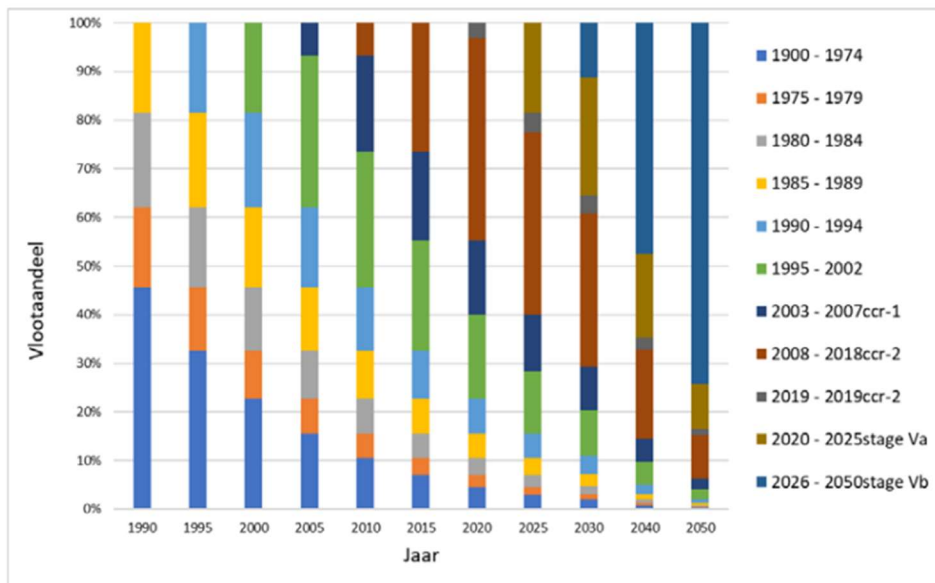
Bij overige foutmeldingen komt dit waarschijnlijk door een van de volgende scenario's

1. U heeft (per ongeluk) aanpassingen aan de rekentool gemaakt. Een makkelijke oplossing is om hem opnieuw te downloaden en opnieuw te beginnen.
2. U heeft het stappenplan niet op de juiste volgorde doorlopen of de stappen uit laten voeren door op de knop te drukken.

Mocht dit uw probleem niet oplossen kunt u altijd het hulpformulier invullen en dan komen wij snel met u in contact.



Bijlage IV – NO_x-berekening



Figuur 14 - Vlootaandeel per bouwtypen aandrijving

Tabel 10 - Emissiefactor gemeten

Normstelling Percentage motorbelasting	<= CCR1: basis = 10,1		CCR-II / Stage IIIa: basis = 7		IWP/IWA-v/c-3: basis = 2,9		IWP/IWA-v/c-4: basis= 2,4	
	Correctiefactor	Emissiefactor (g/kWh)	Correctiefactor	Emissiefactor (g/kWh)	Correctiefactor	Emissiefactor (g/kWh)	Correctiefactor	Emissiefactor (g/kWh)
5	1,83	18,5	2,02	14,1	3,99	11,6	4,79	11,5
10	1,34	13,5	1,42	9,9	2,63	7,6	3,07	7,4
15	1,17	11,8	1,27	8,9	2,12	6,2	2,42	5,8
20	1,10	11,1	1,19	8,4	1,85	5,4	2,08	5,0
25	1,06	10,7	1,15	8,1	1,69	4,9	1,88	4,5
30	1,04	10,5	1,13	7,9	1,58	4,6	1,73	4,2
35	1,03	10,4	1,11	7,7	1,50	4,3	1,63	3,9
40	1,02	10,3	1,09	7,7	1,44	4,2	1,56	3,7
45	1,01	10,2	1,08	7,6	1,39	4,0	1,50	3,6
50	1,00	10,1	1,07	7,5	1,35	3,9	1,45	3,5
55	1,00	10,1	1,07	7,5	1,32	3,8	1,41	3,4
60	0,99	10,0	1,06	7,4	1,29	3,8	1,37	3,3
65	0,99	10,0	1,06	7,4	1,27	3,7	1,35	3,2
70	0,98	9,9	1,05	7,4	1,25	3,6	1,32	3,2
75	0,98	9,9	1,05	7,3	1,24	3,6	1,30	3,1
80	0,97	9,8	1,05	7,3	1,22	3,5	1,28	3,1
85	0,97	9,8	1,04	7,3	1,21	3,5	1,27	3,0
90	0,97	9,8	1,04	7,3	1,20	3,5	1,25	3,0
95	0,97	9,8	1,04	7,3	1,19	3,4	1,24	3,0
100	0,97	9,8	1,04	7,3	1,18	3,4	1,23	2,9

Soort	Percentage van de schepen	Uitstoot g nox per kWh	bijdrage aan gemiddelde
1900-2002	28%	10	2.8
2003-2007 ccr-1	11%	7.7	0.847
2008-2019 ccr-2	43%	10.4	4.472
2020-2025 stage va	18%	4.3	0.774
2026-2050 stage vb	0%	0	0
	100%		8.893

Tabel 11 - Gemiddelde NO_x uitstoot