



HOGERE ZEEVAARTSCHOOL ANTWERPEN

Emissievrije en Circulaire Scheepvaart

Tabitha Van de Weyer

Scriptie voorgedragen tot het behalen
van de graad van
Master in de Nautische Wetenschappen

Promotor: Dr. Geert Potters

Academiejaar: 2021 - 2022

Woord Vooraf

De problematiek van het klimaat en de uitstoot van broeikasgassen is niet meer weg te denken uit de huidige samenleving. Er moet verandering komen in onze huidige manier van produceren en uitstoten. Als we op deze manier verder doen, zal het alleen maar slechter gaan met de aarde. De grondstoffen geraken uitgeput, de lucht wordt steeds vuiler alsook de ecosystemen ondervinden negatieve gevolgen. De oplossing om al deze problemen aan te pakken, is het overschakelen van een lineaire economie naar een circulaire economie. Het onderwerp van mijn thesis is circulaire scheepvaart en hoe we het begrip circulaire economie kunnen toepassen in de scheepvaart. De meeste mensen hebben momenteel een onduidelijk beeld over wat circulaire economie precies inhoudt. In deze thesis wordt het begrip circulaire economie volledig besproken, een beter beeld schetsen wat dit inhoudt en wat er nodig is om deze transitie waar te maken alsook een onderzoek naar de brandstof van schepen.

Het schrijven van deze scriptie was een interessante ervaring. Circulaire economie is een zeer boeiend onderwerp. Het concept gaat veel verder dan ik op het eerste moment dacht. Je kan het overal op toepassen zowel met een grote als een kleine aanpassing. Tijdens het onderzoek heb ik ontdekt dat veel mensen klaar zijn om deze verandering in gang te zetten, maar dat het effectief toepassen nog niet veel gebeurt. Er is momenteel nog veel onderzoek naar hoe men dit op de meest efficiënt mogelijke manier op de kaart kan zetten. Vele projecten staan nog in de startblokken. Ook de vraag naar groenere en meer milieuvriendelijke oplossingen rijzen op, waardoor de producent zijn aanbod moet aanpassen. Ik ben uiterst enthousiast over dit onderwerp en hoop dat er in de toekomst schepen rondvaren die 100% aan circulaire economie doen. Het toepassen van circulariteit op schepen en in havens zet de scheepvaartindustrie in een beter daglicht en levert een grote bijdrage aan de doelstellingen van 2050.

Ik wil mijn dank betuigen aan mijn promotor dr. Geert Potters, die mij doorheen dit proces heeft begeleid. De tussentijdse evaluaties en extra informatie hebben deze thesis tot een goed einde gebracht. Ook wil ik Katrien Van Itterbeeck (Port of Antwerp) bedanken voor het beantwoorden van mijn vragen die ik had tijdens het onderzoek.

Samenvatting

Circulaire economie is het concept van de toekomst en ook in de scheepvaart is men volop bezig met het ontwerpen, bouwen en recycleren van maritieme installaties. Tegen 2050 moet de uitstoot van broeikasgassen met minstens 50% verminderd zijn, vergeleken met 2008. Om deze doelstellingen te behalen is het noodzakelijk om ook in de maritieme sector over te schakelen naar een circulaire economie. De huidige economie is lineair. Grondstoffen worden gewonnen, het product wordt gebruikt en na gebruik wordt dit weggegooid. Deze vorm van economie brengt ecologische en economische nadelen met zich mee. In een circulaire economie gaat men producten oneindig hergebruiken. Het doel is de wereld beter achter te laten dan dat we ze hebben aangetroffen. Natuurlijke grondstoffen en materialen worden hergebruikt zonder verlies van waarde. Er ontstaat een continu proces zonder afvalproductie. Doelen worden gesteld en grenzen worden bepaald door de organisaties. Dan rest ons de vraag waarop wij allemaal het antwoord willen weten: “Is de maritieme wereld klaar voor een circulaire scheepvaart?”. Er is onderzoek gedaan naar de overtredingen van MARPOL Annex VI in de vier grootste Europese havens, Rotterdam, Antwerpen, Amsterdam en Hamburg. Ook is er onderzoek gedaan naar wat de reden is om een debunkering aan te vragen in 2021 in de haven van Antwerpen en vanwaar deze brandstof afkomstig is. De meeste overtredingen tegen MARPOL Annex VI zijn van voorschrift 14.4.2. Vanaf 2015 is het aantal overtredingen tegen MARPOL Annex VI zeer sterk gedaald zijn. De gevraagde debunkeringen worden al deels circulair behandeld. Als de autoriteiten goedkeuren dat de debunker opnieuw kan worden gemengd tot een brandstof die aan de limieten voldoet, kan de brandstof worden hergebruikt. Dit is een circulaire manier om fossiele brandstoffen te gebruiken omdat er geen afval is. Zolang er nog geen volledig circulaire brandstof is gevonden, met dezelfde voordelen als de huidige brandstoffen, is het noodzakelijk om zo duurzaam mogelijk om te gaan met fossiele brandstoffen.

Abstract

A circular economy is the concept of the future and the shipping industry is also fully engaged in the design, construction and recycling of maritime installations. By 2050, greenhouse gas emissions must be reduced by at least 50% compared to 2008. To achieve these goals, it is also in the maritime sector necessary to switch to a circular economy. The current economy is linear. Raw materials are extracted, the product is used and after use, it is thrown away. This form of economy entails both ecological and economic disadvantages. In a circular economy products will be reused indefinitely. The goal is to leave the world better than we found it. Natural resources and materials are reused without loss of value. Goals and boundaries are set by the organizations. That leaves us with the question to which we all want to know the answer: “Is the maritime world ready for circular shipping?”. An investigation has been conducted into the violations of MARPOL Annex VI in the four largest European ports, Rotterdam, Antwerp, Amsterdam and Hamburg. Research has also been conducted into the reason for requesting debunkering in 2021 in the port of Antwerp and where the fuel comes from. The most violations against MARPOL Annex VI are from regulation 14.4.2. Since 2015 the number of violations against MARPOL Annex VI has fallen sharply. The debunkerings that are requested are already partly treated in a circular manner. If authorities approve that the debunker can be remixed into a fuel that is according to the limits, the fuel can be reused. This is a circular way of using fossil fuels since there is no waste. As long as there is not yet a fully circular fuel, with the same benefits as current fuels, it is necessary to use fossil fuels as sustainably as possible.

Inhoudstafel

Inleiding.....	1
1 Wat is circulaire economie?.....	3
1.1 114 definities.....	3
1.2 Circulaties in een circulaire economie.....	4
2 Het verschil tussen lineaire en circulaire economie.....	8
3 Nadelen van een lineaire economie.....	10
4 Ecologische en economische voordelen van een circulaire economie.....	13
5 Cradle to Cradle (C2C).....	16
5.1 Wat is C2C?.....	16
5.2 Afzetmarkt.....	16
5.3 Het verband tussen C2C en circulaire economie.....	17
5.4 Van efficiëntie naar effectiviteit.....	17
6 Life Cycle Assessment (LCA).....	21
6.1 Wat is een LCA?.....	21
6.2 Wie heeft een LCA nodig?.....	22
6.3 Hoe is een LCA opgebouwd?.....	23
7 Fossiele brandstoffen.....	25
7.1 Wat is marine brandstof?.....	25
7.2 Debunkering.....	26
7.3 Duurzamer gebruik van fossiele brandstoffen.....	28
8 Onderzoek en Methodes.....	30
8.1 MARPOL ANNEX VI.....	30
8.1.1 Wat is MARPOL Annex VI?.....	31
8.1.2 Voorschrift 14 - Zwaveloxiden (SOx) en Fijn Stof.....	33
8.1.3 Voorschrift 18 – Brandstof Beschikbaarheid en Kwaliteit.....	35
8.2 ISO 8217.....	36
8.2.1 Betekenis van de marine brandstofeigenschappen in ISO 8217: 2017.....	37
8.2.2 Testmethoden ISO 8217: 2017 (E).....	39
8.2.2.1 Densiteit.....	39
8.2.2.2 CCAI.....	39
8.2.2.3 Zwavel.....	39
8.2.2.4 Totale sediment door warme filtratie.....	40

8.2.2.5	Totale sediment – oud	40
8.2.2.6	Vetzuurmethylester (FAME)	40
8.2.2.7	Vloeipunt / Troebelingspunt / Cold Filter Plugging Point (CFPP)	41
8.2.2.8	Voorkomen/water.....	41
8.2.2.9	Aluminium en Silicium.....	42
9	Analyse van de overtredingen tegen MARPOL Annex VI.....	43
9.1	Overtreding MARPOL Annex VI per voorschrift.....	43
9.2	Overtredingen MARPOL Annex VI per jaar	50
9.3	Overtredingen MARPOL Annex VI per company	55
10	Analyse van aanvragen voor debunkering gemeld aan LNE in 2021	63
10.1	Reden om te debunkeren	63
10.2	Bron van de brandstof	67
11	Discussie	71
12	Is de maritieme wereld klaar voor een circulaire scheepvaart?.....	76
12.1	Upcycling van shipping containers	77
12.2	NextGen District	78
12.3	LCA Mariene Brandstoffen	81
12.4	CMB. TECH.....	85
12.5	Neo Orbis.....	87
13	Besluit.....	89
	Bibliografie	90
	Lijst van bijlagen	107

Lijst met figuren

FIGUUR 1	SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN HET BEGRIIP CIRCULAIRE ECONOMIE	5
FIGUUR 2	HET VERSCHIL TUSSEN LINEAIR EN CIRCULAIR GEBRUIK VAN GRONDSTOFFEN	8
FIGUUR 3	CO ₂ -UITSTOOT VAN DE PRODUCTIE VAN EEN PRIMAIR MATERIAAL EN VAN EEN GERECYCLEERD MATERIAAL	13
FIGUUR 4	HET VERSCHIL TUSSEN ECO-EFFICIËNTIE EN ECO-EFFECTIVITEIT	18
FIGUUR 5	LEVENSZYCLUS MODELLEN VAN PRODUCTEN	21
FIGUUR 6	DE FASES VAN EEN LIFE CYCLE ASSESSMENT	24
FIGUUR 7	OVERTREDING MARPOL ANNEX VI ANTWERPEN	44
FIGUUR 8	OVERTREDING MARPOL ANNEX VI ROTTERDAM	45
FIGUUR 9	OVERTREDING MARPOL ANNEX VI AMSTERDAM	46
FIGUUR 10	SOORTEN OVERTREDINGEN PER JAAR ANTWERPEN	51
FIGUUR 11	SOORTEN OVERTREDINGEN PER JAAR ROTTERDAM	52
FIGUUR 12	SOORTEN OVERTREDINGEN PER JAAR AMSTERDAM	53
FIGUUR 13	OVERTREDINGEN PER BRANDSTOFLEVERANCIER ANTWERPEN	56
FIGUUR 14	OVERTREDINGEN PER BRANDSTOFLEVERANCIER ROTTERDAM	57
FIGUUR 15	OVERTREDINGEN PER BRANDSTOFLEVERANCIER AMSTERDAM	58
FIGUUR 16	OVERTREDINGEN PER BRANDSTOFLEVERANCIER HAMBURG	59
FIGUUR 17	REDENEN OM TE DEBUNKEREN	64
FIGUUR 18	BRON VAN DE BRANDSTOF	68
FIGUUR 19	LEVENSZYCLUS VAN EEN CONTAINER	78
FIGUUR 20	CIRCULAIRE KOOLSTOF	79
FIGUUR 21	NEXTGEN DISTRICT	80
FIGUUR 22	HET EFFECT VAN BRANDSTOF OP DE MENSELIJKE GEZONDHEID	83
FIGUUR 23	HET EFFECT VAN BRANDSTOF OP HET ECOSYSTEEM	83
FIGUUR 24	HET EFFECT VAN BRANDSTOF OP RESOURCES	84

Lijst met tabellen

TABEL 1	ZWAVELIMITIEN BINNEN EN BUITEN ECA.....	34
---------	---	----

Inleiding

Tegen 2050 moet de uitstoot van broeikasgassen met minstens 50% verminderd zijn, vergeleken met 2008 (Marine Environment Protection Committee, 2018). Het behalen van dit doel is alleen maar haalbaar wanneer we overschakelen naar een volledige circulaire economie. Circulaire economie is het hergebruiken van grondstoffen zonder dat deze hun waarde verliezen en zonder afvalproductie (Bastein, Roelofs, Rietveld, Hoogendoorn, & Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2013). Op deze manier zijn er geen nieuwe grondstoffen nodig en produceren we op een groenere en meer efficiënte manier. Elk jaar stijgt de vraag naar nieuwe producten, maar het aantal grondstoffen op aarde geraakt geleidelijk aan op. We moeten op zoek naar nieuwe oplossingen. De belangrijkste reden om aan circulaire economie te voldoen is de uitstoot van broeikasgassen met een ingrijpende hoeveelheid te verminderen.

Circulaire economie is gericht op verminderd gebruik van grondstoffen, hergebruik van producten en grondstoffen en het terugwinnen van materialen met als doel bij te dragen aan een duurzame ontwikkeling, op sociaal en economisch vlak, en aan het milieu (Kirchherr, Reike, & Hekkert, 2017). Circulaire economie maakt gebruik van het principe “reduce-reuse-recycle” (Fonseca, Domingues, Pereira, Martins, & Zimon, 2018). Het ontginnen van nieuwe grondstoffen moet geminimaliseerd worden en het hergebruik van grondstoffen en producten gemaximaliseerd, zonder dat er waarde verloren gaat. Daarentegen gebruikt een lineaire economie het “take-make-dispose” proces (Goyal, Esposito, & Kapoor, 2018). Grondstoffen worden verzameld om er een product van te maken, en dit product wordt weggegooid na gebruik. In een lineaire economie focust men zich op eco-efficiëntie waarbij de ecologische impact op die manier het systeem verandert dat de ecologische, economische en sociale impact positief wordt nl. eco-effectiviteit (Niero, Hauschild, Hoffmeyer, & Olsen, 2017).

Cradle to Cradle is een belangrijk concept wanneer men spreekt over circulaire economie (Drabe & Herstatt, 2016). Producten worden oneindig hergebruikt of producten worden onschadelijk afgebroken. Het product wordt zo ontworpen dat ze waarde toevoegt (upcycling), de kwaliteit van het product mag niet dalen (downcycling). Een Life Cycle Assessment is een methode om de milieueffecten en hulpbronnen die worden gebruikt doorheen de hele levenscyclus van een eindproduct te beoordelen, vanaf de aankoop van grondstoffen tot het afvalbeheer (Finnveden et al., 2009). Met hulp van deze analyse kan men duidelijk zien waar er

veranderingen moeten komen om een product zo duurzaam mogelijk te maken. Bij circulaire economie is de levenscyclus oneindig, in tegenstelling tot een lineaire economie, waar de levenscyclus van een product stopt wanneer het product wordt weggegooid.

De International Maritime Organization heeft zijn eigen strategie ontworpen om te voldoen aan de doelstellingen van 2050 (Marine Environment Protection Committee, 2018). Het volgen van deze strategie en het toepassen van circulaire economie zijn noodzakelijk om de grens van 50% verminderde uitstoot te bereiken. De scheepvaartindustrie is momenteel volop bezig met ontwerpen, ontwikkelen en toepassen van circulaire systemen, zowel in havens als op schepen. Havens zijn de plaats bij uitstek om aan circulaire economie te doen door hun locatie (Kuipers et al., 2015) en ook op schepen moeten er aanpassingen gedaan worden. Er zijn reeds initiatieven en ontwerpen om de overgang van lineair naar circulair waar te maken. Om een volledige circulaire maritieme industrie te realiseren hebben we nog een lange weg te gaan. De vraag van de consumenten naar circulaire processen en goederen blijft stijgen, waardoor producenten genoodzaakt zijn om hun aanbod aan te passen. Ook het aanbod van maritieme brandstoffen moet mee met deze transitie.

Maritieme brandstoffen zijn overblijfselen van planten en dieren die in de zee leven (UnitedConsumers, 2022). Wanneer deze sterven zinken ze naar de zeebodem. Daar wordt uiteindelijk een laag gevormd die organische resten bevat. Deze resten worden druppels van olie en gas (Vermeire, 2021). De uitstoot van maritieme brandstoffen zijn zeer slecht voor onze aarde. Het verminderen van de milieuvervuiling afkomstig van maritiem transport is de afgelopen jaren prioriteit. Bij het uitstoten van deze brandstoffen komen er grote hoeveelheden zwavel vrij. MARPOL, de conventie voor het voorkomen van vervuiling van schepen, bepaalt de regelgeving in verband met de uitstoot van zwaveloxiden, stikstofoxiden en fijn stof (IMO, 2019a). Er wordt onderzoek gedaan om de uitstoot van schepen circulair te maken. In Amsterdam is er een onderzoek bezig naar het gebruik van waterstof in zijn vaste vorm als circulaire en emissievrije brandstof (Port of Amsterdam, 2021). Zolang er nog onderzoeken bezig zijn en er nog geen evenwaardige circulaire brandstof op de markt is, moet er zo duurzaam mogelijk omgegaan worden met fossiele brandstoffen. Het doel is om fossiele brandstoffen duurzamer te gaan gebruiken tijdens de transitie naar een circulaire maritieme wereld.

1 Wat is circulaire economie?

1.1 114 definities

A circular economy describes an economic system that is based on business models which replace the 'end-of-life' concept with reducing, alternatively reusing, recycling and recovering materials in production/distribution and consumption processes, thus operating at the micro level (products, companies, consumers), meso level (eco-industrial parks) and macro level (city, region, nation and beyond), with the aim to accomplish sustainable development, which implies creating environmental quality, economic prosperity and social equity, to the benefit of current and future generations (Kirchherr et al., 2017, p. 229).

Er wordt steeds meer gesproken over circulaire economie, maar wat is dat nu juist? Julian Kirchherr (2017) heeft 114 mogelijke wetenschappelijke definities gevonden van een circulaire economie tijdens zijn onderzoek. Het begrip 'circulaire economie' kan dus op meerdere manieren geïnterpreteerd worden. De definities kunnen onderverdeeld worden aan de hand van de verschillende elementen die besproken worden. Eerst en vooral, wordt er in de definitie gesproken over de R-strategieën? Deze zijn reduce (het verminderen), reuse (het hergebruiken van producten), recycle (het hergebruiken van grondstoffen) en recover (het opwekken van energie door verbranding). 50% van de geanalyseerde definities verwijst naar reduce, 70% verwijst naar reuse en 72% heeft het over recycle. Sinds 2012 neemt de rol van deze R-strategieën af. Men begint in te zien dat circulaire economie meer is dan het recycleren van producten en grondstoffen en dat het hele systeem moet herzien worden op vlak van de menselijke activiteiten. Ook andere elementen worden bekeken zoals de aanwezigheid van de afvalhiërarchie en de voorrang van een bepaalde R-strategie ten opzichte van een andere R-strategie. Vervolgens is er ook onderzocht of het systeem rekening houdt met de verschillende perspectieven. Het microperspectief heeft betrekking op de consumenten en de bedrijven. Het mesoperspectief kijkt het op lokaal en regionaal niveau. De toepassing op nationaal en wereldwijd gebied en in verschillende industrieën wordt bekeken met het macroperspectief. In de verschillende definities wordt ook besproken wie de circulaire economie mogelijk maakt. Moet het door de consumenten (19%) of door de business modellen (11%) in realiteit verwezenlijkt worden? Deze percentages zijn veel te laag om circulaire economie op de kaart

te zetten. Er is veel meer aandacht voor nodig. Consumenten zijn noodzakelijk om circulaire economie mogelijk te maken. Het finale element is de vraag of er nadrukkelijk verwezen wordt naar duurzaamheid of de duurzame ontwikkeling. Bespreekt men de kwaliteit van het milieu (35%), de economische vooruitgang (46%), de sociale gelijkheid (19%) of het effect voor onze toekomstige generaties (1 van de 114 definities)? Aangezien er zo veel variaties bestaan van het begrip 'circulaire economie' interpreteert iedereen dit op zijn eigen manier (Korhonen, Honkasalo, & Seppälä, 2018). Iedereen heeft zijn eigen mening over wat nu precies het belangrijkste element is in een circulaire economie en hoe ver dit systeem is geïntegreerd in de maatschappij.

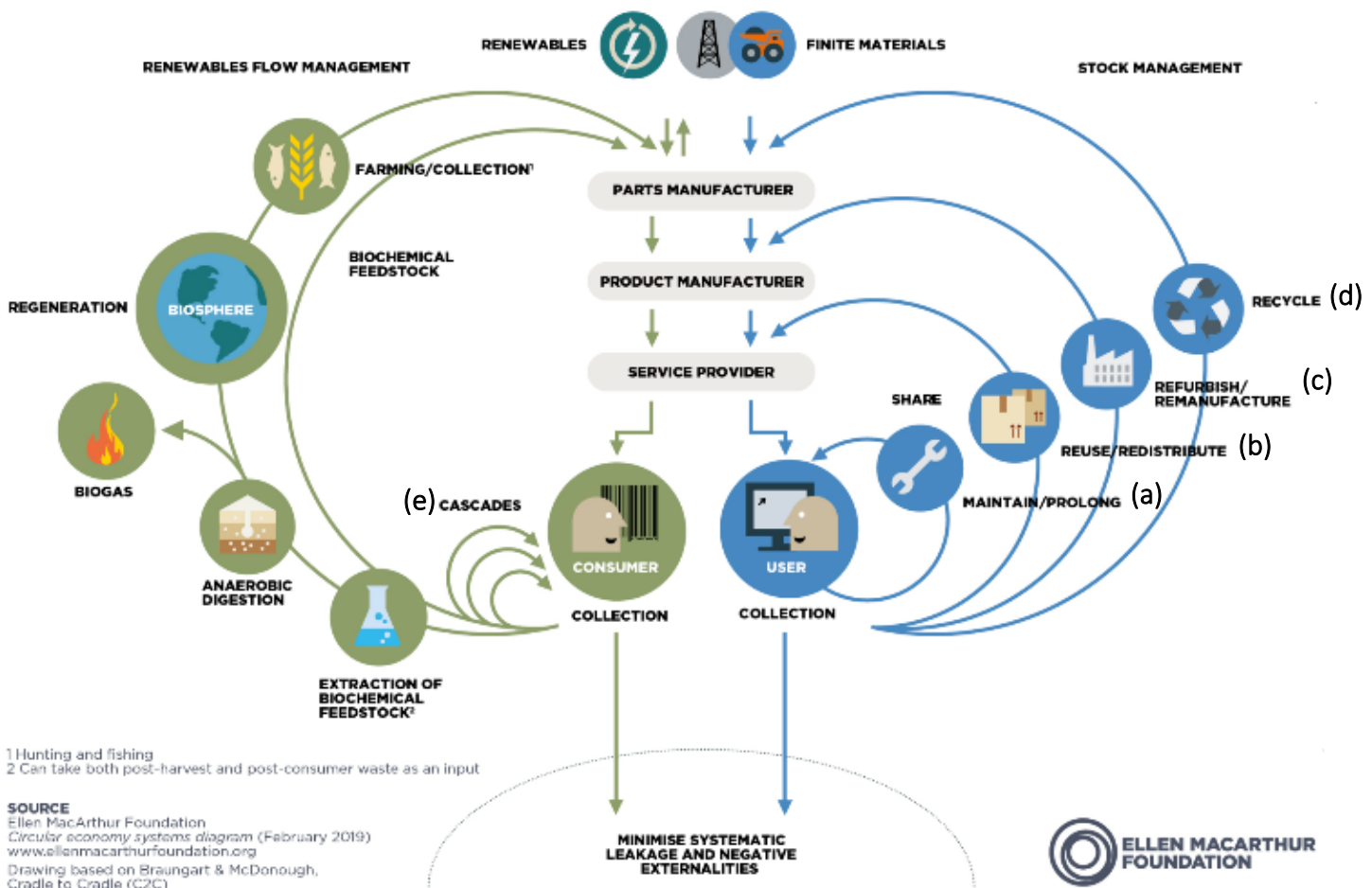
Kirchherr (2017) heeft na zijn onderzoek zelf een definitie opgesteld. Hij kiest ervoor om een redelijk ruime definitie van circulaire economie te gebruiken. Hij heeft het over alle elementen die besproken worden in zijn onderzoek. Circulaire economie is een economisch systeem met business modellen gericht op verminderd gebruik van grondstoffen, hergebruik van producten en grondstoffen en het terugwinnen van materialen dat wordt toegepast op alle niveaus (micro, meso en macro) met als doel bij te dragen aan een duurzame ontwikkeling, op sociaal en economisch vlak, en aan milieu.

1.2 Circulaties in een circulaire economie

In een circulaire economie bestaan twee cycli, de technische en biologische (Figuur 1). Door dit onderscheid wordt het meer duidelijk hoe materialen voor lange tijd en zonder verlies van kwaliteit gebruikt kunnen worden. Technische materialen, ook synthetische materialen genoemd, volgen een andere cyclus dan organische materialen. Door deze verschillende cycli is het van uiterst belang dat organische en technische materialen van elkaar gescheiden worden na gebruik (Ellen MacArthur Foundation, 2015).

De technische cyclus of synthetische cyclus maakt gebruik van materialen die beperkt beschikbaar zijn en moeilijk opnieuw worden geproduceerd. Materialen zoals fossiele brandstoffen en metalen behoren tot deze groep. Het spreekt voor zich dat de voorraad van deze eindige materialen goed wordt beheerd. Bij het toepassen van een circulaire economie worden deze materialen enkel gebruikt en niet meer verbruikt. De oorspronkelijke waarde van deze materialen wordt na gebruik teruggewonnen uit reststromen. De organische materialen, die behoren tot de biologische cyclus, worden met behulp van biologische processen

opgenomen in het ecosysteem en opnieuw gekweekt. In deze biologische cyclus is het ecosysteem de belangrijkste component. Ze moet zo goed mogelijk haar werk kunnen doen om dezelfde kwaliteit telkens opnieuw te kunnen leveren. In deze cyclus mag men aan consumptie doen van bemesting, voedsel en water. De consumptie moet op een bepaalde manier gebeuren zodat de ecosystemen niet overbelast raken en stromen niet besmet raken met toxische stoffen. Hernieuwbare organische grondstoffen kunnen pas opnieuw gekweekt worden wanneer er met deze factoren rekening wordt gehouden.



Figuur 1 Schematische weergave van het begrip circulaire economie
 groene cyclus: biologische cyclus, blauwe cyclus: synthetische cyclus

(a) onderhoud en herstel, (b) hergebruiken en herverdelen, (c) opknappen en reviseren, (d) recycleren, (e) cascaderen

Bron: Ellen MacArthur Foundation (2019)

De synthetische cyclus wordt weergegeven met een blauwe kleur (Figuur 1). In deze cyclus bestaan er verschillende niveaus. Een kleinere cirkel heeft minder bewerkingsstappen, arbeid, energie en nieuw materiaal nodig om terug zijn oorspronkelijke waarde te bekomen. Om deze reden heeft een kleinere cirkel de voorkeur boven een grotere cirkel. De verschillende niveaus

stellen de verschillende manieren voor het hergebruiken van een product voor. Het niveau dat de minste bewerkingsstappen nodig heeft, is onderhoud en herstel (Figuur 1 (a)), de binnenste cyclus van het technische deel. Het product wordt gerepareerd en onderhouden tijdens het gebruik om de levensduur te verlengen. Verder naar buiten toe staat het hergebruiken en herverdelen (Figuur 1 (b)). Het product wordt direct hergebruikt door het opnieuw op de markt te brengen. Op het volgende niveau, opknappen en reviseren (Figuur 1 (c)), wordt het product uitvoerig opgeknapt en hersteld door de fabrikant. De buitenste cirkel, diegene met de meeste bewerkingsstappen, staat voor recycling (Figuur 1 (d)). Het doel is onderdelen of materialen uit het product terughalen en ze opnieuw gebruiken.

Cascaderen (Figuur 1 (e)) is de binnenste cirkel in de biologische schakel, de groene cyclus. Voor het hergebruik in de biologische cyclus gebruikt de Ellen MacArthur Foundation (2013) het begrip cascades, het gebruiken van een product of een deel hiervan voor een andere toepassing (Sathre & Gustavsson, 2006). Een product is niet langer in staat om zijn oorspronkelijke functie te vervullen en wordt hergebruikt met behulp van doorgave (McKinsey & Company, 2013). Cascaderen is niet hetzelfde als hergebruik en recycling, de functie van het product verandert en de manier waarop het product bewerkt wordt is anders. Het hergebruiken van een T-shirt betekent dat deze wordt verkocht in een tweedehandswinkel. Het toepassen van recyclage op het T-shirt houdt in dat deze versnipperd wordt tot katoenvezels en nadien omgesponnen wordt tot garen. Als men het T-shirt gaat cascaderen, gaat men het oude T-shirt gebruiken als vulling voor een kussen.

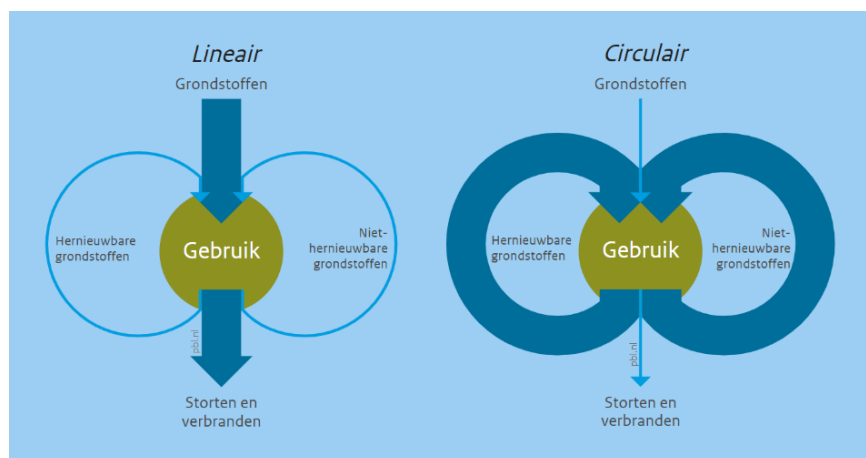
Beide cyclussen, biologisch en technologisch, maken gebruik van het principe dat de levensduur van een product zo lang mogelijk moet worden gemaakt. Er zijn twee manieren om de levensduur te verlengen. De eerste optie is het proces vertragen en het product langer te gebruiken door de nadruk te leggen op de emotionele hechting en de aanpasbaarheid van het product. De tweede optie is het product meerdere cycli van hergebruik te laten doorlopen. Dit kan door de uitwisseling van producten en door goed onderhoud van het product met als doel het product voor lange termijn te gebruiken zonder dat herstel nodig is (Ellen MacArthur Foundation, 2015).

Puurheid van de stromen is een zeer belangrijk element. Voor zowel de biologische als de technologische cyclus is het van belang dat reststromen niet vervuild worden met andere

materialen. Deze stromen kunnen het makkelijkst ingezameld en meest hergebruikt worden. De materialen worden eenvoudig van elkaar gescheiden na gebruik en de stromen worden op een bepaalde manier verzameld zodat ze niet vervuild raken met toxische stoffen (Ellen MacArthur Foundation, 2015). Het belang van een pure stroom in de circulaire economie wordt duidelijk aan de hand van appelsienen. PeelPioneers is een schillenboer die circulaire oplossingen heeft bedacht. Het bedrijf haalt sinaasappelschillen op bij de horeca en haalt de essentiële oliën eruit. Deze oliën worden vervuild wanneer er etensresten bijzitten en kunnen dus niet gebruikt worden voor cosmetica. De waarde van het product is gedaald. Wanneer er geen etensresten bijzitten, worden de oliën veel toegepast in levensmiddelen, cosmetica en schoonmaakmiddelen. Op het laatste komt de pulp, die overblijft, bij een boer als veevoer terecht (Huybrechts, Van Moer, Leroy, De Naeyer, & Dierckx, 2021). Op deze manier is het circulaire proces compleet.

2 Het verschil tussen lineaire en circulaire economie

Op het eerste zicht ligt het verschil tussen een lineaire en circulaire economie voor de hand. De theoretische definitie van lineair betekent “in één richting, rechtlijnig”. Een lineair proces heeft een begin- en eindpunt. In een klassieke lineaire economie worden grondstoffen verwerkt tot een product en na het in gebruik nemen van dit product wordt deze weggegooid (Ajawani-Ramchandani, Figueira, Torres de Oliveira, & Jha, 2021). In een circulaire economie tracht men de kringlopen van de gebruikte grondstoffen te sluiten. Circulaire economie gaat verder dan enkel recycleren. Er wordt ook bekeken hoe de productie van producten zo duurzaam mogelijk kunnen verlopen en welke systemen men hiervoor moet gebruiken (Ajawani-Ramchandani et al., 2021).



Figuur 2 Het verschil tussen lineair en circulair gebruik van grondstoffen

Bron: PBL (2019)

Het grote verschil tussen een lineaire en circulaire economie is het gebruik van grondstoffen (Figuur 2). Lineaire economie volgt het “take-make-dispose” proces, de producten worden weggegooid na gebruik. De grondstoffen worden verzameld, daarna omgevormd tot producten en na gebruik worden ze afval. In een circulaire economie gaat men de nadruk vooral leggen op het hergebruik van producten en grondstoffen. De aanloop van nieuwe grondstoffen is minimaal net zoals de hoeveelheid afval en beschadigde uitlaten voor water en lucht.

Een circulaire economie volgt het “reduce-reuse-recycle” proces (Velenturf & Purnell, 2021). Het doel is het gebruik van grondstoffen te minimaliseren en het hergebruik van producten en onderdelen te maximaliseren. Met de stap recycle moeten de grondstoffen die hergebruikt

worden dezelfde kwaliteit bezitten. Het is niet de bedoeling dat de kwaliteit van het gehele product naar beneden daalt omdat een onderdeel hergebruikt wordt (Korhonen et al., 2018).

In een economie wordt meestal ook de verhouding ten op zichte van duurzaamheid bekeken. Duurzaamheid in een lineaire economie is anders dan in een circulaire economie. In een lineaire economie focust men zich op eco-efficiëntie, de ecologische impact minimaliseren om dezelfde output te krijgen (Braungart, McDonough, & Bollinger, 2007). De tijdsperiode waarin het systeem overbelast geraakt, moet verlengd worden. In tegenstelling tot een circulaire economie, is de duurzaamheid terug te vinden in het verhogen van de eco-effectiviteit van het stelsel (Niero et al., 2017), niet alleen de ecologische impact wordt geminimaliseerd. Het systeem wordt zo veranderd dat de ecologische, economische en sociale impact positief worden. In West-Canada is er onderzoek gedaan naar de verhouding methaan ten opzichte van de totale hoeveelheid broeikasgassen tijdens de productie van rundsvlees. Hieruit is gebleken dat 63% afkomstig is van methaan, uitgestoten door rundvleesproducerende boerderijen (Beauchemin, Janzen, Little, McAllister, & McGinn, 2010). Deze uitstoot draagt bij aan het broeikasgaseffect. De hoeveelheid methaan die wordt uitgestoten in een lineaire economie verminderd door de koeien anders te voederen. De hoeveelheid vlees blijft hetzelfde, maar wordt geproduceerd op een minder vervuilende manier. Met andere woorden, de productie wordt eco-efficiënter.

In een circulaire economie wordt een duurzame oplossing bereikt door gebruik te maken van een vleesvervanger en niet meer door runderen te kweken. Voor deze vleesvervanger worden planten verbouwd. Hierdoor gaat men bijdragen aan de biodiversiteit, werkgelegenheid en het landschapsbeheer. Om eco-effectiviteit te kunnen realiseren moet de functie van producten en onderdelen die hergebruikt worden evenwaardig of zelfs van hogere waarde zijn dan de oorspronkelijke functie (Frei, 1998).

3 Nadelen van een lineaire economie

De lineaire economie, het huidige systeem, brengt zowel ecologische als economische problemen met zich mee. Zoals eerder vermeld maakt dit systeem gebruik van “take-make-dispose”. Deze denkwijze wordt geleid door de winning van hulpbronnen, de vervaardiging van goederen en diensten en de eliminatie van afval na het einde van het gebruik. Door de ecologische en economische nadelen die dit systeem met zich meebrengt, komt het behoorlijk onder druk te staan. Als eerste een opsomming van de ecologische nadelen. De productiviteit van de ecosystemen komt ten nadele van de productie van goederen in een lineair systeem. Door een te hoge druk op onze ecosystemen komt de voorziening van vitale ecosystemediensten, zoals het zuiveren van water, lucht en bodem in het gedrang (Michelini, Moraes, Cunha, Costa, & Ometto, 2017). Alle drie de stappen van een lineaire economie beschadigen de ecosysteemdiensten. In de eerste plaats leidt de collectie van grondstoffen en de productie van materiaal tot veel energie- en waterverbruik en de eigen aanmaak van bossen en meren wordt verstoord door deze verzameling (Didenko, Klochkov, & Skripnuk, 2018). Bij de productie van goederen worden giftige stoffen uitgestoten en vervolgens bij het weggooien van deze producten wordt ruimte van natuurlijke gebieden in beslag genomen (Tong, Liu, & Liu, 2020).

Een ander nadeel van de lineaire economie is de grote hoeveelheid primair plastic die wordt geproduceerd. Als de productie van primair plastic blijft groeien in de huidige trend, produceren we 1.1 biljoen ton plastic in 2050 (Geyer, 2020). Bij het toepassen van een circulaire economie moet minder tot geen primair plastic geproduceerd worden. Van de zeven biljoen ton die reeds wordt geproduceerd, wordt 76% gedumpt op stortplaatsen of in de natuurlijke omgeving en slechts 10% wordt gerecycleerd (Geyer, 2020). Deze zijn meestal bedoeld voor korte termijn gebruik en het “take-make-dispose” proces is snel aan zijn einde (Wang, Tan, Peng, Qiu, & Li, 2016). Elk jaar belandt ongeveer 4-12 ton plastic in de oceaan (d’Ambrières, 2019). Oorspronkelijk wordt het merendeel op land geloosd. Plastic wordt opgedeeld in kleinere deeltjes door fragmentatie (Barnes, Galgani, Thompson, & Barlaz, 2009). Bij dit chemisch proces kunnen giftige stoffen vrijkomen. Al die kleine deeltjes vergaan nooit en zijn overal te vinden. Deze deeltjes worden meegevoerd door de wind en komen overal op aarde terecht. Microplastics zijn op geen enkele manier uit het milieu te halen. Het regent letterlijk microplastics overal op aarde. Het nadeel hiervan is dat ze schadelijk zijn voor alle diersoorten,

ook voor de mens. We krijgen de allerkleinste deeltjes binnen in ons lichaam. De nanoplastics bereiken uiteindelijk onze organen en hersenen (Mattsson, Jovic, Doverbratt, & Hansson, 2018). Het plastic verstoort ook de voedselketen van vissen. De levering van vis als ecosysteemdienst van de oceanen wordt beschadigd door de productie van plastic (Xanthos & Walker, 2017).

Lineaire economie heeft ook economische nadelen. De toevoer van materiaal komt in gevaar door de onzekerheid die wordt veroorzaakt door fluctuerende grondstofprijzen, zeldzame materialen, geopolitieke afhankelijkheid van diverse materialen en de vraag die alsmar groter wordt. Ook hier biedt circulaire economie een alternatief. Sinds 2002 maken de grondstofprijzen steeds grotere sprongen. Grondstofprijzen zijn erg volatiel door de onzekerheid die op de markt aanwezig is. Deze onzekerheid wordt veroorzaakt door de beschikbaarheid van grondstoffen in de toekomst. Globaal gezien zijn deze prijzen sinds 2002 gestegen met significante schommelingen (Van Acker, 2017). Op korte termijn kunnen deze erg fluctueren van grote prijsstijgingen tot scherpe prijsdalingen. Wanneer de grondstofprijzen hoog zijn, kan de circulaire economie zijn kans grijpen. Het circulaire proces toepassen is goedkoper dan het ontginnen van primaire grondstoffen. Als plotseling het aankopen van een primaire grondstof goedkoper wordt, heeft het hergebruik van producten en grondstoffen het moeilijker omdat deze minder zullen opbrengen. Toch is de volatiliteit een belangrijk proces waarmee men moet leren werken. De voornaamste drijfveren om aan circulaire economie te doen zijn de volatiele prijzen van grondstoffen en de beschikbaarheid van de grondstoffen (Van Acker, 2017).

88% tot 94% van alle producten is gemaakt uit nieuwe grondstoffen. Dit is het bewijs dat we gehecht zijn aan de beschikbaarheid van nieuwe grondstoffen. In 2017 haalden we jaarlijks 60 miljard ton grondstoffen uit de aarde. Er is voorspeld dat deze hoeveelheid blijft stijgen en dat we tegen 2030 aan 100 miljard ton grondstoffen per jaar zitten (Van Acker, 2017). Als we de gekende voorraden van bepaalde grondstoffen delen door de snelheid waarmee ze verbruikt worden, dan zullen er een aantal elementen heel snel niet meer beschikbaar zijn. Dit geldt voor lood, chroom, zink, goud en antimoon. Van deze stoffen is de voorraad gekend en zal deze voldoende zijn voor amper 20 jaar. Men blijft natuurlijk onderzoek doen naar nieuwe lagen op

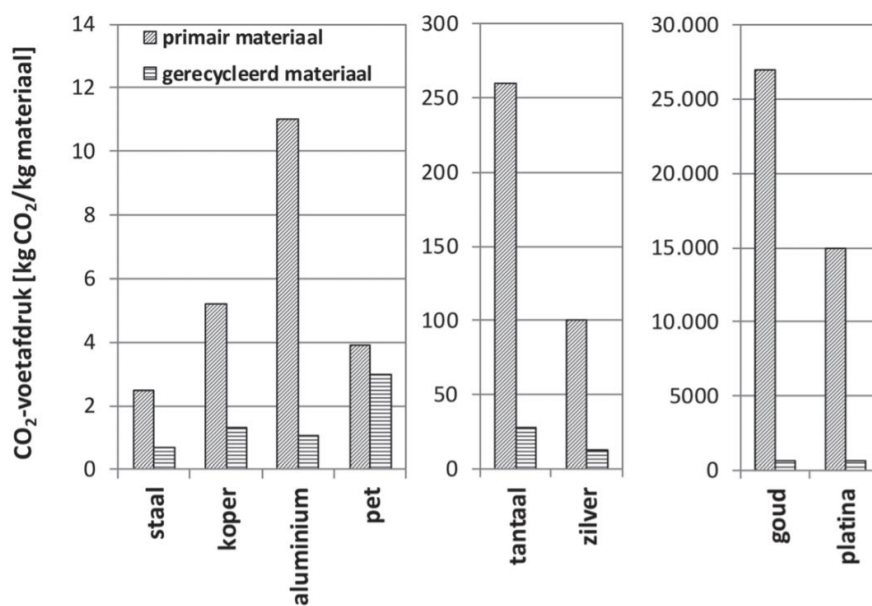
aarde waar deze stoffen aanwezig zijn. Het voorspellen wanneer een stof echt op zal zijn, blijft moeilijk te bepalen (Van Acker, 2017).

Door de onzekerheid over de beschikbaarheid van essentiële grondstoffen voor voeding gaan landen een geopolitieke strategie bespelen (Hees, 2013). Landen en bedrijven willen alles uit de kast halen om de toelevering van voldoende kwalitatieve grondstoffen veilig te stellen. De meeste voedselgerelateerde grondstoffen liggen geconcentreerd in de wereld. Deze stoffen zijn vooral te vinden in minder stabiele landen op politiek vlak. Landen en bedrijven treden steeds meer geopolitiek op voor hun grondstoffenaanvoer. Met andere woorden, ze regeren strategischer op geografisch vlak. Hierbij houdt de buitenlandse politiek rekening met geografische gegevens: zijn er zeewegen aanwezig, is er zoet water aanwezig en ook de aanwezigheid van minerale grondstoffen is van belang (Hees, 2013).

Het bevolkingsaantal blijft groeien en ook de welvaart wordt steeds groter waardoor de vraag naar materiële consumptie stijgt. In 2030 zal de toename van consumenten uit de middenklasse stijgen tot drie miljard (Ramkuma et al., 2018). De materiaalconsumptie in Westerse landen blijft stijgen door de drijfveer van het krachtig dalen van de levensduur van producten. De levensduur van producten neemt aanhoudend af omdat de consument steeds sneller nieuwe producten wil gebruiken en de oude sneller gaat vervangen. Door deze trend daalt de kwaliteit in de gebruikscyclus van een product. Het gevolg is dat de consument nog sneller nieuwe producten wilt (Ramkuma et al., 2018).

4 Ecologische en economische voordelen van een circulaire economie

Zoals reeds vermeld, heeft een lineaire economie ecologische en economische nadelen en is circulaire economie hier de oplossing voor. Wat zijn de voordelen op ecologisch en economisch vlak bij deze economie? Het niet overbelasten en uitputten van de ecologische systemen is het primaire doel van de circulaire economie. Op ecologisch vlak biedt circulaire economie een oplossing voor de vermindering van broeikasgassen, de vitaliteit van de ecosystemen en het behoud van natuurgebieden. Circulaire economie kan de klimaatopwarming tegen gaan omdat de uitstoot van het aantal broeikasgassen wordt verminderd. 25% van de totale uitstoot van broeikasgassen wordt veroorzaakt door de productie van materialen, waarvan het grootste deel door primaire materialen, die uit de natuur gewonnen worden, wordt uitgestoten (Van Acker, 2017). Wanneer deze primaire materialen vervangen worden door gerecycleerde materialen, wordt de hoeveelheid uitgestoten CO₂ aanzienlijk verminderd.



Figuur 3 CO₂-uitstoot van de productie van een primair materiaal en van een gerecycleerd materiaal

Bron: Van Acker (2017)

De verschillen zijn vooral zichtbaar bij de metalen (Figuur 3). De CO₂-uitstoot bij het recycleren van staal en koper is 3,5 tot 4 keer minder dan bij de productie van primaire metalen. Bij aluminium is dit verschil het tienvoud. De twee metalen, goud en platina hebben een CO₂-voetafdruk van veel grotere omvang dan de andere metalen. Bij het recycleren van goud wordt er amper 3% uitgestoten van de hoeveelheid die plaatsvindt bij de productie van het primaire

materiaal. Het is van groot belang dat zowel goud als diverse metalen zo veel mogelijk gerecycleerd worden in plaats van aan nieuwe ontginning te doen. Om de klimaatverandering tegen te gaan, moeten metalen zo veel mogelijk gerecycleerd worden.

De voedselvoorzieningen in de toekomst kunnen enkel veiliggesteld worden als er aan kringlooplandbouw wordt gedaan (Schouten, 2018). De methode hoe ons voedsel geproduceerd wordt, geraakt aanhoudend verder uit balans. De aarde kan niet meer voldoen aan onze vraag naar grondstoffen en de huidige manier van landbouwen is niet houdbaar. De landbouwsector is van mening dat, hoe de situatie momenteel bezig is, deze niet meer lang vol te houden is. Boeren, tuinders en vissers staan voor een grote uitdaging, maar deze groep is zeer gemotiveerd om iets te doen aan de huidige situatie. Landbouw, tuinbouw en visserij worden een component in het circulaire voedselsysteem. De huidige sector moet veranderd worden in een sector met minimale overbodige verliezen. Het doel is voortdurende verlaging van de consumptie van grondstoffen in plaats van continue verlaging van de kostprijs van producten. Dit kan enkel tot stand komen wanneer alle partijen verbindingen aangaan bij de evolutie naar een kringlooplandbouw. Zowel de producent als de consument moeten de nodige inspanningen leveren.

Natuurlijk heeft de circulaire economie ook economische voordelen. Het toepassen van een circulaire economie zorgt voor extra werkgelegenheid. Het spreekt voor zich dat wanneer de economie verandert, de arbeidsmarkt mee moet veranderen. Over de hele waardeketen, niet alleen in de recyclagesector, zullen er jobs bijkomen. Volgens Steunpunt Duurzaam Materialenbeheer (SuMMA) zal de overgang naar een circulaire economie zorgen voor 27.000 bijkomende jobs (Dubois & Christis, 2014). Dit aantal geldt enkel voor het afvalbeheer in Vlaanderen. Er zijn nog geen cijfers beschikbaar voor de gehele keten in Vlaanderen. Het Vlaams Materialenprogramma heeft onderzocht hoe de jobs worden beïnvloed (Bachus, Van Dyck, & Van Eynde, 2015). Er komen nieuwe jobs naar voor, maar ook veel wijzigingen in de inhoud van reeds bestaande jobs. Mensen gaan nieuwe vaardigheden leren kennen en nieuwe kennis opdoen. Ook van de consument hangt af of de circulaire economie zal slagen of mislukken. Producenten, designers, distributeurs en anderen kunnen dan wel alle moeite doen om deze verandering te doen slagen, als de consument niet mee wilt doen met het hele verhaal, dan is de kans van slagen klein. De consument zal zijn kennis, attitude en gedrag

moeten aanpassen om te leven volgens een circulaire economie. Vandaag de dag zijn fossiele brandstoffen de meest gebruikte brandstoffen in de maritieme wereld. Deze brandstoffen zijn zeer slecht voor het milieu en niet duurzaam. Er zijn onderzoeken bezig om te varen op biobrandstoffen, waterstof, ammoniak en zonne-energie in de toekomst. Om deze alternatieven te onderzoeken, moet er kennis opgedaan worden over deze producten en moeten er nieuwe vaardigheden ontwikkeld worden om met deze producten om te gaan. Ook hier moet de consument zijn manier van voorstuwing van zijn schepen willen aanpassen om naar een circulaire economie over te schakelen.

Circulaire economie heeft ook voordelen op macro-economische schaal (Balke, Evans, Rabbiosi, & Averous Monnery, 2017). De importfactuur van landen die grondstoffen importeren zal dalen en de volatiliteit van grondstofprijzen zal verminderen. In veel grondstofarme landen vormen natuurlijke grondstoffen, olie en kolen een groot deel van hun invoer. Wanneer deze landen hun binnenlandse consumptie verminderen, komen er meer essentiële middelen vrij. Bovendien zijn de prijzen van natuurlijke grondstoffen op de wereldmarkt vaak gekenmerkt door enorme prijsschommelingen die de kwetsbaarheid van de importeur vergroten. China staat in voor bijna 50% van de wereldwijde productie van primair aluminium (Xue, Liu, Brown, & Casazza, 2018). In 2017 heeft China de aanvoer van aluminium teruggeschroefd waardoor de prijzen op de wereldmarkt stegen. Door deze stijging wordt het bestaan van de aluminium-fabrieken bedreigd in landen die afhankelijk zijn van de import. Het verzamelen en recycleren van aluminium-afval, van bijvoorbeeld elektronische apparaten, kan de afhankelijkheid van import al sterk laten dalen. Een mogelijke tegenmaatregel heeft betrekking op de effecten van landen die grondstoffen exporteren. Momenteel zijn landen grondstoffen aan het importeren met de focus om aan circulaire economie te doen. Het doel is om de import van grondstoffen te verminderen. Dit kan negatieve gevolgen hebben voor landen die grondstoffen exporteren, doordat hun verwachte inkomsten uit de export van grondstoffen verlagen (Geerken, Schmidt, Boonen, Christis, & Merciai, 2019). Deze exporterende landen moeten nieuwe strategieën ontwikkelen en een andere economie toepassen die geen betrekking heeft op het onttrekken en exporteren van grondstoffen.

5 Cradle to Cradle (C2C)

5.1 Wat is C2C?

Cradle to Cradle is het oneindig hergebruiken van producten of producten gebruiken die onschadelijk kunnen worden afgebroken. Het concept is gebaseerd op drie basisvragen (Toxopeus, de Koeijer, & Meij, 2015). Is het biologisch afbreekbaar (Thoden van Velzen & Timmermans, 2011)? Is het opnieuw te gebruiken? Is het te verbranden voor energieopwekking? Innovatieve producten volgens C2C moeten zo ontworpen worden dat zowel de biologische als technologische kringloop volledig gesloten wordt. Dit wil zeggen dat de materialen afgebroken worden zonder het milieu te schaden en op een veilige manier hergebruikt kunnen worden. De nieuwe producten moeten intelligent ontworpen worden, het product zo ontwerpen dat ze waarde toevoegt. Intelligent ontwerpen kan bereikt worden door schadelijke grondstoffen te vermijden, het product zo te maken dat het makkelijk uit elkaar kan gehaald worden, de stoffen moeten in hun kringloop blijven en als laatste moet het mengen van stoffen vermeden worden zodat ze makkelijker gescheiden worden. Ook op gebied van productie kan men dit op een intelligente manier doen. Het doel is het voorkomen van nieuwe grondstoffen en energie te gebruiken, zo veel mogelijk gebruik maken van lokale mogelijkheden, gebruik maken van de volledige keten om kringlopen te sluiten en als laatste gebruik maken van duurzame energie.

5.2 Afzetmarkt

Als het concept van Cradle to Cradle wordt toegepast, wordt een nieuwe markt gecreëerd (Zelen, 2019) gebaseerd op het hanteren van gebruikte goederen zodat het afval verdwijnt. Het gebruik van een product wordt verkocht in plaats van het bezit van een product. Veel partijen zijn geïnteresseerd in het C2C concept, maar durven niet als eerste de stap te zetten. Iemand moet het initiatief en de risico's nemen, deze rol is ideaal voor de overheid. Om dit te realiseren moet de overheid de rol van launching customer op zich nemen (Bastein et al., 2013). Hierbij treedt zij zelf op als vragende partij door middel van haar inkoop- en aanbestedingsbeleid. Ze creëert een afzetmarkt voor bepaalde producten en diensten. Tegelijkertijd dient de overheid als voorbeeld voor andere partijen. Op deze manier spoort ze private partijen aan om het betrokken product of dienst in te kopen. De overheid heeft een machtspositie waardoor ze de markt kan stimuleren om in een bepaalde richting zich verder te

ontwikkelen (Janssens & Kooijman, 2008). Wanneer de overheid meerdere keren het concept toepast, kan men de resultaten gaan analyseren. Op deze manier krijgen marktpartijen de mogelijkheid om de voor- en nadelen af te wegen ten op zichte van elkaar. Het doel is om de positieve zaken te benadrukken en de voordelen te laten zien van deze werkwijze. Organisaties moeten bekend geraken met het principe en zien waarom dit essentieel is voor de maatschappij.

5.3 Het verband tussen C2C en circulaire economie

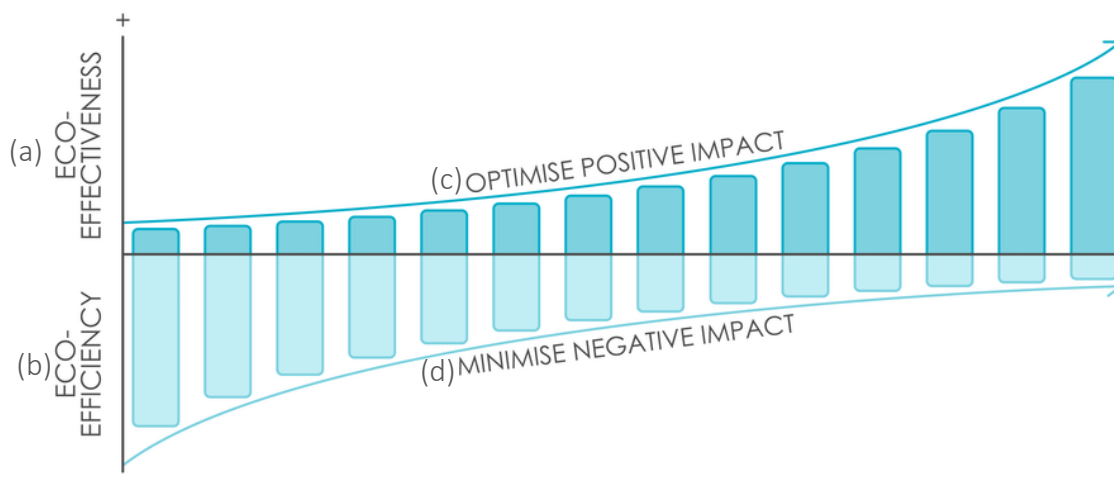
C2C is veel meer dan alleen circulaire economie. Het gaat niet enkel om het sluiten van de kringlopen. In het perfecte geval wordt elke grondstof of elk materiaal volledig hergebruikt, zonder verlies van waarde. Dit wordt upcycling genoemd (Thoden van Velzen & Timmermans, 2011). Bijvoorbeeld een stoel gemaakt uit aluminium en rubber. Op het einde van zijn leven heeft de stoel zelf geen waarde meer, maar de materialen zijn wel nog belangrijk. De stoel is op zo'n manier ontworpen dat het aluminium eruit kan worden gehaald en terug als aluminium gebruikt kan worden. Hetzelfde geldt voor de rubber. Cradle to Cradle gaat ook verder dan Life Cycle Assessment. Bij een Life Cycle Assessment start het op een traditionele manier met het winnen van grondstoffen en het eindigt als afval op een stortplaats of in een verbrandingsoven. Op deze manier verliest het product zijn waarde. Wanneer aan upcycling (Bridgens et al., 2018) wordt gedaan, worden de grondstoffen teruggenomen, gezuiverd en daarna opnieuw toegevoegd aan de cyclus. Door dit systeem toe te passen is Cradle to Cradle een continu proces (Eppink, Simons, & van den Broek, 2008).

5.4 Van efficiëntie naar effectiviteit

Eco-efficiëntie (Figuur 4 (b)) is het verbeteren van de waarde terwijl het de milieuverontreiniging en de uitputting van natuurlijke bronnen afremt (van de Westerlo, 2011). Met het toepassen van deze benadering kan het gebruik van fossiele brandstoffen geminimaliseerd worden, maar nooit geëlimineerd (Figuur 4 (d)). Het probleem wordt niet volledig opgelost dus een andere oplossing moet gezocht worden. Door het probleem louter te reduceren worden de groeimogelijkheden en de handelingsvrijheden beperkt. Eco-effectiviteit (Figuur 4 (a)) is de voordelen maximaliseren voor de ecologische en economische systemen (Figuur 4 (c)) (Niero et al., 2017). Het is gebaseerd op een cyclische werkwijze waarbij gebruikte materialen op een bepaalde manier worden toegepast in nieuwe producten,

objecten en processen zodat de energie volledig hernieuwbaar is. Eco-efficiëntie (Hauschild, 2015) is een korte-termijn oplossing. Het gaat over minder slecht doen, dus minder vervuilen, het optimaliseren van een systeem. Om een systeem te optimaliseren moet het eerst effectief zijn. Cradle to Cradle gaat over eco-effectiviteit namelijk goed doen en helemaal niet vervuilen. Dit wil men bereiken zonder verlies te maken op economische, ecologische en maatschappelijke waarde. Om positieve resultaten te bereiken op gebied van duurzaamheid is een eco-effectieve aanpak dus essentieel. Efficiëntie kan wel waardevol zijn als het wordt ingezet als een overgang om de huidige, schadelijke en lineaire economie te vertragen zodat er tijd is om een goede, onschadelijke economie te ontwikkelen.

C2C is een betrouwbare theorie over duurzame circulaire ontwikkeling, gericht op eco-effectiviteit. Het inspireert bedrijven en productontwikkelaars om op zoek te gaan naar vernieuwbare oplossingen voor een duurzamere wereld. Het onderzoek naar de toepassing Cradle to Cradle in de praktijk toont verschillende problemen aan (Toxopeus et al., 2015). Uit deze studie blijkt dat er verschillen zijn tussen de theorie en de dagelijkse toepassing van Cradle to Cradle. Deze verschillen zijn te vinden bij de ontwikkeling van de verpakkingen, meer in detail in het hele systeem en de certificering. In de praktijk leidt dit tot een systeem dat echte eco-effectiviteit mist, maar kan veel efficiënter zijn. Cradle to Cradle streeft naar innovatie, maar door beperkingen blijkt C2C in de praktijk louter efficiënt (Bjørn & Strandesen, 2011; Llorach-Massana, Farreny, & Oliver-Solà, 2015; Toxopeus et al., 2015).



*Figuur 4 Het verschil tussen eco-efficiëntie en eco-effectiviteit
 (a) eco-effectiviteit, (b) eco-efficiëntie, (c) optimaliseren van de positieve impact,
 (d) minimaliseren van de negatieve impact*

Bron: de Koeijer, Wever & Henseler (2017)

De overgang van efficiëntie naar effectiviteit (Herrmann, Blume, Kurle, Schmidt, & Thiede, 2015) toont aan dat er een fundamentele verandering moet komen in het herontwerpen van producten en systemen van de industriële materialenstroom waarin deze kunnen circuleren. Braungart en McDonough (2007) hebben een stapsgewijze strategie ontwikkeld hoe de overgang van eco-efficiëntie naar eco-effectiviteit kan gerealiseerd worden op het leven van productontwerp. Dit proces begint met de eliminatie van onwenselijke onderdelen (stap 1) en focust zich op het positieve van de wenselijke onderdelen (stap 4). Stap 5 roept op tot het heruitvinden van producten waarbij men overweegt hoe de noden optimaal vervuld kunnen worden. De noden waarvoor ze bestemd zijn, terwijl ze ondertussen bijdragen tot het ecologische en sociale systeem.

Stap 1: Vrij van...

Stap 2: Persoonlijke voorkeuren

Stap 3: De passieve positieve lijst

Stap 4: De actieve positieve lijst

Stap 5: Heruitvinding

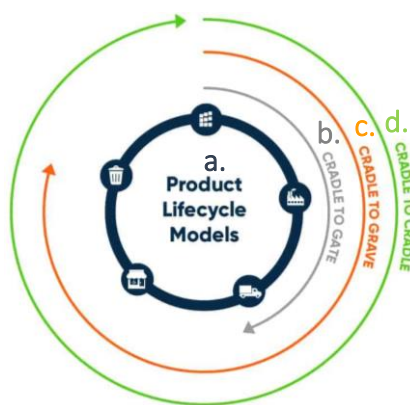
In stap 1 gaat men de giftige en eco-giftige stoffen elimineren uit de materialen. Bedrijven moeten een alternatief zoeken voor deze giftige stoffen. Deze stap moet zeer nauwkeurig gebeuren om zich ervan te verzekeren dat de alternatieven inderdaad beter zijn dan diegene die ze moeten vervangen. De volgende stap gaat over de persoonlijke voorkeuren, welke stoffen in de producten moeten zitten. De beste manier om dit te beslissen is een gedetailleerde kennis te hebben over de impact dat elk onderdeel heeft op het ecologische en menselijke systeem tijdens zijn levenscyclus. Elke stof heeft zijn eigen impact. Moet een bedrijf gaan voor een stof die standvastig in de natuur blijft, een stof die bijdraagt aan de globale opwarming of een stof die mogelijks later het mariene leven kan beschadigen? Zonder al deze kennis is het zeer moeilijk om deze beslissing te maken. Ook al beschikt men niet over voldoende informatie, toch moeten producten op de markt gebracht worden. Daarom komt de beslissing neer op persoonlijke voorkeur, gebaseerd op de meest beschikbare informatie. Deze voorkeur resulteert niet altijd in het meest eco-effectieve ontwerp. Het resultaat is een ontwerp dat minder erg is dan zijn voorganger. De lijst in stap 3 gaat over een classificatie van

stoffen naargelang hun giftige en eco-giftige karakteristieken. Het gaat vooral over hun mogelijkheid om mee te stromen in het biologische en technische metabolisme. Consumptieproducten worden beoordeeld op basis van toxiciteit voor mensen, bioaccumulatie in de natuur... Deze passieve positieve lijst wordt gebruikt om de graad van additionele toevoeging te bepalen die nodig is voor een bepaald product om een echt consumptieproduct te zijn. Na de passieve lijst volgt de actieve positieve lijst. In deze stap gaat men de passieve lijst optimaliseren. Deze optimalisatie gaat zover tot elk ingrediënt van een product positief is gedefinieerd als een biologische of technische voedingsstof. Stap 3 bepaalt de graad van optimaliseren en in stap 4 wordt deze optimalisatie geïmplementeerd tot de hoogste graad. De laatste stap is heruitvinding. Het gaat over de relatie tussen het product en de gebruiker. Het connecteren van ecologische, sociale en economische systemen. Dit wordt bereikt door het idee van biologische en technische metabolisme buiten de grenzen van bestaande producten en services te duwen.

6 Life Cycle Assessment (LCA)

6.1 Wat is een LCA?

Life Cycle Assessment, levenscyclusanalyse, is een methode om de invloed van producten en menselijke activiteiten op het milieu in kaart te brengen (De Croon, 2011). De hele levenscyclus van een product of activiteit wordt bekeken bij een LCA. Van de ontginning van grondstoffen via de productie en gebruik tot en met de afvalwerking. Levenscyclusanalyse is een vorm van ketenanalyse omdat het gaat om een keten van processen. Met behulp van deze analyse wordt duidelijk waar de grootste hervormingen kunnen worden aangebracht en gaat men voorkomen dat bedrijven enkel hun beste aspecten accentueren. Het resultaat van een LCA is een milieuprofiel. Dit is een 'scorelijst' met milieueffecten zoals bodem, lucht, landschapsaantasting en gezondheidsrisico's. Tijdens de productie en winning wordt ook energie en water verbruikt. Ook deze factoren worden in een levenscyclusanalyse toegevoegd. Aan de hand van dit profiel kan men afleiden welke milieueffecten van betekenis zijn tijdens de levenscyclus. Deze effecten kunnen eventueel met prioriteit behandeld worden. Op voorhand kan ook berekend worden of een maatregel doeltreffend gaat zijn. In combinatie met nabij liggende hulpmiddelen kan een LCA een welomschreven beeld opleveren van alternatieven van de bedrijfsvoering. Ook de gevolgen van iedere aanpassing wordt bekeken in deze analyse. Het toepassen van een levenscyclusanalyse kan zeer handig zijn vanaf het moment dat de levenscyclus belangrijk is of een milieuprofiel noodzakelijk is. De belangrijkste voordelen van een LCA zijn: de hele levenscyclus wordt in kaart gebracht, alle soorten milieueffecten worden meegenomen en het milieuprofiel geeft een duidelijk en overzichtelijk beeld.



Figuur 5 Levenscyclus modellen van producten
blauw: product levenscyclus model, groen: cradle to cradle, oranje: cradle to grave, grijs: cradle to gate

Bron: Liebsch (2019)

Een product doorloopt 5 stappen tijdens zijn leven (Figuur 5a). Het extraheren van grondstoffen, de productie en verwerking, het transport, het gebruik en de afvalverwerking. Een ander woord voor deze cyclus is Cradle to Grave (Figuur 5c). Met Cradle bedoelt men het begin van het product, het ontginnen van grondstoffen. Grave is het einde van het product. Een andere manier van beoordelen is het gebruiken van Cradle to Gate (Figuur 5b). Het product wordt beoordeeld tot het moment dat het product de fabriek verlaat. Het vervoer en gebruik door de retailer en de consument worden niet meegerekend. Deze Cradle to Gate analyse kan een LCA beduidend minder ingewikkeld maken. Men krijgt sneller inzicht over de interne processen. In een circulaire economie gaat men het concept van Cradle to Cradle (Figuur 5d) toepassen. De afvalfase wordt vervangen door een recycleerfase. Het product wordt herbruikbaar en de cirkel wordt gesloten (Liebsch, 2019).

6.2 Wie heeft een LCA nodig?

Iedereen heeft er baat bij om te weten wat de impact van een bedrijf is voor de wereld. Het is bijvoorbeeld interessant om te weten wat de biologische voetafdruk van uw toekomstige werkgever is. Een Life Cycle Assessment van een bedrijf is een zeer doelgerichte analyse. Het is een basis voor strategieën met betrekking tot duurzaamheid. Enkel als je dingen effectief hebt gemeten, kan je beslissingen nemen. Er is vastgesteld dat er vier afdelingen zijn binnen een bedrijf die rechtstreeks actie kunnen ondernemen op basis van een levenscyclusanalyse.

- Product Management
- Supply Chain Management & Inkoop
- Marketing & Sales
- Uitvoerend niveau & Strategisch Management

Het eerste is Product Management. Een bedrijf kan zaken doen met behulp van een LCA. Het geeft een overzicht wanneer er wordt voldaan aan voorschriften en regelgeving in verband met het milieu. Het opstellen van een Life Cycle Assessment is ook nodig voor het ontwikkelen van nieuwe duurzame producten. De vraag naar duurzaamheid kan komen van het bedrijfsbeleid, de wetgeving, de vraag van de klant zelf, maar meestal is duurzaam ondernemen ook doeltreffend voor de kosten. De volgende afdeling is Supply Chain Management & Inkoop. Bij het toepassen van deze strategie kan men betere leveranciers vinden. 80% van de totale milieupact is afkomstig van de supply chain (Liebsch, 2019). Omwille van deze reden is het

belangrijk dat een LCA op een eenvoudige manier de duurzaamheid kan vergelijken tussen verschillende leveranciers. De derde afdeling is Marketing & Sales. 81% van de consumenten vindt het belangrijk dat het bedrijf helpt bij de verbetering van het milieu (Liebsch, 2019). Voor deze afdeling is het belangrijk om te weten hoe duurzaam hun product is om aan de vraag van de klant te voldoen. Door het opstellen van een levenscyclusanalyse kan er bekeken worden waar het product het beter of slechter doet dan de concurrentie en de nodige aanpassingen maken. Op deze manier kunnen er kansen gegrepen worden om een eigen bedrijf duurzamer te maken. De laatste afdeling is op uitvoerend niveau & strategisch management. Wanneer een LCA wordt opgesteld, moet de duurzaamheid doorgetrokken worden in het hele bedrijf. Op dit niveau is er een interpretatie hoe duurzaam het product eigenlijk is en hoe je dit meedeelt aan de klant (Liebsch, 2019).

6.3 Hoe is een LCA opgebouwd?

Twee begrippen die bij verschillende LCA-methoden terugkomen zijn de functionele eenheid en scope (De Croon, 2011). Bij de functionele eenheid gaat men de functies omschrijven die het product of het systeem vervult. De basis wordt ontworpen om alternatieven met elkaar te kunnen vergelijken. In deze eenheid worden de eisen omschreven waaraan het product moet voldoen. De functionele eenheid moet ook meetbaar zijn en een referentiepunt moet bepaald worden van alle in- en output gegevens. Een voorbeeld aan de hand van drinkbekers. Drinkbekers zijn een opvangelement waarmee men 100 liter bier of frisdrank kan opdienen, zowel indoor events op kleine schaal als outdoor events op grote schaal. Dit gaat zowel over de productie van de bekers, de consumptie op het event en de afvalverwerkende fase. Scope is de beschrijving van het systeem. De grenzen van het bewijs worden bepaald (processen, emissies en details) en hoe representatief het systeem is (geografisch, tijdspanne en technologisch). Ook het bepalen tot welke categorie van milieu-impact het product behoort en de noodzaak voor oordelende review behoren tot de scope.

De International Organization for Standardization (ISO) heeft regels opgelegd in verband met Life Cycle Assessment (Lee et al., 2004). Tijdens het opstellen van een LCA moet men een stappenplan volgen (Figuur 6).

1. Vaststelling van doel en scope: In de eerste fase wordt de functionele eenheid bepaald.
2. Data inventarisatie: Een tabel wordt opgemaakt met alle milieugegevens uit de levenscyclus van het product. Voornamelijk de uitstoot van schadelijke stoffen en het gebruik van brandstof en grondstoffen worden vermeld. Ook zaken zoals ruimtebeslag, geluidshinder, en geur kunnen besproken worden. Het doel is het vastleggen van de manier waarop de mens gebruik maakt van het milieu. Het belang van een LCA is het bespreken van de milieu-ingrepen.
3. Impactanalyse: De ingrepen worden vermenigvuldigd met de bijhorende factoren die het karakter gaan bepalen. Per ingreep wordt een beeld verkregen van de bijdrage aan één of meer effectcategorieën. Bijvoorbeeld de impact die een product heeft op het klimaat. Deze impact wordt gemeten in CO₂-equivalenten. Alle ingrepen die bijdragen tot het CO₂-equivalent kunnen opgeteld worden. Op het einde wordt één effectscore per categorie verkregen. Aan de hand van deze scores is er een inzicht op de milieueffecten van het product. Deze lijst wordt het milieuprofiel van het product genoemd.
4. Interpretatie: Dit is de laatste stap van LCA. Het milieuprofiel wordt geanalyseerd. Er wordt bekeken welke ingreep de grootste bijdrage levert. Als laatste wordt het milieuprofiel vergeleken met de doelstelling. Op deze manier ontstaat er een eindconclusie die eventueel leidt tot een actieplan.



Figuur 6 De fases van een Life Cycle Assessment

Bron: Liebsch (2019)

7 Fossiele brandstoffen

7.1 Wat is marine brandstof?

Crude oil wordt gevormd over miljoenen jaren en is afkomstig van overblijfselen van planten en dieren die in de zee leven (UnitedConsumers, 2022). Wanneer deze sterven, zinken ze naar de zeebodem. Deze overblijfselen worden dan begraven met zand en modder en wordt een laag rijk aan organismen. Geleidelijk aan groeit deze laag tot tientallen meters dik. Door de hoge druk van deze lagen, stijgt de temperatuur van de laag met dode organismen. Het zand en de modder worden sedimentair gesteente en de organische resten worden druppels van olie en gas (Vermeire, 2021).

Er zijn vier geologische verschijnselen nodig opdat een olie- en gasveld kan ontstaan. Het eerste is *source rock* (McCarthy et al., 2011). Dit gesteente bevat organisch materiaal die onder warmte en druk koolwaterstoffen produceren. Het tweede is *reservoir rock* (Tumushabe, Helland-Hansen, Nagudi, Echegu, & Aanyu, 2022). Dit is een poreuze laag van gesteente waarin de koolwaterstoffen worden vastgehouden. *Cap rock* is de voorlaatste vereiste (Shukla, Ranjith, Haque, & Choi, 2010). Dit is gesteente of klei dat voorkomt dat de koolwaterstoffen kunnen ontsnappen. Als laatste is *Trap* noodzakelijk (Vermeire, 2021). Dit is een rotsformatie die gebogen is in een koepel of gebroken is door een breuk die de ontsnapping van de koolwaterstoffen naar boven of opzij blokkeert. Het belangrijkste is dat deze vier factoren op het juiste moment en tijd plaatsvinden en in de juiste volgorde gebeuren. Enkel op deze manier kan olie en gas gevormd en gevangen worden.

Momenteel vindt petroleum exploitatie plaats met behulp van seismische surveys (Miller & Cripps, 2013). Op of nabij het aardoppervlak wordt een seismische pulse gestart. Vervolgens gaat men de amplitudes en reistijden van deze golven die terugkeren naar het oppervlak vastleggen nadat deze gereflecteerd of gebroken worden op de grens tussen een of meer lagen gesteente. Zodra seismische gegevens verkregen zijn, worden deze verwerkt op een manier geschikt voor geologische interpretatie en detectie van petroleumreservoirs. Petroleumraffinaderijen zijn complexe systemen van verschillende operaties (Vermeire, 2021). Het proces dat plaatsvindt is afhankelijk van het gewenste product en de karakteristieken van de ruwe olie mix. Het doel van aardolieraffinaderijen is het omzetten van ruwe olie in verkoopbare producten. Deze producten zijn vooral gasolie, kerosine, jet fuel, gasoline en diesel. Om deze

producten te verkrijgen wordt ruwe olie eerst onderverdeeld in fracties door destillatie. Vervolgens worden de verschillende deeltjes verder verwerkt om de gewenste karakteristieken te verkrijgen en optimale opbrengst (Waheed & Oni, 2015).

7.2 Debunkering

Debunkering is het verwijderen van brandstof uit een schip dat bedoeld was om te varen. In sommige gevallen moet deze bunkerbrandstof als afvalstof worden aangemerkt, in andere gevallen als product (Inspectie Leefomgeving en Transport, 2022a).

De wetgeving over het debunkeren is lokale regelgeving. Elke haven of land, afhankelijk van waar ter wereld wie bevoegd is, kan wel zijn eigen standaarden zetten richting de dienstverleners. Eén van de bekendste zijn de Singapore Standards. Recent bracht ook Zuid-Afrika standaarden uit. In Antwerpen maken ze gebruik van een licentiesysteem met een aantal minimale vereisten richting veilig opereren en milieuvrijwaring.

Brandstof kan on spec zijn of off spec. Er wordt over on spec gesproken wanneer voldaan wordt aan alle voorwaarden van ISO 8217, de parameters van de brandstof overtreden geen regels. Er wordt over off spec gesproken wanneer er niet voldaan wordt aan één of meerdere voorwaarden van ISO 8217. Het is wettelijk niet mogelijk om deze brandstof te gebruiken aan boord van schepen omdat deze niet voldoet aan de kwaliteitsparameters.

Er zijn verschillende situaties waarin een schip vraagt om een debunkering te doen. Men kan twee grote onderscheidingen maken tussen de aanvragen. De eerste is een aanvraag over on spec fuel, maar het schip moet de brandstof kwijt. De tweede categorie is een brandstof die off spec is, bijvoorbeeld te hoog zwavelgehalte en het schip mag deze niet verbranden. Hiertussen zijn er nog veel andere opties om een aanvraag in te dienen. Er is niet altijd sprake van off spec brandstof wanneer een schip een aanvraag indient. Hierbij enkele voorbeelden waarom men vraagt voor een debunkering van on spec brandstof. Er kan een aanvraag ingediend worden wanneer een schip naar een ECA zone moet en niet de juiste brandstof aan boord heeft. ECA is een Emission Control Area waar schepen enkel brandstof mogen gebruiken met een laag zwavelgehalte. Er wordt dan een aanvraag ingediend om te wisselen van brandstof, ook al is de huidige brandstof on spec. Het is ook altijd mogelijk dat er schade is aan het roer van het schip en voor de herstellingen weegt het schip te zwaar om het roer omhoog te krijgen. Daarom moet men de brandstof eruit halen om later na de herstellingen deze terug toe te voegen. Een

off spec debunkering vindt plaats wanneer het schip niet in staat is om de fuel te verbranden volgens de parameters. Stel, het schip heeft een brandstof met 0,55% zwavel. Het is voor dit schip niet mogelijk om onder de limiet van 0,50% zwavel te geraken dus er moet een aanvraag ingediend worden. Bij deze situatie is men een off spec brandstof aan het offlitten. Het is off spec voor dit schip omdat er geen scrubbers aanwezig zijn. Indien deze brandstof op een schip terecht komt, geïnstalleerd met scrubbers, spreekt men van on spec brandstof. Deze kan aan boord blijven want bij de uitstoot zal het zwavelgehalte voldoen aan de voorwaarde van MARPOL Annex VI.

Na het debunkeren doet men een analyse van het product om te beslissen wat men ermee gaat doen. Men kan de brandstof blenden met bijvoorbeeld gasoline, zodat deze binnen de parameters valt. Indien de brandstof niet goed te krijgen is, dan zal deze verbrand worden en uit elkaar gehaald worden. In het geval van het schip zonder scrubbers, dat brandstof aan boord had met 0,55% zwavel, kan de brandstof doorverkocht worden aangezien deze on spec is.

Wanneer men spreekt over off spec brandstof zijn er 2 mogelijkheden. In eerste instantie kan men de debunkers verkopen aan een slop removing company. Dit zijn bedrijven die de afvalolie ophalen en afbreken. Dit zijn natuurlijk extra kosten voor de klant en wordt dus als laatste optie gezien. Het verkopen aan een slop removing company gebeurt zelden aangezien de meeste brandstoffen geen producten zijn die rechtstreeks van de raffinaderij komen. De meeste geleverde producten zijn al geblend met verschillende componenten. De tweede optie is om de brandstof te herblenden zodat deze terug als on spec brandstof uitgeleverd kan worden op andere schepen. Bij het herblenden gaat men componenten toevoegen of weghalen zodat de brandstof terug binnen de parameters valt.

Indien er iets fout loopt met de brandstof wanneer deze zich aan boord bevindt, gaat er eerst bij de leverancier gekeken worden om te zien waar de fout zit. Om deze reden heeft de leverancier een steekproef gedaan van de fuel om te bewijzen dat toen zij de brandstof aan boord hebben gebracht, de brandstof voldeed aan alle parameters. Vooraleer het tot een debunkering komt, zijn er veel middelen aan boord om deze brandstof toch verbrand te krijgen. Indien het schip betrappt wordt op een overtreding van MARPOL Annex VI krijgt het schip een boete. Vervolgens gaat men elke stap die de brandstof heeft doorlopen controleren om te zien

waar het fout is gelopen. De leverancier is 99% zeker dat de brandstof in orde is alvorens men deze levert aan het schip door alle steekproeven die er worden gedaan.

De bunkerwereld is geen zwart of wit wereld. Er zijn veel grijze kleuren tussenin te vinden. Alles hangt af van wat de reden is tot debunkering en welke mogelijkheden er zijn om deze problemen op te lossen. Of er al dan niet geblend mag worden hangt af van de klassering. Indien de brandstof een afvalstatuut heeft, is dit absoluut verboden. Indien de brandstof een product is, is het toegestaan mits de nodige formaliteiten nageleefd worden. De toestemming om te blenden hangt ook af van waar geblend wordt. Blenden aan boord mag niet, tenzij eventueel langs zij aan het douane-depot kan, landzijde mits de actor de nodige vergunningen heeft. Indien het correct opgeblend is, mag het gewoon als brandstof verkocht worden. Zelfs indien deze "off-spec" is, kan dit mits alle partijen akkoord zijn om tegen ISO te bunkeren.

Indien het gedebunkerde materiaal als een afvalstof beschouwd wordt, moet het in de eerste plaats als een afvalstof ingezameld worden door een inzamelaar, handelaar of makelaar van afvalstoffen. In België staan deze geregistreerd bij OVAM. Dit is de Openbaar Vlaamse Afvalstoffenmaatschappij die verantwoordelijk is voor het afvalbeleid. Als tweede moet deze afvalstof verbrand worden in een vergunde inrichting voor de verbranding van dat afval. Enkel als het gedebunkerde materiaal geen afvalstof is, mag deze geblend worden. Het toekennen van het afvalstatuut aan het gedebunkerde materiaal wordt zaak per zaak bekeken. Hiervoor dient de "Checklist debunkering". Zowel Vlaanderen als Nederland laten zaak per zaak onderzoeken of het gedebunkerde materiaal een afvalstof is of niet. Slechts indien dit als een afvalstof wordt geklasseerd, dient deze verbrand te worden.

7.3 Duurzamer gebruik van fossiele brandstoffen

Fossiele brandstoffen zijn vervuilend en hebben veel CO₂ uitstoot. Deze soort brandstof is tot nu toe de meest gebruikte om energie op te wekken. Het winnen van fossiele brandstoffen is vrij eenvoudig en het is een goedkope vorm van energie. Fossiele brandstoffen zijn gemakkelijk te vervoeren en gemakkelijk om op te slaan. Deze brandstoffen hebben ook een hoge efficiëntie en ze zijn niet afhankelijk van het weer, in vergelijking met wind- en zonne-energie. Natuurlijk hebben deze brandstoffen ook grote nadelen. Fossiele brandstoffen zullen uiteindelijk opgeraken waardoor ze niet duurzaam zijn. Er komt ook een grote hoeveelheid CO₂ vrij bij het verbrandingsproces. Het winnen van fossiele brandstoffen kan tot verzakkingen leiden en

aardverschuivingen van de bodem als gevolg hebben. Ook komt er methaan vrij tijdens het productieproces waardoor het broeikaseffect wordt versterkt. Om de doelstellingen van 2050 te behalen is het noodzakelijk om de overgang te maken van lineair naar circulair. De mensen beseffen dat er iets moet veranderen aan de huidige manier van leven en het omgaan met grondstoffen en producten. Hernieuwbare energie wordt steeds populairder. De weg naar het volledige gebruik van hernieuwbare energie is nog lang en daarom kan het gebruik van fossiele brandstoffen niet volledig verwijderd worden. Het is noodzakelijk om tijdens deze transitie fossiele brandstoffen op een meer duurzame manier te gaan gebruiken. We weten dat fossiele brandstoffen niet duurzaam zijn, maar wel noodzakelijk zijn zolang er nog geen definitief alternatief is gevonden.

De vraag die iedereen stelt: "Is de maritieme wereld klaar voor een circulaire scheepvaart?". Vandaag de dag vaart het grootste deel van de scheepvaart nog steeds op fossiele brandstoffen. Er wordt nog steeds onderzoek gedaan naar een alternatief dat evenwaardig is aan het gebruik van fossiele brandstoffen, maar dat duurzaam, emissievrij en goed is voor onze planeet.

8 Onderzoek en Methodes

Voor het maken van deze thesis werd er gebruik gemaakt van twee soorten datasets. De eerste dataset is één die aangeeft wanneer de gebunkerde brandstof niet aan de norm voldoet. Deze gegevens komen uit de IMO GISIS. Er is onderzoek gedaan naar de meldingen afkomstig van MARPOL Annex VI voorschrift 14 en 18. De verzamelde gegevens zijn van de periode april 2010, de eerste melding in de databank, tot en met 2021. Er is beslist geweest om de meldingen die betrekking hebben op Rotterdam, Antwerpen, Hamburg en Amsterdam grondiger te onderzoeken. Dit zijn namelijk de vier grootste Europese havens. De tweede dataset is één die meegeeft wanneer er in Antwerpen brandstof van boord is gehaald in 2021. Deze gegevens zijn afkomstig van Het Departement Leefmilieu, Natuur en Energie.

Er zijn twee Excel bestanden gemaakt. Eén ervan gaat over de meldingen in de GISIS databank van Rotterdam, Antwerpen, Hamburg en Amsterdam. Elke haven heeft een eigen blad gekregen in Excel. Na het sorteren van alle meldingen zijn er grafieken gemaakt. De eerste grafiek gaat over de soorten meldingen van voorschriften 14 en 18 uit MARPOL Annex VI per Europese haven. De tweede grafiek gaat over hoeveel meldingen er per jaar zijn geweest in elk van de vier havens. Hierbij wordt ook besproken tegen welke voorschriften de meldingen werden gemaakt in elk jaar. Het derde onderwerp heeft betrekking op de brandstofleverancier. Per Europese haven is er onderzocht welke brandstofleveranciers verantwoordelijk zijn voor de overtredingen tegen MARPOL Annex VI voorschrift 14 en 18. Het tweede Excel bestand gaat over de aanvragen voor een debunkering die LNE heeft binnengekregen in 2021. Er zijn twee grafieken gemaakt aan de hand van de verkregen data. De eerste grafiek gaat uit van de reden waarom een debunkering is aangevraagd. De tweede grafiek gaat over de oorsprong van de brandstof die gedebunkerd moet worden.

8.1 MARPOL ANNEX VI

Administraties zijn verplicht om notificaties te maken aan de International Maritime Organization onder een voorschrift van MARPOL Annex VI. De geselecteerde meldingen zijn ingediend wegens het falen van brandstofleveranciers om de vereisten die gespecificeerd staan in voorschrift 14 of 18 van Annex VI te volgen (IMO, 2022a).

In bijlage A is een verwijzing terug te vinden naar het volledige Excel bestand van deze analyse.

Wanneer een notificatie wordt gemaakt tegen een overtreding van MARPOL Annex VI moet er vermeld worden over welk voorschrift het precies gaat. De onderverdeling is gemaakt tussen de vier grootste Europese havens nl. Antwerpen, Rotterdam, Amsterdam en Hamburg. In deze havens is er brandstof beschikbaar conform de vereisten van MARPOL Annex VI (IMO, 2022a). De wetgeving van MARPOL Annex VI voorschriften 14 en 18 waarvan melding gemaakt is kan terug gevonden worden in bijlagen C en D.

8.1.1 Wat is MARPOL Annex VI?

Pogingen om de milieuvervuiling, afkomstig van maritiem transport, te verminderen is de afgelopen jaren prioriteit (Yang et al., 2021). Om deze hoeveelheid te verminderen implementeert de International Maritime Organization (IMO) strenge voorschriften onder MARPOL Annex VI. Schepen zijn verantwoordelijk voor ongeveer 1 miljard ton CO₂ uitstoot. Dit komt overeen met ongeveer 3% van de wereldwijde CO₂ uitstoot (Yang et al., 2021).

MARPOL is de internationale conventie voor het voorkomen van vervuiling van schepen. Annex VI richt zich tot de luchtvervuiling van zeegaande schepen. De internationale luchtvervuiling vereisten van Annex VI bepaalt de limieten over de uitstoot van stikstofoxiden en vereist het gebruik van brandstof met een laag zwavelgehalte, het beschermen van de menselijke gezondheid en de omgeving door het verbieden van opzettelijke vrijlating van ozonafbrekende stoffen (IMO, 2019a).

Het hoofddoel van MARPOL Annex VI is een progressieve vermindering van de wereldwijde uitstoot van SO_x, NO_x en fijn stof en de introductie van Emission Control Areas (ECAs) om de uitstoot van deze bepaalde luchtvervuilers verder te verminderen in bepaalde zeegebieden (IMO, 2019a).

Vanaf 1 januari 2020 werd de limiet voor het zwavelgehalte verminderd van 3,50% naar 0,50% voor schepen die buiten een ECA varen. In ECAs werd sinds 2015 deze limiet verlaagd naar 0,10% voor zwavel en fijn stof (IMO, 2019a). De hoeveelheid NO_x uitstoot wordt beperkt door installaties te voorzien op marine diesel motoren van schepen. Schepen met motoren gebouwd vanaf 1 januari 2011 behoren tot Tier II. Motoren geïnstalleerd op schepen gebouwd vanaf 1 januari 2016 die werkzaam zijn in ECAs behoren tot Tier III (IMO, 2019a).

Om terug te komen op de zwavellimieten van 0,50% buiten ECAs en 0,10% binnen ECAs. Deze nieuwe limieten zullen zorgen voor een vermindering van 77% van de totale uitstoot van schepen (IMO, 2019b). Dit is vergelijkbaar met 8.5 miljoen metrische ton aan zwaveloxiden. Ook fijn stof zal verminderen. Dit zijn kleine schadelijke deeltjes die gevormd worden wanneer brandstof verbrand wordt. Men verwacht dat door deze maatregelen te treffen de hoeveelheid astma, longkanker, cardiovasculaire en longziektes verminderen (IMO, 2019b). Door de zwaveluitstoot van schepen te verminderen zal ook regen en verzuring van de oceaan voorkomen worden. Dit is gunstig voor de gewassen, bossen en organismen die in het water leven (IMO, 2019b).

Om te voldoen aan de voorwaarden is het toegelaten om brandstof te blenden met een hoger en lager zwavelgehalte. Additieven mogen gebruikt worden om bepaalde eigenschappen te bereiken zoals smeerbaarheid. Schepen mogen ook andere brandstoffen gebruiken, met lage waarde aan zwavel of zelfs waar geen zwavel aanwezig is, bijvoorbeeld LNG of biobrandstoffen. Het mengen van brandstoffen aan boord van schepen wordt afgeraden. Reders dienen zich te wenden tot de ISO 8217 en ISO/PAS 23263:2019. Reders moeten ook de compatibiliteit, stabiliteit en andere relevante eigenschappen van de gebruikte brandstof testen (IMO, 2019b). Het gebruik van scrubbers is toegelaten om te voldoen aan de zwavellimieten, indien dit goedgekeurd is door de vlaggenstaat. Scrubbers is een systeem dat uitlaatgassen reinigt. Scrubbers verwijderen de zwaveloxiden en fijn stof uit de uitlaatgassen (Jang et al., 2020). Op deze manier kunnen schepen met scrubbers aan boord HFO blijven gebruiken in overeenstemming met de IMO-richtlijnen (Jiang, Kronbak, & Christensen, 2014).

Natte scrubbers kunnen zowel werken met een open systeem of een gesloten systeem, alsook een combinatie van beide. Open systemen zijn ontworpen om zeewater rechtstreeks door het uitlaatgas te sproeien, zodat de natuurlijke alkaliteit van zeewater het zuur in het gas kan neutraliseren (Jang et al., 2020). Zeewater wordt aangevoerd en afgevoerd met behulp van een pomp en stroomt maar één keer door het systeem (Tran, 2017). Het waswater wordt rechtstreeks in de zee geloosd (Wilailak, Yoo, Kim, & Lee, 2021). In een gesloten systeem wordt het behandelingswater gereinigd en teruggevoerd naar de scrubber in een continu gesloten systeem. Deze systemen zijn ontwikkeld voor zones waarin het lossen van waswater verboden is (Wilailak et al., 2021). In een gesloten systeem worden fijn stof en het water behandeld om

de pH op peil te houden en vervolgens geschikt te maken voor hergebruik in de scrubber (Tran, 2017). De kleine hoeveelheden water die vrijkomen worden opgeslagen aan boord om daarna aan land af te geven. Een schip dat een combinatie van beide systeem heeft, zal het open systeem gebruiken op open zee en het gesloten system in ECAs of havens (Wilailak et al., 2021).

Het onderzoek van Yang et al. (2021) toont aan dat het gebruik van scrubbers zorgt voor zeer weinig tot geen vermindering van NO_x, CO en CO₂ uitstoot. Scrubbers zorgen wel voor een beduidende vermindering van meer dan 97% voor de uitstoot van SO_x. Het onderzoek suggereert dat scrubbers niet het gewenste resultaat bezorgen voor de vermindering van fijn stof en uitstoot van zwarte koolstof. Aangezien er geen IMO standaard bestaat voor uitstoot van fijn stof, wordt ook hierover gesuggereerd om een aparte emissie standaard te maken over fijn stof.

Helaas zijn er ook barrières aanwezig die ervoor zorgen dat het voor de maritieme wereld moeilijk is om deze nieuwe voorschriften van de IMO ook effectief te implementeren en na te leven. Na onderzoek vindt men een top drie van barrières (Animah, Addy-Lamptey, Korsah, & Sackey, 2018). Op de eerste plaats komt het tekort aan infrastructuur. Op de tweede plaats komt het tekort aan uitgebreide wetten in verband met luchtverontreiniging afkomstig van maritieme operaties op zee. Als laatste zijn het de hoge kapitaalkosten en operationele kosten die nodig zijn voor de oplossingen om zwavel te verminderen.

8.1.2 Voorschrift 14 - Zwaveloxiden (SO_x) en Fijn Stof

De controle van de uitstoot van SO_x en fijn stof is van toepassing op alle brandstof, verbrandingsapparatuur en apparaten aan boord en omvat daarom ook zowel de hoofdmotoren als de hulpmotoren samen met boilers en inert gas generatoren (IMO, 2019c). De controle wordt onderverdeeld in twee delen. Het eerste deel is van toepassing binnen een ECA. Het tweede deel is van toepassing op gebieden buiten een ECA. Deze worden voornamelijk bereikt door het maximale zwavelgehalte van de brandstof te beperken die wordt geladen, gebunkerd en vervolgens aan boord wordt gebruikt. De limieten voor zwavel, uitgedrukt in % m/m, zijn stapsgewijs veranderd over de jaren heen.

Tabel 1 Zwavellimieten binnen en buiten ECA

Buiten een ECA opgericht om SO _x - en fijnstofemissie te beperken	Binnen een ECA opgericht om SO _x - en fijnstofemissie te beperken
4,50% m/m voor 1 januari 2012	1,50% m/m voor 1 juli 2010
3,50% m/m op en na 1 januari 2012	1,00% m/m op en na 1 juli 2010
0,50% m/m op en na 1 januari 2020	0,10% m/m op en na 1 januari 2015

De vastgestelde ECAs zijn:

1. Baltische Zeegebied – zoals gedefinieerd in Annex I van MARPOL (alleen SO_x);
2. Noordzee gebied – zoals gedefinieerd in Annex I van MARPOL (alleen SO_x);
3. Noord-Amerikaans gebied – zoals gedefinieerd in Appendix VII van Annex VI van MARPOL (SO_x, NO_x en PM);
4. Verenigde staten Caraïbische Zee gebied – zoals gedefinieerd in Appendix VII van Annex VI van MARPOL (SO_x, NO_x en PM).

De meeste schepen die zowel binnen als buiten deze ECA varen, zullen daarom werken met verschillende brandstoffen om te voldoen aan de bovenstaande limieten. Alvorens een ECA binnen te gaan, is het verplicht om volledig overgeschakeld te zijn naar het gebruik van brandstof binnen de limieten van ECA. Het overschakelen naar brandstof met een hoger zwavelgehalte mag pas beginnen nadat men de ECA heeft verlaten. Al deze operaties moeten in het logboek genoteerd worden, zoals vereist door de vlagstaat (IMO, 2019c).

Het eerste niveau van controle is het daadwerkelijke zwavelgehalte van de brandstof zoals gebunkerd. Deze waarde moet vermeld worden door de leverancier van de olie op de Bunker Delivery Note (BDN). Deze waarde, samen met nog andere aspecten, kan rechtstreeks gelinkt worden aan de kwaliteitsvereisten van voorschrift 18. Daarna is het aan de bemanning van het schip om te verzekeren dat verschillende soorten brandstof niet met elkaar in contact komen en dus niet gemengd worden. Zo kan brandstof voorzien voor ECAs ook echt gebruikt worden in ECAs doordat deze nog steeds binnen de limieten valt.

Wanneer men gebruikt maakt van secundaire controlemethoden, zoals scrubbers, zijn er richtlijnen opgenomen. Bij het gebruik van deze methoden is er geen beperking op het

zwavelgehalte van de gebunkerde brandstof, behalve die van het certificering van het systeem (IMO, 2019c).

8.1.3 Voorschrift 18 – Brandstof Beschikbaarheid en Kwaliteit

In het algemeen is dit voorschrift niet bedoeld voor schepen, maar voor brandstofleveranciers en voor controle door de autoriteiten, samen met andere regelgevende aspecten (IMO, 2019d). Bepaalde delen van voorschrift 18 moeten gezien worden als een ondersteuning van voorschrift 14 met betrekking tot de aspecten die buiten de controle van de scheepseigenaar vallen. Voorschrift 18 bestaat uit twee grote delen. Het eerste deel gaat over de beschikbaarheid van de brandstof. Het tweede deel gaat over de kwaliteit van de brandstof. Elke partij moet de nodige stappen ondernemen om de beschikbaarheid van brandstof die onder de maatregelen van Annex VI valt te promoten. Ook moet elke partij de Organisatie informeren over de beschikbaarheid van conforme brandstof in havens en terminals (IMO, 2022b). Indien het schip niet kan voldoen aan de standaarden voor conforme brandstof en betrap wordt door een partij moet ze alle bewijzen kunnen laten zien. Dit om aan te tonen dat het schip getracht heeft om toch de grenswaarden na te leven (IMO, 2022b). Schepen die verplicht zijn om een IAPP certificaat te hebben, moeten de Bunker Delivery Note (BDN) minstens drie jaar aan boord bewaren vanaf de levering of tot de desbetreffende brandstof die op de BDN staat volledig verbruikt is, maar niet minder dan 12 maanden vanaf de leveringsdatum (IMO, 2019d). Deze eisen zijn van toepassing ongeacht het al dan niet voldoen aan voorschrift 14 door middel van bunkering van brandstof die de gestelde grenswaarden niet overschrijdt.

Het tweede deel over de kwaliteit van de brandstof geeft weer aan welke voorwaarden de brandstof moet voldoen. De brandstof moet een mengeling zijn van waterstoffen afkomstig van een petroleumraffinaderij. De brandstof moet vrij zijn van anorganische zuren, delen van chemisch afval die een gevaar zijn voor schepen, bemanning en bijdragen aan de luchtvervuiling. Brandstoffen gebruikt voor verbrandingsdoelen gemaakt met andere methodes, anders dan een petroleumraffinaderij, mogen de zwavel-limieten van voorschrift 14 niet overschrijden. Alsook de uitstoot van natriumoxiden moet binnen de grenzen blijven. Deze brandstoffen mogen ook geen anorganische zuren bevatten, de veiligheid van het schip in gevaar brengen, schadelijk zijn voor de bemanning en bijdragen aan de luchtvervuiling.

8.2 ISO 8217

Het doel van ISO 8217 is het definiëren van vereisten van brandstoffen gebruikt in marine diesel motoren, alsook de behandeling aan boord vóór gebruik. Het is een handleiding voor onder andere marine materiaal ontwerpers, leveranciers en kopers van marine brandstoffen (Vermeire, 2021). Deze specificaties worden regelmatig herbekeken om aanpassingen te doen volgens de huidige marine diesel motoren technologie, ruwe olie ontginningsprocessen en ontwikkelingen op het gebied van milieu. ISO 8217: 2017 is van toepassing op alle brandstoffen, inclusief brandstoffen met als maximum zwavelgehalte 0,10% en 0,50%. Ook wel gekend als Ultra Low Sulphur Fuel Oil (ULSFO) en Very Low Sulphur Fuel Oil (VLSFO).

Aangezien men wist dat het verminderen van het zwavelgehalte in marine brandstoffen tot 0,5 m/m % zou leiden tot een overgang in de oorsprong van marine brandstoffen en de ISO 8217: 2017 pas hernieuwd kon worden vanaf 2020 werd de ISO/PAS 23263:2019 ontwikkeld. Deze werd ontwikkeld om rekening te houden met de overwegingen met betrekking tot de brandstofkwaliteit met het oog op de implementatie van de maximale S-limiet van 0,50% in 2020 en het gamma aan scheepsbrandstoffen dat naar verwachting op de markt zal gebracht worden. Dit document behandelt algemene overwegingen over het zwavelgehalte en het vlampunt van 0,50 m/m % S brandstoffen, de toepassing van ISO 8217: 2017 op deze brandstoffen, maar ook specifieke overwegingen die van toepassing kunnen zijn op sommige van deze brandstoffen. Met in het bijzonder, kinematische viscositeit, fijn stof van de katalysator, stabiliteit, koude vloe-eigenschappen, waxvorming en ontstekings-eigenschappen. Net zoals men had verwacht vergrootte de variëteit aan brandstof-mengelingen vanaf 1 januari 2020. ISO 8217 heeft geen verdere specificaties in verband met compatibiliteit. ISO/PAS 23263:2019 voorziet wel informatie over het minimaliseren van het risico tussen brandstoffen die incompatibel zijn.

Het mengen van fuel kan leiden tot stabiliteitsproblemen van het eindresultaat door incompatibiliteit van de brandstoffen gebruikt als componenten voor het mixen. Eventuele problemen of schade afkomstig van het mixen van brandstoffen is de verantwoordelijkheid van het individu die deze beslissing heeft gemaakt. Brandstofleveranciers garanderen de stabiliteit van de brandstof die ze leveren, maar kunnen niet verantwoordelijk worden gehouden voor compatibiliteitsproblemen met een andere brandstof.

8.2.1 Betekenis van de marine brandstofeigenschappen in ISO 8217: 2017

- **Zuurtegraad**: alle brandstoffen hebben een zuurtegraad. Brandstoffen met een hoge zuurtegraad kunnen schade brengen aan brandstofinjectie materiaal. Brandstoffen die de ISO 8217: 2017 limiet voor zuurtegraad overschrijden kunnen wel nog steeds gebruikt worden.
- **As**: de hoeveelheid as is een maat voor de anorganische onbrandbare componenten aanwezig in de brandstof, hetzij inherent, hetzij als verontreiniging.
- **Koolstofoverschotten**: dit geeft een indicatie van de hoeveelheid koolwaterstoffen in de fuel die moeilijke verbrandingseigenschappen hebben.
- **Catalyst fines**: deeltjes aluminium en silicium die ontstaan door het katalytische brekingsproces in de raffinaderij. Deze deeltjes kunnen niet volledig verwijderd worden. Wanneer de brandstof meer dan 60 mg/kg catalyst fines bevat, kan dit serieuze gevolgen hebben voor brandstofpompen, injectoren en cilindervoeringen.
- **CCAI**: Calculated Carbon Aromaticity Index, geeft een indicatie voor de vertraging van de ontsteking in een brandstof. CCAI wordt berekend met behulp van dichtheid en viscositeit van residuale brandstof.
- **Cetane index**: enkel van toepassing op gasolie en gedestilleerde brandstoffen. Het is een maat voor de ontstekingskwaliteit van de brandstof in een diesel engine. Hoe hoger de rpm van de motor, hoe hoger de cetane index moet zijn.
- **Troebelingspunt**: temperatuur waarop waxkristallen zich beginnen te vormen en doorzichtige brandstof wordt wazig.
- **Densiteit**: wordt gebruikt om de kwaliteit van de geleverde brandstof te bepalen. De dichtheid geeft een indicatie van de ontstekingskwaliteit van de brandstof. Hoe hoger de dichtheid, hoe kritischer.
- **Kinematische viscositeit**: de viscositeit op het moment wanneer de brandstof de injectors verlaat, moet binnen de limieten zijn om een optimale werking te hebben. Wanneer deze buiten de limieten valt, zal er weinig verbranding zijn en weinig energie verliezen. Volgens de ISO 8217: 2017 is het toegelaten om af te koelen, zodat de minimum viscositeit behouden kan worden, vooraleer de brandstof injectiepomp wordt bereikt

- **Zwavel:** het zwavelgehalte van een marine brandstof is afhankelijk van de oorsprong van de ruwe olie en het raffinage proces. Bij het verbranden van de brandstof wordt zwavel omgezet in zwaveloxiden. Deze oxides zijn corrosief voor de zuigervoeringen van de motor en moeten geneutraliseerd worden door een smeermiddel. Wanneer dit op een correcte manier gebeurd is de hoeveelheid zwavel technisch gezien geen probleem, maar heeft het wel gevolgen voor het milieu.

MARPOL Annex VI begint in 1997 met het limiteren van de grootste luchtvervuilers, zoals zwaveloxiden en stikstofoxiden. In 2008 herzielt men deze limieten en wordt het zwavelgehalte in de brandstof beperkt tot 3,50 m/m % vanaf 1 januari 2012. Ook wordt er beslist om in een Emission Control Area (ECA) het zwavelgehalte te beperken tot 0,10 m/m % vanaf 1 januari 2015. Sinds 1 januari 2020 wordt de limiet nog lager gezet op 0,50 m/m % buiten ECA zones (Joint Industry Guidance, 2019). In 2019 beslist IMO dat het aan boord hebben van brandstof die niet voldoet aan deze voorwaarden verboden is, maar men mag wel met alternatieve methodes, zoals scrubbers, toch deze brandstof aan boord hebben.

Zowel MARPOL Annex VI als de EU richtlijnen eisen een representatieve steekproef van de geleverde brandstof om de naleving van de zwavellimieten te bewijzen. Deze steekproef, ook wel MARPOL steekproef genoemd, wordt genomen aan de ingang van de manifold. Het MARPOL sample moet aan boord blijven tot het schip de brandstof volledig heeft opgebruikt, maar niet minder dan 12 maanden. De brandstofleverancier moet op de Bunker Delivery Note (BDN) het zegelnummer en het zwavelgehalte van de brandstof vermelden. Hij verklaart hiermee dat de brandstof voldoet aan regelgeving 18.3 (brandstofkwaliteit) van MARPOL Annex VI, alsook dat de zwavel niet hoger is dan 0,50% of 0,10% of dat deze zal gebruikt worden in combinatie met een gelijkwaardig middel van naleving (bv. een scrubber)

- Totale sediment: totale hoeveelheid sediment dat gevormd kan worden tijdens normale opslagomstandigheden. Wanneer deze de limiet overschrijdt kunnen er zich problemen voordoen met het brandstofreinigingssysteem, filters kunnen verstopt raken en verbranding kan fout verlopen.
- Watergehalte: water in een brandstof zorgt voor verlies van energie. Water zorgt ook voor corrosie in de leidingen en verbranding kan fout lopen.

8.2.2 Testmethoden ISO 8217: 2017 (E)

ISO 8217: 2017 voorziet een lijst van testvereisten en methoden voor testen. Deze methoden zouden wereldwijd gebruikt moeten worden voor het testen van mariene brandstoffen (ISO, 2017). Onderstaande testmethoden zijn de methoden voor de onderdelen waarbij enkele overtredingen gemaakt werden.

8.2.2.1 Densiteit

In geval van onenigheid met betrekking tot de densiteit, moeten alle partijen akkoord gaan, alvorens de extra test, met de testmethode die gebruikt wordt.

8.2.2.2 CCAI

CCAI staat voor Calculated Carbon Aromaticity Index. De CCAI waarde wordt berekend met behulp van de formule van Lewis et al. (1998).

$$CCAI = \rho_{15} - 81 - 141 * \lg[\lg(v + 0,85)] - 483 * \lg \frac{T + 273}{323}$$

Waarbij

- ρ_{15} is de densiteit bij 15°C, uitgedrukt in kilogram per kubieke meter
- \lg is het logaritme tot de basis 10
- v is de kinematische viscositeit op temperatuur T, uitgedrukt in millimeter in het kwadraat per seconde
- T is de temperatuur, uitgedrukt in graden Celsius, waarop de kinematische viscositeit bepaald wordt

Densiteit ρ_{15} wordt bepaald volgens de testmethode ISO 3675 of ISO 12185.

Viscositeit wordt bepaald volgens de testmethode ISO 3104.

CCAI was oorspronkelijk ontwikkeld als een indicator voor de ontstekingsprestaties, maar is opgenomen in de tabel voor Residual Marine Fuels om brandstoffen met ongunstige densiteit/viscositeit relatie te vermijden.

8.2.2.3 Zwavel

Het bepalen van de testmethoden voor zwavel voor brandstoffen die FAME (Fatty Acid Methyl Ester) bevatten zijn niet bepaald voor de testmethodes ISO 8754 en ISO 14596 in deze

internationale standaard. De zwavel testmethoden voor gedestilleerde brandstoffen die FAME bevatten zijn bepaald voor test methode ASTM D4294. De referentie testmethode zal ISO 8754 zijn voor Gedestilleerde Mariene brandstoffen (DM) en Residuale Mariene brandstoffen (RM) en ASTM D4294 voor Distillate FAME brandstoffen. In geval van onenigheid over het zwavelgehalte moeten alle partijen akkoord zijn, alvorens de extra test, over het referentiemateriaal.

8.2.2.4 Totale sediment door warme filtratie

Wanneer het voorkomen van gedestilleerde marine diesel, DMB of DFB, bepaald wordt als niet klaar en helder, dan wordt het totale sediment potentieel bepaald door de testmethode ISO 10307-1. Totale sediment door warme filtratie wordt uitgedrukt in massa%. De maxima voor DMB en DFB ligt op 0,10 massa%.

8.2.2.5 Totale sediment – oud

Deze methode wordt gebruikt voor residu's van mariene brandstoffen. De vorige methode voor het totale sediment is voor gedestilleerde mariene brandstoffen. De referentie testmethode is de potentiële totale sediment test in overeenstemming met ISO 10307-2. Deze wordt uitgedrukt in massa% met een maxima op 0,10 massa% voor residu's van mariene brandstoffen.

8.2.2.6 Vetzuurmethylester (FAME)

De International Council on Combustion Engines (CIMAC) heeft richtlijnen ontwikkeld over het werken met gedestilleerde mariene brandstoffen die tot 7,0 volume% FAME bevatten. FAME heeft goede ontsteking- en smeringeigenschappen alsook voordelen voor de omgeving. Er zijn wel mogelijke complicaties met betrekking tot de opslag en het handelen van een FAME component in een mariene omgeving zoals: mogelijkheid tot oxidatie, affiniteit met water en risico op microbiologische groei, problemen op lange termijn voor de opslag. Wanneer men een brandstof gebruikt die FAME bevat, moet er verzekerd worden dat alle materialen en operationele uitvoeringen compatibel zijn met zo'n product. In contact komen van brons, koper, lood, tin en zink met FAME moet vermeden worden omdat deze een oxidatie van FAME kunnen voorkomen en hierbij ontstaan sedimenten. FAME wordt uitgedrukt in volume% met een maxima van 7,0 volume% voor brandstofgraden DFA, DFZ en DFB. De gebruikte testmethoden zijn ASTM D7963 voor DM,DF en RM graden of IP 579 voor DM en DF graden.

8.2.2.7 Vloeipunt / Troebelingspunt / Cold Filter Plugging Point (CFPP)

De koper moet bevestigen dat de koude vloeikarakteristieken geschikt zijn voor het ontwerp van het schip en de bedoelde reis. Problemen met de operabiliteit, zoals afzetting van gestolde wax in de brandstoftanks en filters, bij lage temperatuur kunnen voorkomen bij gedestilleerde brandstoffen. De vloeipuntvereisten kunnen de operabiliteit niet garanderen voor alle schepen in alle klimaten. Daarom voor wintergraden van DMA, DFA, DMZ en DFZ, moet het vloeipunt en CFPP gerapporteerd worden. Zowel het vloeipunt, troebelingspunt als CFPP wordt uitgedrukt in graden Celsius.

Het troebelingspunt wordt gedefinieerd als de temperatuur waarbij kristallen van was zich zichtbaar in de brandstof beginnen te vormen en een transparante brandstof troebel wordt (Vermeire, 2021). De testmethode voor het troebelingspunt is ISO 3015.

De paraffinekristallen groeien naarmate de temperatuur daalt, waardoor een net van kristallijn ontstaat dat de moleculen van vloeibare koolwaterstof begint op te vangen totdat de olie niet meer kan stromen. De temperatuur waarbij dit gebeurt wordt het vloeipunt genoemd (Soldi, Oliveira, Barbosa, & César-Oliveira, 2007). De testmethode voor het vloeipunt is ISO 3016.

Het cold filter plugging point (CFPP) wordt gedefinieerd als de laagste temperatuur waarbij een bepaald volume aan dieselbrandstof binnen 60 seconden nog door een gestandaardiseerd filter gaat (Knothe, 2005). De testmethode voor het CFPP is IP 309 of IP 612.

8.2.2.8 Voorkomen/water

Voor gedestilleerde brandstoffen, het voorkomen van het staal, zal bepaald worden door visuele inspectie in goed licht, vrij van fel licht en schaduw. De temperatuur van het staal moet tussen 20°C en 25°C zijn. DMX, DMA, DMZ en DFZ moeten klaar en helder zijn. Het is gerapporteerd dat in sommige landen, deze graden van brandstof geleverd zijn en dus niet transparant zijn. Deze omstandigheden veranderen het overeenkomen van het vereiste 'klaar en helder'. In deze omstandigheden mag het watergehalte niet meer zijn dan 200 mg/kg (0,020 massa%), in overeenstemming met de testmethode ISO 12937.

Als het voorkomen van DMB en DFB visuele inspectie mogelijk maakt en klaar en helder eruit ziet, dan is het testen voor het totale sediment bij warme filtratie en voor water niet vereist.

Wanneer het voorkomen niet klaar en helder is, dan moet het watergehalte bepaald worden door ISO 3733.

De hoeveelheid water wordt uitgedrukt in volume% met een maxima voor RMA, DMB en DFB van 0,30 volume%. Voor RMB, RMD, RME, RMG en RMK is dit een maxima van 0,50 volume%.

8.2.2.9 Aluminium en Silicium

Het aantal katalysatordeeltjes aan de ingang van de motorinlaat is beperkt tot een acceptabel niveau door limieten op te leggen voor de hoeveelheid aluminium en silicium dat aanwezig mag zijn.

De hoeveelheid aluminium en silicium wordt uitgedrukt in mg/kg. Het maximum voor RMA is 25 mg/kg. Het maximum voor RMB en RMD is 40 mg/kg. De limiet voor RME ligt op 50 mg/kg en de grens voor RMG en RMK is 60 mg/kg. De referentiemethode is IP 501, IP 470 of ISO 10478.

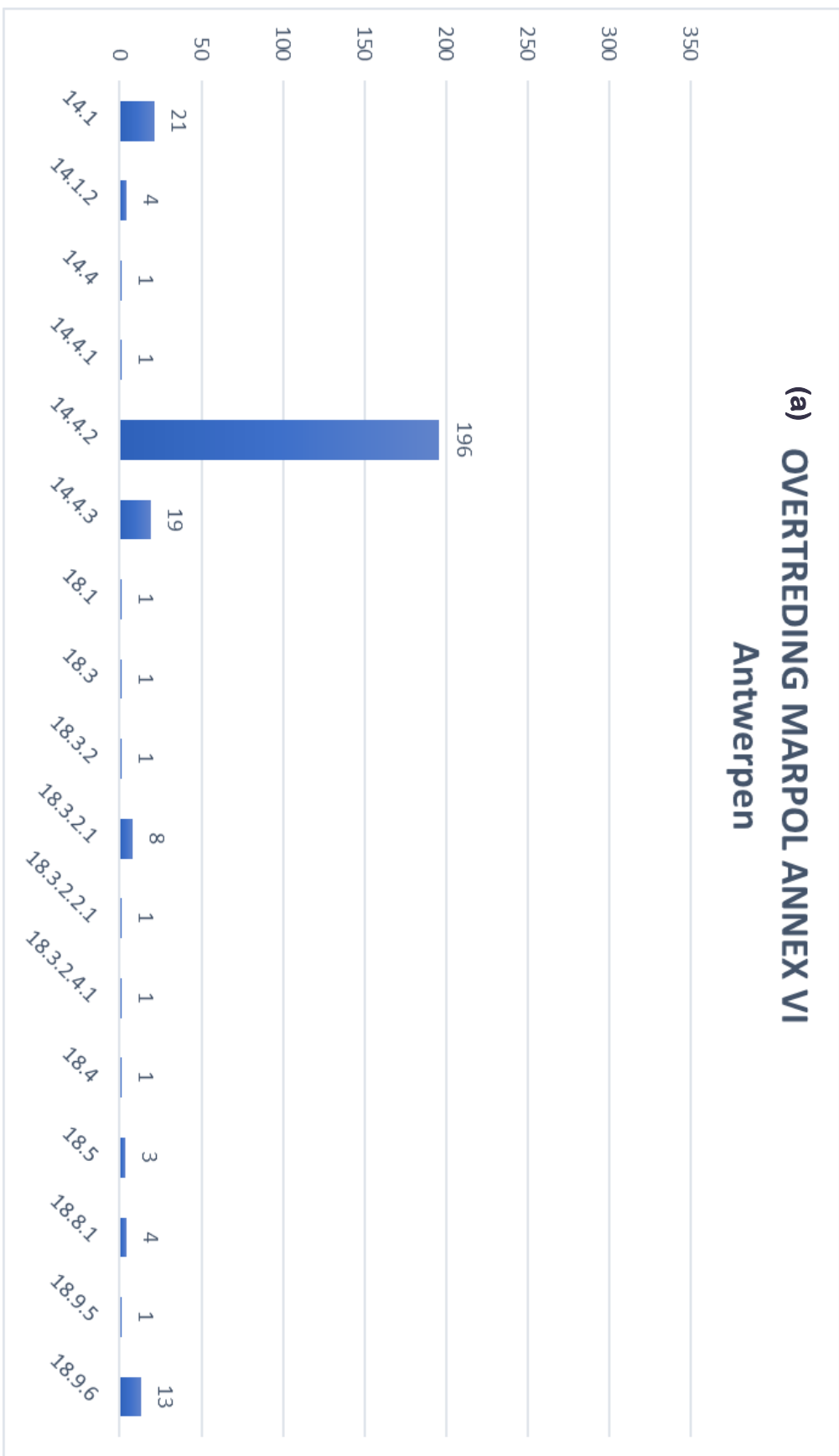
9 Analyse van de overtredingen tegen MARPOL Annex VI

De meldingen in de IMO GISIS databank voor MARPOL Annex VI zijn onderverdeeld in drie categorieën. De eerste is de sortering per voorschrift. Vervolgens is de onderverdeling gemaakt op basis van het aantal meldingen per jaar en ook welke soort overtredingen in welk jaar zijn gemeld. De derde onderverdeling is gemaakt op basis van welke brandstofleveranciers verantwoordelijk zijn voor de overtredingen tegen MARPOL Annex VI.

9.1 Overtreding MARPOL Annex VI per voorschrift

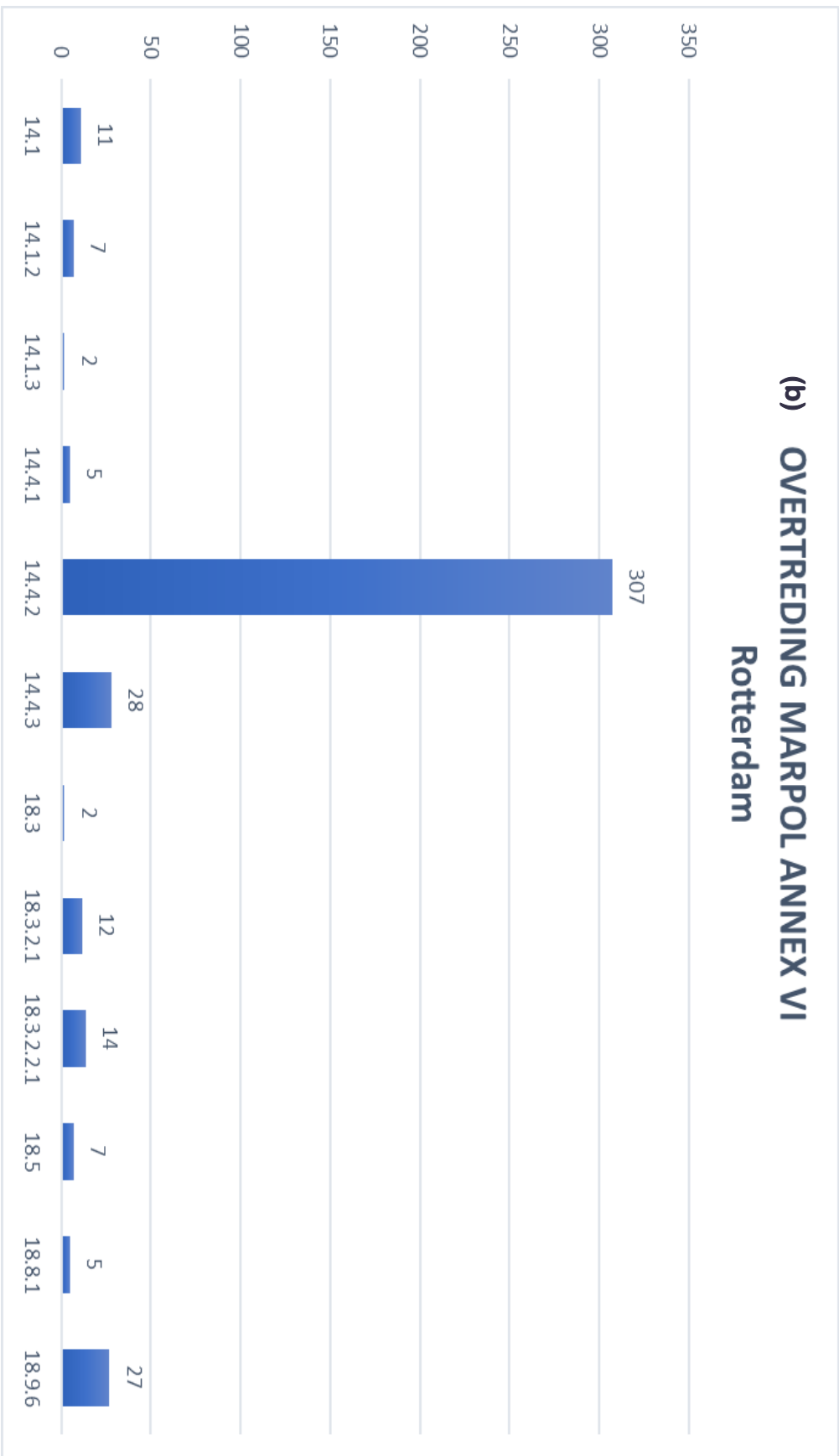
De eerste onderverdeling van de geselecteerde meldingen in de IMO GISIS databank gaat over welke regels er niet nageleefd zijn die van toepassing zijn op voorschrift 14 en voorschrift 18 van MARPOL Annex VI. Er wordt verder onderscheid gemaakt tussen de vier grootste Europese havens nl. Antwerpen, Rotterdam, Amsterdam en Hamburg. In deze havens is er brandstof beschikbaar conform met de voorschriften van MARPOL Annex VI.

**(a) OVERTREDING MARPOL ANNEX VI
Antwerpen**



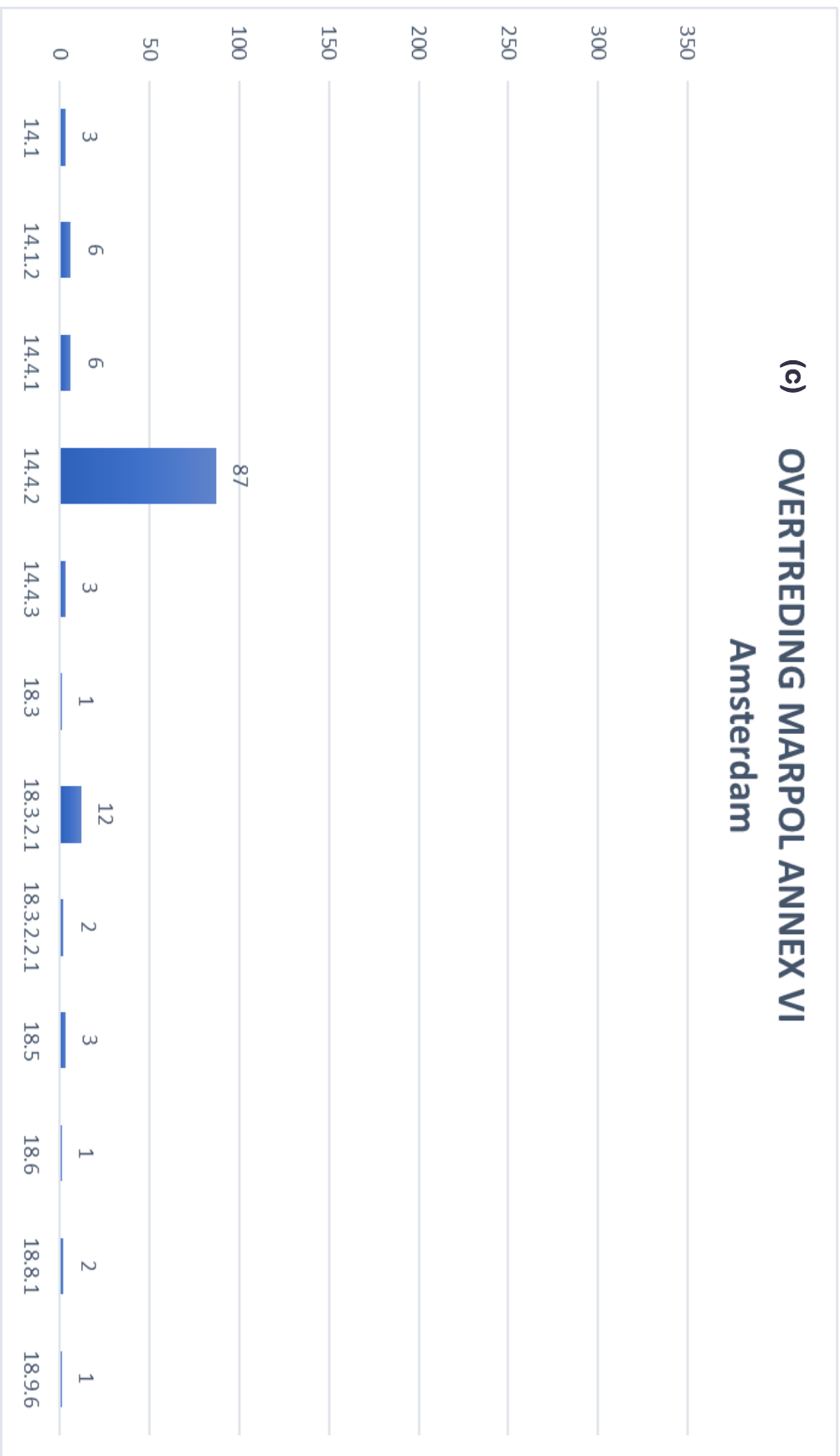
Figuur 7 Overtreding MARPOL Annex VI Antwerpen

**(b) OVERTREDING MARPOL ANNEX VI
Rotterdam**



Figuur 8 Overtreding MARPOL Annex VI Rotterdam

**(c) OVERTREDING MARPOL ANNEX VI
Amsterdam**



Figuur 9 Overtreding MARPOL Annex VI Amsterdam

In de databank IMO GISIS is de company name, gelijk aan de brandstofleverancier. Deze heeft niet noodzakelijk de brandstof zelf geproduceerd. Hier zijn verschillende opties: De eerste optie is dat de leverancier zelf de brandstof volledig ingekocht heeft en niets te maken heeft met de productie. De tweede optie is dat de leverancier ook de producent is. De volgende mogelijkheid is dat de leverancier stocks haalt uit verschillende oorsprongen en deze vervolgens gaat blenden om een nieuw product te leveren. Behalve deze drie mogelijkheden zijn er nog anderen.

Hoewel de leverancier in veel gevallen weinig te zeggen heeft over de kwaliteit van het product, is hij wel diegene die erop aangesproken wordt door het schip en hij is diegene die verantwoordelijk is voor het naleven van de contractuele verplichtingen. De brandstof moet voldoen aan de afgesproken certificatie. Tussen de leverancier en het ontvangend schip wordt een zogeheten 'ontegensprekelijk' staal genomen, ook wel MARPOL-staal genoemd. Dit is een 'neutraal staal' dat bij geschil geanalyseerd kan worden.

Uit analyse blijkt dat de grootste overtreding in Antwerpen tegen voorschrift 14.4.2 is gebeurd, met een aantal van 196 keer (Figuur 7). Op de tweede plaats komt voorschrift 14.1 met een hoeveelheid van 21 keer. Op de derde plaats met 19 overtredingen staat voorschrift 14.4.3. Als vierde komt voorschrift 18.9.6 met een aantal van 13 keer. Overtreding 18.3.2.1 sluit de top vijf af met 8 overtredingen. Wat opvalt is het opmerkelijke verschil tussen de eerste plaats met 196 overtredingen en de tweede plaats met slechts 21 overtredingen.

Na verder onderzoek kan er gezegd worden dat in Rotterdam de grootste overtreding tegen voorschrift 14.4.2 is gebeurd, met een aantal van 307 keer (Figuur 8). Op de tweede plaats komt voorschrift 14.4.3 met een hoeveelheid van 28 keer. Op de derde plaats met 27 overtredingen staat voorschrift 18.9.6. Als vierde komt voorschrift 18.3.2.1 met een aantal van 14 keer. Overtreding 14.1 sluit de top vijf af met 12 overtredingen. Net zoals in Antwerpen, is ook hier een beduidend verschil tussen de eerste plaats met 307 overtredingen en de tweede plaats met slechts 28 overtredingen..

De volgende Europese haven is Amsterdam. Ook hier is het grootste aantal overtredingen gemaakt tegen voorschrift 14.4.2, met een aantal van 87 keer (Figuur 9). Op de tweede plaats komt voorschrift 18.3.2.1 met een hoeveelheid van 14 keer. Op de derde plaats met overtredingen staan voorschrift 14.1.2 en voorschrift 14.4.1. Als vierde komen voorschriften

14.1, 14.4.3 en 18.5 met een aantal van drie keer. Overtreding 18.8.1 sluit de top vijf af met twee overtredingen. Wat opvalt is dat het verschil tussen de eerste en tweede plaats in Amsterdam kleiner is dan in Antwerpen en Rotterdam. Dit is te begrijpen aangezien het totaal aantal meldingen van Amsterdam kleiner is dan de gemelde overtredingen van Antwerpen en Rotterdam.

In Hamburg zijn er tien overtredingen gemaakt sinds het begin van de databank en 2021. Alle tien de overtredingen zijn gemaakt tegen voorschrift 14.4.2.

Uit de analyse van de top 5 van deze vier Europese havens, kan er geconcludeerd worden dat de top 5 van Antwerpen en Rotterdam dezelfde overtredingen bevatten. De volgorde van de top 5 is anders. Dezelfde overtredingen kunnen ook teruggevonden worden in de top 5 van Amsterdam. Wat opvalt is dat in alle havens voorschrift 14.4.2 op nummer één staat.

In totaal zijn er 841 overtredingen gemaakt tussen 24 april 2010 (het begin van de databank) en 31 december 2021. De overtredingen van onderstaande vijf voorschriften zijn goed voor 781 meldingen in totaal. Dit is 92,9% van alle aanklachten die voor dit onderzoek gebruikt worden.

1. 600 overtredingen tegen regulatie 14.4.2
2. 54 overtredingen tegen regulatie 14.1 en verdere onderverdelingen
3. 50 overtredingen tegen regulatie 14.4.3
4. 41 overtredingen tegen regulatie 18.9.6
5. 36 overtredingen tegen regulatie 18.3.2.1.

Uit de top 5 van de havens blijkt dat de meeste overtredingen gemaakt werden tegen MARPOL ANNEX VI regulatie 14.4.2. Deze regulatie verplicht dat schepen die werkzaam zijn in een ECA vanaf 1 juli 2010 de grens van 1,00% m/m zwavel niet mogen overschrijden. In Antwerpen werd de laatste overtreding tegen deze regulatie gemeld in 2017. In Hamburg dateert de laatste melding van 2014. In Rotterdam en Amsterdam werd de laatste aangegeven in 2016. Bijzonder op te merken is dat de regulatie 14.4.2 in gaat vanaf 1 juli 2010. Toch vermelden Antwerpen en Rotterdam beide reeds 2 overtredingen van 14.4.2 die plaatsvinden voor 1 juli 2010.

In Antwerpen zijn er 196 overtredingen gemeld over voorschrift 14.4.2. 3% in 2010, 19% in 2011, 22% in 2012, 26% in 2013, 27,5% in 2014, 1% in 2015 en 0,5% in 2017.

In Rotterdam zijn er 307 overtredingen gemeld over voorschrift 14.4.2. 3% in 2010, 16% in 2011, 23% in 2012, 32% in 2013, 25% in 2014, 0,7% in 2015 en 0,3% in 2016.

In Amsterdam zijn er 87 overtredingen gemeld over voorschrift 14.4.2. 2% in 2010, 14% in 2011, 24% in 2012, 29% in 2013, 30% in 2014 en 1% in 2016.

In Hamburg hebben alle meldingen in de IMO GISIS databank betrekking tot voorschrift 14.4.2. In totaal zijn er 10 meldingen gemaakt waarvan 30% in 2012, 50% in 2013 en 20% in 2014.

54 overtredingen zijn terug te vinden voor regulatie 14.1 en verdere onderverdelingen. Het voorschrift 14.1 is een voorschrift over de limieten voor het zwavelgehalte in de brandstof buiten de ECA. 25 zijn gerapporteerd in Antwerpen, 20 in Rotterdam en 9 in Amsterdam. Wanneer men een algemene melding maakt van een overtreding tegen voorschrift 14.1 kan er eventueel afgeleid worden, met behulp van de datum, bij welke verdere onderverdeling de overtreding hoort. Meldingen voor 1 januari 2012 overtreden het zwavelgehalte van maximum 4,50% m/m behoren tot voorschrift 14.1.1. Meldingen vanaf 1 januari 2012 tot 1 januari 2020 overtreden het zwavelgehalte van maximum 3,50% m/m behoren tot voorschrift 14.1.2. Als laatste is er voorschrift 14.1.3. Hieronder behoren de meldingen vanaf 1 januari 2020 met een maximum toegelaten zwavelgehalte van 0,50% m/m. Wanneer deze methode toegepast wordt, vinden we onderstaande resultaten:

In Antwerpen zijn er zestien overtredingen van voorschrift 14.1.3, zeven overtredingen van voorschrift 14.1.2 en twee overtredingen van voorschrift 14.1.1. De overtredingen van 14.1.1 staan vermeld als overtreding van 14.1.2 in de databank. Dit is opvallend aangezien de overtredingen plaatsvinden in 2011 en 14.1.2 pas ingaat vanaf 1 januari 2012.

In Rotterdam zijn er acht overtredingen van voorschrift 14.1.3, elf overtredingen van voorschrift 14.1.2 en één overtreding van voorschrift 14.1.1. Ook hier is de overtreding van 14.1.1 geklasseerd als 14.1.2, ook al vindt deze plaats voor 1 januari 2012.

In Amsterdam zijn er drie overtredingen van voorschrift 14.1.3 en zes overtredingen van voorschrift 14.1.2.

Een andere overtreding die meerdere keren voorkomt in de top 5 is de overtreding tegen MARPOL Annex VI 14.4.3. Deze regulatie verplicht dat schepen die werkzaam zijn in een ECA vanaf 1 januari 2015 de grens van 0,10% m/m zwavel niet mogen overschrijden. Uit het

onderzoek naar deze vier Europese havens blijkt dat er in totaal 50 overtredingen zijn gemaakt. Waarvan 19 in Antwerpen, 28 in Rotterdam en 3 in Amsterdam.

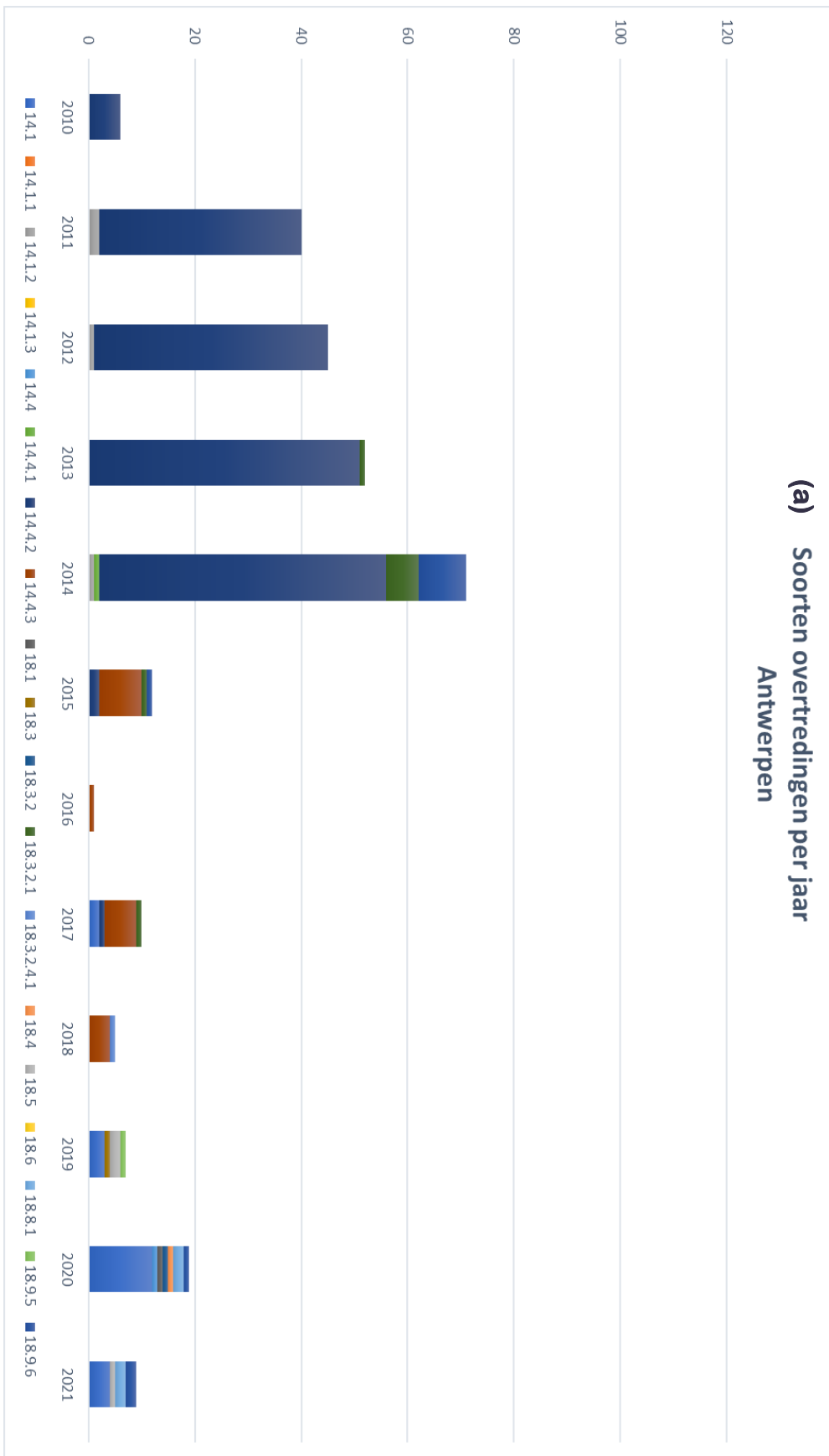
Vervolgens komt ook regulatie 18.9.6 meerdere keren voor. Namelijk 41 keer waarvan 13 in Antwerpen, 27 in Rotterdam en 1 in Amsterdam. Regulatie 18.9.6 gaat over het melden aan de partijen en lidstaten wanneer de brandstofleveranciers niet voldaan hebben aan de voorschriften 14 en 18 van MARPOL Annex VI.

Om de top vijf af te sluiten staat op de vijfde plaats voorschrift 18.3.2.1. Deze komt 36 keer voor, waarvan negen keer in Antwerpen, twaalf in Rotterdam en veertien in Amsterdam. Voorschrift 18.3.2.1 heeft betrekking op de brandstof voor verbrandingsdoeleinden die wordt geleverd en gebruikt aan boord van schepen. Indien deze brandstof verkregen is met een andere methode dan aardolieraffinage mag ook hier het zwavelgehalte niet hoger zijn dan de limietwaarden uiteengezet in voorschrift 14.

9.2 Overtredingen MARPOL Annex VI per jaar

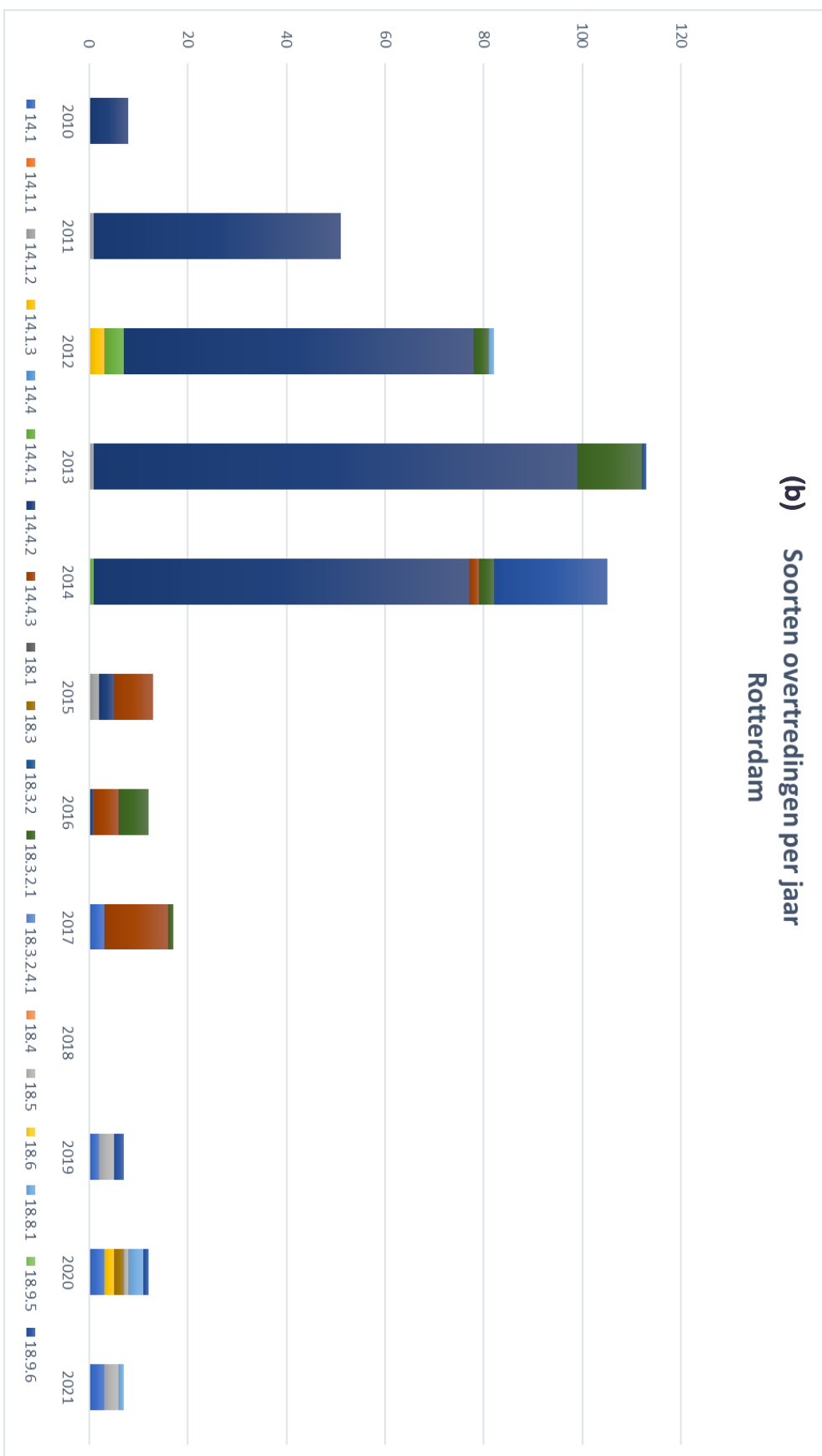
De overtredingen tegen MARPOL Annex VI kunnen ook gesorteerd worden per jaar. Bij het indienen van een notificatie wordt de datum wanneer het niet naleven van MARPOL Annex VI is vastgesteld erbij gezet. Op deze manier is er een duidelijk overzicht in welke jaren de meeste overtredingen werden gemaakt en welke gebeurtenissen hiervoor gezorgd hebben. Net zoals in 9.1 staan hier de overtredingen gerangschikt per haven waar er conforme brandstof beschikbaar is.

(a) Soorten overtredingen per jaar Antwerpen



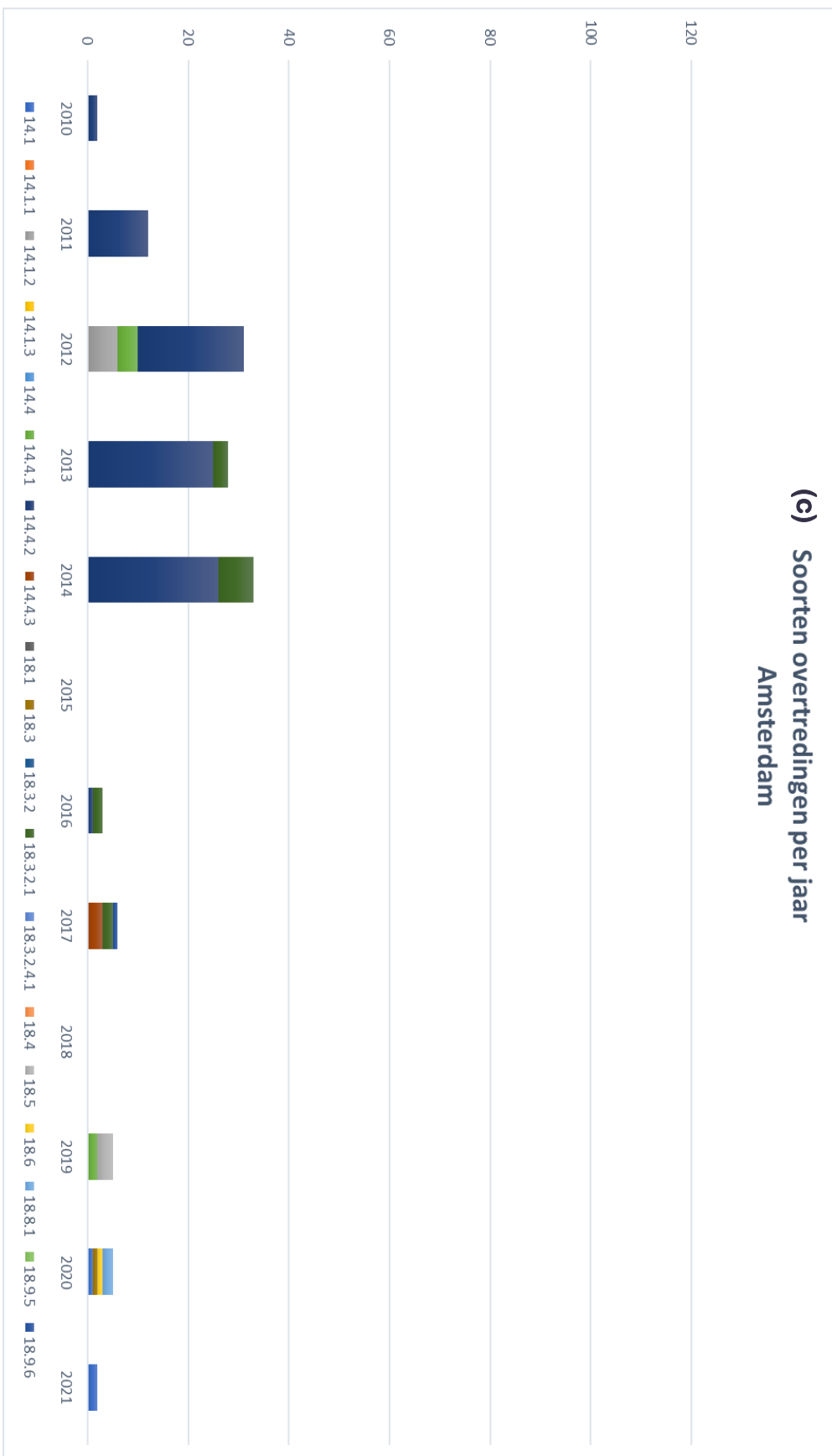
Figuur 10 Soorten overtredingen per jaar Antwerpen

**(b) Soorten overtredingen per jaar
Rotterdam**



Figuur 11 Soorten overtredingen per jaar Rotterdam

**(c) Soorten overtredingen per jaar
Amsterdam**



Figuur 12 Soorten overtredingen per jaar Amsterdam

Bij het overlopen van de grafieken van links naar rechts is het eerste wat opvalt het verschil tussen 2010 en 2011 (met uitzondering van Hamburg). Vanaf 1 juli 2010 is de limiet voor het zwavelgehalte aan boord van schepen die werkzaam zijn in ECA gedaald van 1,50% m/m naar 1,00% m/m.

Een duidelijke trend die zich voordoet in alle vier de Europese havens is dat na 2014 de aanklachten zeer hard zijn verminderd. In Antwerpen vindt 77,3% van alle meldingen plaats tussen 2010 en 2014 (Figuur 10). De meldingen in Rotterdam van 2010 tot en met 2014 behalen een aandeel van 84,1% (Figuur 11). In Amsterdam is dit 83,5% (Figuur 12). Alle meldingen van Hamburg in de databank dateren van 2012 tot en met 2014.

Van alle meldingen in Antwerpen tussen 2010 en 2014 gaat 90,2% van de meldingen over voorschrift 14.4.2. Deze regulatie verplicht dat schepen die werkzaam zijn in een ECA vanaf 1 juli 2010 de grens van 1,00% m/m zwavel niet mogen overschrijden. In Rotterdam is dit een percentage van 84,4%. Amsterdam heeft tussen 2010 en 2014 81,1% meldingen van voorschrift 14.4.2 en Hamburg 100%.

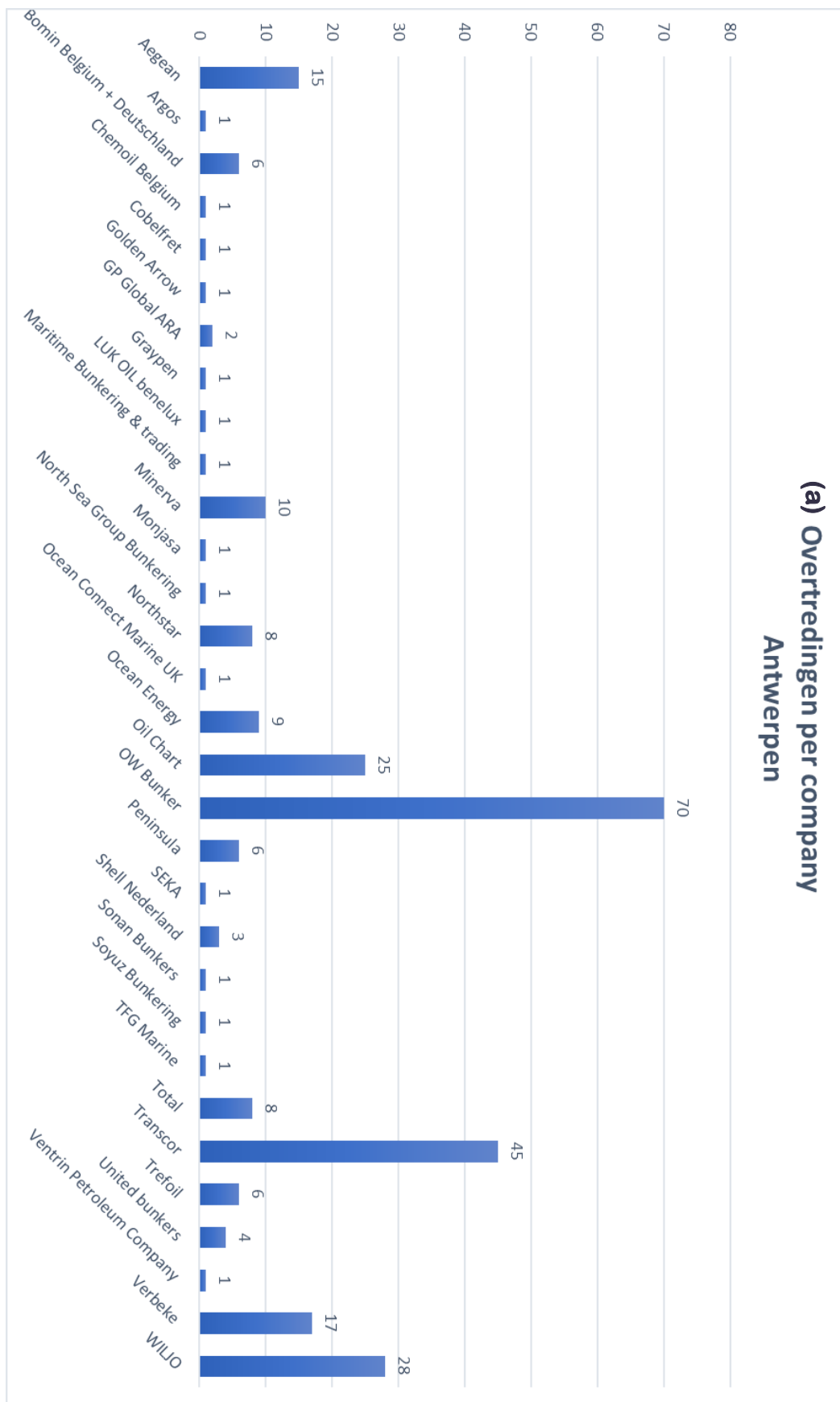
Er is een beduidend verschil tussen 2014 en 2015. Vanaf januari 2015 is de wetgeving aangepast naar brandstof met een ultra laag zwavelgehalte. Hiervoor vond er een heel vervelende periode plaats waarbij het zwavelgehalte 1,50% mag zijn. Dit is een vervelend product dat alleen gemaakt werd door handelaars die deze brandstof altijd blenden net over de limiet heen. Hierdoor zijn er voor 2015 zeer veel klachten omdat de brandstof slecht geblend werd. In november 2014 is OW bunkers failliet gegaan. Hierdoor werden de mensen zich bewust van wat een correcte leverancier eigenlijk zou moeten zijn, zowel de financiële kant als ook de kwaliteit van het product. Het faillissement heeft veel ogen geopend waardoor een mentaliteitswijziging is gebeurd. Hierdoor kregen handelaars het veel moeilijker in de bunkerwereld. Tot voor 2015 hadden handelaars alle macht. Handelaars deden zich belangrijker voor dan dat ze waren. Ze zeiden dat ze de leverancier waren en dat ze alles konden regelen wat er gevraagd werd, terwijl dit eigenlijk niet zo is. Voor 2014 kregen handelaars meer credit dan een reder die verschillende schepen in zijn bezit had. In 2015 is dit allemaal veranderd door het faillissement van OW, meer informatie hierover wordt later besproken in 9.3.

Na 2014 werden in Antwerpen en Rotterdam de meeste meldingen gemaakt over voorschrift 14.4 en op de tweede plaats staan de meldingen van voorschrift 14.1. In Amsterdam zijn de meeste meldingen na 2014 over 14.4 en 18.3. Hamburg heeft geen meldingen in de IMO GISIS databank na 2014. Voorschriften 14.1 en 14.4 gaan over het zwavelgehalte binnen en buiten ECA. Voorschrift 18.3 gaat over de voorwaarden waaraan brandstofolie van schepen moet voldoen om een goede kwaliteit te garanderen.

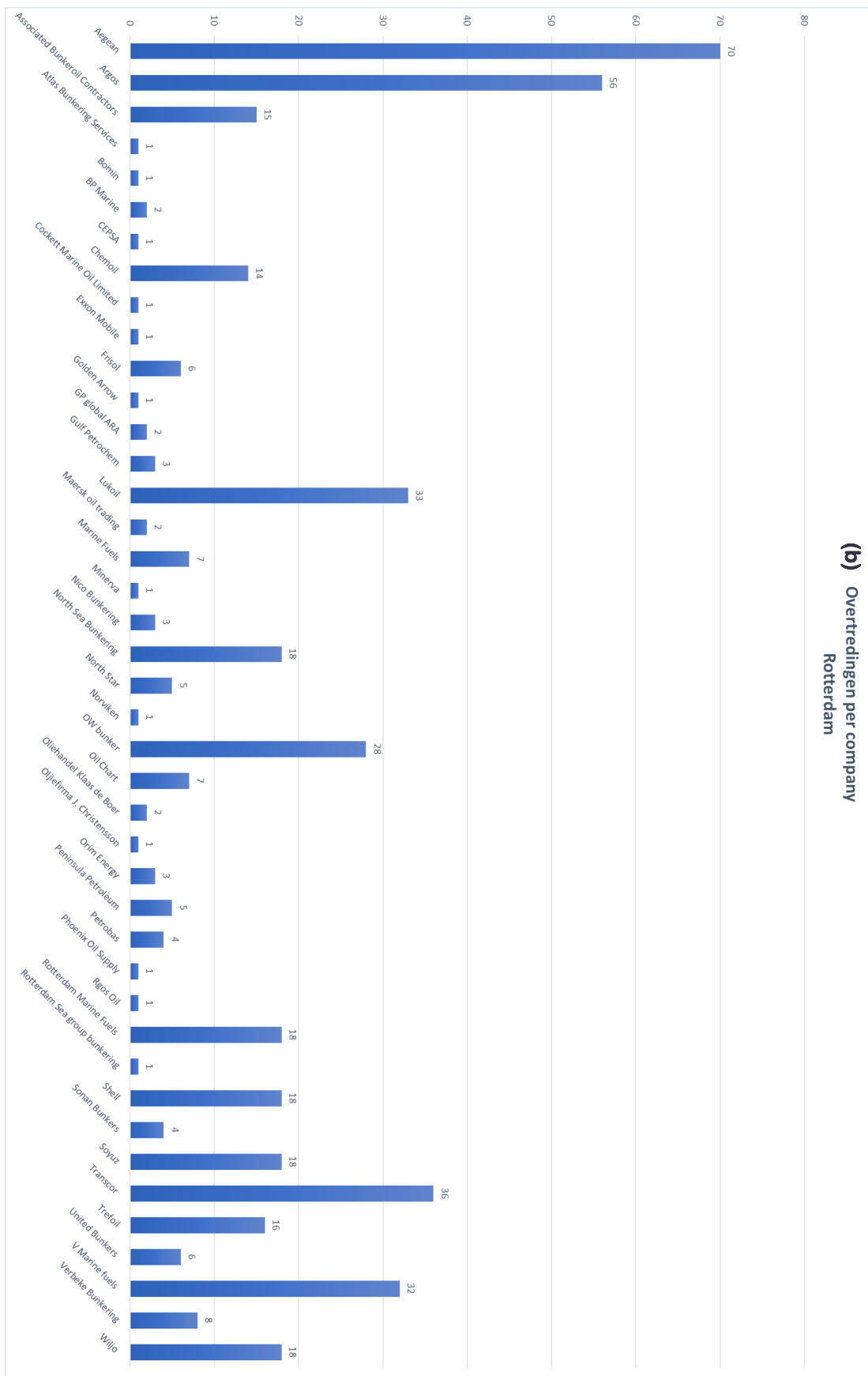
Op de grafieken is een kleine piek te zien in 2020. Begin 2020 zijn er problemen geweest met het maken van brandstof met een zwavelgehalte van maximum 0,50%. Dit is een product dat niet rechtstreeks uit een destillatietoren kan komen zoals een brandstof met zwavelgehalte van 3,5%. Om de hoeveelheid zwavel te beperken, moet er een product bijgestoken worden omdat zwavel een stabilisatie product is. Iedereen is op zoek naar stabiele brandstof, maar met een zwavelgehalte van 0,5% was dit een probleem in de eerste paar maanden van 2020. Het product was moeilijk te blenden omdat het onstabiel is, het viel veel uit elkaar en er zijn veel problemen geweest met het Totale Sediment Potentieel (TSP). Nu is dit opgelost en is er een methode gevonden om stabiele brandstof te maken met zwavelgehalte dat binnen de limieten valt van MARPOL Annex VI.

9.3 Overtredingen MARPOL Annex VI per company

Bij het indienen van een melding over MARPOL Annex VI voorschrift 14 of 18 moeten ook de naam en contactgegevens van het bedrijf dat de brandstof heeft geleverd vermeld worden. Ook hier is de onderverdeling gemaakt op basis van de vier grootste Europese havens waar er conforme brandstof beschikbaar is.

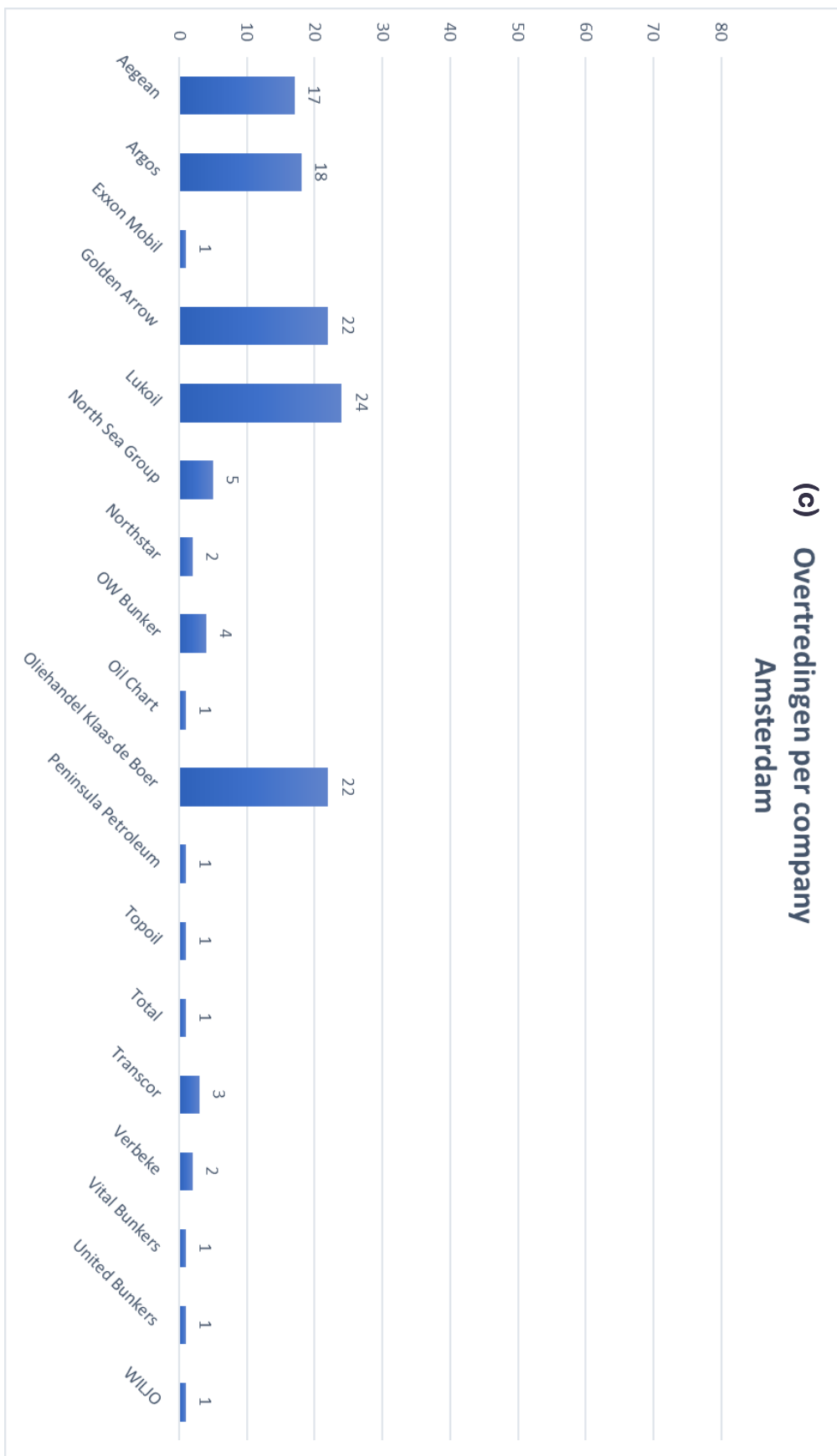


Figuur 13 Overtredingen per brandstofleverancier Antwerpen



Figuur 14 Overtredingen per brandstofleverancier Rotterdam

**(c) Overtredingen per company
Amsterdam**



Figuur 15 Overtredingen per brandstofleverancier Amsterdam



Figuur 16 Overtredingen per brandstofleverancier Hamburg

In de haven van Antwerpen staat op de eerste plaats in de top vijf OW Bunker met 70 meldingen in de IMO GISIS databank. Op de tweede plaats staat Astra Transcor Energy met 45 meldingen. De derde plaats is voor WILJO met 28 meldingen. Op de vierde plaats staat Ocean Energy met 25 meldingen en Verbeke Bunkering sluit de top vijf af met 17 overtredingen.

De volgende Europese haven is de haven van Rotterdam. De top vijf van Rotterdam bestaat uit volgende bedrijven: Aegean Marine Petroleum Network op de eerste plaats met 70 meldingen. Op de tweede plaats staat Argos Bunkering met 56 meldingen. De derde plaats in de IMO GISIS databank is voor Transcor Energy met 36 meldingen. Op de vierde plaats staat LUKOIL met 25 meldingen en V Marine Fuels sluit de top vijf af met 32 overtredingen.

De top vijf analyse van de haven van Amsterdam bestaat uit deze bedrijven: LUKOIL op de eerste plaats met 24 meldingen. Op de tweede plaats staan Golden Arrow en Oliehandel Klaas de Boer met 22 meldingen. De derde plaats is voor Argos met 18 meldingen. Op de vierde plaats staat Aegean Marine Petroleum Network met 17 meldingen en North Sea Group sluit de top vijf af met 5 overtredingen.

De laatste haven van dit onderzoek is Hamburg. Deze Europese haven heeft op de eerste plaats een ex aequo met Friedrich G. Frommann en Vitol Bunkers, beide met drie meldingen. Op de tweede plaats staat OW Bunker met twee meldingen. De top drie wordt afgesloten door Blue Ocean en Rinck Bunkering Service met beide één overtreding.

Bedrijven die voorkomen in de top 5 van meerdere steden zijn OW Bunker, Aegean Marine Petroleum Network, Transcor Energy, Argos Bunkering, en LUKOIL. 50,2% van alle meldingen tussen april 2010 en 2021 zijn afkomstig van deze vijf bedrijven.

OW Bunker is opgericht in 1980. Het is een bunkerbedrijf met zijn hoofdzetel in Denemarken. Het was de grootste bunkerleverancier ter wereld tot het bedrijf failliet ging op 7 november 2014. 12,4% van de meldingen worden toegeschreven aan OWB in de vier onderzochte havens. OWB levert bunkers onder contracten, ondergeworpen aan de Engelse wet, die de koper credit verleent tot 60 dagen. Onder een eigendomsvoorbehoud clause bleef de titel van de bunkers bij OWB totdat de betaling gemaakt werd. Ondertussen hadden de scheepseigenaren toestemming om de bunkers te gebruiken voor de propulsie van het schip (Norton Rose Fulbright, 2016). Een bekende rechtszaak met betrekking tot het faillissement is de Res

Cogitans. Dit was een testzaak omdat er wereldwijd nog honderden andere schepen in dezelfde positie zaten. De uitspraak van deze zaak zou ingrijpende gevolgen hebben voor de industrie. Vijf lords van de Engelse Supreme Court zouden beslissen aan wie een bunkerkoper moet betalen voor de bunkers die hij heeft gekocht (Ship & Bunker, 2016). Deze zaak is op slechts tien maanden van Commercial Court naar Supreme Court gegaan.

OWB was een tussenleverancier van bunkers aan schepen. In vele gevallen leverde OWB hun bunkers aan groothandelsleveranciers, die op krediet brandstof kregen. De klanten van OWB moesten niet direct betalen, maar moesten pas betalen nadat de bunker verbruikt was. Na het faillissement waren er nog veel schepen die moesten betalen, aangezien hun brandstof pas later opgebruikt was. Na het faillissement heeft het schip Res Cogitans onbetaalde brandstof verbruikt. OWB en de fysieke leverancier oefenden druk uit op de scheepseigenaar om de brandstof te betalen. De overeenkomst voor de levering van bunkers was geen contract van verkoop van goederen, maar een bijzondere eenmalige regeling (sui generis). Dit geeft toestemming tot de consumptie van de bunkers zonder het overbrengen van eigendom van de goederen naar de gebruiker (The Supreme Court, 2016). Het lijkt alsof het schip de bunkers heeft gekocht van de verkoper, maar de transactie was een bewaargeving (bailment). Hierbij geeft de verkoper wettelijk bezit aan de koper, met het recht om alleen de bunkers te gebruiken voor de propulsie van het schip. Er werd wel verder vermeld dat, desondanks het een bewaargeving is, de bunkers toch verbruikt mochten worden. Dit omdat bewaargeving vereist dat de goederen terug gegeven moeten worden en dus het verbruiken van de bunkers gezien wordt als een onrechtmatige daad.

Het gevolg hiervan was dat, hoewel de schepen die de brandstof hadden verbruikt misschien wel hebben betaald, deze schepen na de crash van OWB een tweede keer moesten betalen aan de oorspronkelijke leverancier, aangezien de eigendom van de goederen niet was overgegaan op de koper. Het resultaat was dat honderden reders die getroffen waren door het faillissement dubbel aansprakelijk werden gesteld voor de brandstofkosten. Dit resulteerde in aanzienlijke herschrijvingen van bunkerleveringscontracten, voor het geval er nog een soortgelijke crash zou plaatsvinden (Dean & Grout, 2016).

Ook in Antwerpen heeft het faillissement van OW Bunker zijn gevolgen (Heinen, 2014). De gehele groep OW Bunker zou 7% van de wereldwijde bunkeromzet vertegenwoordigd hebben.

OWB had ook een kantoor in Antwerpen. Het faillissement is toe te wijten aan een fraudezaak die aan het licht kwam bij een dochteronderneming in Singapore. De onderneming verloor 125 miljoen dollar en de banken zetten hun financiële hulp stop. Op de Antwerpse markt zijn er verschillende bunkerbedrijven die samengewerkt hebben met OW Bunker. Aegean Marine Petroleum Network heeft de samenwerking met OWB op tijd gestopt en heeft geen openstaande rekeningen meer. Het Antwerpse bunkerbedrijf WILJO is wel getroffen door het faillissement, maar is hiervoor verzekerd. In Rotterdam en Antwerpen zou het minstens om een tiental bedrijven gaan.

Het bunkerbedrijf Aegean Marine Petroleum Network Inc. heeft 12,1% meldingen op zijn naam staan in de vier onderzochte havens. Het bedrijf is opgestart als een enkelvoudig bunkerstation in 1995 in Piraeus, Griekenland. Hierna groeide het bedrijf verder tot een marine brandstof logistiek bedrijf en had het ook een vloot van bunkertankers. De oprichter van Aegean was het masterbrein van verschillende frauduleuze praktijken. Hij stal 300 miljoen dollar van het bedrijf. In 2018 is de fraude ontdekt door het comité van Aegean. Als gevolg van de massieve fraude, was Aegean verplicht om zich failliet te verklaren (Blythe, 2021). In november 2018 heeft dit bedrijf zich gereorganiseerd en veranderde zijn naam in Minerva Bunkering, een wereldwijde fysieke leverancier van scheepsbrandstoffen en een volledige dochteronderneming van Mercuria Energy Group Limited (Minerva, 2019). De oprichter en de 2 auditoren moesten voor het federale gerecht komen van New York City. Het is de plicht van auditoren om transacties met verbonden partijen op te sporen, professioneel sceptisch te zijn en fraude op te sporen. Hier is het duidelijk dat de auditoren hun plicht niet zijn nagekomen (Blythe, 2021).

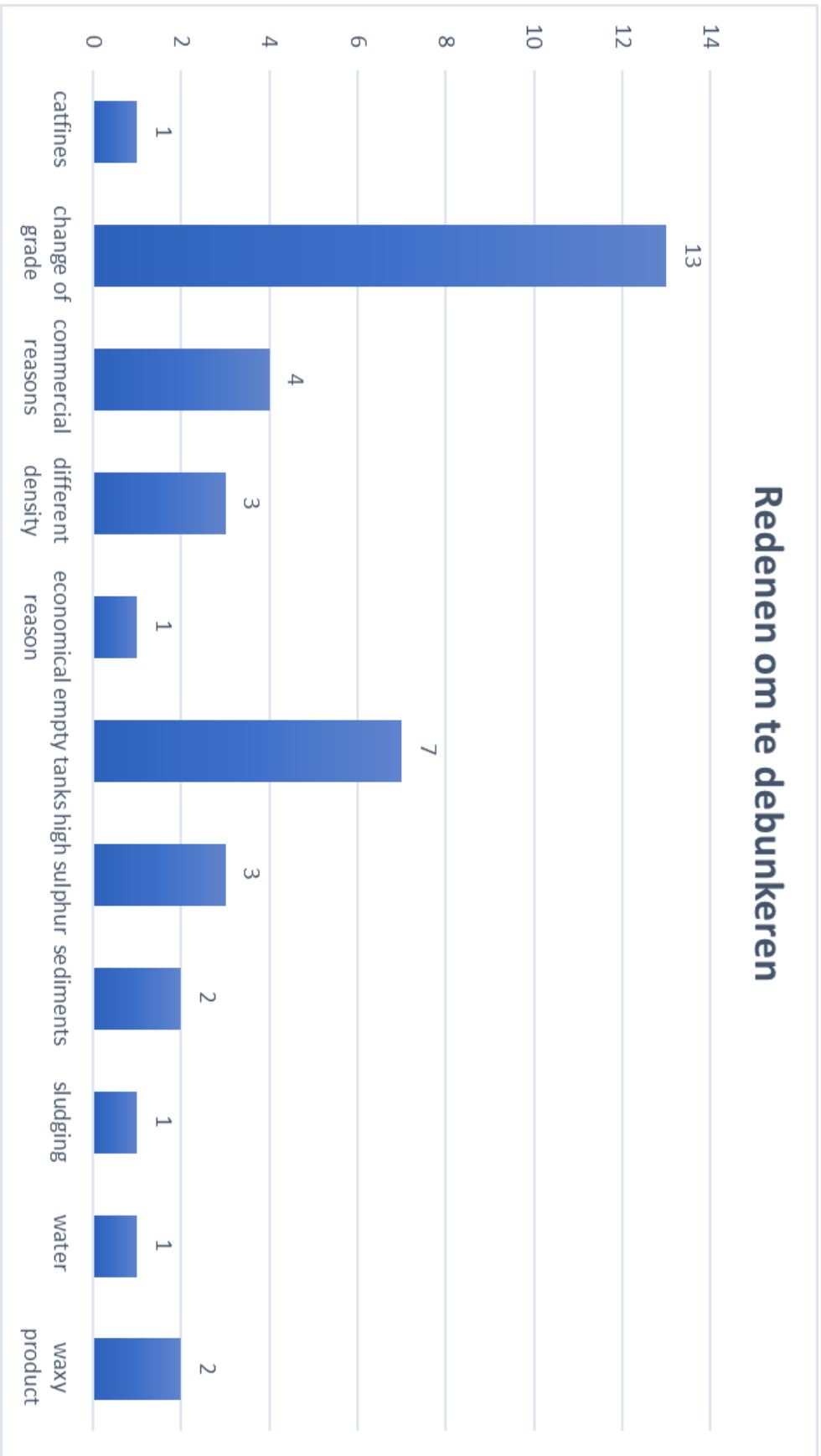
Astra Transcor Energy heeft 10% van de meldingen op zijn naam staan van deze vier havens, Argos 8,9% en Lukoil 6,8%. Verbeke Bunkering, goed voor 3,2% van de meldingen, heeft in 2010 in België een marktaandeel van 45% (Willemijns, 2010). In januari 2010 is Verbeke Bunkering opgekocht door Aegean Marine Petroleum Network.

10 Analyse van aanvragen voor debunkering gemeld aan LNE in 2021

LNE is het departement Leefmilieu, Natuur en Energie van de Vlaamse Overheid. LNE staat onder andere in voor het internationale milieubeleid en duurzame ontwikkeling en is het internationaal aanspreekpunt voor Leefmilieu, Natuur en Energie in Vlaanderen. In België maakt LNE de beoordeling of het al dan niet om afval gaat bij het debunkeren. Daarom moet aan LNE de melding gemaakt worden en bijbehorende checklist worden ingevuld.

10.1 Reden om te debunkeren

Onderstaande grafiek toont de reden met aanvragen van 2021 voor debunkering in de haven van Antwerpen en Zeebrugge. In totaal zijn er 36 aanvragen gebeurd. Een paar aanvragen hadden een dubbele reden voor debunkering. Hierdoor staan er in de grafiek in totaal 38 redenen.



Figuur 17 Redenen om te debunkeren

De meeste voorkomende reden om een aanvraag in te dienen voor een debunkering is het veranderen van brandstofgraad. In 2021 zijn hier namelijk dertien aanvragen voor ingediend. Op de tweede plaats, met zeven aanvragen, komen de lege tanks als reden om te debunkeren. De derde plaats wegens commerciële redenen heeft vier aanvragen. Andere densiteit en te hoge zwavel in de brandstof komen op de vierde plaats met drie aanvragen. Tot slot komen de aanwezigheid van sedimenten en een waxy product op de vijfde plaats met twee aanvragen. In het algemeen worden deze aanvragen voor een debunkering zaak per zaak bekeken om te beslissen of het een afvalproduct is of niet. Er wordt geen algemene regelgeving voor opgesteld omdat elk product verschillend is van elkaar.

De graad van de brandstof is niet één op één gelinkt aan het zwavelgehalte. De brandstofgraad wordt weergegeven met behulp van getallen zoals bv. RMA 10, RMB 30, RMD 80 en RME 180. Door de eigenschappen van deze brandstoffen zullen ze meestal gezien worden als ECA brandstof of non-ECA brandstof. Hierdoor hebben ze een zwavelgehalte dat overeenkomt met hun operationeel gebied. Een reden om van graad te veranderen kan zijn omdat er in de bestelde graad te veel zwavel zit en het schip heeft een brandstof nodig met minder zwavel. Een andere reden om te wisselen van brandstof kan zijn wegen commerciële vereisten. Deze vereisten worden dan aangevraagd door een klant of motorfabrikant die het niet eens is om de gehele specificaties te veranderen. Ze verwachten bijvoorbeeld om meer op de hulpmotor te varen die niet de zware brandstof kan verbranden... De brandstof die van boord wordt gehaald, wordt niet gezien als afvalstof aangezien er niks mis is met de eigenschappen van deze brandstof. Het is omwille van praktische redenen dat deze brandstof van boord wordt gehaald. Toch wordt er zaak per zaak bekeken of het al dan niet toch geklasseerd moet worden als afvalstof.

Wanneer er op de checklist de reden voor debunkering 'empty tanks' wordt opgegeven moet de tank leeggemaakt worden. Soms moeten schepen omwille van commerciële redenen, zoals het veranderen van eigenaar waarbij lege tanks afgesproken is in het contract, of operationele redenen, zoals een tankinspectie, een lege tank hebben. In principe kan deze brandstof hergebruikt worden. Afhankelijk van de reden van debunkering zullen ze bepaalde zaken extra bekijken. In principe is deze reden van debunkering geen reden om te vermoeden dat het om een afvalproduct gaat.

Indien de debunkering wegens commerciële redenen gebeurt, is er op zich niets mis met deze brandstof en kan deze nog opnieuw gebruikt worden. Toch wordt ook hier door LNE zaak per zaak bekeken of de stof al dan niet toch als afvalstof geklasseerd wordt.

Andere densiteit wordt opgegeven wanneer de densiteit niet aan de voorwaarden voldoet. Indien het product herblend wordt kan het product hergebruikt worden, maar als het gedebunkerde materiaal een afvalstof is, dan moet het als een afvalstof behandeld worden. Dit wordt bepaald door LNE.

Wanneer de grenswaarde van het zwavelgehalte overschreden wordt, kan dit opgelost worden door het product te herblenden. Als het gedebunkerde materiaal een afvalstof is, dan moet het als een afvalstof behandeld worden.

Een waxy product kan herblend worden en daarna doorverkocht worden. In dit geval hangt het af van de aard van de waxvorming, de hoeveelheid in de brandstof en andere karakteristieken of het opblenden mogelijk is. Indien het gedebunkerde materiaal een afvalstof is, moet deze als een afvalstof behandeld worden.

Een te hoog sedimentgehalte op zich leidt niet per se tot de klassering als afvalstof. Dit kan ook het gevolg zijn van twee incompatibele brandstoffen die gemengd zijn geraakt. LNE maakt in elk geval de beoordeling of iets als afvalstof of als product gezien wordt. De regelgeving over welk totaalplaatje afval is en welke debunker een product is, is niet zwart-wit. Dit is ook niet mogelijk aangezien elke brandstofsamenstelling anders is.

Indien catfines aangegeven wordt op de checklist als reden tot debunkeren, dan gaat dit over het te hoge aluminium- en siliciumgehalte. Dit probleem kan opgelost worden met dilutie als oplossing voor de pollutie om bijvoorbeeld onder de detectielimiet te geraken, maar is absoluut niet toegestaan. Inclusie van catfines is verboden in mariene brandstoffen. Omwille van deze regelgeving wordt deze gedebunkerde brandstof hoogstwaarschijnlijk altijd als afval geklasseerd.

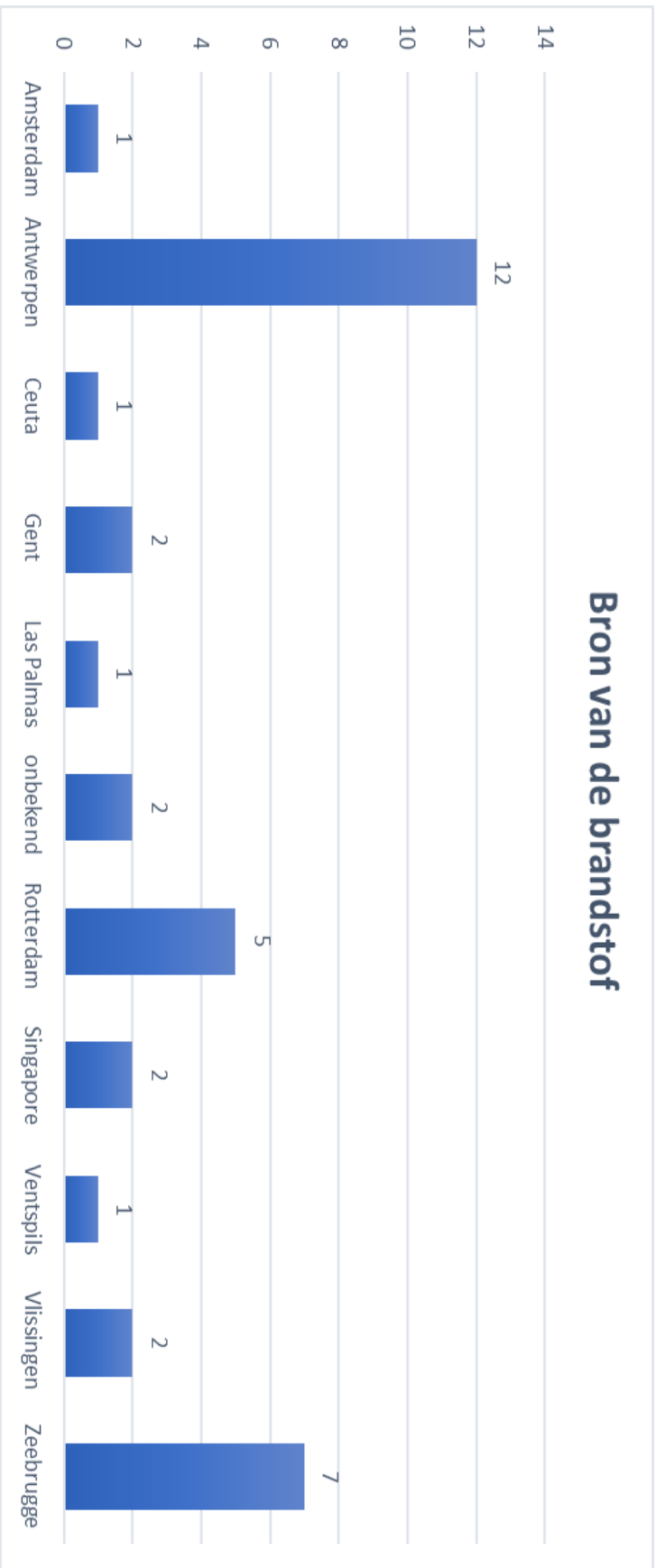
De term sludging wordt gebruikt voor een onverwacht proces in de brandstof waarbij er sedimentvorming optreedt en de brandstof onbruikbaar wordt. Dit proces kan door verschillende oorzaken getriggerd worden. Dit kan gaan om incompatibele brandstoffen die bij elkaar zitten, inclusie van cutter stock, afvalblending... Dit is één van de parameters, total

sediment potential, dat een alarmbel is om te denken in de richting van een afvalstof. Sludge dat van boord komt, is altijd geklasseerd als afval. Sludge mag niet verward worden met sludging als proces. Indien er sludge van boord komt moet deze opgehaald worden door de erkende faciliteiten, ook wel Port Reception Facilities genoemd. Deze faciliteiten kunnen de afvalolie verder opwerken. In Antwerpen is er geen Port Reception Facility aanwezig die sludge terug kan opwaarderen tot een productstatus. In Antwerpen wordt deze sludge vervoerd naar bedrijven, dat kan in het buitenland zijn, die hiervoor wel de erkenning hebben. Daar wordt de olie dan verder opgewerkt tot een product. Indien LNE aangeeft dat er ergens sludge in een brandstof is gevonden dan zit er afval in de brandstof.

De aanwezigheid van water in de brandstof kan ook geblend worden tot de toegelaten limiet. Het water zal zelf nooit uit de brandstof verdwijnen wanneer dit niet specifiek er wordt uitgehaald bv. door bezinking. Als het gedebunkerde materiaal een afvalstof is, dan moet het als een afvalstof behandeld worden.

10.2 Bron van de brandstof

Bij het indienen van een aanvraag voor debunkering bij LNE moet er een checklist ingevuld worden. Op deze checklist moet vermeld worden vanwaar de brandstof afkomstig is die gedebunkerd moet worden. Een paar aanvragen hadden een dubbele reden tot debunkering. Deze zijn apart benoemd in de bespreking.



Figuur 18 Bron van de brandstof

De bron van de brandstof van de meeste aanvragen die binnenkomen bij LNE zijn afkomstig van Antwerpen, Zeebrugge en Rotterdam (Figuur 18).

Het veranderen van de brandstofgraad is voor brandstof afkomstig uit Antwerpen de grootste reden met zes aanvragen. Op de tweede plaats komt het feit dat de brandstof niet aan de juiste dichtheid voldoet met drie aanvragen. Deze twee grootste redenen worden gevolgd door economische redenen, sludging, lege tanks en catfines. Zaak per zaak wordt er bekeken of deze brandstof hergebruikt kan worden door te herblenden of dat deze brandstof als een afvalstof behandeld moet worden. De aanvragen tot debunkeren, met afkomst Antwerpen, die direct als afvalstof behandeld worden, is de aanwezigheid van sludge en catfines. Wanneer deze overtredingen gevonden worden, wordt de brandstof ingezameld door een inzamelaar van afvalstoffen die geregistreerd staat bij OVAM. De andere redenen tot debunkeren wordt zaak per zaak bekeken. De aanwezigheid van sludge kan filters, brandstof injectie materiaal en zelfs de brandstoflijnen verstikken (Infineum International Limited, 2020).

Wanneer de brandstof afkomstig is van Zeebrugge, is ook hier het veranderen van de graad van brandstof de meest voorkomende reden met zes aanvragen. In totaal zijn er in 2021 zeven aanvragen binnengekomen van brandstof die afkomstig is uit Zeebrugge. Er is slechts één aanvraag binnengekomen met een andere reden dan het veranderen van de brandstofgraad, de dichtheid van de brandstof voldoet niet aan de voorwaarden.

In 2021 zijn er vijf aanvragen tot debunkeren binnengekomen in de databank waarvan de brandstof afkomstig is van Rotterdam. Twee aanvragen zijn wegens een te grote aanwezigheid van paraffine in de brandstof. Hierdoor is het wasgehalte van de brandstof te groot en wordt er niet meer voldaan aan de voorwaarden. Indien er te veel paraffine in de brandstof zit worden er wasdeeltjes gevormd. Deze deeltjes kunnen accumuleren en de stroming in de pijpleidingen blokkeren (Chala, Sulaiman, & Japper-Jaafar, 2018). De brandstof heeft een te hoog vloeipunt. De tweede reden voor een aanvraag, met afkomst Rotterdam, is wegens een te hoog zwavelgehalte. Indien het zwavelgehalte in de brandstof te hoog is, overtreedt de brandstof de regels van MARPOL Annex VI. Er zijn twee aanvragen binnengekomen met een te hoog zwavelgehalte. De derde reden, met maar één aanvraag, is de aanwezigheid van sedimenten in de brandstof. Wanneer er sedimenten worden aangetroffen in de brandstof wordt deze brandstof minder stabiel. De stabiliteit van de brandstof is het vermogen van de brandstof om

zijn unieke kwaliteit gedurende een bepaalde periode te behouden en zo weerstand te bieden tegen degradatie of enige vorm van verandering onder atmosferische omstandigheden (Corrosionpedia, 2018).

Er zijn enkele havens waarvan de brandstof afkomstig is die twee aanvragen hebben ingediend bij LNE. De eerste is Amsterdam. De eerste aanvraag is wegens een te hoog zwavelgehalte en de tweede aanvraag wegens de aanwezigheid van sedimenten. Brandstoffen afkomstig van Gent en Vlissingen hebben twee aanvragen ingediend wegens lege tanks. Singapore heeft twee aanvragen wegens commerciële redenen. De eerste commerciële reden is wegens een te hoog gehalte aan aluminium en silicium. Er was een discussie over de wel of niet acceptatie van het product. De bedoeling was om het product te mengen met een product met een lager gehalte aan aluminium en silicium. De tweede aanvraag tot debunkering wegens commerciële reden is uiteindelijk niet uitgevoerd geweest. De oorsprong van de laatste brandstof is onbekend, maar is wel ingediend wegens lege tanks.

Tot slot zijn er oorsprongen van brandstoffen die slechts één keer voorkomen in de databank. Brandstof afkomstig van Ventspils, in Letland, heeft één aanvraag ingediend bij LNE wegens een te grote hoeveelheid water aanwezig. Las Palmas heeft een aanvraag ingediend wegens commerciële redenen, die verder onbekend zijn. Ceuta, in Marokko, heeft een aanvraag ingediend omwille van het veranderen van de brandstofgraad.

11 Discussie

Er zijn zeer veel overtredingen gemaakt bij de overgang van zwavelgehalte van 1,50% naar 1,00% in een ECA zone (voorschrift 14.4.2). Wat wel opvalt is dat de overgang van 1,00% naar 0,10% voor beduidend minder overtredingen heeft gezorgd. Terwijl het verschil in percentage veel groter is dan bij de eerste aanpassing van de limieten. Tegen andere voorschriften zijn er relatief weinig overtredingen gemaakt in vergelijking met het aantal overtredingen tegen 14.4.2. Wat ook opvalt is dat voorschrift 14.4.2 ingaat vanaf 1 juli 2010. Toch worden er tot en met 2014 overtredingen gemaakt tegen een voorschrift dat eigenlijk al lang in werking is. Na 2014 zijn de overtredingen meer gespreid over verschillende voorschriften. Dit is ook het jaar waarin OW Bunker failliet is gegaan. Er zou kunnen afgeleid worden dat deze grote brandstofleverancier verantwoordelijk is voor de vele overtredingen voor 2014 tegen voorschrift 14.4.2. Wanneer er wordt gekeken naar de brandstofleveranciers komen de meeste overtredingen van bedrijven die failliet zijn gegaan.

Om het gebruik van fossiele brandstoffen zo duurzaam mogelijk te maken moet er rekening gehouden worden met bepaalde voorwaarden. Indien er een aanvraag wordt ingediend voor een debunkering wordt er zaak per zaak bekeken of de debunker herbruikt kan worden mits enkele aanpassingen. Indien dit niet mogelijk is, wordt deze ingezameld door een geregistreerde afvalinzamelaar om te verbranden. Het herblenden van brandstoffen is een meer circulaire manier op weg naar een volledig duurzame brandstof. De brandstofketen is niet volledig circulair aangezien er nog steeds brandstof verbruikt wordt en de uitstoot nog steeds in de atmosfeer komt. Het herblenden van brandstoffen is een goede benadering naar de circulariteit omdat er minder uitstoot is in vergelijking met het verbranden van de debunkers. Dit is dan weer extra uitstoot die bijdraagt aan het broeikaseffect. Bij het herblenden worden fossiele brandstoffen zo efficiënt mogelijk gebruikt .

Het bedrijf dat de debunkered fuel ontvangt, heeft niks te maken met de kwaliteit van de fuel die aanwezig is op de schepen. Tenzij het eenzelfde bedrijf is als het bedrijf dat de bunkers aanlevert. Deze bedrijven hebben twee opties. Indien de brandstof nog een productstatus heeft mag deze gewoon hergebruikt worden of indien nodig herblend worden. Wanneer de brandstof een afvalstatuut heeft, dan moet deze verwerkt worden door een erkend verwerker.

Havens geven meestal geen specifieke toestemming voor elke afzonderlijke debunkering. In Antwerpen wordt er gewerkt met een licentiesysteem om spelers (leveranciers) te erkennen. Deze spelers krijgen door middel van hun licentie toelating om als bunkeroperator in het havengebied actief te zijn en bunkeroperaties uit te mogen voeren. Elke bunkeroperatie dient wel aangemeld te worden. Indien het product wordt geclassificeerd als afvalstof, moet deze ingezameld worden door een inzamelaar van afvalstoffen die geregistreerd is bij OVAM. In ruil voor de afgifte moet er een ontvangstbewijs uitgegeven worden. Een kopie van dit bewijs moet bezorgd worden aan LNE.

De specifieke situatie bepaalt of, en zo ja, waar in de keten leverancier-vervoerder-redergebruiker het als afvalstof of product wordt aangemerkt. Dit bepaalt op zijn beurt welke regelgeving van toepassing is op de bunkerbrandstof. De Inspectie Leefomgeving en Transport (ILT), die toezicht houdt op de naleving van deze regelgeving in Nederland, heeft bepaald hoe zij elke situatie beoordeelt. In onderstaande situaties categoriseert ILT de debunker als het retourneren van een product, deze voorbeelden zijn enkel van toepassing indien er geen onregelmatigheden gedetecteerd worden in de brandstof (Inspectie Leefomgeving en Transport, 2022b).

- Een bunkerleverancier heeft brandstof geleverd aan een schip in Nederland, maar leverde een groter volume brandstof dan afgesproken. De scheepseigenaar wilt dit extra volume niet aan boord of is onbekwaam om deze extra hoeveelheid te betalen. Een deel van de geleverde brandstof zal terug gelost worden.
- Een schip is gecharterd voor gebruik in EU wateren, maar de charterperiode vervalst. De eigenaar van het schip wilt het schip niet terugnemen met de aanwezige brandstof in de brandstoftanks. Deze brandstof moet daarom uit het gecharterde schip gepompt worden en apart verkocht worden.
- Er wordt een product geleverd dat niet voldoet aan de gewenste specificaties bv. brandstof met een hoog zwavelgehalte terwijl er brandstof met een laag zwavelgehalte werd gevraagd. Om deze reden zal de brandstof met veel zwavel gelost worden.
- Een schip, afkomstig van buiten de EU, komt op het einde van zijn charterperiode. De eigenaar wilt dat het schip gelost wordt zonder bunkerbrandstoffen.

- Een zeeschip moet naar het droogdok voor herstellingen aan bv. de brandstoftanks. De brandstof, niet de brandstofoverschotten, moeten eruit gepompt worden.
- Een schip, afkomstig van buiten de EU, komt aan met brandstof met een hoog zwavelgehalte. Eenmaal het aankomt in Nederland ontvangt het schip nieuwe bevelen dat het schip tijdelijk in Europese wateren moet blijven. De brandstof met hoge zwavel moet verwijderd worden naar aanleiding van de wetgeving die van toepassing is in de Europese Unie. In de plaats moeten de tanks gevuld worden met brandstof met een laag zwavelgehalte die overeenstemt met de vereisten.
- Een zeegaand schip vaart op brandstof dat niet gepast is voor gebruik in koude wateren. Volgende bestemming van het schip is bijvoorbeeld Noord-Europa. De brandstof met een hoog vloeipunt moet vervangen worden door brandstof met een laag vloeipunt.

Indien de brandstof niet voldoet aan de regelgeving van ILT, die bepaald of de brandstof geclassificeerd wordt als product, wordt de brandstof bepaald als afval. Onderstaande situaties bepalen wanneer ILT de brandstof categoriseert als afval. Dit is het geval indien de brandstof één van onderstaande bevat (Inspectie Leefomgeving en Transport, 2022b):

- Afvalstoffen
- Verboden stoffen, zoals polychloorbifenylen (PCBs) of PCB-houdende olie, freon of broomhoudende vlamvertragers (POP-verordening)
- Hoger dan toegestane niveaus van organische halogenen (Besluit Organisch Halogeengehalte van Brandstoffen)
- Stoffen niet toegelaten onder de MARPOL conventie bv. niet-aardoliederivaten zoals koolteer, bruinkoolteer en creosootolie

Zelfs als geen van bovenstaande stoffen aanwezig zijn, kan de brandstof nog steeds gecategoriseerd worden als afval. Dit is het geval indien de brandstof een gevaar is voor de veiligheid van het schip, de brandstof een negatieve impact heeft op de machine, het schadelijk kan zijn voor de bemanning en het kan leiden tot extra luchtvervuiling. Indien er catfines of sludge wordt aangetroffen in de brandstof die gedebunkerd moet worden, wordt deze brandstof sowieso beschouwd als afval. Als er bijvoorbeeld een te hoog zwavelgehalte of water aangetroffen wordt, kan deze brandstof waarschijnlijk herblend worden tot een product in plaats van een afvalstof.

De gedachte dat we bij een 100% duurzame voorziening af zijn van fossiele brandstoffen is niet juist (Bioeconomy, 2022). Fossiele brandstoffen zijn naast onze belangrijkste energiebron ook een essentiële bron voor grondstoffen. In Nederland wordt de meeste waterstof gewonnen uit aardgas in plaats van uit water. Ook in de tuinbouw en in koolzuurhoudende dranken wordt gas gebruikt om CO₂ af te scheiden. Plastic, één van de meest gebruikte materialen ter wereld, heeft aardolie nodig als meest cruciale grondstof (Saeang, Phusunti, Phetwarotai, Assabumrungrat, & Cheirsilp, 2021). Indien fossiele brandstoffen volledig worden vervangen moet biomassa gebruikt worden (Vassilev, Baxter, Andersen, & Vassileva, 2010). Alleen deze materie komt in de buurt van de uitgebreide toepassingen van fossiele brandstoffen. Wanneer er wordt overgeschakeld naar een circulaire economie is biomassa een zeer belangrijke component (Sherwood, 2020). Cascadering (zie Hoofdstuk 1.2) is nodig om de biomassa op zoveel mogelijk terreinen tegelijk in te kunnen zetten en het gebruik zo optimaal mogelijk te maken (Haberl & Geissler, 2000). De biomassa wordt stapsgewijs opgedeeld in waardevolle componenten (Bridgwater, 2006).

Wanneer cascaderen wordt toegepast op biomassa kan ieder bestanddeel worden ingezet zodat de hoeveelheid afval tot een minimum wordt beperkt. Om een circulaire bio-economie tot stand te brengen, moeten de praktische implicaties van het gebruik van biomassa worden gewaardeerd door belanghebbenden in de hele waardeketen, van productontwerp tot afvalbeheer (Sherwood, 2020). De transitie moet zo plaatsvinden dat we van een economie die afhankelijk is van fossiele brandstoffen overgaan naar een economie die voornamelijk draait op biomassa. Fossiele brandstoffen kunnen opgeraken, maar biomassa is hernieuwbaar (Vassilev et al., 2010). Het verbranden van biomassa is meestal de laatste stap in de piramide. Het is van belang bij de cascadering van biomassa dat er zoveel mogelijke nuttige stoffen zijn uitgehaald alvorens de biomassa verbrand wordt. Momenteel mag er in Nederland onder geen enkele voorwaarde biomassa worden bijgestookt wanneer deze niet afkomstig is van een andere industrie. Op deze manier is er geen grond dat in beslag wordt genomen dat enkel dient voor het maken van brandstof (Bioeconomy, 2022).

Cascadering is de methode om de toegevoegde waarde van materialen zo lang mogelijk te behouden. Net zoals in een circulaire economie houdt cascadering zich bezig met de efficiëntie van hulpbronnen door de circulatie tussen opeenvolgende bronnen te bevorderen (Campbell-

Johnston et al., 2020). Bio-energie is momenteel nodig om de klimaatdoelen te halen. Een CO₂-arme en circulaire economie is alleen haalbaar en betaalbaar met de inzet van bio-energie. Duurzame biomassa kan in de scheepvaart gebruikt worden als brandstof. In dit geval is het dan wel een tijdelijke oplossing tijdens de transitie naar aandrijving van schepen met groene waterstof. De bedoeling is om deze biomassa zo beperkt en hoogwaardig mogelijk in te zetten op weg naar een emissie-vrije scheepvaart.

12 Is de maritieme wereld klaar voor een circulaire scheepvaart?

De scheepvaart heeft een groot aandeel in de totale uitstoot van broeikasgassen. In 2020 heeft de scheepvaart een aandeel van 11% in de wereldwijde uitstoot van CO₂ in de transportsector (Tiseo, 2021). Circulaire economie is het concept van de toekomst en ook in de scheepvaart is men volop bezig met het ontwerpen, bouwen en recyclen van maritieme installaties.

De Marine Environment Protection Committee (MEPC) heeft een strategie ontworpen om de uitstoot van broeikasgassen, uitgestoten door internationale scheepvaart, te verminderen. De IMO bevestigt met deze strategie dat het hoogdringend tijd is om deze gassen zo snel mogelijk te elimineren. Zoals gezegd moet tegen 2050 de uitstoot van broeikasgassen met minstens 50% verminderd zijn, vergeleken met 2008. IMO benadrukt dat ondertussen ook de moeite moet worden gedaan om ze volledig te verwijderen (Marine Environment Protection Committee, 2018).

Havens voelen zich bedreigd om deel te nemen aan de transitie van een lineaire naar circulaire economie. Ze hebben schrik voor uitsluitingscriteria (Huybrechts, Van Moer, Leroy, De Naeyer, & Dierckx, 2021). De beste methode is om niet te beperkt te kijken naar het circulaire en de transitie. Het is overal implementeerbaar, maar op een andere manier en op een ander niveau. Iedereen wordt geconfronteerd met dezelfde uitdaging. De partijen die erin slagen, gaan het meest stabiel staan in de toekomst. Bedrijven moeten het niet altijd te ver zoeken, het toepassen van circulatie kan simpel zijn. Bovendien zijn havens de plaats bij uitstek om aan circulaire economie te doen (Kuipers et al., 2015). Group Op De Beeck (2021) verbrandt vervallen goederen zoals fruit en groenten die aankomen in Antwerpen als brandstof om groene energie op te wekken. Van Moer herbruikt 93% van de import om de export op te vullen. Hiermee bespaart hij lege kilometers en wordt de wachttijd op de kaaien verkort (Huybrechts et al., 2021). Je moet de stap durven zetten ook al lukken niet alle ideeën. Enkel op deze manier kan men de doelstellingen behalen.

Een efficiënte logistieke organisatie is fundamenteel voor het halen van streefdoelen. Het VIL, het innovatieplatform voor de logistieke sector, heeft onderzoek gedaan naar Vlaanderen, met zijn gunstige ligging en logistieke troeven, als internationale recyclage hub. Met het project 'Flanders Recycling Hub' wordt bekeken hoe Vlaanderen kan uitgroeien tot een internationale recyclage hub in de overgang naar een circulaire economie. Vlaanderen is koploper op vlak van

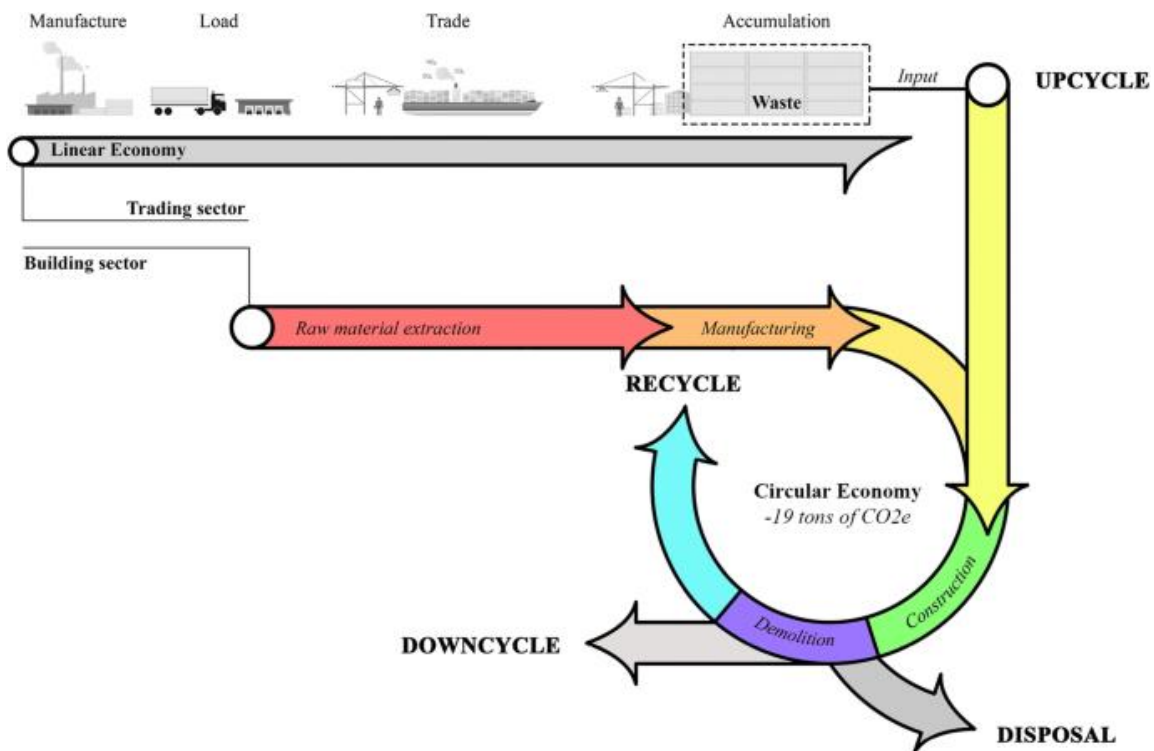
circulaire economie, maar om te dienen als internationale recycling hub moeten er nog een paar maatregelen genomen worden. Het doel is een vlottere instroom van afval en uitstroom van gerecycleerde materialen naar afzetmarkten wereldwijd te realiseren (VIL, 2018). De vele afvalstromen zijn zeker een goede kans voor Vlaanderen om aan recyclage te doen. Het VIL is van mening dat de havens een grote rol spelen om rederijen en expediteurs bewust te maken dat het noodzakelijk is om oplossingsgericht te denken. Het woord 'afval' heeft nog steeds een negatieve connotatie. Veel rederijen zijn terughoudend om bijvoorbeeld elektronisch afval aan boord te nemen en dit afval te importeren en de edele metalen te recycleren.

Baltic and International Maritime Council (BIMCO) ziet ook een potentieel negatief effect van de toepassing van circulaire economie op de scheepvaart (Sand, 2019). China vervangt ijzererts regelmatig door schroot om nieuw staal te maken. Hierdoor hebben capesizebulkvers minder werk. China produceert steeds meer staal. In de eerste twee maanden van 2019 was er een toename van 9,2%, maar tegelijkertijd is er een opvallende daling van de import met 5,6%. De drogebulkvaart heeft 20 jaar lang kunnen rekenen op de uitzetting van de Chinese staalproductie (Vandevoorde, 2019). Dit had als gevolg dat er veel hoogwaardig ijzererts over zee werd aangevoerd uit Australië en Brazilië, maar deze tijden zijn voorbij. De grootste slachtoffers zijn de capesizebulkvers die niet varen volgens langlopende contracten. China op zich zorgt voor 52% van de wereldwijde staalproductie (Sand, 2019). Als deze trend zich blijft voordoen, komen er zware tijden aan. BIMCO concludeert: "Ijzererts zal niet langer de motor van de capesizemarkt zijn. Vrachttarieven zullen een grote negatieve impact ondervinden van de vlootgroei."

12.1 Upcycling van shipping containers

Het transport van containers is vooral een lineaire economie omdat lege containers opgestapeld worden in de importlanden (Pérez-Rodríguez & Holguín-Veras, 2014). Om deze reden kunnen containers gezien worden als een object dat gebruikt kan worden als bouwcomponent in plaats van het gebruiken van nieuw staal of het extraheren van rauwe materialen (Bertolini & Guardigli, 2020). Dit lineaire systeem brengt een dilemma met zich mee. Enerzijds is het te duur om lege containers terug naar land van oorsprong te brengen (Song & Dong, 2015), anderzijds vereist het opslaan van deze containers een grote hoeveelheid oppervlakte (Islam, Zhang, Setunge, & Bhuiyan, 2016). Eens een container gelost is, moet deze

terug gezonden worden naar zijn oorspronkelijke locatie, aangezien een andere soort cargo niet geregeld kan worden voor een andere bestemming. Het vervoeren van een lege container kost evenveel als het vervoeren van een volle container. Daarom is het bouwen van nieuwe containers de goedkoopste oplossing (Bertolini & Guardigli, 2020). Vandaag de dag worden ongeveer 2.5 miljoen TEUs leeg opgeslagen (Karmelić, Dundović, & Kolanović, 2012).



Figuur 19 Levenscyclus van een container

Bron: Bertolini & Guardigli (2020)

Het upcyclen van containers is de noodzaak om een oplossing te vinden voor de accumulatie van lege containers in een lineaire economie. Het gebruiken van containers als structureel element is een eerste onmiddellijke oplossing voor de milieuschade en het niet gebruiken van lege containers in importlanden (Song & Dong, 2015). Het gebruiken van lege containers als bouwcomponenten, na hun primaire taak, zorgt ervoor dat afval vermeden wordt en er gebruik wordt gemaakt van een circulaire economie (Bertolini & Guardigli, 2020).

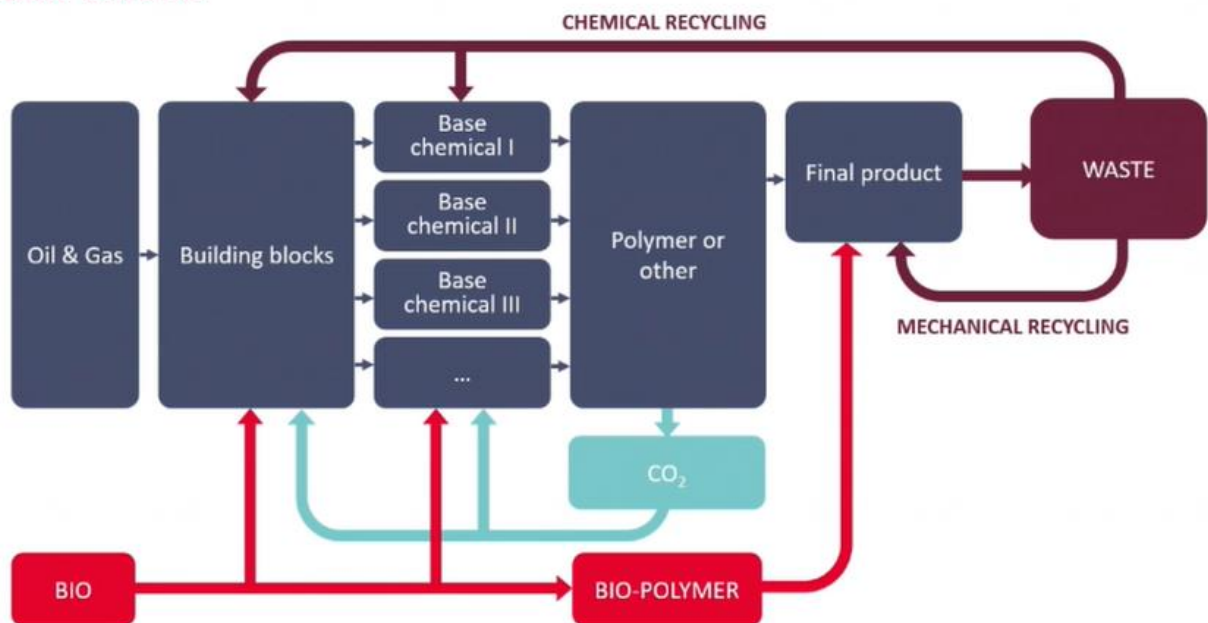
12.2 NextGen District

NextGen District wordt de hotspot voor circulaire economie in de haven van Antwerpen. Op deze manier komt de haven van Antwerpen een stap dichterbij de transitie naar een duurzame

en klimaatneutrale samenleving. NextGen District is een industriële site waar 'end-of-life-producten' een tweede of derde leven krijgen, circulaire koolstofoplossingen onderzocht worden en experimenten met hernieuwbare energie plaatsvinden (Port of Antwerp, 2021). De voormalige site van General Motors in de haven wordt omgevormd naar het NextGen District. De site ligt vlakbij de grootste chemische cluster van Europa en biedt dankzij deze gunstige ligging veel mogelijkheden. “[...] Het doel is dat NextGen District uitgroeit tot een hub voor innovatie en kruisbestuiving in circulaire economie, die zuurstof geeft aan de nieuwe generatie.” (Vandermeiren, 2021).

NextGen District nodigt vernieuwers uit om hun visie tot leven te brengen, om projecten te ontwerpen, te ontwikkelen en uit te voeren die een echte verandering in gang zetten. Het doel is om van lineair naar circulair te gaan. NextGen District is op zoek naar oplossingen en ideeën om een propere en groenere wereld te ontwikkelen. Ondernemers kunnen voorstellen indienen, die de doelstellingen kunnen waarmaken en die de klimaatverandering stopzetten. NextGen District staat in connectie met sporen, pijpleidingen, land en water met behulp van andere partijen (Port of Antwerp, 2019).

Process industry Circular carbon



Figuur 20 Circulaire Koolstof

Bron: Port of Antwerp (2021)

De focus is gericht op procesindustrie van circulaire koolstof (Huybrechts et al., 2021). Wat zijn de belangrijke bronnen en hoe kunnen deze ingezet worden om basisproducten te produceren? Koolstof wordt gebruikt als grondstof om andere producten te maken. Plastic wordt terug omgezet naar nafta of andere energieproducten. Aardolie en aardgas worden gebruikt als basisproduct. Deze worden omgevormd tot bouwstenen. Hieruit ontstaan er chemische producten die omgevormd worden tot polymeren of andere chemische componenten. Tot slot wordt het eindproduct gemaakt met bijbehorende afval. Het afval op het einde van de cyclus wordt mechanisch en chemisch gerecycleerd om terug tot het basisproduct te komen (Figuur 20). Op deze manier wordt alles gebruikt en is er een circulaire cyclus.

NextGen District bestaat uit drie verschillende innovatiezones. De eerste is NextGen Demo, vervolgens NextGen Park en tot slot NextGen Lots (Port of Antwerp, 2019).



Figuur 21 NextGen District

Bron: Port of Antwerp (2019)

- NextGen Demo (2,2 ha) geeft de ruimte aan beginners om projecten uit te testen en te kaderen binnen circulaire energie- of procesactiviteiten. Door het testen in een beschermde omgeving met snelle start van activiteiten worden de schaalnadelen voor een deel weggewerkt. NextGen Demo is de proeftuin om te experimenteren.
- NextGen Park (6 ha) zet maximaal in op het delen van faciliteiten en diensten, het is een klein bedrijventerrein met één gemeenschappelijke toegang. Het geeft kleinere ondernemingen de kans om hun projecten op grotere schaal uit te oefenen.

- NextGen Lots (25ha) biedt plaats aan bedrijven die op zichzelf staan en op zoek zijn naar extra ruimte. Deze bedrijven bieden hun diensten aan aan Next Gen Demo en NextGen Park, onder andere het gebruiken van restwarmte aan de andere bedrijven die op NextGen District staan.

12.3 LCA Mariene Brandstoffen

Er is uitgebreid besproken geweest wat een Life Cycle Analysis is. Na verder onderzoek van de twee soorten datasets kan ook het principe van een LCA toegepast worden op mariene brandstoffen.

IMO heeft beslist dat vanaf 1 januari 2020 het zwavelgehalte van mariene brandstoffen de grens van 0,50 m/m % niet mag overschrijden. Deze brandstoffen hebben een groot effect in het verminderen van zwaveloxiden, toch moet ook gekeken worden naar de levenscyclusanalyse. Bilgili (2021) heeft de levenscyclus van vier verschillende soorten brandstof onderzocht nl. Heavy Fuel Oil (HFO), Low Fuel Oil (LFO), Very Low Sulphur Fuel Oil (VLSFO) en Ultra Low Sulphur Fuel Oil (ULSFO). Uit deze studie heeft men geconcludeerd dat de gehele effecten op het milieu hoger zijn bij lage zwavelbrandstoffen dan bij andere brandstoffen. Volgens de resultaten zijn er geen beduidende verschillen tussen de soorten brandstof. HFO blijft de belangrijkste en ook de brandstof met de meeste voorkeur voor de omgeving. Met als gevolg dat, vanuit het perspectief van de levenscyclus, de verwachte resultaten van IMO 2020 Sulphur Cap niet het gewenste niveau heeft gehaald. Dus alternatieve brandstoffen zouden voordeliger zijn wanneer men spreekt over het geheel van milieuproblemen.

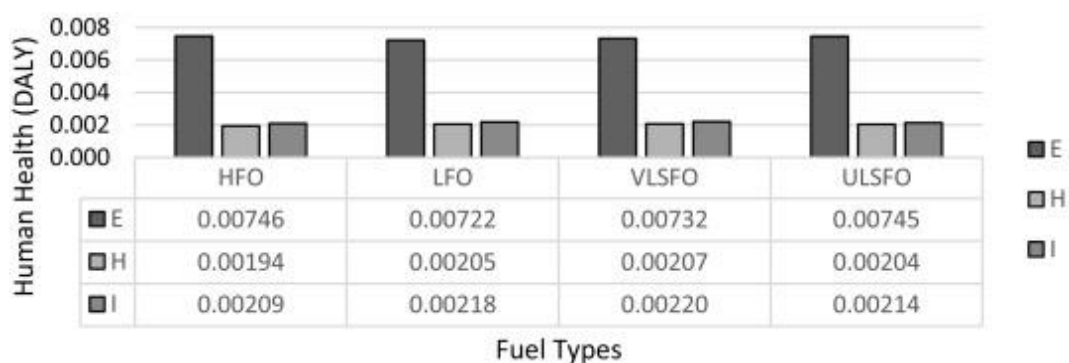
Een ander onderzoek (Lian, He, & Yang, 2020) concludeert dat de IMO 2020 Sulphur Cap de competitiviteit van de spoorwegen en het belang hiervan zal verhogen. Het onderzoek vermeldt ook dat de nieuwe zwavellimieten de opbrengst van rederijen zal verminderen met 15%. Er werd ook een schatting gemaakt dat de totale zwaveluitstoot verminderd zal worden, maar met als gevolg dat de CO₂ uitstoot zal verhogen. Het onderzoek van Notteboom (2020) toont aan dat er een risico is op het terugvallen van zeetransport naar wegtransport door de hoge brandstofkosten. Wanneer er wordt gekeken naar de gezondheid van de planeet bij het verminderen van de hoeveelheid zwavel in de uitstoot, komt men tot de conclusie dat de opwarming van de aarde zal verhogen bij een snelle vermindering van SO₂. Zwaveloxide speelt namelijk een rol in het afkoelen van de aarde (Ji, 2020)

Ondanks de kritische onderzoeken van bovenstaande, heeft de nieuwe wetgeving ook verschillende voordelen voor de omgeving. Indien dit niet het geval was, zou de IMO deze maatregelen niet opleggen. Een studie (Zetterdahl, Moldanová, Pei, Pathak, & Demirdjian, 2016) heeft aangetoond dat bij het overschakelen op een andere brandstof een vermindering van 67% PM wordt waargenomen. PM betekent Particulate Matters, in het Nederlands vertaald als fijn stof, dit zijn kleine deeltjes van vaste stoffen of vloeistoffen in de lucht. Ook wordt een vermindering van 80% gezien in de SO₂ uitstoot.

Uit verschillende onderzoeken wordt er geconcludeerd dat de nieuwe wetgeving de impact van schepen zal verminderen, maar de globale impact op de omgeving moet grondig onderzocht worden wegens de resultaten van bepaalde studies (Bilgili, 2021).

Ji en El-halwagi (2020) vergelijken verschillende emissiereductietechnieken binnen het gebied van de IMO 2020 Sulphur Cap. Het onderzoek toonde aan dat HFO met een scrubber de minst favoriete optie is voor zowel *global warming potential* (GWP) als voor non-GWP gassen. VLSFO heeft de hoogste zwarte koolstof aerosol, die ook een grote bijdrage heeft aan de opwarming van de aarde en faalt dus in zijn doel om een positieve bijdrage te leveren aan het verminderen van de globale opwarming. Walsh et al. (2013) vergeleken conventionele brandstoffen (Marine Diesel Olie en HFO) met LNG, vloeibare waterstof (LH₂), methanol en biodiesel. Uit dit onderzoek blijkt dat LH₂ meer CO₂ produceert dan de andere brandstoffen wegens het productieproces van waterstof. LH₂ wordt gevolgd door LNG, MDO en HFO, waarbij de meeste CO₂ vrijkomt tijdens de operationele werking.

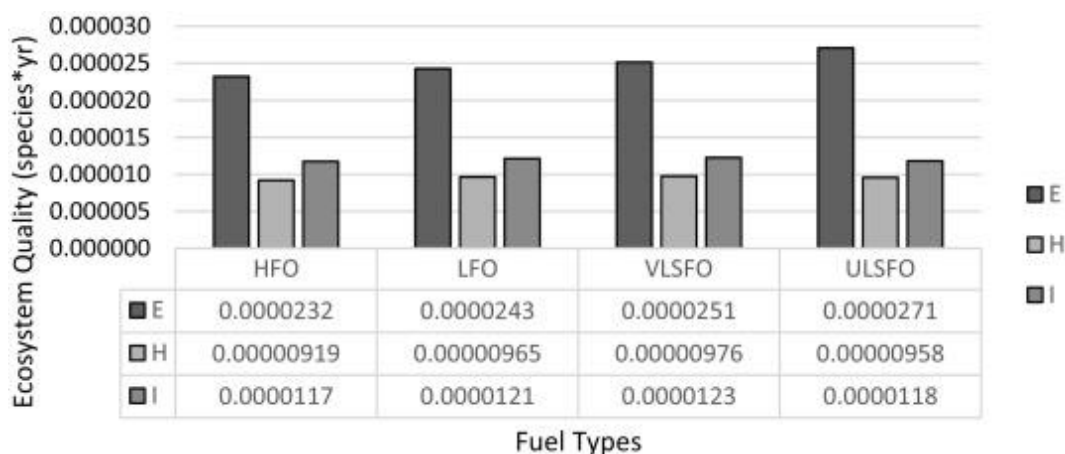
Om terug te komen op het onderzoek van Bilgili (2021) wordt er enkel gebruik gemaakt van fossiele brandstoffen en geen alternatieve brandstoffen. Er wordt gekeken naar de invloed op de omgeving tijdens de productie, distributie en operatie. De conclusie is gebaseerd op de effecten voor menselijke gezondheid, kwaliteit van het ecosysteem en bronnen. Op het gebied van menselijke gezondheid kan men natuurlijk concluderen dat fossiele brandstoffen extreem negatief zijn op lange termijn (500 jaar). De vergelijking op lange termijn toont dat HFO het meest schadelijke is en LFO de minste effecten heeft. ULSFO is zelfs licht meer schadelijk dan HFO wanneer men spreekt over de effecten op de menselijke gezondheid in een levenscyclusperspectief (Figuur 22).



Figuur 22 het effect van brandstof op de menselijke gezondheid

Bron: Bilgili (2021)

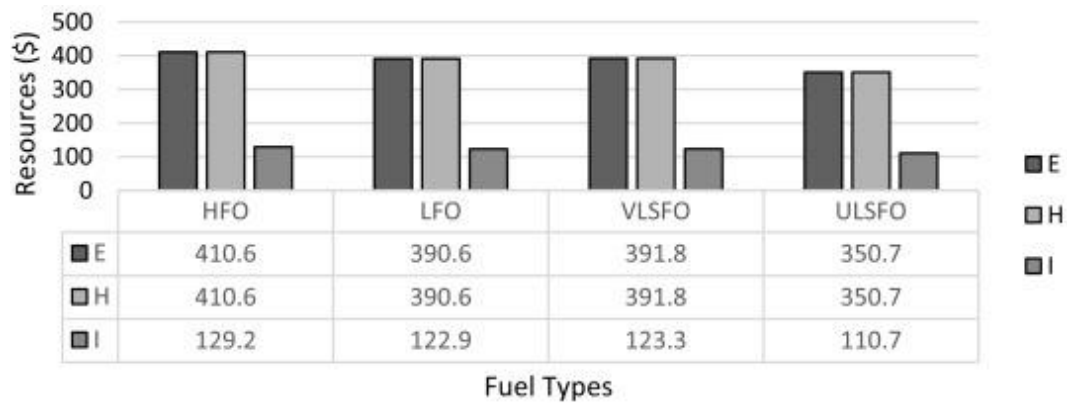
De effecten van de brandstoffen op het ecosysteem zijn gelijkend met de resultaten op de menselijke gezondheid (Figuur 23). Lange termijn effecten hebben de ergste resultaten. Op lange termijn onderscheidt ULSFO zich duidelijk van de andere brandstoffen. Terwijl HFO de beste resultaten heeft met betrekking tot de omgeving. Op korte en medium termijn, hebben LFO en VLSFO de slechtste resultaten. HFO wordt beschouwd als brandstof met de minste impact op de omgeving in beide periodes.



Figuur 23 het effect van brandstof op het ecosysteem

Bron: Bilgili (2021)

Wanneer men kijkt naar de effecten van de brandstoffen op de resources, worden de slechtste effecten gevonden bij HFO. ULSFO heeft op alle vlakken minder effecten dan de andere brandstoffen (Figuur 24).



Figuur 24 het effect van brandstof op resources

Bron: Bilgili (2021)

De waarden van dit onderzoek houden enkel rekening met de productie en de distributie, de uitstooteffecten tijdens de operatie zijn niet bijgevoegd in de berekeningen. De berekeningen zijn gemaakt voor 1 ton van elke brandstof. Aangezien schepen tonnen brandstof per dag verbruiken worden de cumulatieve waarden zeer hoog voor de wereldvloot.

De reden waarom HFO het meest positieve is voor het milieu komt doordat deze brandstof de meeste voorkeur heeft. Om deze reden zijn de productie en distributie processen zeer efficiënt en effectief. De processen van de andere brandstoffen zijn nog niet zo goed ontwikkeld als voor HFO. Aangezien het moeilijk is om te zeggen dat de ene brandstof met uitstekend beter is voor het milieu dan de anderen, kan men wel concluderen dat ULSFO de slechtste resultaten heeft uit het onderzoek. ULSFO stoot de meeste CO₂, CH₄ en NO₂ uit tijdens de productie en distributie. Aangezien deze componenten rechtstreeks bijdragen aan de opwarming van de aarde, kan men zeggen dat ULSFO het grootste aandeel heeft bij de opwarming van de aarde tijdens de productie en distributie fase.

Wanneer men de resultaten van de operatie fase meerekent bij de LCA, neemt HFO wel een voorsprong in de bijdrage tot globale opwarming. Omdat HFO de meeste CO₂ uitstoot in vergelijking met de andere brandstoffen. VLSFO stoot dan weer de meeste SO₂ uit en ULSFO de meeste NO_x.

Het hoofddoel van het gebruik van ULSFO en VLSFO is om de SO₂ uitstoot tijdens de operatie te verminderen. Zoals verwacht wordt de SO₂ uitstoot beduidend verminderd tijdens de

operaties waar ULSFO wordt gebruikt. Alle uitstoot van SO₂ bij ULSFO gebeurt bij productie en distributie. Het negatieve aspect van heel het onderzoek is dat de hoeveelheid SO₂ van ULSFO tijdens productie en distributie zo veel is dat ULSFO meer SO₂ uitstoot dan HFO in zijn hele levenscyclus. Het onderzoek van Bengtsson, Andersson & Fridell (2011) heeft compatibele resultaten. Net zoals het onderzoek van Brynolf (2014). Er wordt geconcludeerd dat de IMO 2020 Sulphur Cap niet de juiste oplossing is voor het probleem en het kan meer slecht dan goed doen, maar voor nu is dit de beste oplossing die er is (Ji, 2020).

Scheepsactiviteiten spelen een grote rol in de handel over de hele wereld. Deze handel zorgt voor grotere populaties en grotere commerciële vraag. Om deze reden zal de uitstoot van schepen alleen maar vergroten en voor grote problemen zorgen in de toekomst. MARPOL Annex VI heeft de limiet van zwavel beperkt tot 0,50% om de SO_x uitstoot te verminderen. Indien er enkel wordt gekeken naar de zwaveloxides is men er zeker in geslaagd om deze te verminderen. Bij het volgen van de definitie van LCA is een product pas beter dan het andere wanneer men rekening houdt met het hele proces. De resultaten in het geheel tonen aan dat ULSFO zorgt voor een grote daling in SO₂ uitstoot tijdens de operatie, maar het beste product tijdens de hele levenscyclus is HFO. In termen van LCA kan men zeggen dat ULSFO niet het verwachte positieve effect heeft en het heeft zelfs grotere gevaren voor het milieu dan andere brandstoffen. Daarom is het gebruik van alternatieve brandstoffen in plaats van fossiele brandstoffen (zoals ULSFO) beter voor de gezondheid en de omgeving. Natuurlijk moet ook van deze alternatieve brandstoffen een levenscyclusanalyse gemaakt worden.

12.4 CMB. TECH

CMB. TECH, de technologie-afdeling van de Antwerpse rederij CMB, bouwt, bezit, exploiteert en ontwerpt grote maritieme en industriële toepassingen die werken op waterstof en ammoniak (CMB. TECH, 2022a). Dit bedrijf gebruikt verbrandingsmotoren die waterstof en ammoniak verbranden en geen CO₂ uitstoten. CMB. TECH heeft een dual fuel waterstoftechnologie ontwikkeld. Eerst wordt waterstof geïnjecteerd in de aangezogen lucht tijdens de inlaatslag. Vervolgens wordt tijdens de compressie de waterstof gemengd tot een homogeen mengsel. Dan wordt een kleine hoeveelheid diesel geïnjecteerd in de verbrandingskamer net voor het bovenste punt. Door de ontbranding van diesel, door de hoge druk en temperatuur, ontsteekt de waterstof. Hierdoor wordt de zuiger naar beneden gedrukt

tijdens de vermogensslag. Tot slot, worden tijdens de uitlaatslag de verbrandingsgassen uit de cilinder geduwd. Door de verbranding van waterstof zijn NO_x- en CO₂-emissies in de uitlaatgassen sterk verminderd.

CMB. TECH gelooft dat groene waterstof en groene ammoniak de toekomst zijn om de scheepvaartindustrie koolstofvrij te maken. Zolang dat deze stoffen geen groene stoffen zijn, maar blauwe waterstof en blauwe ammoniak, is het nog steeds beter om op heavy fuel te varen. Zolang de nieuwe brandstoffen niet volledig groen zijn, heeft het geen zin om op iets anders te varen. Er zal nog steeds schade aangericht worden aan de ecosystemen op aarde.

Dit bedrijf heeft in samenwerking met Port of Antwerp-Bruges de eerste sleepboot aangedreven op waterstof verwelkomd (CMB. TECH, 2022b). De Hydrotug bestaat uit motoren die zowel op waterstof als op de traditionele brandstof kunnen varen. Door Port of Antwerp-Bruges wordt dit ontwerp gebruikt als belangrijke overgang naar een duurzame en klimaat-neutrale haven tegen 2050. De Hydrotug zal operationeel zijn in het eerste kwartaal van 2023. CMB. TECH wilt dit ontwerp toepassen op alle sleepboten wereldwijd. De Hydrotug elimineert een uitstoot gelijk aan 350 auto's (CMB. TECH, 2022b).

In samenwerking met CMB. TECH heeft Windcat Workboats een Crew Transfer Vessel (CTV) ontworpen dat aangedreven wordt door waterstof (CMB. TECH, 2022c). Hydrocat 48 is de eerste CTV die op waterstof vaart en vermindert de uitstoot van traditionele brandstoffen en bijbehorende emissies tot 80%. Hydrocat 48 is uitgerust met een dual fuel motor zonder de betrouwbaarheid en de prestaties van het schip te verminderen in vergelijking bij het gebruik van een dieselmotor. Het vaartuig maakt gebruik van de reeds bestaande dieselmotoren. Er zijn geen elementaire wijzigingen gemaakt aan de hoofdmotor. Het is het eerste vaartuig dat echt een duurzaam alternatief is voor dieselbrandstof (CMB. TECH, 2022c). Indien er geen waterstof meer beschikbaar is, zal het vaartuig overschakelen op de fossiele brandstoffen als voortstuwingsmiddel. In dit geval wordt er nog steeds CO₂ uitgestoten bij de verbranding. Bij het gebruik van dual fuel motoren wordt er gerekend op de aanwezigheid van diesel als verbrandingsstof indien er geen waterstof beschikbaar is of indien waterstof te duur wordt. Dit is nog niet de eindoplossing voor een emissievrije uitstoot van een CTV. Het is een goede oplossing om toch zo duurzaam mogelijk rond te varen, zolang er geen oplossing is gevonden die volledig circulair en emissievrij is. Bij het gebruik van dual fuel-motoren wordt de uitstoot

van broeikasgassen gereduceerd met een marge van 60% tot 90%. Dit hangt af van de belasting en het motortype. Aangezien CMB. TECH enkel vermeldt dat ze geen CO₂ uitstoten, moet er natuurlijk rekening gehouden worden dat er wel andere stoffen kunnen uitgestoten worden die ook schadelijk zijn voor onze aarde. Alternatieven van fossiele brandstof zijn pas een goed alternatief indien ze ofwel volledig groen zijn, waardoor de uitstoot geen gevaar is, ofwel moeten ze emissievrij en volledig circulair zijn.

12.5 Neo Orbis

Neo Orbis is het ontwerp van de haven van Amsterdam (Port of Amsterdam, 2021). Dit schip wordt het toonbeeld van emissievrije scheepvaart op circulaire energie. Het schip gaat varen op natriumboorhydride. Dit is waterstof in zijn vaste vorm. Door waterstof in deze vorm te gaan gebruiken kunnen schepen op een veilige en compacte manier gebruik maken van waterstof als brandstof. Het project wordt samen uitgevoerd met het Europese project H2SHIPS.

H2SHIPS is een EU-project gefinancierd door Interreg Noordwest-Europa en zal een infrastructuur ontwikkelen voor de scheepvaart met waterstofaandrijving die de vervuiling drastisch kan verminderen en onze lucht- en waterkwaliteit kan verbeteren (University of Birmingham, 2020). Binnenvaart- en zeevaartsectoren hebben groot potentieel om milieuvriendelijker te worden. Waterstof is de brandstof van de toekomst (Edwards, Kuznetsov, David, & Brandon, 2008). Het gebruik van waterstof als brandstof is de enige optie die het vervoer over water volledig koolstofvrij maakt (Jain, 2009). Het is een stof met een hoge efficiëntie en energiedichtheid zonder lokale broeikasgasemissies (University of Birmingham, 2020).

Neo Orbis betekent: "Nieuwe Wereld". Aan de hand van deze naam wilt de haven van Amsterdam samen op ontdekking gaan naar een nieuwe wereld van emissievrije scheepvaart op waterstof. De haven investeert in een elektrolyser van 100 megawatt. Dit is een fabriek voor de productie van waterstof. Ook wilt Amsterdam optreden als een matchmaker bij innovatieprojecten zoals een waterstofwijk, een varende waterstoflaboratorium en een energiehub.

Het schip moet het boegbeeld worden om aan te tonen dat schepen op circulaire energie kunnen varen. Neo Orbis wordt aangedreven door elektriciteit, die opgewekt wordt met waterstof. In gasvorm is waterstof moeilijk op te slaan aan boord, daarom willen ze gebruik

maken van natriumboorhydride (NaBH_4). Wanneer deze vaste stof met water gaat reageren ontstaat er waterstof. Het voordeel van NaBH_4 is dat deze vorm veel compacter en veiliger is om op te slaan op schepen in plaats van het licht ontvlambare waterstofgas.

Om te concurreren met fossiele brandstoffen als nieuwe energiebron zijn er een aantal belangrijke factoren die evenwaardig of beter moeten zijn. De eerste voorwaarde is dat de stof compact moet zijn om op een schip te kunnen worden opgeslagen. Ook op economisch vlak moet de nieuwe brandstof beter zijn en het moet minstens even veilig zijn. NaBH_4 is al op twee gebieden een waardige concurrent. De energiedichtheid is een veel hoger dan waterstofgas en komt in de buurt van de energiedichtheid van diesel. NaBH_4 is veel veiliger dan gasvormige of vloeibare waterstof. De economische kant van het verhaal ligt moeilijker aangezien de infrastructuur er nog niet ligt en het opwekken van waterstof energie kost. Deze energie wilt de haven groen opwekken, maar dit kost ook geld.

Aan boord van Neo Orbis komt een brandstofcel. Deze cel maakt van waterstof en zuurstof stroom. De schroef van het schip wordt aangedreven met deze stroom die wordt opgevangen door een accu. Ook de systemen aan boord zoals de boegschroef, radar, verlichting en keukeninstallaties werken op deze elektriciteit. Tijdens het omzetten van water en zuurstof in elektriciteit komen water en warmte vrij. Deze componenten gaan ze opnieuw gebruiken. De warmte wordt gebruikt om het schip te verwarmen en het water kan worden gebruikt in de extractor om waterstof vrij te maken.

Er moet ook opslag voorzien worden aan boord van het schip voor de extra systemen aan boord en voor het restproduct 'spent fuel'. Deze overschot gaan ze omzetten aan de wal met behulp van groene energie tot nieuwe natriumboorhydride. Op deze manier zijn er geen restproducten en is de brandstof op basis van NaBH_4 volledig circulair en emissievrij. Het hele concept is nog in ontwikkeling en er moet nog veel bedacht en ingevuld worden aangezien het hele concept van scheepvaart op waterstof vrij nieuw is. Met dit project wilt de haven van Amsterdam sneller de nieuwe wereld bereiken van een schone scheepvaart.

13 Besluit

Circulaire economie is het idee van de toekomst. Ondanks alle inzet die reeds aanwezig is om te recyclen, wordt nog steeds 88 tot 94% van alle producten gemaakt uit nieuwe grondstoffen (Van Acker, 2017). Het aanbod van grondstoffen wordt steeds schaarser in de toekomst door de ongelijke verdeling, monopolies... Om deze schaarste te vermijden is het de beste optie om onafhankelijk te worden van de import van nieuwe grondstoffen. Als een circulaire economie aan het roer staat, kan onze economie ook draaien zonder afhankelijk te zijn van grondstoffen die uit het buitenland komen. Een andere belangrijke factor is de druk op het milieu die aanzienlijk vermindert (Velenturf et al., 2019). Op wereldschaal wordt er 280 kg afval per persoon per jaar gestort (Van Acker, 2017), maar bij een circulaire economie draait het vooral om het hergebruiken van de producten. Hierbij is er geen afval waardoor het milieu veel minder vervuild wordt. Circulaire economie streeft naar innovatie (Pieroni, McAlloone, & Pigosso, 2019). Nieuwe systemen, installaties en processen moeten ontwikkeld worden. Door deze verandering komt er een grote ruimte vrij voor nieuwe werkgelegenheid. Het afvalbeheer in Vlaanderen biedt reeds plaats voor 27.000 nieuwe jobs (Dubois & Christis, 2014). De transitie naar circulaire economie vindt overal plaats, ook in de maritieme sector. De maritieme sector moet een groene sector worden. De vraag van de consument en de noodzaak om op een meer milieuvriendelijke manier goederen te transporteren wordt steeds groter (Atilhan et al., 2021). Bij deze vraag hoort een nieuw aanbod aan oplossingen. De scheepvaartindustrie is volop bezig met deze transitie te verwezenlijken (Hessevik, 2021). Havens zitten op de sleutelpositie om grote stappen te zetten in dit proces (Kuipers et al., 2015). Het doel is om havens en schepen volledig circulair te maken. Met projecten zoals NextGen District en Neo Orbis zet de maritieme wereld grote stappen richting een circulaire wereld. Dit is exact wat onze planeet nodig heeft om te overleven. In afwachting tot wanneer dit moment is aangebroken, is het noodzakelijk om zo duurzaam mogelijk om te gaan met de grondstoffen en producten die schadelijk zijn voor het milieu. Wanneer men spreekt over duurzamer gebruik van fossiele brandstoffen, is men al een heel eind op weg door het herblenden van debunkers die niet aan de voorwaarden voldoen. Op deze manier is er minder afval en gaat men duurzamer om met het gebruik. Echt duurzaam is het niet, maar door te beseffen dat er iets moet veranderen en er bewust mee om te gaan, staan we ook al een stap dichterbij de transitie naar een circulaire economie.

Bibliografie

- Ajwani-Ramchandani, R., Figueira, S., Torres de Oliveira, R., & Jha, S. (2021). Enhancing the circular and modified linear economy: The importance of blockchain for developing economies. *Resources, Conservation and Recycling*, *168*, 105468. doi:10.1016/j.resconrec.2021.105468
- Animah, I., Addy-Lampsey, A., Korsah, F., & Sackey, J. S. (2018). Compliance with MARPOL Annex VI regulation 14 by ships in the Gulf of Guinea sub-region: Issues, challenges and opportunities. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, *62*, 441–455. doi:10.1016/j.trd.2018.03.020
- Atilhan, S., Park, S., El-Halwagi, M. M., Atilhan, M., Moore, M., & Nielsen, R. B. (2021). Green hydrogen as an alternative fuel for the shipping industry. *Current Opinion in Chemical Engineering*, *31*, 100668. doi:10.1016/j.coche.2020.100668
- Bachus, K., Van Dyck, L., & Van Eynde, S. (2015). *Quicksan jobpotentieel van de circulaire economie* (p. 118). Mechelen, Vlaams Materialenprogramma.
- Balke, V., Evans, S., Rabbiosi, L., & Averous Monnery, S. (2017). PROMOTING CIRCULAR ECONOMIES. *Green Industrial Policy: Concepts, Policies, Country Experiences* (Vol. Chapter 8, pp. 120–133). United Nations Environment Programme.
- Barnes, D. K. A., Galgani, F., Thompson, R. C., & Barlaz, M. (2009). Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, *364*(1526), 1985–1998. doi:10.1098/rstb.2008.0205
- Bastein, T., Roelofs, E., Rietveld, E., Hoogendoorn, A., & Ministerie van Infrastructuur en Milieu. (2013). *Kansen voor de circulaire economie in Nederland* (p. 83). Delft, TNO.

- Beauchemin, K. A., Janzen, H., Little, S. M., McAllister, T. A., & McGinn, S. M. (2010). Life cycle assessment of greenhouse gas emissions from beef production in western Canada: A case study. *Agricultural Systems*, *103*(6), 371–379. doi:10.1016/j.agsy.2010.03.008
- Bengtsson, S., Andersson, K., & Fridell, E. (2011). *Life cycle assessment of marine fuels: A comparative study of four fossil fuels for marine propulsion*. Gothenburg, Chalmers University of Technology.
- Bertolini, M., & Guardigli, L. (2020). Upcycling shipping containers as building components: An environmental impact assessment. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, *25*(6), 947–963. doi:10.1007/s11367-020-01747-3
- Bilgili, L. (2021). Life cycle comparison of marine fuels for IMO 2020 Sulphur Cap. *Science of The Total Environment*, *774*, 145719. doi:10.1016/j.scitotenv.2021.145719
- Bioeconomy. (2022). Cascadering – de betekenis, voorbeelden en hergebruik van biomassa – Bioeconomy. Geraadpleegd 20 mei 2022, van <https://www.bioeconomy.nl/cascadering-de-betekenis-voorbeelden-en-hergebruik-van-biomassa/#6>
- Bjørn, A., & Strandesen, M. (2011). The Cradle to Cradle concept—Is it always sustainable? (p. 11). Gepresenteerd bij The Life Cycle Management (LCM) conference : Towards Life Cycle Sustainability Management, Berlin.
- Blythe, S. E. (2021). Auditors’ Duty To Detect Related Party Transactions, To Be Professionally Skeptical, and To Detect Fraud: A Case Study of Aegean Marine Petroleum Network, Inc. *Journal of Economics, Finance And Management Studies*, *04*(06). doi:10.47191/jefms/v4-i6-24

- Braungart, M., McDonough, W., & Bollinger, A. (2007). Cradle-to-cradle design: Creating healthy emissions – a strategy for eco-effective product and system design. *Journal of Cleaner Production*, 15(13–14), 1337–1348. doi:10.1016/j.jclepro.2006.08.003
- Bridgens, B., Powell, M., Farmer, G., Walsh, C., Reed, E., Royapoor, M., Gosling, P., e.a. (2018). Creative upcycling: Reconnecting people, materials and place through making. *Journal of Cleaner Production*, 189, 145–154. doi:10.1016/j.jclepro.2018.03.317
- Bridgwater, T. (2006). Biomass for energy: Biomass for energy. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(12), 1755–1768. doi:10.1002/jsfa.2605
- Brynnolf, S. (2014). *Environmental assessment of present and future marine fuels*. Gothenburg, Sweden, CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY.
- Campbell-Johnston, K., Vermeulen, W. J. V., Reike, D., & Brullot, S. (2020). The Circular Economy and Cascading: Towards a Framework. *Resources, Conservation & Recycling: X*, 7, 100038. doi:10.1016/j.rcrx.2020.100038
- Chala, G. T., Sulaiman, S. A., & Japper-Jaafar, A. (2018). Flow start-up and transportation of waxy crude oil in pipelines-A review. *Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics*, 251, 69–87. doi:10.1016/j.jnnfm.2017.11.008
- CMB. TECH. (2022a). Home | CMB Tech. Geraadpleegd 18 mei 2022, a van <https://cmb.tech/nl/>
- CMB. TECH. (2022b, 18 mei). CMB Tech | Port of Antwerp & CMB.TECH bereiden Hydrotug voor. Geraadpleegd 18 mei 2022, b van <https://cmb.tech/nl/nieuws/port-of-antwerp-bruges-cmb-tech-bereiden-hydrotug-voor-de-eerste-op-waterstof-aangedreven-sleepboot>

CMB. TECH. (2022c, 10 mei). CMB Tech | Eerste waterstof-aangedreven CTV: Hydrocat 48.

Geraadpleegd 18 mei 2022, c van <https://cmb.tech/nl/nieuws/windcat-workboats-cmb-tech-presenteren-de-eerste-op-waterstof-aangedreven-crew-transfer-vessel-ctv-de-hydrocat-48-klaar-voor-onmiddellijke-gebruikname>

Corrosionpedia. (2018, 14 januari). What is Fuel Stability? - Definition from Corrosionpedia.

Geraadpleegd 6 mei 2022, van <https://www.corrosionpedia.com/definition/1644/fuel-stability>

d'Ambrières, W. (2019). Plastics recycling worldwide: Current overview and desirable changes. *Field Actions Science Reports*, (19), 12–21.

De Croon, M. (2011). “Levenscyclusanalyse—LCA”. Fedustria-Centexbel.

Dean, P., & Grout, R. (2016). OW BUNKER TEST CASE: THE RES COGITANS SUPREME COURT JUDGMENT HANDED DOWN TODAY, MAY 2016. Holman Fenwick Willan LLP.

Geraadpleegd van <https://www.hfw.com/OW-Bunker-test-case-the-RES-COGITANS-Supreme-Court-judgment-handed-down-today-May-2016>

Devos, F. (2010). *OPNAME VAN DE BROEIKASGASEMISSIES VAN DE INTERNATIONALE SCHEEPVAART IN HET EUROPESE EMISSIEHANDELSSYSTEEM: FICTIE OF WERKELIJKHEID?* (UGent).

Didenko, N., Klochkov, Y., & Skripnuk, D. (2018). Ecological Criteria for Comparing Linear and Circular Economies. *Resources*, 7(3), 48. doi:10.3390/resources7030048

Drabe, V., & Herstatt, C. (2016). Why and how companies implement Circular Economy concepts – the case of Cradle to Cradle innovations (p. 11). Gepresenteerd bij R&D Management Conference 2016 “From Science to Society: Innovation and Value Creation”, Cambridge.

- Dubois, M., & Christis, M. (2014). *Verkennde analyse van het economisch belang van afvalbeheer, recyclage en de circulaire economie in Vlaanderen* (p. 31). Leuven, Steunpunt Duurzaam Materialenbeheer.
- Edwards, P. P., Kuznetsov, V. L., David, W. I. F., & Brandon, N. P. (2008). Hydrogen and fuel cells: Towards a sustainable energy future. *Energy Policy*, *36*(12), 4356–4362.
doi:10.1016/j.enpol.2008.09.036
- Ellen MacArthur Foundation. (2015). *towards a circular economy: Business rationale for an accelerated transition*. Ellen MacArthur Foundation.
- Eppink, M. M., Simons, A. E., & van den Broek, W. H. A. M. (2008). *Cradle to cradle: Kansen voor agrologistiek*. Wageningen, AFSG.
- Exhaust Gas Cleaning Systems Association. (2021). MARPOL Annex VI – Regulation 14 – EGCSA. Geraadpleegd 24 maart 2022, van <https://www.egcsa.com/regulatory/marpol-annex-vi-regulation-14/>
- Finnveden, G., Hauschild, M. Z., Ekvall, T., Guinée, J., Heijungs, R., Hellweg, S., Koehler, A., e.a. (2009). Recent developments in Life Cycle Assessment. *Journal of Environmental Management*, *91*(1), 1–21. doi:10.1016/j.jenvman.2009.06.018
- Fonseca, L., Domingues, J., Pereira, M., Martins, F., & Zimon, D. (2018). Assessment of Circular Economy within Portuguese Organizations. *Sustainability*, *10*(7), 2521.
doi:10.3390/su10072521
- Frei, M. (1998). Eco-effective product design: The contribution of environmental management in designing sustainable products. *The Journal of Sustainable Product Design*, 19–29.

- Geerken, T., Schmidt, J., Boonen, K., Christis, M., & Merciai, S. (2019). Assessment of the potential of a circular economy in open economies – Case of Belgium. *Journal of Cleaner Production*, 227, 683–699. doi:10.1016/j.jclepro.2019.04.120
- Geyer, R. (2020). Production, use, and fate of synthetic polymers. *Plastic Waste and Recycling* (pp. 13–32). Elsevier. doi:10.1016/B978-0-12-817880-5.00002-5
- Goyal, S., Esposito, M., & Kapoor, A. (2018). Circular economy business models in developing economies: Lessons from India on reduce, recycle, and reuse paradigms. *Thunderbird International Business Review*, 60(5), 729–740. doi:10.1002/tie.21883
- Group Op De Beeck. (2021). Organische Afvalverwerking. Geraadpleegd 6 april 2021, van <https://www.groupopdebeeck.com/wat/>
- Haberl, H., & Geissler, S. (2000). Cascade utilization of biomass: Strategies for a more efficient use of a scarce resource. *Ecological Engineering*, 16, 111–121. doi:10.1016/S0925-8574(00)00059-8
- Hauschild, M. Z. (2015). Better – But is it Good Enough? On the Need to Consider Both Eco-efficiency and Eco-effectiveness to Gauge Industrial Sustainability. *Procedia CIRP*, 29, 1–7. doi:10.1016/j.procir.2015.02.126
- Hees, E. (2013). *Voedsel, grondstoffen en geopolitiek* (p. 111). Culemborg, CLM Onderzoek en Advies BV.
- Heinen. (2014, 25 november). Failliet OW Bunker laat ook in Antwerpen sporen na | Flows. Geraadpleegd 28 april 2022, van <https://www.flows.be/shipping/failliet-ow-bunker-laait-ook-antwerpen-sporen-na>

- Herrmann, C., Blume, S., Kurle, D., Schmidt, C., & Thiede, S. (2015). The Positive Impact Factory–Transition from Eco-efficiency to Eco-effectiveness Strategies in Manufacturing. *Procedia CIRP*, 29, 19–27. doi:10.1016/j.procir.2015.02.066
- Hessevik, A. (2021). Network-led advocacy for a green shipping transformation: A case study of governance networks in the Norwegian maritime sector. *Regulation & Governance*, rego.12386. doi:10.1111/rego.12386
- Huybrechts, B., Van Moer, J., Leroy, B., De Naeyer, K., & Dierckx, J. (2021). *Antwerpen, circulaire hub van de toekomst: Wees mee pionier*. Gepresenteerd bij [Webinar] Flows.
- IMO. (2019a). Prevention of Air Pollution from Ships. Geraadpleegd 23 maart 2022, a van <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Air-Pollution.aspx>
- IMO. (2019b, 20 december). IMO 2020—Cleaner shipping for cleaner air. Geraadpleegd 19 februari 2022, b van <https://www.imo.org/en/MediaCentre/PressBriefings/Pages/34-IMO-2020-sulphur-limit-.aspx>
- IMO. (2019c). Sulphur oxides (SOx) and Particulate Matter (PM) – Regulation 14. Geraadpleegd 23 maart 2022, c van [https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Sulphur-oxides-\(SOx\)-%E2%80%93-Regulation-14.aspx](https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Sulphur-oxides-(SOx)-%E2%80%93-Regulation-14.aspx)
- IMO. (2019d). Fuel oil availability and quality – Regulation 18. Geraadpleegd 24 maart 2022, d van <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Fuel-oil-quality-%E2%80%93-Regulation-18.aspx>
- IMO. (2022a). GISIS: MARPOL Annex VI. Geraadpleegd a van <https://gisis.imo.org/Public/MARPOL6/Default.aspx>

- IMO. (2022b). Regulation 18—Fuel Oil Availability and Quality. Geraadpleegd 22 februari 2022, b van http://dmr.regs4ships.com/docs/international/imo/marpol/ann_06/018.cfm
- Infineum International Limited. (2020, 7 december). Infineum Insight | Sediment concerns in marine fuels. Geraadpleegd 6 mei 2022, van <https://www.infineuminsight.com/en-gb/articles/fuels/sediment-concerns-in-marine-fuels/>
- Inspectie Leefomgeving en Transport. (2022a, 4 april). Home | Inspectie Leefomgeving en Transport (ILT). Geraadpleegd 18 mei 2022, a van <https://www.ilent.nl/>
- Inspectie Leefomgeving en Transport. (2022b, 4 april). De-bunkering: Product or waste? | Legislation merchant shipping | Inspectie Leefomgeving en Transport (ILT). Geraadpleegd 19 mei 2022, b van <https://english.ilent.nl/themes/l/legislation-merchant-shipping/de-bunkering-product-or-waste>
- Islam, H., Zhang, G., Setunge, S., & Bhuiyan, M. A. (2016). Life cycle assessment of shipping container home: A sustainable construction. *Energy and Buildings*, 128, 673–685. doi:10.1016/j.enbuild.2016.07.002
- ISO. (2017). Petroleum product—Fuels (class F)—Specifications of marine fuels. zesde editie. Zwitserland.
- Jain, I. P. (2009). Hydrogen the fuel for 21st century. *International Journal of Hydrogen Energy*, 34(17), 7368–7378. doi:10.1016/j.ijhydene.2009.05.093
- Jang, H., Jeong, B., Zhou, P., Ha, S., Nam, D., Kim, J., & Lee, J. (2020). Development of Parametric Trend Life Cycle Assessment for marine SOx reduction scrubber systems. *Journal of Cleaner Production*, 272, 122821. doi:10.1016/j.jclepro.2020.122821
- Janssens, T., & Kooijman, B. (2008). Markets, organisation & innovation. Universiteit Twente.

- Ji. (2020). The IMO 2020 sulphur cap: A step forward for planetary health? *The Lancet Planetary Health*, 4(2), e46–e47. doi:10.1016/S2542-5196(20)30002-4
- Ji, C., & El-Halwagi, M. M. (2020). A data-driven study of IMO compliant fuel emissions with consideration of black carbon aerosols. *Ocean Engineering*, 218, 108241. doi:10.1016/j.oceaneng.2020.108241
- Jiang, L., Kronbak, J., & Christensen, L. P. (2014). The costs and benefits of sulphur reduction measures: Sulphur scrubbers versus marine gas oil. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 28, 19–27. doi:10.1016/j.trd.2013.12.005
- Joint Industry Guidance. (2019 augustus). Joint Industry Guidance: The supply and use of 0.50%-sulphur marine fuel.
- Karmelić, J., Dundović, Č., & Kolanović, I. (2012). Empty Container Logistics. *PROMET - Traffic&Transportation*, 24(3), 223–230. doi:10.7307/ptt.v24i3.315
- Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, 127, 221–232. doi:10.1016/j.resconrec.2017.09.005
- Knothe, G. (2005). Dependence of biodiesel fuel properties on the structure of fatty acid alkyl esters. *Fuel Processing Technology*, 86(10), 1059–1070. doi:10.1016/j.fuproc.2004.11.002
- Korhonen, J., Honkasalo, A., & Seppälä, J. (2018). Circular Economy: The Concept and its Limitations. *Ecological Economics*, 143, 37–46. doi:10.1016/j.ecolecon.2017.06.041
- Kuipers, B., de Jong, O., van Raak, R., Sanders, F., Meesters, K., & van Dam, J. (2015). *De Amsterdamse haven draait (groen) door* (p. 112). Rotterdam/Wageningen, Erasmus Universiteit Rotterdam, Wageningen Universiteit.

- Lee, K.-M., Inaba, A., Korea (South), T'ongsang Sanöppu, Asia Pacific Economic Cooperation (Organization), & APEC Committee on Trade and Investment. (2004). *Life cycle assessment: Best practices of ISO 14040 series*. Suwon, Korea: Center for Ecodesign and LCA(CEL), Ajou University.
- Lewis, C. P. G., Schenk, C., & Stassen, W. J. M. (1998). *Ignition quality of residual fuel oils*. Copenhagen, Denmark, International Congress on Combustion Engines.
- Lian, F., He, Y., & Yang, Z. (2020). Competitiveness of the China-Europe Railway Express and liner shipping under the enforced sulfur emission control convention. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 135, 101861.
doi:10.1016/j.tre.2020.101861
- Liebsch, T. (2019). Life Cycle Assessment (LCA)—Een volledig beginners overzicht. *Ecochain*. Geraadpleegd van <https://ecochain.com/nl/knowledge-nl/levenscyclusanalyse-life-cycle-assessment-lca-complete-beginners-guide/>
- Llorach-Massana, P., Farreny, R., & Oliver-Solà, J. (2015). Are Cradle to Cradle certified products environmentally preferable? Analysis from an LCA approach. *Journal of Cleaner Production*, 93, 243–250. doi:10.1016/j.jclepro.2015.01.032
- Marine Environment Protection Committee. (2018). INITIAL IMO STRATEGY ON REDUCTION OF GHG EMISSIONS FROM SHIPS. *RESOLUTION MEPC.304(72)* (Vol. Annex 11, p. 11). Londen: International Maritime Organization.
- Mattsson, K., Jovic, S., Doverbratt, I., & Hansson, L.-A. (2018). Nanoplastics in the Aquatic Environment. *Microplastic Contamination in Aquatic Environments* (pp. 379–399). Elsevier. doi:10.1016/B978-0-12-813747-5.00013-8

- McCarthy, K., Rojas, K., Niemann, N., Palmowski, D., Peters, K., & Stankiewicz, A. (2011). Basic petroleum geochemistry for source rock evaluation. *Oilfield Review*, 23(2), 32–43.
- McKinsey & Company. (2013). *TOWARDS THE CIRCULAR ECONOMY* (p. 99). Ellen MacArthur Foundation.
- Michelini, G., Moraes, R. N., Cunha, R. N., Costa, J. M. H., & Ometto, A. R. (2017). From Linear to Circular Economy: PSS Conducting the Transition. *Procedia CIRP*, 64, 2–6.
doi:10.1016/j.procir.2017.03.012
- Miller, I., & Cripps, E. (2013). Three dimensional marine seismic survey has no measurable effect on species richness or abundance of a coral reef associated fish community. *Marine Pollution Bulletin*, 77(1–2), 63–70. doi:10.1016/j.marpolbul.2013.10.031
- Minerva. (2019, 27 maart). Aegean Marine Petroleum Network Inc. Plan of Reorganization Confirmed by Court – Minerva Bunkering. Geraadpleegd 28 april 2022, van <https://www.minervabunkering.com/aegean-marine-petroleum-network-inc-plan-of-reorganization-confirmed-by-court/>
- Niero, M., Hauschild, M. Z., Hoffmeyer, S. B., & Olsen, S. I. (2017). Combining Eco-Efficiency and Eco-Effectiveness for Continuous Loop Beverage Packaging Systems: Lessons from the Carlsberg Circular Community: Eco-Efficiency and Eco-Effectiveness of Packaging. *Journal of Industrial Ecology*, 21(3), 742–753. doi:10.1111/jiec.12554
- Norton Rose Fulbright. (2016 juli). OW Bunker – Fact and fiction | Legalseas | Global law firm | Norton Rose Fulbright. Geraadpleegd van
- Notteboom, T. (2020). Roro shipping vs. trucking: Revisiting the impact of low-sulphur marine fuel use on cost competitiveness of routing options in north Europe. *WMU Journal of Maritime Affairs*, 19(4), 399–426. doi:10.1007/s13437-020-00221-z

- Pérez-Rodríguez, N., & Holguín-Veras, J. (2014). The Accumulation of Empty Containers in Urban Areas: Policy Implications from a Stochastic Formulation. *Networks and Spatial Economics*, 14(3–4), 379–408. doi:10.1007/s11067-014-9231-0
- Pieroni, M. P. P., McAloone, T. C., & Pigosso, D. C. A. (2019). Business model innovation for circular economy and sustainability: A review of approaches. *Journal of Cleaner Production*, 215, 198–216. doi:10.1016/j.jclepro.2019.01.036
- Port of Amsterdam. (2021, 30 september). Koers naar circulaire, emissievrije scheepvaart.
- Port of Antwerp. (2019). NextGen District. Geraadpleegd 6 april 2021, van <https://www.portofantwerp.com/nl/nextgendistrict>
- Port of Antwerp. (2021). NextGen District. *NextGen District wordt hotspot voor circulaire economie in haven van Antwerpen*. Geraadpleegd 16 mei 2021, van <https://newsroom.portofantwerp.com/nextgen-district-wordt-hotspot-voor-circulaire-economie-in-haven-van-antwerpen>
- Ramkuma, S., Kraanen, F., Plomp, R., Edgerton, B., Baer, I., & Hirsch, P. (2018). Linear Risks. Circle Economy, PGGM, KPMG, EBRD, WBSCD.
- Saeang, K., Phusunti, N., Phetwarotai, W., Assabumrungrat, S., & Cheirsilp, B. (2021). Catalytic pyrolysis of petroleum-based and biodegradable plastic waste to obtain high-value chemicals. *Waste Management*, 127, 101–111. doi:10.1016/j.wasman.2021.04.024
- Sand, P. (2019). IT'S THE STEEL PRODUCTION, STUPID! *BIMCO*.
- Sathre, R., & Gustavsson, L. (2006). Energy and carbon balances of wood cascade chains. *Resources, Conservation and Recycling*, 47(4), 332–355. doi:10.1016/j.resconrec.2005.12.008

- Schouten, C. (2018). Landbouw, natuur en voedsel: Waardevol en verbonden Nederland als koploper in kringlooplandbouw. Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.
- Sherwood, J. (2020). The significance of biomass in a circular economy. *Bioresource Technology*, 300, 122755. doi:10.1016/j.biortech.2020.122755
- Ship & Bunker. (2016, 24 maart). In a Nutshell: What is the 'Res Cogitans' OW Bunker UK Test Case and Why is it Important. *Ship & Bunker*. Geraadpleegd van
- Shukla, R., Ranjith, P., Haque, A., & Choi, X. (2010). A review of studies on CO2 sequestration and caprock integrity. *Fuel*, 89(10), 2651–2664. doi:10.1016/j.fuel.2010.05.012
- Soldi, R. A., Oliveira, A. R. S., Barbosa, R. V., & César-Oliveira, M. A. F. (2007). Polymethacrylates: Pour point depressants in diesel oil. *European Polymer Journal*, 43(8), 3671–3678. doi:10.1016/j.eurpolymj.2006.07.021
- Song, D.-P., & Dong, J.-X. (2015). Empty Container Repositioning. In C.-Y. Lee & Q. Meng (Red.), *Handbook of Ocean Container Transport Logistics*, International Series in Operations Research & Management Science (Vol. 220, pp. 163–208). Cham: Springer International Publishing. doi:10.1007/978-3-319-11891-8_6
- The Supreme Court. (2016). *PST Energy 7 Shipping LLC and another (Appellants) v O W Bunker Malta Limited and another (Respondents)*.
- Thoden van Velzen, E. U., & Timmermans, A. J. M. (2011). *Cradle to cradle verpakkingslogistiek: Transitieproces kringloopsluiting levensmiddelenketens*. Wageningen: Wageningen UR Food & Biobased Research.
- Tiseo, I. (2021, 14 december). Global transport CO2 emissions breakdown 2020. *Statista*. Geraadpleegd 1 juni 2022, van

<https://www.statista.com/statistics/1185535/transport-carbon-dioxide-emissions-breakdown/>

Tong, Y., Liu, J., & Liu, S. (2020). China is implementing “Garbage Classification” action.

Environmental Pollution, 259, 113707. doi:10.1016/j.envpol.2019.113707

Toxopeus, M. E., de Koeijer, B. L. A., & Meij, A. G. G. H. (2015). Cradle to Cradle: Effective Vision vs. Efficient Practice? *Procedia CIRP*, 29, 384–389.

doi:10.1016/j.procir.2015.02.068

Tran, T. A. (2017). Research of the Scrubber Systems to Clean Marine Diesel Engine Exhaust Gases on Ships. *Journal of Marine Science: Research & Development*, 07(06).

doi:10.4172/2155-9910.1000243

Tumushabe, M. W., Helland-Hansen, W., Nagudi, B., Echegu, S., & Aanyu, K. (2022).

Quantification of reservoir rock properties (Porosity, Permeability and Vshale) in the reservoir rock units of South Lake Albert Basin, Albertine Rift, Western Uganda.

Journal of African Earth Sciences, 185, 104410. doi:10.1016/j.jafrearsci.2021.104410

UnitedConsumers. (2022). Aardolie: Wat is aardolie? | UC. Geraadpleegd 21 maart 2022, van

University of Birmingham. (2020). H2SHIPS-PLATFORM H2SHIPS Platform homepage.

WELCOME TO THE H2SHIPS PLATFORM. Geraadpleegd 9 mei 2022, van

<https://h2ships.org/>

Van Acker, K. (2017). *Recyclage*. KU Leuven: LannooCampus.

van de Westerlo, B. (2011). *Duurzame ontwikkeling en de cradle to cradle-benadering: Een literatuurverkenning naar de mogelijkheden tot toepassing van de Cradle to Cradle-benadering in de bebouwde omgeving*. University of Twente.

doi:10.3990/1.9789036531818

- Vandevoorde, J.-L. (2018). Recyclagestromen nog geen goudmijn voor Vlaamse havens. *Flows*.
Nederlandstalig nieuwsplatform, . Geraadpleegd van
- Vandevoorde, J.-L. (2019). Circulaire economie knaagt al aan vraag naar maritiem vervoer.
Flows. Nederlandstalig nieuwsplatform, . Geraadpleegd van
- Vassilev, S. V., Baxter, D., Andersen, L. K., & Vassileva, C. G. (2010). An overview of the
chemical composition of biomass. *Fuel*, *89*(5), 913–933.
doi:10.1016/j.fuel.2009.10.022
- Velenturf, A. P. M., Archer, S. A., Gomes, H. I., Christgen, B., Lag-Brotons, A. J., & Purnell, P.
(2019). Circular economy and the matter of integrated resources. *Science of The Total
Environment*, *689*, 963–969. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.06.449
- Velenturf, A. P. M., & Purnell, P. (2021). Principles for a sustainable circular economy.
Sustainable Production and Consumption, *27*, 1437–1457.
doi:10.1016/j.spc.2021.02.018
- Vermeire, M. B. (2021 augustus). Everything you need to know about marine fuels. Chevron
Marine Products.
- VIL. (2018). Vlaanderen als internationale afvalhub: Geen hinderloos parcours. Geraadpleegd
6 april 2021, van [https://vil.be/2018/persbericht-vlaanderen-als-internationale-
afvalhub-geen-hinderloos-parcours/#.YG7KzOgzY2w](https://vil.be/2018/persbericht-vlaanderen-als-internationale-afvalhub-geen-hinderloos-parcours/#.YG7KzOgzY2w)
- Waheed, M. A., & Oni, A. O. (2015). Performance improvement of a crude oil distillation unit.
Applied Thermal Engineering, *75*, 315–324. doi:10.1016/j.applthermaleng.2014.10.078
- Walsh, C., Gilbert, P., Kesieme, U., Kayvan, P., & Murphy, A. (2013). Comparing the lifecycle
emissions of marine fuels.

- Wang, J., Tan, Z., Peng, J., Qiu, Q., & Li, M. (2016). The behaviors of microplastics in the marine environment. *Marine Environmental Research*, 113, 7–17.
doi:10.1016/j.marenvres.2015.10.014
- Wilailak, S., Yoo, B. H., Kim, Y., & Lee, C. (2021). Parametric analysis and design optimization of wet SO_x scrubber system in marine industry. *Fuel*, 304, 121369.
doi:10.1016/j.fuel.2021.121369
- Willemijns, K. (2010, 20 januari). DVO | VERBEKE BUNKERING N.V. *De Vlaamse Ondernemer*. Geraadpleegd 28 april 2022, van <https://www.dvo.be/artikel/28984-verbeke-bunkering-nv>
- Xanthos, D., & Walker, T. R. (2017). International policies to reduce plastic marine pollution from single-use plastics (plastic bags and microbeads): A review. *Marine Pollution Bulletin*, 118(1–2), 17–26. doi:10.1016/j.marpolbul.2017.02.048
- Xue, J., Liu, G., Brown, M. T., & Casazza, M. (2018). Trash or treasure? Prospects for full aluminum chain in China based on the recycling options. *Journal of Cleaner Production*, 193, 217–227. doi:10.1016/j.jclepro.2018.05.075
- Yang, J., Tang, T., Jiang, Y., Karavalakis, G., Durbin, T. D., Wayne Miller, J., Cocker, D. R., e.a. (2021). Controlling emissions from an ocean-going container vessel with a wet scrubber system. *Fuel*, 304, 121323. doi:10.1016/j.fuel.2021.121323
- Zelen, B. (2019). *Circulariteit in binnensteden*. (Radboud Universiteit).
- Zetterdahl, M., Moldanová, J., Pei, X., Pathak, R. K., & Demirdjian, B. (2016). Impact of the 0.1% fuel sulfur content limit in SECA on particle and gaseous emissions from marine vessels. *Atmospheric Environment*, 145, 338–345.
doi:10.1016/j.atmosenv.2016.09.022

Lijst van bijlagen

- A. Excel bestand databank IMO GISIS.....p137
- B. Excel bestand databank LNE.....p138
- C. Wetgeving MARPOL Annex VI voorschrift 14.....p139
- D. Wetgeving MARPOL Annex VI voorschrift 18.....p140

Bijlage A

Excel bestand databank IMO GISIS

Er is een Excel bestand met uitgewerkte tabellen die kunnen geraadpleegd worden indien er verdere informatie vereist is.

Bijlage B

Excel bestand databank LNE

Er is een Excel bestand met uitgewerkte tabellen die kunnen geraadpleegd worden indien er verdere informatie vereist is.

Bijlage C

Wetgeving MARPOL Annex VI voorschrift 14

Onderstaande wetgeving is de wetgeving die van toepassing is op dit onderzoek. Delen van de wettekst die niet relevant zijn voor het onderzoek zijn weggelaten.

VOORSCHRIFT 14: ZWAVELOXIDEN EN FIJN STOF (Exhaust Gas Cleaning Systems Association, 2021)

14.1= het zwavelgehalte van brandstofolie gebruikt aan boord van schepen mag de volgende limieten niet overschrijden:

- ➔ 14.1.1= het zwavelgehalte van de brandstofolie gebruikt aan boord van schepen mag de limiet van 4,50% m/m niet overschrijden voor 1 januari 2012
- ➔ 14.1.2= het zwavelgehalte van de brandstofolie gebruikt aan boord van schepen mag de limiet van 3,50% m/m niet overschrijden vanaf 1 januari 2012
- ➔ 14.1.3= het zwavelgehalte van de brandstofolie gebruikt aan boord van schepen mag de limiet van 0,50% m/m niet overschrijden vanaf 1 januari 2020

14.4= Voor schepen die werkzaam zijn in een ECA mag het zwavelgehalte van brandstof gebruik aan boord van schepen de volgende limieten niet overschrijden:

- ➔ 14.4.1= 1,50% m/m voor 1 juli 2010
- ➔ 14.4.2= 1,00% m/m vanaf 1 juli 2010
- ➔ 14.4.3= 0,10% m/m vanaf 1 januari 2015

Bijlage D

Wetgeving MARPOL Annex VI voorschrift 18

Onderstaande wetgeving is de wetgeving die van toepassing is op dit onderzoek. Delen van de wettekst die niet relevant zijn voor het onderzoek zijn weggelaten.

VOORSCHRIFT 18: BRANDSTOF BESCHIKBAARHEID EN KWALITEIT (IMO, 2022b)

Brandstof beschikbaarheid

18.1= elke partij neemt alle redelijke maatregelen om de beschikbaarheid van brandstof die in overeenstemming is met deze bijlage te bevorderen en stelt de Organisatie in kennis van de beschikbaarheid van brandstof die aan de eisen voldoet in haar havens en terminals.

Brandstof kwaliteit

18.3= Brandstof voor verbrandingsdoeleinden die wordt geleverd aan en gebruikt aan boord van schepen waarop deze annex van toepassing is, moet aan de volgende eisen voldoen

- ➔ 18.3.1= behalve als voorzien in sub paragraaf 3.2:
 - 18.3.1.1= de brandstof moet mengsels zijn van koolwaterstoffen die zijn afgeleid van aardolieraffinage. Dit sluit de toevoeging van kleine hoeveelheden additieven die bedoeld zijn om bepaalde prestatieaspecten te verbeteren niet uit
 - 18.3.1.2= de brandstof mag geen anorganische zuren bevatten
 - 18.3.1.3= de brandstof mag geen toegevoegde stoffen of chemisch afval bevatten die:
 - 18.3.1.3.1= de veiligheid van schepen in gevaar brengt of de prestaties van de machine nadelig beïnvloedt
 - 18.3.1.3.2= schadelijk is voor het personeel
 - 18.3.1.3.3= in het algemeen bijdraagt aan de extra luchtvervuiling
- ➔ 18.3.2= brandstof voor verbrandingsdoeleinden die is verkregen met andere methoden dan aardolieraffinage mag niet:
 - 18.3.2.1 (=18.3.2.2.1)= hoger zijn dan het toepasselijke zwavelgehalte uiteengezet in voorschrift 14 van deze bijlage

- 18.3.2.2= ervoor zorgen dat een motor de emissiegrenswaarde voor NO_x overschrijdt zoals uiteengezet in paragrafen 3, 4, 5.1.1 en 7.4 van voorschrift 13
 - 18.3.2.3= anorganische zuren bevatten
 - 18.3.2.4.1= de veiligheid van schepen in gevaar brengen of de prestaties van de machine nadelig beïnvloeden
 - 18.3.2.4.2= schadelijk zijn voor het personeel
 - 18.3.2.4.3= in het algemeen bijdragen aan de extra luchtvervuiling
- ➔ 18.4= Deze verordening is niet van toepassing op steenkool in vaste vorm of nucleaire brandstoffen. Paragrafen 5, 6, 7.1, 7.2, 8.1, 8.2, 9.2, 9.3 en 9.4 van deze regeling zijn niet van toepassing op gasvormige brandstoffen zoals vloeibaar aardgas, gecompriemd aardgas of vloeibaar petroleumgas. Het zwavelgehalte van gasvormige brandstoffen die specifiek voor verbrandingsdoeleinden aan boord van dat schip aan een schip worden geleverd, wordt door de leverancier gedocumenteerd.
- ➔ 18.5= Voor elk schip waarop de voorschriften 5 en 6 van deze Bijlage van toepassing zijn, moeten de gegevens over brandstof voor verbrandingsdoeleinden die aan boord wordt geleverd en gebruikt, worden geregistreerd door middel van een BDN die ten minste de informatie moet bevatten die is gespecificeerd in aanhangsel V van deze Bijlage .
- ➔ 18.6= De BDN moet op een zodanige plaats aan boord van het schip worden bewaard dat deze op alle redelijke tijden gemakkelijk beschikbaar is voor inspectie. Het wordt bewaard gedurende een periode van drie jaar nadat de brandstof aan boord is geleverd.
- ➔ 18.8.1= De BDN moet vergezeld gaan van een representatief monster van de geleverde brandstof, rekening houdend met door de Organisatie opgestelde richtlijnen. Het monster wordt verzegeld en ondertekend door de vertegenwoordiger van de leverancier en de kapitein of officier belast met de bunkeroperatie op voltooiing van bunkeroperaties en onder controle van het schip worden gehouden totdat de brandstof substantieel is verbruikt, maar in ieder geval gedurende een periode van niet minder dan 12 maanden vanaf het moment van levering.
- ➔ 18.9= Partijen zijn verplicht ervoor te zorgen dat de door hen aangewezen bevoegde autoriteiten:

- 18.9.6= de Organisatie voor doorzending aan de Partijen en de Lidstaten van de Organisatie in kennis stellen van alle gevallen waarin brandstofolieleveranciers niet hebben voldaan aan de vereisten vermeld in Voorschrift 14 of 18 van deze bijlage.