
Een haalbaarheidsstudie naar integratie van elektrische voortstuwing in de visserijsector

Academic Consultancy Training



Oktober 2016



www.kenniskringvisserij.nl



Europese Unie, Europees Fonds
voor Maritieme Zaken en Visserij

Team manager: Michael van den Born
901004101010
michael.vandenborn@wur.nl

Team secretaris: Joris Geurts
920125261120
joris.geurts@wur.nl

Team controller: Hermen de Jong
930509402030
hermen.dejong@wur.nl

Team lid: Hugo Langezaal
941015502050
hugo.langezaal@wur.nl

Team lid: Sebastiaan Dreessen
930708197120
sebastiaan.dreessen@wur.nl

Team No. 1770

Vakcode: YMC-60809

Examinatoren: Dr. S. Wahlen
Drs. D. Prins
Dr. ir. R. Bosma

Plaats en inleverdatum: Wageningen,
28 oktober 2016

Niets uit dit verslag mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm, digitale middelen of welke andere wijze ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de opdrachtgever.

Samenvatting

De visserijsector heeft de laatste jaren te maken gehad met grote fluctuaties in visprijzen en brandstofkosten. Om de sector toekomstbestendig te maken moeten brandstofkosten worden verlaagd om zo minder invloed te hebben op de financiële resultaten. Daarnaast is het terugdringen van emissies en onafhankelijkheid van fossiele brandstoffen een steeds belangrijker thema. Daarom is in dit project onderzocht in hoeverre het mogelijk is om vissersschepen volledig elektrisch aan te drijven. De focus gelegd op drie thema's: technische haalbaar, ecologisch verantwoord en economisch rendabel. Tevens is er een stakeholderanalyse uitgevoerd. De resultaten zijn samengevat in een sterkte-zwakte analyse.

Uit de sterkte-zwakteanalyse waarin het onderzoek is samengevat blijkt dat de huidige accucapaciteit op dit moment nog niet toereikend is om een kotter een week lang volledig elektrisch te laten varen. Het benodigde totaalvermogen ligt op 30 MW, maar om dit in lithium-ion-accu's op te slaan is 131 ton aan accugewicht nodig. Daarnaast is het niet mogelijk om een compact schip te ontwerpen waarin het benodigde volume beschikbaar is om een accu met deze capaciteit te herbergen. Verder is het huidige energienetwerk is nog niet geschikt om dergelijke accu's in korte tijd op te laden. In het terugdringen van emissies kan elektrische aandrijving een belangrijke rol spelen. In eerste instantie kan LNG gebruikt worden om elektriciteit op te wekken op een kotter. Doordat LNG vrijwel geen zwavel bevat en verbranding minder uitstoot van NO_x en CO₂ veroorzaakt, is LNG-elektrische aandrijving schoner dan een dieselelektrische of aandrijving met een conventionele dieselmotor. Een volledig elektrisch aangedreven kotter heeft een nog lagere emissie, onder voorwaarde dat gebruik wordt gemaakt van duurzaam opgewekte elektriciteit. Op de lange termijn lijkt waterstof een veelbelovende energiedrager. De energiekosten van een elektrisch aangedreven kotter liggen wel lager dan een die van een dieselelektrische of diesel aangedreven kotter. Een dieselelektrische kotter verbruikt momenteel ongeveer 7000 liter diesel per week wat met de huidige dieselprijzen ongeveer €3150,- kost. Een acculading om een week te varen kost ongeveer €1650,-. De vereiste investering in een accu met benodigde capaciteit bedraagt naar schatting €2.75 miljoen euro in 2020. Dit is meer dan tweeënhalf keer de vereiste investering voor dieselelektrische aandrijving. Echter, de ontwikkelingen in de accutechnologie gaan razendsnel en leiden tot prijsdalingen van 15 tot 35% per jaar, wat perspectief biedt voor de toekomst.

Geconcludeerd wordt dat volledig elektrisch varen met accu's als energiedrager op dit moment nog geen optie is en dat tussenstappen nodig zijn. Waar met dieselelektrisch op dit moment (2015 - 2016) al een eerste stap is gezet, is het aan te raden over te stappen naar LNG-elektrisch varen in (2020). Hiervoor zal een nieuwe infrastructuur aangelegd moeten worden. Wanneer accu's verder door zijn ontwikkeld, kunnen extra accu's worden ingebouwd om op zijn minst een deel van het vermogen te leveren en het verbruik van LNG verder terug te dringen (2025). Daarnaast kan energie die aan boord wordt opgewekt tijdelijk worden opgeslagen in condensatorbanken. Uiteindelijk biedt waterstof de meeste mogelijkheden om klimaatneutraal te varen, waarbij de energiec capaciteit voldoende is en het gewicht en volume minimaal wordt gehouden. Hiervoor zal eerst een netwerk aangelegd moeten worden (2030) en is het belangrijk dat waterstof op duurzame wijze wordt geproduceerd. Een grafisch overzicht is weergegeven in Figuur 38 op pagina 58.

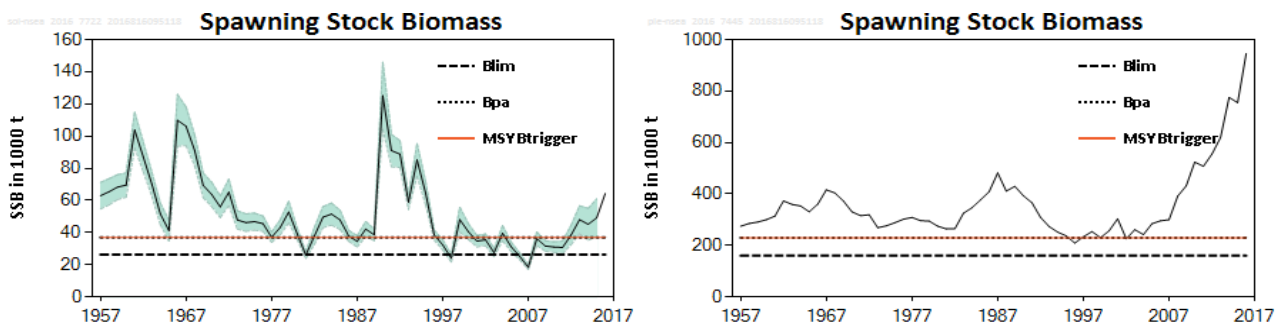
Inhoudsopgave

1. Introductie	1
2. Een technische haalbaarheidsanalyse van elektrische aandrijving in kotters	8
2.1 Ontwikkeling en werking van de motorisering	8
2.1.1 Conventionele verbrandingsmotoren in een historische context.....	8
2.1.2 Gangbare elektromotoren in de industrie	9
2.1.3 De borstelloze PMDC-motor als meest geschikt type voor de kottervaart	10
2.2 Opslag en distributie van energie.....	12
2.2.1 Energiedragers.....	12
2.2.2 Benodigde energiecapaciteit.....	13
2.2.3 Liquefied natural gas	14
2.2.4 Batterijopslag	15
2.2.5 De (super)condensator.....	18
2.2.6 De brandstofcel	19
2.3 Energienetwerk en distributie.....	20
2.4 Infrastructuur	22
2.5 Conclusie	22
2.5.1 Een plan van aanpak.....	22
3. Ecologie	24
3.1 Emissies	24
3.1.1 In de visserij.....	24
3.1.2 In de scheepvaart	24
3.1.3 Typen motoren & bijbehorende emissies	25
3.1.4 Alternatieven	26
3.2 Methoden van vissen	27
3.2.1 Traditionele boomkor vergeleken met de pulskor.....	27
3.2.2 Traditionele boomkor vergeleken met de twinrig	29
3.2.3 Traditionele boomkor vergeleken met de twinrigpuls.....	29
3.2.4 Prijzen	30
3.2.5 Regelgeving	30
3.3 Levenscyclusanalyse accu's	30
3.3.1 Lithium-ion-accu.....	30
3.3.2 Productie van accu's en gebruikte materialen.....	31
3.3.3 Emissies bij de productie van accu's	32

3.3.4 Recycling van de lithium-ion accu	34
3.3.5 Grondstoffen	34
4. Economisch rendabel	36
4.1 Tienjarig overzicht van de financiële resultaten in de kottersector.....	36
4.1.1 Kosten.....	36
4.1.2 Opbrengsten.....	37
4.1.3 Resultaten.....	39
4.2 Investerings in de kottersvisserij in de komende twintig jaar.....	40
4.2.1 Gasolieprij	41
4.2.2 Alternatieve aandrijvingen en brandstoffen	42
4.2.3 Vistechniek	44
4.2.4 Externe factoren.....	44
5. Sociaal profiel	46
6. Conclusie	48
7. Aanbevelingen.....	52
7.1 Energieopwekking of -besparing aan boord van een kotter	52
7.1.1 Een elektromotor verwerkt in de straalbuis	52
7.1.2 Zonnepanelen op het schip	52
7.1.3 Windenergie gebruiken als voorstuwing.....	52
7.1.4 Energiebesparingen.....	53
7.2 Duurzaamheidskeurmerk	53
7.3 Andere aanbevelingen.....	53
8. Referenties	55
Appendix.....	64
1. Overige typen batterijen	64
1.1 Lood-zuurbatterijen.....	64
1.2 De nikkelcadmiumbatterij	65
1.3 De nickel-metal-hydride(NiMH)- batterij	65
1.4 De flowbatterij.....	66
2. Achtergrond duurzaamheidskeurmerk	67

1. Introductie

De huidige Nederlandse zeevisserij vaart en vist over de gehele Noordzee. De Noordzee is een van de meest beviste zeeën in de Europese Unie, en tot het einde van de 20e eeuw is de exploitatie constant gestegen en tot een hoogtepunt gekomen (Philippart & Catharina, 1998; Rijnsdorp & Van Leeuwen, 1996; Rijnsdorp et al., 1996).

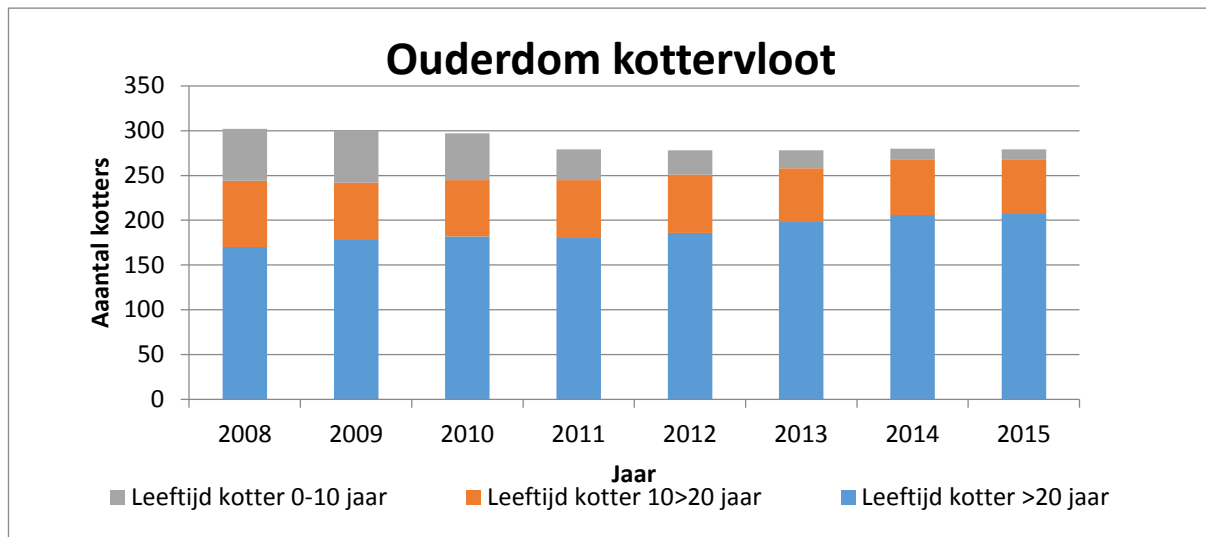


Figuur 1. Bestanden van schol (rechts) en tong (links) in 1000 ton voor adulte vrouwtjes en de duurzame limiet van het bestand (MSY trigger) (ICES, 2015).

De vissersschepen, die op platvis en garnalen vissen, worden kotters genoemd. Lengte van kotters variëren van enkele meters tot 45,99 meter. Het motorvermogen varieert ook, maar sinds 2009 mag het motorvermogen niet hoger zijn dan 2000 pk (Coenen et al., 2016). Alle kotters varen momenteel op gasolie (Nederlands vlootregister, 2016).

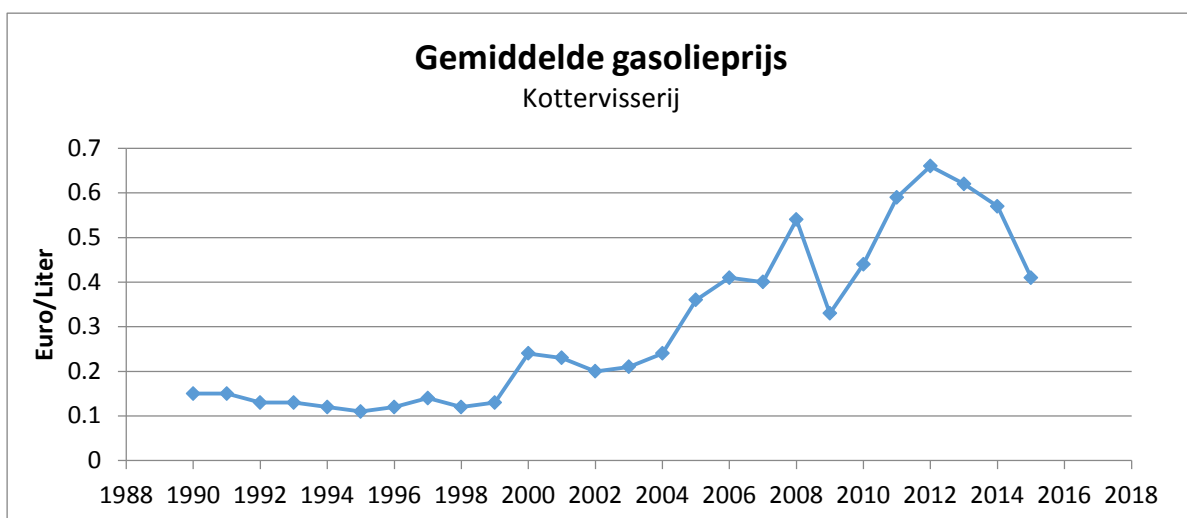
De vissers uit Urk hebben hun kotters in Harlingen liggen. Hierdoor is Harlingen een van de grootste kotterhavens. De kotters uit Harlingen vertrekken zondag of maandag, en komen naargelang hoe goed de vangst is vrijdag of zaterdag weer terug in Harlingen. De reis bestaat uit ongeveer 20 uur stomen (varen naar de visgronden) en 80 uur vissen. Vervolgens wordt de meeste vis naar Urk getransporteerd om daar geveild te worden. In 2014 was omzet van de visveiling Urk 101,3 miljoen, de één na grootste visveiling (Ijmuiden) behaalde een omzet van 57,9 miljoen (Vismagazine, 2016).

De kottervisserij op de Noordzee focust zich vooral op schol (*Pleuronectes platessa*) en tong (*Solea solea*). Sinds kort is de populatie van schol en tong weer gezond te noemen in de Noordzee (zie Figuur 1). Het voortbestaan van de sector is sterk afhankelijk van de visprijs, de olieprijs (zie Figuur 2 & 3) en de visbestanden. Waar de visserij op het moment rendabel is, kan dit op korte termijn enorm veranderen. De Nederlandse kottervloot is flink aan het verouderen, aangezien de gemiddelde leeftijd van een kotter boven de 20 jaar ligt (Figuur 2). Zo was in 2015 slechts 4% van de viskotters jonger dan 10 jaar. Vanaf 2005 zijn er slechts tien nieuwe kotters in de vaart gebracht. (Nederlands vlootregister, 2016).

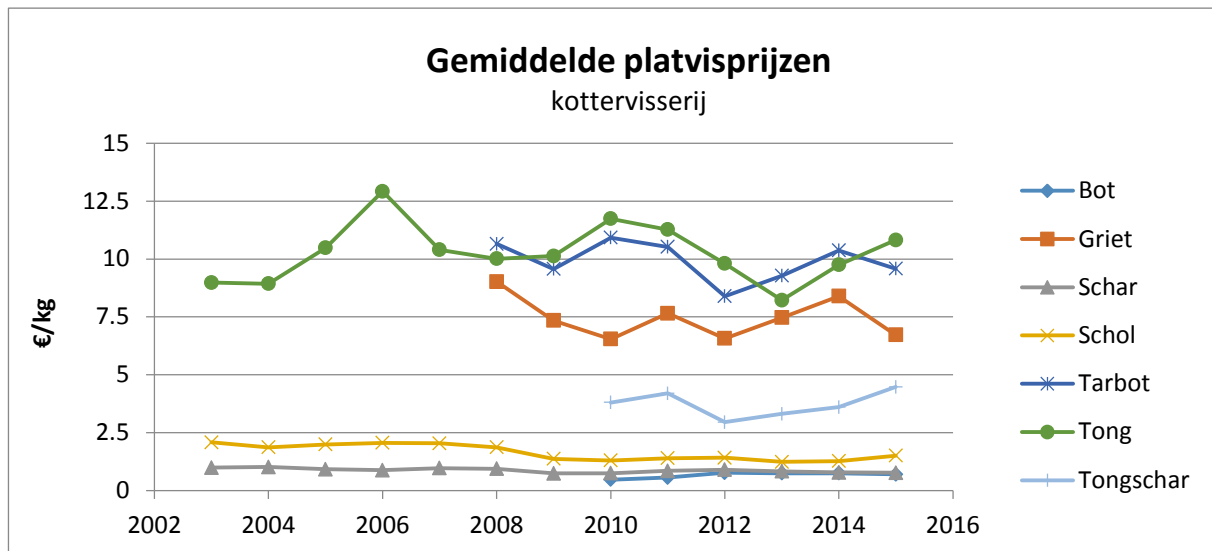


Figuur 2. Aantal kotters per leeftijdsklasse (0-10, 11-20 en >20 jaar) voor de jaren 2008-2015 (Nederlands vlootregister, 2016).

De huidige kotters met conventionele boomkor verbruiken rond de 35.000 - 40.000 liter diesel per week, en dat maakt brandstof ook een van de grootste kostenposten (Stichting Masterplan Duurzame Visserij, 2016). In Figuur 3 hieronder is te zien dat de olieprijs tussen 2012 en 2014 vrij hoog was. Daarnaast is te zien in Figuur 4 dat rond die tijd de prijs van tong laag was. Gelet op het feit dat brandstofkosten ongeveer 40% van de kostprijs voor het vangen van tong en schol uitmaken, heeft de brandstofprijs een serieuze impact op de financiële positie van de visser, en daarmee het voortbestaan van het bedrijf. Het jaar 2014 was zwaar voor de vissersvloot door de prijsdalingen van schol en tong. De literprijs van diesel ligt momenteel (oktober 2016) erg laag en de visprijs enorm hoog in vergelijking met voorgaande jaren (zie Figuur 3 en 4). Echter zijn deze twee zeer variabel en dat maakt de sector onvoorspelbaar. Waar vissers nu winst maken, kan dat binnen een jaar compleet anders zijn door veranderende prijzen. Innovatie heeft zich de laatste jaren vooral gefocust op het verbeteren van vistuig en de selectiviteit van vissen (van Marlen et al., 2011) om brandstof te verminderen, maar minder op schonere voortstuwingstechnieken. Over het algemeen was het boekjaar 2015 een goed jaar voor de visserij. Het jaar 2016 zal waarschijnlijk nog beter worden. Daarom verwacht men dat komende tijd meerdere nieuwe kotters gebouwd gaan worden.



Figuur 3. Gemiddelde gasolieprijs van de afgelopen jaren (Bedrijveninformatienet, 2016c).



Figuur 4. Gemiddelde platvisprijzen van de afgelopen jaren (VIRIS, 2016b).

(Nederlands vlootregister, 2016).

Aangezien veel kotters van de Nederlandse vloot enorm verouderd en aan vervanging toe zijn, is dit het moment voor innovatie. Innovatie is van belang voor het voortbestaan van de visserij en sluit aan op het ontwikkelen van een duurzame visserij. In 2010 is er begonnen een nieuw model kotter, namelijk het MDV 1. Dit schip is zo ontworpen, dat het zo efficiënt mogelijk met de energie omspringt. Het is in 2015 in de vaart gebracht. De komende twee jaar zit het MDV 1 nog in de testfase, om zo ervaringen en resultaten bij dit schip te winnen.

Bij het ontwerpen van de MDV 1 is gestart met een inventarisatie te maken van de methoden om brandstof te besparen. Hierdoor is er een totaal nieuwe ontwerp ontstaan in vergelijking met een conventionele kotter. Dit alles heeft geleid tot een kotter, die in vergelijking met een traditionele boomkorkotter 80% minder brandstof verbruikt. Dit is door een aantal innovaties gerealiseerd:

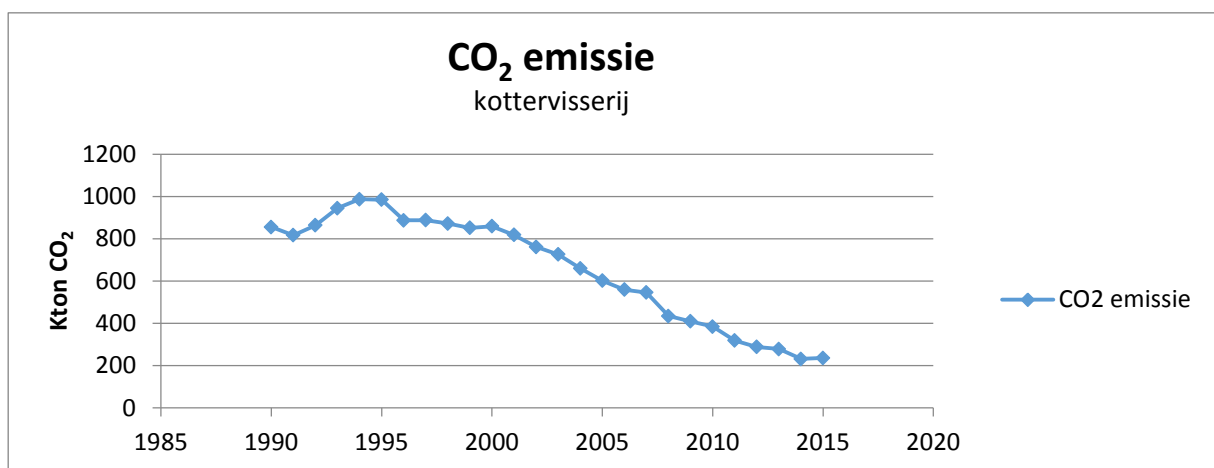
- Bijlboeg zorgt voor 30 procent minder weerstand (zie Figuur 5, links)
- Door middel van langspanten en deuren van composiet is het schip 20 procent lichter
- Het schip heeft een dieselelektrische aandrijving, waarbij de elektromotor direct op de schroef staat
- Cruise-control voor het optimaal laten draaien van de schroef
- Een energiezuinige driebladschroef met een diameter van 3 meter
- Mechanisch strippen geeft een betere viskwaliteit
- Twinrigpuls vangt meer tong dan de conventionele twinrig
- Bewegingssensoren schakelen automatisch de Ledverlichting uit
- Warmteterugwinning van de motor
- Goede isolatie van het visruim zorgt dat er weinig energie verloren gaat



Figuur 5. Boven- (links) en zijaanzicht (rechts) van de MDV 1. Bron: Stichting Masterplan Duurzame Visserij

Het MDV 1 heeft ruim 4,2 miljoen euro gekost. Wanneer het MDV 1 in serie gebouwd wordt, zal de kostprijs waarschijnlijk onder de 4 miljoen komen (bron: mondelinge communicatie directeur Hoekman Shipbuilding). Door het lage brandstofverbruik is er een verwachte terugverdientijd tussen 9 - 10 jaar. (Stichting Masterplan Duurzame Visserij, 2016; Elektrisch Varen, 2016).

Op moment zijn er nog geen kotters die zonder fossiele brandstof kunnen varen. Het is daarom interessant om uit te vinden of varen zonder uitstoot van CO₂, NO_x, SO_x en fijnstof mogelijk is, om daarmee de ecologische footprint te verkleinen. Emissies van deze stoffen zijn de afgelopen jaren al enorm achteruit gegaan (zie Figuur 6), mede door de krimp van de kottervloot, zuinigere vistechnieken en een verbod op motoren van meer dan 2000 pk (Coenen et al., 2016).



Figuur 6. CO₂-emissie in kiloton uit de kottervisserij over de jaren 1990-2015 (Bedrijveninformatienet, 2016a).

De noodzaak van het terugdringen van broeikasgassen komt voort uit het Kyoto-protocol en het meer recente Parijs-akkoord over het klimaat. In de eerstgenoemde is vastgesteld dat klimaatverandering de verantwoordelijk van mensen is, en met name komt door CO₂-emissies. In het verdrag is opgenomen dat landen, die het ondertekend hebben, een vast percentage van de CO₂-emissies moet terugdringen vóór 2020, om verdere opwarming van de aarde te voorkomen. Dit is dus ook van belang voor de visserij. Het Parijs-akkoord stelt dat een emissiereductie van 40% vóór 2030 gehaald moet zijn (UNFCCC, 2015). Echter bestaat er nog geen wetgeving omtrent de emissies van broeikasgassen die specifiek is voor de visserij. Wel zijn er berekeningen gedaan voor twee typen vissersschepen (Tamis & de Vries, 2015). In de scheepvaart bestaat zoiets wel en wordt dit gereguleerd door de International Maritime Organization (IMO). Verder is er op Europees niveau wel een National Emission Ceiling (NEC), welke een plafond voor de uitstoot van broeikasgassen per land vaststelt (Council Regulation, 2001). De desbetreffende landen zijn echter vrij om eigen maatregelen te treffen om deze doelen te bereiken.

Verder is er een EU-richtlijn in 2015 opgesteld, welke bepaalt dat schepen in de Noordzee niet meer mogen varen op een brandstof met meer dan 0,10% zwavel (zie Tabel 1) (European Commission, 2016). Op zee bestaan ook enkele zogenaamde SECA (Sulphur Emission Control Area) gebieden, dit zijn gebieden waar een andere limiet wordt gesteld aan de maximale hoeveelheid zwavel. Deze SECA-limiet in 2015 is toepasbaar op de Noordzee, terwijl het IMO voorlopig nog hogere percentages zwavel in de brandstof tolereert. Gebieden zoals deze zijn nodig omdat zwavel zich in korte tijd verspreiden. Hoge concentraties van zwavel hebben negatieve effecten op mens en dier en zorgen voor verzuring van ecosystemen, wat resulteert in veranderingen in bodemchemie, biodiversiteitsverlies en oppervlaktewater kwaliteit (Buijsman et al., 2011).

Tabel 1. Mondiale zwavellimiet en SECA-zwavellimiet, en bijbehorende ingangsdata (Kolpa, 2013).

	Mondiale zwavel limiet	SECA zwavel limiet
Tot 30 juni 2010	4,50 %	1,50 %
1 juli 2010		1,00 %
januari 2012	3,50 %	
1 januari 2015		0,10 %
1 januari 2020 *)	0,50 %	

*) Evaluation in 2018; in case of negative results, the introduction date will shift from 2020 to 2025

Brandstof met een gelimiteerde hoeveelheid zwavel wordt getolereerd, mits de juiste filtersystemen zijn geplaatst (European Commission, 2016). Een wetgeving voor de visserijsector omtrent emissies van broeikasgassen zal in de nabije toekomst waarschijnlijk worden toegepast, daarom is het belangrijk om dit probleem nu in kaart te brengen.

Om in de toekomst minder afhankelijk te zijn van een voortstuwingstechniek gebaseerd op fossiele brandstof, moet er gekeken worden naar andere energiebronnen. Deze moeten het milieu minder schade toe brengen en de bron moet minimaal 50 jaar gebruikt kunnen worden. Samen met de opdrachtgever is er voor elektriciteit gekozen als energiesoort. Vanwege de infrastructuur, die in Nederland gemakkelijk te realiseren is, en de efficiëntie waarmee een elektromotor elektriciteit kan omzetten in beweging, is dit een logische keuze. Elektriciteit opwekken kan ook op andere manieren, zowel fossiel als hernieuwbaar. Alternatieve energiedragers worden in dit rapport in beschouwing genomen. Mogelijkheden die worden verkend zijn bijvoorbeeld LNG (liquefied natural gas) en waterstof.

Energiedragers zoals accu's zijn op dit moment niet of weinig toereikend; de capaciteit is over het algemeen gelimiteerd, wat gepaard gaat met relatief veel gewicht en gebruik van vaak zeldzame grondstoffen. Het grootste deel van de energiedragers werkt met lithium. Daarmee is duurzaamheid gelimiteerd, is beschikking niet gegarandeerd en kunnen toekomstige plannen om andere technieken vragen (Vikström et al., 2013). Deze zullen om die reden geverifieerd moeten worden. Niet alleen energiedragers zijn belangrijk, maar ook de mogelijkheden die er al bestaan om energie terug te winnen op het schip. Naast deze mogelijkheden is het ook van belang om te denken aan bijvoorbeeld oplaadpunten op zee.

Eén van de eisen aan het product is de economische haalbaarheid in een tijdspanne van 20 jaar. Een ondernemer zal waarschijnlijk niet investeren in een product, waarvan de economische haalbaarheid onbekend is. Eén van de innovaties in de visserij op dit moment is het schip MDV 1, een dieselelektrisch aangedreven kotter. Dit schip heeft een terugverdientijd van minder dan 10 jaar (Stichting Masterplan Duurzame Visserij, 2016).

In dit project wordt gekeken naar het toepassen van een volledig elektrisch aangedreven kotter. Hierbij wordt gekozen voor eenzelfde terugverdientijd van 10 jaar op een elektrisch aangedreven kotter. Verder zal onderzocht worden wat de levensduur is van de technologie die wordt gebruikt. De levenscyclusanalyse van de materialen die gebruikt worden voor het maken van de accu's en andere onderdelen van het schip zijn hierbij van belang. Belangrijk is dat materialen niet schadelijker voor het milieu zijn, dan de huidige producten die op een kotter worden gebruikt. Energie om producten te maken, levensduur en recycling van producten zijn elke parameters van de levenscyclusanalyse en de ecologische footprint weergeven.

De mate van bereidheid van belanghebbenden tot innovatie speelt een belangrijke rol bij het overstappen naar een duurzame visserij. Het is dan ook belangrijk dat een beeld wordt geschetst van de belanghebbenden en wat hun rol is. Het creëren van draagvlak voor duurzame innovaties is hierbij van groot belang.

Momenteel ontbreken haalbaarheidsstudies, toegepast op een visserskotter over elektrische energiedragers, bijbehorende emissies, kosten en het draagvlak. **In dit project is het doel om te onderzoeken in hoeverre het mogelijk is om een schip volledig elektrisch voort te stuw.** Verder zal gekeken worden naar mogelijkheden van energiebesparing op het schip: andere manieren van vissen, ontwerp van de schroef, koeling en energierugwinning kunnen hierbij helpen. Naast pure voortstuwing door elektriciteit worden alternatieve methodes zoals LNG en waterstof ook behandeld.

Om in de nabije toekomst een duurzame, klimaat neutrale en economisch aantrekkelijke visserij te realiseren, wordt in dit project de focus gelegd op drie thema's: technische haalbaarheid, ecologisch verantwoord en economisch rendabel. Daarnaast is er een stakeholderanalyse uitgevoerd. De drie thema's en de stakeholderanalyse worden in vier hoofdstukken beschreven met de volgende deelvragen:

Hoofdstuk 1: Een technische haalbaarheidsanalyse van elektrische aandrijving in kotters

- Welke (nieuwe) vormen van (elektrische) aandrijving worden toegepast in de scheepvaart-en andere industrieën?
- Welke (nieuwe) vormen van opslag van (elektrische) energie worden toegepast in de scheepvaart- en andere industrieën?
- Welke voorzieningen zijn nodig om succesvol een elektrisch aangedreven kotter in de vaart te houden?
- Wat is de vereiste energie opslagcapaciteit van een elektrisch aangedreven kotter?

Hoofdstuk 2: Een ecologische duurzame manier van vissen en varen

- Wat zijn de verschillen in de emissies van een schip met een aandrijving op diesel, elektriciteit of een hybride?
- Welke vismethode is het meest geschikt met een elektrisch aangedreven kotter wanneer gelet wordt op vangst, ecologische impact en brandstofverbruik?
- Wat zijn de gevolgen voor het milieu van de productie, het gebruik en recycling van accu's in een kotter?

Hoofdstuk 3: Een economische analyse naar verschillende kotters

- Wat zijn de kosten en opbrengsten van het vissen met één kotter op jaarbasis, hoe varieerden deze kosten en opbrengsten in het afgelopen decennium?
- Welke economische scenario's kunnen worden geschetst van het vissen met een kotter de komende 20 jaar?
- Draagt een duurzaamheidskeurmerk bij aan de afzet van vis?

Hoofdstuk 4:

- Wie zijn de stakeholders, wat is hun macht en belang?

Antwoorden op de deelvragen zijn gevonden aan de hand van een literatuurstudie. Aansluitend hierop is informatie gebruikt, die is verkregen van experts uit de desbetreffende sector. Na de analyse van de haalbaarheid van elektrisch varen en aanvullende onderwerpen, zijn vervolgens de belangrijkste bevindingen samengevat in een algemene SWOT-analyse. Hierin worden sterke en zwakke punten vergeleken en overzichtelijk weergegeven. Uit deze SWOT-analyse is een conclusie getrokken betreffende de haalbaarheid van een elektrisch aangedreven kotter en wat de beste opties zijn. Aansluitend op de literatuur wordt een toekomstbeeld voor de visserij geschetst. Aan de hand hiervan worden tenslotte aanbevelingen gedaan over toekomstige ontwikkelingen en verder bruikbare innovaties binnen de visserij. Duurzaamheid blijft hierbij voorop staan.

2. Een technische haalbaarheidsanalyse van elektrische aandrijving in kotters

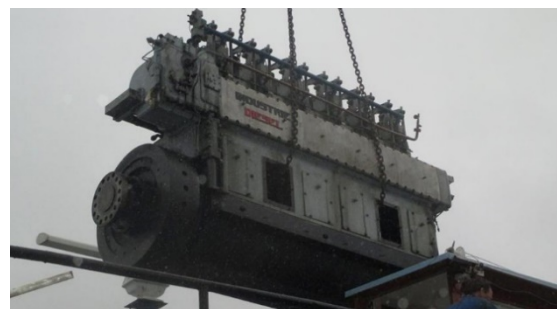
In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van conventionele motoren, nieuwe ontwikkelingen op motorgebied, alternatieve energiedragers en een analyse gedaan van het huidige distributienetwerk van elektriciteit.

2.1 Ontwikkeling en werking van de motorisering

2.1.1 Conventionele verbrandingsmotoren in een historische context

Afgezien van voortstuwing door middel van stoom begon de ontwikkeling van conventionele scheepsmotoren rond 1870. Deze motoren werkten op petroleum en waren over het algemeen onbetrouwbaar, door mechanische problemen en de relatief slechte brandstofkwaliteit die op dat moment gangbaar was. De ontwikkeling van de keerkoppeling (een transmissie die de draairichting van de schroef kan veranderen) omstreeks 1900 zorgde voor meer veiligheid en maakte andere, goedkopere brandstoffen zoals diesel (gasolie), stookolie, paraffine en plantaardige oliën mogelijk. Desalniettemin vormde de hoge druk, die nodig was om het vlampunt van diesel te bereiken, een probleem dat alleen opgelost kon worden door grote en vooral zware motoren. De ontwikkeling van de 'middendruk'-motor (de gloeikopmotor en het Brons-systeem) zorgde ervoor dat de ontsteking van diesel gemakkelijker ging, wat de toepasbaarheid, betaalbaarheid en de betrouwbaarheid sterk verbeterde. In de gloeikopmotor wordt ontbranding van diesel vergemakkelijkt door een stuk metaal in de cilinderkop middels een externe bron sterk te verhitten. Deze motor kon niet lang onbelast draaien omdat de gloeikop dan te sterk zou afkoelen. In het Brons-systeem wordt de brandstof (alvorens het de cilinder in gaat) verdampt, waarna het in de cilinder tot ontploffing komt. Over het algemeen hadden deze motoren een laag rendement en waren niet vrij van gebreken. (Zhao, 2009).

De Bosch-injector (een brandstofpomp, die onder hoge druk lucht en brandstof in optimale mengverhouding in de cilinder injecteert) was een belangrijke ontwikkeling waarmee de dieselmotor niet alleen betrouwbaarder werd, maar ook efficiënter. Over het algemeen maakt de scheepvaart nog steeds gebruik van motoren, die afgeleid zijn van dit type (zie Figuur 7). Deze techniek is behoorlijk uitontwikkeld wat de techniek betrouwbaar maakt, maar daardoor ook minder mogelijkheden tot verdere innovatie biedt. Daarnaast blijft het lastig de dieselmotor optimaal te benutten, aangezien de dieselmotor alleen in een beperkt deel van het toerentalgebied en optimale brandstof-vermogensratio heeft de vraag naar een nieuw, beter en efficiënter motortype heeft aangewakkerd. Nieuwe, op duurzaamheid gerichte ontwikkelingen, vinden vooral plaats op het gebied van de brandstof zelf. Te denken valt dan aan het aanpassen van bestaande motoren zodat gevaren kan worden op methanol (MAN, 2014) of aardgas (te Selle, 2014). Ondanks dat hiermee de duurzaamheid wordt vergroot, wordt relatief weinig vooruitgang in efficiëntie van de motor zelf geboekt. Sterker, soms werkt een andere brandstof nadelig doordat bewegende delen minder goed gesmeerd worden en hierdoor sneller slijten. De elektromotor is intrinsiek efficiënter dan de conventionele verbrandingsmotor, en dus een beter uitgangspunt wanneer deze wordt toegepast als primaire aandrijving (Winter & Brodd, 2004). Om die reden

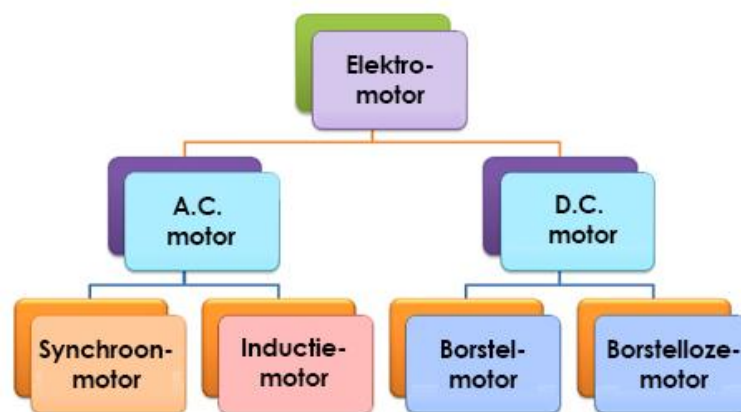


Figuur 7. Conventionele scheepsdieselmotor wordt vervangen. Bron: "Hoekman Shipbuilding"-Facebookpagina

wordt verder onderzocht welk type elektromotor het meest geschikt is voor toepassing in een hybride en volledig elektrisch varende viskotter.

2.1.2 Gangbare elektromotoren in de industrie

Een elektromotor zet elektrische energie om in mechanische energie. De gemiddelde elektromotor bestaat uit een rotor (het bewegende deel), een stator (een stationair deel, vaak het elektrische circuit, de spoel of een permanente magneet), een luchtspleet (om te voorkomen dat de kern magnetisch verzadigd raakt) en een commutator (schakelaar). Drie motortypen (Figuur 8) zijn te onderscheiden: de gelijkspanningsmotor (met en zonder koolstofborstels), de inductiemotor en de

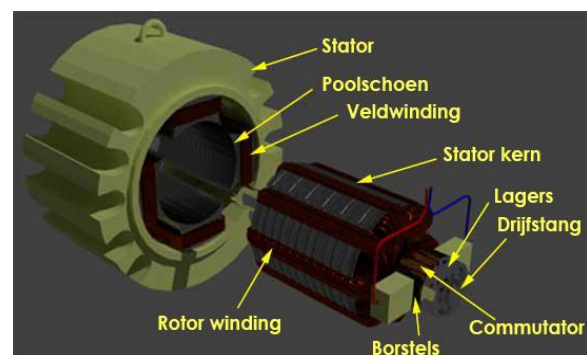


Figuur 8. Typen elektromotoren die op dit moment gangbaar zijn.

synchrone draaistroommotor (Sen, 1988).

De gelijkspanningsmotor (DC-motor)

Elektromotoren gevoed op gelijkspanning (DC, Figuur 9) worden veel toegepast in de industrie en kennen een efficiëntie tussen de 96 en 97%. De commutator en (kool)borstels zijn slijtgevoelig waardoor frequent onderhoud nodig is. De borstelloze motor heft dit probleem op en maakt gebruik van een elektronische commutator. Er bestaan twee typen. In het eerste type wordt gebruik gemaakt van een permanente magneet waarvan het magnetisch veld van gelijke sterkte blijft. Hierdoor kan de motor alleen geregeld worden door de spanning naar de rotor te variëren. Dit wordt bereikt door aansturing met IGBTs (Insulated Gate Bipolar Transistors) (Sattar, 1998). Deze techniek heeft zich enorm ontwikkeld, waardoor op dit moment al zeer grote vermogens geregeld kunnen worden, vermogens die ruimschoots voldoende zijn voor toepassing op een viskotter. De MDV 1 maakt gebruik van dit concept (Elektrisch varen, 2016) en dit type motor kan zeer compact zijn. Daarnaast is er weinig wrijving tussen de rotor en de stator waardoor de slijtage relatief laag is, afgezien van de lagers. Verder is het gewicht flink lager dan de op wisselspanning gevoede inductiemotor. De borstelmotor kan eenvoudig ingezet worden om energie op te wekken; wanneer deze draait wordt energie opgewekt, waarbij de draaisnelheid en grootte van de magneet het vermogen bepaald. Voor de borstelloze motor is dit lastiger, maar niet

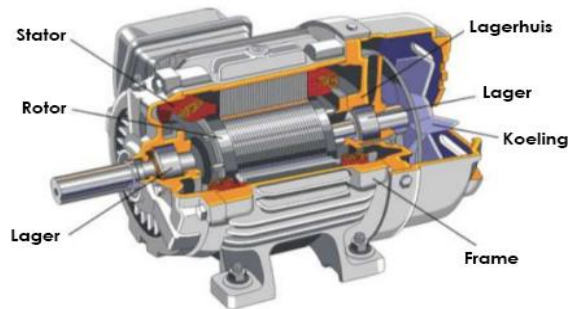


Figuur 9. De DC-borstelmotor lijkt erg op de borstelloze DC-motor waarbij de koolborstels zijn vervangen door een elektronische commutator. Figuur aangepast van machinedesign.com.

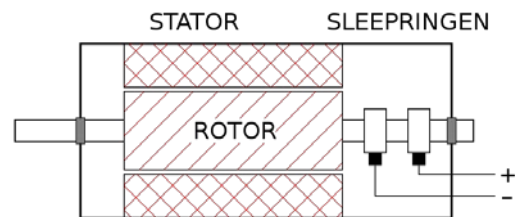
onmogelijk. Wel zal de schakelektronica hiervoor aangepast moeten worden, wat kostbaar is.

De wisselspanningsmotor (AC-motor)

Elektromotoren, die gevoed worden met wisselspanning (AC), zijn de inductie- (Figuur 10) en de synchroommotor (Figuur 11). AC-motoren waren initieel vooral geschikt voor werking op een constante snelheid. De motorsnelheid van motoren met een relatief beperkt vermogen kon door de ontwikkeling van de triac (triode for alternating current) geregeld worden. Met de ontwikkeling van PWM-techniek (pulse width modulation) ontstaat een meer efficiëntere manier van regeling.



Figuur 10. De inductiemotor bestaat een rotor, stator, lagers, een behuizing een frame en vereist actieve koeling. Bron: Enar Petroleum Refinery.



Figuur 11. Schematische voorstelling van de synchroommotor. Figuur aangepast van: https://nl.wikipedia.org/wiki/Synchrone_draaistroommotor.

De inductiemotor (kooiankeromotor) lijkt qua werking op een transformator, waarbij de kooi een kortgesloten spoel vormt. Door het magneetveld te variëren ontstaat een inductiespanning in de secundaire windingen, waardoor de rotor zal gaan draaien. De inductiemotor heeft een hoge efficiëntie en al direct veel koppel, maar heeft relatief veel aanloopvermogen nodig. Om de motor te starten is relatief veel energie nodig. De efficiëntie ligt tussen de 80 - 90%, afhankelijk van het vermogen dat geleverd moet worden.

In de synchroommotor (Figuur 11) draait de rotor synchroon met het draaiende magnetisch veld in de stator. Met deze motor kan een efficiëntie tussen de 93 - 97% behaald worden. De synchroommotor wordt hoofdzakelijk toegepast wanneer veel vermogen (boven de 700 pk) wordt gevraagd bij snelheden groter dan 450 rpm of meer dan 200 pk bij een lagere rotatiesnelheid. De synchroommotor kent, nog meer dan de eerder beschreven motoren, een optimumkromme. Hier moet dus rekening mee gehouden worden wil men maximale prestaties verkrijgen. De synchroommotor kan net zoals de borstelmotor eenvoudig energie opwekken door de rotor te draaien.

2.1.3 De borstelloze PMDC-motor als meest geschikt type voor de kottervaart

De permanentmagneet gelijkspanningsmotor is op basis van dit onderzoek als de meest geschikte motor voor het varen in de gemiddelde kotter bevonden. Gezien alle motortypen al behoorlijk goed ontwikkeld zijn, wordt verwacht dat dit ook voor de komende 20 jaar het geval zal blijven. Een samenvatting van de voor- en nadelen is te vinden in Tabel 2, hieronder zullen ze tekstueel worden beschreven.

Het regelen van een gelijkspanningsmotor is in absolute zin goedkoper en vaak ook compacter in vergelijking met de gelijkspanningsmotor. Een nadeel is dat het wisselspanningsveld dat hierbij ontstaat, interferentie veroorzaakt met communicatieapparatuur en meet- en regeltechniek. Hierdoor is afscherming van bekabeling en frequentieregelaars nodig, wat vaak een kostbare aangelegenheid is.

Ondanks dat de DC-regeling in absolute zin kostbaarder is, kunnen afschermingskosten (om het EM-veld te onderdrukken) lager zijn. Hierdoor kunnen de kosten onder de streep lager zijn. Voeding vindt plaats over één spanningsrail waardoor minder bekabeling nodig is, maar daardoor wel om dikkere kabels vraagt. Dit hoeft niet per se een voor- of nadeel te zijn.

Wat een belangrijk punt ter aanbeveling van de PMDC-motor is, is dat de MDV 1 bewijst dat dit concept op dit moment al haalbaar is. Kennis, die hiermee opgedaan is en wordt, kan daardoor overgedragen en geïmplementeerd worden in nieuwe concepten.

Het ontbreken van een optimumkromme maakt de motor geschikt bij praktisch ieder toerental in tegenstelling tot de synchroonmotor. Een ander voordeel is dat een keerkoppeling niet langer nodig is, aangezien over het gehele toerenbereik maximaal koppel geleverd kan worden met de PMDC. Desalniettemin wordt de permanente magneetmotor nog niet veel toegepast, wat de beschikbaarheid van reserveonderdelen een probleem maakt. Dit hoeft niet per definitie een probleem te blijven; gezien de kottervloot al relatief oud is, bestaat de kans dat op een redelijke termijn vele schepen zullen worden vervangen. Het is aan te bevelen dat de sector voor één type motor kiest, waardoor het aantrekkelijker wordt om een gezamenlijke voorraad aan te leggen. De Visserij Coöperatie Urk (VCU) zou hier een rol in kunnen spelen waardoor kosten gedeeld kunnen worden.

Een belangrijke tekortkoming, namelijk de teruglevering van energie, zou opgelost kunnen worden met een nieuwe generatie meet- en regeltechniek, welke nóg sneller kan schakelen tussen levering en aandrijving. Dit veld ontwikkelt zich snel, en de verwachting is dat dit binnen enkele jaren tot de mogelijkheden behoort. Zo kan in potentie met de hoofdmotor een vermogen opgewekt worden door middel van stroming die de schroef aandrijft. Een intelligent powermanagementsysteem kan vervolgens beslissen of en hoeveel stroom terug geleverd dient te worden.

De elektromotor is lastig te vergelijken met een conventionele motor wanneer gekeken wordt naar het vermogen. Navraag in de sector gedurende dit project leerde ons dat dit een heikel punt is, omdat dit om een andere mindset vraagt. Voorlichting aan de sector kan hierbij helpen waarbij wordt uitgelegd dat het aantal pk's niet gelijk is aan het nuttig vermogen. Het vaststellen van een standaardeenheid of conversiefactor zou hierbij kunnen helpen.

Over het algemeen wordt gekozen voor één hoofdmotor. Het is niet verstandig hiervan uit te blijven gaan; met de huidige generatie van powermanagementsystemen kan op intelligente wijze een array aan motoren aangestuurd worden wat tot energiebesparing kan leiden. Een extra veiligheidsmarge kan daarmee eenvoudig gecreëerd worden. Dit kan ook de efficiëntie ten goede komen: wanneer minder vermogen nodig is, kunnen de kleinere motoren volledig uitgeschakeld worden, wat weer energie bespaart. Een nadeel is wel, dat bij het koppelen van de motoren vermogen verloren gaat. Op dit moment wordt hiermee geëxperimenteerd, zo leerden wij na navraag bij Haisma motoren (mondelijke mededeling op het Holland Fisheries Event 2016). De regelgeving gaat op dit moment nog uit van één hoofdmotor, en zal dus moeten worden geactualiseerd.

Tabel 2. Voor- en nadelen van de borstelloze PMDC-motor.

Voordelen	Nadelen
• Kennis is opgedaan met MDV 1 en laat zien dat dit concept haalbaar is • Hoogste efficiëntie • Onderhoudsvrij • Afschermingskosten zijn nihil • Keerkoppeling niet langer nodig • Maximaal koppel • Geen optimumkromme maar altijd maximale prestaties • Compact in volume • Relatief licht ten opzichte van de conventionele dieselmotor • Geluidsarm in vergelijking met de conventionele dieselmotor • Relatief laag aanloopvermogen nodig	• Geen reserveonderdelen op de plank • Wachttijden bij reparatie kunnen langer duren • Aanloopkosten zijn relatief hoog • Op dit moment weinig toegepast • Scholing sector op dit moment nog niet voldoende op orde Nadelen t.o.v. de inductie- en synchroonmotor (beiden wisselspanningsmotoren): • Toerentalregeling neemt meer volume in beslag • Regeling zelf is kostbaarder • Teruglevering energie niet mogelijk zonder ingewikkelde meet- en regeltechniek

2.2 Opslag en distributie van energie

2.2.1 Energiedragers

Een energiedrager (bijvoorbeeld benzine, diesel en kerosine) fungeert als energiebron en is over het algemeen niet duurzaam. Niet-duurzame energiedragers kennen een relatief hoge energiedichtheid, maar zijn beperkt beschikbaar. Geopolitiek en onrust geeft ook vanuit de overheid meer de wil naar onafhankelijkheid in de energiesector (ISAB, 2014; Sinković, 2014). Daarnaast komen bij de verbranding broeikasgassen vrij, die niet alleen voor opwarming van de aarde zorgen, maar ook milieueffecten zoals verzuring van de zee en bodem veroorzaken. Ditzelfde geldt voor kernenergie waarbij weliswaar weinig broeikasgas vrijkomt, maar een hoge milieubelasting vraagt tijdens delving en zuivering, naast het ontstaan van moeilijk afbreekbaar nucleair materiaal. Om die reden worden nieuwe vormen van energieopslag ontwikkeld, welke over het algemeen elektrochemisch zijn en als belangrijkste taak het opslaan van elektronen hebben.

Door ons is vastgesteld dat een goede energiedrager aan de volgende eisen moet voldoen:

- De energiedichtheid moet hoog zijn (Wh/kg, Wh/L)
- De kosten moeten laag zijn (€/kWh)
- De energiedrager moet veilig en betrouwbaar zijn
- De energiedrager moet vele laad- en ontladcycli kunnen doorlopen
- De energiedrager moet snel kunnen opladen
- Energie wordt met een hoge efficiëntie opgenomen en met hoge efficiëntie afgestaan
- Gemakkelijk en gefaseerd vervangbaar

Er zijn verschillende typen energiedragers bekend en de ontwikkeling gaat in een hoog tempo. Recent werd biobrandstof nog als meest kansrijke alternatieve bron van energie gezien. Dit heeft in de praktijk minder goed uitgedaan waardoor veel vruchtbare grond waarop voedsel kon worden

verbouwd werd ingezet en bomen werden gekapt zodat biobrandstoffen konden worden verkregen uit plantaardig materiaal (Harrington, 2015).

2.2.2 Benodigde energiec capaciteit

Bij het varen met een kotter zijn een aantal aannames te nemen wat de energiebehoefte betreft. Deze aannames zijn gebaseerd op de MDV 1 en resultaten over 2016 (Tabel 3).

Tabel 3: Parameters vastgesteld op de MDV 1 en gebruikt voor doorrekening van de energiebehoefte.

Vaartijd maximaal vermogen (stomen)	20 uur
Vaartijd vissen	80 uur
Idle tijd (aan walsstroom)	68 uur
Maximale vaarsnelheid	~10 mijl per uur = ~16 km/h
Gemiddeld vaarvermogen tijdens vissen	272 kW generator, 322 kW sturing
Gemiddeld vaarvermogen tijdens stomen	306 kW generator, 356 kW sturing
Gemiddeld laadvermogen walsstroom (vereist)	444 kW per uur
Maximaal schroefvermogen	400 kW @ 110 rpm
Maximaal generatorvermogen	590 kVA
Noodvermogen	135 kVA

Het rendement is vastgesteld op 42% voor de dieselgenerator en 95% voor de elektromotor. In de meest ideale omstandigheden kan worden uitgegaan van 6700 liter per 100-urige visweek (Stichting Masterplan Duurzame Visserij, 2016) en een octaangetal van 11,3 (RVO, 2016b). Dit vraagt om een wekelijks vermogen van 30,2 MW (formule 1).

$$\text{Benodigd vermogen (kW)} = \text{octaangetal gasolie} * \text{gemiddeld rendement (formule 1)}$$

Bij het vaststellen van het benodigde vermogen is rekening gehouden met een marge van 10%. Dit om temperatuurfluctuaties op te kunnen vangen naast het creëren van een veiligheidsmarge.

Navraag bij Hendrik Kramer (schipper van MDV 1) leerde dat het vermogen tijdens het vissen rond de 251 kW ligt. Dit zou betekenen dat 80 uur vissen ongeveer 22 MW vraagt. Tijdens het stomen ligt het vermogen gemiddeld rond de 275 kW. Dit zou betekenen dat 20 uur stomen ongeveer 6,05 MW vraagt.

$$\text{Gevraagde capaciteit vissen} = \text{vistijd (h)} * \text{gemiddeld vermogen(kW)} * 1,1 \text{ (formule 2)}$$

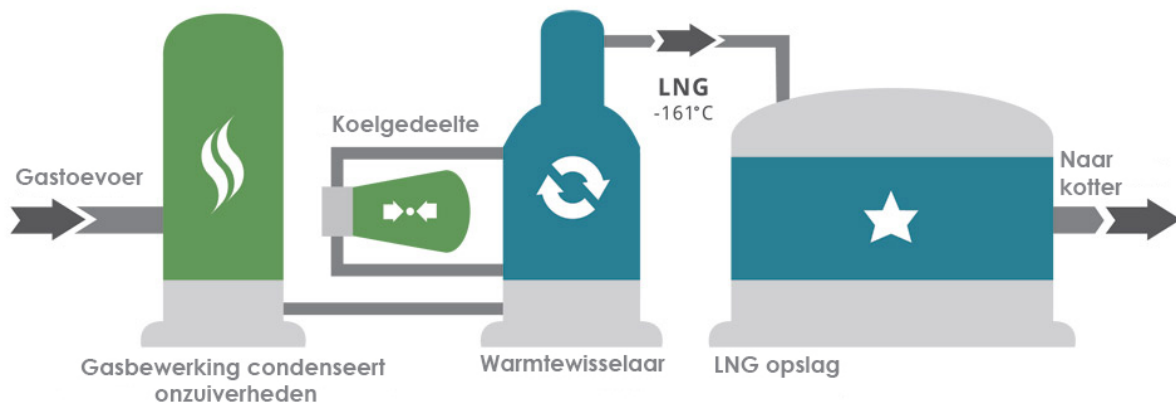
$$\text{Gevraagde capaciteit stomen} = \text{stoomtijd (h)} * \text{gemiddeld vermogen(kW)} * 1,1 \text{ (formule 3)}$$

Hieruit komt dat de benodigde capaciteit rond de 28 MW ligt. Weersomstandigheden hebben een belangrijke invloed. In de praktijk kan het verbruik daarom hoger liggen.

Enkele kansrijke energiedragers zijn geselecteerd op basis van de eerder gestelde eisen en gevraagde capaciteit. Andere, minder kansrijke energiedragers kunnen worden gevonden in *Appendix 1*.

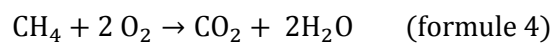
2.2.3 Liquefied natural gas

Ondanks dat liquefied natural gas (LNG), ofwel aardgas, een andere werking heeft dan een elektrochemische cel (een batterij of brandstofcel) en vaak gemaakt wordt uit fossiele brandstof, kan LNG een kansrijke tussenstap zijn in de ontwikkeling van meer duurzame vaarmethoden. LNG bestaat hoofdzakelijk uit methaan (CH_4) en bevat daarnaast gasresten van stikstof (N_2), propaan (C_3H_8) en ethaan (C_2H_6). Door dit gas sterk af te koelen wordt het gas vloeibaar en 600 maal compacter (Figuur 12).



Figuur 12. De omzetting van methaangas naar het vloeibare LNG. Figuur aangepast van: <http://goldborolng.com/about-lng/what-is-lng/>.

Wanneer LNG wordt verbrand ontstaan koolstofdioxide en water (formule 4).



Dit kan vertaald worden naar een massaratio methaan:koolstofdioxide van 1:2,74. Wanneer dit doorgerekend wordt naar het GWP (global warming potential) en uit wordt gegaan van een GWP van 25 voor methaan en 1 voor koolstofdioxide (GGP, 2011), zoals geschetst in het Greenhouse Gas Protocol (GGP), betekent dit een afname van 9 maal het GWP. Ondanks dat LNG dus in principe geen duurzame brandstof is, kan door duurzame LNG-productie het broeikaseffect worden verminderd. Te denken valt aan bacteriën die methaan produceren door CO_2 te fixeren (Caldwell et al., 2008) of methaan dat verkregen wordt door fermentatie van plantaardig materiaal zoals voedselresten (Chynoweth et al., 2001).

Traditionele kotters op gasolie kunnen worden omgebouwd voor het varen op LNG. Hierbij kunnen soms bestaande delen van de motorisering worden behouden, wat positief kan zijn voor het milieu en aanloopkosten. Desalniettemin is de energiedichtheid van LNG (afhankelijk van opslagtemperatuur en druk) ongeveer 60% van de energiedichtheid van diesel; er moet dus meer LNG worden opgeslagen. Dit kan over het algemeen niet in de bestaande dieseltanks daar LNG onder hoge druk wordt moet worden opgeslagen. Dit vraagt meer opslagcapaciteit, scheepsvolume en dus gewicht. Daarnaast zijn de ombouwkosten relatief hoog en ontbreekt een functioneel en toegankelijk distributienet, zo leerde een eerste inventarisatie op Urk en een gesprek bij scheepsbouwer. Ook bestaat de kans dat draaiende delen van de bestaande motor eerder zullen slijten, aangezien LNG meer belasting van de draaiende delen kan vragen (Anoniem, 2016).

Methaanslib (onverbrand methaan) kan in de LNG-motor ontstaan, welke onbenut vrijkomt in de atmosfeer. Gezien methaan meer invloed heeft op het broeikaseffect dan CO_2 , geïllustreerd door de 25 maal grotere GWP, is dit een belangrijk probleem om aan te pakken (Myhre et al., 2013).

Intelligente meet- en regeltechniek die bijhoudt hoeveel en welk type emissies vrijkomt kan hier een belangrijk hulpmiddel bij zijn.

Het kost over het algemeen meer moeite om een motor op LNG te starten, zo leerde een gesprek met een vertegenwoordiger van Haisma motoren. Dit maakt LNG een minder geschikte brandstof wanneer snelle doorstarts vereist zijn. Dit hoeft niet een groot nadeel te zijn voor de gemiddelde viskotter, maar wel iets waar men rekening mee dient te houden.

Het grote voordeel van LNG is dat buiten CO₂ tijdens de verbranding geen schadelijke broeikasgassen zoals zwaveldioxide ontstaat (Verbeek & Kampman, 2012). Dit lukt met gasolie minder goed omdat (tegen een acceptabele prijs) niet alle zwavelcomponenten uit de brandstof gefilterd kunnen worden. Daarnaast leerde navraag aan Frans Veenstra dat werken met roetfilters geen haalbare kaart zal zijn voor relatief kleine schepen zoals viskotters. Hierdoor heeft de MDV 1 werkgroep afgezien van een dergelijk filter in de MDV 1. Deze situatie is op dit moment nog niet veranderd zo leerde ons onderzoek. Daarnaast is de hoeveelheid CO₂ in relatie tot de energieproductie lager dan bij de verbranding van benzine en gasolie zoals later zal worden toegelicht (Verbeek & Kampman, 2012).

Varen op LNG kan daarom een logische tussenstap zijn, maar niet een die per ommekeer genomen kan worden. Dit doordat momenteel concrete regelgeving ontbreekt. In de praktijk lijkt een hybride variant, waarin een generator op LNG de stroom opwekt die nodig is voor de commutatoren (hydrauliek, elektromotor e.d.) en daarmee de dieselmotor kan vervangen, een kansrijke optie om de transitie van fossiele brandstoffen naar volledig klimaatneutraal te overbruggen.

Het opstellen van emissienormen lijkt hierbij onvermijdelijk om de sector te activeren; het biedt een middel om de sector sneller te laten ontwikkelen en stimuleert tot innovatie. Als eerste concrete stap zou een hulpmotor op LNG toegepast kunnen worden, misschien zelfs worden vereist. Deze noodmotor zou dan als pilot kunnen dienen en mogelijke positieve uitkomsten zouden de sector kunnen stimuleren tot op zijn minst na te denken over alternatieve manieren van voortstuwing. Deze (hulp)motor kan daarnaast behouden worden wanneer overgeschakeld wordt op andere manieren van aandrijving, zodat deze niet afgeschreven hoeft te worden.

2.2.4 Batterijopslag

Lithium(polymeer)cellen

Lithiumcellen hebben gemeenschappelijk dat zij gebruik maken van lithiumionen (Li⁺) die energie dragen. De lithiumionen gaan van de kathode (positieve pool) naar de anode (negatieve pool) en geven zo lading af, of nemen in omgekeerde richting lading op. Lithium wordt gekenmerkt door een hoge specifieke energie waardoor het op dit moment veel wordt toegepast als energiedrager. Lithiumpolymeercellen verschillen van lithiumcellen doordat zij over een ander soort elektrolyt beschikken. Hierdoor is een semipermeabel membraan niet langer nodig. Het poreuze elektrolyt in de lithiumpolymeercel maakt hogere vermogens mogelijk, maar is ook duurder (Song et al., 1999). Ondanks dat de lithiumpolymeercel hogere kosten heeft, wordt dit gerechtvaardigd door zijn eigenschappen. Eigenschappen die nodig zijn om de hoge energiebehoefte van de gemiddelde kotter te dekken.

Lithium is zeer onedel en reageert daardoor heftig wanneer het in contact komt met water. Daarnaast ontbrandt een lithiumbatterij vrij snel bij kortsluiten en overladen van de cel. Ondanks dat

moderne batterijbeveiliging- (Texas Instruments, 1999) en managementsystemen dit goed kunnen voorkomen, maakt dit dat complete veiligheid lastig te garanderen is. Daarnaast is het wegvangen van risico's een kostbare aangelegenheid. Terugroepacties in o.a. de telefoonindustrie, denk hierbij aan de Samsung Galaxy Note 7 (Chen & Sang-Hun, 2016), illustreren dat het geregeld mis gaat.

De spanning per lithiumcel is met 3,6 V relatief hoog. Het vermogen dat geleverd kan worden is constant wanneer de batterijspanning tussen de 2,80 en 3,70 V blijft. Wanneer de spanning dus inzakt, hoeft dit niet te betekenen dat het vermogen onevenredig afneemt. Lithiumcellen zijn in principe onderhoudsvrij. Daarnaast speelt het geheugeneffect geen rol en is de zelfontlading laag. De laadefficiëntie is daarnaast relatief hoog wat positief is voor toepassing in een viskotter. Een opsomming van de verschillende lithiumcellen, die op dit moment gangbaar zijn wordt gegeven in Tabel 4.

Tabel 4. Verschillende lithiumpolymeercellen vergeleken. Cijfers afkomstig van batteryuniversity.com.

Type	Spanning per cel	Energie-capaciteit	Laadsnelheid	Ontlaad-cycli	Toepassing
Lithium-kobalt (LiCo)	3,6 V nominaal; werking tussen 3 - 4,2 V/cel	150–200 Wh/kg	Nominale laadsnelheid van 0,7 – 1 C. In 3 uur opgeladen. Laden met meer dan 1 C verkort de levensduur.	500–1000x Hangt af van hoe ver cellen worden ontladen, temperatuur, belasting	Mobiele telefoons, tablets, laptops, camera's
Lithium-mangaan-oxide (LiMn ₂ O ₄)	3,7 V nominaal; werking tussen 3 - 4,2 V/cel	100 – 150 Wh/kg	Nominale laadsnelheid van 0,7 – 1 C. Maximale laadsnelheid van 3 C.	300–700x Hangt af van hoe ver cellen worden ontladen en temperatuur	Kracht-gereedschap, medische apparatuur, elektrische aandrijflijnen
Lithium-nikkel-mangaan-kobaltoxide (LiNiMnCoO ₂ of NMC)	~3,65 V nominaal; werking tussen 3 - 4,2 V/cel, of hoger	150 – 220 Wh/kg	Nominale laadsnelheid van 0,7 – 1 C. In 3 uur opgeladen. Laden met meer dan 1 C verkort de levensduur.	1000–2000x Hangt af van hoe ver cellen worden ontladen en temperatuur	E-fietsen, medische apparatuur, industrie
Lithium-ijzerfosfaat	~3,25 V nominaal; werking tussen 2,5 - 3,65 V/cel	90 – 120 Wh/kg	Nominale laadsnelheid van 1 C. In 3	1000–2000x Hangt af van hoe ver cellen	Mobiele applicaties die veel

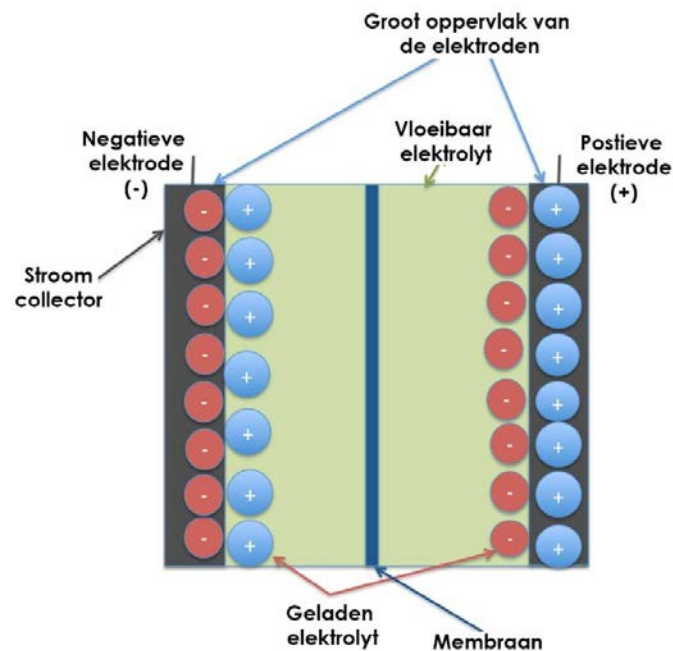
(LiFePO₄)			uur opgeladen.	worden ontladen en temperatuur	stroom vragen
Lithium- nikkel-kobalt -aluminium- oxide (LiNiCoAlO₂)	3,6 V nominaal; werking tussen 3 - 4,2 V/cel	200 - 260 Wh/kg; 300 Wh/kg predictable	Nominale laadsnelheid van 0,7 C. In 3 uur opgeladen	500x Hangt af van hoe ver cellen worden ontladen en temperatuur	Medische apparatuur, elektrische aandrijflijnen (Tesla)
Lithium- titanaat (Li₄Ti₅O₁₂)	2,4 V nominaal; werking tussen 1,8 - 2,85 V/cel	70 – 80 Wh/kg	Nominale laadsnelheid van 1 C. Maximale laadsnelheid van 5 C.	3.000 – 7.000x	UPS, elektrische aandrijflijnen (Mitsubishi i- MiEV, Honda Fit EV)

Uit deze vergelijking kan worden geleerd dat LiNiCoAlO₂ het meest geschikte type batterij is op basis van de eerder gestelde criteria. Ondanks dat dit batterijtype minder vaak geladen en ontladen kan worden ten opzichte van andere methoden biedt dit type veel perspectief op verdere ontwikkeling. Wanneer uitgegaan wordt van één lading per vaart en het schip 45 weken per jaar vaart, kan het accupakket op zijn minst 11 jaar en 2 maanden meegaan. Tesla heeft gedemonstreerd met diverse commerciële producten dat dit accumodel relatief betrouwbaar functioneert (Lambert, 2016). Daarnaast wordt behoorlijk geïnvesteerd in verdere ontwikkeling van dit type, wat de kans aannemelijk maakt dat de capaciteit zal toenemen binnen nu en al enkele jaren. Een ander groot voordeel is dat dit type accu bij slijtage gefaseerd kan worden vervangen wanneer een of meerdere cellen defect zijn gegaan. Vervanging van het gehele accupakket is hierdoor niet nodig.

Wanneer wordt uitgegaan van de LiNiCoAlO₂-batterij betekent dit een toegevoegd gewicht van 131,3 ton als het schip volledig elektrisch moet varen. In het meest ideale scenario wordt ballastgewicht uitgewisseld met accu's. Met de huidige stand der techniek is dit niet mogelijk; het accupakket zal meer wegen dan het totale ballastgewicht dat de gemiddelde kotter meedraagt. Het in beweging zetten van deze extra massa kost behoorlijk veel energie en zal de wendbaarheid negatief beïnvloeden. Dit zal in de praktijk betekenen dat nog meer capaciteit nodig zal zijn en de energiebehoefte zal stijgen. Het gevolg is een hoger brandstofgebruik. Daarnaast is de oppervlakte-inhoud relatie minder gunstig, waardoor dit type ballast meer ruimte in zal nemen. Het schip zal dus ook fysiek moeten groeien, iets wat we eigenlijk moeten voorkomen.

2.2.5 De (super)condensator

De (super)condensator (Figuur 13) is op dit moment al een goed alternatief voor diverse toepassingen waar voorheen een batterij gebruikt werd. Te denken valt dan aan fietsverlichting waarin energie steeds bijgeladen en onttrokken wordt of als tijdelijke energiedrager in diverse vormen van computergeheugen. De supercondensator lijkt op een gewone (elektrolytische) condensator maar verschilt in capaciteit (Farad). De supercondensator heeft een zeer hoge energiedichtheid en kan daardoor veel energie in korte tijd leveren. Daarmee lijkt de



Figuur 13. Werking van de supercondensator. Aangepast van Aslani (2012).

supercondensator op de loodaccu.

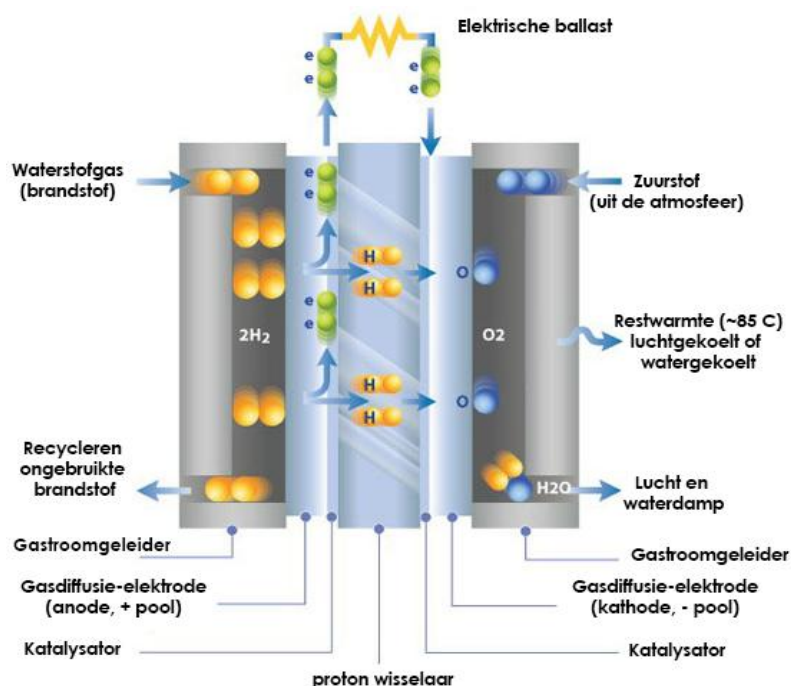
Op dit moment is de Electrochemical Double Layer Capacitor (EDLC) het meest gangbaar. Een ander type, de Asymmetric Electrochemical Double Layer Capacitor (AEDLC), heeft elektroden die vergelijkbaar zijn met een conventionele accu en daarmee soortgelijke eigenschappen. De supercapacitor kan in zeer korte tijd worden opgeladen; enkele minuten tot zelfs enkele seconden, afhankelijk van de capaciteit en werkspanning. Desalniettemin is de hoeveelheid energie die opgeslagen kan worden beperkt wanneer je dit vergelijkt met andere gangbare batterijtypen. In die zin is de supercondensator minder geschikt voor tochten die lang kunnen duren, zoals bij de viskotter het geval is. De EDLC-supercondensator heeft geen 'geheugeneffect'; in theorie kan de supercapacitor dus oneindig vaak geladen en ontladen worden zolang de temperatuur niet te hoog wordt. In die zin zou de supercondensator een prima manier kunnen zijn om kortstondig energie in op te slaan die tijdens piekverbruik snel teruggevoerd kan worden. Te denken valt dan aan opslag van energie die geproduceerd wordt tijdens het afrollen van de netten; dit wordt nu nog gedissipeerd in een ballastweerstand. Dit kan ook onder extreme omstandigheden omdat de supercondensator tussen de -50 °C tot 80 °C kan werken. Bijkomend voordeel is dat de supercondensator niet kan worden overladen en niet in brand vliegt bij kortsluiting of contact met water. Daardoor is de supercondensator veiliger dan de lithiumpolymeerbatterij. De voor- en

nadelen van batterijen en supercondensatoren vullen elkaar in die zin goed aan. De AEDLC kent deze voordelen niet, aangezien deze meer lijkt op een conventionele batterij.

Dit probleem zou opgelost kunnen worden in de toekomst met een ander type elektrode. Veel wordt verwacht van grafeen, dat één atoomlaag dik is en veel stroom met weinig weerstand kan transporteren (García, 2016).

2.2.6 De brandstofcel

De brandstofcel zet chemische energie om in elektrische energie. Hiervoor is een constante stroom van waterstof nodig. In de brandstofcel reageren waterstof en zuurstof tot water waarbij elektriciteit en warmte ontstaat. De brandstofcel heeft drie belangrijke onderdelen; de anode, de kathode en de



Figuur 14. Werking van de brandstofcel waarin een continue aanvoer van waterstof en zuurstof plaatsvindt. Figuur aangepast van fuelcells.org.

protonwisselaar (Figuur 14).

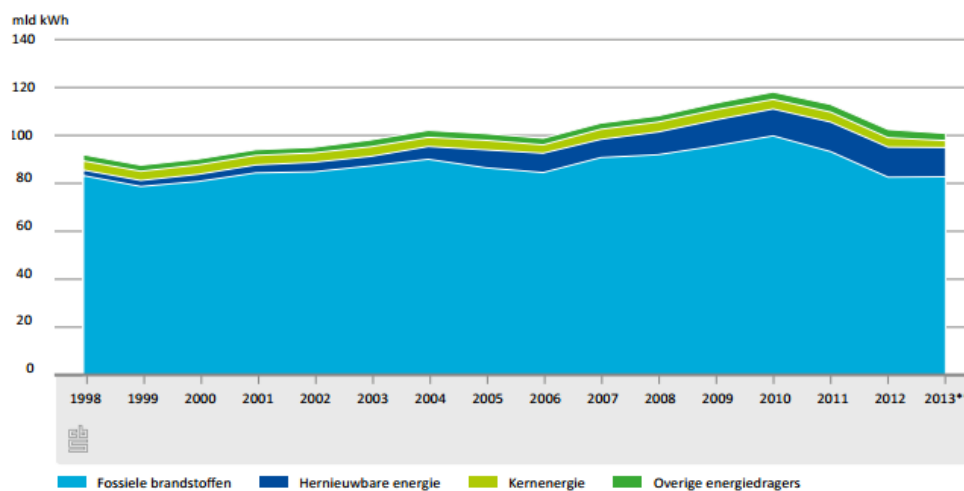
De brandstofcel kent een gemiddelde efficiëntie tussen de 40 en 60% met een maximum van 85%. De oxidatie van waterstof naar water wordt versneld met katalysatoren. Door de ontwikkeling van steeds betere, goedkoperere katalysatoren wordt de efficiëntie steeds hoger en gaat de brandstofcel langer mee. Daarnaast kan de brandstofcel hierdoor steeds kleiner worden. De spanning die wordt geproduceerd is gelijkspanning (DC). Cellen produceren ongeveer 0,6 á 0,7 V en kunnen, door in serie geplaatst te worden, tot de gewenste spanning worden geconfigureerd. Op dit moment verkeert de brandstofcel nog in de experimentele fase. Verwacht wordt dat de brandstofcel een belangrijke plaats in zal nemen in de toekomst en de diesel- en/of LNG-generator zal vervangen. Dit wordt geïllustreerd door diverse waterstofbussen, die weliswaar veel kosten, maar redelijk betrouwbaar functioneren en rondrijden in Nederland (Syntus, 2016). De brandstofcel kan een mooie ontwikkeling zijn waarin energie op efficiënte wijze gegenereerd wordt. Waterstof kan gewonnen worden met duurzame productiemethoden, zoals het elektrolyseren van water met behulp van duurzame energie of rechtstreekse waterstofproductie door bacteriën. Een groot nadeel is dat waterstofgas erg

explosief is en dat een goed distributienetwerk ontbreekt. Zelfs in het beste scenario lijkt daarom de haalbaarheid van een waterstofgenerator geen onmogelijke, maar wel een lastig te halen kaart binnen een tijdspanne van 20 jaar. Dit lijkt dan ook meer een oplossing voor de langere termijn.

Ondanks dat vele innovatieve energiedragers onderzocht zijn, wordt vaak voorbijgegaan aan het belang van een distributienetwerk. Daarom is onderzoek gedaan naar het energieprofiel en Nederlands energiedistributienetwerk in het volgende (sub)hoofdstuk.

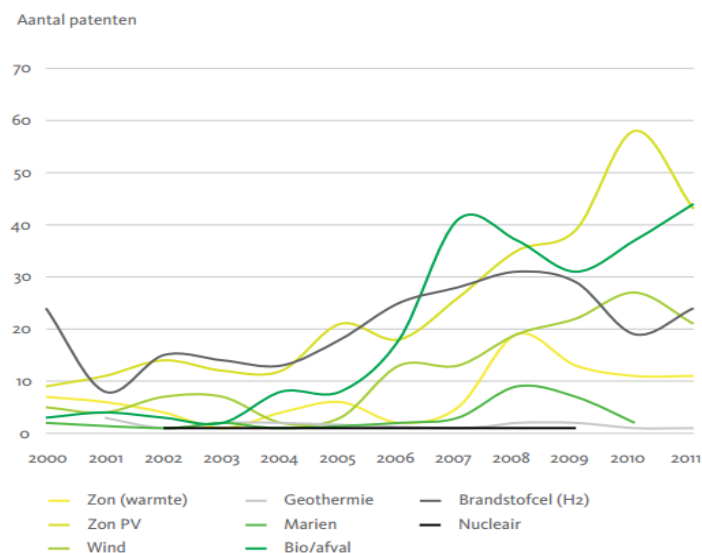
2.3 Energienetwerk en distributie

De verschuiving van fossiele brandstoffen naar hernieuwbare energie laat zowel nationaal als internationaal een opwaartse trend zien. De energiemarkt in Nederland krijgt gestaag een duurzamer profiel (Figuur 15). Toch loopt Nederland hiermee achter op trends in omliggende landen zoals Duitsland. De kans is groot dat stimulering door de politiek en regelgeving door de EU op termijn een verschuiving naar een duurzamer profiel zullen induceren. Zo wordt gestreefd naar 14% duurzame energie in 2020 (Rijksoverheid, 2016).



Figuur 15. Productie van elektriciteit naar energiebron. Bron: CBS.

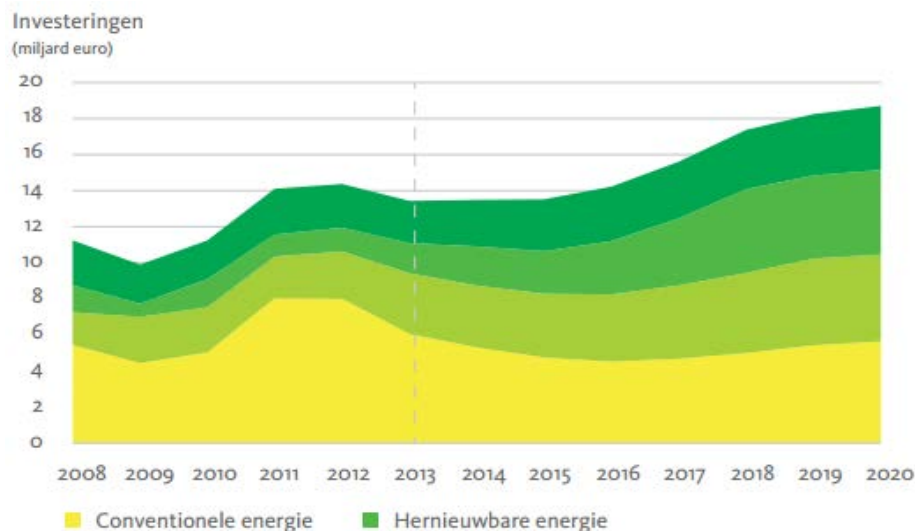
Energiedragers maken het gemakkelijker om energie, opgewekt via duurzame methoden zoals windenergie en waterkrachtcentrales, op te slaan. Daarmee kan de energieketen sterk worden verduurzaamd. Ontwikkelingen op het gebied van duurzame energie volgen elkaar snel op. Alleen al



Figuur 16. Aantallen Nederlandse patenten voor verschillende hernieuwbare energietechnologieën. Bron: RVO.

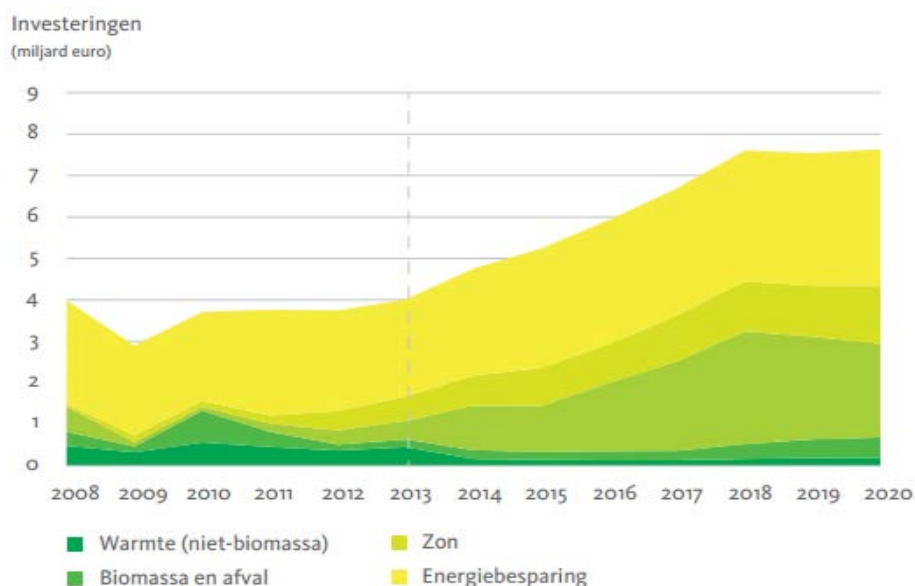
in Nederland worden jaarlijks in toenemend aantal patenten aangevraagd en toegekend (Figuur 16).

Het ontwikkelen van duurzame methoden vraagt om hoge investeringen. Trends (Figuur 17) laten zien dat deze investeringen stijgen, voor het grootste deel in hernieuwbare energie. De kans is groot dat deze trend doorgezet zal worden tot op zijn minst 2020. Hier liggen kansen voor de kottervloot in termen van subsidies, maar ook nieuwe technieken die elektrisch varen mogelijk zouden kunnen maken.



Figuur 17. Ontwikkeling van de investeringen in energie-exploitatie en energiebesparing in de periode 2008-2020, in lopende prijzen. Bron: RVO.

Verwacht wordt dat investeringen in zonne- en windenergie het grootste deel zullen bestrijken (Figuur 18). Een mogelijkheid tot laden op zee zou hiermee mogelijk gemaakt kunnen worden. Het is minder waarschijnlijk dat zonne-energie hier geschikt voor is; naast het relatief grote oppervlak dat nodig is tast het zoute zeewater de panelen al snel aan. Meer kans ligt bij windmolens die, weliswaar kostbaar zijn, maar ook betrouwbaar zijn en behoorlijk wat vermogen kunnen leveren. Hiermee zou de noodzaak tot het aanleggen van een energienet van zee naar wal niet langer nodig hoeven zijn; opladen kan nu direct op zee, waar het benodigde vermogen wordt gegenereerd en opgeslagen in



Figuur 18. Ontwikkeling van de investeringen in hernieuwbare energietechnologieën en energiebesparing in de periode 2008 – 2020, uitgesplitst naar verschillende activiteiten, in lopende prijzen. Bron: RVO.

combinaties van condensator-, accubanken en andere vormen van energieopslag.

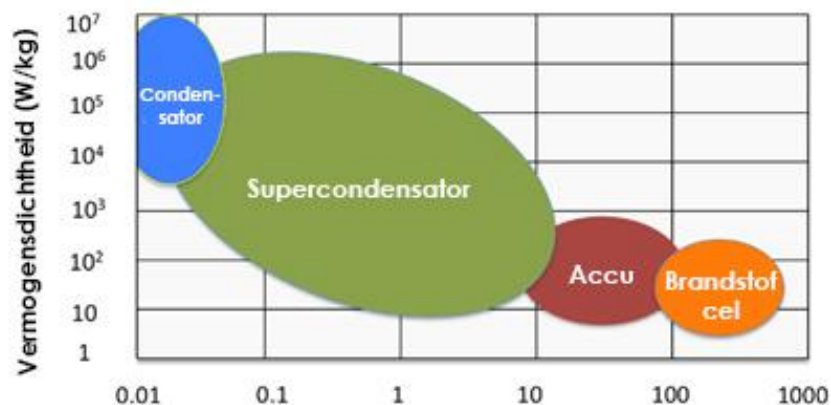
2.4 Infrastructuur

Zowel een LNG- als waterstofnetwerk ontbreken, wat kansen tot herstructurering van bestaande netwerken biedt. Als tussenoplossing kan gewerkt worden met opslagvaten. Deze kunnen worden (bij)gevuld met tankwagens zoals nu al het geval is bij reguliere pompstations. Het Nederlandse elektriciteitsnet is behoorlijk ontwikkeld voor geringe vermogens met uitzondering van hoogovens die vaak zelf een eigen, directe aansluiting hebben op generatoren. Dit wordt anders wanneer grote piekvermogens worden gevraagd; dit kunnen ze namelijk helemaal niet aan. Belangrijk is dus dat walstroom-faciliteiten worden uitgebreid. Zo is berekend dat de benodigde energiec capaciteit ruw geschat rond 30,2 MW ligt per vaarweek. De LiNiCoAlO_2 -batterij (230 Wh/kg) is vastgesteld als meest geschikte energiedrager op dit moment. Dit batterijtype kan met 0,7 ampère per seconde geladen worden, waardoor de gemiddelde cel in ongeveer 3 uur is opgeladen. Wanneer alle cellen in 3 uur opgeladen worden, zou dit een vermogen van 10,1 MW/h per schip vragen. Dit is een dermate groot piekvermogen, dat dit om een gemoderniseerde infrastructuur vraagt op het niveau waar staalproducenten nu over beschikken. Zeker wanneer de gehele vloot aanmeert en tegelijk wil laden. Op dit moment is deze niet aanwezig. Het is daarom raadzaam de laadsnelheid te verminderen. De vereiste laadsnelheid voor de alle accu's tezamen maakt 444 kW/h wanneer hier 68 uur over gedaan mag worden. Het laden kan dan met $3 \cdot 10^{-3}$ ampère per seconde. Dit is nog steeds een behoorlijk vermogen, zeker wanneer alle kotters tegelijkertijd aanmeren. Daarom kan gedacht worden aan het bufferen van vermogen aan wal. Hiermee kan het distributienet worden ontlast op piekmomenten. De supercondensator, een accubank of een combinatie van beiden zou hierbij een optie kunnen zijn. Daarnaast kan een windmolen aan wal of generatoren op waterstofgas- of LNG aan wal helpen vermogen te genereren. Dergelijke constructies worden, weliswaar in iets andere vorm, al in Noorwegen toegepast (Cavotec, 2013).

2.5 Conclusie

2.5.1 Een plan van aanpak

De conclusie is dat 100% elektrisch varen op dit moment geen haalbare kaart is. Dit betekent niet dat dit zo zal blijven. Sterker, recente ontwikkelingen geven een positief vooruitzicht. Kansen worden gezien in een combinatie waarin sterktes van energiedragers elkaar aanvullen, en zwaktes zoveel mogelijk worden beperkt, zoals geïllustreerd in Figuur 19 en eerder is beschreven. Eén type energiedrager lijkt dan ook met het inzicht van nu een minder goede keuze dan een goed uitgedachte combinatie.



Figuur 19. Ragone-diagram van de energiedichtheid vs. de vermogensdichtheid voor de meest relevante chemische energiedragers. Figuur aangepast van Winter & Brodd (2004).

Nieuwe technieken bieden kansen. Een meerjarenplan dat opgedane technische inzichten samenvat is geïllustreerd in Figuur 20.

In 5 stappen samen bouwen aan een moderne, klimaatneutrale kottervloot



Figuur 20. Een meerjarenplan voorgesteld door het Fishion ACT-team.

3. Ecologie

In dit hoofdstuk wordt er gekeken naar de huidige en mogelijk toekomstige emissienormen, en hoe de verschillende typen motoren hieraan bijdragen. Daarna wordt een levenscyclusanalyse gegeven voor de huidige accutechnologie, en afgesloten met duurzame vismethoden.

3.1 Emissies

3.1.1 In de visserij

De huidige visserij is niet gefocust op broeikasgassen, maar meer op economische stabiliteit (Waldo & Paulrud, 2016). Om een duurzame visserij mogelijk te maken, moeten emissies van broeikasgassen omlaag. De mogelijkheden tot verduurzaming zijn zeker aanwezig, want door het hoge brandstofverbruik is nog veel winst te behalen op dit gebied (Parker & Tyedmers, 2015). Deze duurzame visserij hangt samen met een economisch rendabele visserij.

Emissies in de visserij laten wel een dalende trend zien, zoals geschetst is in de introductie (zie Figuur 6). Hier wordt de dalende trend van CO₂ weergegeven, maar alle broeikasgassen samen worden vaak uitgedrukt in een CO₂-equivalent. Echter is veel van deze trend te wijten aan de gekrompen kottervloot. Ook is in de introductie de noodzaak aangetoond waarom emissies verder moeten dalen. Met name op zee zijn emissies een potentieel gevaar voor regionale klimaatverandering. Uitstoot van broeikasgassen en fijnstoffen op het land zijn hoger dan op zee, maar de uitstoot van schepen heeft een unieke distributie en het komt in een lagere luchtdruk terecht (McKuin & Campbell, 2016). De verspreiding, die laag in de atmosfeer plaatsvindt, is vooral belangrijk voor vervuilende stoffen met een korte levensduur omdat de impact dan groter is (Coello et al., 2015). Het gaat hier dan met name om organische koolstoffen, roet, zwaveldioxide en stikstofoxiden. Vooral roet wordt na CO₂ gezien als belangrijkste reden voor opwarming van de aarde. Omdat bijna alle uitstoot van scheepvaart en visserij plaatsvindt binnen 400 kilometer uit de kust, wordt de luchtkwaliteit aan de kust ook significant beïnvloedt (Moldanová et al., 2009).

3.1.2 In de scheepvaart

In de scheepvaart worden emissies al langer gereguleerd door het IMO. In MARPOL annex VI staat bijvoorbeeld de toegestane hoeveelheid g/kWh NO_x aangegeven. Voor de visserij bestaat echter nog geen regulering van alle broeikasgassen. De hoeveelheid vrijgekomen broeikasgassen zijn afhankelijk van enkele parameters, waarvan verbranding van brandstof verantwoordelijk is voor 60 - 90% van de totale emissie voor het aanlanden van de vis (Tyedmers, 2004). Verdere processen waarbij emissies worden geproduceerd, zijn de bouw en onderhoud van het schip, productie van vistuig en andere materialen (Waldo & Paulrud, 2016). In de methode van Hulskotte et al. (2003) wordt een manier gebruikt om de uitstoot te berekenen aan de hand van de gebruikte brandstof en deze te vermenigvuldigen met bijbehorende emissiefactoren. Brandstofverbruik is weer afhankelijk van het soort vistuig, grootte van het schip, te varen afstand, overvloed van doelsoorten en de duur van de reis (Driscoll & Tyedmers, 2010). Naast soort brandstof en hoeveelheid brandstof zijn type motor en technische specificaties van het schip van groot belang. Hier wordt het energieverbruik vermenigvuldigt met de emissiefactoren, het motortype (bijvoorbeeld tweetakt of viertakt), de brandstof en het bouwjaar. Deze manieren zijn gebaseerd op de scheepvaart, aangezien er in de visserij nog geen officiële berekeningen zijn. Enkele voorbeelden zullen dan ook vanuit andere sectoren komen op het gebied van motoren, zoals de auto- en scheepvaartindustrie.

Emissies worden meestal uitgedrukt in g per kWh of kg per ton verbrande brandstof (Dedes et al., 2010). Met deze gegevens zijn emissies van drie typen motoren te vergelijken: de conventionele dieselmotor, de elektromotor en een hybride van de twee.

3.1.3 Typen motoren & bijbehorende emissies

De dieselmotor is conventionele motor die wordt gebruikt in zowel visserij, scheepvaart en in wat mindere mate in de auto-industrie. In Tabel 5 wordt een voorbeeld gegeven van de uitstoot van verschillende stoffen in g/kWh.

Tabel 5. Emissiefactoren voor diesel motoren die functioneren op zee zoals gegeven door motor fabrikanten en brandstof eigenschappen (Dedes et al., 2012).

Pollutant type	Static average Power based factor [g/kWh]	Fuel based factor [tonnes/day]
PM ₁₀	1.5	–
PM _{2.5}	1.2	–
DPM	1.5	–
NO _x	17	0.087
SO _x	10.5	0.02*% Sulphur
CO	1.4	0.0074
HC	0.6	–
CO ₂	620	3.17
N ₂ O	0.031	–
CH ₄	0.006	0.0003

Hybride motoren (dieselelektrisch) verbruiken minder brandstof, waardoor de uitstoot van broeikasgassen ook een stuk lager is (Solem et al., 2015). In de studie van Tamis & de Vries (2015) wordt beschreven dat het hybride aangedreven schip MDV 1 slechts 6874 liter gasolie verbruikt, waar een visserskotter met conventionele dieselmotor 35.000 liter per week verbruikt. Dit resulteert in een lagere uitstoot zoals te zien is in Tabel 6 in kg per schip per week en Tabel 7 in g per kWh. De bijpassende emissiereducties voor alle broeikasgassen ligt rond de 80% (Tamis & de Vries, 2015). Deze berekeningen zijn gemaakt aan de hand van gemiddeld brandstofverbruik en stoom- en vistijd.

Tabel 6. Emissie van luchtverontreinigende stoffen (kg) per schip per week (Tamis & de Vries, 2015).

Schip	NOx	PM10	CO	VOS	SO ₂	CO ₂
Referentie*	3132	102	681	102	57	91065
MDV1*	495	13	87	13	11	17885

Tabel 7. Emissiefactoren voor medium en hoge toerenmotoren (viertaktmotoren), bouwjaar 2000, op basis van brandstofeisen na 2011 (Tamis & de Vries, 2015).

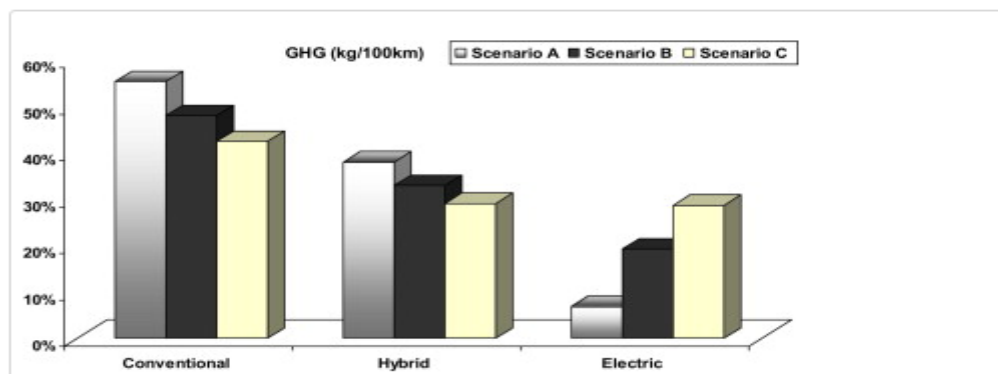
Schip	Motorafhankelijke emissiefactoren (g/kWh)				Toelichting
	NOx	PM10	CO	VOS	
MDV1	7.4*	0.2	1.3	0.2	Emissiefactoren voor de binnenvaart, bouwjaar 2009-2011
Referentie	9.2	0.3	2	0.3	Emissiefactoren voor medium en hoge toerenmotoren (viertaktmotoren), bouwjaar 2000

* Emissie NOx voor het schip MDV1 overgenomen uit de technische specificaties van de Mitsubishi S6R2-T2MPTK-9 (Mitsubishi Turbocharger and Engine Europe B.V., 2015).

Ook vanuit de auto- en scheepvaartindustrie zijn voorbeelden bekend, waarbij een hybride

technologie bijdraagt aan een lagere CO₂-uitstoot (Alvarez et al., 2010; Dedes et al., 2012; Mohamed et al., 2009). In deze sectoren wordt eenzelfde hybride-technologie toegepast, en ook hier zit de grootste winst in het brandstofverbruik.

Een schip, dat volledig wordt aangedreven door een elektromotor met accupakket, zal geen emissies hebben bij het varen, simpelweg omdat er geen brandstof wordt verstoekt (Verbeek & van Mensch, 2012). Vanuit de auto-industrie is ook bekend dat elektrische auto's vrijwel geen uitstoot hebben, waar hybrides wat meer uitstoten en conventionele motoren het meeste (Granovskii et al., 2006; Nanaki & Koroneos, 2013). Voertuigen die enkel voortbewegen door energie geleverd door batterijen hebben zelfs geen enkele uitlaatgassen (Ma et al., 2012). In Figuur 21 uit (Nanaki & Koroneos, 2013) zijn drie scenario's te zien: een scenario waarbij weinig koolstof wordt uitgestoten en veel energie van elektriciteit komt (Scenario A), een gemiddeld scenario waarbij de helft van de energie van duurzame bronnen komt (Scenario B) en een scenario waarbij met name kolencentrales worden gebruikt voor de opwekking van energie (Scenario C). In elk scenario heeft de elektrische auto nog steeds de minste uitstoot van broeikasgassen in kg per 100 km rijden, ongeacht hoeveel energie duurzaam is.



Figuur 21. Percentage broeikasgassen van totale uitstoot in kg/100km voor verschillende types auto (Nanaki & Koroneos, 2013).

3.1.4 Alternatieven

Tabel 8. Vergelijking emissies van fossiele brandstoffen in PPB Btu energie input (Kumar et al., 2011).

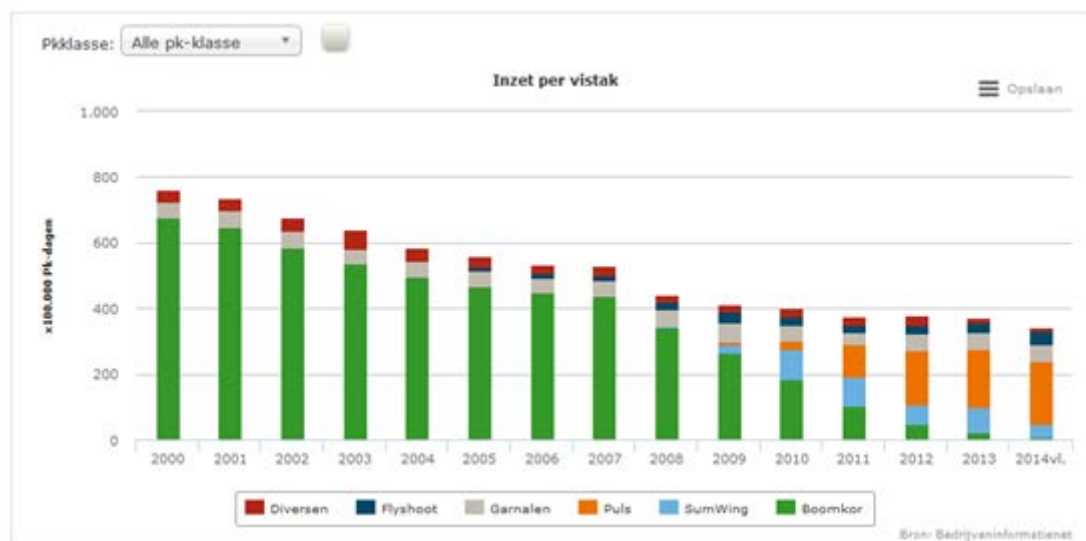
Pollutant	LNG	Oil	Coal
Carbon dioxide	117,000	164,000	208,000
Carbon monoxide	40	33	208
Nitrogen oxides	92	448	457
Sulfur dioxide	1	1112	2591
Particulate	7	84	2774
Mercury	0.000	0.007	0.016

Er bestaan naast het overstappen naar een schonere motor andere alternatieven om emissies van de visserij omlaag te brengen. Als voorbeeld wordt vaak gekeken naar het gebruik van vloeibaar aardgas (LNG) als brandstof in de scheepvaart (Burel et al., 2013). In vergelijking met diesel is er een lagere uitstoot van vooral zwavel en stikstofoxiden, omdat LNG geen zwavel bevat en een schoner verbrandingsproces heeft (Verbeek et al., 2011). In Tabel 8 is te zien dat bij verbranding van LNG minder CO₂, NO_x, SO₂ en fijnstof vrijkomen. Vooral de reductie in CO₂, fijnstof en NO_x is hierbij drastisch omlaaggegaan. Enkel de productie van CO is iets hoger dan bij olie of kolen (Kumar et al., 2011). Verder wordt op bijna elk schip tegenwoordig een roetfilter geïnstalleerd, wat al scheelt in vrijkomende emissies (Corbett et al., 2010).

Al met al is de uitstoot het laagst bij een elektromotor met oplaadbaar accupakket, zoals is aangetoond vanuit verschillende transportsectoren. Echter wordt hier geen rekening gehouden met de emissies, die vrijkomen bij de productie van accu's en de manier van stroom opwekken. De indruk wordt gewekt dat een elektromotor helemaal geen uitstoot meer heeft, maar dit is niet waar. Dit zal in hoofdstuk 3.3 uitgebreid beschreven worden.

3.2 Methoden van vissen

Het is al geruime tijd bekend dat vissen op platvissoorten als tong en schol anders kan dan met de traditionele boomkor. Vanwege het hoge brandstofverbruik en verstoring van de zeebodem wordt al geruime tijd gekeken naar alternatieven als pulskorvisserij, twinriggen en flyshooten (Den Heijer & Keus, 2001). Er zijn grofweg twee typen kotters: het type waarbij er masten voor de brug staan, en een type waar de brug voorop staat. Het eerste type kotter is geschikt voor de conventionele boomkor, SumWing en pulskor, terwijl het tweede type geschikt is voor flyshoot en twinrig. In Figuur 23 staan de typen kotters met de vismethoden weergegeven. In Figuur 22 is de ontwikkeling van de verschillende vismethoden over de afgelopen jaren te zien. Hierin is duidelijk dat de conventionele boomkor aan het verdwijnen is, en plaats maakt voor nieuwe methoden met lager brandstofverbruik. In dit onderdeel zullen verschillende vismethoden naast elkaar gelegd worden, om zo zaken als brandstofverbruik, vangst, discards en ecologische impact te vergelijken. De focus wordt gelegd op het vissen op schol en tong, door middel van de traditionele boomkor, pulskor,



Figuur 22. Gebruikte vistetechniek in de kottersector in de periode 2000 – 2014 uitgedrukt in pk-dagen (motorvermogen vermenigvuldigd met aantal zeedagen). Bron: Bedrijveninformatienet (2016d).

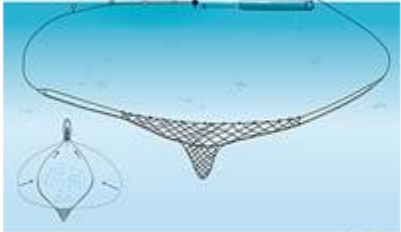
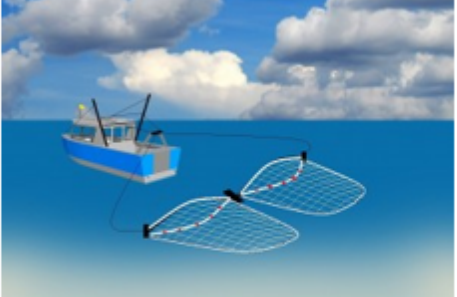
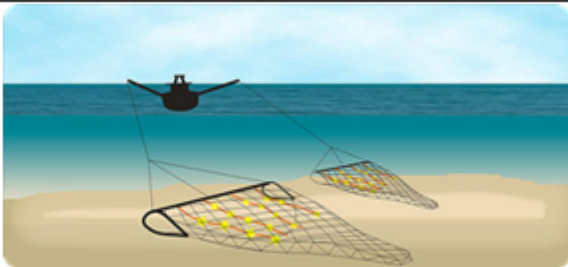
twinrig en de twinrigpuls.

3.2.1 Traditionele boomkor vergeleken met de pulskor

Bij een conventionele boomkor slepen twee netten aan weerszijden van het schip over de zeebodem. Het net wordt in de breedte opgegehouden door een metalen boom. Kettingen ('wekkerkettingen') woelen de vissen uit de bodem zodat ze in het net komen. Het grote nadeel: het slepen van de kettingen door de bodem resulteert in een hoog brandstofverbruik. Al sinds de jaren '70 wordt er onderzoek gedaan naar platvisserij door middel van elektrische stimulatie (Stewart, 1978). Sindsdien is het van experimenten in aquaria gekomen tot daadwerkelijk rendabele grootschalige visserij met behulp van elektriciteit: de pulskor. Bij een pulskor gebeurt eigenlijk

hetzelfde, alleen zijn de wekkerkettingen vervangen door elektrische pulsen. Op deze manier schrikken de vissen en komen omhoog uit de zeebodem, om zo in het net terecht te komen.

Deze nieuwe vorm van visserij heeft zijn eigen eigenschappen, en daarmee voor- en nadelen ten opzichte van de traditionele boomkor. Over het algemeen wordt er minder van de doelsoorten tong en schol gevangen, waar dan wel weer minder discards en een flink lager brandstofverbruik tegenover staat (van der Reijden et al., 2014; van Marlen et al., 2014). Het brandstofverbruik met een pulskotter is ongeveer 50% lager dan een boomkorkotter, wat weer maakt dat de netto-inkomsten ongeveer 50% hoger uitkomen (van Marlen et al., 2014; van Marlen et al., 2011).

 Kotter met masten voor de brug. Bron: http://kotterspotter.jouwweb.nl/	 Kotter met nettenrollen achter brug. Bron: http://kotterspotter.jouwweb.nl/
 Boomkor. Bron: http://www.expeditiezeleeuw.be/leerplatform/visserij/met_popups/Boomkorvisserij.htm	 Flyshoot. Bron: nitedfishauctions.com/voorlichting/manier-van-vissen/64-flyshoot
 Sumwing. Bron: http://www.visgroothandel.nl/pulskor-visserij/	 Twinrig. Bron: http://www.goedevissers.nl/vis_van_goede_vissers/vismethodes.html?id=60
 Pulskor. Bron: http://www.visgroothandel.nl/pulskor-visserij/	

Figuur 23. Kotter type A (links) en B (rechts) met de bijbehorende vismethoden.

Ook op het ecologische vlak is een pulskor voordeliger dan een boomkor. Deze heeft namelijk wekkerkettingen, die zich dieper in de bodem graven dan het pulstuig (Taal et al., 2014). Er is dus minder beroering van de zeebodem, de gevangen vis is over het algemeen van betere kwaliteit en er is minder bijvangst (Soetaert et al., 2015). Een mogelijk nadeel van de pulsvisserij kan zijn, dat het breuken in de ruggengraten van grotere kabeljauw kan veroorzaken (de Haan et al., 2016; Quirijns et al., 2013).

3.2.2 Traditionele boomkor vergeleken met de twinrig

Twinriggen is een vismethode met sleepnetten, welke worden open worden gehouden door scheerborden. Met relatief lage snelheid worden de netten voortgesleept. De vissen zwemmen eerst voor het net uit, maar worden uiteindelijk het net in gedreven. Dit resulteert in kwalitatief hoogwaardige vis met weinig beschadigingen. Met twinrigging kan op allerlei soorten gevist kan worden. Deze manier is brandstof besparend, heeft minder bodemimpact, maar dan wel relatief meer bijvangst (VISwijzer, 2016b). Als het aankomt op scholvangst vangt men met de twinrigmethode ongeveer evenveel als met een traditionele boomkor (Den Heijer & Keus, 2001). Zeker in combinatie met een lager brandstofverbruik door de lagere vaarsnelheid kom je al gauw op een hogere opbrengst per kilo schol.

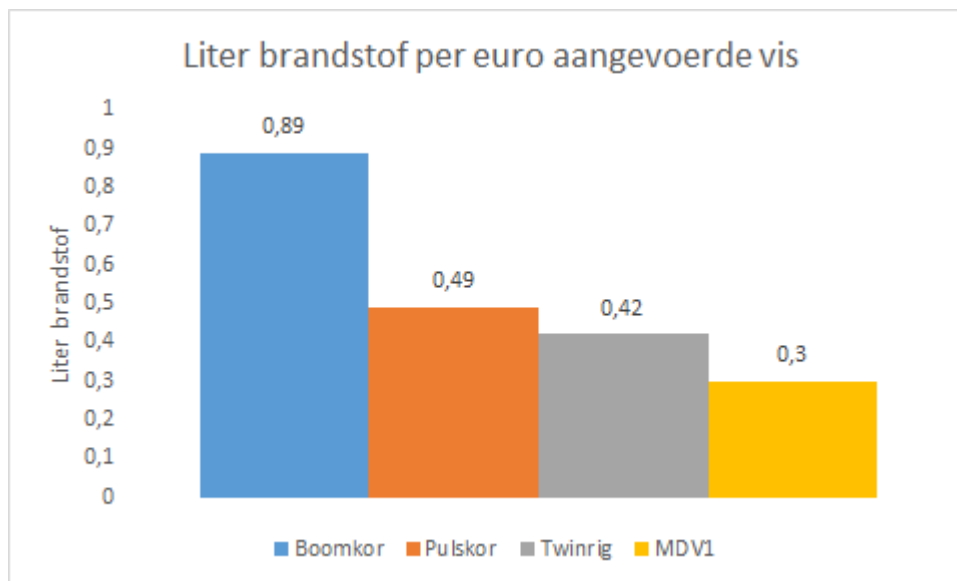
De ecologische impact van twinriggen is lager, omdat de bodem in mindere mate wordt beroerd. Maar door het bredere tuig van een twinrig wordt er wel meer oppervlakte beroerd dan met een boomkor (Den Heijer & Keus, 2001). Daarnaast wordt er minder selectief gevangen dan met een boomkor, waardoor de bijvangst hoger en meer divers kan zijn. Tegenwoordig worden de netten en tuigen steeds efficiënter en selectiever, waardoor de bijvangst weer gereduceerd wordt (van Marlen et al., 2005).

3.2.3 Traditionele boomkor vergeleken met de twinrigpuls

Een doelsoort van twinriggen kan schol zijn, maar deze worden in de winter minder gevangen. En omdat tong zich niet laat vangen via de normale twinrigmethode, wordt deze gecombineerd met een pulsmodule om zo toch tong te kunnen vangen (Agonus Fisheries Consultancy, 2015). Agonus Fisheries Consultancy (2015) heeft na de eerste proeftrekken met een twinrig en twinrigpuls de resultaten bekeken, en daaruit geconcludeerd dat de pulstechniek daadwerkelijk helpt om meer tong te vangen (van 0,1 kg/uur naar 2,9 kg/uur). Daarnaast geeft de twinrigmethode sowieso al een lager brandstofverbruik dan de traditionele boom- of pulskor.

De ecologische gevolgen van de twinrigpulsmethode zijn overwegend hetzelfde als die van de twinrigmethode. Er is relatief weinig bijvangst en weinig schade aan de bodem (Goede Vis, 2016; Den Heijer & Keus, 2001).

3.2.4 Prijzen



Figuur 24. Overzicht van de liters brandstof per euro aangevoerde vis per vismanier. Afbeelding gebaseerd op Polet & Depestele (2010) en Agonus Fisheries Consultancy (2015).

In Figuur 24 staat het brandstofverbruik van verschillende vismanieren weergegeven. Er is duidelijk te zien dat op een conventionele boomkor de meeste brandstof per euro aangevoerde vis wordt verbruikt. Er wordt veel gewonnen met de pulstechniek, en zelfs nog meer met het twinriggen. Als laatste is te zien dat het MDV 1 het beste scoort qua verbruik. Dit heeft natuurlijk niet alleen met de vismethode te maken, maar ook met het ontwerp en nieuwe technieken aan boord. Dit laat wel zien dat een combinatie van verschillende factoren de sleutel is.

3.2.5 Regelgeving

In 1998 werd door de Council Regulation (No 850/98, artikel 31) een algemeen verbod gezet op het vissen door middel van elektrische stimulatie. Maar vanwege de toenemende druk vanuit de olie-industrie en het milieu werd er gezocht naar meerdere, duurzamere manieren van vissen. Omdat de pulsvisserij veelbelovend leek, is er in 2006 door de Council Regulation (No 43/2006) een wijziging op het verbod uit 1998 gekomen: 5% van de boomkorvloot mocht onder specifieke voorwaarden in vooraf bepaalde gebieden gaan vissen met behulp van elektrische stimulatie. In de jaren daarop zijn de eerste 22 Nederlandse pulskotters begonnen met vissen, waarna er snel weer 20 extra vergunningen bijkwamen. In maart 2014 zijn daarbovenop nog eens 42 extra vergunningen vrijgegeven voor Nederlandse kotters om met een pulskor te gaan vissen (Rijksoverheid, 2014), met artikel 14 van verordening 1380/2013 van de Council Regulation volgens Staatssecretaris Dijksma als basis. Hiermee konden de vergunningen gerealiseerd worden als onderdeel van een grootschalig onderzoek in samenwerking met toenmalige IMARES (nu Wageningen Marine Research).

3.3 Levenscyclusanalyse accu's

3.3.1 Lithium-ion-accu

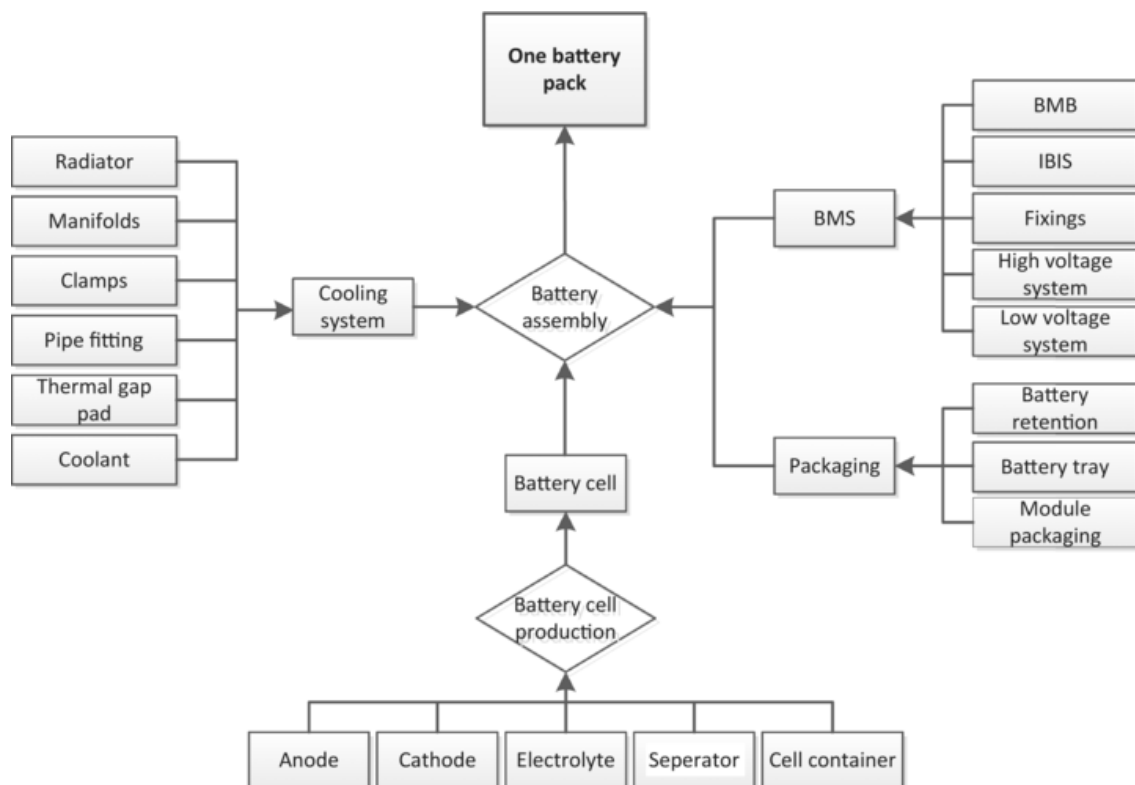
Zoals eerder benoemd hebben volledig elektrisch aangedreven voertuigen geen uitstoot via de uitlaat (hoofdstuk 3.1). Echter zijn er bij de productie van accu's verschillende processen en milieu-impacten te benoemen, die hoger zijn dan bij conventionele verbrandingsmotoren. In dit hoofdstuk wordt verder in gegaan op een levenscyclusanalyse (LCA). Dit is een goede methode om de milieubelasting van een product te bepalen over de gehele levenscyclus. Er wordt gefocust op de lithium-ion-accu zoals beschreven in hoofdstuk 2.2.4. De reden dat er geen LCA wordt gedaan voor

een geheel schip is omdat dit zeer complex is en omdat een accu nieuw is in een kotter. Het feit dat een accu nieuw is maakt dat er veel onbekenden factoren zijn qua ecologische voetafdruk. Deze kunnen dus mee worden genomen in een LCA en daarom zal een LCA ook enkel gefocust zijn op accu's. De lithium-ion accu is gekozen omdat momenteel veel verwacht wordt van de ontwikkeling van deze accu, en er veel literatuur beschikbaar over de levenscyclus.

In de literatuur worden de LCM (LiMn_2O_4) en de NCM ($\text{LiNi}_x\text{Co}_y\text{Mn}_z\text{O}_2$) vaak vergeleken, zie ook het hoofdstuk over technische haalbaarheid. Hier wordt ingegaan op productiestappen, materialen en voorraden, energie die hierbij wordt verbruikt, potentiële emissies en (gif)afvalstoffen die vrijkomen.

3.3.2 Productie van accu's en gebruikte materialen

Het productieproces van lithium-ion-accu's bestaat kort gezegd uit het produceren van de benodigde materialen en het in elkaar zetten van het accupakket. De accu bestaat uit een brandstofcel, verpakkingsmateriaal, batterijmanagementsysteem (BMS) en een koelingssysteem. Voor een voorbeeld van alle stappen van materialen en de drie onderdelen, zie Figuur 25. Elk van de drie onderdelen van een accu heeft op zichzelf weer verschillende onderdelen (zie Figuur 25) en verschillende materialen worden hierbij gebruikt.



Figuur 25. Schema van verschillende opeenvolgende stappen in de fabriek waar de accu's geproduceerd worden en de bijbehorende ruimtes (Dunn et al., 2012).

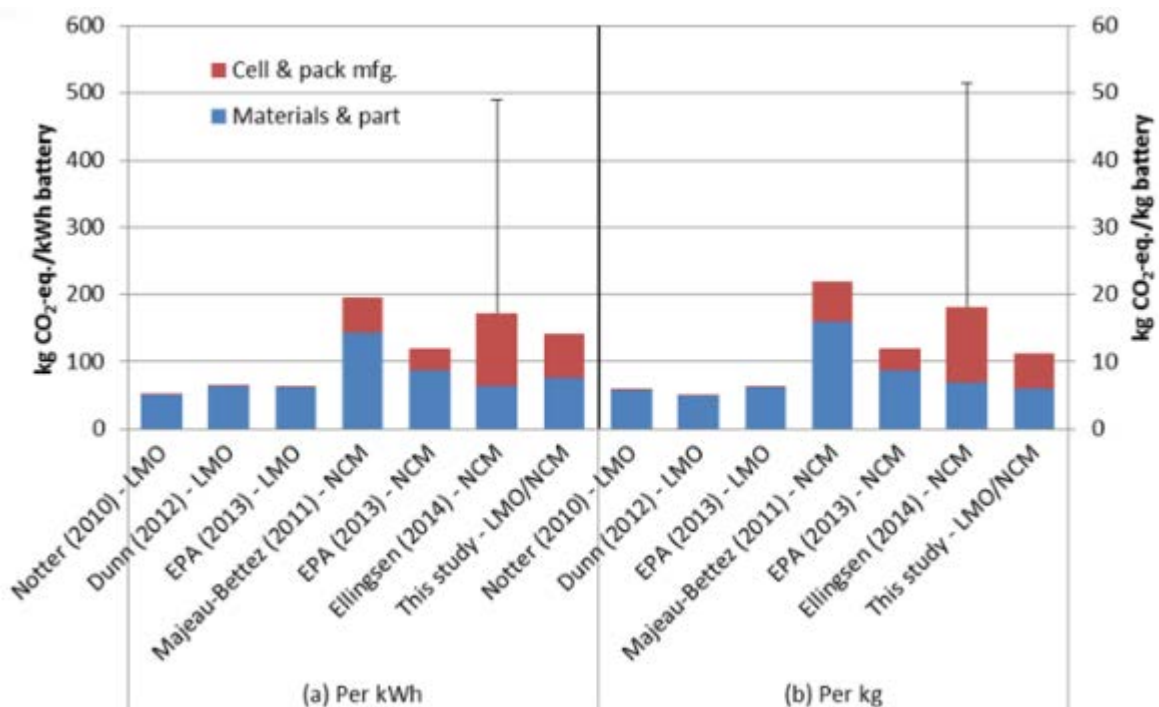
Geschatte gewichten van gebruikte materialen in een lithium-ion-accu zijn 5 - 20% kobalt, 5 - 10% nikkel, 5 - 7% lithium, 15% organische chemicaliën, 7% plastics, 12 - 21% en het overige gewicht is onder te verdelen onder koper, aluminium en staal (Dunn et al., 2012; Gaines & Nelson, 2009; Shin et al., 2005). Sommige materialen bestaan voor een groot deel uit gerecycled materiaal: aluminium (32%), koper (15%) en staal (49%). Verder wordt er ook rubber, kunststof polymeren, mangaan, grafiet, sulfaten, oplosmiddelen en nylon gebruikt (Ellingsen et al., 2014).

Van deze materialen zijn er verschillenden, die toxisch zijn voor mens en milieu. Voornamelijk nikkel, koper en geproduceerde sulfieten zijn van invloed op het milieu en zorgen voor verhoogde zoetwater toxiciteit. Elektrische voertuigen hebben een verhoogd risico op verontreiniging van het milieu in vergelijking met conventionele voertuigen. (Hawkins et al., 2013).

3.3.3 Emissies bij de productie van accu's

Het verschil in mogelijke opwarming van de aarde is groter bij de productie van voertuigen aangedreven door elektriciteit, dan bij voertuigen met conventionele verbrandingsmotor (Ellingsen et al., 2014; Hawkins et al., 2013; Kim et al., 2016; Notter et al., 2010). Hierbij gaat het om een verschil van 27% (Notter et al., 2010) tot 63% (Hawkins et al., 2013) in de uitstoot van broeikasgassen. Er zijn alleen veel verschillen in uitstoot tussen de manieren van berekenen en de accu's die worden gebruikt. Enkele voorbeelden van accu's voor auto's kwamen uit op 3,4 - 4,6 ton CO₂-equivalenten voor een volledig accupakket (Ellingsen et al., 2014; Kim et al., 2016). Het overgrote deel van de uitstoot komt toe aan de productie van de brandstofcellen. In de studie van (Kim et al., 2016) worden een aantal studies over de uitstoot van CO₂ bij productie van accu's vergeleken. In Figuur 26 zijn deze resultaten te zien. Hier wordt het aantal kilogram CO₂-equivalent per kWh batterij weergegeven, alsmede het aantal kilogram CO₂-equivalent per kilogram batterij. De hoeveelheden lopen uiteen van 36 - 196 kg CO₂-eq/kWh en 5 - 22 kg CO₂-eq/kg batterij. Het laat zien dat methodes nogal uit een lopen en het type accu uitmaakt voor de hoeveelheid emissies die vrijkomen.

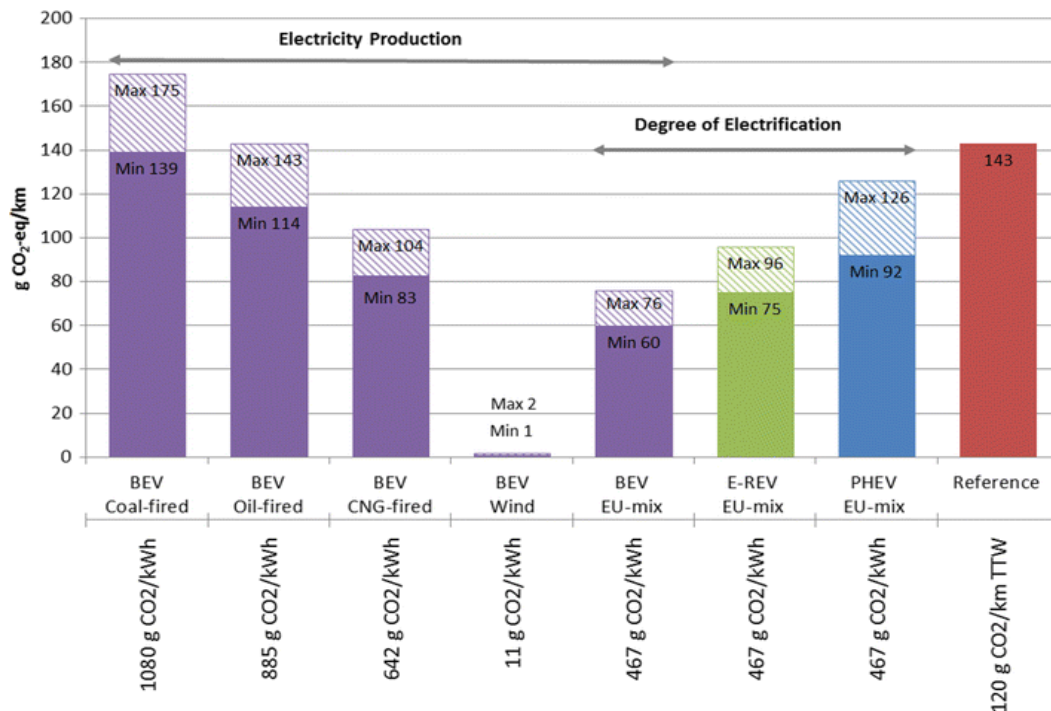
De verschillen komen voort uit verschillende rekenmethodes en bronnen die worden gebruikt. Het laat zien dat er nog veel verschil bestaat in emissies tussen verschillende accu's en verschillende



Figuur 26. Vergelijking van broeikasgassen in kg CO₂-equivalenten per kWh (a) en per kg (b) batterij voor verschillende studies (Kim et al., 2016).

methodes van analyseren.

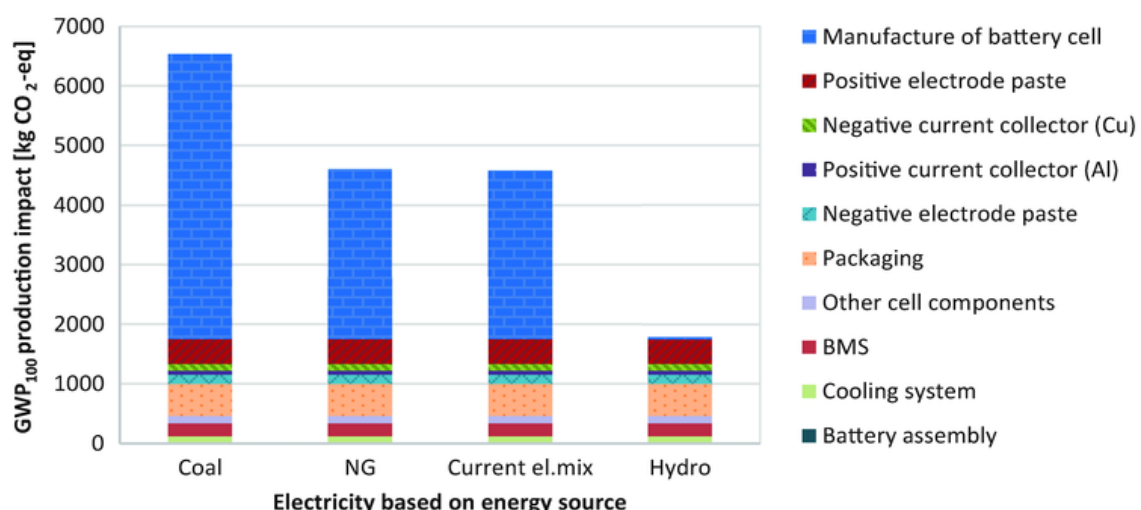
Naast de uitstoot bij de accuproductie is vooral de manier van elektriciteit opwekken, die wordt gebruikt tijdens aandrijving en productie, zeer belangrijk voor de uitstoot (Hawkins et al., 2013; Nordelöf et al., 2014). In Figuur 27 wordt een voorbeeld gegeven waarbij te zien is, dat wanneer duurzame energiebronnen worden gebruikt voor de opwekking van elektriciteit, de uitstoot van een elektrische auto in gram CO₂ per kilometer lager is (Dones et al., 2007).



Figuur 27. Links zijn vier manieren van elektriciteit opwekken weergegeven en de bijbehorende broeikasgasemissies. Rechts de uitstoot CO₂/kWh voor drie verschillende aandrijvingen auto's en een referentie uitstoot opgesteld door de EU waar aan voldaan moet worden (Nordelöf et al., 2014).

energie is, en dus bijdraagt aan een lage uitstoot tijdens het gebruik van elektrische voertuigen. Dit betekent minder gebruik maken van kolen en olie om energie op te wekken, en meer gebruik maken van zonne- en windenergie.

Waar de elektrisch aangedreven voertuigen veel goed maken, omdat er geen directe uitstoot is bij het de aandrijving, komen er veel broeikasgassen vrij bij de productie van accu's en het opwekken van stroom. Om in de toekomst elektrische voertuigen nog aantrekkelijker te maken, moeten meer

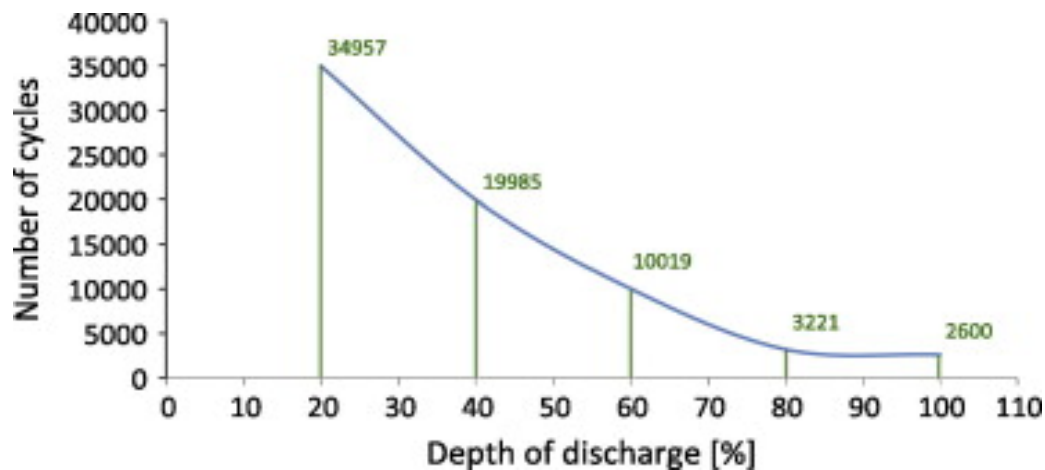


Figuur 28. Potentieel van opwarming van de aarde (GWP) in kg CO₂-equivalenten voor verschillende bronnen om elektriciteit op te wekken. Het GWP wordt onderverdeeld per onderdeel van een accu (Ellingsen et al., 2014).

duurzame materialen worden gebruikt en moet energie duurzaam worden opgewekt.

3.3.4 Recycling van de lithium-ion accu.

Hoe lang een accu meegaat ligt aan hoeverre de batterij wordt ontladen. Wanneer een batterij vaker verder ontladen wordt, gaat deze minder lang mee (zie Figuur 29).



Figuur 29. Mate van ontlading in % op de x-as en het bijbehorende aantal cycli op de y-as (Omar et al., 2014).

Wanneer accu's aan het einde van de afschrijving zijn, kunnen de accu's nog worden gebruikt voor stationaire applicaties die minder vermogen vragen (Richa et al., 2015). Toepassingen die hierbij passen zijn bijvoorbeeld stroomback-up, stroomnetondersteuning en hernieuwbare energieopslag. Als wordt gekozen om batterijen aan het eind van hun leven niet meer een andere functie te geven, kan er nog gekozen worden om te recyclen zullen ontmanteld moeten worden. Hierbij worden materialen zoveel mogelijk hergebruikt en gerecycled.

Met huidige methodes is recycling van accu's al mogelijk. In deze batterijen kunnen metalen worden omgesmolten, bedrading wordt gerecycled en elektronica kan worden hergebruikt. Op deze manier kan 60% van de materialen worden gerecycled en 10% worden hergebruikt (Kelty, 2008). Verder kunnen koper, grafiet, lithium, aluminium en kobalt worden teruggewonnen. Een accu bevat 11 keer meer grafiet dan lithium, en omdat in de EU geen grafiet gewonnen wordt, is dit zeer interessant om te recyclen (Moradi & Botte, 2016). Recycling zorgt al met al voor een vermindering van rond de 50% benodigde grondstoffen en creëert een zekere onafhankelijkheid van primaire grondstoffen. Recyclen kost ook minder energie dan het winnen van nieuwe grondstoffen en draagt dus bij aan de verduurzaming van accu's (Dewulf et al., 2010).

3.3.5 Grondstoffen

In de afgelopen jaren is het gebruik van lithium in accu's aanzienlijk gestegen (Goonan, 2012). Laptops, mobieltjes, elektrische fietsen of zelfs auto's, accu's kom je tegenwoordig overal tegen. Zoals hierboven beschreven wordt, is één van de belangrijkste stoffen van een accu het metaal lithium. Maar met de continu groeiende vraag naar accu's, komt er ook een groeiende druk op de grondstof. Hoe lang reikt de voorraad nog?

De wereldvoorraad lithium kan worden onderverdeeld in een aantal groepen: lithium uit hard gesteente, uit zoutvlaktes (Goonan, 2012) en uit klei (Sverdrup, 2016). Op dit moment is Chili één van

de grootste producenten en exporteurs van lithium (Perotti & Coviello, 2015). Schattingen van de wereldvoorraad lithium lopen sterk uiteen, met een gemiddelde van 73 miljoen ton (Sverdrup, 2016).

Wat in verschillende literatuur duidelijk naar voren komt, ongeacht de schatting, is dat de wereldvoorraad voor de komende honderd jaar nog ruim genoeg is (Grosjean et al., 2012; Kesler et al., 2012). Daarentegen wordt er wel een fikse prijsstijging van lithium verwacht, van \$5,42/kg naar \$25,50/kg (Grosjean et al., 2012), maar heeft dit relatief weinig invloed (3 - 10%) op de prijsstijging van accu's (Ciez & Whitacre, 2016; Grosjean et al., 2012).

Voor de toekomst is het belangrijk om duidelijke regels, afspraken en contracten op te stellen voor een duurzame lithiumwinning (Grosjean et al., 2012). Daarbij is het belangrijk dat de recycling van oude accu's beter wordt, en dat te zijner tijd het aandeel kobalt in accu's teruggedrongen wordt, aangezien de voorraad en winning van kobalt lager ligt dan die van lithium (Sverdrup, 2016).

4. Economisch rendabel

In dit hoofdstuk zal de economische haalbaarheid van een elektrisch aangedreven kotter worden bestudeerd. Ten eerste wordt een overzicht gegeven van de kosten en opbrengsten in de kottervisserij van de afgelopen tien jaar. Ten tweede wordt een inschatting gegeven van de investeringen die nodig zijn om alternatieve aandrijvingen en brandstoffen te kunnen toepassen in de kottervisserij.

4.1 Tienjarig overzicht van de financiële resultaten in de kottersector

Deze paragraaf geeft een overzicht van de kosten en opbrengsten van de kottervisserij. De resultaten van de afgelopen tien jaar zijn zeer toegankelijk en geven een beeld van de mogelijke variatie in de kosten en opbrengsten.

4.1.1 Kosten

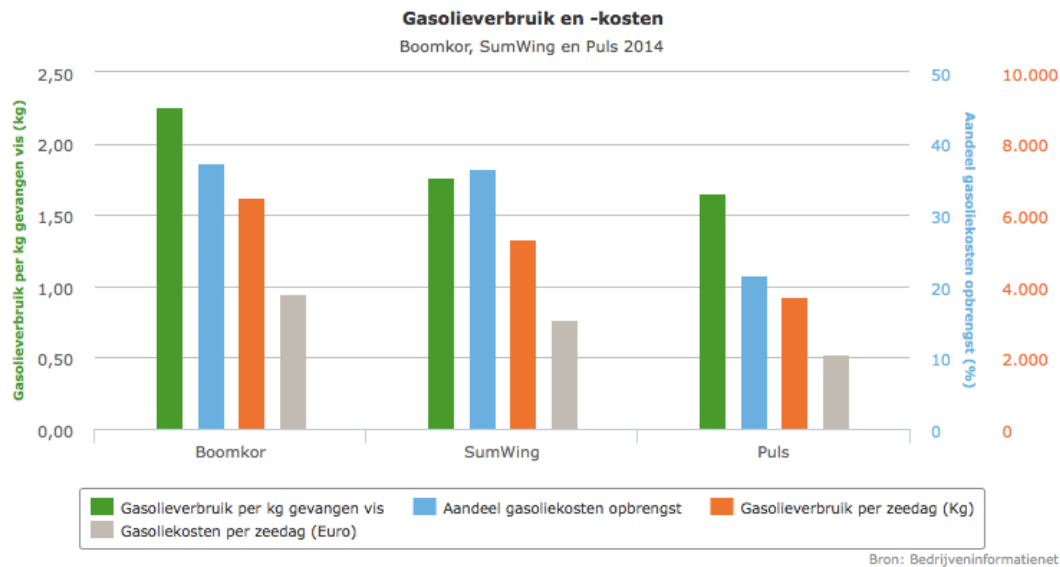
De kosten van een kotter bestaan uit:

- Technische kosten
- Brandstofkosten
- Personeelskosten
- Afslagkosten
- Afschrijving, rente, assuratiekosten
- Overige kosten

De technische kosten bestaan voornamelijk uit kosten aan scheepsbenodigdheden, apparatuur, ijs- en koelkosten en onderhoudskosten aan motor, casco en vistuig. De brandstofkosten bestaan uit de kosten voor gasolie en smeerolie. De toegepaste vistechiek beïnvloedt het brandstofverbruik sterk. De personeelskosten worden bepaald door lonen, sociale lasten en proviand. De afslagkosten bestaan voornamelijk uit afslagrechten, loskosten, vrachtkosten, factorijkosten en kosten van de opvangregeling. Onder de kostenpost afschrijving, rente, assuratiekosten vallen de kosten van verzekeringen, rente en afschrijving. Overige kosten bevatten alle kosten die niet onder bovenstaande posten zijn te scharen zoals huur van quotum, boekhoudkosten en lidmaatschapskosten van verenigingen (Turenhout et al., 2015).

De grootste kostenposten in de visserij zijn de personeelskosten en de brandstofkosten. In 2014 bedroegen de brandstofkosten gemiddeld 24% en de personeelskosten gemiddeld 34% van de totale kosten in de kottervisserij (Bedrijveninformatienet, 2016c). De invloed van brandstofkosten op de nettoresultaten in de kottervisserij is groot; dit is een van de redenen geweest tot het opzetten van een haalbaarheidsonderzoek naar een elektrisch aangedreven kotter. In deze paragraaf worden de brandstofkosten dan ook nauwkeuriger worden toegelicht.

Het brandstofverbruik van een kotter hangt sterk af van de vistechiek die wordt toegepast. In 2014 lag het gemiddelde gasolieverbruik voor de kotters in de klasse van 1500 – 2000 pk op 6500 liter per zeedag voor boomkortechiek, 5300 liter per zeedag voor SumWing-techniek en 3700 liter per zeedag voor pulskortechiek. Uit de gegevens van de vangst en het gasolieverbruik in 2014 blijkt uiteindelijk dat het gasolieverbruik 2,26 liter per kg gevangen vis is bij boomkortechiek, 1,76 liter bij SumWing en 1,65 liter bij pulskortechiek (Figuur 30). De brandstofkosten kwamen gemiddeld uit op €3800,- per zee dag voor boomkortechiek, €3100,- per zeedag voor SumWing-techniek en €2100,- per zeedag voor pulskortechiek (Bedrijveninformatienet, 2016e).



Figuur 30. Gasolie verbruik en kosten voor boomkor, SumWing en pulskor in 2014; Bron: Bedrijveninformatienet (2016c).

Sinds de introductie van de pulskortetechniek in 2009 heeft dan ook een ware transitie plaatsgevonden in de kottervloot van boomkortetechniek naar in eerste instantie SumWing-techniek en vervolgens pulskortetechniek, gericht op de vangst van tong. Waar in 2008 nog 77% van de vloot gebruikte maakte van boomkortetechniek was dit in 2014 nog 2% (Figuur 22). Daarnaast heeft een overschakeling naar twinrigtechniek plaatsgevonden, gericht op de vangst van schol (Bedrijveninformatienet, 2016d). De overschakeling naar pulskortetechniek kan verklaard worden door het relatief lage brandstofverbruik in een tijd dat de prijs van brandstof explosief steeg. De prijs voor gasolie (Figuur 3) is van €0,21 per liter in 2003 gestegen tot €0,66 per liter in 2012 en sindsdien weer gedaald tot €0,41 per liter in 2015 (Bedrijveninformatienet, 2016e).

De wisselende brandstofprijs en grote verschillen in het brandstofverbruik afhankelijk van de vistetechniek zorgen voor grote verschillen in de financiële resultaten van ondernemers door de jaren heen. In 2015 werd gemiddeld 14% van de totale opbrengst in de kottervisserij besteed aan brandstof, waar dit in 2014 nog 21% en in 2013 nog 27% was. (Bedrijveninformatienet, 2016e).

4.1.2 Opbrengsten

De opbrengsten van een kotter bestaan uit:

- Bruto besomming
- Overige opbrengsten

De bruto besomming bestaat uit de verkoop van de vangst. De omvang van de vangst kan variëren en de prijs wordt beïnvloed door de soort, maatvoering en kwaliteit van de gevangen vis. De overige opbrengsten zijn opbrengsten welke niet verkregen zijn uit de opbrengst van vis zoals subsidies, verhuur van quotum, deelname aan onderzoek en offshore werkzaamheden. (Turenhout et al., 2015).

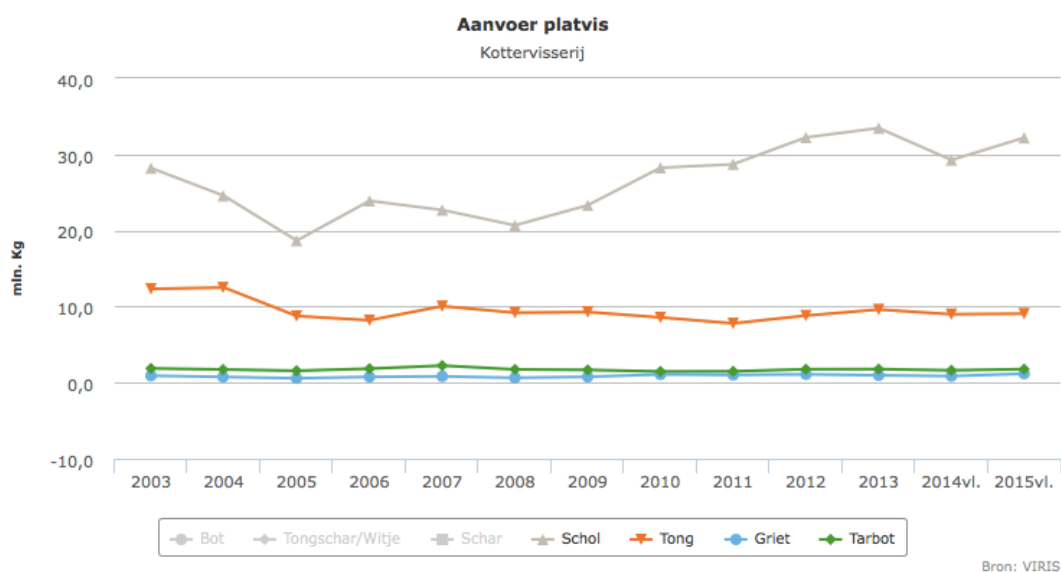
Zoals beschreven in de vorige paragraaf is de prijs van gasolie erg variabel gebleken de afgelopen tien jaar. Daarnaast is het brandstofverbruik sterk afhankelijk van de vistetechniek. In de opbrengsten is

eenzelfde verschijnsel waar te nemen: De prijs van vis is de afgelopen tien jaar zeer variabel gebleken. De hoeveelheid gevangen vis is sterk afhankelijk van de vistechniek.

Ook de samenstelling van verschillende soorten vis binnen de vangst is sterk afhankelijk van de vistechniek. Gezien de grote verschillen in de prijs van de verschillende soorten heeft ook dit effect op de opbrengst. De bruto besomming zal dan ook nauwkeuriger worden toegelicht.

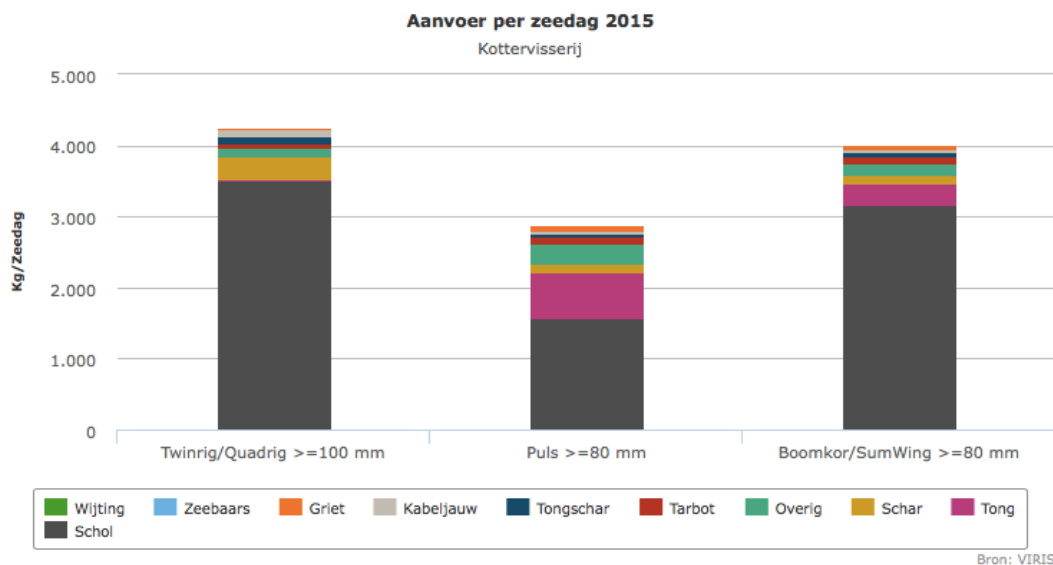
De prijs van platvis heeft de afgelopen jaren behoorlijk gefluctueerd. De gemiddelde prijs van tong varieerde de afgelopen jaren van €12,92 per kg in 2006 tot €8,22 per kg in 2013. De gemiddelde prijs van schol varieerde €2,08 per kg in 2003 tot €1,24 per kg in 2013 (Figuur 4). De prijzen van de belangrijkste soorten schol en tong daalden tot een dieptepunt in 2013, maar lopen sindsdien weer op tot gemiddeld €1,51 voor schol en €10,82 voor tong in 2015. (VIRIS, 2016b).

De aanvoer van platvis in de kottervisserij varieert behoorlijk door de jaren heen. De platvissoorten tong en schol worden veruit het meest aangeland en de focus in dit onderzoek ligt dan ook op deze soorten. De totale aanvoer van schol varieerde de afgelopen jaren van 18,7 miljoen kilo in 2005 tot 33,5 miljoen kilo in 2013. De totale aanvoer van tong varieerde van 12,5 miljoen kilo in 2004 tot 7,8 miljoen kilo in 2011 (Figuur 31).



Figuur 31. Aanvoer van platvis in de periode 2003 – 2015. Bron: VIRIS (2016a).

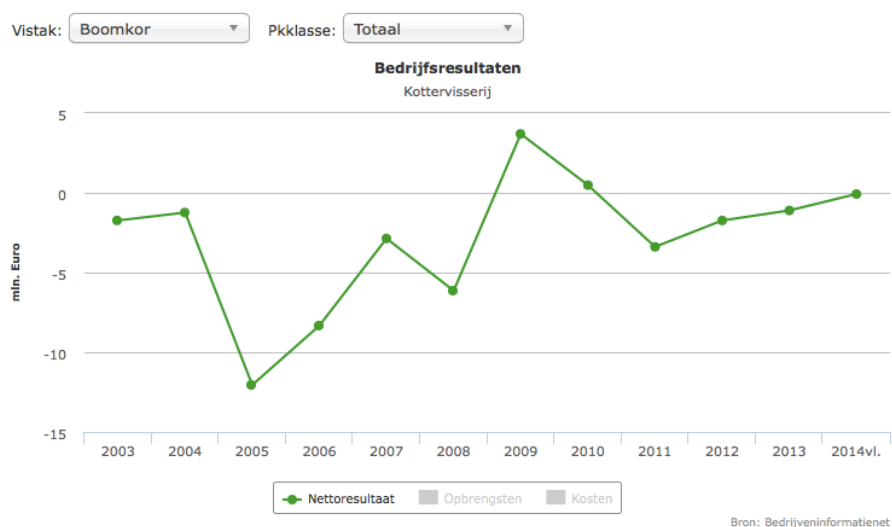
De vangsten in de kottervisserij verschillen substantieel per vistechniek. De vangst in 2015 was bijvoorbeeld gemiddeld 2881 kg per zeedag voor pulskortechniek, gemiddeld 4020 kg per zeedag voor boomkor- en SumWing-techniek en gemiddeld 4293 kg per zeedag voor twinrigtechniek (Figuur 32). De vangst bestond uit 55% schol, 23% tong en 22% overige soorten bij toepassing van pulskortechniek, 79% schol, 8% tong en 13% overige soorten bij toepassing van boomkor- en SumWing-techniek en 82% schol, 0% tong en 18% overige soorten bij toepassing van voor twinrig- en quadrigtechniek (VIRIS, 2016a). De samenstelling van de vangst is erg bepalend voor de financiële opbrengsten door de zeer uiteenlopende prijzen per vissoort; het aandeel tong in de vangst is vanwege de hogere prijsklasse erg bepalend. Zo bracht door het verschil in samenstelling een kilo vis in 2014 gemiddeld €4,32 op bij toepassing van pulskortechniek, €3,52 bij toepassing van boomkortechniek en €2,77 bij SumWing-techniek. (Bedrijveninformatienet, 2016b).



Figuur 32. Gemiddelde aanvoer per zeedag voor twinrig/quadrig ≥ 100 mm, pulskor > 80 mm, boomkor/SumWing ≥ 80 mm in 2015. Bron: VIRIS (2016a).

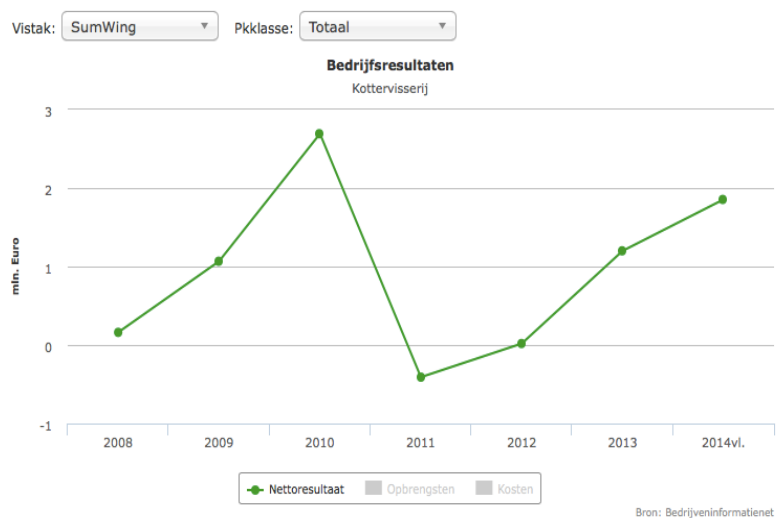
4.1.3 Resultaten

In hoofdstuk 4.1.1 is uitgebreid ingegaan op de kosten voor brandstof en in hoofdstuk 4.1.2 is uitgebreid ingegaan op de inkomsten uit de vangsten. Zowel het verbruik van brandstof als de omvang, samenstelling en uiteindelijk financiële opbrengst van de vangst bleken sterk afhankelijk van de toepaste vistechiek. De financiële resultaten verschillen dan ook enorm binnen de kottersector. De traditionele boomkorsector (Figuur 33) is sinds 2003 gemiddeld verliesgevend geweest, terwijl de SumWing-sector (Figuur 34) sinds de introductie in 2008 gemiddeld licht winstgevend is geweest en de pulskorsector (Figuur 35) sinds de introductie in 2009 altijd winstgevend is geweest. De goede nettoresultaten in 2014 kunnen worden toegeschreven aan een afnemende brandstofprijs (Figuur 3) en het prijsherstel van voornamelijk tong (Figuur 4).

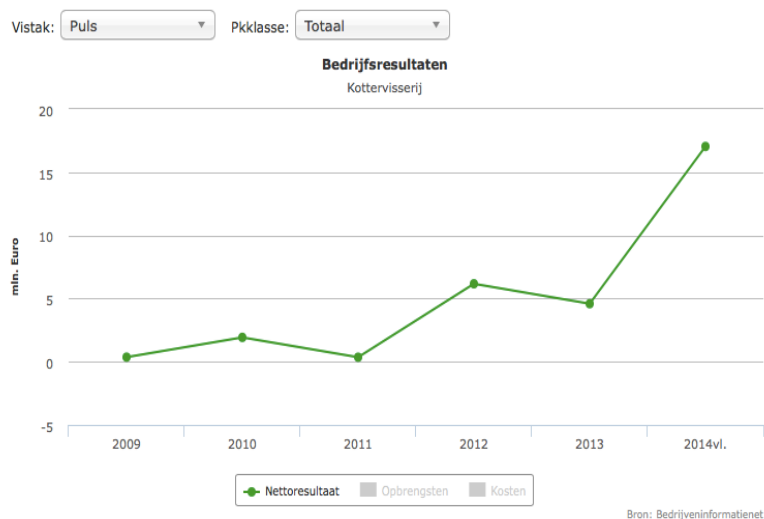


Figuur 33. Nettoresultaat boomkorvisserij in de periode 2003-2014. Bron: Bedrijveninformatienet (2016b).

De nettoresultaten van 2015 zijn op het moment van schrijven (oktober 2016) nog niet gepubliceerd maar de verwachting is dat deze nog hoger zullen zijn, wanneer de brandstofprijs en visprijzen in 2015 worden bekeken in de genoemde grafieken.



Figuur 34. Nettoresultaat SumWing-visserij in de periode 2003-2014. Bron: Bedrijveninformatienet (2016b).



Figuur 35. Nettoresultaat pulskorvisserij in de periode 2003-2014. Bron: Bedrijveninformatienet (2016b).

4.2 Investerings in de kottervisserij in de komende twintig jaar

In deze paragraaf zal allereerst geschetst worden wat de verwachting is van het verloop van de olieprijs in de komende twintig jaar. Vervolgens zal een schatting worden gegeven van de investeringen die nodig zijn om alternatieve aandrijvingen en brandstoffen te kunnen toepassen.

4.2.1 Gasolieprijs

De prijs voor gasolie heeft de afgelopen tien jaar grote prijsschommelingen vertoond, met verschillend van meer dan 200%. De grilligheid van de brandstofprijs heeft grote invloed op de nettoresultaten van de kottersector omdat de brandstofkosten een substantieel deel van de totale bedragen. In de boomkorvisserij bedroegen in 2012 de brandstofkosten nog 53% van de totale kosten (Turenhout et al., 2015). De afname van de brandstofprijs in de jaren 2012 – 2015 en de sectorbrede transitie naar pulskorvisserij hebben het aandeel van de brandstofkosten op de totale kosten laten dalen naar gemiddeld 14% in 2015, waar dit in 2014 nog 21% en in 2013 nog 27% was (tevens beschreven in hoofdstuk 4.1.1) (Bedrijveninformatienet, 2016e).

Prognoses voor de olieprijs voor de komende twintig jaar lopen sterk uiteen. De prijs voor een vat Brent olie is met bijna 60% gedaald van \$107 in juni 2014 naar \$44 in januari 2015 (Macalister, 2015). De voorspellingen voor 2016 liepen sterk uiteen tussen de \$20 en \$60 per vat op de relatief korte termijn van een jaar. De prijsdaling heeft in het begin van 2016 doorgezet tot \$27 per vat om vervolgens weer te stijgen tot \$52. Zowel de voorspellingen als het werkelijke verloop van de prijs laten de grilligheid van de markt op de korte termijn zien. Financiële instellingen geven zelf aan dat het vrijwel onmogelijk is om een lange termijn voorspelling van de olieprijs te doen. De oliemarkt is complex en afhankelijk van meer factoren dan alleen vraag en aanbod, zoals psychologische factoren, het weer en geopolitieke stabiliteit (van Cleef, 2016). De verwachtingen voor de lange termijn zijn dat de olieprijsen nog meer zullen fluctueren door veranderde marktstructuren, geopolitieke risico's en technische ontwikkelingen op het gebied van energiewinning (Rabobank, 2016). Zeer recent (oktober 2016) heeft de OPEC (Organization of the Petroleum Exporting Countries) voor het eerst in acht jaar besloten de olieproductie weer te beperken; een besluit wat is nagevolgd door werelds grootste exporteur Rusland. Dit besluit had direct een prijsstijging tot gevolg, hoewel de economen voorsnog twijfelen over de stabiliteit van het akkoord en het langetermijneffect op de markt (de Waard, 2016). In 2015 zijn zowel door de groep van de vooraanstaande industriële staten G7 (groep van zeven staten) als door de G20 (groep van twintig staten) besluiten genomen die de opwarming van de aarde moeten tegengaan. Het opschalen van hernieuwbare energie en het verhogen van de energie efficiëntie zijn belangrijke middelen om de uitstoot van CO₂ te beperken en daarmee opwarming van de aarde tegen te gaan. Ondanks snelle ontwikkelingen van alternatieve brandstoffen en nieuwe methoden om energie te genereren, werd 78% van de wereldwijde energiebehoefte in 2014 nog voorzien door fossiele brandstoffen. Het aandeel hernieuwbare energie in de totale energiebehoefte groeit slechts langzaam omdat de totale energiebehoefte op aarde toeneemt en de infrastructuur gebaseerd is op fossiele brandstoffen. De aarde is nog sterk afhankelijk van fossiele brandstoffen. Wanneer het aandeel hernieuwbare energie stijgt zal de prijs van olie dalen waarmee het lastiger wordt om de kostprijs van hernieuwbare energie te dekken. Een wereldwijde volledige transitie naar hernieuwbare energie zal in lijn met de huidige verwachtingen en doelen van de verschillende overheden in het jaar 2050 nog niet volledig gerealiseerd zijn (REN21, 2016).

De beschreven ontwikkelingen in de energiewereld en de terughoudendheid van financiële instellingen in het voorspellen van de olieprijs op de lange termijn maken duidelijk dat het onmogelijk is om een voorspelling te doen over het gebruik en de prijs van gasolie in de komende twintig jaar. Het is duidelijk geworden dat de wereld naar verwachting nog meer dan vijfendertig jaar deels afhankelijk zal zijn van fossiele brandstoffen en dat olieprijsen in de toekomst nog meer zullen fluctueren. Het is dus reëel om te stellen dat de visserijsector, ondanks een daling van 40% in de gasolieprijs in de periode van 2012 - 2015, rekening moet houden met stevige schommelingen in de gasolieprijsen in de komende twintig jaar. Om het effect van de prijsschommelingen van brandstof op het nettoresultaat te minimaliseren, moet het aandeel van de brandstofkosten op de totale kosten zo laag mogelijk zijn.

4.2.2 Alternatieve aandrijvingen en brandstoffen

De verschillende typen motoren die gebruikt kunnen worden om een kotter aan te drijven hebben ieder een verschillende aanschafprijs, onderhoudskosten en verbruik. Fabrikanten van de verschillende motoren kunnen geen exacte prijs van motoren geven omdat de prijs van een motor afhangt van verschillende factoren die per kotter verschillend zijn. In deze paragraaf volgt een overzicht van financiële indicaties welke gegeven zijn door verschillende bedrijven.

Een conventionele dieselmotor van een kotter van 1500 - 2000 pk heeft een nieuwprijs van €500.000,- tot €700.000,- (mondelinge communicatie voormalig schipper UK281). Bij dergelijke scheepsmotoren lopen de onderhoudskosten voor olie alleen al op tot €12.000 op jaarbasis. Afhankelijk van het bijhouden van klein onderhoud moet de motor na 20.000 tot 30.000 uur gereviseerd worden. Voor elke motor geldt dat een schone machine kamer bijdraagt aan een hogere levensduur. Een totale revisie voor een scheepsmotor van 1500 – 2000 pk van kost ongeveer €200.000,- tot €300.000,- (mondelinge communicatie vertegenwoordiger Haisma motoren). Kleinere motoren zijn in verhouding wel goedkoper in onderhoud. Ze zijn makkelijker te reviseren en de productieaantallen van deze motoren zijn hoger wat onderdelen goedkoper maakt. Naast de motor vraagt ook de keerkoppeling onderhoud dit loopt ook op tot €1000,- per jaar.

In de binnenvaart vergt een dieselelektrische aandrijving met hetzelfde vermogen als een conventionele dieselmotor een investering die gemiddeld 1,8 keer hoger is. De brandstofbesparing met een dieselelektrische aandrijving bedraagt in de binnenvaart 15 tot 25%, aldus een woordvoerder van Hybrid Ship Propulsion (mondelinge communicatie tijdens het Holland Fisheries Event 2016). Het MDV 1 toont echter dat een dieselgenerator met een vermogen van 500 kW (680pk) voldoende is de totale energievoorziening van een kotter met een gestroomlijnder ontwerp die vist met een lage snelheid en vistechnieken toepast met een lage weerstand (Elektrisch varen, 2016). Het MDV 1 verbruikt afgerond 7000 liter diesel per visweek, conventionele kotters die dezelfde twinrigtechniek toepassen 15000 liter; een energiebesparing van 50% (Stichting Masterplan Duurzame Visserij, 2016). Het besparen van 8000 liter brandstof per visweek levert een besparing van 336000 liter per jaar op. Dit komt overeen met een besparing tussen de €70.000,- en €220.000,- per jaar, uitgaande van een dieselprijs tussen de €0,21 en €0,66 gebaseerd op de prijzen van de afgelopen tien jaar. De totale investering om deze besparing te behalen is lastig uit te drukken omdat de besparing wordt bereikt door een combinatie van een nieuwe gestroomlijnde vormgeving van het casco, een energiezuinige vistechniek en een dieselelektrische aandrijving. De investering in de dieselgenerator, elektromotor, omvormers, processors en noodgenerator van het MDV 1 bedroeg circa €1.000.000,- (mondelinge communicatie innovatiemanager Stichting Masterplan Duurzame Visserij).

Het onderhoud aan een elektromotor is minimaal. Een permanent magneet elektromotor kan direct aan de schroef worden bevestigd daarom is er geen keerkoppeling nodig. Bij de permanent elektromotors hoeven alleen lagers vervangen te worden zodat kapotte lagers niet de motor in onbalans brengen of beschadigen. Motoren moeten jaarlijks gecontroleerd worden. Afhankelijk van de corrosie van zout en vocht worden de lagers vervangen tussen de 30.000 en 60.000 uur. Een elektromotor blijft zijn vermogen behouden zolang de magneten goed op sterkte blijven, er geen corrosie optreedt en de temperatuur niet boven de werkingstemperatuur komt. (Van Colen, 2007).

In de visserijsector is nog geen ervaring met LNG-elektrische motoren. In de binnenvaart blijkt dat het inbouwen van LNG-elektrische motoren en vereiste cryogene brandstoftanks in bestaande schepen een gemiddelde investering van €1.300.000 vraagt. Voor nieuw te bouwen binnenvaartschepen is het verdienmodel van LNG-elektrische aandrijving al positief. In de zeevaart vraagt het inbouwen van LNG-elektrische motoren en cryogene brandstoftanks een investering van €2.000.000 tot €3.000.000 voor een bestaand schip met een capaciteit van 1200 TEU (Twenty foot Equivalent Unit). Deze investering is alleen interessant wanneer het schip niet ouder is dan 5 jaar en tenminste 70% in ECA-gebied vaart (Rabobank, 2016). De investering in een gasgenerator, cryogene brandstoftanks, een elektromotor, omvormers, processors en een noodgenerator met een vermogen gelijk aan het MDV 1 bedraagt naar schatting circa €2.000.000,- tot €3.000.000,-, aldus de innovatiemanager van Stichting Masterplan Duurzame Visserij via een mondelinge verklaring.

Volledig elektrische aangedreven schepen komen zowel in de kottervisserij als in de binnenvaart nog niet voor. Het inschatten van de prijs van een volledig elektrische aandrijving is dan ook niet goed mogelijk. In de auto-industrie worden de kosten van lithium-ion-accu's in het gunstigste geval geschat op \$100/kWh in 2020 (Autoblog, 2015). Enkele jaren geleden daalden de prijzen voor lithium-ion accu's met gemiddeld 14% per jaar en leken deze prijsniveaus nog onvoorstelbaar voor 2030 (Bloomberg New Energy Finance, 2012), maar de kostprijs van lithium-ion-accu's daalde bijvoorbeeld 35% tussen de tweede helft van 2014 en de tweede helft van 2015 (REN21, 2016). De kostprijs van een accu met de in een kotter benodigde capaciteit van 30000 kWh bedraagt volgens deze schatting \$3.000.000 (€2.750.000) in 2020. Dit is een zeer grove schatting waarbij geen rekening is gehouden met mogelijke technische factoren bij accu's van deze omvang die kunnen leiden tot een prijsverhoging. Een volledige lading van een accu van 30000 kWh waarmee volgens eerder gemaakte schattingen een week kan worden gevaren heeft bij een zakelijke energieprij van groene stroom van €0,055/kWh een kostprijs van €1650,- (Essent, 2016). De brandstofkosten zijn daarmee 50% lager ten opzichte van dieselelektrisch aangedreven kotters met hetzelfde vermogen.

Waterstof is een hernieuwbare brandstof die, zoals eerder beschreven, in de toekomst een grote rol zou kunnen spelen in de energievoorziening. Waterstof wordt nog zeer weinig tot niet toegepast als brandstof in de logistieke en scheepvaartsector. Het inschatten van de prijs van een schip aangedreven door waterstof is dan ook niet goed mogelijk. Desondanks volgt hier een indicatie uit de auto-industrie. In Nederland biedt Hyundai de consument de mogelijkheid een waterstofauto aan te schaffen. Het betreft de Hyundai ix35 FCEV met een prijs vanaf €66.500,-. De waterstofeditie is daarmee meer dan tweeënhalf keer zo duur dan de conventionele diesel Hyundai ix35 met een prijs vanaf €25.995,- (Hyundai Nederland, 2016). De waterstofauto heeft een tank met een maximum inhoud van 5,6 kg waterstof, wat bij het opgegeven verbruik van 0,95 kg per 100 km in een theoretische actieradius van 589 km resulteert. Waterstof tanken is op dit moment mogelijk in drie plaatsen in Nederland (Fuelswitch, 2014).

De vastgestelde prijs van waterstof bij het tankstation Air Liquide bedraagt €12,10 per kg inclusief BTW en is vrij van accijns (Tankpro, 2014), waarmee de brandstofkosten voor de Hyundai ix35 FCEV voor consumenten €0,12 per kilometer zijn. Een conventionele Hyundai ix35 met 1.6GDI dieselmotor heeft een opgegeven 1 liter per 15,6 kilometer (Wisse, 2011), wat met de huidige dieselprijs van €1,28 per liter inclusief BTW en accijns resulteert in brandstofkosten van €0,08 per kilometer (Dieselprijs, 2016). Hieruit blijkt dat de kosten van waterstof als brandstof voor auto's slechts anderhalf keer hoger liggen dan die van diesel. Opgemerkt moet worden dat de huidige prijs van waterstof aan de pomp een afgesproken prijs is en het niet bekend is wat de werkelijke kostprijs is van waterstof. De situatie in de auto-industrie is natuurlijk niet direct te vertalen naar de scheepvaart en visserij maar laat wel zien dat waterstof op dit moment zowel technisch als economisch zeer interessante ontwikkelingen doormaakt.

4.2.3 Vistechniek

Op het gebied van brandstofverbruik is de afgelopen jaren een besparing van meer dan 50% gerealiseerd in het gebruik van gasolie door te innoveren in de vistechniek en over te schakelen van boomkor naar pulskor (tevens beschreven in hoofdstuk 4.1.1) (Taal et al., 2014). Door het drastisch verlagen van de bodemberoering is de weerstand en daarmee het brandstofverbruik fors afgenomen. Door de gigantische brandstofbesparingen bleek het voor ondernemers mogelijk om de investering van €300.000 - €400.000 in pulskortechiek in ongeveer twee jaar terug te verdienen (Taal, 2010). Vistechnieken zullen verder worden geïnnoveerd om specifieke soorten te kunnen vangen en bijvangst te minimaliseren, maar het is niet de verwachting dat dit zal leiden tot grote brandstofbesparingen. De komende jaren wordt veel verwacht van geschikt maken van het toepassen van puls in twinrigtechniek en deze vangstwijze zo geschikt te maken voor het vangen van tong. Een hoger aandeel tong in de vangst heeft vanwege de hogere prijsklasse een gunstig effect op de uiteindelijke resultaten. Het pilotschip MDV 1 experimenteert met het vissen met behulp van twinrigpulsstechniek en hieruit blijkt dat het mogelijk is om meer tong te vangen dan met conventionele twinrigtechniek. Verder onderzoek en ontwikkeling van de techniek is nodig om tot goede resultaten te komen (Agonus Fisheries Consultancy, 2015).

4.2.4 Externe factoren

In dit onderzoek is gefocust op het besparen van brandstofkosten met behulp van nieuwe vormen van aandrijving en alternatieve brandstoffen. Het gebruik van nieuwe vistechnieken is daarnaast genoemd als mogelijkheid om brandstofkosten te besparen en inkomsten te verhogen door een gerichte vangst. Investerings in zowel de aandrijvingstechniek als de vistechniek hebben direct betrekking op de kotter waarmee gevist wordt. Gedurende dit onderzoek zijn echter ook een aantal externe factoren opgevallen die in de toekomst mogelijk een rol zullen spelen bij investeringen in een nieuwe kotter. Deze factoren worden toegelicht in deze paragraaf.

In de scheepvaart gelden op steeds meer plaatsen havenverboden of boetegelden voor vervuilende schepen. Zo geldt vanaf 2025 een gebiedsverbod in de haven van Rotterdam voor schepen die niet voldoen aan de CCRII-norm. Met de huidige vervangingsnelheid van de vloot zou in 2025 nog maximaal 60% van de vloot niet aan deze norm voldoen (TNO, 2016). Daarnaast beloont de haven van Rotterdam sinds 2015 schone schepen met korting op de havengelden. Schepen die schoner zijn dan de ESI-uitstootnorm voor zeeschepen (Environmental Ship Index) krijgen 10% korting op de havengelden.

Schepen die daarnaast ook nog een lage NO_x uitstoot hebben door bijvoorbeeld het gebruik van grote katalysatoren of LNG als brandstof krijgen in totaal 20% korting (Havenbedrijf Rotterdam, 2016). Dit soort gebiedsverboden en boetes of juist kortingen zijn maatregelen die bedoeld zijn om uitstoot van emissies terug te dringen. Het is niet ondenkbaar dat soortgelijke maatregelen in de toekomst toegepast zullen worden bescherming van natuurgebieden zoals de Waddenzee en de Noordzee af te dwingen.

Wanneer bij de vangst van vis gebruik wordt gemaakt van schonere aandrijftechnieken en energiezuinige vismethoden dan heeft dit een daling van emissies tot gevolg. Bij het in de markt zetten van deze vis kan worden gedacht aan het creëren van financiële meerwaarde door middel van een keurmerk. Uit onderzoek blijkt dat in het Verenigd Koninkrijk consumenten bereid zijn om meer te betalen voor gecertificeerde vis, en dat het ook mogelijk is om bijvoorbeeld 10% meerwaarde te creëren met schelvis met een MSc-keurmerk (Sogn-Grundvåg et al., 2013). Wel blijkt dat het vijftien jaar na het invoeren van een duurzaamheidskeurmerk voor de meeste vissers nog steeds lastig is om de beloofde meerprijs of stijging in afzetvolume te genereren (Jaffry et al., 2016). Uit onderzoek naar garnalenkwekerijen in de mangroven van Vietnam blijkt dat van de meerwaarde die wordt gecreëerd met een duurzaamheidskeurmerk uiteindelijk slechts een uiterst klein deel daadwerkelijk bij de primaire producent terecht komt. Het is daardoor niet of nauwelijks lonend om duurzamer te gaan produceren (Ha et al., 2012). Enerzijds zijn consumenten dus bereid om meer te betalen voor duurzame vis en zijn er dus mogelijkheden om meerwaarde te creëren, anderzijds is het belangrijk om te garanderen dat een substantieel deel van de meerwaarde bij de visser terechtkomt.

Tijdens de discussieronde na het presenteren van onze bevindingen aan de sector werd uitgesproken dat (financiële) hulp vanuit de overheid in de transitie van traditionele naar duurzame vismethoden nodig is en op dit moment nog te veel gemist wordt. Het blijkt lastig de sector te activeren vanuit intrinsiek oogpunt. Rentmeesterschap bleek voor de meeste aanwezigen nog geen directe drijfveer. De financiële prikkel is een belangrijkere, vaak doorslaggevende factor om innovatie te stimuleren. De consensus tijdens de discussieronde werd gevonden in het belonen van goed gedrag, in plaats van alleen slecht gedrag te straffen. Opgemerkt moet worden dat regelgeving over het algemeen progressief is op het gebied van duurzaamheid en steeds sterker neigt gedeeltelijk tot volledig klimaat neutrale oplossingen (Lammers, 2008). Het gevaar bestaat dat vissers door regelgeving worden ingehaald waardoor sterk vervuillende kotters niet overal meer kunnen varen en vissen, wat een negatief effect op de inkomsten zal hebben.

Vanuit het perspectief van de kottervisserijsector is de roep tot overheidshulp verklaarbaar. De kottervloot is voor het grootste gedeelte al jaren afgeschreven (Bedrijveninformatienet, 2016c) en investeringen in nieuwe kotters zijn al jarenlang geen onderdeel van het verdienmodel van de sector. Het is in die zin de vraag hoe gezond de financiële positie van de huidige kottervloot daadwerkelijk is; en of het uitblijven van investeringen onwil of onmacht is. Deze vragen zouden verder onderzocht kunnen worden. Volgens de sector ligt er een belangrijke taak voor de overheid in het creëren van belastingtechnische voordelen op investeringen om zo rentmeesterschap te stimuleren en te bereiken dat innovaties worden doorgevoerd. De overheid biedt op dit moment onder andere de regelingen MIA en Vamil die het onder bepaalde mogelijk maakt om fiscaal voordelig en flexibel te investeringen in milieuvriendelijke technieken (RVO, 2016a).

Wanneer het mogelijk is deze of soortgelijke regelingen toe te passen op nieuwe investeringen in de visserijsector kan dit voor de ondernemer een goede stimulans zijn om te investeren. Daarnaast zou

de overheid actief kunnen bijdragen aan het uit de vaart nemen van de oudste of vervuilendste kotters onder de voorwaarde van vervanging door energiezuinige, emissiearme kotters. Daarmee ontstaat ten eerste een modernere kottervloot die dé standaard zet. Ten tweede ontstaat een zeer interessant exportproduct; een visitekaartje dat de visserijsector en scheepvaartsector van Nederland op de kaart kan zetten. Het MDV 1 heeft al laten zien dat vanuit de hele wereld wordt meegekeken met dit innovatieve vissersschip (FiskerForum, 2016; Gardiner, 2016). De bouw van nieuwe schepen biedt werkgelegenheid en met nog vele afgeschreven kotters die vervangen moeten worden is er veel potentie voor nieuwbouw. Gezien het feit dat het om grote bedragen is het niet realistisch om te verwachten dat de overheid een complete kottervloot vervangt. Het is echter wel belangrijk dat de overheid een aanzetje geeft in de goede richting om zo de vervanging van de kottervloot op gang te brengen. Tijdens de discussie is gebleken dat ook in de visserijsector vaak geldt dat de massa volgt wanneer de vooruitstrevende ondernemers hen zijn voorgegaan. De scheepsbouwsector zelf heeft daarom eveneens een grote taak om ondernemers te overtuigen van een investering in een goed renderende en duurzame kotter waar men mee is voorbereid op de komende twintig jaar.

5. Sociaal profiel

In dit hoofdstuk worden de verschillende stakeholders en hun positie bekeken. In Figuur 36 is de stakeholderanalyse grafisch weergegeven, met hieronder de tekstuele beschrijving.

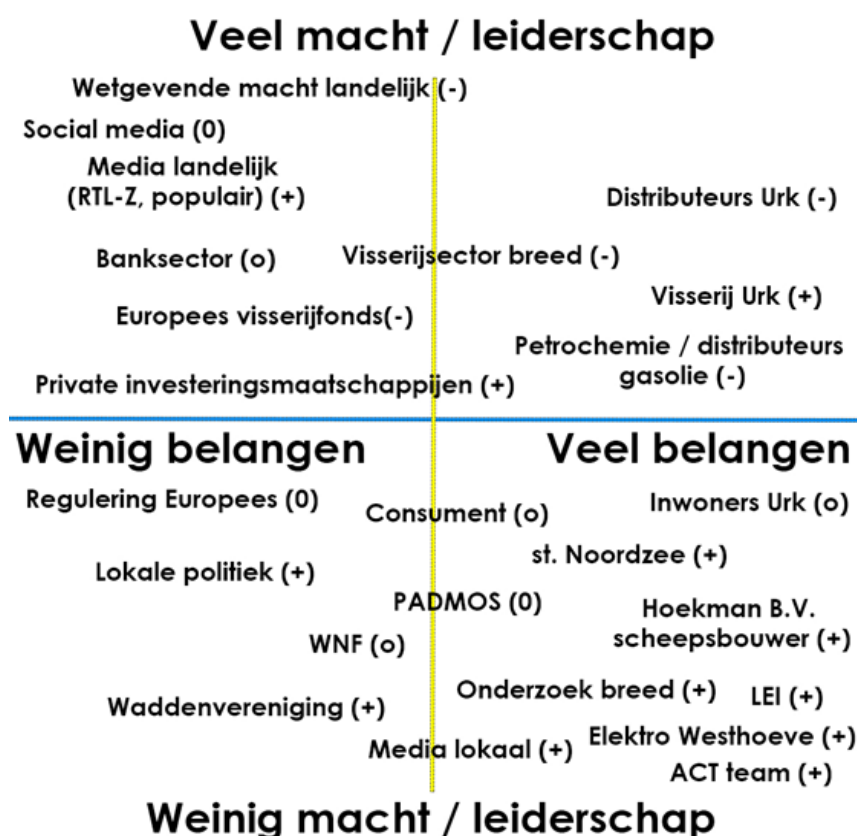
Direct met duurzaamheid zijn natuurorganisaties (met het WNF, stichting Noordzee en de Waddenomgeving als voorbeeld) belast. Bij deze casus zijn de Waddenvereniging en Stichting Noordzee directer betrokken dan het WNF. Allen kunnen een positieve bijdrage leveren via hun netwerk, kennis en financiële mogelijkheden. Doch, het WNF zou hierbij minder pragmatisch kunnen zijn, aangezien ze hun aandacht over meerdere projecten moeten spreiden (WNF, 2016). De gemeenschap op Urk kan op haar beurt belangrijk zijn voor NGO's, aangezien zij in 2008 tot de gulst donerende gemeente zijn benoemd (Meuzelaar, 2010). Indirect zijn organisaties zoals de Nederlandse vissersbond betrokken en kunnen via hun invloed als 'kick-starter' fungeren voor projecten zoals deze. Urk vormt een relatief kleine en hechte gemeenschap die haar inkomsten voor een significant deel uit de visserij haalt. De belangen zijn daarom groot voor de lokale economie. In het bijzonder Hoekman (scheepsbouwer) en Elektro Westhoeve (meet- en regeltechniek) kunnen hun voordeel doen met de bouw en implementatie van een volledig elektrisch aangedreven schip. Dit kan een nadeel zijn voor bouwers van conventionele dieselmotoren zoals PADMOS, maar misschien ook een voordeel waarmee zij hun productaanbod met elektrische motoren kunnen verrijken.

Na een eerste bezoek leerden wij dat sommige ondernemers zeer innoverend zijn, terwijl anderen juist een erg conservatieve houding aannemen. Het is mogelijk dat dezelfde houding wordt aangenomen bij het volledig elektriseren van een schip. In die zin is het mogelijk dat op innovatie in vistechneik aanvankelijk een negatieve respons volgt. Daarnaast kan het onzekerheid brengen doordat dit de weg opent tot verdere automatisering. Gedacht kan dan worden aan directe sortering en verwerking aan boord, waardoor distributiekkanalen minder werkkrachten nodig hebben. Eenzelfde fenomeen is namelijk al gaande op de visafslag in Urk (Visserijnieuws, 2014).

De media heeft een niet te onderschatten belang. Hierbij valt te denken aan traditionele landelijke media waarin innovaties worden getoond en de publieke opinie kan worden beïnvloed. Met name de autoriteit (gezien de journalistieke vertaalslag die gemaakt wordt) maakt de gedrukte media belangrijk. Programma's zoals 'Wereld van de Binnenvaart' brengen regelmatig updates uit de scheepsindustrie en kunnen daarmee een podium vormen om innovaties te presenteren, of genadeloos af te kraken. Daarnaast wordt de social media (Instagram, Facebook, Twitter) een steeds groter en belangrijker distributiekanaal waarmee mensen bereikt en geactiveerd kunnen worden.

Het is goed denkbaar dat regulering van energie- en emissiestromen een steeds grotere rol zal gaan spelen (Giljam, 2011). Hierbij zijn belangen voor de lokale politiek gemoeid, maar deze heeft minder macht. Met name de landelijke wetgevende macht kan knopen doorhakken. Trends laten zien dat de invloed en daarmee de macht van de EU groter wordt (Stegeman, 2016). Daarnaast is beleid op het gebied van innovatie vaak progressief. Hierdoor kunnen belangen, zowel positief als negatief, op termijn groter worden.

De petrochemie en het distributienetwerk (met als lokaal voorbeeld oliehandel Klaas de Boer) kan nadeel ondervinden van alternatieve energie en de bijbehorende opslag. Het is dan ook niet ondenkbaar dat vertraging en een niet-coöperatieve houding deel zullen vallen aan dit project en daarmee implementatie in de toekomst. Tot slot lijkt de consument steeds meer waarde te hechten

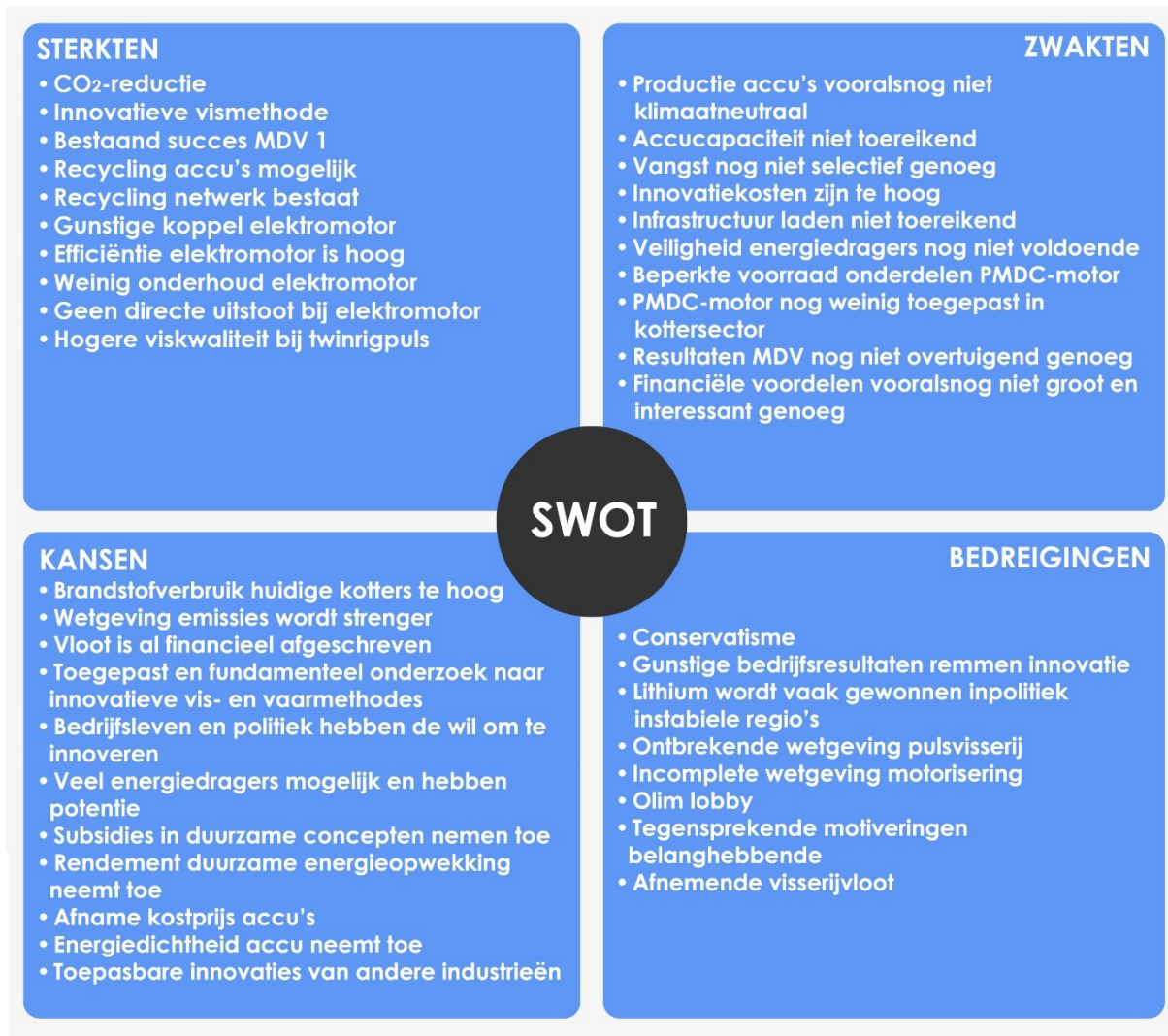


Figuur 36. Grafische weergave van de stakeholderanalyse.

aan duurzame producten (Forbes et al., 2009; MVO, 2014). In die zin kan de consument een belangrijke rol spelen bij het stimuleren van een duurzamere aanpak. Van de andere zijde zijn consumenten vaak slecht georganiseerd, en lopen ze te ver uiteen waardoor hun macht niet tot zijn volledige recht komt.

6. Conclusie

Resultaten zijn afgewogen met een sterkte-zwakteanalyse. Deze analyse is gemaakt met als uitgangspositie elektrisch varen met een viskotter. Met deze analyse worden sterktes en zwaktes tegen elkaar uitgezet, en kansen tegenover bedreigingen. Op basis van deze analyse worden conclusies geformuleerd over het varen met een elektrisch aangedreven viskotter.



Figuur 37. Sterkte-zwakteanalyse van een door elektriciteit aangedreven viskotter.

Zoals beschreven in Figuur 37 heeft elektrisch varen vele voordelen, maar zijn er ook sterke nadelen. Om dit even kort toe te lichten, is het belangrijk om te beginnen met het feit dat het MDV 1 al bestaat. Hierop is al enorm veel bespaard op brandstof in combinatie met innovaties in vistechnieken zoals eerder is beschreven. Dit biedt dus een goede uitgangspositie voor de toekomst. De kosten van het MDV 1 zijn echter hoog, en innovaties als deze vragen om hoge investeringskosten. Met twinrigpuls als nieuwe vistechniek kan selectiever worden gevist en een hogere viskwaliteit worden gewaarborgd (zie hoofdstuk 3.2). Het pulsvisseren wordt echter bedreigd door het ontbreken van wetgeving. De resultaten en vorm van het MDV 1 zijn op het moment nog niet overtuigend genoeg om andere vissers eenzelfde soort schip te laten bouwen. Wanneer brandstofprijzen in de toekomst weer gaan stijgen, zal vanwege dalende bedrijfsresultaten weer meer geïnnoveerd worden.

Doordat de huidige kottervloot al voor een groot deel afgeschreven is, worden de vaste activa en daarmee de balans niet per definitie beïnvloed. Van de andere kant zou dit ook kunnen betekenen dat de sector minder gezond is dan gedacht; ondanks dat de huidige vloot afgeschreven is, wordt weinig geïnvesteerd.

Het is niet ondenkbaar dat de olie-industrie, die erg machtig is en veel geïnvesteerd heeft in de bestaande infrastructuur, dit zal proberen tegen te werken. Daarmee zelfs een bedreiging vormt voor duurzame innovaties zoals elektrisch varen.

Zoals genoemd is een enorm voordeel van elektrisch varen dat het geen uitstoot geeft tijdens het varen. Hiermee zijn filters, die vaak kostbaar zijn en niet toepasbaar op een relatief klein schip als een kotter, niet langer nodig. Echter is de productie van accu's nog niet klimaatneutraal. In de toekomst liggen hier nog kansen door middel van het opwekken van 100% duurzame energie en een sterkte door verbeterde recycling van afgeschreven accu's. Op het moment bestaat er nog geen wetgeving voor emissies in de visserij, maar emissiewetgeving in de binnenvaart maakt het aannemelijk dat deze op korte termijn ook zal komen in de visserij. Hierdoor zullen vissers gedwongen worden tot innovatie en investeren in duurzaamheid.

De lithium-ion-accu, die op het moment als beste energiedrager wordt benoemd, heeft enige tekortkomingen wanneer gekeken wordt naar veiligheid, zeker in een zoute omgeving als de zee. Accu's ontwikkelen zich hard op het moment en de verwachte toename in energiedichtheid is behoorlijk; voorspellingen tot wel 10 maal de capaciteit, die op dit moment gangbaar is, wordt als haalbaar gezien binnen een tijdspanne van 10 jaar (Rahman et al., 2014). Waar de kostprijs van lithium-ion nu nog redelijk hoog is zal deze naar verwachting in de komende vijf jaar nog enorm dalen (zie hoofdstuk 3.3.5). Bestaande lithiumvoorraden zijn voldoende om de komende 100 jaar te voldoen aan de vraag (zie hoofdstuk 3.3.5).

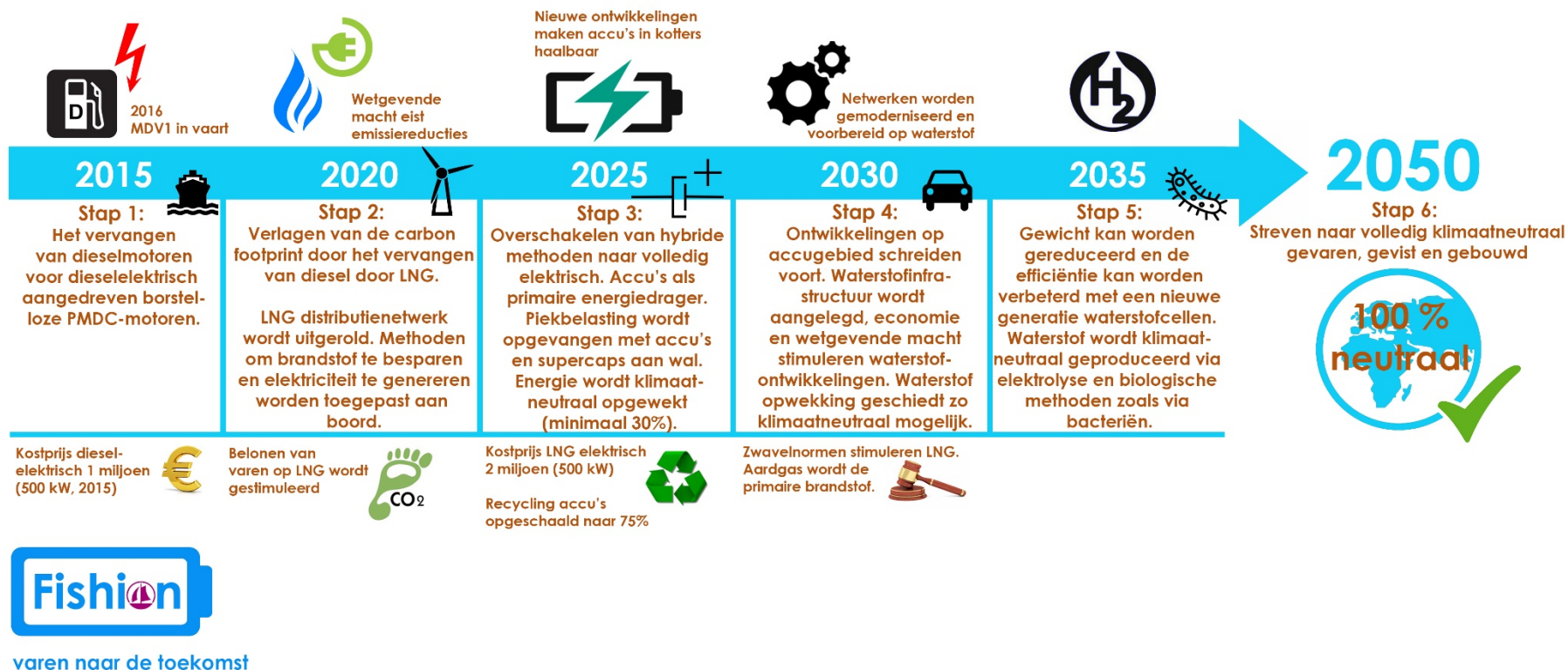
De elektromotor, zoals die nu bestaat, heeft een aantal voordelen ten opzichte van de dieselmotor: krachtkarakteristiek, koppel, het onderhoudsprofiel en de hoge efficiëntie. Uit dit onderzoek blijkt dat de PMDC-motor de beste keuze is voor het elektrisch aandrijven van een schip, door de genoemde sterktes. De PMDC-motor zal dan direct op de schroef worden aangesloten waardoor een keerkoppeling niet langer nodig is. De bijbehorende zwaktes zijn dat een PMDC-motor nog weinig wordt toegepast in de kottervisserij, en dat er dus weinig onderdelen beschikbaar zijn. Dit zou opgelost kunnen worden door kosten te delen en een gezamenlijke voorraad aan te leggen via bijvoorbeeld een coöperatie duurzame visserij.

Concluderend uit de sterkte-zwakteanalyse en dit onderzoek is dat de huidige accucapaciteit nog niet toereikend is om een kotter een week lang volledig elektrisch te laten varen. Het benodigde totaalvermogen ligt op 30 MW, maar om dit in lithium-ion-accu's op te slaan is 131 ton aan accugewicht nodig. Wat het nog problematischer maakt, is dat de oppervlakte-energie-inhoudrelatie niet gunstig is; er is daardoor te weinig ruimte om het schip compact te houden. Het opladen van een accupakket met een totale energieopslagcapaciteit van 30 MW zou een enorm piekvermogen vragen, wat opgevangen moet kunnen worden door het energienet tijdens opladen. De kosten van een week varen zouden wel lager liggen dan de kosten die de MDV 1 op het moment maakt. Elektriciteit voor een week zou rond de €1650,- kosten, terwijl 7000 liter gasolie op het moment ongeveer €3150,- kost. Dit rechtvaardigt op dit moment de investeringskosten niet tot nauwelijks.

Op accu's varen zou een stuk schoner zijn, wanneer de emissies op het gebied van productie nog verder worden teruggedrongen. Er bestaan wel grote kansen, bijvoorbeeld in het gebruik van LNG om elektriciteit op te wekken op een kotter. Doordat LNG vrijwel geen zwavel bevat en veel minder NO_x en CO₂ produceert, is het varen op LNG schoner dan dieselelektrisch. Naast LNG zijn andere energiedragers zoals verschillende accusoorten en waterstofgeneratoren nog in ontwikkeling. Dit biedt toekomstperspectief.

Zoals te zien is in Figuur 37 kan er geconcludeerd worden, dat volledig elektrisch varen op het moment nog geen optie is en dat tussenstappen nodig zijn. Waar met dieselelektrisch op dit moment (2015-2016) al een eerste stap is gezet, is het aan te raden over te stappen naar LNG-elektrisch varen met een PMDC-motor (2020). Hiervoor zal in de tussentijd een infrastructuur aangelegd moeten worden, en daarmee bestaande stakeholders (lokale leveranciers van brandstoffen) moeten worden geactiveerd en gestimuleerd in het veranderen product en mindset. Wanneer accu's verder door zijn ontwikkeld, kunnen extra accu's worden ingebouwd om vermogen te leveren en het verbruik van LNG verder terug te dringen (2025). Uiteindelijk biedt waterstof de meeste mogelijkheden om klimaatneutraal te varen, doordat het een hernieuwbare vorm van energie is. Hiervoor zal eerst een netwerk aangelegd moeten worden (2030) waarna er vervolgens (na 2035) op waterstof kan worden gevaren.

In 6 stappen samen bouwen aan een moderne, klimaatneutrale kottervloot



Figuur 38. Toekomstvisie en een meerjarenplan, welke de haalbaarheidsstudie naar elektrische voortstuwing in de kottersector samenvat.

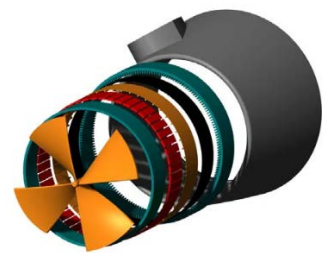
7. Aanbevelingen

Veel meer factoren kunnen een rol spelen bij de verduurzaming van een kotter of kottervloot dan alleen een schip volledig elektrisch maken. In de aanbevelingen zullen wij een aantal punten geven, die de potentie hebben om een duurzame toekomst te realiseren.

7.1 Energieopwekking of -besparing aan boord van een kotter

7.1.1 Een elektromotor verwerkt in de straalbuis

Een permanent magneet motor in de straalbuis is niet vanwege de aandrijving efficiënter, maar er zit geen as meer aan de schroef (Krøvel et al., 2004). Dit heeft tot gevolg dat het watervolume voor de schroef toeneemt, en er dus meer water door de straalbuis met eenzelfde diameter stroomt. De vorm van de boeg zal ook iets moeten aangepast worden om aanvoer van water goed af te stemmen op schroef. De energiebesparing zal gaan om enkele procenten, minder dan 10% (Wärtsilä, 2016).



Figuur 39. Een straalbuis om de schroef (Krøvel et al., 2004).

7.1.2 Zonnepanelen op het schip

Zonnepanelen kunnen in de komende 10 jaar nog niet als enige energiebron het schip van energie voorzien. Het schip is te klein om werkelijk veel vermogen op te wekken met zonnepanelen. Er zijn experimentele zonnepanelen die een efficiëntie van 44,7 % halen (Dimroth et al., 2014). In Nederland hebben we gemiddeld 2,7 kWh /m² aan zonne-instraling per dag. Stel dat we hebben 40 m² aan zonnepanelen op het schip, dan kunnen we per week $2,7 \cdot 40 \cdot 0,447 \cdot 7 = 338 \text{ kWh}$ in totaal opwekken (Weerstation Haaksbergen, 2016). Nu zitten zonnecellen vaak nog op panelen, maar er zijn ook al onderzoeken gaande die zonnecellen kunnen verwerken in verf. Hierdoor is een veel groter oppervlak te realiseren op een kotter waardoor de energie productie omhoog gaat (Eperon et al., 2014).

7.1.3 Windenergie gebruiken als voorstuwing

Op verschillende manieren kan je de wind gebruiken op je schip. Er worden besparingen genoemd van voor zeilen 20% en voor rotors 30% (zie Figuren 40 en 41 voor voorbeelden). Deze waarden zullen waarschijnlijk niet gehaald worden bij een kotter vanwege de ruimte en stabiliteit. Flettner-rotoren doen het vooral goed op lage snelheid, wat het interessant maakt voor kotters (Traut et al., 2014). Het overhellen door een Flettner-rotor op een zeeschip is minder dan 1 procent (Pearson, 2014).



Figuur 40. Schip uitgerust met zeilen (Almeida, 2012).



Figuur 41. Schip uitgerust met Flettner-rotoren (Almeida, 2012).

7.1.4 Energiebesparingen

Op het MDV 1 wordt warmte teruggewonnen van de dieselmotor. Dit vervalt bij een volledig elektrische kotter. De elektromotoren produceren enige warmte, net als de koelinstallatie bij het maken van ijs. De warmte kan net als het MDV 1 in water worden opgeslagen en gebruikt op de brug en kajuit om de bemanning op temperatuur te houden.

Bij het uitgooien van de netten komt er ook energie vrij. Experts hebben dit op 40 kW/s per net gemeten. Deze energie kan via elektromotor op worden gevangen en op kan worden geslagen in de accu's of supercondensatoren. Hiermee zou een kleine besparing gedaan kunnen worden.

7.2 Duurzaamheidskeurmerk

In supermarkten, restaurants en op internet kun je je ogen uitkijken als het gaat om keurmerken op vis. En in het geval dat een product geen keurmerk heeft, bestaan er nog meer instanties zoals de VISwijzer om je verder te helpen. Maar een keurmerk voor vis, gevangen door een elektrisch aangedreven kotter, bestaat nog niet. Hoe steekt een duurzaamheidslabel in elkaar, en zou een nieuw label bij kunnen dragen bij kunnen dragen aan de verhoging van de afzet van het product? Antwoorden op deze vragen staan in *Appendix 2*.

Al met al is een keurmerk zeker een goed initiatief. De herkomst van een bepaald product wordt uitgezocht, de visstanden worden bekeken en berekend, en het kan resulteren in een hogere opbrengst bij verkoop. Ook is het een behapbare manier om de consument te instrueren welke producten duurzaam zijn. Daartegenover staan genoeg valkuilen: het certificeringsproces zou te mild zijn en soorten worden verkeerd of onterecht gecertificeerd. Daarnaast is het financieel gezien in bepaalde situaties slecht geregeld voor de boer. Dit leert ons om altijd kritisch te blijven kijken naar instanties die kritisch naar producten kijken, en niet altijd alles maar aan te nemen. Een certificeringsproces is lang niet altijd even transparant en eerlijk als we graag willen zien, en betekent lang niet alles als gaat om duurzame producten.

7.3 Andere aanbevelingen

In onze analyse is het komende tijd nog niet mogelijk om volledig elektrisch te varen. Een ander vaarprofiel zou de haalbaarheid van elektrisch varen kunnen verhogen. Bijvoorbeeld bij eurokotters, die dicht op de kust varen en maar enkele dagen op zee zijn. Een andere idee is op zee de energiedrager bij te laden bij een windmolen of via een olieboorplatform accu's te verwisselen.

Een groot deel van de energie, die een kotter verbruikt, is voor het slepen van de netten. Nieuwe vistechnieken of vistuigen kunnen een grote bijdrage leveren aan energiebesparing.

Autonome voertuigen beginnen steeds meer deel uit te maken van onze samenleving. Het is dan ook niet ondenkbaar dat het ook toetreding maakt tot de visserijsector. Autonome voertuigen maken een andere infrastructuur makkelijker te realiseren, en zijn niet gebonden aan levensbehoeftes van de mens als slapen of vrije tijd. Dit zou de haalbaarheid van volledig elektrisch kotters kunnen verhogen.

De overheid zou kunnen helpen met het stimuleren van het investeren in innovaties, door middel van verlaging van de emissies te belonen in vorm van fiscale voordelen, het betalen van minder havengeld of financiële risico's te dragen. Accountantsbureaus, banken, scheepbouwers, de WER kunnen hier aan bijdrage door eerlijke vergelijkingen te trekken, of calculaties voor de lange termijn

te doen waaruit blijkt dat investeringen in innovaties zich wel of niet uit betalen in een termijn van 10 jaar.

“Samen kom je verder” is een belangrijk thema. Niet alleen binnen de visserijsector moet je mensen betrekken, maar ook mensen en kennis van buitenaf kunnen inspiratie tot nieuwe innovaties leveren. Dit heeft het MDV 1 ook laten zien.

Innovaties gaan vaak gepaard met de introductie van complexere systemen. Dit kan mensen afschrikken. Daarom zijn scholing, informatieavonden en kennisuitwisseling binnen de sector belangrijk om de kracht in plaats van zwaktes toe te lichten.

De cirkel moet rond zijn: een duurzame oplossing is niet alleen het varen zonder uitstoot, maar ook het streven naar een duurzamere levenscyclus van de kotter. Daarnaast moet de energie duurzaam worden opgewekt. Verwacht wordt dat over 20 jaar nog steeds een deel van de elektriciteit niet duurzaam wordt opgewekt zoals eerder is beschreven. Het verleden heeft laten zien dat grote stappen gemaakt kunnen worden met bestaande en nieuwe innovaties. Daarom moeten we blijven innoveren in duurzame, energiebesparende nieuwe technieken.

8. Referenties

- AB Biogroup (2015). Kwaliteitskeurmerk voor Noordzeevis. Beschikbaar via: <http://www.abbiogroup.org/>. Datum bekeken: 27 oktober 2016.
- Agonus Fisheries Consultancy (2015). Eerste resultaten Pre-onderzoek Twinrippuls (TRP) Masterplan Duurzame Visserij. Beschikbaar via: http://www.masterplanduurzamevisserij.nl/upload/Kennisbank/Rapporten/20151231_Rapport_Twinrippuls.pdf.
- Almeida R. (2012). Part 2: How to Propel a More Efficient Ship. Beschikbaar via: <http://gcaptain.com/part-propel-efficient-ship/>. Datum bekeken: 27 oktober 2016.
- Alvarez R., Schlienger P., Weilenmann M. (2010). Effect of hybrid system battery performance on determining CO₂ emissions of hybrid electric vehicles in real-world conditions. Energy Policy 38: 6919-6925.
- Anoniem (2016). Wat is LNG? Beschikbaar via: <https://www.vereniging-atc.nl/sites/default/files/afd/archief/doc/Zwolle/Wat%20is%20LNG.pdf>. Unknown.
- Aslani M. (2012). Electrochemical Double Layer Capacitors (Supercapacitors). Beschikbaar via: <http://large.stanford.edu/courses/2012/ph240/aslani1/>. Datum bekeken: 21 oktober 2016.
- Autoblog (2015). GM says li-ion battery cost per kWh already down to \$145. Beschikbaar via: <http://www.autoblog.com/2015/10/08/gm-li-ion-battery-cost-per-kwh-already-down-to-145/>. Datum bekeken: 18 oktober 2016.
- Battery University (2016). Welcome to Battery University! Beschikbaar via: <http://batteryuniversity.com/>. Datum bekeken: 19 oktober 2016.
- Bedrijveninformatienet (2016a). Emissie CO₂ kottervisserij neemt fors af. Beschikbaar via: <http://www.agrimatie.nl/ThemaResultaat.aspx?subpubID=2232&themaID=2279&indicatorID=3539>. Datum bekeken: 21 oktober 2016.
- Bedrijveninformatienet (2016b). Nettoresultaat in kottervisserij groeit naar 48 mln. euro in 2015. Beschikbaar via: <http://www.agrimatie.nl/ThemaResultaat.aspx?subpubID=2232&themaID=2272&indicatorID=2871§orID=2862>. Datum bekeken: 18 oktober 2016.
- Bedrijveninformatienet (2016c). Totale kosten kottervisserij gedaald in 2014. Beschikbaar via: <http://www.agrimatie.nl/ThemaResultaat.aspx?subpubID=2526&themaID=2272&indicatorID=2052§orID=2862>. Datum bekeken: 2016.
- Bedrijveninformatienet (2016d). Transitie van boomkor naar alternatieve vistuigen in kottervisserij voltooid. Beschikbaar via: <http://www.agrimatie.nl/SectorResultaat.aspx?subpubID=2526§orID=2862&themaID=2858>. Datum bekeken: 21 oktober 2016.
- Bedrijveninformatienet (2016e). Verbruik van brandstof in kottervisserij neemt licht toe na daling sinds 1994. Beschikbaar via: <http://www.agrimatie.nl/ThemaResultaat.aspx?subpubID=2526&themaID=2273&indicatorID=2035§orID=2862>. Datum bekeken: 18 oktober 2016.
- Bloomberg New Energy Finance (2012). Electric vehicle battery prices down 14% year on year. Beschikbaar via: <https://about.bnef.com/press-releases/electric-vehicle-battery-prices-down-14-year-on-year/>. Datum bekeken: 18 oktober 2016.
- Buckley R. (2013). Three reasons for eco-label failure. Nature 500: 151.
- Buijsman E., Aben J. J. M., Hettelingh J. P., Van Hinsberg H., Koelemeijer R. B. A., et al. (2011). Zure regen. Een analyse van dertig jaar Nederlandse verzuringsproblematiek. Beschikbaar via: http://www.gnmf.nl/upload/documenten/Rapport_Zure_regen_30_jaar_in_NI_-_PBL.pdf. Planbureau voor de Leefomgeving. 86 p.
- Burel F., Taccani R., Zuliani N. (2013). Improving sustainability of maritime transport through utilization of Liquefied Natural Gas (LNG) for propulsion. Energy 57: 412-420.

- Caldwell S. L., Laidler J. R., Brewer E. A., Eberly J. O., Sandborgh S. C., et al. (2008). Anaerobic oxidation of methane: mechanisms, bioenergetics, and the ecology of associated microorganisms. *Environmental science & technology* 42: 6791-6799.
- Cavotec (2013). Cavotec to supply the world's first combined automated mooring and shore power system. Beschikbaar via: <http://investor.cavotec.com/releasedetail.cfm?ReleaseID=775705>. Datum bekeken: 19 oktober 2016.
- Chen B. X., Sang-Hun C. (2016). Why Samsung Abandoned Its Galaxy Note 7 Flagship Phone. Beschikbaar via: http://www.nytimes.com/2016/10/12/business/international/samsung-galaxy-note7-terminated.html?_r=0. Datum bekeken: 19 oktober 2016.
- Christian C., Ainley D., Bailey M., Dayton P., Hocevar J., et al. (2013). A review of formal objections to Marine Stewardship Council fisheries certifications. *Biological Conservation* 161: 10-17.
- Chynoweth D. P., Owens J. M., Legrand R. (2001). Renewable methane from anaerobic digestion of biomass. *Renewable Energy* 22: 1-8.
- Ciez R. E., Whitacre J. F. (2016). The cost of lithium is unlikely to upend the price of Li-ion storage systems. *Journal of Power Sources* 320: 310-313.
- Coello J., Williams I., Hudson D. A., Kemp S. (2015). An AIS-based approach to calculate atmospheric emissions from the UK fishing fleet. *Atmospheric Environment* 114: 1-7.
- Coenen P. W. H. G., van der Maas C. W. M., Zijlema P. J., Arets E. J. M. M., Baas K., et al. (2016). Greenhouse gas emissions in the Netherlands 1990–2014 Beschikbaar via: [http://www.emissieregistratie.nl/erpubliek/documenten/Algemeen%20\(General\)/Emissierapportages%20\(Emission%20reports\)/NIR%20Greenhouse%20Gas%20Emissions%20in%20the%20Netherlands/NIR2016.pdf](http://www.emissieregistratie.nl/erpubliek/documenten/Algemeen%20(General)/Emissierapportages%20(Emission%20reports)/NIR%20Greenhouse%20Gas%20Emissions%20in%20the%20Netherlands/NIR2016.pdf). National Institute for Public Health and the Environment.
- Corbett J. J., Winebrake J. J., Green E. H. (2010). An assessment of technologies for reducing regional short-lived climate forcers emitted by ships with implications for Arctic shipping. *Carbon Management* 1: 207-225.
- Council Regulation (1998). No 850/98. Beschikbaar via: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1998R0850:20060117:EN:PDF>. Datum bekeken: 12 oktober 2016.
- Council Regulation (2001). No 2001/81/EC. Beschikbaar via: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32001L0081>. Datum bekeken: 18 oktober 2016.
- Council Regulation (2006). No 43/2006. Beschikbaar via: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32006L0043>. Datum bekeken: 12 oktober 2016.
- Council Regulation (2013). No 1380/2013. Beschikbaar via: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/HTML/?uri=CELEX:32013R1380&from=EN>. Datum bekeken: 13 oktober 2016.
- de Haan D., Fosseidengen J. E., Fjellidal P. G., Burggraaf D., Rijnsdorp A. D. (2016). Pulse trawl fishing: characteristics of the electrical stimulation and the effect on behaviour and injuries of Atlantic cod (*Gadus morhua*). *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil*: fsw018.
- de Waard P. (2016). Opnieuw stijging olieprijs na Russische steun aan productievermindering OPEC. Beschikbaar via: <http://www.volkskrant.nl/buitenland/opnieuw-stijging-olieprijs-na-russische-steun-aan-productievermindering-opec~a4393044/>. Datum bekeken: 18 oktober 2016.
- Dedes E., Hudson D. A., Turnock S. R. (2010). Design of hybrid diesel-electric energy storage systems to maximize overall ship propulsive efficiency.
- Dedes E. K., Hudson D. A., Turnock S. R. (2012). Assessing the potential of hybrid energy technology to reduce exhaust emissions from global shipping. *Energy Policy* 40: 204-218.
- Den Heijer W. M., Keus B. (2001). Bestaande vistuigen als mogelijk alternatief voor de boomkor. Beschikbaar via. Rijkswaterstaat, RIKZ.
- Dewulf J., Van der Vorst G., Denturck K., Van Langenhove H., Ghyoot W., et al. (2010). Recycling rechargeable lithium ion batteries: critical analysis of natural resource savings. *Resources, Conservation and Recycling* 54: 229-234.

- Dieselprijs (2016). Dieselprijs Nederland. Beschikbaar via: <http://dieselprijs.eu/>. Datum bekeken: 26 oktober 2016.
- Dimroth Frank, Grave Matthias, Beutel Paul, Fiedeler Ulrich, Karcher Christian, et al. (2014). Wafer bonded four-junction GaInP/GaAs//GaInAsP/GaInAs concentrator solar cells with 44.7% efficiency. *Progress in Photovoltaics: Research and Applications* 22: 277-282.
- Dones R., Bauer C., Bolliger R., Burger B., Faist Emmenegger M., et al. (2007). Life cycle inventories of energy systems: results for current systems in Switzerland and other UCTE countries. Final report ecoinvent data v2 0 5.
- Driscoll J., Tyedmers P. (2010). Fuel use and greenhouse gas emission implications of fisheries management: the case of the New England Atlantic herring fishery. *Marine Policy* 34: 353-359.
- Dunn J. B., Gaines L., Barnes M., Wang M., Sullivan J. (2012). Material and energy flows in the materials production, assembly, and end-of-life stages of the automotive lithium-ion battery life cycle. Beschikbaar via: Argonne National Laboratory (ANL).
- Elektrisch varen (2016). Nieuwe elektrisch aangedreven Viskotter MDV-1 Immanuël in de vaart. Beschikbaar via: <http://www.elektrischvaren.info/?nr=892>. Datum bekeken: 18 oktober 2016.
- Ellingsen L. A., Majeau-Bettez G., Singh B., Srivastava A. K., Valøen L. O., et al. (2014). Life cycle assessment of a lithium-ion battery vehicle pack. *Journal of Industrial Ecology* 18: 113-124.
- Eperon G. E., Burlakov V. M., Docampo P., Goriely A., Snaith H. J. (2014). Morphological Control for High Performance, Solution-Processed Planar Heterojunction Perovskite Solar Cells. *Advanced Functional Materials* 24: 151-157.
- Essent (2016). Welk leveringstarief past het best? Beschikbaar via: <https://www.essent.nl/content/zakelijk/tarieven/index.html#>. Datum bekeken: 26 oktober 2016.
- European Commission (2016). Air pollutants from maritime transport. Beschikbaar via: <http://ec.europa.eu/environment/air/transport/ships.htm>. Datum bekeken: 18 oktober 2016.
- FiskerForum (2016). Innovative Dutch rulebreaker. Beschikbaar via: <http://www.fiskerforum.dk/en/news/b/innovative-dutch-rulebreaker>. Datum bekeken: 26 oktober 2016.
- Forbes S. L., Cohen D. A., Cullen R., Wratten S. D., Fountain J. (2009). Consumer attitudes regarding environmentally sustainable wine: an exploratory study of the New Zealand marketplace. *Journal of Cleaner Production* 17: 1195-1199.
- Fuel Cells 2000 (2016). Fuel Cells & Hydrogen. Beschikbaar via: http://hfcarchive.org/fuelcells/base.cgim?template=fuel_cells_and_hydrogen. Datum bekeken: 21 oktober 2016.
- Fuelswitch (2014). Waterstof tankstations Nederland. Beschikbaar via: <http://www.fuelswitch.nl/index.php?mod=map&filter=waterstof>. Datum bekeken: 18 oktober 2016.
- Gaines L., Nelson P. Lithium-ion batteries: possible materials issues; 2009. pp. 16.
- Galil B. S., Genovesi P., Ojaveer H., Quílez-Badia G., Occhipinti A. (2013). Misabeled: eco-labeling an invasive alien shellfish fishery. *Biological Invasions* 15: 2363-2365.
- García F. (2016). Grabat brengt eerste grafeen batterijen op de markt. Beschikbaar via: <http://www.grafeen.be/2016/02/21/grabat-brengt-eerste-grafeen-batterijen-op-de-markt/>. Datum bekeken: 19 oktober 2016.
- Gardiner G. (2016). Full steam ahead for composite ship doors and hatches. Beschikbaar via: <http://www.compositesworld.com/articles/full-steam-ahead-for-composite-ship-doors-and-hatches->. Datum bekeken: 26 oktober 2016.
- GGP (2011). Global Warming Potentials. Beschikbaar via: <http://www.ghgprotocol.org/files/ghgp/tools/Global-Warming-Potential-Values.pdf>. Greenhouse Gas Protocol. 5 p.

- Giljam R. A. (2011). Schone lucht of schone schijn? <https://www.rug.nl/research/groningen-centre-for-law-and-governance/onderzoekscentra/gcel/nieuws/archief/2011/thesis-renske-giljam.pdf>: Rijksuniversiteit Groningen. 177 p.
- Goede Vis (2016). Twinrig. Beschikbaar via: http://www.goedevissers.nl/vis_van_goede_vissers/vismethodes.html?id=60. Datum bekeken: 11 oktober 2016.
- Goldboro LNG (2016). What is LNG? Beschikbaar via: <http://goldborolng.com/about-lng/what-is-lng/>. Datum bekeken: 27 oktober 2016.
- Goonan T. G. (2012). Lithium use in batteries: US Department of the Interior, US Geological Survey.
- Granovskii M., Dincer I., Rosen M. A. (2006). Economic and environmental comparison of conventional, hybrid, electric and hydrogen fuel cell vehicles. *Journal of Power Sources* 159: 1186-1193.
- Grosjean C., Miranda P. H., Perrin M., Poggi P. (2012). Assessment of world lithium resources and consequences of their geographic distribution on the expected development of the electric vehicle industry. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16: 1735-1744.
- Gutiérrez N. L., Valencia S. R., Branch T. A., Agnew D. J., Baum J. K., et al. (2012). Eco-label conveys reliable information on fish stock health to seafood consumers. *PLoS One* 7: e43765.
- Ha T. T. T., Bush S. R., Mol A. P. J., van Dijk H. (2012). Organic coasts? Regulatory challenges of certifying integrated shrimp–mangrove production systems in Vietnam. *Journal of Rural Studies* 28: 631-639.
- Harrington R. (2015). Europe's 'renewable' energy plan is actually destroying US forests. Beschikbaar via: <http://www.businessinsider.com/europe-imports-wood-biomass-from-us-for-power-2015-12?international=true&r=US&IR=T>. Datum bekeken: 26 oktober 2016.
- Havenbedrijf Rotterdam (2016). Jaarverslag 2015. Beschikbaar via: <https://jaarverslag2015.portofrotterdam.com/succesfactoren/scheepvaart/duurzaam-scheepvaartverkeer>. Datum bekeken: 26 oktober 2016.
- Hawkins T. R., Singh B., Majeau-Bettez G., Strømman A. H. (2013). Comparative environmental life cycle assessment of conventional and electric vehicles. *Journal of Industrial Ecology* 17: 53-64.
- Hulskotte J., Bolt E., Broekhuizen D. (2003). EMS-protocol Emissies door binnenvaart: verbrandingsmotoren. Emissions by inland navigation: combustion engines), version 4.
- Hyundai Nederland (2016). Hyundai ix35 Fuel Cell. Beschikbaar via: <https://www.hyundai.nl/hyundai-ix35-fcev>. Datum bekeken: 18 oktober 2016.
- IATA (2014). Nickel Metal Hydride Batteries. Beschikbaar via: <https://www.iata.org/whatwedo/cargo/dgr/Documents/guidance-document-nickel-metal-hydride-batteries-en-20140123.pdf>. IATA.
- ICES (2015). Stock assessment graphs Plaice Subarea IV (North Sea). Beschikbaar via: <http://standardgraphs.ices.dk/stockList.aspx>. Datum bekeken: 14 september 2016.
- Iglo (2016). Voorloper op het gebied van de ontwikkeling van duurzame visserijgebieden. Beschikbaar via: <http://www.iglo.nl/foreverfoodtogether/casestudies/casestudy3>. Datum bekeken: 26 september 2016.
- ISAB (2014). Energy Geopolitics: Challenges and Opportunities. Beschikbaar via: <http://www.state.gov/documents/organization/229409.pdf>. International Security Advisory Board.
- Jaffry S., Glenn H., Ghulam Y., Willis T., Delanbanque C. (2016). Are expectations being met? Consumer preferences and rewards for sustainably certified fisheries. *Marine Policy* 73: 77-91.
- Jia C., Pan F., Zhu Y. G., Huang Q., Lu L., et al. (2015). High–energy density nonaqueous all redox flow lithium battery enabled with a polymeric membrane. *Science Advances* 1.
- Kelty K. (2008). Mythbusters Part 3: Recycling our Non-Toxic Battery Packs. Beschikbaar via: https://www.tesla.com/nl_NL/blog/mythbusters-part-3-recycling-our-non-toxic-battery-packs?redirect=no. Datum bekeken: 10 oktober 2016.

- Kesler S. E., Gruber P. W., Medina P. A., Keoleian G. A., Everson M. P., et al. (2012). Global lithium resources: Relative importance of pegmatite, brine and other deposits. *Ore Geology Reviews* 48: 55-69.
- Kim H. C., Wallington T. J., Arsenault R., Bae C., Ahn S., et al. (2016). Cradle-to-Gate Emissions from a Commercial Electric Vehicle Li-Ion Battery: A Comparative Analysis. *Environmental Science & Technology* 50: 7715-7722.
- Kolpa J. (2013). Impact van emissienormen op de maritieme sector. Ministerie van Infrastructuur en Milieu. Beschikbaar via: http://www.maritim-de-nl.eu/cms/uploads/files/2._de-nl_maritime_konferenz_10_09_13_-_kolpa.pdf. Datum bekeken: 10 oktober 2016.
- Krøvel Ø, Nilssen R, Skaar SE, Løvli E, Sandoy N (2004). Design of an Integrated 100kW Permanent Magnet Synchronous Machine in a Prototype Thruster for Ship Propulsion. CD Rom Proceedings of ICEM: 117-118.
- Kumar S., Kwon H., Choi K., Lim W., Cho J. H., et al. (2011). LNG: An eco-friendly cryogenic fuel for sustainable development. *Applied Energy* 88: 4264-4273.
- Lambert F. (2016). Tesla Model S battery pack data shows very little capacity loss over high mileage. Beschikbaar via: <https://electrek.co/2016/06/06/tesla-model-s-battery-pack-data-degradation/>. Datum bekeken: 19 oktober 2016.
- Lammers J. (2008). Zeehavens ald draaischijven naar duurzaamheid. Beschikbaar via. Ministerie van Verkeer en Waterstaat. 104 p.
- Lim K. H., Grebitus C., Hu W., Nayga Jr R. M. More than Meets the Eye: Consumers' Willingness to Pay for Marine Stewardship Council's Certified Seafood; 2015. Agricultural and Applied Economics Association & Western Agricultural Economics Association.
- Linden D., Reddy T. B. (2002). Handbook of batteries: McGraw-Hill Pub.
- Lozano J., Blanco E., Rey-Maqueira J. (2010). Can ecolabels survive in the long run?: The role of initial conditions. *Ecological Economics* 69: 2525-2534.
- Ma H., Balthasar F., Tait N., Riera-Palou X., Harrison A. (2012). A new comparison between the life cycle greenhouse gas emissions of battery electric vehicles and internal combustion vehicles. *Energy Policy* 44: 160-173.
- Macalister T. (2015). Goldman Sachs says oil could fall to \$20 a barrel Beschikbaar via: <https://www.theguardian.com/business/2015/sep/11/goldman-sachs-says-oil-could-fall-to-20-dollars-a-barrel>. Datum bekeken: 18 oktober 2016.
- MAN (2014). Using Methanol Fuel in the MAN B&W ME-LGI Series. Beschikbaar via: http://marine.man.eu/docs/librariesprovider6/technical-papers/5510-0172-00ppr_using-methanol-fuel-in-the_low.pdf?sfvrsn=18. MAN Diesel & Turbo.
- McKuin B., Campbell J. E. (2016). Emissions and climate forcing from global and Arctic fishing vessels. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*.
- Melissant C., de Vos B. I., Zaalmink W. (2014). Keurmerken en labels voor verse Nederlandse vis: een wegwijzer voor kenniskringen in de visserij. Beschikbaar via. LEI Wageningen UR.
- Meuzelaar D. (2010). In de grotere steden blijft de collectebus steeds leger. *De Volkskrant*. Beschikbaar via: <http://www.volkskrant.nl/vk/nl/2680/Economie/article/detail/1006652/2010/07/21/In-de-grotere-steden-blijft-de-collectebus-steeds-leger.dhtml>. Datum bekeken: 19 september 2016.
- Mohamed M. R., Sharkh S. M., Walsh F. C. Redox flow batteries for hybrid electric vehicles: progress and challenges; 2009. IEEE. pp. 551-557.
- Moldanová J., Fridell E., Popovicheva O., Demirdjian B., Tishkova V., et al. (2009). Characterisation of particulate matter and gaseous emissions from a large ship diesel engine. *Atmospheric Environment* 43: 2632-2641.
- Moradi B., Botte G. G. (2016). Recycling of graphite anodes for the next generation of lithium ion batteries. *Journal of Applied Electrochemistry* 46: 123-148.
- MSC (2016a). Kosten. Beschikbaar via: <https://www.msc.org/gebruik-msc-keurmerk/kosten>. Datum bekeken: 4 oktober 2016.

- MSC (2016b). MSC-keurmerk gebruikershandleiding. Beschikbaar via: <https://www.msc.org/documenten/keurmerk-gebruik/gebruik-het-msc-keurmerk>. Datum bekeken: 4 oktober 2016.
- MSC (2016c). MSC Fisheries Standard. Beschikbaar via: <https://www.msc.org/about-us/standards/fisheries-standard/msc-environmental-standard-for-sustainable-fishing>. Datum bekeken: 28 september 2016.
- MVO Nederland (2014). Consument let meer op duurzaamheid bij aankopen. MVO Nederland. Beschikbaar via: <http://mvonederland.nl/nieuws/consument-let-meer-op-duurzaamheid-bij-aankopen-0>. Datum bekeken: 19 september 2016.
- Myhre G., Shindell D., Bréon F., Collins W., Fuglestad J., et al. (2013). Anthropogenic and natural radiative forcing. *Climate change* 423.
- Nanaki E. A., Koroneos C. J. (2013). Comparative economic and environmental analysis of conventional, hybrid and electric vehicles—the case study of Greece. *Journal of Cleaner Production* 53: 261-266.
- Nederlands vlootregister (2016). Vlootvernieuwing kottervisserij noodzakelijk en verwacht. Beschikbaar via: <http://www.agrimatie.nl/SectorResultaat.aspx?subpubID=2526§orID=2862&themaID=2286&indicatorID=2878>. Datum bekeken: 18 oktober 2016.
- Nordelöf A., Messagie M., Tillman A., Söderman M. L., Van Mierlo J. (2014). Environmental impacts of hybrid, plug-in hybrid, and battery electric vehicles—what can we learn from life cycle assessment? *The International Journal of Life Cycle Assessment* 19: 1866-1890.
- Notter D. A., Gauch Marcel, Widmer Rolf, Wager Patrick, Stamp Anna, et al. (2010). Contribution of Li-ion batteries to the environmental impact of electric vehicles. *Environmental science & technology* 44: 6550-6556.
- Omar N., Monem M. A., Firouz Y., Salminen J., Smekens J., et al. (2014). Lithium iron phosphate based battery—assessment of the aging parameters and development of cycle life model. *Applied Energy* 113: 1575-1585.
- Parker R. W. R., Tyedmers P. H. (2015). Fuel consumption of global fishing fleets: current understanding and knowledge gaps. *Fish and Fisheries* 16: 684-696.
- Pearson DR (2014). The use of Flettner rotors in efficient ship design. London, The Royal Institute of Naval Architects.
- Perotti R., Coviello M. (2015). Governance of strategic minerals in Latin America: the case of Lithium.
- Philippart C. J. M., Catharina J. M. (1998). Long-term impact of bottom fisheries on several by-catch species of demersal fish and benthic invertebrates in the south-eastern North Sea. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil* 55: 342-352.
- Polet H., Depestele J. (2010). Impact assessment of the effects of a selected range of fishing gears in the North Sea: ILVO.
- Quirijns F. J., Strietman W. J., Marlen B. van, Rasenberg M. M. M. (2013). Platvis pulsvisserij: resultaten onderzoek en kennisleemtes. Beschikbaar via: IJmuiden. IMARES.
- Rabobank (2016). Cijfers en trends. Beschikbaar via: <https://www.rabobank.nl/bedrijven/cijfers-en-trends/transport-en-logistiek/>. Datum bekeken: 18 oktober 2016.
- Rahman M. D. A., Wang X., Wen C. (2014). A review of high energy density lithium–air battery technology. *Journal of Applied Electrochemistry* 44: 5-22.
- REN21 (2016). Renewables 2016, Global Status Report. Beschikbaar via: http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/06/GSR_2016_Full_Report.pdf. REN21.
- Richa K., Babbitt C. W., Nenadic N. G., Gaustad G. (2015). Environmental trade-offs across cascading lithium-ion battery life cycles. *The International Journal of Life Cycle Assessment*: 1-16.
- Rijksoverheid (2014). Akkoord verdubbeling duurzame pulsvergunningen visserij. Beschikbaar via: <https://www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2014/02/17/akkoord-verdubbeling-duurzame-pulsvergunningen-visserij>. Datum bekeken: 13 oktober 2016.

- Rijksoverheid (2016). Duurzame energie. Beschikbaar via: <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/duurzame-energie/inhoud/meer-duurzame-energie-in-de-toekomst>. Datum bekeken: 19 oktober 2016.
- Rijnsdorp A. D., Van Leeuwen P. I. (1996). Changes in growth of North Sea plaice since 1950 in relation to density, eutrophication, beam-trawl effort, and temperature. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil* 53: 1199-1213.
- Rijnsdorp A. D., van Leeuwen P. I., Daan N., Heessen H. J. L. (1996). Changes in abundance of demersal fish species in the North Sea between 1906–1909 and 1990–1995. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil* 53: 1054-1062.
- RVO (2016a). MIA en Vamil. Beschikbaar via: <http://www.rvo.nl/subsidies-regelingen/mia-en-vamil>. Datum bekeken: 26 oktober 2016.
- RVO (2016b). Omrekenfactoren voor energiebesparing. Beschikbaar via: <http://www.rvo.nl/subsidies-regelingen/energie-investeringsaftrek-eia/aftrekbare-investeringen/generieke-code/omrekenfactoren>. Datum bekeken: 19 oktober 2016.
- Saft (2016). Aviation Beschikbaar via: <http://www.saftbatteries.com/market-solutions/aviation/presentation>. Datum bekeken: 19 oktober 2016.
- Sattar A. Insulated gate bipolar transistor (IGBT) basics; 1998. Citeseer.
- Selden R. L., Valencia S. R., Larsen A. E., Cornejo-Donoso J., Wasserman A. A. (2016). Evaluating seafood eco-labeling as a mechanism to reduce collateral impacts of fisheries in an ecosystem-based fisheries management context. *Marine Policy* 64: 102-115.
- Sen P. C. (1988). Principles of electric machines and power electronics: John Wiley & Sons.
- Shin S. M., Kim N. H., Sohn J. S., Yang D. H., Kim Y. H. (2005). Development of a metal recovery process from Li-ion battery wastes. *Hydrometallurgy* 79: 172-181.
- Sinković D. (2014). Geopolitical Importance of Fossil Fuels. Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu.
- Skyllas-Kazacos M., Chakrabarti M. H., Hajimolana S. A., Mjalli F. S., Saleem M. (2011). Progress in flow battery research and development. *Journal of The Electrochemical Society* 158: R55-R79.
- Soetaert M., Decostere A., Polet H., Verschueren B., Chiers K. (2015). Electrotrawling: a promising alternative fishing technique warranting further exploration. *Fish and Fisheries* 16: 104-124.
- Sogn-Grundvåg G., Larsen T. A., Young J. A. (2013). The value of line-caught and other attributes: An exploration of price premiums for chilled fish in UK supermarkets. *Marine Policy* 38: 41-44.
- Solem S., Fagerholt K., Erikstad S. O., Patricksson Ø. (2015). Optimization of diesel electric machinery system configuration in conceptual ship design. *Journal of Marine Science and Technology* 20: 406-416.
- Song J. Y., Wang Y. Y., Wan C. C. (1999). Review of gel-type polymer electrolytes for lithium-ion batteries. *Journal of Power Sources* 77: 183-197.
- Stegeman H. (2016). Megatrend 3 - Geopolitiek: diffusie van macht, meer afhankelijkheden. Rabobank. Beschikbaar via: <https://economie.rabobank.com/publicaties/2016/maart/megatrend-3---geopolitiek-diffusie-van-macht-meer-afhankelijkheden/>. Datum bekeken: 19 september 2016.
- Stewart P. A. M. (1978). Comparative fishing for flatfish using a beam trawl fitted with electric ticklers: Department of agriculture and fisheries for Scotland.
- Stichting Masterplan Duurzame Visserij (2016a). Eerste evaluatie verdienmodel MDV-1 Immanuël. Beschikbaar via: http://www.masterplanduurzamevisserij.nl/upload/Kennisbank/Rapporten/Rapportage_Eerste_evaluatie_verdienmodel_MDV-1_Immanuel.pdf.
- Stichting Masterplan Duurzame Visserij (2016b). Infographic. Beschikbaar via: <http://www.masterplanduurzamevisserij.nl/nl/kennisbank/financieel/infographic>. Datum bekeken: 26 oktober 2016.
- Stichting Masterplan Duurzame Visserij (2016c). Schip. Beschikbaar via: <http://masterplanduurzamevisserij.nl/nl/schip>. Datum bekeken: 18 oktober 2016.

- Sverdrup H. U. (2016). Modelling global extraction, supply, price and depletion of the extractable geological resources with the LITHIUM model. *Resources, Conservation and Recycling* 114: 112-129.
- Syntus (2016). Waterstofbus gepresenteerd in Arnhem. Beschikbaar via: <http://www.syntus.nl/over-syntus/nieuws/waterstofbus-gepresenteerd-in-arnhem.aspx>. Datum bekeken: 19 oktober 2016.
- Taal K. (2010). Pulskor, Sumwing en PulsWing als alternatief voor de boomkorvisserij. Beschikbaar via: https://www.wur.nl/upload_mm/e/5/a/e388d2c8-7394-464f-99e1-e9f53fc5cddf_20100904Presentatiepulsvisserij.pdf. LEI.
- Taal K., Turenhout M., Klok A. (2014). Pulskor versus boomkor. Beschikbaar via: http://www.blueportal.nl/public/zuid-west_nederland/rapport_pulsvisserij_arm_7_en_arm_44_2014-05-27def.pdf. LEI. 19 p.
- Tamis J. E., de Vries P. (2015). Masterplan Duurzame Visserij LCA-analyse 1e fase: Emissieberekeningen. Beschikbaar via: IMARES.
- Tang J., Hu H. (2013). Analysis of certifications by MSC of marine fisheries resources. *Journal of Shanghai Ocean University* 1: 022.
- Tankpro (2014). Enige openbare waterstof-station in Nederland van start. Beschikbaar via: <http://www.tankpro.nl/brandstof/2014/09/04/eerste-openbare-waterstof-station-in-nederland-van-start/>. Datum bekeken: 26 oktober 2016.
- te Selle R. (2014). Substitution of marine diesel fuel by LNG: retrofitting an existing seagoing gas carrier to dual-fuel LNG technology. Beschikbaar via: <http://www.tki-gas.nl/uploads/fckconnector/1284a12d-e2e9-4860-b71c-a94f4385e7a5>. Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie.
- Texas Instruments (1999). Lithium-Ion Battery Pack Protection Circuit. Beschikbaar via: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm3641.pdf>. Texas Instruments.
- TNO (2016). Visie on-board-monitoring in de binnenvaart. Beschikbaar via: <https://www.tno.nl/nl/aandachtsgebieden/energie/maritime-offshore/schone-schepen/visie-on-board-monitoring-in-de-binnenvaart/>. Datum bekeken: 26 oktober 2016.
- Traut M., Gilbert P., Walsh C., Bows A., Filippone A., et al. (2014). Propulsive power contribution of a kite and a Flettner rotor on selected shipping routes. *Applied Energy* 113: 362-372.
- Turenhout M. N. J., Klok A. J., Zaalmink W. (2015). Opbrengsten en kosten in de kottersector: product van Kenniskringen visserij.
- Tyedmers P. (2004). Fisheries and energy use. *Encyclopedia of energy* 2: 683-693.
- UNFCCC (2015). Adoption of the Paris Agreement. Proposal by the President (Draft Decision), United Nations Office, Geneva (Switzerland): 32.
- van Cleef H. (2016). Het nut van onmogelijke voorspellingen. Beschikbaar via: <https://insights.abnamro.nl/2016/09/het-nut-van-onmogelijke-voorspellingen/>. Datum bekeken: 18 oktober 2016.
- Van Colen B. (2007). Sturing van een borstelloze PM generator. Beschikbaar via: http://lib.ugent.be/fulltxt/RUG01/001/312/393/RUG01-001312393_2010_0001_AC.pdf. Universiteit Gent. 82 p.
- van der Reijden K. J., Wiegerinck J. A. M., Rink G. J., Machiels M. A. M., Rasenberg M. M. M. (2014). Verslag bedrijfssurvey 2014. Beschikbaar via: IMARES.
- van Marlen B., Wiegerinck J. A. M., van Os-Koomen E., van Barneveld E. (2014). Catch comparison of flatfish pulse trawls and a tickler chain beam trawl. *Fisheries Research* 151: 57-69.
- van Marlen B., Wiegerinck J. A. M., van Os-Koomen E., van Barneveld E., Bol R. A., et al. (2011). Vangstvergelijking tussen pulskorschepen en een conventioneel boomkor-vaartuig. Beschikbaar via: IMARES.
- van Marlen B., Ybema M. S., van Duijn J. B. (2005). Onderzoek naar vermindering van de bijvangst van een boomkortuig. Beschikbaar via: IJmuiden. RIVO.

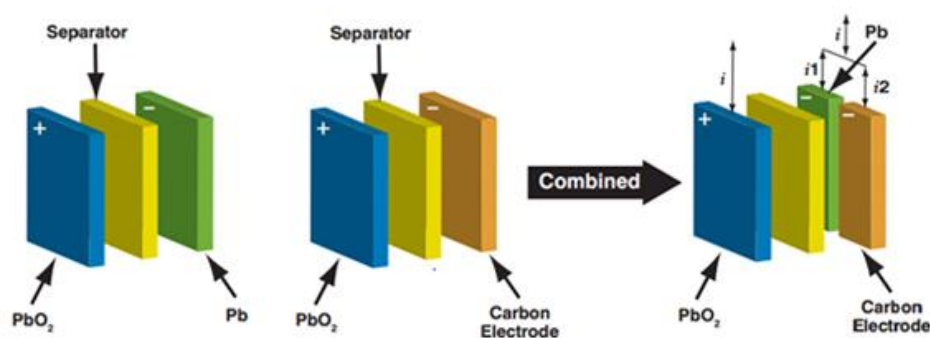
- Verbeek R., Kampman B. (2012). Brandstoffen voor het wegverkeer. Beschikbaar via: http://www.ce.nl/art/uploads/file/Rapporten/2012/CE_Delft_4668_Factsheets-brandstoffen-wegverkeer-2012_finalreport.pdf. TNO / CE Delft.
- Verbeek R. P., Kadijk G., van Mensch P., Wulffers C., van den Beemt B., et al. (2011). Environmental and Economic aspects of using LNG as a fuel for shipping in The Netherlands: Delft: TNO.
- Verbeek R., van Mensch P. (2012). Factsheets van technische mogelijkheden voor het verlagen van de milieubelasting van passagiersschepen in Amsterdam: Delft: TNO.
- Vikström H., Davidsson S., Höök M. (2013). Lithium availability and future production outlooks. *Applied Energy* 110: 252-266.
- VIRIS (2016a). Aanvoer vissoorten flyshootvisserij neemt toe. Beschikbaar via: <http://www.agrimatie.nl/ThemaResultaat.aspx?subpubID=2232&themaID=2857>. Datum bekeken: 18 oktober 2016.
- VIRIS (2016b). Visprijzen belangrijkste soorten omhoog. Beschikbaar via: <http://www.agrimatie.nl/ThemaResultaat.aspx?subpubID=2232&themaID=2263&indicatorID=2874§orID=2862>. Datum bekeken: 18 oktober 2016.
- Vismagazine (2016). Visafslagen boeken mooi resultaat 2015. Beschikbaar via: <https://www.vismagazine.nl/2016/01/visafslagen-boeken-mooi-resultaat-2015/>. Datum bekeken: 18 oktober 2016.
- Visserijnieuws (2014). Machine bedreigt baan vissorteerders. Visserijnieuws. Beschikbaar via: <http://visserijnieuws.punt.nl/content/2014/12/Machine-bedreigt-baan-vissorteerders>. Datum bekeken: 19 september 2016.
- VISwijzer (2016a). Keurmerken - VISwijzer. Beschikbaar via: <http://www.goedewis.nl/keurmerken/>. Datum bekeken: 27 september 2016.
- VISwijzer (2016b). Technieken. Beschikbaar via: <http://www.goedewis.nl/vangst-technieken/>. Datum bekeken: 11 oktober 2016.
- Waldo S., Paulrud A. (2016). Reducing Greenhouse Gas Emissions in Fisheries: The Case of Multiple Regulatory Instruments in Sweden. *Environmental and Resource Economics*: 1-21.
- Wärtsilä (2016). Marine. Beschikbaar via: <http://www.wartsila.com/marine>. Datum bekeken: 27 oktober 2016.
- Wikipedia (2016). Synchrone draaistroommotor. Beschikbaar via: https://nl.wikipedia.org/wiki/Synchrone_draaistroommotor. Datum bekeken: 27 oktober 2016.
- Winter M., Brodd R. J. (2004). What are batteries, fuel cells, and supercapacitors? *Chemical reviews* 104: 4245-4270.
- Wisse G. (2011). Autotest Hyundai ix35. Beschikbaar via: <http://www.anwb.nl/auto/tests/autotests/autotest/HYUNDAI/IX35/1476>. Datum bekeken: 26 oktober 2016.
- WNF (2016). Wat WNF doet. WNF. Beschikbaar via: <https://www.wnf.nl/wat-wnf-doet.htm>. Datum bekeken: 20 september 2016.
- Zhao H. (2009). Advanced Direct Injection Combustion Engine Technologies and Development: Diesel Engines: Elsevier.

Appendix

1. Overige typen batterijen

1.1 Lood-zuurbatterijen

Loodaccu's (Figuur 42) worden al vele jaren toegepast en zijn over het algemeen betrouwbaar. Daarnaast is een goed recyclenetwerk ingericht, waardoor de belasting voor het milieu behoorlijk lager is geworden, en veel materiaal weer teruggewonnen kan worden. Een groot voordeel is dat de loodaccu snel kan worden ontladen. Helaas kost het laden veel tijd; over het algemeen is meer dan 14 uur nodig om de loodaccu volledig te laden, afhankelijk van de capaciteit. Ook moet periodiek het accuzuur vervangen worden, omdat sulfaat zich afzet op de negatieve elektrode tijdens het ontladen. Dit vermindert de accucapaciteit behoorlijk. Tijdens het laden lost het neergeslagen loodsulfaat op waarbij waterstofgas vrijkomt. Dit proces veroorzaakt veroudering van de batterij en kan gevaarlijk zijn wanneer veel waterstof wordt gegenereerd. Nieuwe technieken proberen dit probleem op te heffen, zoals bijvoorbeeld door toevoeging van koolstof aan de negatieve elektrode zoals in de ALC-batterij (advanced lead-carbon).



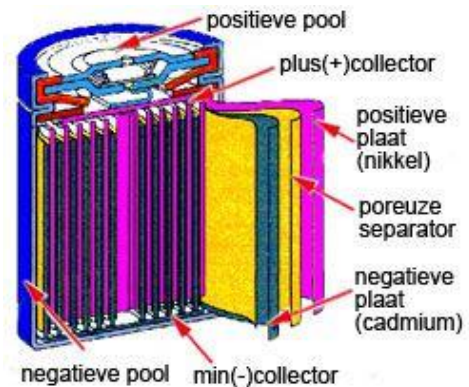
Figuur 42. De klassieke loodaccu functioneert beter wanneer de elektrode wordt gecoat met koolstof (Battery University, 2016).

De ALC is relatief goedkoop, maar ook relatief zwaar. Naast de lange oplaadtijd is dit een groot nadeel in een kotter. Andere concepten zoals de Electrical Energy Storage Unit (EESU), de Enhanced Flooded Battery (EFB) en Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO) batterij zijn hoopvol, maar leggen het vooralsnog af tegen accu's gebaseerd op lithium (<http://batteryuniversity.com/>). De loodaccu lijkt daarom vooralsnog niet een logische keuze als energiedrager wanneer toegepast op een kotter en wordt daarom afgeraden. Ook wanneer op de lange termijn gekeken wordt zal de capaciteit hoogstwaarschijnlijk niet veel verder kunnen worden verbeterd. Ook voor de langere termijn lijkt de loodaccu daardoor ongeschikt.

1.2 De nikkelcadmiumbatterij

De nikkelcadmiumbatterij (NiCd) (Figuur 43) is behoorlijk doorontwikkeld sinds de cel voor het eerst werd ontdekt. Ook nu wordt de NiCd-cel nog veel toegepast in o.a. de vliegtuigindustrie (Saft, 2016).

De NiCd-batterij is dan ook behoorlijk betrouwbaar en is voornamelijk het snelst ladende batterijtype. Anders dan bij lithiumcellen, kunnen NiCd-batterijen vrij vervoerd worden zonder veiligheidsrestricties. Ondanks dat de batterij lang opgeslagen kan worden, ontladst deze behoorlijk snel. Opladen na opslag is daarom nodig (IATA, 2014). Dit is minder van belang voor de viskotter, aangezien deze vrijwel altijd in bedrijf is en dus de batterij dus altijd zal laden aan wal of zal worden gebruikt tijdens het varen. De veiligheid die dit type biedt, is van vitaal belang op een kotter, waar brand zeer ernstige gevolgen kan hebben voor het schip, de bemanning en lading. Het grootste nadeel van dit type batterij is het geheugeneffect (Linden & Reddy, 2002). De capaciteit neemt hierdoor relatief snel af wanneer de batterij niet eens in de zoveel tijd volledig wordt ontladen. Daarnaast is de capaciteit relatief laag wanneer dit vergeleken wordt met lithiumcellen. De kosten per laadcyclus zijn het laagst. Een ander belangrijk nadeel is dat de NiCd-batterij cadmium (Cd) bevat, wat een toxisch metaal is. De afvoer en recycling brengt daarom extra kosten met zich mee. Gezien de tekortkomingen in capaciteit, de hoge belasting voor het milieu en het toekomstperspectief, wordt de NiCd-batterij afgeraden als energiedrager in een op duurzaamheid gerichte kotter.



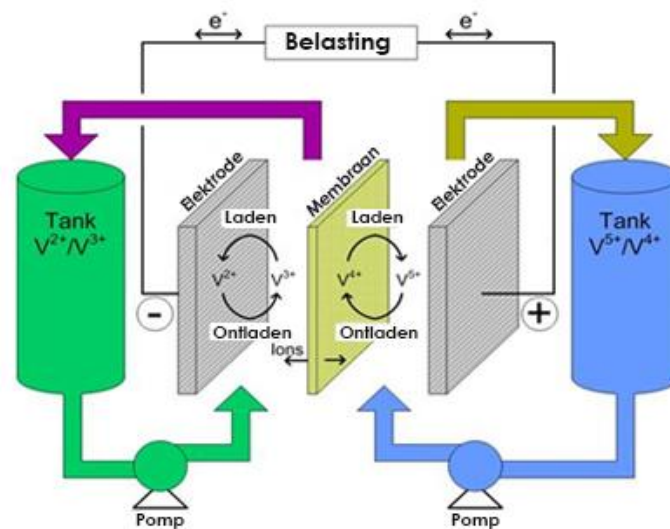
Figuur 43. De nikkelcadmiumbatterij. Bron: <http://www.replacedirect.be/files/images/NiCad-accu-schema.jpg>

1.3 De nickel-metal-hydride(NiMH)- batterij

De NiMH-batterij is één van de meest toegepaste batterijtypen en heeft een 30 tot 40% hogere opslagcapaciteit dan de standaard NiCd-cel. Qua opbouw is de NiMH-batterij vrijwel gelijk aan de NiCd-batterij (Figuur 43), maar de negatieve elektrode bestaat uit hydride. Ook dit type heeft een hoge zelfontlading waardoor de batterij al leeg raakt na enkele weken opslag. Het geheugeneffect is minder sterk, maar nog wel aanwezig. De levensduur is relatief kort en de cellen zijn erg gevoelig voor overlading. Daarom moet de laadstroom relatief laag gehouden worden. Daarnaast ontstaat relatief veel warmte tijdens het laden wat de efficiëntie weinig goeds doet (65%). Het grote voordeel ten opzichte van NiCd is de geringere belasting van het milieu; de toegepaste materialen zijn in principe niet toxisch. Ook hier is de geringe capaciteit een probleem. Ondanks dat er perspectief is op doorontwikkelingen lijken deze voornamelijk niet grote vooruitgangen in capaciteit te claimen. Dit, samen met de geringe levensduur en relatief lage efficiëntie maakt de NiMH-batterij geen goede keuze.

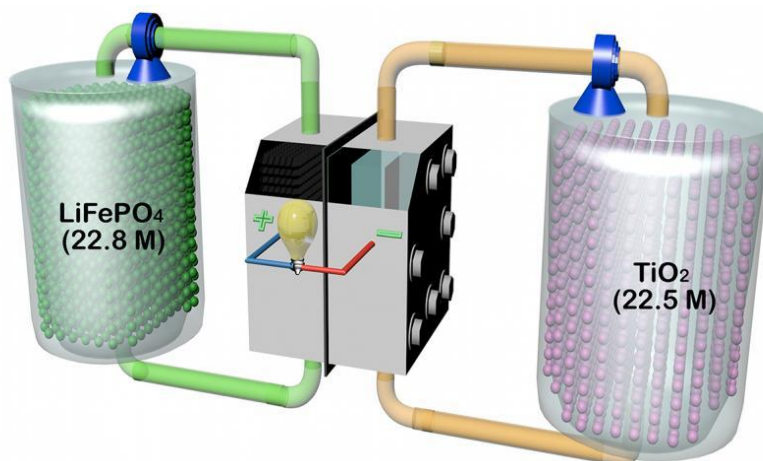
1.4 De flowbatterij

De flowbatterij is een combinatie tussen de brandstofcel en een conventionele batterij (Figuur 44). Het elektrolyt bestaat over het algemeen uit een zout van zwavel en vanadium, met elektroden van grafiet. De flowbatterij werkt beter naarmate het vermogen wordt opgeschaald. Voorspellingen indiceren dat de cel meer dan 10000 maal volledig geladen en ontladen kan worden. Daarnaast kan de cel ongeveer 20 jaar mee. Iedere cel produceert tussen de 1,15 en 1,55 volt. De energiedichtheid ligt rond de 40 Wh/kg. Dit is vergelijkbaar met de loodaccu die eerder is beschreven (Skylas-Kazacos et al., 2011). De flowbatterij kan minder goed omgaan met snelle wisselingen in energiebehoefte. De flowbatterij is daarom minder geschikt als primaire energiebron voor een aandrijflijn. Daarnaast is de capaciteit aan de lage kant. Dit betekent dat teveel gewicht en te veel ruimte ingenomen zal moeten worden. De conventionele flowbatterij is daarom niet geschikt voor de vaart.



Figuur 44. Werking van de flowbatterij. Figuur aangepast van: batteryuniversity.com.

Op dit moment wordt behoorlijk wat onderzoek gedaan naar dit type batterij. Een voorbeeld is de flowbatterij met elektroden van lithium-ijzerfosfaat en titaandioxide-batterij (Figuur 45). Onderzoekers claimen 10 maal betere prestaties (Jia et al., 2015). Dit type batterij biedt om die reden veel perspectief voor de toekomst. Het is dan ook niet ondenkbaar dat de flowbatterij in de toekomst een grotere rol zal gaan spelen.



Figuur 45. Concept van de lithium-ijzerfosfaat en titaandioxide batterij (Jia et al., 2015).

2. Achtergrond duurzaamheidskeurmerk

De website van de VISwijzer geeft een overzicht van de meest bekende labels in Nederland (VISwijzer, 2016a). De keurmerken, waar in de VISwijzer de meeste waarde aan wordt gehecht, zijn de Marine Stewardship Council (MSC) en de Aquaculture Stewardship Council (ASC), te herkennen aan respectievelijk het blauwe of groene label met de witte vis. Naast deze meer bekende keurmerken zijn er verschillende, minder bekende, streekkeurmerken zoals Waddengoud en Zuiderzeezilver voor lokale producten. Verder zijn er ook een aantal eigen labels van merken met visproducten als Iglo en Rio Mare: respectievelijk Forever Food Together en Responsible Quality. Iglo innoveerde in 2007 door als eerste duurzame vissticks van koolvis met het MSC-label op de markt te brengen, welke resulteerde in een daling van 3000 ton in de kabeljauwvangst (Iglo, 2016). Deze vissoort stond toen onder druk, en kan nu duurzamer gevangen worden. Al met al betrekken de keurmerken zich op andere producten met andere herkomsten, ze hebben één ding overeen: ze staan voor duurzame visserij.

Maar wat is nou een duurzame visserij? Om het MSC-keurmerk op het product te mogen zetten, moet er eerst aan een aantal eisen worden voldaan. MSC hanteert drie principes: geen overbevissing van visbestanden, een minimale impact op het ecosysteem, en een goed management in de visserij (MSC, 2016c). De literatuur is nogal tegenstrijdig als het aankomt op certificering met het MSC-keurmerk. Van de ene kant geeft het product een zeker aanzien, en scoort het beter op bepaalde onderdelen dan niet gecertificeerde producten, maar valt er aan de andere kant ook genoeg te zeggen over het certificeringsproces (Selden et al., 2016; Tang & Hu, 2013). Dit proces zou te mild zijn, en daarmee consumenten en investeerders op het verkeerde been zetten (Christian et al., 2013). Daarnaast gebeurde het dat MSC een invasieve soort certificeerde, wat niet helemaal de bedoeling kan zijn geweest (Galil et al., 2013). Kortom, er is genoeg kritiek op de werkwijze van MSC.

Daartegenover staan ook genoeg positieve effecten van het MSC-keurmerk. Zo is het certificeringsproces niet altijd zo slecht als wordt beweerd (Gutiérrez et al., 2012), en heeft het keurmerk een positieve invloed op de consument, welke door het label “leert” bewust voor duurzaamheid te kiezen en er ook daadwerkelijk meer voor wil betalen (Jaffry et al., 2016; Lim et al., 2015).

De consument kan op deze manier een goed gevoel overhouden aan het kopen van een product met een keurmerk, en zullen niet gecertificeerde producten misschien wel helemaal uit de schappen verdwijnen (Lozano et al., 2010). Als laatste kan een keurmerk ook de prijs van het product verhogen. Zo’n keurmerk kan een bepaalde ‘premium’ status meegeven aan het product, welke ook terug te vinden is in een prijsstijging (Sogn-Grundvåg et al., 2013).

Naast dat je als consument meer betaald voor een product met het MSC-keurmerk, betaalt de producent of leverancier ook om het keurmerk op zijn product te mogen zetten. Afhankelijk van de verhandelde waarde moet er tussen £160-1.600 (€183-1.830) betaald worden, met daar bovenop nog een percentage vanaf 0,5% aan royalties (MSC, 2016a). Als de producent voldoet aan de richtlijnen van MSC, kan deze een licentie voor het keurmerk krijgen. In combinatie met de financiële vergoeding mag deze dan het logo op de verpakking zetten, waar ook weer een hoop regels en richtlijnen aan verbonden zit (MSC, 2016b).

Maar wat zijn nou de valkuilen van zulke keurmerken? Over het algemeen zeggen keurmerken als ASC en MSC iets over het duurzaam vangen, maar niets over de kwaliteit van de vis. Daarom vind je

relatief weinig MSC-vis op de visafslag (Melissant et al., 2014). Hier wordt over het algemeen alleen vis van hoge kwaliteit verhandeld, en deze wordt niet altijd gegarandeerd door het duurzaamheidskeurmerk. Deze leemte wordt opgevuld door een relatief nieuw en opkomend keurmerk NorthSea2Bio. Dit keurmerk focust zich op Noordzeevis: een combinatie van kwaliteit van de vis en duurzaamheid in de vangstmethode (AB Biogroup, 2015). Daarnaast zijn er tegenwoordig zodanig veel keurmerken terug te vinden in de supermarkten, dat de consument het overzicht kan verliezen tussen betrouwbare en zelfverzonnen keurmerken (Buckley, 2013). En natuurlijk kunnen consumenten een duurzaamheidskeurmerken verwarren met een gezondheidskeurmerk. Ook al is de vis duurzaam gevangen, dat wil nog niks zeggen over de voedingswaarde van het uiteindelijke product. Over het algemeen wordt vis als gezond beschouwd, maar na frituren en flink wat zout wordt dat gezonde toch gauw voorbijgegaan. Als laatste is de regelgeving en het beleid omtrent de extra inkomsten van zo'n duurzaam product lang niet altijd duidelijk en transparant. Een voorbeeld uit de aquacultuur wordt door Ha et al. (2012) beschreven. Er komt lang niet altijd het beloofde deel aan inkomsten terecht bij de visboeren, en duurt het veel te lang voordat ze uitbetaald worden.

