

Plastic afval: begin bij de bron

Annemarijn Nagelhout 6004687
Joost van Woerkom 6453457

Geografie van Ontwikkelingslanden
Mariene Wetenschappen

LAS-scriptie
Drs. Diederick van den Ende

Vakreferent Geografie van Ontwikkelingslanden
Dr. Kees Terlouw

Vakreferent Mariene Wetenschappen
Dr. Erik van Sebille



Universiteit Utrecht

Voorwoord

Voor u ligt de bachelor scriptie ‘Plastic afval: begin bij de bron’. Het betreft een interdisciplinair literatuuronderzoek vanuit de disciplines Mariene Wetenschappen en Geografie van Ontwikkelingslanden. Deze scriptie is geschreven in het kader van ons afstuderen van de opleiding *Liberal Arts & Sciences*, aan de faculteit geesteswetenschappen.

Annemarijn heeft de hoofdrichting Geografie van Ontwikkelingslanden gevolgd. Zij zal de vraag dan ook beantwoorden vanuit een sociaalgeografisch perspectief. Joost zijn hoofdrichting is Mariene Wetenschappen, en zal vanuit deze discipline onderzoek doen.

In samenwerking met Diederick van den Ende is de onderzoeksvraag tot stand gekomen. Met de disciplinaire vakreferenten Kees Terlouw (politiek geograaf) en Erik van Sebille (onderzoeker plastic vervuiling op zee) is samengewerkt om kennis binnen de disciplines te verwerken.

De Covid epidemie heeft hoe dan ook effect gehad op onze scriptie, wat wij betreuren. Het is gek om te bedenken dat we samen een scriptie hebben geschreven, maar elkaar nog nooit in het echt hebben gezien. De dynamiek en het overleg tijdens het schrijven van deze scriptie is wezenlijk anders dan wanneer we ‘offline’ hadden kunnen samenwerken. Toch hebben we, naar eigen inzicht, een goed onderzoeksproces kunnen hebben. Joost had liever de tijd, die we nu onvermijdelijk hebben moeten steken in het uitvinden wat de beste manier van samenwerken is, willen steken in meer interactie met mijn vakreferent. Dat zat er nu helaas niet in door het oponthoud bij de start van de scriptie. Annemarijn is het hier mee eens. Door de lastige omstandigheden met betrekking tot covid, en de thuissituatie was het af en toe lastig om met volle toewijding aan de scriptie bezig te zijn. Toch ging de samenwerking goed en hebben we het op een goede manier kunnen volbrengen.

Wij willen onze begeleiders Diederick, Kees en Erik heel hartelijk bedanken voor de samenwerking en hulp bij het schrijven van deze scriptie. Door de afspraken die via *Microsoft Teams* zijn geweest, waren er genoeg handvatten om ondanks alle omstandigheden aan de slag te kunnen met de scriptie. Wij willen jullie bedanken voor het meedenken en het begeleiden van ons proces.

Inhoudsopgave

1. Inleiding	4
2. Geografie van Ontwikkelingslanden	7
3. Mariene Wetenschappen	18
4. Integratie	29
5. More Comprehensive Understanding, conclusie & Actiehorizon	35
6. Bronnen	38

1. Inleiding

Plastic is in groter wordende mate een probleem voor de mens en het milieu waarin de mens leeft. De toenemende mate van plastic consumptie heeft ervoor gezorgd dat plastic in grote hoeveelheden in het milieu terecht is gekomen. Vooral de uitstroom van plastic naar de oceaan is van grote zorg. Het probleem is globaal en grensoverschrijdend. Dieren in de zee worden bedreigd en hetzelfde geldt voor kust ecosystemen, de menselijke gezondheid en het menselijke levensonderhoud (Marks, Miller & Vassandadumrongdee, 2020).

Er wordt elk jaar meer plastic geproduceerd en een groot deel komt uiteindelijk in het milieu terecht. In 2018 werd er, zo blijkt uit onderzoek, voor 359 miljoen ton plastic geproduceerd (Garside, 2019). De tijd waarin we leven wordt daarom ook wel beschreven als de “Age of Plastics” en “Our Plastic Age” (Stevens, 2002; Thompson et al., 2009). Toch is plastic, wat begin vorige eeuw ontdekt werd, niet iets nieuws. Al sinds de jaren 50 stijgt de productie van plastic exponentieel. In 2015 werd er 322 miljoen ton aan plastic geproduceerd, en de vraag naar plastic voorwerpen neemt wereldwijd nog steeds toe. Er wordt verwacht dat in 2025 jaarlijks voor 600 miljoen ton aan plastic geproduceerd wordt. Volgens huidige berekeningen wordt in 2050 voor het eerst over de miljard ton aan plastic geproduceerd, mits er iets veranderd (Lusher, Hollman & Mendoza-Hill, 2017). Al dat plastic moet ergens blijven en een nieuwe bestemming vinden wanneer het de eerste functie verloren heeft. Zeker met de komst van *single-use plastics* is het een almaar groter wordend probleem geworden om alles te recyclen. Jambeck et al. (2015) schat dat van de 99,5 miljoen ton plastic in kustgebieden, 31,9 miljoen ton bestempeld kan worden als *mismanaged* en dus buiten het normale afvalproces komt te vallen. Hiervan komt 4,8 tot 12,7 miljoen ton plastic uiteindelijk terecht in de oceanen.

Er worden veel initiatieven opgezet om plastic gebruik in te perken of plastic uit het milieu te halen; de ‘*single-use plastic ban*’ van de Europese Unie, *The Ocean Cleanup* en *The World Cleanup Day*. Tevens worden er onderzoeken gedaan naar effectieve manieren en beleidsvorming om plastic afval te verminderen (Xanthos & Walker, 2017). Voor deze onderzoeken is fundamenteel onderzoek nodig naar de karakteristieken van plastic in het milieu en de maatschappij. Hoe het afbreekt, hoe het interacteert met flora en fauna en hoe het verplaatst zijn hier enkele voorbeelden van.

Voor de verplaatsing van plastic speelt een belangrijke rol, volgens ons, wanneer er gekeken moet worden naar dit probleem en hoe het opgelost moet worden. De huidige strategie tegen plastic vervuiling houdt zich voornamelijk bezig met het opstellen van regels om plastic gebruik tegen te gaan (Xanthos & Walker, 2017). Waar deze oplossingen geen rekening mee

houden is dat plastic niet noodzakelijk in het land blijft waar het geproduceerd wordt. Dus al wordt er minder plastic gebruikt, als dit uiteindelijk terecht komt in landen waar de verwerking niet optimaal is, blijft er grote vervuiling bestaan. Wij stellen dan ook dat het beter is om het probleem bij de bron op te lossen en het transport naar minder ontwikkelde landen te voorkomen. Hiervoor is het belangrijk om te begrijpen welke factoren en drijfveren achter het transport van plastic zitten.

Steeds meer onderzoek is bezig met het blootleggen van de transportcyclus van plastic, zowel op land, waar internationale plastic handel onderzocht wordt, en in de oceaan, waar de mondiale transportpatronen verklaard worden. Het aantal onderzoeken naar plastic transport is sinds het begin van deze eeuw vervijfvoudigd (“Web of Knowledge”, 2020). De twee disciplines die meedoen aan dit onderzoek, Mariene Wetenschappen en Geografie van Ontwikkelingslanden, hebben door een overzicht te geven van bestaande disciplinaire literatuur de vraag ‘hoe plastic over de wereld verplaatst’ beantwoord. De discipline Geografie van Ontwikkelingslanden houdt zich bezig met hoe vanuit menselijk handelen op verschillende schaalniveaus met de natuur en met landen en mensen wordt omgegaan, en hoe deze relaties elkaar beïnvloeden. Vanuit deze discipline is gekeken welke wet- en regelgeving er binnen de Europese Unie aan plastic afval en het exporteren hiervan bestaat. Tevens is gekeken naar de economische waarde van afval, wat bijdraagt aan de export naar Azië. De Mariene Wetenschappen geeft een beeld van de fysische en biologische processen die effect hebben op transport. Al sinds de jaren zestig van de vorige eeuw wordt plastic puin in de oceanen gevonden en is het onderzoek begonnen naar de invloed van plastic op het mariene leven en de fysische processen in het milieu. Het onderzoek, binnen de mariene wetenschappen, naar plastic in oceanen probeert op exact wetenschappelijke manier de zichtbare (en onzichtbare) processen te verklaren. Waarbij bestaande natuurkundige wetten worden gebruikt om algemene transportpatronen uit te leggen. Het interdisciplinaire karakter van de discipline kan helpen met het begrijpelijk van de interactie van de verschillende factoren die invloed hebben op het transport. Binnen oceanen komen disciplines als scheikunde, geologie, natuurkunde en biologie samen en gezamenlijk geven zij antwoord op de vraag hoe plastic door de oceaan wordt getransporteerd.

Dit onderzoek is gericht op fundamenteel onderzoek naar de drijfveren achter plastic transport. Met fundamenteel wordt bedoeld dat er na het vaststellen van de vormen van transport, er gekeken is naar de onderliggende oorzaken van dit transport. Dit betekent ook dat het resultaat van dit onderzoek niet het antwoord is op de vraag hoe we het plastic probleem op kunnen

lossen, maar bijdraagt aan het algemene begrip van het probleem waar we mee zitten. De vraag die beantwoord zal worden in dit onderzoek is dan ook:

Welke verklaring is er voor de verplaatsing van plastic in de oceanen en over het land?

Tijdens de literatuurstudie is gebleken dat onderzoeken van beide disciplines elkaar niet direct ondersteunen of aanvullen. Ondanks dat er over hetzelfde fenomeen wordt gesproken, namelijk plastic transport, is het begrip beduidend anders. De grens tussen water en land lijkt de scheidslijn te zijn en beide disciplines beschrijven klaarblijkelijk maar een deel van het fenomeen. Het gebrek aan een gezamenlijk jargon en/of methode zorgt ervoor dat onderzoeken niet gekoppeld worden. Omdat elke discipline maar een deel van het fenomeen beschrijft, kan geen van de disciplines los de hoofdvraag in al zijn volledigheid beantwoorden. Een interdisciplinair onderzoek is dan noodzakelijk om een volledig beeld te krijgen.

Het is niet mogelijk om de bevindingen van beide disciplines een op een met elkaar te vergelijken. Dit komt doordat wetenschappers uit een discipline het probleem vaak vanuit slechts één bepaald perspectief bekijken, en daar ook hun eigen vooroordelen aan koppelen, ze zijn *biased*. Naast dat disciplines verschillende aannames kunnen hebben, kunnen de disciplines ook verschillen in de manier waarop ze aan waarheidsvinding doen. Het interdisciplinaire onderzoek kan uitkomst bieden en een discipline-overstijgende visie verschaffen. Behalve dat er gekeken wordt naar de uitkomsten van de verschillende onderzoeken, zal ook rekening gehouden moeten worden met de verschillende *biases*, epistemologieën en methoden van de meewerkende disciplines.

Een interdisciplinair onderzoek onderscheidt zich van mono- of multidisciplinair onderzoek door de integratieve stap. Hierbij worden de disciplinaire onderdelen met elkaar vergeleken en geïntegreerd op basis van een ‘*Shared Horizon*’, om uiteindelijk een ‘*More Comprehensive Understanding*’ van het maatschappelijke probleem te krijgen. Het resultaat is groter dan de som der delen en overstijgt het de conventionele disciplinaire grenzen (Repko & Szostak, 2017). Deze onderdelen zijn in de hoofdstukken vier en vijf terug te vinden.

Deze scriptie heeft door middel van integratie een beter beeld gegeven van het mondiale transport van plastic dan dat wij zelfstandig vanuit onze discipline onderzoek hadden kunnen geven. De nieuw geformuleerde theorie over welke drijfveren er achter het transport van plastic zitten en hoe we het transport van plastic kunnen begrijpen geeft in onze ogen een nieuwe dimensie in het mondiale *plastic waste* probleem.

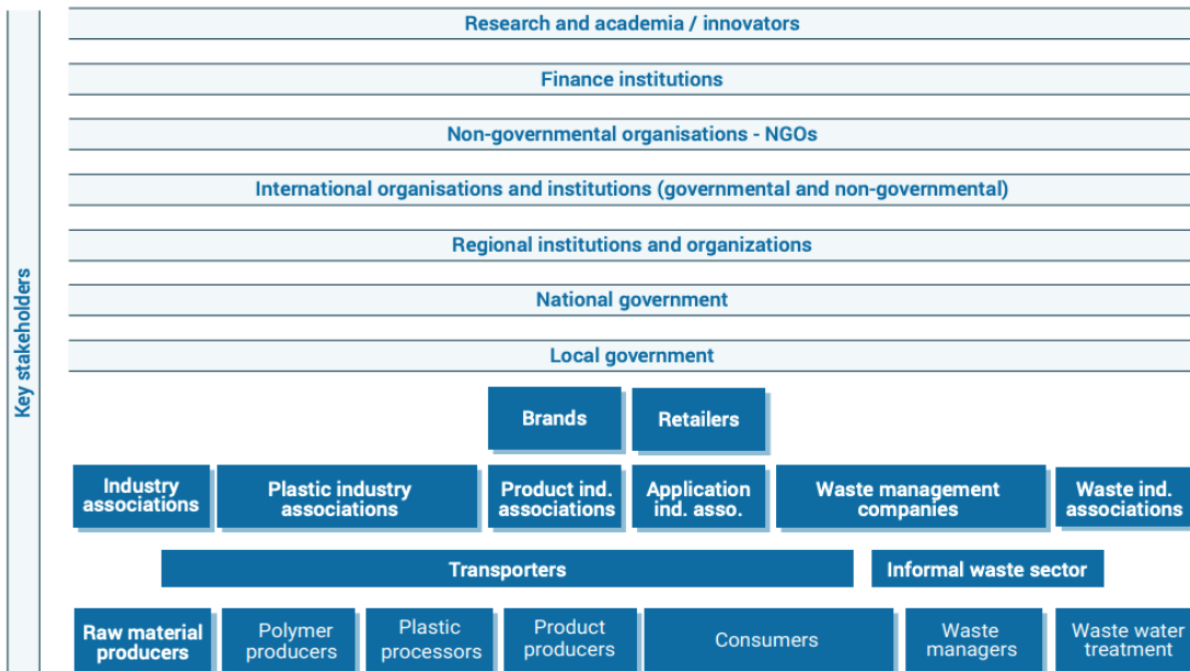
2. Geografie van Ontwikkelingslanden

De landen China, Indonesië, de Filipijnen, Vietnam, Sri Lanka, Thailand, Maleisië en India staan in de top 20 van de landen die het meest bijdragen aan plastics in de zeeën en oceanen (Jambeck, et al., 2015). Het wordt verwacht dat de afvalproductie in deze regio toe zal blijven nemen. Door industrialisatie en economische groei, de toename van middeninkomens en veranderingen in het consumptie- en productiepatroon, verandert de samenstelling van afval. Het wordt meer, en het aandeel biologisch afbreekbaar afval neemt af, terwijl het aandeel van plastic toeneemt. De huidige infrastructuur voor afvalverwerking is nog niet voldoende ontwikkeld om de grotere hoeveelheid en nieuw afvalmateriaal te kunnen verwerken, en mits dit probleem aangepakt wordt, verdwijnt er steeds meer plastic in de oceanen en zeeën (Akenji, Bengtsson, Hotta, Kato & Hengesbaugh, 2020).

De Europese Unie heeft doelen gesteld voor hoeveel plastic afval gerecycled moet worden. In 2025 dient 50% van plastic gerecycled te worden, en in 2030 is zou dit 55% moeten zijn (Plastic Soup Foundation, 2020). Een manier waarop deze doelstellingen de afgelopen jaren behaald kunnen, is door plastic naar Aziatische landen te exporteren, zodat het daar gerecycled wordt. De afgelopen jaren is een derde van het plastic van wat in Europa gebruikt werd, geëxporteerd naar landen buiten de Europese Unie (Plastic Soup Foundation, 2020). In dit onderzoek wordt de volgende vraag beantwoord:

Welke beweegredenen zitten er achter het plastic transport vanuit de Europese Unie naar Azië?

Bij de levenscyclus van plastic zijn veel verschillende *stakeholders* betrokken. De belangrijkste actoren zijn terug te zien in figuur 1. Alle betrokken *stakeholders* hebben een ander idee van hoe de plastic problematiek aangepakt dient te worden, en wie hiervoor verantwoordelijk is (Ryberg, Lauren & Hauschild, 2018). In dit hoofdstuk worden de belangrijkste *stakeholders* doorgelopen, en wordt gekeken hoe zij bijdragen aan de plastic export vanuit de Europese Unie naar Azië. Voordat naar de *stakeholders* wordt gekeken, wordt eerst besproken dat dit fenomeen niet iets nieuws is.



Figuur 1. Betrokken *stakeholders* bij plasticcyclus (Ryberg, Lauren & Hauschild, 2018)

Plastic toerisme en plastic kolonialisme

Het geheel van het verplaatsen van plastic vanuit de Europese Unie naar andere landen wordt in de geografie ook wel afvaltoerisme genoemd. Hierbij maakt men gebruik van de slechte afspraken die binnen de Europese Unie gemaakt zijn. Dit resulteert in afval dat in andere landen onder minder goede omstandigheden terecht komt. Naast dit fenomeen zien als afvaltoerisme, kan dit ook worden gezien als een vorm van kolonialisme (Sridhar & Kumar, 2019).

De term afval kolonialisme werd voor het eerst gebruikt in 1989, toen Afrikaanse natiestaten hun zorgen uitten over het exporteren van schadelijk afval van de Verenigde Staten en Europese landen. Sridhar en Kumar (2019) stellen dat het niet mogelijk is voor afval ontvangende landen, wat vaak ontwikkelingslanden zijn, om de import te verbieden. Dit komt

doordat achter deze handel een inherent machtsverschil aanwezig is. Hierdoor kan gesteld worden dat het exporteren van plastic afval van landen met een hoog inkomen, naar landen met een laag inkomen, door dit verschil van macht een vorm van kolonialisme is. Een essentieel punt van kolonialisme is dat land wordt toegeëigend door de koloniserende macht. Met andere woorden, indien het afval dat verplaatst wordt terecht komt op een vuilnisbelt of in een recyclingfabriek in Azië, dan hebben de Westerse landen op een succesvolle manier hun afval verplaatst naar het territorium van een ontwikkelingsland (Sridhar & Kumar). Enkel het verplaatsen van afval naar locaties waar de infrastructuur goed genoeg is om het op een juiste manier te verwerken, dus waarbij er geen schade wordt toegebracht aan mens en milieu, wordt niet gezien als afval kolonialisme. In werkelijkheid is het zo dat de landen die het plastic afval ontvangen veelal niet over deze infrastructuur beschikken (Sridhar & Kumar).

Europese Unie

Het is echter niet zo dat er totaal geen wet- en regelgeving vanuit de Europese Unie om deze gang van zaken tegen te gaan, bestaat. Het begin hiervan is vastgelegd in 1989, in het verdrag van Bazel. Het verdrag van Bazel gaat over de beheersing van grensoverschrijdende overbrenging van gevaarlijke stoffen, en de verwijdering ervan. Het doel is mens en milieu te beschermen tegen de schadelijke effecten van gevaarlijk afval. In 1992 ging dit verdrag in, en tegenwoordig hebben 186 landen de wet ondertekend (Sridhar & Kumar, 2019). De partijen die het verdrag ondertekend hebben, gaan akkoord met de volgende afspraken. Er mag geen afval verplaatst worden naar partijen die het verdrag niet ondertekend hebben. Tevens mag afval enkel geëxporteerd worden indien het land dat het ontvangt hiervoor schriftelijke toestemming gegeven heeft. Ten derde dient er in een kennisgevingsformulier informatie verstrekt te worden over wat er precies verhandeld wordt. Dit stelt de ontvangende staat in de positie om afwegingen te maken dit wel of niet te ontvangen. Verder mag het afval enkel verplaatst worden indien er geen gevaren zijn met betrekking tot de overbrenging en verplaatsing ervan. Tot slot dienen de afvalstoffen goed verpakt en geëtiketteerd te worden, en van een vervoersdocument voorzien te worden, met plaats van afgifte en bestemming (Sridhar & Kumar). Ondanks dat dit verdrag al sinds 1989 bestaat, is plastic pas sinds 2019 in het verdrag opgenomen als gevaarlijke stof, vanwege de groeiende zorgen over de milieu-impact van plastic (Sridhar & Kumar). In essentie mag vanaf 1 januari 2021 enkel gesorteerd plastic dat vrij is van vervuilingen van andere stoffen, én waar geen materiaal in zit wat niet gerecycled kan worden, én wat op zo'n manier gerecycled kan worden zonder dat het schade aanricht aan mens en milieu, nog

verhandeld worden zonder restricties (Khan, 2019). Tevens heeft de toevoeging van plastic aan het verdrag ervoor gezorgd dat landen die lid zijn van de OECD, enkel nog hun gevaarlijke plastic afval naar leden van de OECD mogen exporteren. De landen waar de Europese Unie nu veel plastic naartoe exporteert, zoals Hong Kong, India, Indonesië en Maleisië vallen daar niet onder (OECD, z.d.). Dit gaat grote gevolgen hebben voor de Europese landen, die hierdoor gedwongen worden om andere oplossingen voor de export te vinden. Binnen de Europese Unie is het verdrag van Bazel geïmplementeerd in de *Waste Shipment Regulation*, en deze geldt voor alle Europese lidstaten (Parajuly & Fitzpatrick, 2020).

Het grote doel van de *Waste Shipment Regulation* is het tegengaan van het exporteren van gevaarlijk afval dat in het land van import niet op veilige wijze behandeld kan worden (Parajuly & Fitzpatrick, 2020). In januari 2020 heeft de *European Commission* een effectbeoordeling van de *Waste Shipment Regulation* gepubliceerd. Uit deze resultaten is gebleken dat er nog steeds grote hoeveelheden afval buiten de Europese Unie worden geëxporteerd, vaak zonder sufficiënte controle van de condities waaronder dit afval wordt gemanaged. Dit kan schade aanbrengen aan de menselijke gezondheid en het milieu. De bepalingen van de *Waste Shipment Regulation* blijken niet voldoende om gevaarlijk transport tegen te gaan (European Commission, 2020c). Tevens is de handhaving op de *Waste Shipment Regulation* niet voldoende, waardoor er veel illegale verschepingen van afval plaatsvinden, zowel binnen de Europese Unie, als richting ontwikkelingslanden (European Commission, 2020c). Bovendien is de implementatie door de lidstaten van de Europese Unie niet overal gelijk. Doordat er verschillen bestaan in het toepassen en de handhaving van de *Waste Shipment Regulation*, is het effect ervan nog niet optimaal. Hierdoor worden legale transporten van goede kwaliteit afval naar adequate recycling faciliteiten ontmoedigd (European Commission, 2020b).

Plastic producenten en bedrijven

De Europese Unie is tevens al tijden bezig met het opzetten van initiatieven waarbij minder plastics verbruikt worden. Zo zijn zij bezig met het invoeren van een verbod op *single-use* plastics en belasting heffen op het maken van nieuw plastic uit aardolie en aardgas. Plastic producenten en grote merken zoals Coca-Cola zijn het hier niet mee eens, en hebben hier actief een lobby tegen (Corporate Europe Observatory, 2018) Bij de lobby tegen duurzamer plastic gebruik is door één lobby bedrijf, Plastics Europe, in 2016 tussen de 1.5 en 1.75 miljard euro gespendeerd. Er gaat dus veel geld bij gepaard. De lobbyisten vinden dat de huidige

maatregelen van de Europese Unie niet de oplossing zijn van het plastic probleem, en dat het *single-use* plasticverbod niet de structurele veranderingen in bedrijven kan doorvoeren, waardoor plastic bedrijven duurzamer en efficiënter worden. Zij willen liever de focus leggen op vrijwillige initiatieven binnen plastic bedrijven, om op zo die manier meer circulair te worden (Corporate Europe Observatory). Desondanks is in mei 2019 *single-use* plastic verbod aangenomen door de Europese Unie. Vanaf medio 2021 komt er een verbod op de top tien plastic items die eenmalig gebruikt worden, waarvoor een duurzaam alternatief al bestaat, zoals bestek, rietjes en wattenstaafjes (Zero Waste Europe, 2019). Bij de belasting die de Europese Unie wil heffen op het produceren en gebruik van nieuw plastic, gaan uiteindelijk de extra kosten naar de consument, zo beweren de lobbyisten. Het voorstel is dan ook nog niet in werking gezet. Er wordt nu gekeken naar mogelijkheden om natiestaten te laten betalen voor de hoeveelheid plastic die niet gerecycled wordt. Hiermee wordt de nadruk gelegd op recylen in plaats van plastic reductie in de gehele plastic productie (Corporate Europe Observatory). Het lijkt er de komende tijd dus niet op dat er iets gaat veranderen in de productie van plastics, behalve dat de *single-use* plastics verboden worden. Toch blijft er een probleem met betrekking tot plastic afval en de verwerking hiervan.

Het is niet gek dat de plasticproducenten en bedrijven tegen deze maatregelen zijn. Zij hebben namelijk veel commerciële interesse in plastic heeft, doordat er al eerder grote investeringen zijn gedaan, de zogenoemde verzonken kosten. Met name wordt hierbij gekeken naar de beginfase van de *plastic value chain*, het maken van de plastics. Hierbij wordt de top 10 van plastic productie door slechts zeven landen gedomineerd, te weten de VS, Duitsland, Italië, Nederland, Saudi Arabië en Korea. Ondanks dat hun hoofdkwartier in deze landen gevestigd is, staan de fabrieken over de gehele wereld. Hierdoor wordt de plastic economie ook globaal, in zowel de productie, de distributie en de verwerking (Birkbeck, 2020). Waar het produceren van plastic wereldwijd gebeurt, is dit ook het geval bij het verhandelen van plastic afval. Onderzoek van Brooks, Wang en Jambeck (2018) heeft laten zien dat de handel van plastic afval voornamelijk plaatsvindt van leden van de OECD (organisatie voor economische samenwerking en ontwikkeling) naar landen in oost Azië en de Pacific. De OECD-landen waren verantwoordelijk voor 64% van de export van plastic afval sinds 1988. 33 van de 35 OECD-landen zijn landen met hoge inkomens, terwijl van de ontvangende Aziatische landen 23 van de 36 landen lage tot middeninkomens hebben (Brooks et al.). Er is dus sprake van een verplaatsing van plastic van landen met hoge inkomens, naar landen met lagere inkomens. Hoe

is het dan toch mogelijk dat landen met een sterkere economie plastic afval naar andere landen verplaatsen? Dit heeft deels te maken met hoe onze economie in elkaar zit.

Lineaire economie

Landen binnen de Europese Unie, maar ook daarbuiten, hebben een lineaire economie. Deze vorm van economie betekent dat van gewonnen grondstoffen nieuwe producten worden gemaakt. Deze producten worden gebruikt en na gebruik afgedankt en weggegooid. Doordat binnen deze vorm van economie de nadruk niet ligt op hergebruik en recyclen, worden veel producten uiteindelijk niet meer gebruikt. Hierdoor ontstaat dus veel plastic afval (European Environment Agency, 2019). Een significant deel van het plastic afval in de Europese Unie wordt verhandeld. Dit gebeurt zowel binnen de Europese Unie, als daarbuiten. In 2019 bedroeg de hoeveelheid plastic afval dat werd verhandeld buiten de Europese Unie meer dan 150.000 ton per maand (European Environment Agency). Doordat pas de laatste jaren het bewustzijn voor management van plastic afval is toegenomen, is de verwerking ervan binnen de Europese Unie op het moment niet voldoende. Er is een gebrek aan capaciteit binnen de Europese Unie. Hierdoor is het binnen de Unie niet mogelijk in voldoende hoeveelheden te hergebruiken en recyclen, simpelweg doordat de capaciteit er niet is. Als gevolg wordt er gezocht naar alternatieve mogelijkheden, waaronder export van plastic richting Azië (European Environment Agency).

In theorie kan de handel in plastic afval een effectieve manier zijn om afvalmanagement te faciliteren. Dit is zeker het geval indien landen niet beschikken over de infrastructuur om zelf te recyclen of te verbranden, zoals in de Europese Unie het geval is (Birkbeck, 2020). Tevens kan de export van plastics ertoe leiden dat de plastics die een speciale manier van afbreken nodig hebben, op de juiste plek terecht komen. Dit scheelt weer in de kosten, doordat op deze manier niet elk land over deze voorzieningen hoeft te beschikken (Birkbeck). Echter, in de uitvoering komt van deze theorie weinig terecht. Afval wordt door landen geëxporteerd, zonder rekening te houden met de infrastructuur en capaciteiten van het land waar het afval terecht komt (Birkbeck, 2020). Het plastic komt in landen waar de faciliteiten niet toereikend zijn. Door het gebrek aan capaciteit tot recyclen, verbranden of opslag, ontstaat een lek van plastics in het milieu, doordat er simpelweg te veel afval is. Sommige Europese landen hebben recycling targets te behalen, soms tot 30% van het plastic van wat er wordt verbruikt.

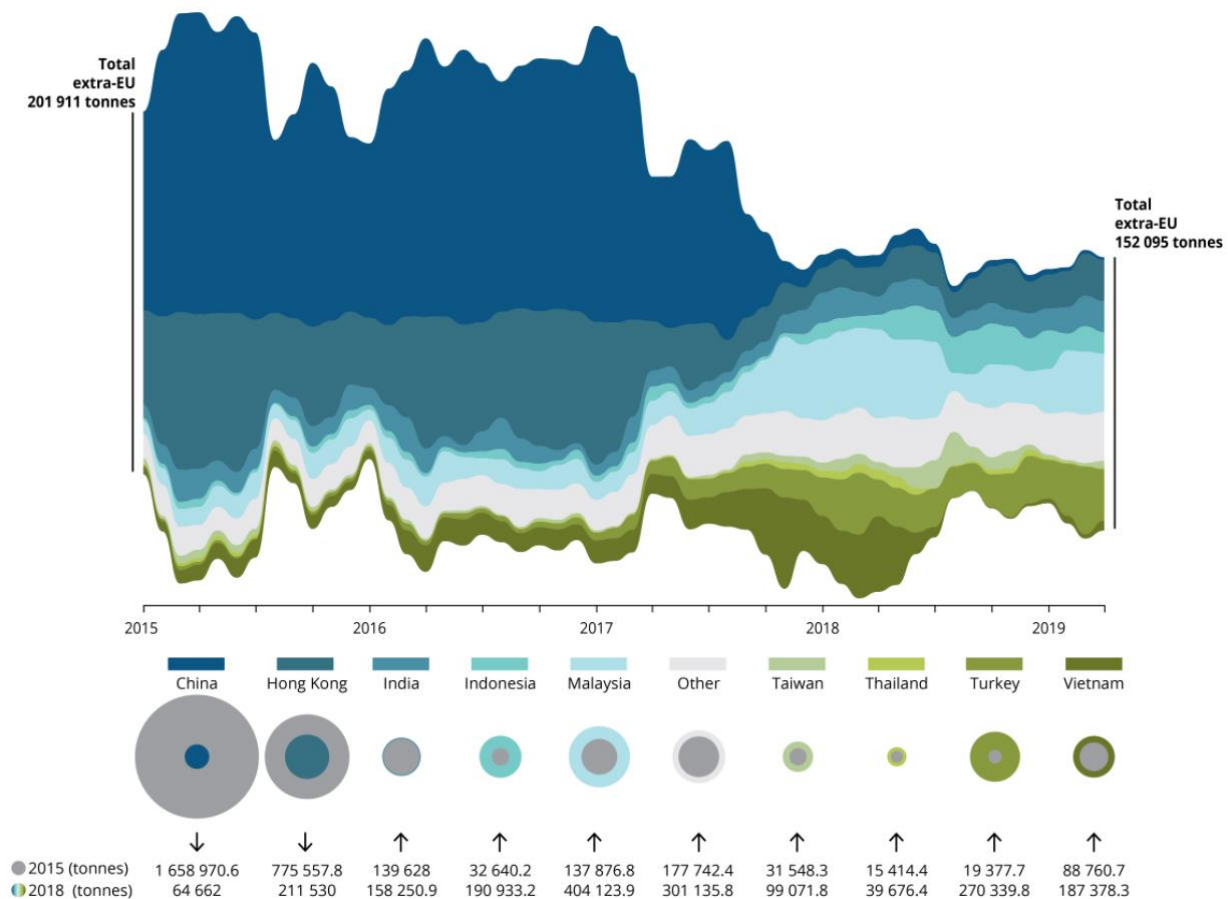
Waar dit recyclen gebeurt, is vaak niet gespecificeerd in het doel, dus plastic naar Azië exporteren voor recycling kan een oplossing zijn om dit doel te behalen (Interpol, 2020).

Op het moment is het in Europa niet aantrekkelijk om plastic te hergebruiken of te recyclen, door de kosten die hieraan verbonden zijn. Ondanks dat Europa goede voorzieningen heeft qua scheiden en ophalen, is het verwerken van het plastic afval duur. Dit heeft te maken met de loonkosten en het verplaatsen van het afval via wegen of met de trein, wat duurder is dan afval verscheppen richting Azië (Brooks, Wang & Jambeck, 2018; Interpol, 2020). Landen die niet aan recycling targets hoeven te voldoen, zoals de Verenigde Staten en Australië, exporteren plastic afval ook richting Azië. Als plastic gerecycled wordt, levert dit namelijk weer nieuwe grondstoffen voor productie op, en deze hebben een economische waarde, en dus kan dit geld opleveren (Interpol). Tot slot levert het verscheppen van plastic richting Azië economische voordelen op, doordat Aziatische landen veel gebruikersproducten produceren. Lege transportschepen naar Azië laten gaan, om volgeladen weer naar de Europese landen te komen, is duur. Door de schepen met plastic te laten vertrekken, is dus voor verschepingsbedrijven een manier om de winst zo groot mogelijk te maken. Deze bedrijven bevorderen dit door de prijs van transport richting Azië zo laag mogelijk te houden (Interpol).

Door de combinatie van goedkope loonkosten en goedkoop transport richting Azië, ontstaat een economische stimulans, ondanks de inadequate infrastructuur in Azië (Brooks et al.; Interpol; European Environment Agency, 2019).

Wat gebeurt er in China?

In 2019 bedroeg de hoeveelheid plastic afval dat werd verhandeld buiten de Europese Unie meer dan 150.000 ton per maand (European Environment Agency). Dit is tevens terug te zien figuur 2.



Figuur 2 . Export van plastic van de EU naar Azië (European Environment Agency, 2019).

In figuur 2 is verder te zien dat over de laatste vier jaar er een aantal veranderingen hebben plaatsgevonden met betrekking tot de plastic export van de Europese Unie. In 2015 werd er meer plastic geëxporteerd, namelijk ruim 200.000 ton per maand, tegenover de 150.000 in 2019. Tevens is te zien dat in 2015 meer dan de helft van de export richting Azië naar China ging, terwijl dit aandeel in 2019 te verwaarlozen is (European Environment Agency). Deze verandering heeft te maken met het plastic import verbod van China. In 2018 werd in China de *National Sword Policy* aangenomen. Dit verbod houdt in dat China geen plastic van andere landen meer importeert. Dit verbod is aangenomen omdat China niet meer vervuild afval wilde

aannemen, dan dat in het eigen land al geproduceerd werd. Een bijkomend resultaat van de *National Sword Policy* is dat er nu meer nieuw plastic, zonder gerecycled plastic erin, wordt geproduceerd (Wang, et al., 2019). Dit effect was te merken in zowel de landen die plastic naar China exporteerden, als in de landen die het importeren van China hebben overgenomen. Het afval is sindsdien geëxporteerd naar andere Aziatische landen, waaronder Maleisië, Vietnam, de Filipijnen, Thailand, Indonesië en Cambodja (Parajuly & Fitzpatrick, 2020). Deze nieuwe bestemmingslanden hebben echter niet dezelfde infrastructuur voor plastic verwerking als China, waardoor de plotselinge toename in afval niet goed behandeld wordt. Dit heeft als resultaat dat afval behandeld wordt door kleinschalige afvalverwerkers.

Toch heeft de *National Sword Policy* ook tot acties van andere Aziatische landen geleid. In 2018 heeft India aangekondigd dat *single-use* plastics verboden worden vanaf 2022. Tevens wordt in India nu ook gewerkt aan een plastic recycling fabriek (Wang, et al., 2019). Thailand heeft aangekondigd dat het land vanaf 2021 ook geen plastic afval van Westerse landen meer zal importeren, en Vietnam kondigde dit al aan in reactie op de *National Sword Policy*. Zij importeren sinds 2018 al geen plastic meer van Westerse landen. Al met al heeft deze actie van China dus veel teweeggebracht (Wang).

Green Deal

Naast de reacties vanuit Azië, heeft ook de Europese Unie een plan klaar staan om minder afhankelijk te hoeven zijn van de plastic export naar Aziatische landen. Dit hebben zij vastgelegd in de *Green Deal*. Het doel van de *green deal* is om het grensoverschrijdende klimaatprobleem aan te pakken, waarbij tevens ruimte is voor economische innovatie. Door het in werk stellen van de *Green Deal* moet de Europese Unie een moderne, grondstoffen-efficiënte en concurrerende economie worden. De kernwaarden hierin zijn dat de Europese Unie de netto-uitstoot aan broeikasgassen tegen 2050 tot nul reduceert; het economische groei oplevert zonder grondstoffen uit te putten en het geen mens of regio aan zijn lot overlaat (Europese Commissie, 2019). Een manier om de eerste twee kernwaarden te bereiken is door de overstap van een lineaire economie naar een circulaire economie te maken. De definitie van een circulaire economie is als volgt: 'De waarde van producten, materialen en middelen blijft zo lang mogelijk in de economie, waardoor de generatie van afval wordt geminimaliseerd. Dit is een essentiële contributie aan de pogingen van de EU om de economie duurzaam, laag in koolstof, middelen efficiënte en competitieve economie te maken.' (Europese Commissie). Er wordt dus gestreefd

naar meer hergebruik en recyclen van materiaal, zodat er niet steeds nieuw plastic gemaakt hoeft te worden. Dit wil de Europese Unie bereiken door voor producten verplicht te stellen uit hoeveel procent gerecycled materiaal deze dienen te bestaan. Tevens gaat het plan in op het verbieden van microplastics in bepaalde materialen en het ontwikkelen van codeersystemen voor het managen van microplastics (European Commission, 2020a)

Conclusie

Veel artikelen binnen de Geografie van Ontwikkelingslanden gaan over hoe de Europese Unie probeert de huidige plasticproblematiek op te lossen. Echter, weinig onderzoek heeft zich specifiek gericht op de grondslagen die aan het probleem liggen. In dit onderzoek is daar meer inzicht in gegeven. De plasticproblematiek in Azië, is niet een probleem dat enkel door Azië komt. De Europese Unie heeft hier een grote bijdrage aan. Doordat er veel betrokken *stakeholders* bij zowel het produceren als het verwerken van plastic, is het lastig daadkrachtig op te treden tegen plastic afval. Dit komt door alle verschillende belangen, en ideeën over wat het beste werkt. Ondanks De Europese Unie heeft al verschillende wet- en regelgeving met betrekking tot het gebruik en het maken van plastic, maar door bemoeienis door de lobby van plasticproducenten en bedrijven is implementatie hiervan nog niet optimaal. Hierdoor blijft er veel plastic uit nieuwe materialen gemaakt worden, en wordt dus de hoeveelheid plastic afval niet minder. Verder is de *Waste Shipment Regulation* een goed begin naar veilig plastic transport, maar door verschillende implementaties niet consequent. Er zijn nog veel stappen te nemen in de weg naar betere regulatie van plastic ontwerp, gebruik, en het transport van afval.

De manier waarop onze huidige economie in elkaar steekt, de lineaire economie, vergroot de hoeveelheid afval die geproduceerd wordt. Door de overstap te maken naar een circulaire economie wordt afval hergebruikt bij het produceren van nieuwe producten. Dit vergroot dan ook de economische waarde die aan het afval verbonden is. Op het moment is deze waarde in Europa laag. In combinatie met de dure verwerkings- en transportkosten is het economisch aantrekkelijker om het plastic afval naar Azië te exporteren. Dat deze export in het land van import voor veel problemen zorgt, nemen veel landen voor lief. Toch is er door de invoer van de *National Sword Policy* door China verandering teweeggebracht. Niet enkel in China, die het plastic afval van Westerse landen niet meer tot zich neemt, maar ook door andere Aziatische landen die hun voorbeeld hebben gevolgd en maatregelen hebben getroffen tegen Westers afval. Ondanks dat de strijd tegen plastic in Azië nog niet gestreden is, is er al veel

gebeurd om de situatie te verbeteren. De komende jaren zullen uitwijzen of het voldoende is, of dat de Europese Unie nog meer lastige stappen moet nemen om de situatie te verbeteren.

3. Transport van plastic door het marine milieu

Jaarlijks is de mens verantwoordelijk voor grote hoeveelheden afval die in zee belanden. Tot wel tachtig procent van de acht miljoen ton aan afval bestaat uit plastics ("The Ocean Conference", 2017). Wat er daarna met het plastic gebeurt is nog niet volledig duidelijk. Er wordt vaak anekdotisch gesteld dat we meer weten over het oppervlak van Mars dan van de oceanbodem. Toch is er veel onderzoek gaande naar de verplaatsing van plastic door de oceanen. In dit hoofdstuk zal er worden gekeken naar de twee voornaamste categorieën van verplaatsing, horizontaal over de wereld en verticaal door de waterkolom, om de volgende vraag te kunnen beantwoorden:

Welke factoren hebben invloed op het transport van plastic in oceanen?

Het is goed om eerst te kijken hoe plastic in de oceanen terecht komt. Het grootste deel van het afval, tachtig procent, komt vanaf land via rivieren terecht in de oceaan. Een ander aanzienlijk deel, tien procent, is afkomstig van verlaten, verloren en afgedankt vismateriaal ("The Ocean Conference", 2017). Vooral landen met een hoog inwonertal en/of landen die een lage kwaliteit afvalbeheer hebben, dragen het meeste bij aan de vervulling van de oceanen (Jambeck et al., 2015). En dat is ook terug te zien op de landkaart gemaakt door The Ocean Cleanup (2020). Hier zien we grote concentraties aan plastic dat de oceaan in stroomt rond de Middellandse Zee, de Cariben, de noordoost kust van Zuid-Amerika, de west en zuidoost kust van Afrika en verreweg het meeste rond Zuidoost-Azië, India en China.



Figuur 1 Instroom van plastic via rivieren. Rode stippen zijn de 1000 meest vervuilende rivieren en de grootte geeft de hoeveelheid plastic aan. (The Ocean Cleanup, 2020)

Horizontale verplaatsing

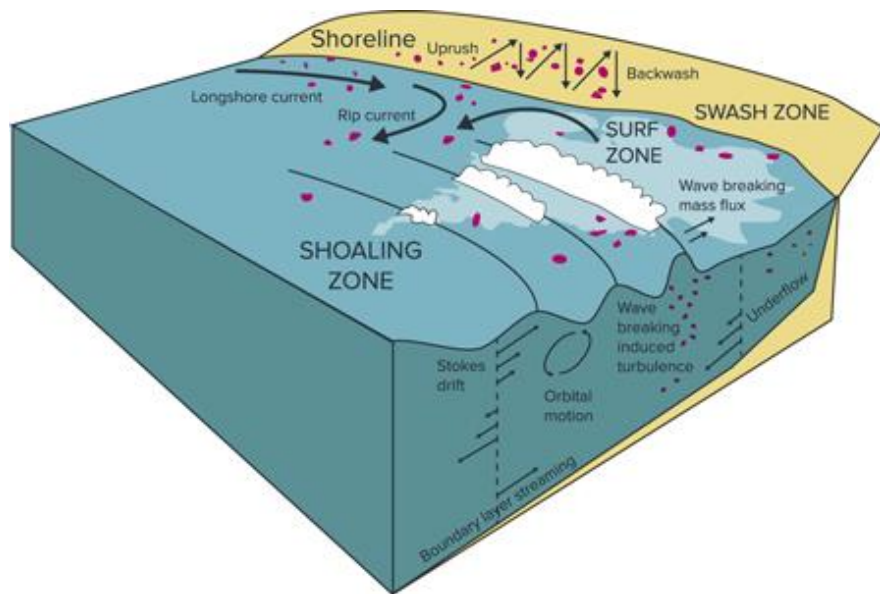
Van microplastics is bekend dat de voornaamste weg van land naar oceaan de rivieren zijn. Toch zien we dat dit niet de enige locaties zijn waar plastic accumuleert. Zo zijn er grote ophopingen plastic aangetroffen in het midden van de vijf grote subtropische ringvormige oceaanstromingen, de *gyres* (Law & Thompson, 2014; Maximenko et al., 2012). Dit wijst erop dat plastic niet statisch rondom de bron verblijft, maar verplaatst wordt naar andere delen van de oceaan. De exacte oorzaken van de translocatie en accumulatie van (micro)plastics is tot op heden nog niet bekend (Onink et al., 2019). Wel zijn er duidelijk aanwijzingen naar processen die de gang van zaken beïnvloeden. Zhang (2017) beschrijft in het artikel *Transport of microplastics in coastal seas*, dat over transport van microplastic van de kust richting de open oceaan gaat, vier vormen van transport naar en in de oceanen (i) estuarium transport (ii) vervoer nabij de kust (iii) oppervlakte stromingen en (iv) wind en golf geïnduceerd transport. Deze laatste drie vormen van transport zullen als leidraad worden gebruikt in de beschrijving van horizontale verplaatsing van (micro)plastic in oceanen.

Vervoer langs de kust

Het water vanuit rivieren bevat een hoge concentratie anorganische en organische deeltjes door de waterafvoer vanaf het land in de rivieren (Zhang, 2017). Door het verschil in dichtheid kan dit vervuilde rivierwater over het zeewater heen stromen en tientallen tot honderdtallen kilometers vanaf het land een front vormen (Van Sebille et al., 2020). Atwood et al. (2019) verrichtten onderzoek naar de microplastics die vanuit de Po in de Adriatische Zee instromen. Atwood vond in haar onderzoek dat de grootste concentraties gevonden konden worden bij dit front tussen rivier- en zeewater. Daarnaast bleek uit haar model dat tachtig procent van het microplastic van de delta weg spoelde en niet terug aan land kwam. Dit komt mogelijk door de constante uitstroom van water uit de rivier die terugstroom tegen gaat.

Zodra plastic het zeewater heeft bereikt wordt het blootgesteld aan tal van factoren die gezamenlijk de richting van het transport bepalen. Circulatiepatronen worden onder andere

beïnvloed door; wind, golven, getijde, waterdiepte en kust (Van Sebille et al., 2020). De inlandse winden, golven en stromingen kunnen het drijvende plastic weer in de richting van de kust verplaatsen en daar op het strand of gesteente afzetten (Zhang, 2017).



Figuur 2 Schematische weergave van transportprocessen van plastic (van Sebille et al., 2020)

Het ontstaan en verdwijnen van golven zorgt voor een stroming die opgedeeld kan worden in stromingen loodrecht op en parallel aan de kust (Figuur 2). Waarbij de stroming loodrecht op de kust zorgt voor een transport naar de kust door brekende golven. Of juist ervoor zorgt dat plastic uit de branding afgevoerd wordt terug naar de deel van het continentale plat buiten de litorale zone, in de vorm van muien. (Van Sebille et al., 2020)

In sommige gevallen eindigt het transport voor plastic aan land wanneer het mixt met het sediment (Turra et al., 2014). Maar plastic deeltjes kunnen ook makkelijk weer terug in zee gebracht worden door storm en/of springvloed (Zhang, 2017). Het strand blijkt een plek te zijn waar plastic in kleinere deeltjes verweert en het duurt vaak niet langer dan een paar maanden voordat al het plastic weer vervangen is (Fok et al., 2017). Het verweren speelt een belangrijke rol in het proces waarin microplastic naar de oceaan stroomt. Isobe et al. (2014) beschrijft een selectief transport van mesoplastic (een slag groter dan microplastic) richting de kust door een combinatie van *Stokes drift* en de, van grootte afhankende, eindsnelheid (zie ‘Oppervlakte stromingen voor een uitleg van *Stokes drift*). Hierdoor worden grotere plastic deeltjes naar de kust teruggebracht, net zo lang tot ze klein genoeg zijn om te ontsnappen aan het fenomeen dat *nearshore trapping* wordt genoemd.

Oppervlakte stromingen

De wereldwijde winden zorgen in de bovenste 400 meter van de oceanen voor het ontstaan van stromingen. Deze stromingen stromen langs de randen van de oceaan bassins mede door

toedoen van de topografie van het bassin en het Corioliseffect. Het Corioliseffect zorgt ervoor dat de windrichting naar rechts (op het Noordelijk halfrond) dan wel links (op het Zuidelijk halfrond) afbuigt door de draaiing van de aarde. Ekman transport zorgt ervoor dat het dieper gelegen water in deze kringstromingen naar het centrum omhoog wordt gedrukt. Het resultaat is een kringstroom, *gyre*, waar aan de buitenzijde de stroming het sterkste is en in het centrum een luwe zone ontstaat. (Garrison & Ellis, 2016) Deze *gyres* zijn verantwoordelijk voor de vorming van en het transport naar de plastic accumulaties in het centrum van de *gyres* (Cozar et al., 2014). Waarbij de Ekman-stromen de locatie van de accumulatie zones vormen, maar de gradiëntstromen ervoor zorgen dat het een groter geheel wordt, in plaats van de kleinere accumulatiezones die de Ekman-stromen op zichzelf zouden vormen (Onink et al., 2019). Wereldwijd zijn er vijf grote accumulatie zones, gelegen in de subtropen en gecentreerd rond de 30° breedtegraad, namelijk; de Noord en Zuid Atlantische *gyres*, de Noord en Zuid Pacifische *gyres* en de Indische oceaan *gyre* (Maximenko et al., 2012). Plastic dat geen invloed van golven of wind ondergaat zal meegevoerd worden door oppervlakte stromingen en terecht komen in deze accumulatiezones (Van Sebille et al., 2020).

Naast de grote circulaire stromingen is de oceaan gevuld met draaikolken, zogenoemde *mesoscale* eddies. Deze hebben een diameter van honderden kilometers en ontstaan door objecten waar stromingen omheen buigen, maar op open zee vaker nog door het meanderende patroon van de gradiënt stromen (Garrison & Ellis, 2016; Van Sebille et al., 2020). *Mesoscale* eddies kunnen vervolgens weer kleinere *submesoscale* eddies veroorzaken. Eddies kunnen net als de *gyres* worden ingedeeld in twee vormen; de tegen de klok in draaiende cyclonische eddies en de met de klok mee draaiende anticyclonische. Dit betekent dat eddies met de *gyres* mee kunnen draaien, en dus bijdragen aan het inwaartse transport (Brach et al., 2018), of juist van de *gyre* afdraaien. Juist de afdraaiende *mesoscale* eddies kunnen ervoor zorgen dat plastic vanuit de accumulatiezones naar andere accumulatiezones of andere delen op de wereld verplaatst. Meer onderzoek is echter nog nodig om meer te kunnen zeggen over de rol en impact van deze lange afstandspaden (Van Sebille et al., 2020).

Een ander groot circulatie patroon is de zogenaamde *Conveyor belt*. De thermohaliene circulatie, zoals de *Conveyor belt* officieel heet, is een wereldwijd circulatie patroon dat oppervlakte water naar de diepzee en terug omhoog brengt. Het stijgen en dalen van water gebeurt op basis van verschil in zowel temperatuur en zoutgehalte. Tot op heden is weinig bekend van de werking van de thermohaliene circulatie op het transport van plastic. Het noordelijkste deel van de Atlantische Oceaan geeft wel aanwijzingen dat de polen, waar water afkoelt en daalt, accumulatie zones kunnen ontstaan (Cózar et al., 2017). Uit modellen, het puin

dat gevonden is rondom de noordpool en het gebrek aan regionale bronnen van vervuiling, kon opgemaakt worden dat de plastic deeltjes via de noordelijke tak van de thermohaliene circulatie in het Noordpool gebied heeft kunnen komen. Het onderzoek van Cózar et al. (2017) verwacht dat de zeebodem onder het poolgebied als put zal dienen voor plastic afval.

Golf en wind geïnduceerd transport

Plastic, dat aan het oppervlak drijft, wordt naast stromingen ook beïnvloed door beweging die door golven wordt gegenereerd. Een plastic deeltje aan het oppervlak van een golf beweegt sneller en langer vooruit op de top van de golf dan het achteruit beweegt in het dal van de golf (Van Sebille et al., 2020). Deze zogenoemde *Stokes drift* veroorzaakt een verplaatsing in de richting van de golf en kan tot één procent van de snelheid van de wind meegeven aan drijvende deeltjes (Zhang, 2017). Over de vraag in hoeverre dit transport door golven plaatsvindt en of dit afhankelijk is van grootte, dichtheid of vorm, is tot op heden onduidelijk (Van Sebille et al., 2020). Bij eerder onderzoek op bassin-schaal werd de invloed van *Stokes drift* (van regionale winden) op het accumuleren van plastic ten opzichte van Ekman *drift* nog nihil bevonden (Kubota, 1994). Recentere onderzoeken in de Japanse Zee en de Noorse Zee vond op kleinere schaal wel degelijk een rol voor *Stokes drift*, waarbij plastic deeltjes enkele millimeters in de richting van de kust werden bewogen (Van Sebille et al., 2020).

Op het eerste gezicht lijkt de invloed van *Stokes drift* op de accumulatie van plastic op de oceanen dus minimaal, maar uit onderzoek blijkt *Stokes drift* een grotere rol te spelen in het transport tussen oceanen. Zo vond Dobler et al. (2019) dat de *Stokes drift* ervoor zorgt dat er een hogere kans is dat plastic uit de Indische Oceaan afsplitst uit de *gyre* en in de richting van de Zuid Atlantische Oceaan of Zuidelijke Grote Oceaan verdwijnt. Verder blijkt Antarctica, waarvan lang gedacht werd dat het goed beschermd is tegen ronddrijvend puin door sterke circumpolaire winden, zeestromingen en fronten, minder afgeschermd is dan gedacht (Fraser et al., 2018). Hier zorgen seizoensgebonden *Stokes drift* en eddies ervoor dat deeltjes uit de circumpolaire stroom rondom Antarctica worden gedrukt. Dit gebeurt zowel naar binnen richting Antarctica, als naar buiten in de richting van de wereldwijde oceanen.

Naast dat wind indirect zorgt voor plastic transport, door het creëren van stromingen en golven, kan het ook direct invloed hebben op de beweging van de plastic deeltjes (Zhang, 2017). Wind heeft vooral invloed op plastic dat verder buiten het water uitsteek zoals met lucht gevulde waterflesjes en andere verpakkingen (Schwarz et al., 2019). Echter is vaak niet goed onderscheid te maken tussen puur windvang en de eerder beschreven *Stokes drift*, en worden beide factoren samengenomen in berekeningen (Van Sebille et al., 2020).

Wind

Zowel de stroming en golven worden sterk beïnvloed door de wind en de richting hiervan is of gelijk aan die van de wind of is een afgeleide hiervan. Kort gezegd ontstaat wind door lucht die vanuit hogedrukgebieden richting lagedrukgebieden stroomt. De aarde bestaat uit meerdere hoge en lagedrukgebieden die ontstaan door verschillende atmosferische circulatie cellen. Hieronder volgt een korte introductie van het ontstaan van de windrichtingen (zie Figuur 3 voor de visuele samenvatting).

De aarde warmt ter hoogte van de evenaar sterker op dan rond de polen. Een gevolg hiervan is dat de lucht rond de evenaar sterk opwarmt en opstijgt. De opgestegen lucht buigt af richting de polen en geeft warmte af aan de ruimte waardoor het afkoelt. Door het opstijgen van de lucht ontstaat er rond de evenaar een zone met een relatief lage luchtdruk. Rond de dertigste breedtegraad is de lucht dusdanig afgekoeld dat het terug naar het aardoppervlak daalt. De neergedaalde lucht stroomt voor een deel terug naar de evenaar (en vormt zo de Hadley Cel) en een ander deel stroomt over het oppervlak verder richting de polen. De lucht die verder richting de polen stroomt warmt weer op aan het oppervlak en rond de zestigste breedtegraad is de lucht weer genoeg opgewarmd om nogmaals op te stijgen. De opgestegen lucht stroomt in de richting van de evenaar en vormt zo de Ferrel Cel. Ook op deze breedtegraad ontstaat een relatief laag drukgebied door de opstijgende lucht. De lucht rond de polen is kouder en stroomt richting de evenaar, neemt warmte en stijgt rond de zestigste breedtegraad op. Omdat de lucht van de polen zwaarder is dan de lucht in de Ferrel Cel, mixen deze niet goed. De opgestegen lucht buigt daarom af richting de polen waar het weer afkoelt en daalt. Deze cel wordt de polaire cel genoemd en vormt rond de polen een hogedrukgebied.

In essentie vormen de luchtstromen van hogedrukgebieden richting de lagedrukgebieden de langetermijnwindrichtingen. Deze windrichtingen vormen, samen met de draaiing van de aarde



Figuur 3 Overzicht van de verschillende atmosferische circulatie cellen ("The Geophile Pages", 2020)

en continentale randen, de algemene oceaanstromingen (Dohan & Maximenko, 2010). De belangrijkste oorzaak van de verplaatsing van wind, en dus de richting van oceaanstromingen en golven, is het verschil in druk op verschillende plekken op de aarde.

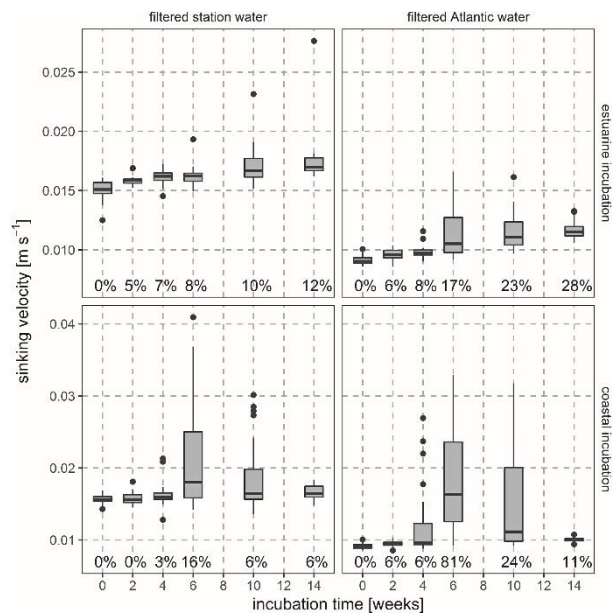
Verticale verplaatsing

Wanneer plastic deeltje een hogere dichtheid hebben dan het zeewater waarin ze zich bevinden, zullen ze langzaam beginnen te zinken naar de bodem van de oceaan. Sommige soorten plastic hebben dat van nature al, zoals polystyreen (PS), andere zijn lichter en blijven dus drijven, zoals polyethyleen (PE). Toch worden beide plastics gevonden in sediment op oceaانبodems (Galloway et al., 2017). En wordt er verwacht dat 99% van alle plastic die de oceaan binnenkomt, de oceaانبodem zal bereiken (Porter et al., 2018). Er zijn dus processen gaande die ervoor zorgen dat plastic door de waterkolom bewegen in verticale richting. Deze processen zijn *biofouling*, inname door organismen en abiotische factoren.

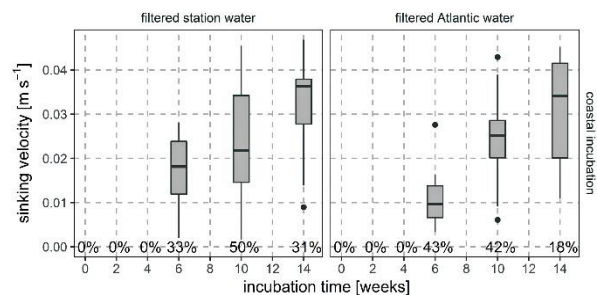
Biofouling

Zodra (micro)plastics in zeewater terecht komt, vormt op het oppervlak een *biofilm* van biogene deeltjes, dit wordt *biofouling* genoemd. Een scala aan organismen is betrokken bij *biofouling* waaronder bacteriën en fytoplankton. Maar ook grotere organismen als sponzen en bivalven zoeken graag een plekje op verschillende oppervlakken. De micro-organismen hechten in eerste instantie door middel van adsorptie aan het materiaal en ontwikkelen daar een scala aan eiwitten en biomoleculen als *coating* waaraan ze kunnen blijven kleven (Rummel et al., 2017) (Galloway et al., 2017).

Uit onderzoek van Kaiser et al. (2017) blijkt dat de *biofouling* zorgt dat de dichtheid van zowel PS als PE vergroot. Beide plastics werden veertien weken lang blootgesteld aan biofouling in estuarium en Atlantisch water, waarbij tweewekelijks de zinksnelheid werd vastgesteld. In het estuarium nam de snelheid van PS toe met 12% en 28% voor respectievelijk het estuarium en Atlantische water. (Figuur 4) De toename van zinksnelheid nam significant ($p < 0.05$, $R^2 \geq 0.85$) lineair toe gedurende het experiment. In het station op de Atlantische oceaan nam de snelheid eerst toe met respectievelijk 16% en 81% na zes weken, maar nam af tot 6% en 11% in week veertien. Bij het PE in de Atlantische Oceaan, wat in eerste instantie niet zonk, begon na week 6 de zinksnelheid significant toe te nemen voor zowel het estuarium als het Atlantische water. (Figuur 5) Wel nam na tien weken het aantal deeltjes dat zonk weer af. Ook werden in het estuarium geen zinkende PE-deeltjes aangetroffen gedurende het experiment.



Figuur 4 Gemeten zinksnelheid van PS-deeltjes gedurende de weken van de incubatie; de getallen in het figuur geven de relatieve toename van de mediane zinksnelheid aan ten opzichte van week 0 (Kaiser et al., 2017)



Figuur 5 Gemeten zinksnelheid van PE-deeltjes geïncubeerd in kustwater gedurende de weken van de incubatie; getallen in de panelen geven het relatieve aantal deeltjes aan dat is gezonken. (Kaiser et al., 2017)

Fazey & Ryan (2016) onderzochten de verhouding tussen de grootte van de *fouled* plastic deeltjes en de tijd waarin 50% van het plastic gezonken is. Deze correlatie bleek significant te zijn. En onderzoek van Kooi et al. (2017) toont aan dat het langer duurt voordat een deeltje begint te zinken bij een groter oppervlak. Tegelijkertijd toont dit onderzoek aan dat de zinksnelheid toeneemt bij een toenemende deeltjesgrootte.

Naast een neerwaartse gang, kent plastic ook een terugkeer naar het wateroppervlak. Van de *fouled* plastic deeltjes treedt voordat de oceanbodem bereikt wordt, in ieder geval in eerste instantie, een snelle *defouling* op (Ye & Andrady, 1991). Het licht dringt niet ver genoeg door tot deze diepte om voldoende algengroei te behouden. Daarnaast kunnen vissen, die zich voeden met de ontstane algengroei, ook een rol spelen in het afnemen van de *biofilm*. De afgenomen dichtheid zorgt ervoor dat de plastics weer naar het oppervlak drijven, waar er

opnieuw een *biofilm* kan aangroeien. Deze op- en neergang kan net zo lang doorgaan tot het plastic dusdanig vervuild is dat het permanent naar de oceaانبodem verdwijnt. Het aantal op- en neergangen is afhankelijk van de snelheid van het foulen en defoulen van het plastic in maritieme omstandigheden (Ye & Andrady, 1991).

Inname door dieren

Een tweede reden voor het verticale transport is het inslikken van plastic door dieren die zich verticaal door de waterkolom bewegen. Planktivore vissen slikken microplastic in wanneer dit verward wordt met plankton (door de kleur en grootte), het tussen plankton in zweeft of wanneer het omsloten is door een *biofilm* (Ory et al., 2018). Mesopelagische vissen leven tussen de 100 en 1000 meter onder zeeniveau, maar foerageren 's avonds aan het wateroppervlak. Na ingestie nemen de vissen het plastic mee terug naar de diepere lagen van de oceaan (Davison & Asch, 2011). De incidentie van het aantreffen van microplastic in de maag van mesopelagische vissen ligt tussen de 9% en 35% (Cozar et al., 2014). Alleen al de in de Noord Atlantische Oceaan wordt de hoeveelheid plastic die binnenkomt bij mesopelagische vissen geschat op 12 tot 14 duizend ton per jaar (Davison & Asch, 2011).

Na primaire ingestie en binnenkomst in de voedselkringloop wordt het ingeslikte plastic van consument aan hogere ordes consumenten doorgegeven. Zo is van een lantaarnvis (*Myctophum auro lanternatum*) bekend dat deze zowel actief plankton consumeert wat mogelijk voorafgaand microplastic heeft binnen gekregen, maar ook passief microplastic binnen krijgt (Wright et al., 2013). Deze vis wordt op zijn beurt weer geconsumeerd door inktvis, tonijn, zeevogels, zeehonden en tandwalvissen, waarbij microplastic wordt doorgegeven (Boerger et al., 2010).

Meerdere onderzoeken wijzen uit dat de microplastics na verloop van tijd de vis weer verlaten (Colton et al., 1974; Grigorakis et al., 2017; Hoss and Settle, 1990; Ory et al., 2018). Een voorbeeld is de baars-achtige *Serirolella violacea*, waarbij de plastics na een tot zeven weken de ingewanden weer verlaat in de vorm van fecale pellets (Ory et al., 2018; Eriksen et al., 2014). Deze pellets worden samen met dode (overblijfselen van) dieren de *marine snow* genoemd. Doordat microplastics vastzitten in deze *marine snow* neemt de zinksnelheid toe met 818 m dag^{-1} en 916 m dag^{-1} voor respectievelijk drijvende en niet drijvende plastics (Porter et al., 2018). Een model van Kvale et al. (2020) berekende met cijfers, vergaard uit de oceanische gyres, dat het verdwijnen van microplastics uit het oppervlaktewater voor 7-20% verklaard kan worden door het verticale transport door *marine snow*. Dit werd aangevuld met het argument

dat een groot deel van het plastic al voor het bereiken van de *gyres* onderhevig zou zijn aan verticaal transport en het getal dus eerder op 100% geschat kan worden dan op 7%.

Het samenkomen van plastic en *marine snow* heeft niet enkel effect op de plastic deeltjes, maar ook op de eigenschappen van de pellets zelf (Porter et al., 2018). Uit onderzoek van Cole et al. (2016) blijkt dat de aanwezigheid van plastic in pellets zorgt voor een significante afname van de dichtheid ($P < 0.001$), het zinkvermogen met 2,25 maal afneemt en er een grotere kans op fragmentatie is. Het langzamere zinken heeft mogelijk als gevolg dat er meer microbiële degradatie, remineralisering en begrazing optreedt van de *marine snow* en leidt mogelijk tot het vrijlaten van de microplastic deeltjes naar het wateroppervlak (Kvale et al., 2020; Porter et al., 2018). Zo ontstaat er net als bij het verticale transport door biofouling een cyclus van dalend en stijgend van microplastic.

Abiotische invloed op verticaal transport

Naast de bovengenoemde biotische factoren zijn er ook fysische factoren die bijdragen aan het transport van microplastics naar de diepere lagen van de oceaan. Voorbeelden hiervan zijn subductie van zouter water, zwaar water van continentale platen dat de diepzee in stroomt, stormen en oceaan convectorie (Woodall et al., 2014). Deze processen brengen grote hoeveelheden water in beweging en zou theoretisch gezien microplastics kunnen verplaatsen, meer onderzoek is nodig om dit te bevestigen.

Ook onderzeese topografie kan de verticale verplaatsing van microplastic beïnvloeden. Zo beschrijft Peng et al. (2018) de verticale verplaatsing van materiaal van het zeeoppervlak naar de hadopelagische zone (6 tot 11 km diepte). Er werd een verticale transportsnelheid van 64 tot 78 m dag⁻¹ gerapporteerd in de Japan-trog en een vergelijkbare sediment afzetting in de Marianentrog (Oguri et al., 2013; Glud et al., 2013). Beide evenementen werden waarschijnlijk geïnduceerd door aardbevingen en/of de herhaaldelijke resuspensie en afzetting van sediment en versterkt voor de v-vormige topografie van de trog, met als mogelijk gevolg dat microplastics zich konden settelen in de hadopelagische zone (Peng et al., 2018).

Conclusie en discussie

Het globale transport van plastic vindt voornamelijk plaats via de belangrijkste oppervlaktestromingen in de oceanen. Windrichting, de draaiing van de aarde (Coriolis effect) en de geografie van de oceanen hebben sterke invloed op de richting van de algemene, langdurige, oceaanstromingen. De windrichting wordt voornamelijk bepaald door het verschil

van hoge- en lagedrukgebieden, waartussen de winden stromen, in combinatie met het draaien van de aarde. De belangrijkste stromingen die we kennen wat betreft het plastictransport zijn de oceaan-brede *gyres*. Deze kringstromingen hebben een centrerende werking en verplaatsen het plastic naar de binnenzijde van de vijf grote oceaan *gyres*.

Secundair hieraan zijn de *mesoscale* eddies en golven op open zee. Eddies kunnen zowel bijdragen aan de collecterende werking van de *gyres*, wanneer de eddies in dezelfde richting draaien als de *gyre*. Tegengestelde eddies hebben een separerend effect en zorgen voor een transport tussen de *gyres*. Van golven is veel minder bekend welke rol ze spelen in het verplaatsen van deeltjes in de oceaan in het algemeen, en wat de verhouding is ten opzichte van de andere factoren die hier invloed op hebben. Wel worden er in recenter onderzoek aanwijzingen gevonden dat golven er voor kunnen zorgen dat plastic afwijkt van het normale pad van transport.

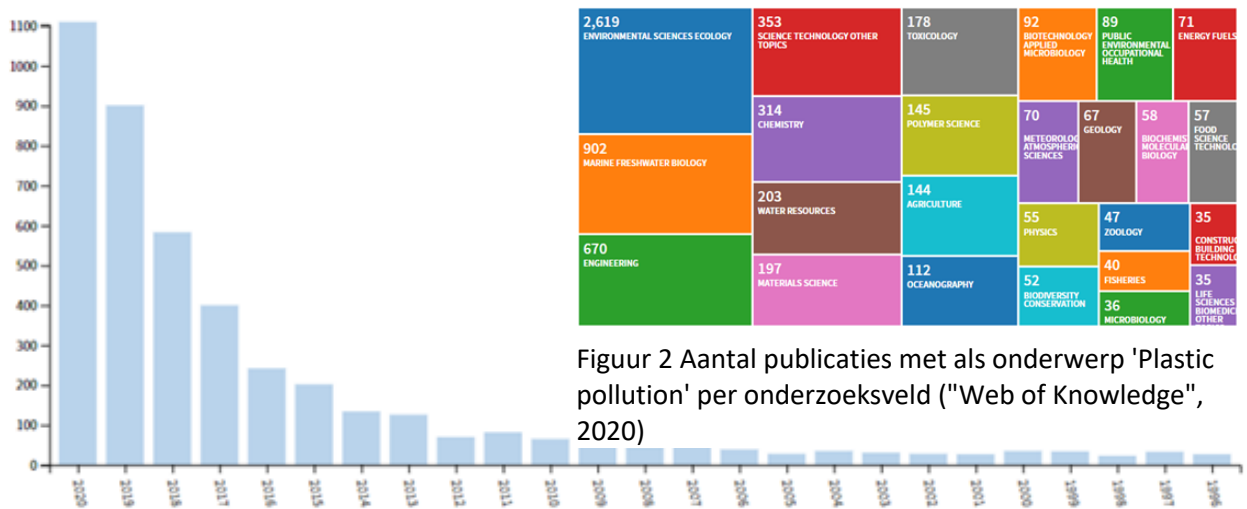
Verticaal transport kan gezien worden als rem op plastictransport of als oorzaak van het stoppen van plastictransport. Enerzijds is er plastic dat onder vestigingsdruk van micro-organismen een hogere dichtheid krijgen en hierdoor naar de diepere lagen van de oceaan zinkt. Anderzijds is er plastic dat in feces terecht komt via inname door dieren, en op deze manier zinkt. Of het transport van plastic hiermee geremd wordt of ophoudt, hangt af van of het plastic via deze wegen de oceanobodem bereikt of dat het halverwege de waterkolom ontdaan wordt van de biotische coating en weer terug naar de oppervlakte stijgt.

Over het vervoer langs en nabij kusten is nog veel onduidelijk. De vele plaats specifieke factoren die invloed hebben op het transport maken het lastig om een eenduidige conclusie te trekken over dit soort transport. Wel lijken deze stromingen een bepaalde filterfunctie te hebben die ervoor zorgen dat grotere stukken plastic bij de kust blijven. Door de interactie met het sediment breken de plasticdeeltjes af in kleinere deeltjes die wel naar open zee vervoerd kunnen worden.

Opgemerkt moet worden is dat er in deze studie alleen algemene factoren of voorbeelden van algemene factoren zijn meegenomen. Seizoensgebonden veranderingen, gebied specifieke stromingen, ijs transport, stormen en andere weersverschijnselen zijn niet meegenomen omdat er een algemeen beeld van het transport van plastic gezocht word en niet het beeld van specifieke situaties.

4. Integratie

Al voor het schrijven van de scriptie kon gesteld worden dat het verkeerd (her)gebruiken van plastic slecht is voor zowel mens als milieu. Uit het grote aantal bronnen dat beschikbaar is voor het schrijven van deze scriptie is op te maken dat het onderwerp in de belangstelling staat van onderzoekers. Uit de gegevens blijkt zelfs dat het aantal publicaties dat per jaar verschijnt over vervuiling door plastic elkaar jaar groter wordt (figuur 1). Daarnaast is er een grote verscheidenheid zichtbaar in de onderzoeksvelden die dit probleem onderzoeken (figuur 2).



Figuur 1 Aantal publicaties met als onderwerp 'Plastic pollution' per jaar ("Web of Knowledge", 2020)

Veel van de gevonden onderzoeken houden zich bezig met oplossingen voor het probleem of het beschrijven van het transport en de accumulatiezones van plastics. Echter, het opruimen van plastic en diens bewegingen beschrijven is enkel symptoombestrijding. Ondanks dat de opkomst van meer fundamentele onderzoeken groeit, blijft het noodzakelijk om eerst goed te begrijpen waar het probleem door ontstaat en welke theorieën hierachter schuilgaan. Zoals blijkt uit vorige hoofdstukken is het transport van plastic op vele manieren te omschrijven en zijn er vele factoren die gezamenlijk bepalen in welke richting plastic verplaatst. Deze factoren worden beschreven in disciplinaire theorieën, die elk slechts een deel van het grotere geheel beschrijven of verklaren. Om het volledige beeld te schetsen en vooral ook de omvang van het probleem aan te tonen is het van belang om deze losstaande theorieën te integreren in een alomvattende interdisciplinaire theorie.

Een interdisciplinaire theorie moet meerdere variabelen van verschillende disciplinaire theorieën met elkaar verenigen (Repko & Szostak, 2017). Het is soms het geval dat deze variabelen op een niveau met elkaar vergeleken worden, waarbij ze niet compatibel zijn met

elkaar. Dan is het soms nodig om op een hoger niveau de connectie te vinden. In dit geval is er sprake van een *wide interdisciplinarity*, waarbij in beide disciplines van plastic transport wordt gesproken, maar er een totaal andere beschrijving van wordt gegeven. Doordat het om verschillende processen gaat, zowel binnen de disciplines als tussen de disciplines, is het niet zinvol om te trachten een bredere of allesomvattende omschrijving van het concept 'plastic transport' te zoeken. Hiermee zal de nuance tussen de processen gewaarborgd blijven. Tevens zal het transformeren van het concept niets opleveren doordat het geen tegenoverstaande betekenissen betreft. Om het principe van de minste actie te respecteren zal een hogere organisatie achter het concept gezocht worden. Waar deze integratie naar op zoek gaat is het achterliggende, overstijgende oorzaken achter de vormen van transport in de vorm van een model. Of wel, hoe kunnen we het transport van plastic begrijpen door het vanuit een hoger perspectief te beschouwen?

De gevonden inzichten zijn na het afronden van het disciplinaire onderzoek geconcretiseerd en vergeleken met elkaar. Het onderlinge contact en overleg gedurende het onderzoek zorgde ervoor dat er vanuit de literatuur een drietal onderwerpen werd gevonden waar een *common ground* gevonden kon worden. Deze onderwerpen zijn hieronder uitgewerkt, eerst per discipline en vervolgens samengenomen. In de tabel zijn de onderwerpen met disciplinaire bevindingen in het kort opgeschreven.

Onderwerp / Discipline	Transport van gebieden met een hoge druk naar gebieden met een lage druk	Weg van de minste weerstand.	Stabiel systeem.
Mariene Wetenschappen	Winden waaien over de wereld grofweg van gebieden waar lucht neerdaalt (hoge druk) naar gebieden waar lucht opstijgt (lage druk). Wind creëert stromingen en golven die plastic vervoeren.	Golven en wind kunnen een route creëren waar de weerstand lager is dan op de normale route. Daarnaast kan het hechten van micro-organismen de gang naar de diepzee veroorzaken. In beide gevallen verandert de weg van de minste weerstand zo en dus de verplaatsing van plastic.	Het transport van plastic is verbonden aan processen die relatief weinig veranderen. De zeestromen en windrichtingen blijven nagenoeg gelijk. Uiteraard zijn er vele plaatselijke, seizoensgebonden en incidentele veranderingen, maar gemiddeld genomen blijft het stabiel.
Geologie van Ontwikkelingslanden	Plastic wordt vervoerd van landen waar het financieel ongunstig is om het te recyclen naar landen waar het juist financieel gunstig is om plastic te recyclen. Er is dus een financiële drukgradiënt waarover dit transport plaatsvindt. Dit hangt tevens samen met machtsrelaties die vanuit kolonialisme bestaan.	Door Europese wetgeving rondom plasticverwerking en transport is het makkelijker om plastic vanuit Europa naar Aziatische landen te verplaatsen dan naar landen binnen Europa. Omdat de weg naar Zuidoost-Azië makkelijker is dan het behouden van plastic in Europa, is dit de gebruikelijke weg. De lobby tegen maatregelen in Europa draagt hier ook aan bij.	De verhoudingen tussen de verschillende landen is al sinds het kolonialisme min of meer onveranderd. Het machtsverschil dat bestaat tussen landen met een hoge economische status en een lage economische status, tussen landen die koloniseerden en voorheen gekoloniseerde landen, is er en lijkt ook een lange nasleep te hebben.

Transport van gebieden met een hoge druk naar gebieden met een lage druk

Vanuit de discipline Mariene Wetenschappen kan worden opgemaakt dat de globale richting van het transport van plastic in oceanen ontstaat door het algemene windrichtingen patroon. Deze winden bewegen zich van zones met een relatief hoge druk naar zones met een lage druk. De draaiing van de aarde zorgt er vervolgens voor dat er circulaire windpatronen ontstaan. Het gevolg van deze windpatronen is het ontstaan van de algemene circulatiepatronen in de oceanen, waar ook plastic transport in essentie door aangedreven wordt. Er kan dus gesteld worden dat plastic van hogedrukgebieden naar lagedrukgebieden verplaatst. Een vergelijkbare situatie treffen we aan in de gyres. Hier zien we dat plastic dat zich aan de randen van de gyre bevindt naar het centrum van de gyre wordt verplaatst. De stroming aan de rand van de gyre is sterker dan in het de centrale luwe zone van de gyre. Ook hier is dus een transport van hoge druk naar lage druk zichtbaar.

De discipline Geografie van Ontwikkelingslanden heeft gesteld dat het verplaatsen van plastic mogelijk is doordat de waarde van plastic afval in Aziatische landen hoger is dan in Europese landen. Dit is deels te verklaren door de hogere loonkosten van personeel in de afvalsector en hogere verwerkingskosten zelf. Tevens heeft is de waarde van plastic afval in de Europese Unie niet hoog. Dit komt doordat de Europese Unie in een lineaire economie zit, waarbij producten worden gemaakt, gebruikt en weggegooid. De afgedankte producten worden

niet hergebruikt en gerecycled zodat er weer iets van gemaakt kan worden. Het maken van nieuwe producten wordt veelal van nieuwe grondstoffen gedaan. Afval blijft dus afval. In Azië is dit anders. Het plastic afval zorgt hier voor het creëren van nieuwe banen. Bovendien is het verscheppen van plastic een manier voor transportbedrijven om het verscheppen van producten vanuit Azië naar Europa goedkoper te maken, doordat er geen lege containers richting Azië gaan. De economische waarde is in Azië dus anders dan in Europa. In Europa wordt naar manieren gezocht om zo goedkoop mogelijk om te gaan met plastic, terwijl plastic in Azië juist mogelijkheden biedt. Afval kolonialisme is het fenomeen waarbij Westerse landen verplaatsen naar armere landen. Doordat hierbij land wordt toegeëigend door de exporterende macht, en de armere landen dit ondergaan, is er sprake van een inherent machtsverschil.

Repko & Szostak (2017) beschrijven dat het organiseren van concepten als techniek kan dienen om een *common ground* te vormen. De techniek organisatie identificeert het gemeenschappelijke van concepten uit verschillende disciplines. Wanneer beide disciplinaire omschrijvingen van een verklaring voor het verplaatsen van plastic onder elkaar worden gezet, zoals hier is gedaan, is er intuïtief een verbinding te maken tussen beide disciplines. De verplaatsing van plastic in beide disciplines betreft hetzelfde concept, maar twee verschillende verklaringen. Beide disciplines verklaren het transport van plastic op een andere manier. Bij de Mariene Wetenschappen wordt gesproken in een verschil in luchtdruk, terwijl bij Geografie van Ontwikkelingslanden wordt gesproken over verschillen in economische waarde, en een machtsverschil tussen de Europese Unie en Azië. Echter is de achterliggende oorzaak van het transport gelijk. Het organiseren van beide concepten van plastic transport ten opzichte van elkaar was nodig om de onderliggende oorzaak en connectie aan te tonen. Beide omschrijvingen van transport kunnen worden verklaard door het verschil in druk als oorzaak te noemen. Voor beide disciplines worden andere invullingen aan deze ‘druk’ gegeven, zoals fysische of financiële druk, maar beide zorgen voor een verklaring voor het transport van plastic, de een in de oceanen, de andere tussen landen.

De weg van de minste weerstand

De weg van de minste weerstand kan in de Mariene Wetenschappen beschreven worden als reden voor waarom plastic een andere route aflegt dan de hierboven beschreven ‘normale route’ van hogedrukgebieden naar lagedrukgebieden. Omdat plastic zelf geen beweging kan veroorzaken is het afhankelijk van de krachten die op het plastic deeltje werken. Over het algemeen is de route over de drukgradiënt de route met de minste weerstand. Toch zien we dat plastic niet altijd via die route verplaatst wordt. Dit kan betekenen dat er een andere route is

waar de weerstand lager is, of dat de 'normale route' een hogere weerstand krijgt. Een voorbeeld van een route waar de weerstand lager is, is de invloed van wind en golven. Wanneer wind en golven kracht uitoefenen op plastic kan er een route ontstaan in de richting van de wind. Voorwaarde hiervan is dat de wind of golven meer invloed uitoefenen op het plastic dan de stroming van de 'normale route'. Het verticale transport van plastic is een voorbeeld van het verhogen van de weerstand op de 'normale route'. Het koloniseren van plastic door micro-organismen kan eraan bijdragen dat plastic dusdanig zwaar wordt dat het niet meer meegenomen wordt door de stromingen, maar zwaartekracht ervoor zorgt dat het plastic naar de diepzee zinkt. Omgekeerd zorgt *defouling* er juist voor dat de weerstand weer afneemt en het plastic weer onderhevig is aan de oceaanstromingen.

Uit het disciplinaire hoofdstuk van Geografie van Ontwikkelingslanden is wet- en regelgeving met betrekking tot plastic lastig gebleken. Een lobby tegen maatregelen omtrent plastic door de producenten bemoeilijkt het proces van strengere wet- en regelgeving. Hierdoor is het nog steeds mogelijk plastic te produceren, zonder hierbij gerecycled materiaal te gebruiken, of belasting te betalen op het nieuw gemaakte plastic. Tevens is de invoer van de *Waste Shipment Regulation* niet evenredig binnen de Europese Unie, waardoor nog steeds (schadelijk) plastic afval geëxporteerd kan worden richting Azië. Door de weerstand die binnen de Europese Unie bestaat, is het nog steeds mogelijk om plastic naar Azië te exporteren, ondanks de regels die er voor zijn. Het creëren van oplossingen in de Europese Unie wordt hiermee dus uit de weg gegaan. China heeft zich hiertegen verzet, en heeft de *National Sword Policy* in 2018 in werking gezet. Plastic afval uit Westerse landen importeren zij nu niet meer. Hierdoor moet de Europese Unie op zoek naar andere alternatieven voor het plastic afval. Deze alternatieven worden gevonden in andere Aziatische landen.

Dit principe sluit verder aan op het verhaal van transport van plastic over een bepaalde drukgradiënt. We zien bij allebei de disciplines terug dat de weg van de minste weerstand opgaat voor het transport van plastic. Als we uitgaan van het idee dat transport plaatsvindt wanneer er een drukverschil is, zien we een andere uitkomst wanneer er een andere route is die minder weerstand opwerpt of wanneer de standaard route een te hoge weerstand heeft.

Wij beschrijven dit als de *weg van de minste weerstand*. Hiermee wordt bedoeld dat plastic wordt verplaatst op zo een manier dat het de minste weerstand ondervindt. Dit is in de Mariene Wetenschappen terug te zien in het feit dat plastic niet alleen in de gyres te vinden is, maar ook in de andere delen van de oceanen. Er zijn dus andere factoren die invloed hebben op de route die plastic aflegt. In de Geografie van Ontwikkelingslanden is dit duidelijk doordat plastic nog steeds richting Azië wordt verplaatst, ondanks de wet- en regelgeving die er vanuit de Europese

Unie is om dit tegen te gaan. Het is blijkbaar nog steeds mogelijk om ons plastic afval naar Azië te verplaatsen. Wederom zorgt de organisatie van de disciplinaire bevindingen, in dit geval van oorzaken voor het afwijken van de normale route, voor het vormen van algemene wetmatigheid die terug te zien is in beide disciplines. De wetmatigheid die wij vonden in beide disciplines is dat plastic de weg van de minste weerstand volgt.

Stabiel systeem

Het mariene systeem en het systeem aarde zijn systemen die een relatieve stabiliteit kennen. De processen die deze systemen vormen, zoals klimaat, de stand van de aarde, invloed van de zon en daaruit volgend de richting van de winden veranderen wel, maar op een tijdschaal die voor de mens niet relevant is. Wat hieruit opgemaakt kan worden is dat de processen die beschreven worden in deze scriptie ook een bepaalde robuustheid kennen. Zo is zijn de gyres en de bijbehorende algemene transport patronen sinds de ontdekking van diens verzamelende werking niet of nauwelijks veranderd sinds de metingen begonnen. Hetzelfde kan gesteld worden voor het proces van *biofouling*, dit is ook geen nieuw fenomeen.

Kolonialisme is een fenomeen dat al sinds de 15e eeuw bestaat. Tegenwoordig bestaat het nog steeds, maar in een andere vorm. De verplaatsing van afval door Westerse landen naar armere landen, waaronder landen in Azië, is een vorm van afval kolonialisme. Door het plastic afval vanuit de Europese Unie naar Azië te verplaatsen, wordt land in Azië toegeëigend door de koloniserende macht. Doordat de landen in Azië niet over de juiste infrastructuur beschikken om dit afval te verwerken, is er sprake van kolonialisme.

Door beide disciplines te organiseren is gevonden dat er sprake is van een stabiel systeem in beide disciplines. In oceanen, en op aarde in het algemeen, zien we dat de fysische en biologische processen die transport veroorzaken voor menselijke begrippen uiterst stabiel en onveranderd zijn. In de Geografie van Ontwikkelingslanden is dit terug te vinden in het afval kolonialisme, waarbij rijkere landen macht uitoefenen over armere landen. Ook bij de politieke en economische verhoudingen zien we een stabiele situatie die terug te leiden is tot de tijd van het kolonialisme. De verhoudingen die vroeger bestonden, waarbij het Westen dominant is, bestaan nu nog steeds. Dit wil voor beide disciplines zeggen dat ver voor het bestaan van plastic de processen al aanwezig waren. Met het oog op mogelijke oplossingen voor het probleem is dit van cruciaal belang.

5. *More Comprehensive Understanding & Conclusie*

Het transport van plastic kan worden samengevat in onderstaande theorie:

Plastic verplaatst tussen gebieden waartussen een drukgradiënt aanwezig is. Deze drukgradiënt kan berusten op economische, politieke of fysische ongelijkheid. Uitzondering op de regel is wanneer dit niet de weg van de minste weerstand is. Weerstand kan worden opgeworpen of juist weggenomen door toedoen van mens, milieu of de topografie van de aarde. In principe berust het verplaatsen van plastic op een stabiel systeem. Binnen de Mariene Wetenschappen kunnen we gebruik maken van processen die al vele jaren hetzelfde zijn. Binnen de Geografie van Ontwikkelingslanden gaan we uit van processen die ook al langere tijd vaststaan, namelijk het Westen die de armere delen van de wereld probeert te controleren of onderschikkend te maken.

In onze disciplinaire delen hebben we beschreven wat de verklaring voor transport van plastic is binnen het onderzoeksveld. Daar zijn we geen aanwijzingen tegengekomen om te concluderen dat deze verklaringen onjuist zijn. Bij het vormen van de *common ground* konden we vervolgens concluderen dat de verklaringen berusten op vergelijkbare onderliggende oorzaken. Door disciplinaire waarheidsclaims te verenigen in een nieuwe theorie, is deze nieuwe theorie omvangrijker en interdisciplinair. Repko & Szostak (2017) beschrijven dit als een *causal integration*, zoals hieronder geciteerd is:

“Causal or propositional integration refers to combining truth claims from disciplinary theoretical explanations to form an integrated theory -- that is, a new proposition that is interdisciplinary and more comprehensive.”

Omdat de disciplinaire verklaringen zich als ware naast elkaar bevinden, gedeelde variabelen bevat en elkaar niet tegenspreken is het mogelijk om *horizontal integration* als strategie voor *causal integration* te gebruiken (Repko & Szostak 2017).

Bovenstaande theorie kan worden gebruikt als beginpunt bij onderzoek naar oplossingen voor het plastic afvalprobleem, het voorlichten van mensen over het bestaan van het probleem, maar ook bij het opstellen van richtlijnen en regelgeving die het probleem moeten oplossen. Tot op heden werd vaak een tweeledig beeld beschreven van aan de ene kant plastic in het mariene milieu en aan de andere kant het probleem van plastic transport naar Azië door Westerse landen. Met dit onderzoek is een begin gemaakt in het maken van een koppeling en het aantonen van

de noodzaak van interdisciplinair onderzoek naar de horizontale verplaatsing van plastic, dus zowel in oceanen als tussen landen. Het probleem is op deze manier meer inzichtelijk gemaakt.

Vanuit de gecreëerde *common ground* en de daaropvolgende *more comprehensive understanding* is duidelijk geworden dat de processen die in beide disciplines worden beschreven in essentie op elkaar lijken. Dit heeft ertoe geleid dat er een nieuwe, meer omvangrijke theorie kon worden opgesteld die de inzichten van beide disciplines meeneemt. In beide disciplines wordt uitgegaan van een stabiel systeem, waarbinnen sprake is van een drukgradiënt die zorgt voor transport van plastic. Het transport zal via de weg van de minste weerstand verlopen.

Wij zijn van mening dat het oplossen van de plastic problematiek begint bij de kern van het probleem. We zien dat de druk vanuit Westerse landen zorgt voor een verhoogde druk in Aziatische landen en vooral het milieu in deze landen. Zoals gemeld zijn voornamelijk de Aziatische landen verantwoordelijk voor de input van plastic in de oceanen. Azië is dus niet de beste locatie om het afgedankte plastic te verwerken. Zodra het in de oceanen is, is het vrij lastig gebleken om het plastic er weer uit te halen, en ligt dus hier niet de oplossing volgens ons. Om de input van plastic in de oceanen te voorkomen is het nodig om de toestroom van plastic naar Aziatische landen te verlagen. Omdat nu de weg van de minste weerstand naar Azië loopt, zal het zonder ingrijpen van de mens niet anders verlopen. Overheden moeten dus extra weerstand opwerpen op deze route om het plastic transport naar Azië tegen te gaan. Om dit te bewerkstelligen is sterker optreden vanuit bijvoorbeeld de Europese Unie nodig. De Europese Unie dient voor een strikter beleid te zorgen, met consequente implementatie onder alle lidstaten. Zoals is gebleken doet de Waste Shipment Regulation tekort, door verschillende implementatie onder de lidstaten en de handhaving ervan. Bij toekomstig beleid is het noodzakelijk om strikter te formuleren wat wel en niet mag en hier nauwkeuriger op te handhaven, zodat het duidelijk is dat het niet houden aan het beleid consequenties heeft. Door binnen de Europese Unie de plastic problematiek meer te behandelen, krijgt Azië niet onze last. De Europese Unie heeft al veranderingen moeten doorvoeren sinds de invoer van de National Sword Policy van China, maar er is meer nodig nu andere Aziatische landen met het plastic afval vanuit de Europese Unie worden opgezadeld. Nu ook de Filipijnen en India maatregelen nemen tegen het plastic afval uit de Europese Unie is het noodzakelijk drastischere maatregelen te nemen. Het plan voor de circulaire economie is hier een voorbeeld van, maar doordat het doorvoeren hiervan niet van de ene op de andere dag gaat, zijn (tijdelijk) aanvullende maatregelen nodig.

Als slotwoord is het nodig om te stellen dat moeilijk alleen de Europese Unie verantwoordelijk gehouden kan worden voor de plastic problemen. Uiteindelijk zal iedereen, ieder bedrijf, ieder land en eerlijk gezegd de hele wereld veranderingen moeten ondergaan. Als individu moeten we afstappen van het overmatig gebruik van plastic, plastic fabrikanten hebben een verantwoordelijkheid om duurzamer te produceren en landen moeten strengere regels opstellen om plastic afval te verminderen en vervuiling tegen te gaan. Om niet te vervallen in het aanwijzen van schuldigen is het nodig dat er actie wordt ondernomen en de Europese Unie, als hoogste orgaan in Europa, zal dit moeten initiëren.

6. Bronnen

Bronnen inleiding

- Garside, M. (2019). Global Plastic Production from 1950 to 2018. Statista. Available online at: <https://www.statista.com/statistics/282732/global-production-ofplastics-since-1950>.
- Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., ... & Law, K. L. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347(6223), 768-771.
- Lusher, A., Hollman, P., & Mendoza-Hill, J. (2017). Microplastics in fisheries and aquaculture: status of knowledge on their occurrence and implications for aquatic organisms and food safety. FAO.
- Marks, D., Miller, M. A., & Vassanadumrongdee, S. (2020). The geopolitical economy of Thailand's marine plastic pollution crisis. *Asia Pacific Viewpoint*.
- Repko, A. and Szostak, R., (2017). *Interdisciplinary Research*. 3rd ed. Los Angeles: Sage.
- Stevens, E. S. (2002). *Green plastics: an introduction to the new science of biodegradable plastics*. Princeton University Press.
- Thompson, R. C., Swan, S. H., Moore, C. J., & Vom Saal, F. S. (2009). *Our plastic age*.
- Web of Knowledge. [Wcs.webofknowledge.com.proxy.library.uu.nl](http://wcs.webofknowledge.com.proxy.library.uu.nl). (2020). Retrieved 1 November 2020, from http://wcs.webofknowledge.com.proxy.library.uu.nl/RA/analyze.do?product=WOS&S_ID=C3eQMGIvVgkh6wCpeBu&field=PY_PublicationYear_PublicationYear_en&yearSort=true.
- Xanthos, D., & Walker, T. (2017). International policies to reduce plastic marine pollution from single-use plastics (plastic bags and microbeads): A review. *Marine Pollution Bulletin*, 118(1-2), 17-26. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.02.048>

Bronnen Geografie van Ontwikkelingslanden

- Akenji, L., Bengtsson, M., Hotta, Y., Kato, M., & Hengesbaugh, M. (2020). Policy responses to plastic pollution in Asia: summary of a regional gap analysis. In *Plastic Waste and Recycling* (pp. 531-567). Academic Press.
- Birkbeck, D. C. (2020) “Strengthening international cooperation to tackle plastic pollution: Options for the WTO,” *Global Governance Centre Brief 20/1*, Global Governance Centre, The Graduate Institute.
- Brooks, A. L., Wang, S., & Jambeck, J. R. (2018). The Chinese import ban and its impact on global plastic waste trade. *Science Advances*, 4(6), eaat0131.
- Corporate Europe Conservatory. (2018, 22 mei). *Plastic promises*. Geraadpleegd op 20 oktober 2020, van <https://corporateeurope.org/en/power-lobbies/2018/05/plastic-promises>
- Europese Commissie. (2019, 12 oktober). *Een Europese Green Deal*. Geraadpleegd op 7 oktober 2020, van https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_nl
- European Commission. (2020a). *Circular Economy Action Plan - For a cleaner and more competitive Europe*. Geraadpleegd van https://ec.europa.eu/environment/circular-economy/pdf/new_circular_economy_action_plan.pdf
- European Commission. (2020a). *Commission staff working document executive summary of the evaluation of Regulation (EC) N° 1013/2006 of the European Parliament and of the Council of 14 June 2006 on shipments of waste*. Auteur. Geraadpleegd van https://ec.europa.eu/environment/waste/shipments/pdf/SWD_2020_27_F1_SWD_EV_EVALUATION_EXECUTIVE_SUMMARY_EN_V3_P1_1064542.pdf

European Commission. (2020b). *Waste shipments – revision of EU rules*. Geraadpleegd van <https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/7567584-Waste-shipments-revision-of-EU-rules>

European Environment Agency. (2019, 28 oktober). *The plastic waste trade in the circular economy*. Geraadpleegd op 12 oktober 2020, van <https://www.eea.europa.eu/themes/waste/resource-efficiency/the-plastic-waste-trade-in>

Interpol. (2020). *Strategic analysis on emerging criminal trends in the global plastic waste market since January 2018*. Interpol. Geraadpleegd van <https://www.interpol.int/News-and-Events/News/2020/INTERPOL-report-alerts-to-sharp-rise-in-plastic-waste-crime>

Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., ... & Law, K. L. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347(6223), 768-771.

Khan, S. A. (2019, 26 augustus). *Basel Convention Parties Take Global Lead on Mitigating Plastic Pollution*. Geraadpleegd op 2 november 2020, van <https://www.asil.org/insights/volume/23/issue/7/basel-convention-parties-take-global-lead-mitigating-plastic-pollution>

OECD. (z.d.). *List of OECD Member countries - Ratification of the Convention on the OECD*. Geraadpleegd op 2 november 2020, van <https://www.oecd.org/about/document/list-oecd-member-countries.htm>

Parajuly, K., & Fitzpatrick, C. (2020). Understanding the Impacts of Transboundary Waste Shipment Policies: The Case of Plastic and Electronic Waste. *Sustainability*, 12(6), 2412. Plastic Soup Foundation. (2020, 20 oktober). *Grote kans dat Europa zijn recyclingdoelen niet gaat halen*. Geraadpleegd op 30 oktober 2020, van

<https://www.plasticsoupfoundation.org/2020/10/grote-kans-dat-europa-zijn-recyclingdoelen-niet-gaat-halen/>

Sridhar, L., & Kumar, P. (2019). The New Face of Waste Colonialism: A Review of Legal Regulations Governing the Import of Waste into India. *Socio-Legal Rev.*, 15, 101.

Ryberg, M. W., Laurent, A., & Hauschild, M. (2018). Mapping of global plastics value chain and plastics losses to the environment: with a particular focus on marine environment.

Wang, W., Themelis, N. J., Sun, K., Bourtsalas, A. C., Huang, Q., Zhang, Y., & Wu, Z. (2019). Current influence of China's ban on plastic waste imports. *Waste Disposal & Sustainable Energy*, 1(1), 67-78.

Zero Waste Europe. (2019). *Unfolding the Single-Use Plastics Directive*. Geraadpleegd van https://rethinkplasticalliance.eu/wp-content/uploads/2019/05/ZWE_Unfolding-the-SUP-directive.pdf

Bronnen Mariene Wetenschappen

- Atwood, E., Falcieri, F., Piehl, S., Bochow, M., Matthies, M., & Franke, J. et al. (2019). Coastal accumulation of microplastic particles emitted from the Po River, Northern Italy: Comparing remote sensing and hydrodynamic modelling with in situ sample collections. *Marine Pollution Bulletin*, 138, 561-574. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.11.045>
- Boerger, C., Lattin, G., Moore, S., & Moore, C. (2010). Plastic ingestion by planktivorous fishes in the North Pacific Central Gyre. *Marine Pollution Bulletin*, 60(12), 2275-2278. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2010.08.007>
- Brach, L., Deixonne, P., Bernard, M., Durand, E., Desjean, M., & Perez, E. et al. (2018). Anticyclonic eddies increase accumulation of microplastic in the North Atlantic subtropical gyre. *Marine Pollution Bulletin*, 126, 191-196. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.10.077>
- Cole, M., Lindeque, P., Fileman, E., Clark, J., Lewis, C., Halsband, C., & Galloway, T. (2016). Microplastics Alter the Properties and Sinking Rates of Zooplankton Faecal Pellets. *Environmental Science & Technology*, 50(6), 3239-3246. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b05905>
- Colton, J. B., Knapp, F. D., & Burns, B. R. (1974). Plastic particles in surface waters of the northwestern Atlantic. *Science*, 185(4150), 491-497.
- Cozar, A., Echevarria, F., Gonzalez-Gordillo, J., Irigoien, X., Ubeda, B., & Hernandez-Leon, S. et al. (2014). Plastic debris in the open ocean. *Proceedings Of The National Academy Of Sciences*, 111(28), 10239-10244. <https://doi.org/10.1073/pnas.1314705111>

- Cózar, A., Martí, E., Duarte, C., García-de-Lomas, J., Van Sebille, E., & Ballatore, T. et al. (2017). The Arctic Ocean as a dead end for floating plastics in the North Atlantic branch of the Thermohaline Circulation. *Science Advances*, 3(4), e1600582. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1600582>
- Davison, P., & Asch, R. (2011). Plastic ingestion by mesopelagic fishes in the North Pacific Subtropical Gyre. *Marine Ecology Progress Series*, 432, 173-180. <https://doi.org/10.3354/meps09142>
- Dobler, D., Huck, T., Maes, C., Grima, N., Blanke, B., Martinez, E., & Arduin, F. (2019). Large impact of Stokes drift on the fate of surface floating debris in the South Indian Basin. *Marine Pollution Bulletin*, 148, 202-209. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.07.057>
- Dohan, K., & Maximenko, N. (2010). Monitoring Ocean Currents with Satellite Sensors. *Oceanography*, 23(4), 94-103. <https://doi.org/10.5670/oceanog.2010.08>
- Eriksen, M., Lebreton, L., Carson, H., Thiel, M., Moore, C., & Borerro, J. et al. (2014). Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea. *Plos ONE*, 9(12), e111913. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0111913>
- Fazey, F., & Ryan, P. (2016). Biofouling on buoyant marine plastics: An experimental study into the effect of size on surface longevity. *Environmental Pollution*, 210, 354-360. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.01.026>

- Fok, L., Cheung, P., Tang, G., & Li, W. (2017). Size distribution of stranded small plastic debris on the coast of Guangdong, South China. *Environmental Pollution*, 220, 407-412. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.09.079>
- Fraser, C., Morrison, A., Hogg, A., Macaya, E., Van Sebille, E., & Ryan, P. et al. (2018). Antarctica's ecological isolation will be broken by storm-driven dispersal and warming. *Nature Climate Change*, 8(8), 704-708. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0209-7>
- Galloway, T., Cole, M., & Lewis, C. (2017). Interactions of microplastic debris throughout the marine ecosystem. *Nature Ecology & Evolution*, 1(5). <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0116>
- Garrison, T., & Ellis, R. (2016). *Oceanography; An Invitation to Marine Sciences* (9th ed., pp. 250-281). Cengage Learning.
- Glud, R., Wenzhöfer, F., Middelboe, M., Oguri, K., Turnewitsch, R., Canfield, D., & Kitazato, H. (2013). High rates of microbial carbon turnover in sediments in the deepest oceanic trench on Earth. *Nature Geoscience*, 6(4), 284-288. <https://doi.org/10.1038/ngeo1773>
- Grigorakis, S., Mason, S. A., & Drouillard, K. G. (2017). Determination of the gut retention of plastic microbeads and microfibers in goldfish (*Carassius auratus*). *Chemosphere*, 169, 233-238.
- Hoss, D. E., & Settle, L. R. (1990). Ingestion of plastics by teleost fishes. In *Proceedings of the Second International Conference on Marine Debris*. NOAA Technical Memorandum. NOAA-TM-NMFS-SWFSC-154. Miami, FL (pp. 693-709).

- Isobe, A., Kubo, K., Tamura, Y., Kako, S., Nakashima, E., & Fujii, N. (2014). Selective transport of microplastics and mesoplastics by drifting in coastal waters. *Marine Pollution Bulletin*, 89(1-2), 324-330. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.09.041>
- Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., ... & Law, K. L. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347(6223), 768-771.
- Kaiser, D., Kowalski, N., & Waniek, J. (2017). Effects of biofouling on the sinking behavior of microplastics. *Environmental Research Letters*, 12(12), 124003. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa8e8b>
- Kooi, M., Nes, E., Scheffer, M., & Koelmans, A. (2017). Ups and Downs in the Ocean: Effects of Biofouling on Vertical Transport of Microplastics. *Environmental Science & Technology*, 51(14), 7963-7971. <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b04702>
- Kubota, M. (1994). A Mechanism for the Accumulation of Floating Marine Debris North of Hawaii. *Journal Of Physical Oceanography*, 24(5), 1059-1064. [https://doi.org/10.1175/1520-0485\(1994\)024<1059:amftao>2.0.co;2](https://doi.org/10.1175/1520-0485(1994)024<1059:amftao>2.0.co;2)
- Laist D.W. (1997) Impacts of Marine Debris: Entanglement of Marine Life in Marine Debris Including a Comprehensive List of Species with Entanglement and Ingestion Records. In: Coe J.M., Rogers D.B. (eds) *Marine Debris*. Springer Series on Environmental Management. Springer, New York, NY. https://doi-org.proxy.library.uu.nl/10.1007/978-1-4613-8486-1_10
- Law, K., & Thompson, R. (2014). Microplastics in the seas. *Science*, 345(6193), 144-145. <https://doi.org/10.1126/science.1254065>

- Maximenko, N., Hafner, J., & Niiler, P. (2012). Pathways of marine debris derived from trajectories of Lagrangian drifters. *Marine Pollution Bulletin*, 65(1-3), 51-62. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.04.016>
- Ocean Fact Sheet - The Ocean Conference 2017. Un.org. (2017). Retrieved 23 September 2020, from <https://www.un.org/sustainabledevelopment/wp-content/uploads/2017/05/Ocean-fact-sheet-package.pdf>.
- Oguri, K., Kawamura, K., Sakaguchi, A., Toyofuku, T., Kasaya, T., & Murayama, M. et al. (2013). Hadal disturbance in the Japan Trench induced by the 2011 Tohoku–Oki Earthquake. *Scientific Reports*, 3(1). <https://doi.org/10.1038/srep01915>
- Onink, V., Wichmann, D., Delandmeter, P., & Sebille, E. (2019). The Role of Ekman Currents, Geostrophy, and Stokes Drift in the Accumulation of Floating Microplastic. *Journal Of Geophysical Research: Oceans*, 124(3), 1474-1490. <https://doi.org/10.1029/2018jc014547>
- Ory, N., Gallardo, C., Lenz, M., & Thiel, M. (2018). Capture, swallowing, and egestion of microplastics by a planktivorous juvenile fish. *Environmental Pollution*, 240, 566-573. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.04.093>
- Peng, X., Chen, M., Chen, S., Dasgupta, S., Xu, H., & Ta, K. et al. (2018). Microplastics contaminate the deepest part of the world's ocean. *Geochemical Perspectives Letters*, 1-5. <https://doi.org/10.7185/geochemlet.1829>
- Porter, A., Lyons, B., Galloway, T., & Lewis, C. (2018). Role of Marine Snows in Microplastic Fate and Bioavailability. *Environmental Science & Technology*, 52(12), 7111-7119. <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b01000>

River Plastic Pollution Sources. The Ocean Cleanup. (2020). Retrieved 2 October 2020, from <https://theoceancleanup.com/sources/>.

Rummel, C., Jahnke, A., Gorokhova, E., Kühnel, D., & Schmitt-Jansen, M. (2017). Impacts of Biofilm Formation on the Fate and Potential Effects of Microplastic in the Aquatic Environment. *Environmental Science & Technology Letters*, 4(7), 258-267. <https://doi.org/10.1021/acs.estlett.7b00164>

Schwarz, A., Ligthart, T., Boukris, E., & van Harmelen, T. (2019). Sources, transport, and accumulation of different types of plastic litter in aquatic environments: A review study. *Marine Pollution Bulletin*, 143, 92-100. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.04.029>

Turra, A., Manzano, A., Dias, R., Mahiques, M., Barbosa, L., Balthazar-Silva, D., & Moreira, F. (2014). Three-dimensional distribution of plastic pellets in sandy beaches: shifting paradigms. *Scientific Reports*, 4(1). <https://doi.org/10.1038/srep04435>

Van Sebille, E., Aliani, S., Lavender Law, K., Maximenko, N., Alsina, J., & Bagaev, A. et al. (2020). The physical oceanography of the transport of floating marine debris. *Environmental Research Letters*, 15(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab6d7d>

Woodall, L., Sanchez-Vidal, A., Canals, M., Paterson, G., Coppock, R., & Sleight, V. et al. (2014). The deep sea is a major sink for microplastic debris. *Royal Society Open Science*, 1(4), 140317. <https://doi.org/10.1098/rsos.140317>

- Wright, S., Thompson, R., & Galloway, T. (2013). The physical impacts of microplastics on marine organisms: A review. *Environmental Pollution*, 178, 483-492. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.02.031>
- Ye, S., & Andrady, A. (1991). Fouling of floating plastic debris under Biscayne Bay exposure conditions. *Marine Pollution Bulletin*, 22(12), 608-613. [https://doi.org/10.1016/0025-326x\(91\)90249-r](https://doi.org/10.1016/0025-326x(91)90249-r)
- Zhang, H. (2017). Transport of microplastics in coastal seas. *Estuarine, Coastal And Shelf Science*, 199, 74-86. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2017.09.032>

Bronnen Integratie en More Comprehensive Understanding

Repko, A. and Szostak, R., (2017). Interdisciplinary Research. 3rd ed. Los Angeles: Sage.

Web of Knowledge. Wcs.webofknowledge.com.proxy.library.uu.nl. (2020). Retrieved 1
November 2020, from
http://wcs.webofknowledge.com.proxy.library.uu.nl/RA/analyze.do?product=WOS&SID=C3eQMGIvVgkh6wCpeBu&field=PY_PublicationYear_PublicationYear_en&yearSort=true.