



Universiteit
Leiden
The Netherlands

A macro level of assessment of material circularity

Aguilar Hernandez, G.A.

Citation

Aguilar Hernandez, G. A. (2021, May 6). *A macro level of assessment of material circularity*. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/3166494>

Version: Publisher's Version

License: [Licence agreement concerning inclusion of doctoral thesis in the Institutional Repository of the University of Leiden](#)

Downloaded from: <https://hdl.handle.net/1887/3166494>

Note: To cite this publication please use the final published version (if applicable).

Cover Page



Universiteit Leiden



The handle <https://hdl.handle.net/1887/3166494> holds various files of this Leiden University dissertation.

Author: Aguilar Hernandez, G.A.

Title: A macro level of assessment of material circularity

Issue Date: 2021-05-06

Samenvatting

Een duurzaam beheer van natuurlijke hulpbronnen is essentieel om aan de huidige menselijke behoeften te voldoen zonder de behoeften van toekomstige generaties in gevaar te brengen. Er zijn echter verschillende uitdagingen om op een duurzame manier gebruik te maken van zulke hulpbronnen. De groei van het gebruik van grondstoffen en ontwrichtende gebeurtenissen (bv. natuurrampen of financiële crises) zijn twee aspecten die het evenwicht tussen vraag en aanbod van hulpbronnen beïnvloeden. Er is dus behoefte aan strategieën die het mogelijk maken om het risico van leveringszekerheid van grondstoffen te verkleinen en tegelijkertijd de beschikbaarheid van zulke hulpbronnen voor de huidige en toekomstige generaties te verzekeren. Tegen deze achtergrond is het concept van de Circulaire economie ontwikkeld. Circulaire economie is erop gericht om de noodzaak van gebruik van primaire grondstoffen te verminderen, en het ontstaan van afval te voorkomen, door materialen zo lang mogelijk in de economie in gebruik te houden. We noemen ingrepen om tot een circulaire economie in dit proefschrift circulariteitsinterventies.

Het is daarbij cruciaal om te begrijpen of en zo ja welke circulariteitsinterventies kunnen leiden tot macro-economische, sociale en ecologische voordelen. Dit heeft geleid tot een groeiende hoeveelheid literatuur die de wereldwijde instroom en uitstroom van materialen van het economische systeem analyseert en de economische en ecologische implicaties ervan. Er is echter nog steeds een gebrek aan begrip over hoe een wereldwijde transitie naar circulariteit eruit zou kunnen zien, en wat de omvang zou zijn van de potentiële economische, sociale en ecologische implicaties van circulair materiaalgebruik op macroschaal. Dit roept de volgende vragen op: is circulaire economie een manier om wereldwijd een economische en ecologische duurzaamheid te bereiken? En wat zijn de macro-economische, sociale en ecologische gevolgen van een overgang naar een circulaire economie?

Dit proefschrift, met als titel “Een beoordeling op macroniveau van circulair materiaalgebruik” heeft tot doel te beoordelen of circulariteitsinterventies kunnen bijdragen aan een duurzaam beheer van hulpbronnen, en te onderzoeken welke circulariteitsinterventies kunnen bijdragen aan een kosteneffectieve transitie naar een circulaire economie. Bij het beantwoorden van deze vragen wordt de milieukundige input-outputanalyse (EEIOA) gebruikt als methode om de economische en milieueffecten op macroniveau te beoordelen. In tegenstelling tot andere methoden (bijv. Levenscyclusanalyse (LCA) en materiaalstroomanalyse (MFA)), biedt de EEIOA-methode het voordeel dat de gehele omvang en structuur van de (nationale of globale) economie in beschouwing wordt genomen, zodat circulariteitsinterventies op een integrale manier kunnen worden geëvalueerd.

In dit geheel zijn de volgende elementen van belang. Ten eerste, hoewel EEIOA een geschikt kader biedt om circulair materiaalgebruik te beoordelen, is het belangrijk om te begrijpen hoe EEIOA kan worden toegepast bij de beoordeling van circulariteitsinterventies. Ten tweede is er een gebrek aan informatie welke materialen het meest van belang zijn in de omslag naar een circulaire economie. Ten derde is het nodig om de potentiële macro-economische, sociale en milieueffecten van een transitie naar circulair materiaalgebruik te bepalen. Tegen deze achtergrond behandelen hoofdstuk 2 tot en met 5 de volgende onderzoeksvragen (OV):

OV1. Wat is de stand van de techniek van milieukundige input-outputanalyse (EEIOA) bij de beoordeling van circulariteitsinterventies?

Om OV1 te beantwoorden, werd voor Hoofdstuk 2 een systematisch literatuuroverzicht gedaan dat zich richtte op EEIOA studies met als onderwerp circulair materiaalgebruik. Dit hoofdstuk analyseerde meer dan 90 publicaties die circulariteitsinterventies hebben beoordeeld. De publicaties werden geanalyseerd ten aanzien de mogelijkheden en beperkingen van het toepassen van de EEIOA-methode voor het doorrekenen van circulariteitsinterventies. Op basis van deze literatuur kon worden bepaald via welke archetypische benaderingen circulariteitsinterventies kunnen worden gemodelleerd met EEIOA. Ook liet Hoofdstuk 2 zien hoe elk type van circulariteitsinterventie zijn eigen benadering vergt ten aanzien van het aanpassen van intermediaire en finale vraag coëfficiënten, en het integreren van meer gedetailleerde data in input-output tabellen. Ook werd duidelijk dat een effectieve beoordeling van circulariteitsinterventies beter kan geschieden met fysieke input-output tabellen of hybride tabellen. Zulke hybride tabellen kunnen het gebruik van secundaire materialen en hergebruik van afval preciezer analyseren.

OV2. Hoeveel niet-teruggewonnen afval is er beschikbaar om in een bepaalde periode als secundair materiaal opnieuw in de wereldeconomie te worden ingezet?

Om de OV2 te beantwoorden, geeft Hoofdstuk 3 een schatting van de ‘circularity gap’ in 43 landen en 5 rest van de wereldregio's in 2011. De analyse is uitgevoerd met de hybride versie van de multi-regionale input output (MR-HIOT) database EXIOBASE. Dit hoofdstuk geeft ook een specifiekere definitie van de ‘circularity gap’. Eerst wordt gekeken naar totale uitstroom van materialen uit de economie: afval van productie en consumptie en afval dat vrijkomt uit het afdanken van in gebruik zijnde economische voorraden zoals woningen of infrastructuur. Het verschil met de hoeveelheid uitstroom die opnieuw in de economie wordt ingezet definieert het hoofdstuk als de circularity gap. . De wereldwijde instroom van materiaal bedroeg 77 Gt in 2011, bestaande uit materiaalwinning (74 Gt) en terugwinning van afval (3 Gt). Van de wereldwijde instroom van materiaal werd 40 Gt gebruikt voor energie- en voedseldoeleinden, 30 Gt werd toegevoegd aan de voorraden die in economisch gebruik zijn, en 7 Gt werd afval. De totale hoeveelheid afval inclusief materiaal uit afgedankte economische voorraden was 9 Gt in 2011. De ‘circularity gap’ bedroeg daarmee 6 Gt (d.w.z. totaal afval minus afvalterugwinning). Dit komt overeen met ongeveer 8% van de wereldwijde materiaalbehoefte in 2011. Op het niveau van landen en regio's verschilt de circularity gap. Landen en regio's met een hoog inkomen hebben per hoofd van de bevolking een hogere circularity gap als landen met een midden- en lager middeninkomen. Ook gaf hoofdstuk 3 aan hoe de circulariteitsinterventies die in hoofdstuk 2 worden beschreven, kunnen worden geïmplementeerd om de circularity gap van elk land en elke regio te verkleinen.

OV3. Waar in de wereldeconomie is het materiaal geaccumuleerd dat kan worden ingezet bij een circulaire transitie?

Hoofdstuk 4 maakt een schatting van de wereldwijde distributie van de hoeveelheid materiaal die wordt toegevoegd aan economische voorraden, zoals woningen of infrastructuur. Het hoofdstuk laat een verdeling zien per soort materiaal, economische sector en land of geografische regio, op basis van de MR-HIOT EXIOBASE. Zoals vermeld in hoofdstuk 3, bedroeg de hoeveelheid materiaal dat wereldwijd aan economische voorraden werd toegevoegd 30 Gt in 2011. Opkomende economieën en landen met hoge inkomens zijn goed voor circa

70% van de toevoeging aan economische voorraden in 2011. Deze landen zijn ook goed voor de hoogste toevoeging per hoofd van de bevolking. Uitgesplitst naar materiaalsoort gaat het grotendeels om niet-metaalhoudende mineralen (87,9%), naast ijzer/staal (5,2%), hout (4,5%), kunststoffen (0,7%), papier (0,6%), glas (0,5%), andere metalen (0,4 %) en textiel (0,2%). De bouwsector was verantwoordelijk voor een toevoeging aan de economische voorraden van 90% van de niet-metaalhoudende mineralen. Dit benadrukt het belang van het realiseren van circulariteit in de bouwsector. Hoofdstuk 4 gaf ook aan welke circulariteitsinterventies uit hoofdstuk 2 kunnen bijdragen aan het duurzaam beheer van materialen gebruikt in economische voorraden op de kortste en lange termijn.

OV4. Wat zijn de verwachte macro-economische, sociale en milieueffecten van circulariteitsinterventies op nationaal en mondiaal niveau?

Om OV4 te beantwoorden, gaf Hoofdstuk 5 het resultaat van een systematische meta-analyse van publicaties die wijzigingen in Bruto Binnenlands Product (BBP), werkgelegenheid en koolstofemissies als gevolg van het implementeren van circulariteitsinterventies analyseren. Deze literatuur omvatte meer dan 300 circulaire economie scenario's (CES) voor de periode van 2020 tot 2050. Deze scenario's werden geharmoniseerd zodat een statistische analyse uitgevoerd kon worden om te bepalen of circulariteitsinterventies zouden kunnen leiden tot een 'win-win-win'-situatie in termen van macro-economische-, sociale-, en milieueffecten. Op basis van de herziene CES's voor 2030 zouden circulariteitsinterventies kunnen leiden tot incrementele veranderingen in het BBP (mediaan (mdn) = 2,0%; interkwartielbereik (IQR) = [0,4-4,6]%) en banencreatie (mdn = 1,6%; IQR = [0,9-2,0]%), terwijl veranderingen in CO₂-uitstoot substantieel zouden kunnen zijn (mdn = -24,6%), maar de waarden hebben een aanzienlijke spreiding (IQR = - [34,0-8,2]%). Hoofdstuk 5 besprak ook de 3 belangrijkste circulariteitsinterventies die in CES's werden gemodelleerd (met name belasting op grondstoffen, technologische veranderingen en veranderingen in consumptiepatronen). Ook besprak Hoofdstuk 5 de belangrijkste wijzigingen in modellen die gewenst zijn om zulke analyses nauwkeuriger te kunnen uitvoeren

In het algemeen lieten hoofdstuk 2 tot en met 5 zien dat circulair gebruik van materialen een belangrijke rol kan spelen bij het duurzaam beheer van natuurlijke hulpbronnen. Echter, een transitie naar een circulaire economie is niet voldoende om duurzaamheid te realiseren. Zo is de huidige hoeveelheid afval die beschikbaar is voor circulair gebruik niet voldoende om aan de vraag naar nieuwe goederen en diensten te voldoen. Dit komt doordat de wereldwijde materiaalbehoefte voor inzet in nieuwe economische voorraden (kapitaalgoederen) veel hoger is dan nu als reststromen vrijkomt uit de in gebruik zijnde voorraden kapitaalgoederen. Bovendien draagt circulair materiaalgebruik maar in beperkte mate bij aan het verminderen de behoefte van materialen voor voedings- en energiedoeleinden. Het betreft namelijk materiaalstromen die dissipatief worden gebruikt en niet in (vrijwel) oorspronkelijke vorm kunnen worden ingezet in de economie. Beleid ten aanzien van circulaire economie moet dus worden aangevuld met andere strategieën (zoals het uitscheiden van materialen voor energieopwekking via een energietransitie).

Dit proefschrift “Een beoordeling op macroniveau van circulair materiaalgebruik” draagt bij aan een beter begrip over de mogelijkheden en beperkingen van het toepassen van EEIOA bij het beoordelen van de implicaties van het implementeren van een circulariteitsinterventies. Het gebruik van de MR-HIOT EXIOBASE (in plaats van traditionele monetaire EE IOTs) bij zulke

beoordelingen was een belangrijke stap voorwaarts. Een MR-HIOT voorkomt dat waardenketens in de economie in louter economische termen worden gevolgd, terwijl die vooral in het geval van afval- en reststoffen vaak niet representatief zijn voor fysieke volumes van materiaalstromen. Een voordeel van de EXIOBASE MR-HIOT is verder de hoge resolutie in economische sectoren en landen. Onderzoek naar circulair materiaalgebruik is gebaat bij het verder verbeteren van MR-HIOTs zoals EXIOBASE in termen van resolutie van sectoren en productstromen, de afvalfase, tijdreeksen, en de toevoegingen en onttrekkingen aan voorraden in economisch gebruik (b.v. kapitaalgoederen). Dit levert specifiekere informatie en inzichten op, waardoor beleidsmakers circulariteitsinterventies beter en effectiever zullen kunnen implementeren.