

Amsterdam University of Applied Sciences

Re-Store

Mulder, Maarten; Lange, Kasper; Schrik, Yannick; Faddegon, Krispijn; de Rijke, Simon; Oskam, Inge

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Mulder, M., Lange, K., Schrik, Y., Faddegon, K., de Rijke, S., & Oskam, I. (2020). *Re-Store: Duurzaamheidsimpact bepalen en vergroten voor stedelijke initiatieven die voedselresten verwerken*. Hogeschool van Amsterdam, Kenniscentrum Techniek.

General rights

It is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), other than for strictly personal, individual use, unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

Disclaimer/Complaints regulations

If you believe that digital publication of certain material infringes any of your rights or (privacy) interests, please let the Library know, stating your reasons. In case of a legitimate complaint, the Library will make the material inaccessible and/or remove it from the website. Please contact the library: <http://www.hva.nl/bibliotheek/contact/contactformulier/contact.html>, or send a letter to: University Library (Library of the University of Amsterdam and Amsterdam University of Applied Sciences), Secretariat, Singel 425, 1012 WP Amsterdam, The Netherlands. You will be contacted as soon as possible.

Onderzoeksprogramma
Urban Technology

Re-Store



**Duurzaamheidsimpact
bepalen en vergroten**
voor stedelijke initiatieven
die voedselresten
verwerken

Maarten Mulder,
Kasper Lange, Yannick Schrik,
Krispijn Faddegon,
Simon de Rijke, Inge Oskam

Creating Tomorrow

Colofon

Uitgave:

Onderzoeksprogramma Urban Technology
Faculteit Techniek, Hogeschool van Amsterdam

Auteurs:

Maarten Mulder
Kasper Lange
Yannick Schrik
Krispijn Faddegon
Simon de Rijke
Inge Oskam

Foto's:

Hogeschool van Amsterdam, tenzij anders vermeld.

Financiering:

Dit onderzoek is mede gefinancierd door Nationaal Regieorgaan Praktijkgericht Onderzoek SIA, onderdeel van de Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (NWO).

Contact:

Maarten Mulder
m.mulder3@hva.nl
Hogeschool van Amsterdam, Faculteit Techniek
Postbus 1025, 1000 BA Amsterdam
www.hva.nl/restore

Meer informatie:

Deze publicatie is ook online beschikbaar op:

www.hva.nl/restore

ISBN: 9789492644183



Kenniscentrum Techniek, Hogeschool van Amsterdam, april 2020, Amsterdam.

Deze publicatie is onderdeel van de publicatiereeks van de faculteit Techniek van de Hogeschool van Amsterdam. De publicatiereeks bundelt de resultaten van het praktijkgericht onderzoek.

Samenvatting

Voor het behalen van de circulaire overheidsdoelstellingen is een belangrijke rol weggelegd voor het terugwinnen van energie en grondstoffen uit organisch afval. In steden bestaat het organisch afval van huishoudens voornamelijk uit groente, fruit en etensresten (GFE-afval). Dit GFE-afval wordt echter nog nauwelijks gescheiden ingezameld in grote Nederlandse steden zoals Amsterdam. In Amsterdam bestaan wel een aantal kleine lokale initiatieven die bewoners betrekken om GFE-afval apart in te zamelen. Van deze lokale initiatieven is echter weinig bekend over de maatschappelijke impact die zij hebben. Levert het inzamelen van GFE-afval op deze manier inderdaad de gewenste effecten op? En op welke manier dragen dit soort lokale initiatieven bij aan andere maatschappelijke doelstellingen zoals sociale samenhang in de wijk en het bieden van werk aan mensen met een afstand tot de arbeidsmarkt? Het Re-Store onderzoek probeert antwoord te vinden op deze vragen en bestaat uit twee delen gericht op enerzijds het bepalen van impact en anderzijds het vergroten van impact.

Het eerste deel omvat onderzoek voor de ontwikkeling van een tool waarmee de milieukundige, economische en sociale impact van initiatieven in kaart kan worden gebracht. Op basis van wetenschappelijke literatuur en gesprekken met praktijkpartners is een tool ontwikkeld om deze impact te kunnen inschatten. Met de tool zijn vier praktijkcases onderzocht waarin GFE-afval apart ingezameld en verwerkt wordt (Voedsel-fiets, Wormenhotels, Centrale verwerking Java-eiland en Decentrale vergisting). Hierbij is deze nieuwe situatie vergeleken met de oorspronkelijke situatie, waarin het GFE-afval samen met het restafval ingezameld en verbrand werd.

Uit het Re-Store onderzoek komt naar voren dat er in de cases geen vermindering van broeikasgassen is door het apart inzamelen en verwerken van GFE-afval ten opzichte van de oorspronkelijke situatie. Vermoedelijk komt dit omdat de verbranding van GFE-afval groene stroom oplevert die op dit moment grijze stroom vervangt. De sociale impact van de initiatieven is wel duidelijk aanwezig, vooral voor de Wormenhotels en de Voedsel-fiets. De projecten tonen een verhoging in de beleefde sociale samenhang en educatieve ontwikkeling. De financiële kosten van de initiatieven zijn bij alle cases hoger dan bij de ongescheiden inzameling en verbranding. Dit heeft deels te maken met de kleine schaal van de initiatieven. Om dit te ondervangen zijn er ook fictieve scenario's gemaakt die de economische en milieukundige impact analyseren bij het op grotere schaal uitvoeren van initiatieven. Het onderzoek maakt duidelijk dat het behalen van circulaire doelstellingen niet automatisch betekent dat klimaatdoelstellingen ook gehaald worden.

Het tweede deel van het Re-Store project bestaat uit onderzoek naar stimuleringsmaatregelen om scheidingsgedrag en ketensamenwerking te bevorderen en daarmee de impact van initiatieven te vergroten. Dit onderzoek is uitgevoerd met behulp van twee simulatiemodellen die zijn gebaseerd op gedragsliteratuur en twee casestudies rondom afvalinzameling en -verwerking: NDSM-werf en Haven-Stad.

Op basis van uitgebreide simulaties met verschillende combinaties van interventies voor afvalscheiding blijkt dat het aan te bevelen is om te beginnen met communicatie-interventies, omdat deze tegen relatief lage kosten veel bijdragen. Om lokale verwerkingsketens meer dan vijf jaar in stand te kunnen houden is het vooral van belang dat de processen van de afvalverwerkende partij passen bij bestaande eigen kennis, vaardigheden en bedrijfsvoering. Bij voorkeur wordt het afval aangeboden door een vrij groot lokaal netwerk van tientallen (of meer) aanbieders. Een stabiel lokaal initiatief heeft continu beschikking over enkele malen meer afval dan het verwerkingsproces minimaal nodig heeft. Het maken van meerjarige afspraken over afvalleveringen zorgt voor een stabielere keten met grotere kans op succes.

Met deze twee deelonderzoeken biedt het Re-Store project hulpmiddelen om de impact van lokale initiatieven voor verwerking van organisch afval inzichtelijk te maken en te vergroten. De tool kan door initiatiefnemers en opdrachtgevers gebruikt worden om de milieukundige, economische en sociale impact te vergelijken van verschillende scenario's om GFE-afval te verwerken. Hiermee kunnen ze een degelijke evaluatie uitvoeren over de gehele keten. De simulatiemodellen en vuistregels bieden daarbij praktische handvatten om de beoogde impact van de initiatieven vervolgens te vergroten. Met de methode van simuleren kunnen onderzoekers de praktijk ondersteunen door meer inzichten te verwerven over mogelijke interventies. Hierbij wordt er naast techniek, ook rekening gehouden met sociale interacties van spelers, overheidsbeleid en marktmechanismen; factoren die allemaal invloed uitoefenen op het beoogde succes.



STAD



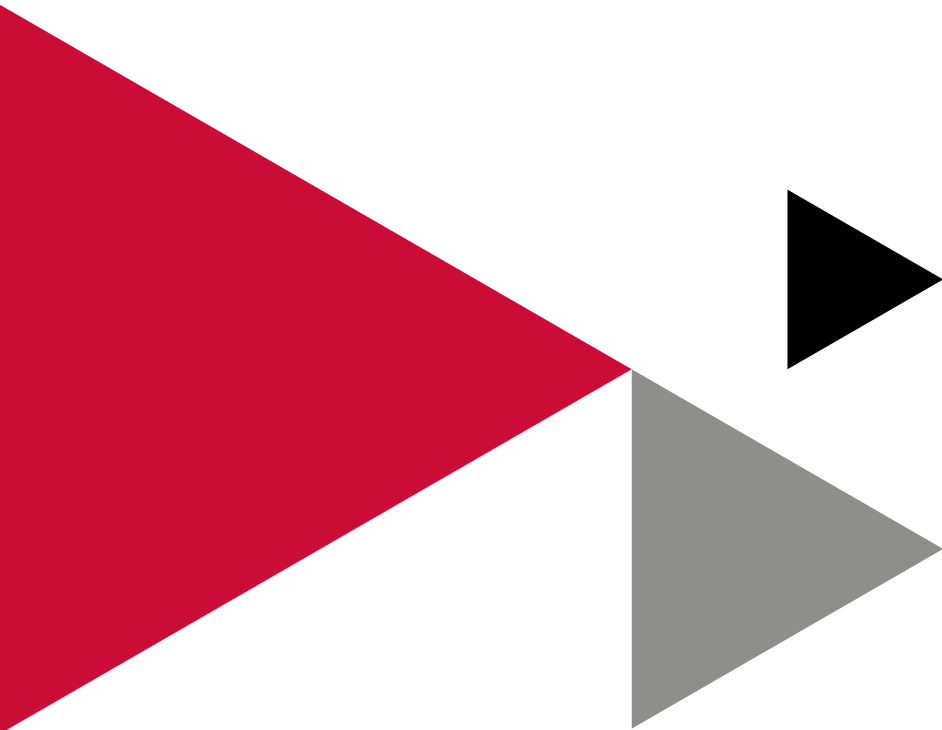
sten
ost

WET WERKSTOFFEN
WISSELIJKE
WISSELIJKE

THE ROCKET

THE RO

RECYCLE



Inhoudsopgave

1.	Duurzaamheidsimpact bepalen en vergroten	10
1.1	Aanleiding; vragen uit de praktijk	10
1.2	Onderzoeksdoelstelling	12
1.3	Onderzoeksaanpak	12
2.	Tool om impact te bepalen	18
2.1	Randvoorwaarden Re-Store tool	18
2.2	Bepalen van indicatoren	18
2.3	Een tool die de hele keten beslaat	21
2.4	Communicatie resultaten impact-analyse	24
3.	Impactanalyse van vier initiatieven	30
3.1	De casestudies	30
3.2	De Voedselfiets	31
3.3	Wormenhotels	37
3.4	Centrale verwerking Java-eiland	43
3.5	Decentrale biovergisting	49
4.	Simulatiemodellen van lokale ketens	56
4.1	Modelleren voor inzicht in kansrijke scenario's	56
4.2	De circulaire keten: van afval tot product	58
4.3	Acties en interacties: actoren bepalen in belangrijke mate succes	60
4.4	De modellen: simuleren van acties en interacties	61
4.5	Model 1: gescheiden inzamelen	62
4.6	Model 2: uitwisselen van afvalstoffen en verwerken tot nieuw product	64
4.7	Van modellen naar vuistregels	66
5.	Vuistregels voor vergroten impact	70
5.1	Simulatieresultaten scheiden van organisch afval	70
5.2	Simulatieresultaten uitwisselen en verwerken van organisch afval	73
6.	Reflectie, kansen en aanbevelingen	82
6.1	Kansen en mogelijkheden van de Re-Store tool	82
6.2	Wat betekenen de uitkomsten van de casestudies?	83
6.3	Reflectie op de simulatiemodellen en vuistregels	84
6.4	Aanbevelingen	85
	Dankwoord	90
	Literatuurlijst	94

A photograph of a garden or farm area. In the foreground, there is dark, rich soil with several thin wooden stakes planted in it. A small, rectangular wooden frame is visible in the lower-left corner. In the middle ground, there is a large, cylindrical black water tank. To its left is a red and green wooden structure, possibly a compost bin or a small shed. The background shows a line of trees and a clear blue sky.

**Duurzaamheids-
impact** bepalen
en vergroten



1. Duurzaamheidsimpact bepalen en vergroten

De Nederlandse overheid beoogt in 2050 volledig circulair (afvalloos) te zijn (I&M, 2016). Om te komen tot een circulaire economie wordt het terugwinnen van grondstoffen en energie uit Groente Fruit en Tuinafval (GFT-afval) beschouwd als één van de prioriteiten. Het GFT-afval bedraagt gemiddeld circa 30-40% van het huishoudelijk afval. In veel grote Nederlandse steden wordt het echter nog nauwelijks gescheiden ingezameld en verwerkt.

Amsterdam vormt de praktijkomgeving waarin een groot deel van het Re-Store onderzoek plaatsvindt. In Amsterdam wordt slechts 0,1% van het huishoudelijk GFT-afval ingezameld (CBS, 2019a). De rest van het GFT-afval wordt samen met het restafval ingezameld en verbrand. De gemeente heeft zichzelf echter een aantal doelen gesteld rondom circulariteit en klimaat:

- > 65% gescheiden afval in 2020 (Gemeente Amsterdam, 2016).
- > 50% minder gebruik van primaire grondstoffen in 2030 (Gemeente Amsterdam et al., 2020).
- > 55% minder CO₂-uitstoot in 2030 en 95 minder CO₂-uitstoot in 2050 (Gemeente Amsterdam, 2019).

In een stedelijke omgeving bestaat het GFT-afval voornamelijk uit Groente, Fruit en Etenresresten (GFE-afval). Om meer GFE-afval gescheiden in te zamelen en dit meer waarde te geven wordt een scala aan lokale oplossingen ontwikkeld, zoals plaatsing van wormenhotels of de inzet van schillenboeren die GFE-afval aan huis ophalen. Hoewel er met de nieuwe oplossingen meer GFE-afval gescheiden en apart verwerkt wordt dan voorheen, is echter niet goed vast te stellen hoe groot de meerwaarde van deze oplossingen is voor de maatschappij. Zowel mkb-bedrijven die op dit terrein actief zijn als professionals uit publieke organisaties hebben behoefte aan de juiste tools en methoden om een goed inzicht te krijgen in de maatschappelijke impact van dergelijke initiatieven waarin GFE-afval gescheiden verwerkt wordt.

Het Re-Store onderzoeksproject richt zich op de impact van deze initiatieven en onderzoekt hoe deze impact te vergroten is. In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de aanleiding van het onderzoek. Vervolgens wordt de onderzoeksdoelstelling gepresenteerd en wordt beschreven hoe het onderzoek is aangepakt via twee deelonderzoeken.

1.1 Aanleiding; vragen uit de praktijk

De aanleiding van dit onderzoek wordt gevormd door vragen van mkb-bedrijven die oplossingen bieden om GFE-afval apart in te zamelen en/ of te verwerken, denk aan een leverancier van vergistingsinstallaties of een organisatie die wormenhotels bouwt. Zij dienen hun opdrachtgevers, zoals gemeenten of woningcorporaties, meer inzicht te geven in de maatschappelijke impact van hun oplossingen en de invloed van hun oplossingen op de rest van de afvalketen. Daarbij ontbreekt kennis over welke indicatoren van belang zijn en hoe deze te berekenen of te meten zijn. Ook voor instanties die hun beleidskeuzes willen baseren op inzicht in de maatschappelijke impact, is het nog een zoektocht waarop initiatieven geëvalueerd kunnen en zouden moeten worden. De afgelopen jaren is de gemeente Amsterdam verschillende proeven en pilots gestart voor het (lokaal) inzamelen van GFE-afval. Deze pilots vormen casestudies in dit onderzoek. Echter, voor het evalueren

van dergelijke pilots bestaan volgens de betrokken gemeenteambtenaren nog geen goede methoden¹. Er is behoefte aan een laagdrempelige evaluatiemethode die zowel door de betrokken bedrijven als professionals bij gemeenten goed te begrijpen is. Bovendien zou het handig zijn vooraf een inschatting te kunnen maken van de effecten. Samengevat leidt dit tot de eerste praktijkvraag:

Hoe kan de maatschappelijke impact van GFE-afvalsystemen bepaald worden, rekening houdend met de hele keten?

Naast het evalueren van GFE-afvalsystemen hebben bovengenoemde mkb-bedrijven en overheidsinstanties ook behoefte aan middelen die hun helpen bij het ontwerpen van GFE-afvalsystemen. Daarbij wordt vaak gesproken over circulaire waardesystemen: een netwerk of keten van partijen of oplossingen waarin onderling verschillende waarden uitgewisseld worden, (denk bijvoorbeeld aan geld, tijd, afval of kennis). Vrijwel alle partijen die met organische reststromen bezig zijn merken dat ze het hele waardesysteem moeten kunnen overzien om hun oplossingen succesvol te implementeren. Rob Kraaijpoel van EcoCycle: *"Ik kan niet simpelweg mijn composteerinstallaties verkopen. Eerst moet er uitgebreid gekeken worden naar alle partijen die hier iets mee van doen hebben en welke rol zij blijvend gaan vervullen"*. De ondernemers werken aan de ontwikkeling van oplossingen voor de gehele keten van inzameling, transport, verwerking tot toepassing van lokale organische afvalstromen en willen graag weten hoe deze oplossingen verbeterd of gecombineerd kunnen worden. Dit leidt tot de tweede praktijkvraag:

Welke mogelijkheden zijn er om het waardesysteem van organische afvalstromen al in de ontwerp-/gunningsfase te voorspellen en optimaliseren?

Het gaat hierbij om kennis over vernieuwingen of verbeteringen van het waardesysteem zelf (bijvoorbeeld een combinatie van beleidsinterventies en organisatieontwerp, of het vergroten van het aantal partijen in het waardesysteem). De uitgangspunten die ten grondslag liggen aan dergelijke optimalisaties worden beschreven in zogenoemde 'vuistregels'.

Onderzoeksprogramma Urban Technology

Het Re-Store onderzoek vindt plaats binnen het onderzoeksprogramma Urban Technology aan de faculteit Techniek. Urban Technology onderzoekt, ontwerpt en realiseert oplossingen voor stedelijke uitdagingen, samen met partners uit de praktijk op de thema's mobiliteit, de gebouwde stad, de circulaire stad en energie. Hiermee draagt het programma bij aan duurzame, leefbare en economisch sterke steden van de toekomst.

Het onderzoek is uitgevoerd door het lectoraat Circulair Ontwerpen en Ondernemen dat onderdeel uitmaakt van Urban Technology. Dit lectoraat onderzoekt nieuwe manieren van ontwerpen, produceren en ondernemen, zodat stedelijke reststromen kunnen worden omgezet in waardevolle toepassingen. Zo draagt zij bij aan de transitie naar een circulaire economie. Voor dit onderzoek wordt samengewerkt met het lectoraat Management van Cultuurverandering.

1 2018, gesprekken met Stef LeFevre, Riny de Jonge, Froukje Anne Karsten, gemeente Amsterdam)

1.2 Onderzoeksdoelstelling

Het Re-Store project beoogt, samen met partners, kennis te ontwikkelen over het bepalen en voorspellen van de maatschappelijke impact van initiatieven waarin GFE-afval verwerkt wordt. Hierbij is ervoor gekozen om het onderzoek te richten op twee manieren om GFE-afval te verwerken: compostering en biovergisting (en de verschillende varianten hiervan). Uit eerder onderzoek (Mulder, 2018) bleken dit de meest kansrijke technieken te zijn om organisch afval in een stedelijke context te verwerken.

De doelstelling van het project is tweeledig. Ten eerste wordt in Re-Store een tool ontwikkeld om de maatschappelijke impact van initiatieven in te kunnen schatten. Deze tool moet het betrokkenen van een initiatief mogelijk maken om de milieukundige, economische en sociale impact te kunnen bepalen van het afvalverwerkingssysteem. Ten tweede worden simulatiemodellen ontwikkeld om handvatten te geven voor het inrichten van afvalverwerkingssystemen. Met deze simulatiemodellen is het mogelijk om een beeld te vormen van de effecten die verschillende interventies en ontwerpkeuzes hebben op het afvalverwerkingssysteem. Hieruit kunnen vuistregels afgeleid worden: uitgangspunten die ten grondslag liggen aan (de optimalisatie van) afvalverwerkingssystemen.

1.3 Onderzoeksaanpak

Het onderzoek bestaat uit twee deelonderzoeken:

1. de ontwikkeling van een tool voor het bepalen van impact
2. het ontwikkelen van vuistregels voor het vergroten van impact

Beide deelonderzoeken hebben simultaan plaatsgevonden, waarbij inzichten onderling uitgewisseld zijn. Voor elk deelonderzoek geven we weer welke onderzoeksmethoden en -technieken zijn gehanteerd en welke data aan de onderzoeken ten grondslag liggen.

Ad1. Ontwikkeling tool om impact te bepalen

De ontwikkeling van de tool bestond uit drie stappen: het bepalen van de indicatoren, het ontwikkelen van de methode en het testen en verbeteren van de methode.

Bepalen van de indicatoren

Om vast te stellen welke indicatoren van belang zijn voor het bepalen van de impact is gebruik gemaakt van gesprekken met praktijkpartners en literatuur. Uit interviews met praktijkpartners (deelnemende mkb-bedrijven, brancheorganisaties en gemeenten) bleek de wens te bestaan om zowel milieukundige, economische als sociale factoren te analyseren. Om deze drie factoren te specificeren moet beoordeeld worden welke indicatoren deze kunnen representeren. Uit de wetenschappelijke literatuur is een zeer breed palet aan economische, milieukundige en sociale indicatoren bekend die van toepassing zouden kunnen zijn. Om hierin een keuze te maken gebruiken we een overzicht van indicatoren en een methode om hierin een keuze te maken, ontwikkeld door Valenzuela-Venegas, Salgado, & Díaz-Alvarado (2016). Deze keuze is afgestemd met de praktijkpartners.

Ontwikkeling van de tool

Als startpunt voor de ontwikkeling van de tool is een analyse uitgevoerd van bestaande methoden om de maatschappelijke impact van initiatieven te beoordelen, in het bijzonder rondom afval. Uit de analyse (beschikbaar als tussenrapportage) is naar voren gekomen dat de tool het best gebaseerd kan worden op de principes van Life Cycle Assessment (LCA). Bij een LCA wordt de impact van een product of proces geanalyseerd. Daarbij wordt de hele levenscyclus in ogenschouw genomen, van grondstoffen tot afdanken. Het directe gebruik van bestaande LCA-software en LCA-databases is echter niet goed mogelijk, omdat daarmee onvoldoende ingespeeld kan worden op het specifieke karakter van de te onderzoeken cases. Dit heeft vooral te maken met het ontbreken van data over decentrale oplossingen (het lokaal kleinschalig verwerken) en data over de Nederlandse situatie. Er is daarom de keuze gemaakt een eigen model te ontwikkelen, gebaseerd op literatuur en marktdata. Door in dit model gebruik te maken van de LCA-principes is een koppeling met wetenschappelijke literatuur en internationaal erkende richtlijnen toch mogelijk. De milieukundige en economische componenten zijn, middels een op LCA-gebaseerde methode, bovendien goed te integreren.

De sociale component in een LCA (de Social Life Cycle Analyses) is echter vooral gericht op internationale schades en risico's die voor de onderzochte initiatieven niet of nauwelijks relevant zijn. Uit literatuuronderzoek kwam naar voren dat er, zeker voor kleine lokale initiatieven, geen gouden standaard bestaat om sociale impact te meten. Veel factoren uit de literatuur bleken bedoeld voor de grote industrie en veel minder geschikt voor het in kaart brengen van de directe sociale effecten van lokale initiatieven.

Omdat de sociale component lastig te kwantificeren is en een duidelijk een andere insteek vraagt, is er voor gekozen om de sociale impact op een andere manier vast te stellen. Het ontwikkelde instrument om sociale impact te meten, is gebaseerd op literatuur en op gesprekken met de praktijkpartners.

In hoofdstuk 2 is te lezen hoe de tool is opgebouwd en hoe deze te gebruiken is. Het beschrijft voor welke indicatoren is gekozen en hoe deze geanalyseerd worden.

Testen en verbeteren van de tool

Om de tool te testen en goed af te stemmen op de praktijk, is gebruik gemaakt van casestudies. De casestudies hebben een vierledig doel:

- > inzicht krijgen in welke data te verzamelen is door de initiatiefnemers;
- > inzicht krijgen in hoe specifiek de modellen in de tool gemaakt moeten worden om recht te doen aan specifieke ketens en verwerkingssystemen;
- > evalueren van de opzet en bruikbaarheid van de tool;
- > impact bepalen van enkele voorbeeldprojecten waarbij GFE apart ingezameld en verwerkt wordt.

Voor dit doel zijn vier voorbeeldprojecten geselecteerd die een brede variatie aan verwerkingstechnieken, ketens en schaalgrootten vertegenwoordigen:

- > **Voedsel fiets:** het GFE-afval wordt ingezameld met bakfietsen en decentraal verwerkt middels compostering.
- > **Wormenhotels:** huishoudens stoppen hun GFE-afval in een zelf te beheren wormenhotel waarin met wormen het GFE-afval verwerkt wordt (ook wel *vermicompostering* genoemd).
- > **Centrale verwerking Java-eiland:** het GFE-afval wordt ingezameld en centraal verwerkt middels biovergisting en compostering.
- > **Decentrale vergisting:** bewoners verwerken hun GFE-afval met een kleine biogasinstallatie, gebaseerd op de Biogasboot.

Ten behoeve van de casestudies hebben de initiatiefnemers data verzameld en aangeleverd over hun projecten. Hoofdstuk 3 laat de resultaten zien van het toepassen van de tool op deze vier voorbeeldprojecten. Wat is de milieukundige, economische en sociale impact van deze vier projecten waarin GFE-afval gescheiden wordt ingezameld en verwerkt?

Ad 2. Aanpak om tot vuistregels te komen voor het verbeteren van de afvalketen

Om tot goede vuistregels voor impactvergroting van een afvalketen te komen, is het van belang de partijen en de wisselwerking daartussen goed te begrijpen. Simulatiemodellen kunnen daarbij helpen. Hierin wordt gemodelleerd wat de effecten zijn van wijzigingen in de afvalketen. Hoe zullen partijen bijvoorbeeld reageren als de prijs stijgt voor het verwerken van restafval? Of als een aantal partijen gaat samenwerken om hun afval samen te verwerken, voor welke andere partijen is het interessant om mee te doen?

Simulatiemodellen

In Re-Store worden twee simulatiemodellen gebruikt welke ontwikkeld zijn binnen het promotieonderzoek van één van de onderzoekers (Kasper Lange). Het eerste simulatiemodel gaat over afvalscheiding aan de bron. Het tweede simulatiemodel betreft het verhandelen en verwerken van afval tot nieuwe grondstof.

De methode die gebruikt wordt voor de simulatiemodellen heet *agent-based modelling*. Hierin worden de acties en interacties gemodelleerd tussen de verschillende 'agenten'. De agenten kunnen actoren zijn (bijvoorbeeld bedrijven), maar ook (technische) objecten (zoals een verwerkingsinstallatie). Het agent-gebaseerd modelleren vindt plaats door middel van participerende onderzoeksmethoden (zoals workshops en interviews met projectdeelnemers en experts in casestudies). De modellen worden verder ingevuld met data uit de literatuur en de markt, bijvoorbeeld over inzamelgedrag, handel in reststoffen en wetgeving. Hiervoor worden onder andere de data en inzichten gebruikt die ontstaan bij de ontwikkeling van de genoemde tool om de impact van projecten te kunnen analyseren.

Modelleren en simuleren op basis van casestudies

Omdat in dit project praktijkkennis voor (mkb-)bedrijven en overheidsinstellingen voorop staat, zijn representatieve casestudies gebruikt als uitgangspunt voor het ontwikkelen en verfijnen van de modellen. Twee gebieden met hun bedrijven en bewoners hebben model gestaan:

- > **NDSM-werf:** een bedrijvenpark met duurzaamheidsdoelstellingen. De case NDSM-werf wordt gebruikt om in een bestaande situatie te onderzoeken welke lokale ketens in dit gebied potentie hebben. In deze casestudie wordt met bedrijven en bewoners onderzocht welke systemen om GFE-afval lokaal te verwerken zouden kunnen werken.
- > **Haven-Stad:** een gemengd woon-werkgebied dat ontwikkeld wordt in het Westelijk Havengebied van Amsterdam. In de case Haven-Stad worden dezelfde ketens gemodelleerd als op NDSM-werf, zij het op basis van verwachte bedrijvigheid. In deze casestudie wordt geëxperimenteerd met verschillende samenstellingen van actoren (burgers, bedrijven, overheden).

De modellen zijn samen met partijen uit de praktijk ontwikkeld door middel van verkennende workshops, interviews met projectdeelnemers en experts. De modellen zijn vervolgens verder ingevuld met literatuur over inzamelgedrag, handel in reststoffen, de markt, wetgeving en omzettingsprocessen. De werking van de modellen is vervolgens getoetst bij betrokkenen.

De opbouw van de simulatiemodellen en de achterliggende casestudies worden beschreven in hoofdstuk 4. Hoofdstuk 5 laat de resultaten zien van het toepassen van de modellen in de casestudies. Op basis van de resultaten van de simulaties die zijn uitgevoerd met de modellen zijn vuistregels afgeleid voor het inrichten van succesvolle ketens in de stad.





**Tool om impact
te bepalen**



2

2. Tool om impact te bepalen

Steden zoeken naar oplossingen om GFE-afval apart in te zamelen en meer waarde te geven. Hiertoe wordt geëxperimenteerd met een scala aan lokale oplossingen, variërend van de eigentijdse schillenboeren tot lokale vergistingsinstallaties. Vanuit de initiatiefnemers en opdrachtgevers is er behoefte aan een tool waarmee de maatschappelijke impact van deze nieuwe GFE-afvalsystemen bepaald kan worden, rekening houdend met de gehele keten. Dit hoofdstuk beschrijft allereerst de randvoorwaarden die de praktijk aan de tool stelt en de keuze van de indicatoren waarop gemeten wordt. Vervolgens presenteert dit hoofdstuk de ontwikkelde Re-Store tool en gaat het in op de gebruikersinterface.

2.1 Randvoorwaarden Re-Store tool

Op basis van gesprekken met experts en partners zijn de volgende randvoorwaarden aan de tool gesteld.

De tool moet:

- > geschikt zijn om het baseline scenario (de oorspronkelijke situatie) te vergelijken met de geïntroduceerde situatie (het scenario waarbij GFE-afval apart ingezameld en verwerkt wordt);
- > rekening houden met het unieke karakter van (vernieuwende) systemen en ketens om GFE-afval te verwerken;
- > toegankelijk genoeg zijn om door professionals op het gebied van afval (in bedrijven en gemeenten) begrepen en gebruikt te worden, maar geavanceerd genoeg zijn om specifieke situaties te kunnen beschrijven;
- > alle data en berekeningen open-source tonen aan de gebruikers om maximale transparantie te kunnen bieden.

Het is daarnaast gewenst dat de tool:

- > geschikt is om extra scenario's te kunnen toevoegen om inzicht te krijgen in wat de effecten zijn indien initiatieven opgeschaald worden en meer mensen aan het initiatief gaan deelnemen;
- > gebruikt kan worden om te identificeren in welke processtappen de meeste kosten en emissie van broeikasgassen plaatsvindt, om zo andere strategieën binnen scenario's te kunnen ontwerpen.

2.2 Bepalen van indicatoren

Er is een veelheid aan indicatoren die gebruikt kunnen worden om de milieu-, economische en sociale impact te bepalen. Om tot een verantwoorde keuze te komen zijn de mogelijke indicatoren beoordeeld op vier criteria (gebaseerd op Valenzuela-Venegas, 2016):

1. Relevantie: zijn de uitkomsten interessant voor de betrokkenen en sluiten ze aan bij de gestelde doelen van de projecten?
2. Pragmatisme: zijn er data beschikbaar en zijn metingen praktisch en kostenefficiënt uit te voeren?
3. Begrijpelijk: zijn de uitkomsten en de totstandkoming van de uitkomsten transparant en begrijpelijk voor de gebruikers?
4. Gedeeltelijke representatie van duurzaamheid: een indicator moet een van de duurzaamheidsdimensies (economisch, ecologisch of sociaal) meten, zodat vergelijkingen tussen configuraties en over tijd mogelijk zijn?

Om de indicatoren op deze vier criteria te beoordelen hebben gesprekken plaatsgevonden met experts en partners in het onderzoek. Hieruit is een set van indicatoren gekomen met subindicatoren, zie figuur 2.1.

Impact	Indicator	Subindicator
Ecologisch	Global warming Potential in CO ₂ -equivalenten	- Transport (in kilometers) - Fossiele brandstof (in liter) - Energie (in kWh)
Economie	Netto financiële waarde in Euro	- Investerings - Operationele kosten - Baten
Sociaal	Sociale samenhang Educatieve ontwikkeling	- Kwaliteit van sociale relaties - Verbondenheid met buurt en bewoners - Inzet voor de buurt - Kennis, bewustwording, intentie en gedrag t.a.v. afvalscheiding en verwerking

Figuur 2.1 Overzicht van gekozen indicatoren om impact te bepalen

Ecologische indicatoren

De term “ecologische impact” omvat een grote set aan indicatoren die gerelateerd kunnen worden aan organische afvalverwerking. Hieronder kan bijvoorbeeld verstaan worden wat de impact is op de directe omgeving, met bijvoorbeeld fijnstof, uitstoot van toxische gassen, vloeistoffen of andere vaste stoffen. Het kan ook de impact op het directe milieu en flora en fauna betreffen of de impact op de wereld, bijvoorbeeld met broeikasgasemissies, biodiversiteit en het gebruik van fossiele grondstoffen. Iedere indicator vraagt echter om specifieke modellen om berekeningen mee uit te kunnen voeren die weer om specifieke en complexe datasets vragen.

Het is helaas niet mogelijk om alle indicatoren op te nemen in de tool. Daarom heeft een verkenning plaatsgevonden met de partners om te bepalen welke indicator(en) voor hen het belangrijkste zijn. Samen met hen is ervoor gekozen om de Re-Store tool te beperken op het aardopwarmingsvermogen (global warming potential) wat ontstaat door broeikasgassen. De eenheid die voor het aardopwarmingsvermogen gebruikt wordt is CO₂-equivalenten (CO₂eq). Dit betekent dat de verschillende broeikasgassen (zoals CH₄, N₂O en CO₂) worden omgerekend tot CO₂eq. CO₂-equivalenten worden op zowel regionale als internationale schaal gebruikt in beleid om sturing te geven aan klimaatproblematiek. De uitkomst ervan wordt bovendien begrepen door de doelgroep van dit onderzoek.

Daarnaast zijn zaken als de uitstoot van toxische stoffen ondervangen in de milieuwetgeving in Nederland, het is simpelweg niet toegestaan om meer toxische stoffen uit te stoten dan een bepaalde drempelwaarde. Over de impact van de producten die vrijkomen uit de verwerking van organisch afval op biodiversiteit heersen nog veel vragen. Het is niet onaannemelijk dat bijvoorbeeld de daadwerkelijke invloed van de toepassing van

compost in de agrarische sector een significante impact heeft op de biodiversiteit in deze sector, op zowel positief als negatief vlak.

Om echter niet volledig beperkt te zijn tot CO₂eq als enige indicator zijn er ook subindicatoren uit het model te halen. Om bijvoorbeeld de uitstoot van een inzamelstrategie te berekenen moet bepaald worden hoeveel kilometers gereden worden door vrachtwagens. Deze hoeveelheid kilometers is een indicator voor het aantal vervoersbewegingen en daarmee eventuele overlast van vrachtwagens. Een ander voorbeeld is de hoeveelheid diesel die gebruikt wordt bij het composteren op industriële schaal. Deze wordt gebruikt om een deel van de CO₂eq te berekenen maar kan ook gebruikt worden om de afhankelijkheid van fossiele grondstoffen vast te stellen.

Economische indicatoren

Voor het economische deel is het van belang om inzichtelijk te kunnen maken wat de belangrijkste verschillen in kosten en baten zijn tussen de scenario's. Qua kosten betreft het investeringskosten, bijvoorbeeld voor extra containers en een verwerkingsinstallatie, en operationele kosten, bijvoorbeeld kosten voor arbeid en het onderhoud van voorzieningen. Baten zijn toe te kennen aan de eindproducten zoals compost of biogas en zullen voornamelijk een besparing zijn op de inkoop van andere producten, zoals tuinaarde of aardgas. Aangezien gemeenten verantwoordelijk zijn voor het inzamelen en verwerken van huishoudelijk afval, zal het economische deel van de tool het perspectief van de gemeente hanteren. Dat betekent dat de kosten en baten die toegerekend worden aan de gemeente, ingevuld en berekend worden.

Sociale indicatoren

De methode om sociale impact te meten, is gebaseerd op literatuur en op gesprekken met de praktijkpartners. Uit het literatuuronderzoek kwam naar voren dat er, zeker voor kleine lokale initiatieven, geen gouden standaard bestaat om sociale impact te meten. Veel factoren uit de literatuur bleken bedoeld voor de grote industrie en veel minder geschikt voor het in kaart brengen van de directe sociale effecten van lokale initiatieven. Een aantal factoren waren wel geschikt om impact op lokale schaal te meten. Deze factoren vormden input voor gesprekken met de praktijkpartners om de meest relevante factoren voor lokale initiatieven die Groente- en Fruitafval verwerken, te bepalen. Deze uitkomsten zijn vervolgens weer tegen de literatuur aangehouden om de uiteindelijke indicatoren te bepalen. Hieruit kwamen twee belangrijke clusters van indicatoren naar voren: sociale samenhang (of cohesie) en educatieve ontwikkeling. Onder sociale samenhang verstaan we de impact die het initiatief heeft op de frequentie en de kwaliteit van het contact met buurtgenoten, participatie in de buurt, het vertrouwen in elkaar, de verbondenheid met de buurt en de bereidheid om elkaar te helpen en iets te doen voor de kwaliteit van de buurt. De educatieve ontwikkeling gaat over kennis over afvalscheiding en compostering, bewustzijn en houding ten aanzien van afvalscheiding en de intentie om het (vaker) te doen. Hier hebben we, ook in overleg met de partners, nog twee indicatoren aan toegevoegd: de arbeidsplaatsen (voor mensen met afstand tot de arbeidsmarkt) die het initiatief oplevert en het bereik van het initiatief. Dit laatste is belangrijk om te bepalen hoeveel mensen binnen een bepaalde buurt aan het initiatief kunnen deelnemen.

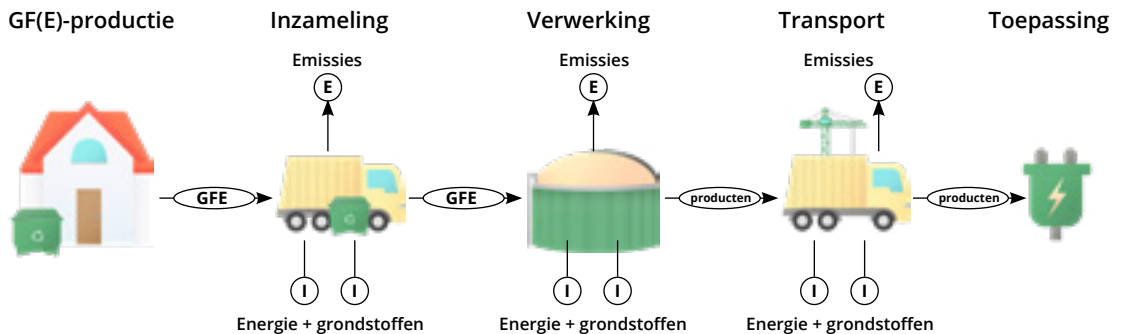
2.3 Een tool die de hele keten beslaat

Om metingen en berekeningen te verrichten op de indicatoren moet bepaald worden welke methodiek hiervoor gehanteerd wordt. De methodiek moet ervoor zorgen dat aan de gestelde randvoorwaarden uit hoofdstuk 2.1 voldaan kan worden.

Milieukundige impactmeting

De milieukundige impactmeting wordt gedaan met een methodiek gebaseerd op Life Cycle Assessment (LCA). Bij het uitvoeren van een LCA worden alle in- en uitgaande massa- en energiestromen van een serie processen of producten bij elkaar opgeteld om zo bijvoorbeeld de totale hoeveelheid broeikasgassen te kunnen berekenen en hiermee het aardopwarmingsvermogen te bepalen. De data waarmee dit bij een LCA gebeurt heet de Life Cycle Inventory (LCI). In het Re-Store model worden deze LCI's zo gemodelleerd dat gebruik gemaakt kan worden van in de praktijk beschikbare data. De samenstelling van het afval wordt bijvoorbeeld berekend op basis van massa's van producten die in het afval aangetroffen worden en de uitstoot van een composteerinstallatie wordt berekend aan de hand van de karakteristieken van de composteerinstallatie. Hiermee is het mogelijk om hele specifieke en concrete scenario's te modelleren.

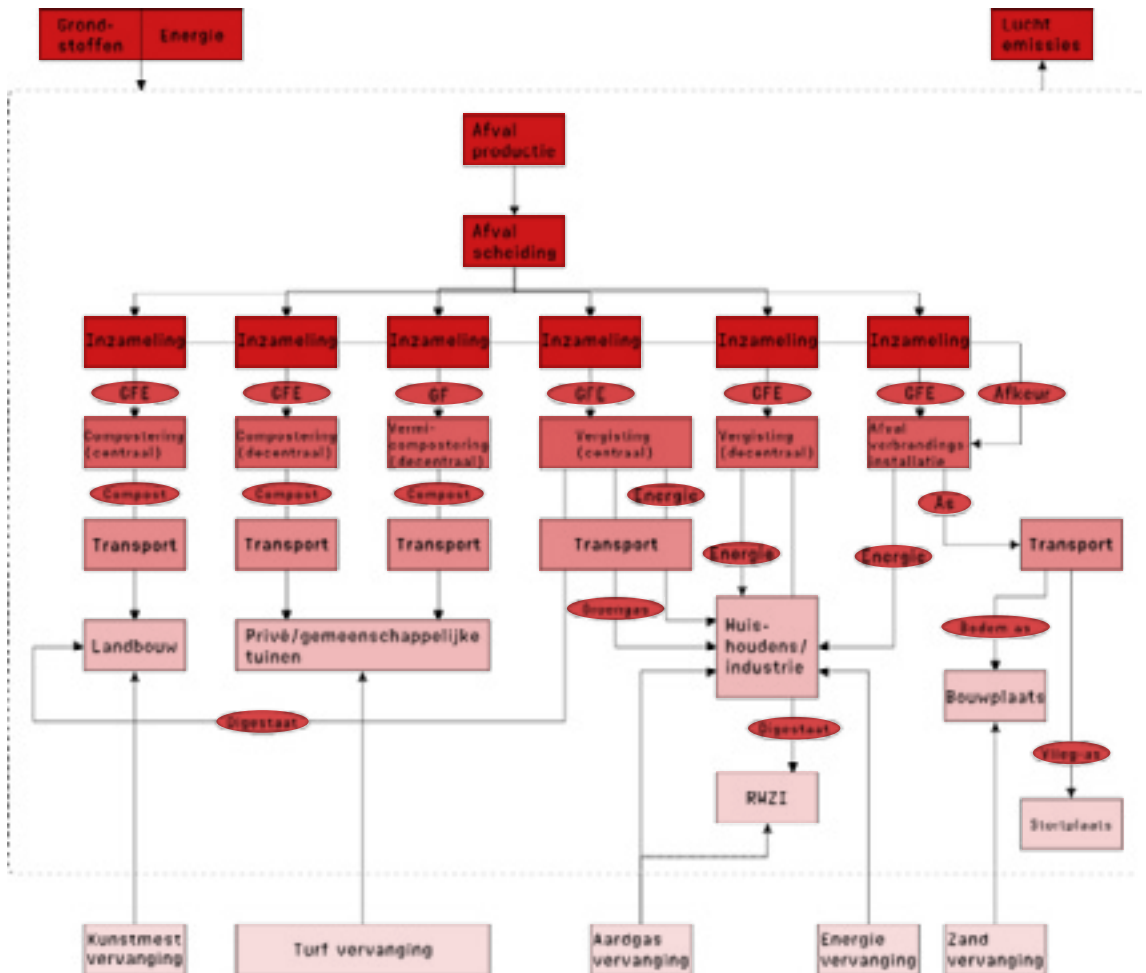
De structuur van de tool bestaat uit vijf stappen; afvalgeneratie, afvalinzameling, afvalverwerking, het vervoer van producten uit afval en de toepassing van deze producten.



Figuur 2.2 De structuur van het milieukundige en economische deel van de tool

Bij iedere stap vult de gebruiker een aantal variabelen in die betrekking hebben op de karakteristieken van deze stap. Bijvoorbeeld bij de afvalinzameling kan het type voertuig, het type brandstof en de afstand van de inzamellootatie tot de afvalverwerking ingevuld worden. Bij de toepassing vult men in hoe de producten gebruikt worden, bijvoorbeeld als vervanger voor tuinaarde, kunstmest of stroom. Voor het invullen van de scenario's is het aannemelijk dat meerdere partijen data aan moeten leveren. Bijvoorbeeld voor informatie over een verwerkingsinstallatie moet de leverancier data aanleveren, terwijl voor data over de oorspronkelijke gang van zaken de gemeente data aan dient te leveren.

Met de tool is het mogelijk om verschillende routes te doorlopen om het GFE-afval in te zamelen, te verwerken en te benutten.



Figuur 2.3 De routes die doorlopen kunnen worden in de tool

In figuur 2.3 zijn de modules van het model opgenomen. Al het afval begint in het model op één punt en wordt vervolgens verdeeld over verschillende submodellen. De vijf stappen die het afval doorloopt zijn weer te herkennen. De gebruiker van het model is vrij om te kiezen hoe de verdeling van het afval over de verschillende verwerkingsmethoden verdeeld wordt, welke voertuigen gebruikt worden voor het inzamelen van het afval en vervoeren van de producten en op welke manier de producten toegepast worden. Binnen ieder submodel zijn bovendien ook nog een aantal mogelijkheden om de karakteristieken van het submodel aan te passen. Zo kan de efficiëntie van motoren worden veranderd, is het mogelijk om de benuttingsgraad van de restwarmte te beïnvloeden of het stroomgebruik van een biogas-wasser te veranderen.

Bij LCA's worden scenario's altijd vergeleken met een zogenaamde baseline, de nulmeting, in dit geval de oorspronkelijke situatie voordat het GFE-afval apart ingezameld werd. In de tool wordt de baseline ingevuld en is het vervolgens mogelijk om tot vier andere scenario's in te vullen. Hiermee kan een vergelijking gemaakt worden binnen één casestudie met kleine verschillen zoals bijvoorbeeld verschillende brandstoffen bij de inzameling of met verschillende rendementen van warmteterugwinning in de compostering.

De uitkomsten worden weergegeven op twee pagina's. De eerste pagina is volledig numeriek en kan gebruikt worden om hele specifieke analyses te doen, bijvoorbeeld waarom de uitstoot van twee afvalverwerkingssystemen van elkaar verschilt. De tweede pagina is grafisch en geeft de eindresultaten van de impact-analyse weer in grafieken. De CO₂-equivalenten zijn af te lezen per ton of per totale hoeveelheid verwerkt afval.

Economische impactmeting

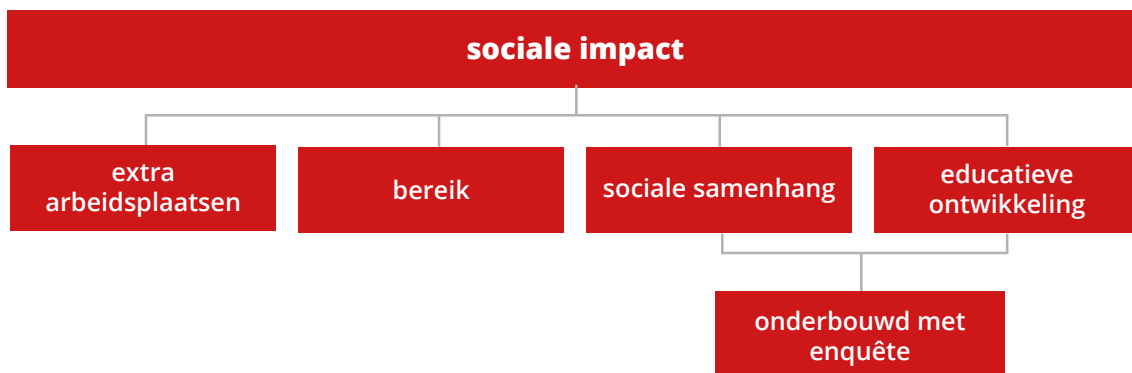
De economische impactmeting wordt gedaan met een methodiek gebaseerd op Life Cycle Costing (LCC). Het voordeel van het gebruik van LCC is dat het geïntegreerd kan worden met de LCA voor de milieukundige impact. LCC wordt vooral gebruikt om scenario's te kunnen analyseren waarbij de totale levenscyclus van een product/materiaalstroom beoordeeld wordt.

De economische impactmeting volgt dezelfde principes als de milieukundige impactmeting: zo worden scenario's vergeleken met een baseline en bestaat de structuur uit dezelfde vijf stappen. Data en berekeningen uit het milieukundige deel worden gebruikt voor het economische deel, bijvoorbeeld betreffende de gebruikte brandstof of de hoeveelheid geproduceerde compost. Deze informatie wordt aangevuld wordt met marktdata en berekeningen om de kosten en baten te kunnen inschatten.

In de economische analyse worden alleen de kosten meegenomen voor het primaire proces van inzameling en verwerking. Kosten voor extra communicatie en overhead worden niet meegenomen.

Sociale impactmeting

De tool voor sociale impact bestaat uit een invulsheet en een enquête. Op de invulsheet kan een initiatief de benodigde gegevens voor het inschatten van de sociale impact zelf invullen. In de eerste plaats zijn dit de gegevens over het extra aantal fte aan medewerkers die met het initiatief aan het werk kunnen, het aantal fte werknemers met een afstand tot de arbeidsmarkt en het aantal vrijwilligers. Vervolgens kan het initiatief op grond van populatiestatistieken en eigen gegevens het percentage invullen dat binnen een bepaald gebied maximaal aan het initiatief kan deelnemen. Hierna volgen gegevens over de invloed van het initiatief op de sociale samenhang en de educatieve ontwikkeling. In de invulsheet is het mogelijk aan te geven of het initiatief naar verwachting invloed zal hebben op deze aspecten van sociale impact. Als 'ja' wordt gekozen, dan volgt een vraag om deze verwachting verder toe te lichten. Een initiatief zou bijvoorbeeld een positief effect kunnen verwachten op sociale samenhang, als er bijeenkomsten georganiseerd worden waar deelnemers aan het initiatief elkaar tegenkomen, of als er samengewerkt moet worden om een bepaald doel te bereiken.



Figuur 2.4 De structuur van het sociale deel van de tool

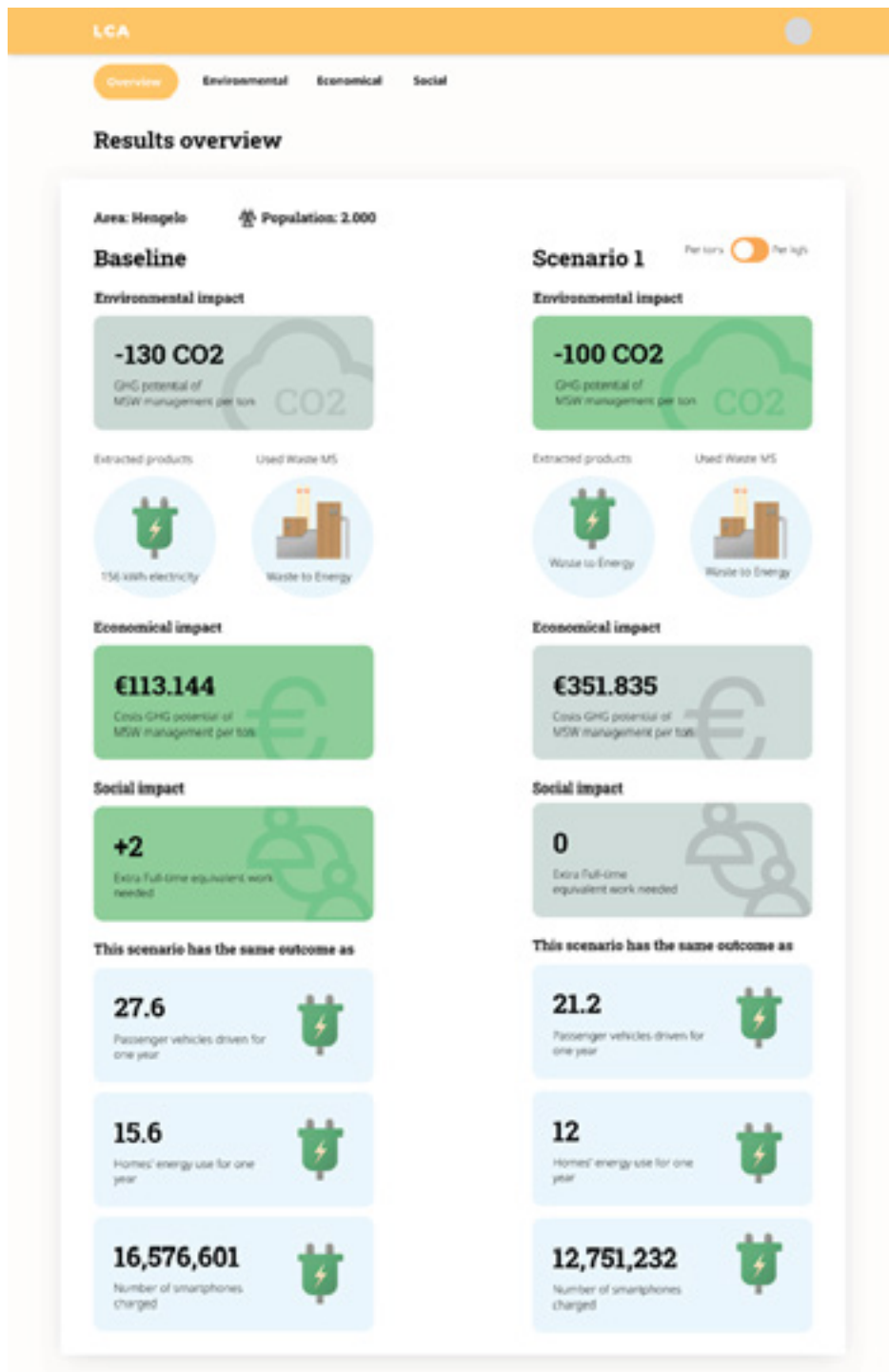
De enquête bestaat uit vragen om de verschillende indicatoren voor sociale samenhang en educatieve ontwikkeling te meten. De enquête kan daarmee een onderbouwing vormen van de eerder besproken invulsheet. De frequenties van de verschillende antwoorden kunnen in een Excel-sheet ingevuld worden, die deze gegevens omzet in percentages en grafieken.

Een kanttekening vooraf: zowel de invulsheet als de enquête moeten zorgvuldig geïnterpreteerd worden. De invulsheet zal alleen tot juiste resultaten leiden als deze eerlijk ingevuld wordt door het initiatief. Het is dus goed om hier met meerdere partijen naar te kijken. De enquête gaat over de perceptie van de deelnemers; de uitkomsten zijn dus geen vaststaande feiten. Ook is het belangrijk om bij de enquête bewust te zijn van de mogelijkheden en beperkingen van bepaalde steekproef aantallen.

De sociale impact kan net als bij de milieukundige en economische impact vergeleken worden met de baseline. De impact kan plaatsvinden in de inzamelfase, de verwerkingsfase en de toepassingsfase. Deze fasen lopen parallel met de vijf stappen van de milieukundige en economische impact.

2.4 Communicatie resultaten impact-analyse

Voor de bruikbaarheid van de tool is het van belang te weten welke deskundigheid toekomstige gebruikers hebben. Er is daarom samen met studenten van de HvA-master Digital Design onderzoek gedaan naar het begrip van de doelgroep. Begrijpt de doelgroep bijvoorbeeld welke data ze in moeten vullen en wat scores op CO₂-equivalenten betekenen? Er is een analyse gedaan met personen uit de doelgroep om inzicht te krijgen in de herkenbaarheid en het belang van de uitkomsten van de tool. De proefpersonen moesten aangeven welke uitkomsten voor hen interessant zijn en hierin een rangorde maken. Tevens werd hen gevraagd om collages te maken om te analyseren welke beelden zij associëren met CO₂-equivalenten. Deze analyse heeft geleid tot een interface van hoe de uitkomsten gepresenteerd zouden kunnen worden, zie figuur 2.5.

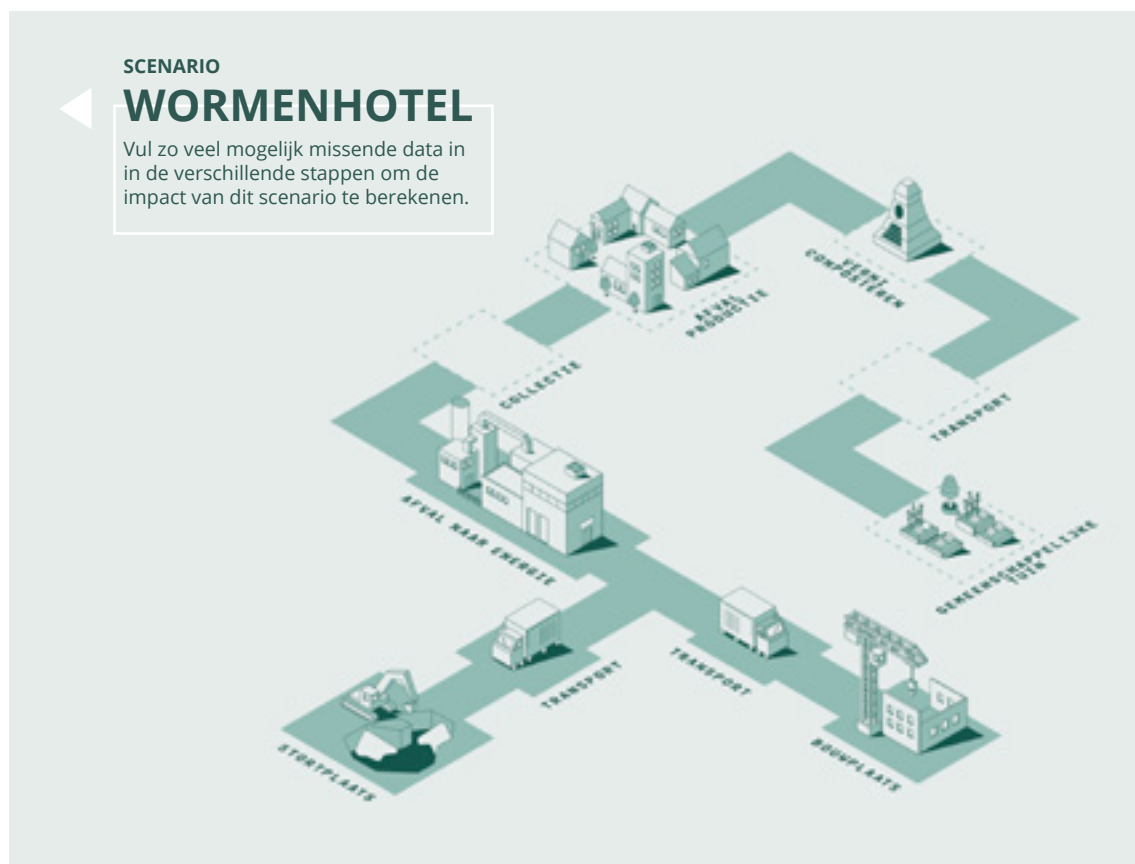


Figuur 2.5 Impressie van interface die resultaten impact-analyse laat zien

De interface laat de resultaten op de drie soorten impact (milieukundig, sociaal en economisch) op één pagina zien. Tevens zijn de belangrijkste data te zien waarmee de scenario's zijn opgebouwd. Ten slotte wordt de uitkomst van de milieukundige impact nog vertaald naar begrippen die gebruikers mogelijk meer zeggen. Zo kan de totale hoeveelheid CO₂-equivalenten bijvoorbeeld omgerekend worden naar het aantal huishoudens met een gemiddelde CO₂eq uitstoot van 15,8 ton CO₂eq per jaar (CBS, 2019b).

Gebruiksvriendelijkheid tool

De huidige Re-Store tool is opgebouwd uit Excel-sheets. Deze tool is hierdoor functioneel en in principe door iedereen te gebruiken, maar qua gebruiksvriendelijkheid is er een verbeteringslag mogelijk. Om de mogelijke vormgeving, en daarmee ook de potentie van de tool, zichtbaar te maken is er samen met een andere groep studenten van de HvA-master Digital Design aan een gebruiksiinterface gewerkt. De gebruiksiinterface geeft een beeld van hoe de tool eruit zou kunnen komen te zien. Het is nog niet functioneel (er is nog geen koppeling met het Excel-bestand).



Figuur 2.6 Impressie van gebruiksiinterface tool

De gebruiksiinterface laat de verschillende stappen van de tool op grafische wijze zien, zie figuur 2.6. Per stap wordt een oplossing gekozen (bijv. een verwerkingstechniek of transportmiddel) en wordt de benodigde data ingevuld. Zo kan de gebruiker zelf de baseline (de voormalige situatie) en het nieuwe scenario opbouwen. Tijdens de ontwikkeling van de gebruiksiinterface kwam naar voren dat het goed is als de tool zo gemaakt wordt dat meerdere partijen samen in de tool kunnen werken, omdat de benodigde data van meerdere partijen moet komen.



Impactanalyse van vier initiatieven



3

3. Impactanalyse van vier initiatieven

In het Re-Store project is de milieukundige, economische en sociale impact van vier initiatieven onderzocht met behulp van de ontwikkelde tool. Deze vier initiatieven vormen de casestudies voor het onderzoek en dienen tevens als veldtest voor de Re-Store tool. Dit hoofdstuk bespreekt kort de vier initiatieven en de wijze waarop de resultaten van de casestudies worden gepresenteerd. Daarna wordt dieper ingegaan op iedere casestudie en de uitkomsten met betrekking de milieukundige, economische en sociale impact.

3.1 De casestudies

Voor de casestudies zijn vier voorbeeldprojecten geselecteerd waarmee het mogelijk was onderzoek te doen naar een brede variatie in oplossingen en ketens om GFE-afval te verwerken:

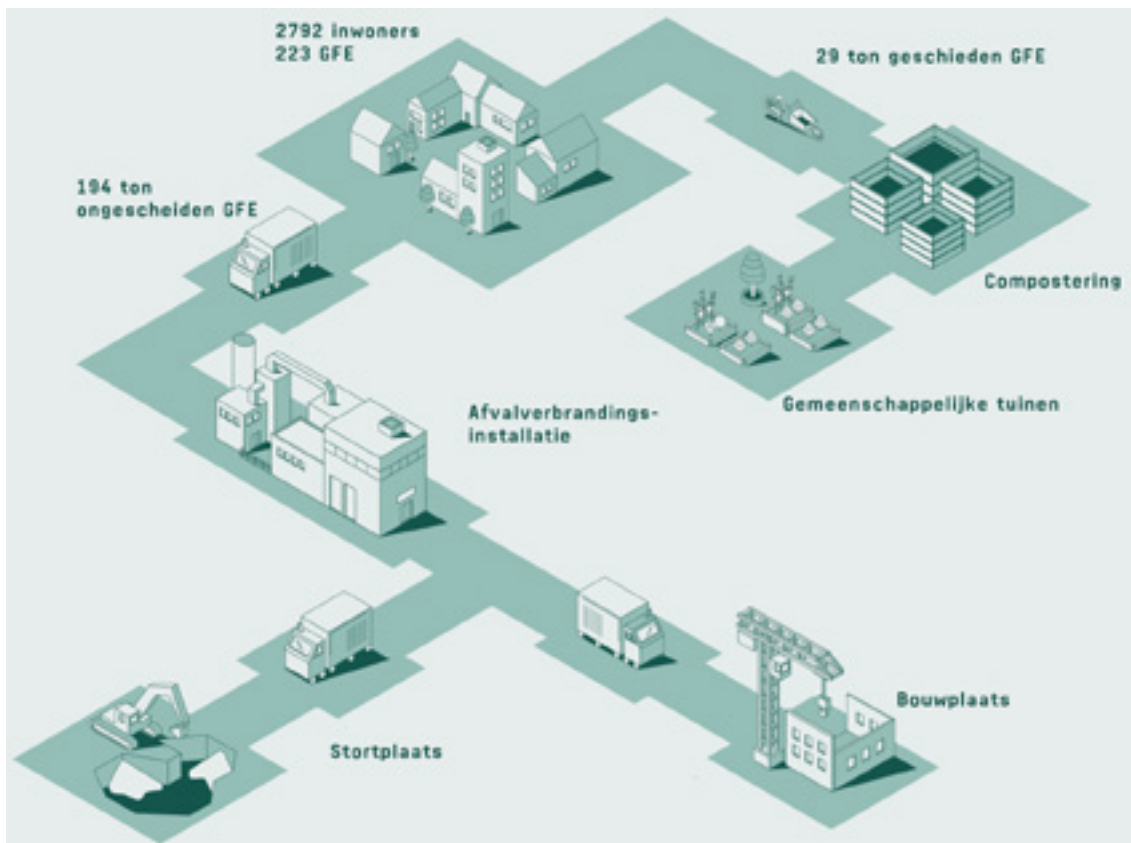
- 1. Voedselfiets** Bijna 500 huishoudens in Hengelo zijn begonnen met het scheiden van hun Groente, Fruit en Etenresten-afval (GFE-afval). Het GFE-afval wordt opgehaald met bakfietsen en naar een stadstuin/ sociale werkvoorziening gebracht. Daar wordt het GFE-afval met twee automatische composteerinstallaties omgezet tot compost.
- 2. Wormenhotels** Met 50 wormenhotels verzamelen en verwerken circa 1500 huishoudens in Amsterdam hun GFE-afval in eigen beheer. De vermicompost die hieruit ontstaat wordt in de eigen tuinen gebruikt.
- 3. Centrale verwerking Java-eiland** Circa 1400 huishoudens zamelen in Amsterdam hun GFE-afval apart in en brengen dat naar containers op straat. Het GFE-afval wordt opgehaald en centraal verwerkt in een vergistings- en composteerinstallatie.
- 4. Decentrale vergisting** Deze case is deels gebaseerd op het Biogasboot-project bij Café de Ceuvel in Amsterdam. Omdat dit project uiteindelijk door omstandigheden nooit is verwezenlijkt, is het niet mogelijk om met feitelijke gebruiksdata te werken. Er is voor gekozen om een fictieve case op te zetten waarbij circa 150 huishoudens hun GFE-afval inzamelen en dat verwerken bij een lokale biovergistingsinstallatie, vergelijkbaar met die van de Biogasboot. Het biogas wordt direct gebruikt als brandstof waardoor minder aardgas gebruikt hoeft te worden.

Per casestudie wordt allereerst aangegeven welke scenario's zijn onderzocht en met elkaar vergeleken. Vervolgens worden de resultaten getoond en toegelicht met betrekking tot de milieukundige impact, de economische impact en de sociale impact. De milieukundige impact is bepaald aan de hand van de CO₂-equivalenten voor de totale hoeveelheid GFE-afval van de populatie. Voor de economische impact is de netto financiële waarde berekend voor een vergelijkbare functionele eenheid: de waarde in euro voor *de totale hoeveelheid GFE-afval* van de populatie. Ten behoeve van de herkenbaarheid wordt echter de netto financiële waarde *per ton* GFE-afval getoond. Bij de sociale impact wordt onder andere getoond hoeveel arbeids-/ vrijwilligersplaatsen ontstaan, in hoeverre de sociale samenhang verandert en wat het initiatief doet voor de educatieve ontwikkeling.

Het is goed om te beseffen dat de impact-uitkomsten van de cases niet onderling vergelijkbaar zijn. Per case worden namelijk specifieke inputdata gebruikt, bijvoorbeeld voor de grote van de populatie, het aantal inzamelpunten en de methoden waarop het afval ingezameld en verwerkt wordt. De tool kan echter wel

gebruikt worden om scenario's binnen een case met elkaar te vergelijken. Daarmee is het ook mogelijk om het te gebruiken om effecten van schaalvergroting of veranderingen in de keten te analyseren. Een aantal voorbeelden hiervan volgen in de gepresenteerde casestudies.

3.2 De Voedselfiets



Figuur 3.1 Scenario Voedselfiets

De gemeente Hengelo is sinds 2016 bezig met een proef gericht op de inzameling en verwerking van etensresten bij circa 500 huishoudens van appartementencomplexen in drie verschillende wijken. De bewoners van deze wijken krijgen een kleine groene emmer waarin zij hun etensresten kunnen bewaren. Drie keer per week zamelen medewerkers van het Sociaal Werk Bedrijf (SWB) deze etensresten in met bakfietsen en brengen dit naar een centrale plek, de Groentuin. Bij de Groentuin gaat het etensafval in één van de twee composteer-machines en wordt het gecomposteerd. De compost wordt gebruikt voor het verbeteren van de bodem van bijvoorbeeld de lokale groente tuin, plantsoenen en stadstuinen. Bij de invulling van het project wordt gelet op sociale factoren, zoals burenccontact en participatie middels het SWB, waar mensen met een afstand tot de arbeidsmarkt aan het werk kunnen. Het proces is zo ingericht dat buurtbewoners nog een praatje kunnen maken en leren wat ze wel/niet mogen

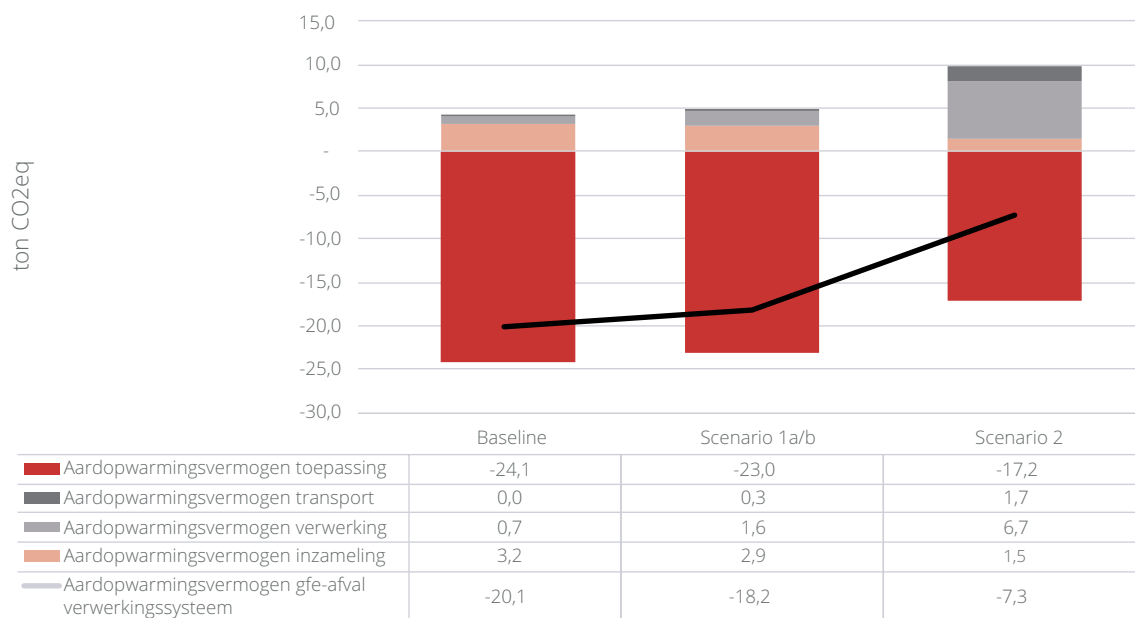
inleveren. Daarnaast wordt gelet op ecologische factoren, bijvoorbeeld bij de keuze van transportmiddelen. Voor het voedselrijs-project zijn de volgende vier scenario's geanalyseerd:

- > De baseline is de situatie zoals deze oorspronkelijk was in Hengelo, waarbij het GFE-afval met het restafval meeging.
- > Scenario 1a is de situatie waarin een deel van het GFE-afval apart opgehaald en verwerkt wordt (conform realisatie), waarbij de kosten voor arbeid en grondgebruik niet meegenomen worden.
- > Scenario 1b is vergelijkbaar met scenario 1a alleen worden nu de kosten voor arbeid en grondgebruik wel meegenomen.
- > Scenario 2 laat het fictieve scenario zien waarin 100% van het GFE-afval gescheiden wordt (de hele populatie scheidt GFE-afval en daarbij scheiden ze al hun GFE-afval).

Milieukundige impact

De resultaten van de milieu-impactanalyse zijn weergegeven in de volgende grafiek en tabel.

Aardopwarmingsvermogen / totale massa GFE



Figuur 3.2 Milieukundige analyse Voedselrijs

De grafiek laat zien dat zowel de baseline en scenario 1a/b zorgen voor vermindering van broeikasgassen. De baseline, met een vermeden CO₂-equivalent van 20,13 ton, scoort iets beter dan scenario 1a/b met een vermeden CO₂eq van 18,18 ton. De grootste verschillen zitten in het verwerken (processing) van het afval en bij de toepassing van de producten die vrijkomen uit de afvalverwerking. Bij compostering ontstaat een broeikasgas (methaan) wat niet vrijkomt bij verbranding. De toepassing van compost voorkomt minder CO₂eq uitstoot dan de toepassing van stroom en warmte wat ontstaat door het verbranden van afval.

In scenario 1a/b wordt echter bespaard op de CO₂eq uitstoot bij de inzameling van afval doordat minder gebruik gemaakt wordt van kraakperswagens. Een bijeffect hiervan is een afname van transportbewegingen van 10%. Omdat er meer massa compost overblijft dan bodem- en vlieggas wordt er echter meer CO₂eq uitgestoten bij het transporteren van de producten.

In scenario 2 wordt het meeste bespaard op inzameling. Echter neemt de CO₂eq emissie toe in het transport. Ook tijdens het verwerken wordt meer CO₂eq uitgestoten. Netto resulteert dit in een vermeden CO₂eq uitstoot van 7,31 ton CO₂eq. Omdat er nog maar een heel klein gedeelte organisch afval ingezameld wordt in het restafval, neemt het aantal transportbewegingen af met 50%.

Uit deze analyse blijkt dat ondanks dat het decentraal composteren in scenario 1a/b netto een CO₂eq vermindering heeft, deze minder groot is dan de baseline waarbij het GFE-afval verbrand wordt en stroom en warmte teruggewonnen wordt. De vermeden CO₂eq uitstoot is in scenario 2 het kleinst.

Economische impact

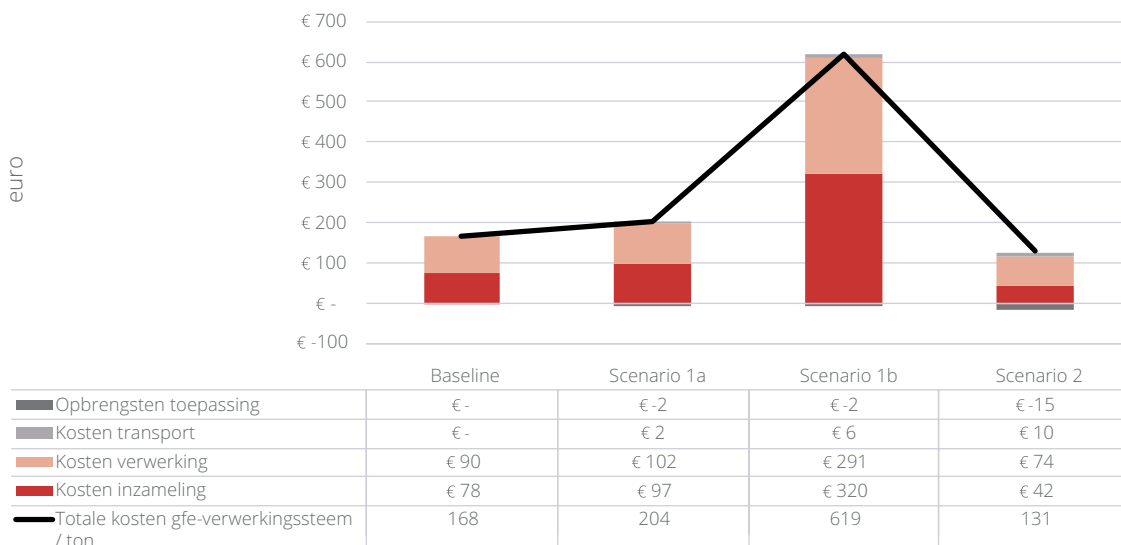
Om de economische impact te berekenen worden dezelfde scenario's gebruikt. De economische impact wordt berekend vanuit het perspectief van de gemeente, welke verantwoordelijk is voor het inzamelen en verwerken van het huishoudelijk afval. In de volgende tabel staan belangrijke inputdata voor het economisch model.

Fase	Baseline	Scenario
1. Afvalproductie	n.v.t.	Bakjes voor elk huishouden dat meedoet: €3/st
2. Inzameling	Inzameling uitbesteed: € 77 / ton	8 bakfietsen: €4500 / stuk
3. Verwerking	Verwerking uitbesteed: € 90 / ton	2 compostmachines 700lr : €17.500 / stuk
4. Transport	Reeds verwerkt in aanbestedingsprijs	Bedrijfswagen >2 ton : €30.000 (wordt voor 5% gebruikt voor scenario)
5. Opbrengsten	Reeds verwerkt in aanbestedingsprijs	Vervanging van turf in tuinproducten: €150/ ton

Figuur 3.3 Economische inputdata

De resultaten voor de economische impactanalyse zijn weergegeven in de volgende grafiek en tabel.

Kosten / ton gfe



Figuur 3.4 Economische analyse Voedselafval

In de grafiek zijn de kosten te zien per ton GFE-afval. Daarin zijn de verschillende fasen te herkennen. Scenario 1a brengt met name bij de inzameling en verwerkingsfase iets hogere kosten met zich mee dan de baseline. Dit heeft vooral te maken met de extra middelen die nodig zijn, zoals de bakfietsen en verwerkingsinstallatie.

Scenario 1b laat zien dat indien de kosten voor arbeid en grondgebruik meegenomen worden het scenario circa drie keer zo duur wordt per ton GFE-afval. Vanuit de praktijk wordt aangegeven dat deze kosten geen feitelijke kosten zijn omdat er geen transacties plaatsvinden of omdat de kosten via andere middelen vereffend worden. Het blijft uiteraard een feit dat de grond en arbeidstijd maar één keer ingezet kunnen worden en ook andere doelen hadden kunnen hebben.

In het fictieve scenario 2, waarin al het GFE afval apart ingezameld en verwerkt wordt, kunnen de middelen een stuk efficiënter ingezet worden. Indien de kosten voor arbeid en grondgebruik niet meegerekend worden, zou het verwerken van GFE-afval circa €50 per ton voordeliger kunnen zijn ten opzichte van de baseline.

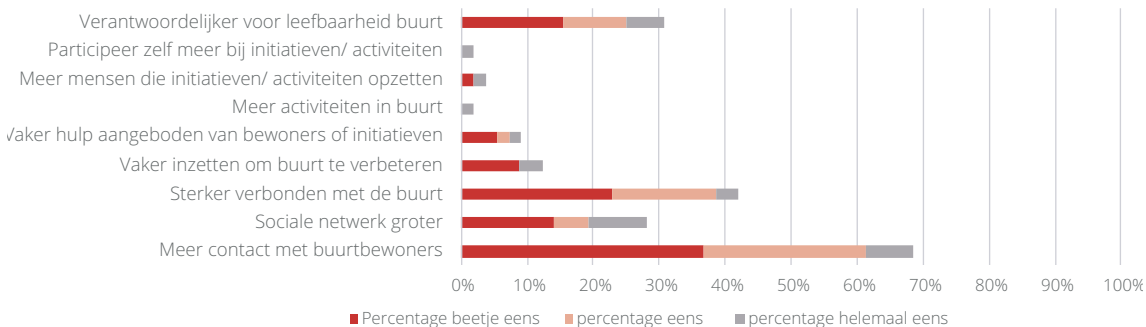
Sociale impact

Voor de invulsheet van sociale impact is gebruik gemaakt van de gegevens die vooraf bekend waren: het project levert opgeteld ongeveer 4fte aan werk op voor mensen met een afstand tot de arbeidsmarkt. Door de opzet komen burens elkaar tegen bij het inleveren van het GFE-afval en kunnen zij van de medewerker uitleg krijgen over het scheiden van afval in het algemeen en specifiek voor het scheiden van GFE-afval. Hierdoor is het aannemelijk dat het initiatief bijdraagt aan de sociale samenhang in de wijk en de educatieve ontwikkeling van deelnemers. Aan het initiatief kan in principe iedereen deelnemen, dus het bereik is 100%. Dit levert ingevuld het resultaat op zoals weergegeven in de volgende tabel.

	Reguliere inzameling GFE	Voedsel-fietsproject
Extra FTE werk	0	0
Afstand tot arbeidsmarkt / vrijwilligers	0	4
Maximale bereik (in%)	0%	100%
Sociale samenhang	Nee	Ja
Uitleg in steekwoorden	nvt	Tweewekelijkse ontmoeting bij voedsel-fiets
Educatieve ontwikkeling	Nee	Ja
Uitleg in steekwoorden	nvt	Informatie over afvalscheiding bij Voedsel-fiets

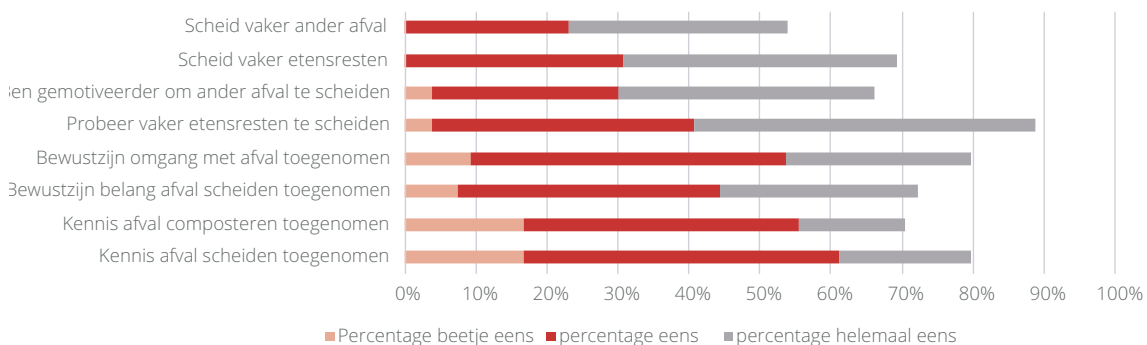
Figuur 3.5 Sociale analyse Voedsel-fiets

Ook uit de enquête komt naar voren dat de Voedsel-fiets bijdraagt aan (elementen van) de sociale samenhang in de buurt en aan de educatieve ontwikkeling van de deelnemers. Uit de volgende grafiek blijkt dat bijna 70% van de deelnemers vaker contact heeft met buurtbewoners door de Voedsel-fiets. Meer dan 40% geeft aan zich meer verbonden te voelen met de buurt, en nog zo'n 30% geeft aan zich verantwoordelijker te voelen voor de buurt en heeft zijn sociale netwerk zien groeien dankzij de Voedsel-fiets. Ook is duidelijk dat de meeste deelnemers geen toename zien in het aantal initiatieven in de buurt, doen de meeste er niet vaker aan mee en krijgen ze niet vaker hulp aangeboden als gevolg van hun deelname aan de Voedsel-fiets. Het Voedsel-fiets-project heeft dus vooral impact op sociale relaties en verbondenheid met de buurt en minder op participatie en de bereidheid om elkaar te helpen.



Figuur 3.6 Sociale samenhang; het percentage deelnemers aan de Voedsel-fiets dat het met een stelling (enigszins of helemaal) eens is.

De enquêtegegevens voor educatieve ontwikkeling zijn ook ingevoerd en dat levert figuur 3.7 op. Hieruit blijkt dat volgens de deelnemers de VoedselFiets heeft bijgedragen aan bijna alle aspecten van educatieve ontwikkeling. Zowel de kennis over composteren en afval scheiden, als het bewustzijn en de intentie om afval te scheiden is bij een meerderheid van deelnemers naar eigen zeggen toegenomen als gevolg van hun deelname aan de VoedselFiets.

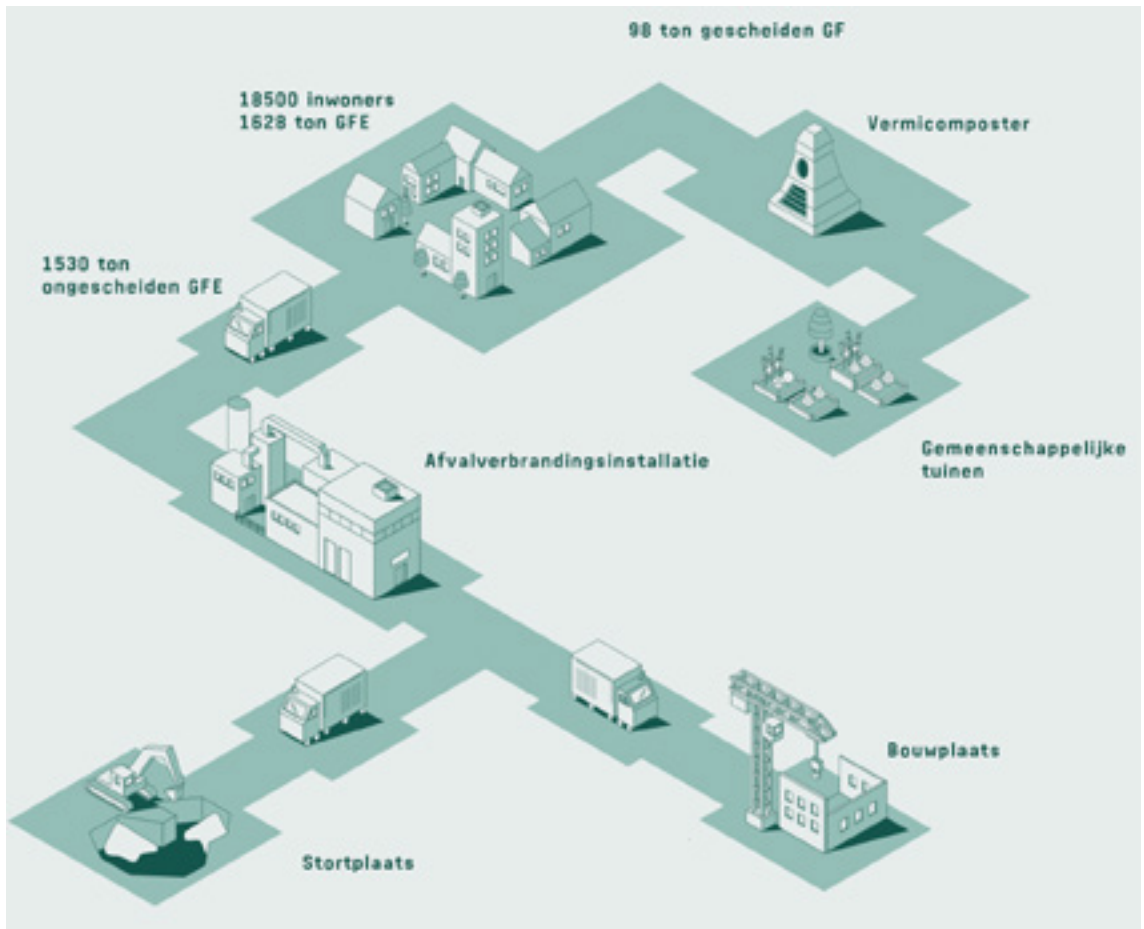


Figuur 3.7 Educatieve ontwikkeling; het percentage deelnemers aan de VoedselFiets dat het met een stelling (enigszins of helemaal) eens is.

Conclusie

Uit deze impact-analyse komen een aantal dingen naar voren. Het apart inzamelen van GFE-afval zorgt voor een positief effect op het reduceren van broeikasgassen. Het effect is echter kleiner dan wanneer het GFE-afval verbrand wordt en die stroom de grijze stroom vervangt. De kosten voor het apart inzamelen en verwerken van GFE-afval zijn hoger dan wanneer geen aparte GFE-inzameling plaatsvindt. Het al dan niet toerekenen van arbeidskosten en grondgebruik zijn daarbij van groot belang. Indien schaalvergroting optreedt en middelen efficiënter ingezet worden is te zien dat de kosten gereduceerd kunnen worden. Het VoedselFiets-project heeft volgens de deelnemers een positief effect op de sociale samenhang in de buurt. Zeker ervaren zij een duidelijk effect op educatieve ontwikkeling. Tevens zorgt het VoedselFiets-project voor meer arbeidsplaatsen voor mensen met een afstand tot de arbeidsmarkt.

3.3 Wormenhôtels



Figuur 3.8 Scenario Wormenhôtels

In de gemeente Amsterdam wordt het GFT-afval nog nauwelijks bron-gescheiden door huishoudens. Dat hier onder bewoners echter wel motivatie voor is, blijkt uit de interesse voor de wormenhôtels van Stichting Buurtcompost. Gemeente Amsterdam heeft een project ontwikkeld met de wormenhôtels. Buurtbewoners dienen zich op te geven bij de gemeente of bij de verantwoordelijk beheerder van een wormenhôtel, zodat duidelijk is wie er mee doen. De deelnemende bewoners kunnen hun Groente en Fruit-afval (dus geen tuinafval of etensresten) naar de wormenhôtels brengen. Het GF-afval wordt in het wormenhôtel omgezet tot vermicompost, wat door de bewoners gebruikt kan worden voor hun tuinen/ balkons.

Het scheiden via het Wormenhôtel heeft ook een sociaal aspect: ieder Wormenhôtel-initiatief wordt geleid door een zogenaamde 'hotelier' (opgeleid door stichting Buurtcompost) die de andere deelnemers leert hoe ze het Wormenhôtel moeten onderhouden en vaak is er één a twee keer per jaar een oogstfeest waar de deelnemers compost krijgen voor hun (balkon-)tuin. Bij een Wormenhôtel zijn maximaal 20-30 deelnemers aangesloten.

Deze case gaat uit van de status quo van de zomer van 2018 waarin 50 wormenhotels in Amsterdam staan. Omdat er een beperkte beschikbaarheid is aan wormenhotels, is een berekening gedaan hoeveel mensen mee kunnen doen met een wormenhotel. Daarbij is gekeken naar het aantal GFT-ophaalpunten wat 'normaalgesproken' in een stedelijke omgeving beschikbaar is, zoals in de case bij Java-eiland. Met het uitgangspunt dat een wormenhotel (van 2m³) circa 1 ton GF-afval per jaar kan verwerken, is berekend dat circa 15% van de buurtbewoners mee kan doen met een wormenhotel. Bij de initiatieven in de andere cases zien we dat 30-50% van de bewoners meedoet. Uiteraard is het een keuze, indien de wormenhotels als goede oplossing gezien worden kan er meer ruimte voor vrij gemaakt worden waardoor meer mensen deel kunnen nemen. Om de potentie te laten zien van als iedereen (100%) mee wil en kan doen is er een extra scenario ingevoerd.

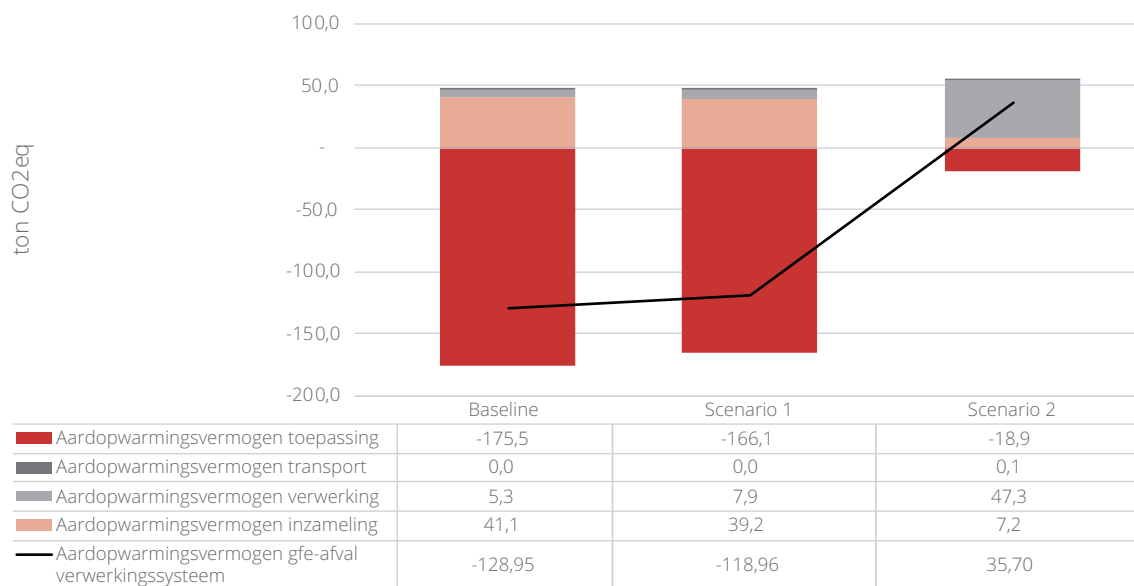
Er zijn een drietal scenario's geanalyseerd met betrekking tot de Wormenhotels:

- > De baseline is de situatie zoals deze oorspronkelijk was, waarbij het GF-afval met het restafval meeding.
- > Scenario 1 is de situatie waarin een deel van het GF-afval apart opgehaald en verwerkt wordt (conform realisatie), waarbij de kosten voor grondgebruik niet meegenomen worden.
- > Scenario 2 laat het fictieve scenario zien waarin 100% van het GF-afval gescheiden wordt (de hele populatie scheidt GF-afval en daarbij scheiden ze al hun GF-afval).

Milieukundige impact

De resultaten voor de milieu-impactanalyse zijn weergegeven in de volgende grafiek en tabel.

Aardopwarmingsvermogen / totale massa gfe



Figuur 3.9 Milieukundige analyse Wormenhotels

De grafiek laat zien dat zowel de baseline en scenario 1 zorgen voor vermindering van broeikasgassen. De baseline, met een vermeden CO₂-equivalent van 129 ton, scoort iets beter dan scenario 1 met een vermeden CO₂eq van 119 ton. De grootste verschillen zitten in het verwerken (processing) van het afval en bij de toepassing van de producten die vrijkomen uit de afvalverwerking. Bij vermicompostering ontstaat onvermijdelijk een broeikasgas (methaan) wat niet vrijkomt bij verbranding. De toepassing van vermicompost voorkomt minder CO₂eq uitstoot dan de toepassing van stroom en warmte wat ontstaat door het verbranden van afval. In scenario 1 wordt echter bespaard op de CO₂eq uitstoot bij de inzameling van afval en het transport van producten dat ontstaat na de verwerking. Een bijeffect hiervan is een afname van transportbewegingen. In scenario 2 wordt geen CO₂eq meer vermeden. De uitstoot bij de verwerking is erg groot en de vermeden CO₂eq bij het gebruik van de producten die vrijkomen uit de compostering is niet groot genoeg om netto op een besparing uit te komen.

Uit deze analyse blijkt dat ondanks dat het vermicomposteren in scenario 1 netto een CO₂ vermijding heeft, deze minder groot is dan de baseline waarbij het GF-afval verbrand wordt en stroom en warmte teruggewonnen worden. Daarnaast draagt het verwerken van al het GF-afval door middel van vermicompostering (zoals in scenario 2) niet bij aan CO₂ reductie.

Economische impact

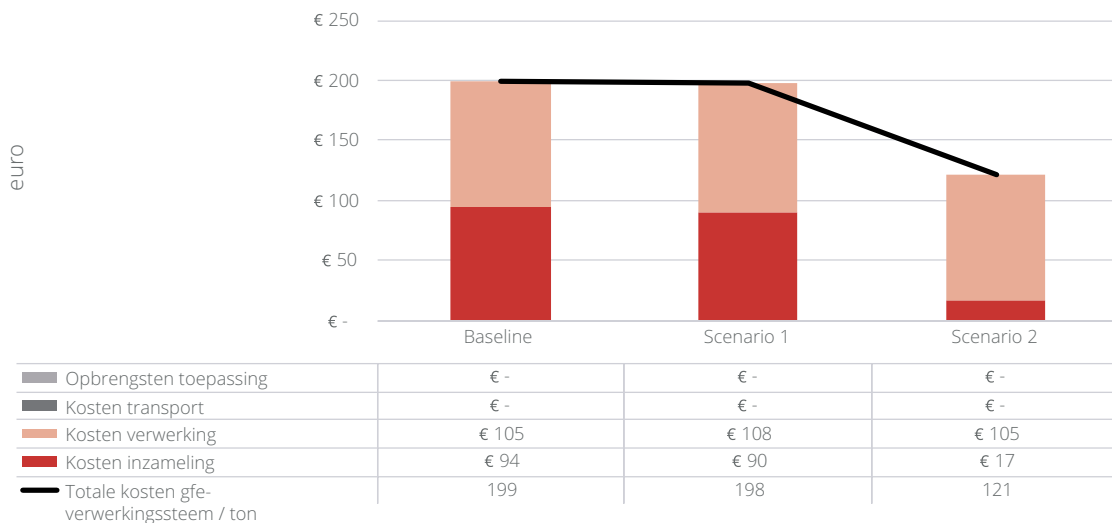
Om de economische impact te berekenen worden dezelfde scenario's gebruikt. In de volgende tabel staan belangrijke inputdata voor het economisch model.

Fase	Baseline	Scenario
1. Afvalproductie	n.v.t.	n.v.t.
2. Inzameling	GF via REST inzameling: € 87 / ton	50 wormenhotels 2m ³ : kosten bij Verwerking
3. Verwerking	Verwerking uitbested: € 105 / ton	50 wormenhotels: €1800 / stuk + €200 plaatsing
4. Transport	Reeds verwerkt in uitbestedingsprijs	n.v.t.
5. Opbrengsten	Reeds verwerkt in uitbestedingsprijs	Opbrengsten voor bewoners Vervanging van turf in tuinproducten: €150/ ton

Figuur 3.10 Economische inputdata

De resultaten voor de economische impactanalyse zijn weergegeven in de volgende grafiek en tabel.

Kosten / ton gfe



Figuur 3.11 Economische analyse Wormenhotels

De grafiek laat de kosten zien per ton GF-afval. Daarin zijn de verschillende fasen te herkennen. Te zien is dat de inzamelingsfase van het scenario iets voordeliger is dan de baseline. De verwerkingskosten zijn echter hoger, vanwege de extra middelen die nodig zijn. Overigens zijn de kosten voor grondgebruik niet meegerekend omdat dit fictieve kosten zouden zijn, waarbij geen feitelijke transactie plaats zou vinden.

De besparing op tuinaarde (in totaal 370 euro) komt in dit scenario toe aan de bewoners, waardoor het niet meegerekend wordt als inkomsten voor de gemeente.

In het fictieve scenario 2, waarin al het GF-afval apart ingezameld en verwerkt wordt, zijn de totale kosten voor de verwerking en inzameling bijna 80 euro lager dan de baseline. In dit geval wordt de volledige capaciteit van de wormenhotels gebruikt. Het is puur fictief, zonder overhead, en laat slechts de potentie zien.

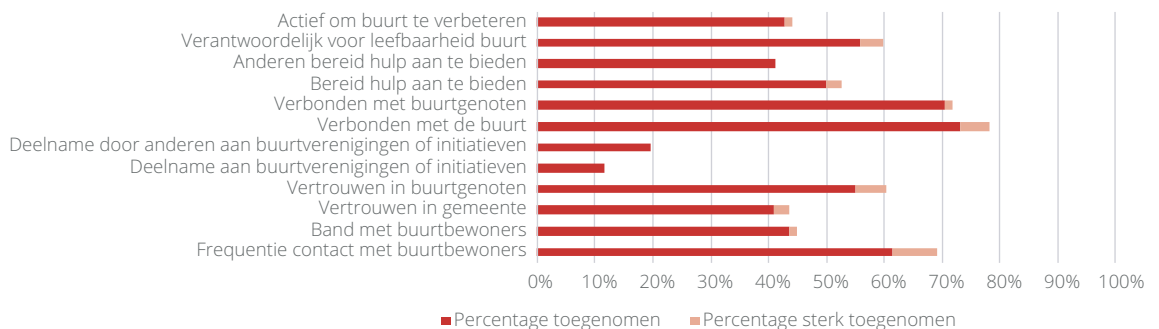
Sociale impact

Voor het project werken een aantal professionals van Vermicompost die de hoteliers instrueren, die op hun beurt weer vrijwilligerswerk verrichten. Omdat de hoteliers ook aan educatie doen en vanwege de sociale aspecten van de wormenhotels, levert dat na het invullen van de invulsheet de resultaten op zoals weergegeven in de volgende tabel. Het bereik van de wormenhotels is geschat op 15% op basis van de eerder beschreven analyse naar het aantal mensen dat in de buurt van een wormenhotel woont en de verwerkingscapaciteit van een wormenhotel.

	Reguliere inzameling GFE	Wormenhotels
Extra FTE werk	0	2
Afstand tot arbeidsmarkt / vrijwilligers	0	2
Maximale bereik (in%)	0%	15%
Sociale samenhang	Nee	Ja
Uitleg in steekwoorden	nvt	Samen wormenhotel onderhouden, jaarlijks oogstfeest
Educatieve ontwikkeling	Nee	Ja
Uitleg in steekwoorden	nvt	Educatie over inzameling, verwerking door hotelier

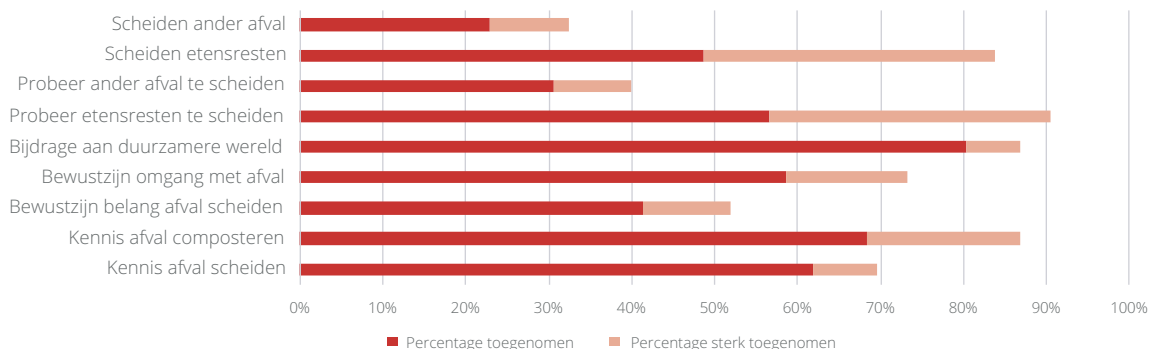
Figuur 3.12 Sociale analyse Wormenhotels

Uit de enquête die we afgenomen hebben onder 78 deelnemers blijkt ook dat veel deelnemers als gevolg van het Wormenhotel verbeteringen ervaren op aspecten van sociale samenhang in de wijk (zie figuur 3.13). Opvallend is dat veel deelnemers (70%) niet alleen vaker contact hebben met buurtbewoners, maar dat bijna de helft van de deelnemers (45%) aangeeft ook een betere band met een aantal buurtgenoten te hebben gekregen. Ook is de verbondenheid met de buurt en met buurtgenoten flink toegenomen. Verder valt op dat het vertrouwen in de buurtgenoten gestegen is en dat bijna de helft (45%) zelfs meer vertrouwen heeft in de gemeente door deelname aan het Wormenhotel.



Figuur 3.13 Sociale samenhang; het percentage deelnemers aan de Wormenhotels dat het met een stelling (enigszins of helemaal) eens is.

Ook op educatieve ontwikkeling doet het Wormenhotel het goed (zie figuur 3.14). Een ruime meerderheid geeft aan iets geleerd te hebben op het gebied van afvalscheiding, compostering en bewustzijn van omgang met afval. Het bewustzijn over het belang van afvalscheiding is relatief minder toegenomen dan in de andere cases. Uit de open antwoorden blijkt echter dat deelnemers aan de Wormenhotels al vaak veel bewustzijn hadden van dit belang, wat kan verklaren dat het door deelname aan het Wormenhotel niet verder is toegenomen.

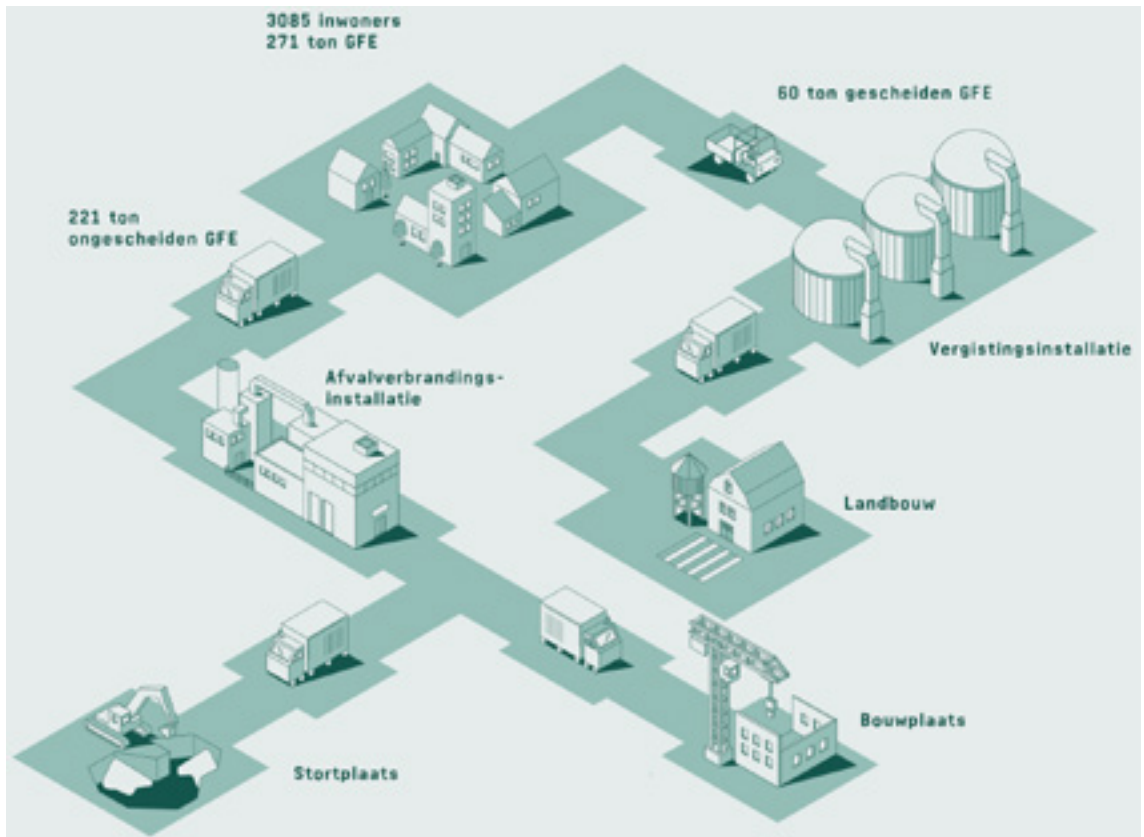


Figuur 3.14 Educatieve ontwikkeling; het percentage deelnemers aan de Wormenhotels dat het met een stelling (enigszins of helemaal) eens is.

Conclusie

Het apart inzamelen en verwerken van GF-afval middels wormenhotels zorgt voor een positief effect op het reduceren van broeikasgassen. Het effect is echter kleiner dan wanneer het GF-afval verbrand wordt en die stroom de grijze stroom vervangt. De kosten voor het apart inzamelen en verwerken van GF-afval zijn nagenoeg gelijk. Indien duidelijk meer mensen GF-afval zouden scheiden en verwerken via wormenhotels en de middelen efficiënter ingezet worden, kunnen de kosten voor het verwerken van GF-afval gereduceerd worden. Daarbij is echter geen rekening gehouden met kosten voor grondgebruik en overhead. Het project met de wormenhotels laat een positief effect zien op de percepties van de sociale samenhang en educatieve ontwikkeling. Tevens zorgen de wormenhotels voor enkele extra arbeidsplaatsen en voor meer mensen die vrijwillig bezig zijn met de verwerking van afval.

3.4 Centrale verwerking Java-eiland



Figuur 3.15 Scenario Java-eiland

Dit project is gestart als onderdeel van een onderzoek naar afvalscheiding in hoogbouw. Het vormde één van de pilots waarin onderzocht werd wat het effect was van bepaalde interventies op het gedrag van huishoudens met betrekking tot afvalscheiding. Bewoners van hoogbouw op Java-eiland kregen bakjes en wegwerpzakjes om hun organisch keukenafval in te doen en kunnen dit wegbrengen naar containers (240 liter) op straat. Er werd data verzameld over de hoeveelheid keukenafval die werd gescheiden en over de kwaliteit van het gescheiden afval. Het GFE-Afval wordt opgehaald door composteerbedrijf Meerlanden. Deze verwerkt het GFE-afval tot biogas en compost. Zakken compost worden vervolgens gratis aan bewoners uitgedeeld. De gemeente Amsterdam fungeert hierin als projectleider en verzorgt alle nodige communicatie. In het project zijn 1455 huishoudens aangeschreven waarvan uiteindelijk 860 huishoudens hebben meegedaan. De bewoners zijn verantwoordelijk voor het scheiden en separaat aanbieden van het GFE- en restafval.

Voor de casestudie 'Centrale verwerking Java-eiland' zijn de volgende drie scenario's geanalyseerd :

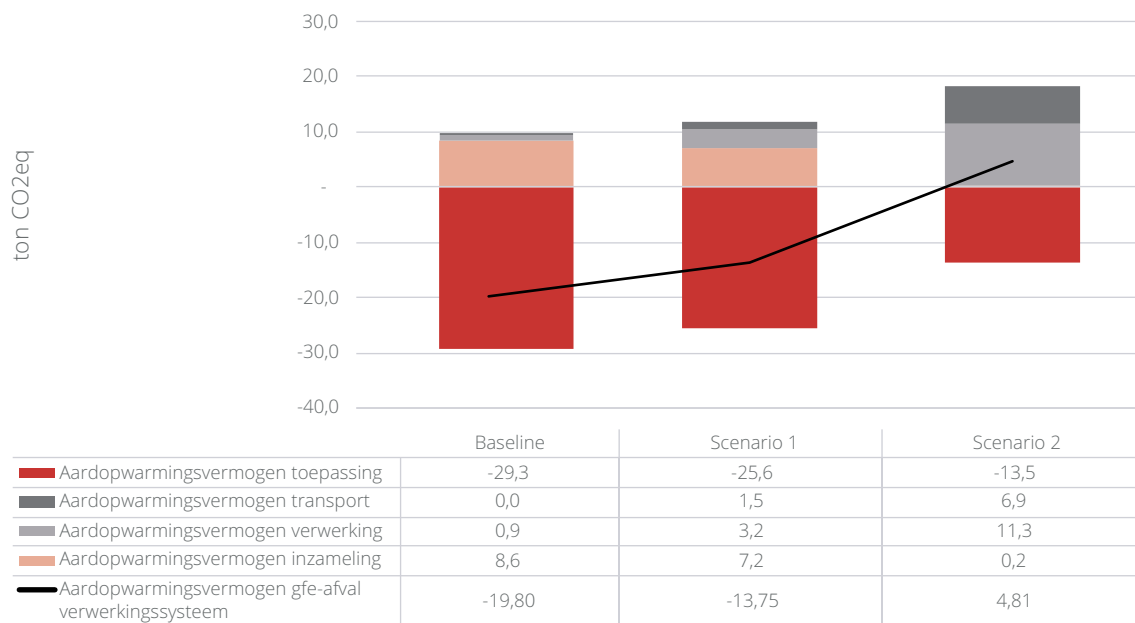
- > De baseline is de situatie zoals deze oorspronkelijk was, waarbij het GFE-afval met het restafval meeding.

- > Scenario 1 is de situatie waarin een deel van het GFE-afval apart opgehaald en verwerkt wordt (conform realisatie), waarbij de kosten voor grondgebruik en overhead niet meegenomen worden.
- > Scenario 2 laat het fictieve scenario zien waarin 100% van het GFE-afval gescheiden wordt (de hele populatie scheidt GFE-afval en daarbij scheiden ze al hun GFE-afval).

Milieukundige impact

De resultaten voor de milieu-impactanalyse zijn weergegeven in de volgende grafiek en tabel.

Aardopwarmingsvermogen / totale massa gfe



Figuur 3.16 Milieukundige analyse Java-eiland

Zowel in de baseline als bij scenario 1 is sprake van het vermijden van CO₂eq uitstoot. De vermeden uitstoot bij de baseline is met 19,80 ton echter groter dan bij scenario 1 met 13,75 ton. Dit komt met name doordat de vermeden CO₂eq door de toepassing van de producten die vrijkomen uit de vergisting niet groot genoeg zijn om de extra uitgestoten CO₂eq tijdens de verwerking en het transport van de producten te dekken. Het is onvermijdelijk dat een deel van het biogas ontsnapt uit de installatie (lekkages op kranen, emissies uit in- en uitvoerpunten). Biogas bevat veel methaan en methaan is een sterk broeikasgas. Ook ontstaat er bij de na-compostering van het digestaat methaan. De uitstoot bij de inzameling is echter lager, dit komt doordat de inzamelvoertuigen die het organisch afval naar de vergister brengen, rijden op zelf geproduceerd biogas. In scenario 2 wordt geen CO₂eq uitstoot meer vermeden. De emissies bij het transport en de verwerking zijn simpelweg te groot vergeleken met de vermeden CO₂eq uitstoot bij de toepassing van de producten. De uitstoot tijdens de inzameling is echter helemaal vermeden; alle voertuigen rijden op zelf geproduceerd

biogas. Een voordeel van scenario 2 zou echter wel zijn dat het inzamelen van het afval niet meer afhankelijk is van uitputtelijke grondstoffen zoals diesel en dat de landbouw minder afhankelijk wordt van kunstmest. De productie van kunstmest is namelijk ook sterk afhankelijk van fossiele grondstoffen.

Economische impact

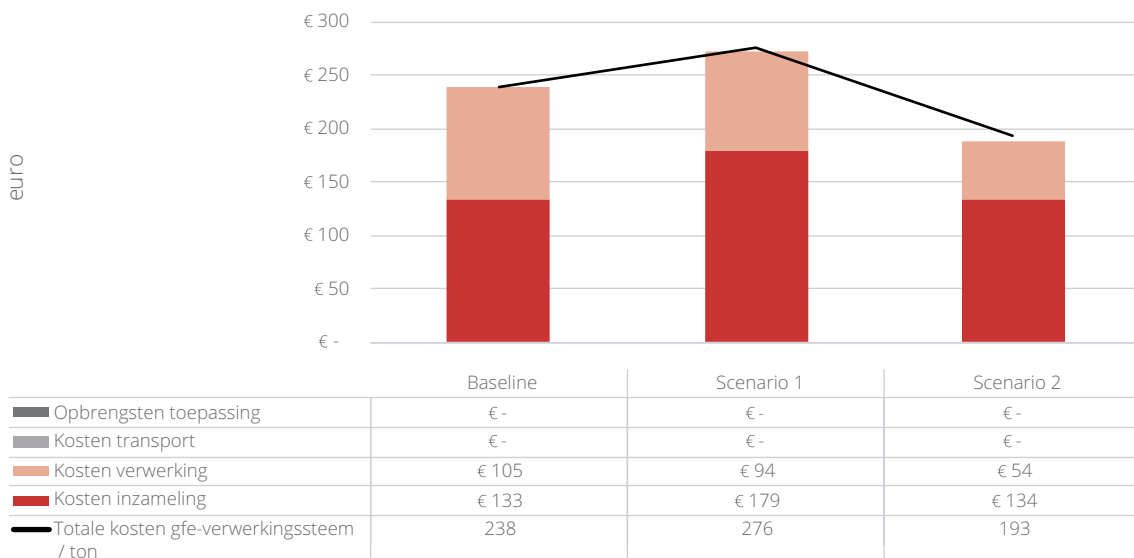
Om de economische impact te berekenen worden dezelfde scenario's gebruikt. In de volgende tabel staan belangrijke inputdata voor het economisch model.

Fase	Baseline	Scenario
1. Afvalproductie	n.v.t.	Bakjes voor elk huishouden dat meedoet: €3/st
2. Inzameling	GFE via REST inzameling: € 87 / ton	15 GFE-cocons 240lr met paslezer: €2070 / stuk Kosten onderhoud en toegangspasjes: €425 / container/ jaar GFE inzameling uitbesteed: €137 / ton
3. Verwerking	Verwerking uitbesteed: € 105 / ton	GFE verwerking uitbesteed: €54 / ton
4. Transport	Reeds verwerkt in uitbestedingsprijs	Reeds verwerkt in uitbestedingsprijs
5. Opbrengsten	Reeds verwerkt in uitbestedingsprijs	Reeds verwerkt in uitbestedingsprijs Opbrengsten voor private partij

Figuur 3.17 Economische inputdata

De resultaten voor de economische impactanalyse zijn weergegeven in de volgende grafiek en tabel.

Kosten / ton gfe



Figuur 3.18 Economische analyse Java-eiland

In de grafiek zijn de kosten te zien per ton GFE-afval. De inzamelfase van scenario 1 is duidelijk duurder dan de baseline, dit heeft onder andere te maken met de extra containers die nodig zijn en dat het verzamelen van GFE-afval duurder is, zeker op deze kleine schaal. De verwerkingskosten zijn in het scenario iets lager, omdat het centraal verwerken van GFE-afval goedkoper is dan het verwerken van restafval.

In het fictieve scenario 2, waarin al het GFE-afval apart ingezameld en verwerkt wordt, verschillen de totale kosten nauwelijks van scenario 1. De kosten voor de verwerking nemen duidelijk af. Er is wel rekening gehouden met schaalvoordelen voor de inzameling, waarbij ervan uitgegaan wordt dat de kosten voor de inzameling vergelijkbaar zijn met het landelijk gemiddelde conform de benchmark huishoudelijk afval 2018. Bij schaalvergroting is het dus vooral zaak om te zoeken naar mogelijkheden om de verzamelkosten te reduceren. In dat geval kunnen de kosten voor het scenario lager uitkomen dan de baseline.

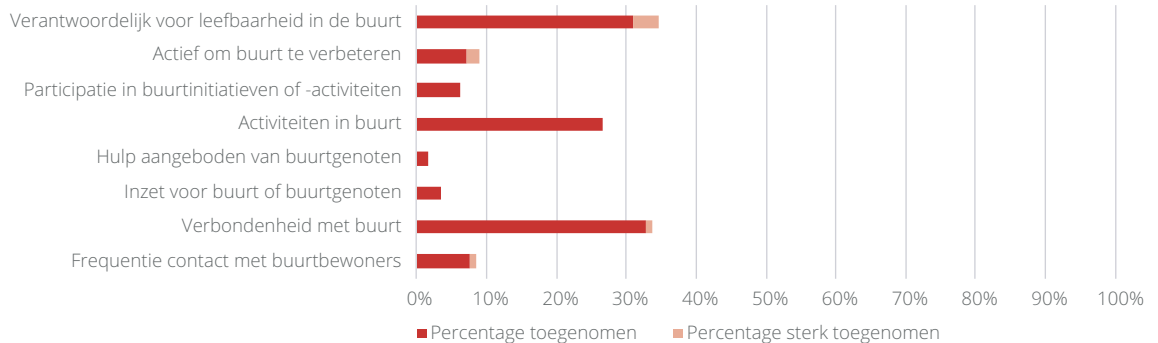
Sociale impact

Dit project heeft niet als doelstelling om bewoners bij elkaar te brengen, dus op voorhand verwachtten wij geen sterke invloed op sociale samenhang. Wel kregen de deelnemers informatie over het scheiden van GFE. Ook is het aannemelijk dat de kennis en bewustzijn toeneemt door het GFE-scheiden zelf te doen. Iedereen die in de hoogbouw op Java-eiland woonde kon meedoen, dus het maximale bereik was 100%.

	Reguliere inzameling GFE	GFE-scheiding Java-eiland
Extra FTE werk	0	?
Afstand tot arbeidsmarkt/ vrijwilligers	0	0
Maximale bereik (in%)	0%	100%
Sociale samenhang	Nee	Nee
Uitleg in steekwoorden	nvt	Geen extra ontmoeting door initiatief
Educatieve ontwikkeling	Nee	Ja
Uitleg in steekwoorden	nvt	Informatie over afvalscheiding door gemeente. Door het te doen zullen deelnemers zich meer verdiepen

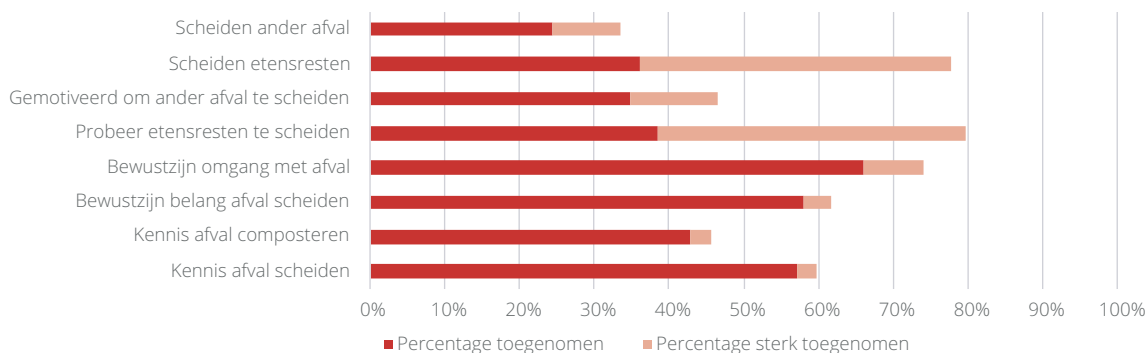
Figuur 3.19 Sociale analyse Java-eiland

Uit de enquête die is uitgevoerd blijkt dat de GFE-scheiding weinig effect heeft op de aspecten van sociale samenhang (zie Figuur 3.20). Toch valt op dat ruim dertig procent zich door deelname sterker verbonden voelt met de buurt. Ook voelt ruim een derde zich verantwoordelijker voor de leefbaarheid in de buurt.



Figuur 3.20 Sociale samenhang; het percentage deelnemers dat het met een stelling (enigszins of helemaal) eens is.

Op educatieve ontwikkeling scoort Java-eiland veel beter dan op sociale samenhang: het bewustzijn is bij een meerderheid van de deelnemers toegenomen, net als de kennis over afvalscheiding. Ook wordt aangegeven dat de intentie en het gedrag om etensresten te scheiden is toegenomen (zie Figuur 3.21).

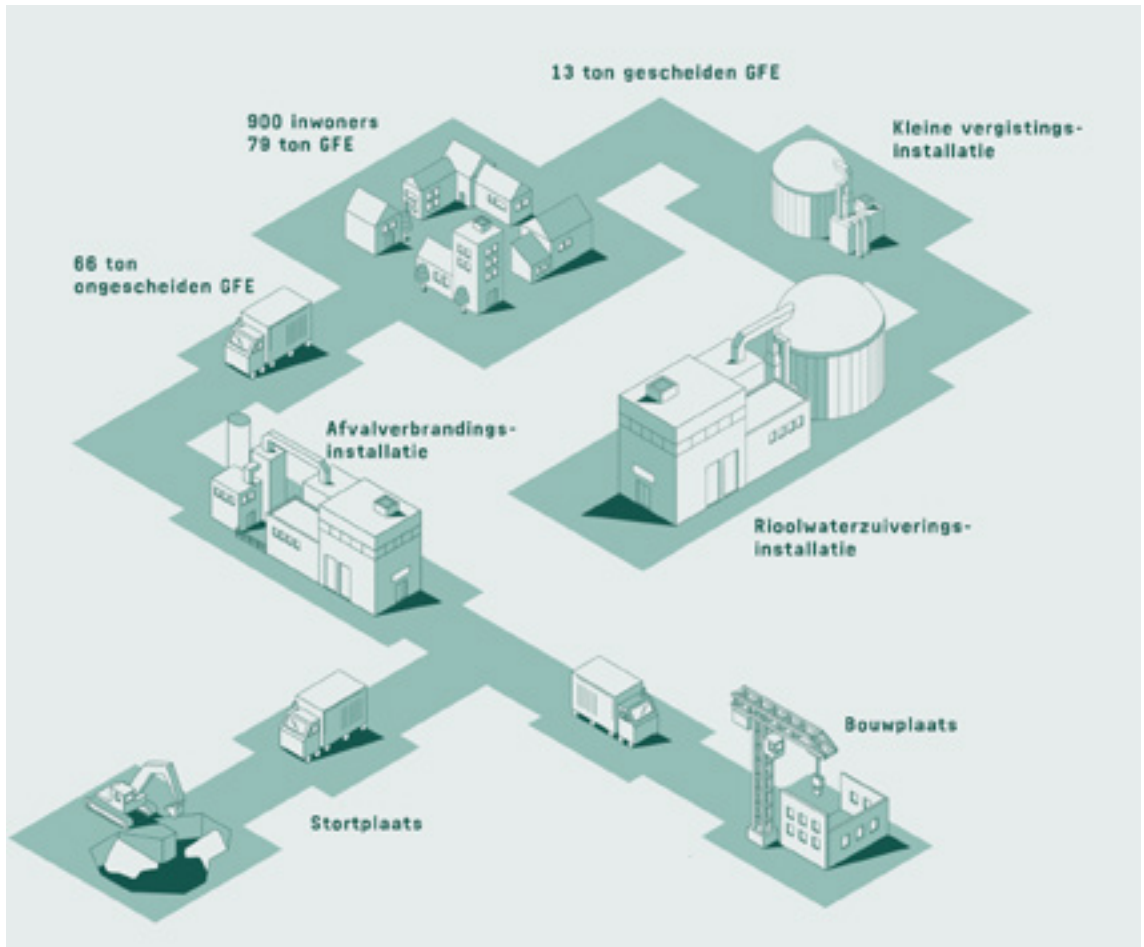


Figuur 3.21 Educatieve ontwikkeling; het percentage deelnemers dat het met een stelling (enigszins of helemaal) eens is.

Conclusie

Uit de impact-analyse blijkt dat het verbranden van afval om daarmee stroom en warmte terug te winnen, zoals in de baseline, beter voor het klimaat is dan het vergisten en composteren van het GFE-afval. Dit heeft er vooral mee te maken dat in de baseline grijze stroom vervangen wordt door stroom op biomassa. Door het apart verwerken van GFE-afval wordt echter wel het gebruik van diesel en kunstmest gereduceerd. De kosten voor scenario 1 liggen hoger dan in de baseline. Dit is vooral te wijten aan hogere kosten voor de inzameling. Door op te schalen lijkt wel een kostenbesparing mogelijk te zijn. Het project bij Java-eiland laat voornamelijk een positief effect zien op educatieve ontwikkeling en een beperkt effect op sociale samenhang.

3.5 Decentrale biovergisting



Figuur 3.22 Decentrale biovergisting

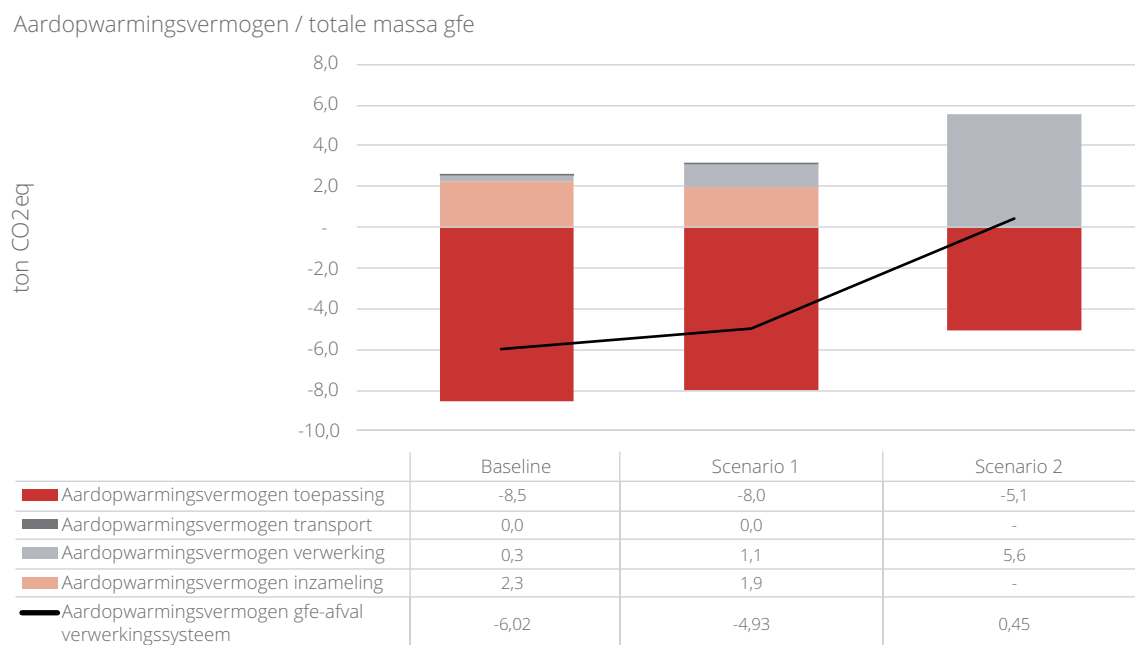
Deze case is deels gebaseerd op het Biogasboot-project bij Café de Ceuvél in Amsterdam. Omdat dit project vanwege omstandigheden nooit is verwezenlijkt, is het niet mogelijk om met feitelijke gebruiksdata te werken. Er is voor gekozen om een fictieve case op te zetten waarbij circa 150 huishoudens hun GFE-afval inzamelen en dat verwerken bij een lokale biovergistingsinstallatie, vergelijkbaar met die van de Biogasboot. In de installatie wordt het GFE-afval omgezet in biogas en digestaat. Het biogas wordt direct gebruikt als brandstof waardoor minder aardgas gebruikt hoeft te worden. Het digestaat (het slib dat overblijft) wordt afgevoerd via het riool.

Voor de casestudie Decentrale vergisting is een drietal scenario's geanalyseerd:

- > De baseline is de situatie zoals deze oorspronkelijk was, waarbij het GFE-afval met het restafval meeging.
- > Scenario 1 is de situatie waarin een deel van het GFE-afval apart verwerkt wordt in de biogasinstallatie, waarbij de kosten voor grondgebruik niet meegenomen worden. Arbeidskosten en kosten voor vergunningen worden wel meegerekend.
- > Scenario 2 laat het fictieve scenario zien waarin 100% van het GFE-afval gescheiden wordt (de hele populatie scheidt GFE-afval en daarbij scheiden ze al hun GFE-afval).

Milieukundige impact

De resultaten voor de milieu-impactanalyse zijn weergegeven in de volgende grafiek en tabel.



Figuur 3.23 Milieukundige analyse Decentrale biovergisting

De grafiek laat zien dat zowel bij de baseline als bij scenario 1 de uitstoot van CO₂eq vermeden wordt. Bij de baseline wordt er in totaal 6,02 ton vermeden en bij scenario 1 is dat 4,93 ton. Dit verschil komt doordat er meer CO₂eq vrijkomen bij de verwerking van het afval tijdens de vergisting en er minder CO₂eq vermeden worden door de toepassing van de producten uit de vergisting.

Bij scenario 2 wordt er, ondanks het ontbreken van inzameling en transport, netto geen CO₂eq meer vermeden. Dit komt wederom door een toename van uitstoot tijdens de verwerkingsfase en een afname van vermeden CO₂eq bij de toepassing van de producten.

Economische impact

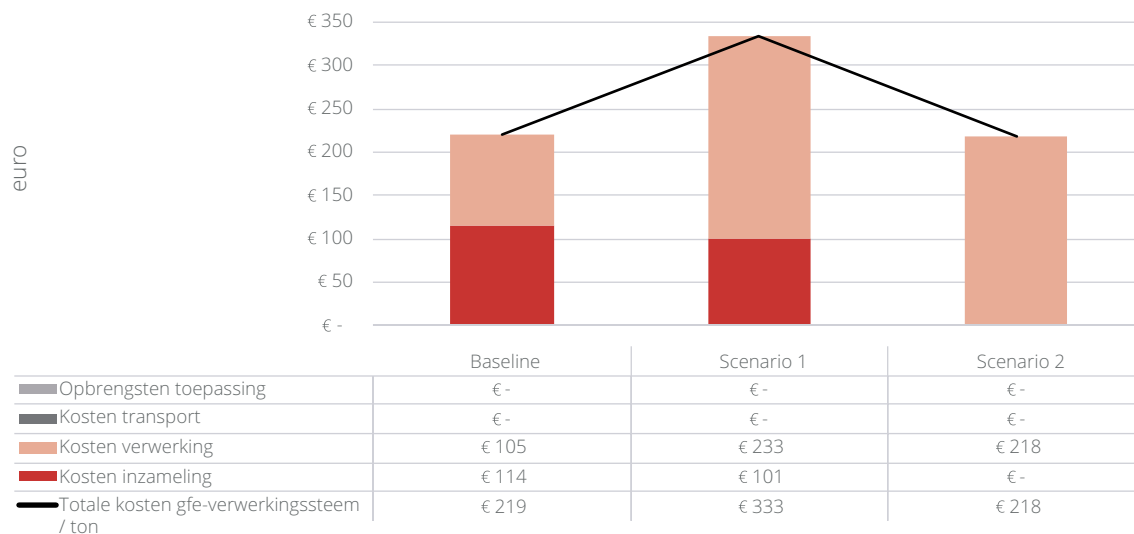
Om de economische impact te berekenen worden dezelfde scenario's gebruikt. In de volgende tabel staan belangrijke inputdata voor het economisch model.

Fase	Baseline	Scenario
1. Afvalproductie	n.v.t.	n.v.t.
2. Inzameling	GFE via REST inzameling: € 87 / ton	n.v.t.
3. Verwerking	Verwerking uitbesteed: € 105 / ton	Vergistingsinstallatie: 30.000 Organisatie vergunningen: €5.000 Infrastructuur: €2.000 Arbeidskosten: € 6.450 /jaar Onderhoudskosten: €1.500 /jaar
4. Transport	Reeds verwerkt in uitbestedingsprijs	n.v.t.
5. Opbrengsten	Reeds verwerkt in uitbestedingsprijs	biogas: € 0,57 / m ³ o.b.v. vermeden aardgas

Figuur 3.24 Economische inputdata

In dit geval is het interessant aan wie de kosten en opbrengsten toekomen. We gaan er in dit voorbeeld vanuit dat de opbrengsten van het biogas niet aan de gemeente toekomen. Deze opbrengsten komen daarom niet terug in de volgende grafiek.

Kosten / ton gfe



Figuur 3.25 Economische analyse Decentrale biovergisting

De grafiek laat zien dat de totale kosten voor scenario 1 meer dan 100 euro hoger liggen dan de kosten van de baseline. De kosten voor de inzameling nemen in het scenario wel iets af. Dit verschil is niet zo groot omdat het merendeel van het GFE-afval nog via het restafval ingezameld wordt. De kosten voor de verwerking nemen echter wel duidelijk toe. Dit laatste heeft te maken met de extra voorzieningen die nodig zijn om het GFE-afval te vergisten. Indien meer mensen GFE-afval inzamelen en ze dit beter doen, zullen de kosten voor de inzameling duidelijk afnemen. Ook voor de verwerking zullen de kosten afnemen ten opzichte van scenario 1 aangezien de middelen efficiënter gebruikt kunnen worden. De arbeidskosten voor het bedienen van de biogasinstallatie zijn overigens wel meegenomen in deze scenario's.

De opbrengsten uit het biogas zullen toenemen indien al het biogas onbewerkt gebruikt kan worden. In scenario 1 zijn de opbrengsten in totaal circa 1500 euro. In scenario 2 zijn de opbrengsten in totaal circa 9600 euro. Dat komt neer op respectievelijk 19 en 121 euro per ton GFE-afval. Er dienen echter wel kosten gemaakt te worden voor het filteren van het biogas en er zijn speciale kooktoestellen nodig die het biogas kunnen verbranden.

Sociale impact

Omdat deze case niet gerealiseerd is, was het niet mogelijk om een goede studie te doen rondom de sociale impact.

Conclusie

Uit de impact-analyse blijkt dat scenario 1 netto minder goed voor het klimaat is dan de baseline. Dit heeft te maken met name met verwachte lekkages van biogas en minder groene stroom vanuit de verbrandingsinstallatie. Indien al het GFE-afval middels de decentrale biogasinstallatie verwerkt wordt is zelfs een netto score in CO₂-equivalenten te verwachten van rond de nul. Economisch gezien is het decentraal vergisten van het GFE-afval duurder dan de baseline. Bij schaalvergroting kunnen wel economische voordelen behaald worden met name door het reduceren van inzamelkosten en mogelijk ook door hogere opbrengsten van het biogas.





Simulatiemodellen
van lokale ketens



4

4. Simulatiemodellen van lokale ketens

Als de impact van een afvalverwerkingssysteem veelbelovend is, hoe weet je dan of het systeem met al zijn samenwerkingspartners ook stand houdt? Het gedrag van de verschillende actoren en de interactie tussen deze actoren bepaalt in belangrijke mate het succes van de initiatieven op de lange termijn. Daarbij zijn er verschillende soorten interventies mogelijk, die invloed hebben op de mate van succes van een initiatief. In dit hoofdstuk worden twee modellen gepresenteerd waarmee simulaties uitgevoerd kunnen worden om dit te onderzoeken. Het eerste model betreft de invloed van gedrag op afvalscheiding aan de bron, het tweede model betreft de uitwisseling van afvalstoffen en verwerking tot nieuw product.

4.1 Modelleren voor inzicht in kansrijke scenario's

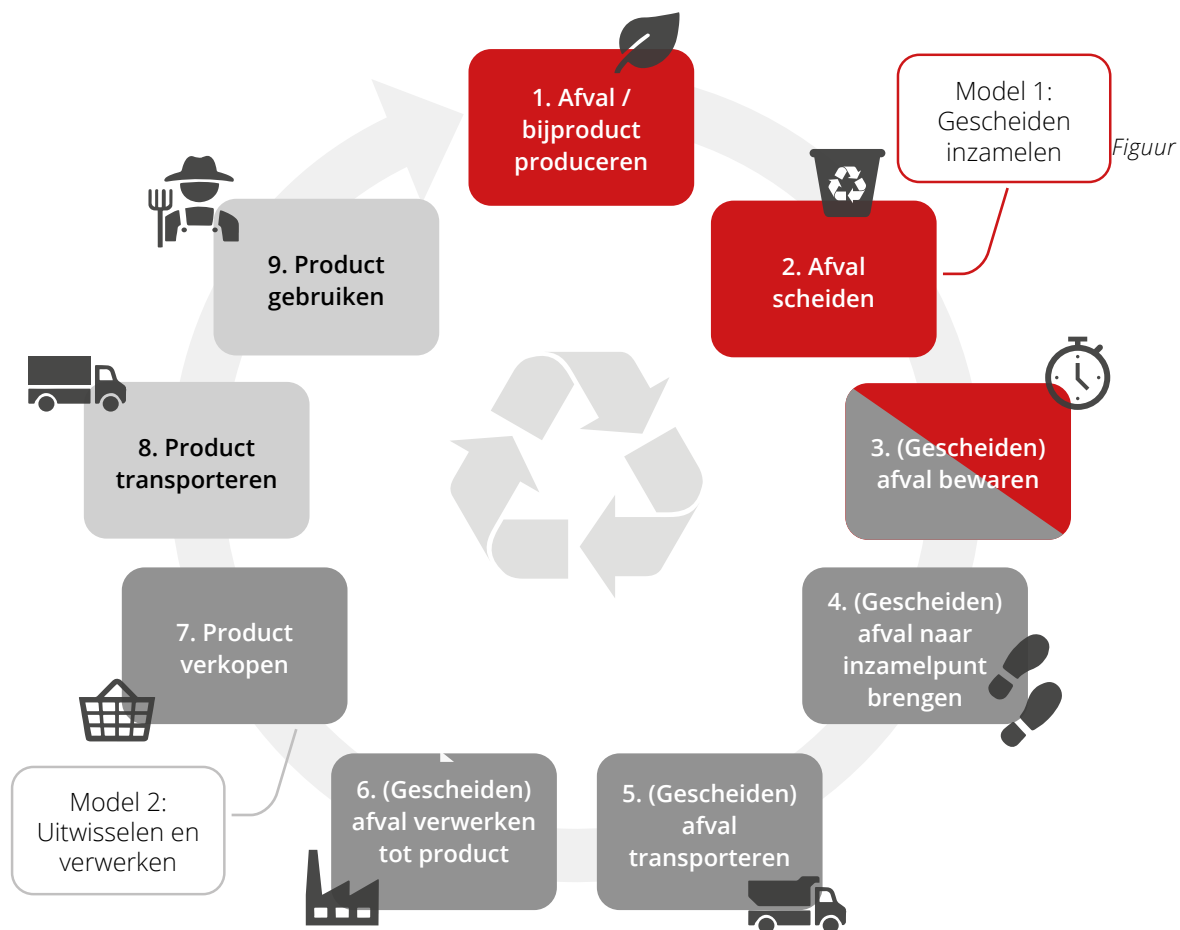
Inzichten in de milieukundige, economische en sociale impact van ketens voor composteren of biovergisten in de stad zijn waardevol, maar niet voldoende om te kunnen bepalen of zo'n systeem in de praktijk daadwerkelijk succesvol zal zijn. Succes hangt immers ook af van partijen die erin slagen op de lange termijn succesvol met elkaar samen te werken. Persoonlijke voorkeuren zoals aandacht voor kosten of duurzaamheid spelen daarbij een rol. En omstandigheden zoals marktprijzen of bestaande contractafspraken die het overstappen naar een ander systeem mogelijk in de weg kunnen staan. De mkb-ers die aan dit project deelnemen willen daarom weten waar zij op moeten letten bij het overgaan naar en onderhouden van een keten voor composteren of biovergisten, zodat de kans op langdurig succes kan worden vergroot. Datzelfde geldt voor (lokale) overheden, die zich afvragen hoe zij de transitie naar de circulaire economie het beste kunnen ondersteunen.

Het vinden van een antwoord op dergelijke vragen kan met behulp van simulatiemodellen – zogenaamde *agent-based models* - worden ondersteund (Dam et al., 2013). In deze modellen worden de acties en interacties tussen techniek, sociale actoren en de omgeving gemodelleerd. Dit leidt tot inzichten in factoren die van invloed zijn op de slagingskansen van de keten. In dit onderzoek zijn in samenwerking met de TU Delft twee modellen ontwikkeld en toegepast. Het eerste model richt zich op het gescheiden inzamelen van GFE-afval door bedrijven. Het tweede model richt zich op de keten van afvalstoffenuitwisseling tot verwerking tot nieuw product (zie ook Figuur 4.1).

Beide modellen zijn opgebouwd uit de processen die in de bedrijfsafvalketen van composteren of biovergisten plaatsvinden (kortweg: de keten). De bedrijfsafvalmarkt is een vrije markt, waarbij partijen die organisch afval aanbieden uit verschillende inzamelings-, uitwisselings- en verwerkingsalternatieven kunnen kiezen. De gemodelleerde processen bestaan uit commerciële partijen met hun gedragingen, acties en onderlinge interacties. Met enige aanpassingen zijn deze modellen ook toepasbaar op de keten van huishoudelijk afval. Dat is echter niet meegenomen in dit onderzoek. Het transporteren en gebruiken van de producten vallen buiten de scope van dit onderzoek en zijn dus ook niet gemodelleerd.

De totstandkoming van deze modellen en de elementen waaruit deze bestaan worden in dit hoofdstuk beschreven. Ook komen de praktijkcases aan bod die mede aan de basis staan van de ontwikkelde modellen: NDSM-werf en Haven-Stad (zie kaders).

Het is belangrijk om te benadrukken dat de resultaten van de modellen geen voorspellende waarde hebben. Hooguit kunnen uitspraken gedaan worden over trends: beïnvloeden bepaalde factoren de lokale keten voor inzamelen, uitwisselen en verwerken van organisch bedrijfsafval positief of negatief?



4.1 Weergave van de processen en actoren in een ideale circulaire keten, waarbij er geen sprake is van verliezen naar buiten. In werkelijkheid zal er wel degelijk sprake zijn van verliezen.

Bij het ontwikkelen van de beide simulatiemodellen is er in het kader van Re-Store en het promotieonderzoek van Kasper Lange nauw samengewerkt met de Faculteit Technology, Policy and Management aan de TU Delft. *"In het Re-Store project is praktijkgericht onderzoek en onderwijs aan de Hogeschool van Amsterdam verbonden met wetenschappelijk onderzoek en onderwijs aan de TU Delft. Re-Store geeft zo een mooi voorbeeld van symbiose tussen hogeschool en universiteit."*

Dr. Ir. Gijsbert Korevaar – Assistant Professor Industrial Symbiosis en Voorzitter Onderwijscommissie Masterprogramma Industrial Ecology (TU Delft)

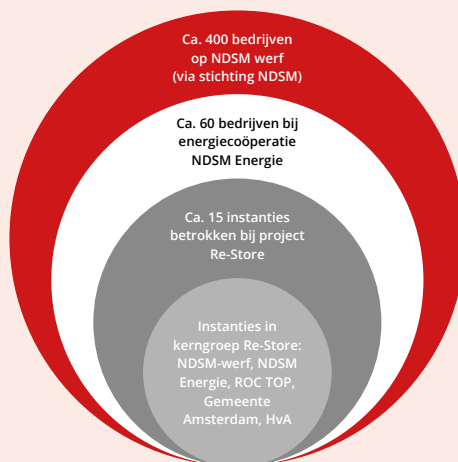
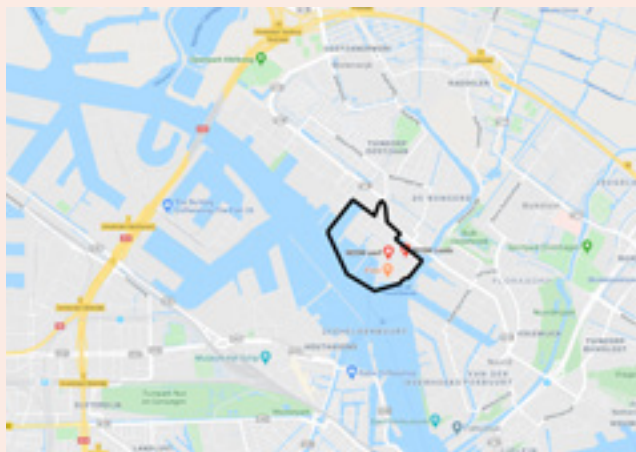
4.2 De circulaire keten: van afval tot product

Circulaire ketens zijn ketens waarvan de deelnemers zich sterk maken voor economisch, milieukundig en/of sociaal rendement door middel van de principes van de circulaire economie. Denk bijvoorbeeld aan bewoners of bedrijven die gezamenlijk met hun straat of buurt een composthoop exploiteren; dit heeft financiële consequenties, een bepaalde impact op het milieu en effect op de cohesie in de buurt. Dergelijke ketens bestaan uit allerlei betrokken sociale actoren - private, publieke, civiele partijen in verschillende rollen - en technische componenten - zoals verwerkings-, transport- en inzamelingstechnieken - op verschillende schaalgroottes (Boons et al., 2011; Lange et al., 2017).

In de basis bestaat een dergelijk systeem uit processen die opgedeeld kunnen worden in verschillende stappen (zie figuur 4.1). In dit model wordt, in lijn met de uitgangspunten van een circulaire economie, afval als grondstof beschouwd voor het creëren van nieuwe producten. Hoewel er eigenlijk geen sprake is van een begin of eind aan deze cyclus, is voor het gemak de afvalproductie (bovenaan in de figuur) als eerste stap benoemd. Alle processen kunnen in verschillende vormen en schaalgroottes voorkomen, zowel lokaal als centraal. Bedrijfsafval bijvoorbeeld kan zeer kleinschalig in het kantoor van een zzp-er worden geproduceerd, maar het kan ook in grote hoeveelheden worden geproduceerd in gebieden met openbaar groen (Mulder et al., 2018). De cyclus eindigt bij stap 9 door het gebruiken van het product dat is gemaakt uit het afval, waarna de cyclus weer van voor af aan begint.

Casebeschrijving NDSM-werf

NDSM-werf ligt ten noorden van het IJ en is van de jaren '20 tot '80 van de vorige eeuw één van de grootste scheepswerven ter wereld geweest. Het omvat een gebied tussen ruwweg het IJ, het Johan van Hasseltkanaal, Klaprozenweg en Kraanspoor (NDSM-werf, 2019). Vandaag de dag is het als bedrijvenpark een broedplaats voor creatieve activiteiten. In de linker afbeelding hieronder is de locatie van NDSM-werf te zien op de kaart. In de rechter afbeelding is in grote lijn weergegeven wie er direct en indirect verbonden zijn aan het Re-Store project in het NDSM-gebied.



NDSM-werf

Binnen het gebied zijn momenteel twee organisaties actief die de belangen behartigen van de aanwezige bedrijven: Stichting NDSM-werf (NDSM-werf, 2019) en bedrijven coöperatie NDSM-energie (NDSM Energie, 2019). Stichting NDSM-werf is verantwoordelijk voor het management van de werf, met ongeveer 400 bedrijven. De stichting programmeert en regisseert alle activiteiten op NDSM-werf Oost. Er is veel belangstelling vanuit de stichting om zichtbaar te maken hoe je stromen uit het gebied kunt omzetten in waardevolle producten. Vanuit deze behoefte wordt er een visie voor de komende 10 jaar ontwikkeld waarin circulariteit centraal staat. NDSM-werf heeft een broedplaatsstatus verworven, waardoor ze meer mogelijkheden hebben om te innoveren. NDSM-Energie is een coöperatie van ongeveer 60 bedrijven op de werf die duurzaamheid in het businesspark willen bevorderen, in eerste instantie door middel van hernieuwbare energie, maar nu ook door het bevorderen van de circulaire economie. NDSM-Energie heeft al eerder gepoogd om een decentrale verwerkingsinstallatie op te zetten, maar liep hierbij aan tegen toeleveringsgaranties en plaatsingsproblemen. Naast deze twee organisaties zijn ook de gemeente Amsterdam en ROC TOP Events & Hospitality aangesloten bij het Re-Store project.

De adviseurs bedrijfs- en bewonersafvalketenoptimalisatie van de gemeente Amsterdam zoeken naar mogelijkheden om initiatieven voor de circulaire economie te ondersteunen. Ze zien veel potentie in het sluiten van kringlopen rondom food en biomassa. Een van de te volgen strategieën is ervoor te zorgen dat bedrijfs- en bewonersafval beide gebruikt kunnen worden.

Casebeschrijving Haven-Stad

Haven-Stad omvat een gebied van ca 650 ha (excl. water) in het Havengebied van Amsterdam, waarover de gemeente in juni 2017 een concept Ontwikkelstrategie gepubliceerd heeft (Programmabureau Haven Stad, 2017). Sindsdien hebben de ontwikkelingen niet stilgestaan en is er een ambitieus ontwikkelingstraject in gang gezet, waarbij er met betrekking tot afvalstromen wordt ingezet op het volledig sluiten van de kringlopen (DRO, 2013). Gezien de scope van het project Re-Store, en de beperkte tijd, wordt in overeenstemming met de gemeente Amsterdam alleen het gebied Sloterdijk I onderzocht (het dik omliggende gedeelte in de onderstaande kaart).



Haven-Stad

Enkele belangrijke uitgangspunten voor de herontwikkeling van Haven-Stad zijn:

- > energieneutraal ontwikkelen op gebouw- en gebiedsniveau;
- > 75% CO₂-reductie ten opzichte van 2016 door onder meer bouwen zonder gasaansluiting en strengere EPC-normen;
- > circulair bouwen en wonen/werken: 50% hergebruik van afval in openbare ruimte en gebouwen in 2029 en 65% afvalscheiding;
- > klimaat- en regenbestendig bouwen.

Bij een maximaal programma van 70.000 woningen en 58.000 arbeidsplaatsen heeft Haven-Stad een verhouding tussen inwoners en werknemers van grofweg 2:1.

Belangrijkste stakeholders binnen het project Re-Store zijn allen onderdeel van de Gemeente Amsterdam: afdeling gebiedsontwikkeling Haven-Stad en programmateam Afval en Grondstoffen.

4.3 Acties en interacties: actoren bepalen in belangrijke mate succes

Een circulaire keten bestaat zoals hierboven toegelicht uit technologieën en organisatiestructuren die inzameling, transport en verwerking van afval tot product mogelijk maken. Maar dat is niet het hele verhaal. Juist ook het gedrag van de betrokken partijen bepaalt in grote mate hoe het systeem zich ontwikkelt en of de beoogde resultaten worden bereikt.

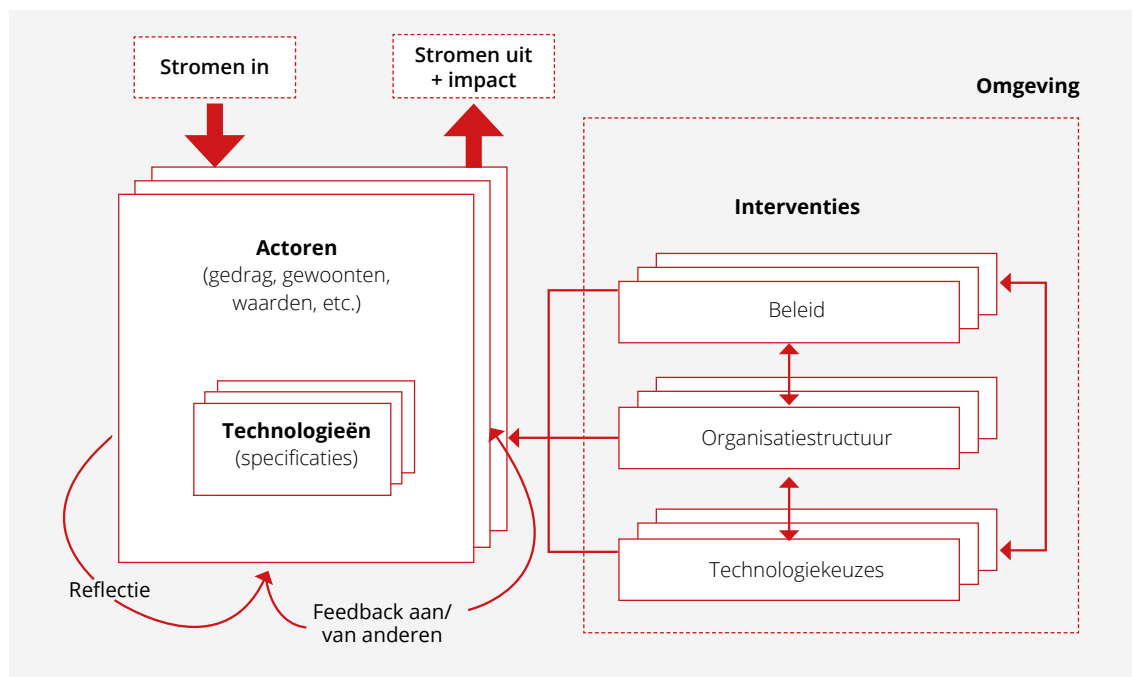
In een (circulaire) keten zijn verschillende partijen betrokken. Zij gaan relaties met elkaar aan en beïnvloeden elkaar daarbij. Een voorbeeld hiervan is het onderling uitwisselen van grondstoffen, geld of informatie tussen verschillende partijen in de keten (Lange et al., 2017).

Juist de “onvoorspelbare”, minder maakbare kant van gedrag maakt het ontwikkelen van oplossingen en het tussentijds bijsturen om gewenste doelen te bereiken ingewikkeld (Lange et al., 2017). Of actoren de doelen niet alleen op papier, maar ook in de praktijk kunnen bereiken heeft sterk te maken met de robuustheid van die keten: blijft de keten functioneren wanneer deze wordt beïnvloed door allerlei gebeurtenissen? En blijven ondernemers ook dan in staat om de gestelde doelen te bereiken?

4.4 De modellen: simuleren van acties en interacties

Alle modellen zijn een versimpeling van de werkelijkheid en hebben daarom geen absolute voorspellende waarde. Wel kunnen ze worden gebruikt om onderlinge verbanden bloot te leggen, die mkb-ers en hun partners kunnen helpen bij het maken van keuzes.

Figuur 4.2 laat schematisch zien hoe de in dit onderzoek gemaakte modellen zijn opgebouwd. De belangrijkste kenmerken van technische en organisatorische processen en de daarbij behorende gedragingen van partijen in de keten (“actoren”) vormen de basis. De stromen in en uit zijn materialen en energie, bijvoorbeeld het te verwerken afval en het product (compost of gas) dat door de verwerker wordt verkocht. Vervolgens wordt er geëxperimenteerd met verschillende ingrepen, “interventies” genoemd.



Figuur 4.2 Opzet simulatiemodellen

Tijdens de simulaties worden de interacties tussen de partijen in de keten op basis van hun gedrag, gewoonten en waarden over de tijd nagebootst. Zo kan de ontwikkeling van een keten van composteren of biovergisten worden gevolgd en kan worden bepaald onder welke omstandigheden deze kan floreren.

4.5 Model 1: gescheiden inzamelen

De invloed van gedrag op afvalscheiding aan de bron

Het doel van dit model is het onderzoeken van mogelijkheden om het percentage gescheiden GFE-afval van bedrijven te verhogen. Uit het onderzoek is gebleken dat het type persoon grote invloed heeft op de mate waarin afvalscheiding succesvol is of niet. Persoonlijke waarden liggen aan de basis van milieuvriendelijk gedrag. Hoewel in werkelijkheid iemands gedrag en stemming verschilt van dag tot dag, kan er wel degelijk op hoofdlijnen onderscheid worden gemaakt tussen verschillende typen. Gedrag is daarom concreet in het model opgenomen op basis van vier "hoofdmotieven":

- > altruïsme of onbaatzuchtigheid,
- > duurzaamheidsbewustzijn,
- > eigenbelang en
- > plezier.

Deze staan voor respectievelijk handelen vanuit het algemeen belang, handelen om het milieu te verbeteren, handelen voor eigen gewin of handelen omdat men aan de handeling zelf plezier beleeft. Doordat mensen (en dus organisaties) mogelijk vanuit meerdere motieven tegelijkertijd handelen, kunnen ook combinaties van motieven voorkomen. "welke invloed heeft iemands motieven op het percentage gescheiden ingezameld GFE-afval?"

Het proces van afvalscheiding in vier stappen

Aan de hand van literatuur over afvalmanagement en gesprekken met stakeholders op NDSM-werf zijn een aantal stappen vastgesteld die aangeven hoe het proces van afvalscheiding verloopt (Kerssens et al., 2019). In figuur 4.3 is dit proces schematisch weergegeven. Het model bevat vier stappen:

1. Het **herkennen en op de juiste manier opslaan van organisch afval**. Een persoon binnen het bedrijf heeft organisch afval. Het is belangrijk dat deze persoon het afval herkent, en het vervolgens ook op de juiste manier weet te scheiden en te bewaren. Van daaruit gaat het naar een centraal inzamelpunt bij het eigen pand of in de buurt.
2. De **bereidheid** het afval naar het centrale inzamelpunt te gaan brengen. Van invloed op de motivatie zijn de afstand die moet worden afgelegd, de tijd die het kost en het gedragsprofiel.
3. De **omgeving** van de afvalbak. Dit speelt een grote rol in de ervaringen op het moment van het wegbrengen van afval. Factoren zijn veiligheid, hygiëne en sociale normen omtrent afvalscheiding.
4. De **interactie met inzamelpunt**. Iemand moet fysiek in staat zijn het afval in de juiste bak te deponeren; een inzamelpunt dat vol zit, maakt het onmogelijk om het afval te scheiden. En het inzamelpunt moet zodanig zijn ingericht dat dit een gebruiker makkelijk maakt bij het op de juiste manier scheiden.



Figuur 4.3 Model van het afvalscheidingsproces

4.6 Model 2: uitwisselen van afvalstoffen en verwerken tot nieuw product

Een robuuste, toekomstbestendige keten voor uitwisseling en verwerking

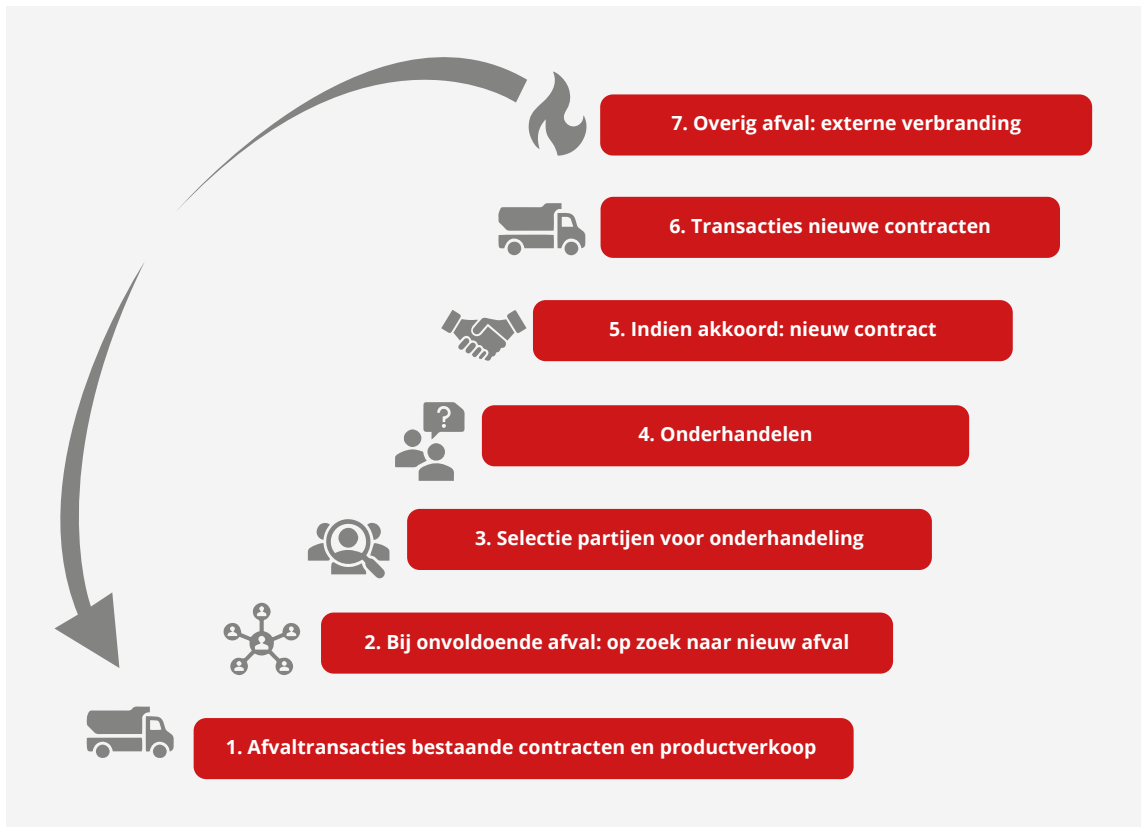
Het tweede model heeft tot doel te onderzoeken hoe een lokale keten voor transport en verwerking van organisch afval robuust kan worden. Een lokale keten wordt in dit onderzoek als robuust beschouwd, wanneer deze langer dan 5 jaar kan voortbestaan. De vraag: "hoe zorgen we dat de keten voor inzameling en verwerking in stand blijft?" staat centraal.

Met dit tweede model kunnen vergelijkingen gemaakt worden van de invloed van interne en externe factoren op het voortbestaan van de keten. Deze factoren zijn niet-beïnvloedbare factoren, zoals gedrag van actoren of marktprijzen, of juist beïnvloedbare factoren (interventies). Uitgangspunt in dit model is dat partijen zich terugtrekken wanneer de uitwisseling van afvalstoffen en verwerking ervan tot grondstof financieel onvoldoende aantrekkelijk zijn. Wanneer een keten uiteenvalt, vervalt ook de mogelijkheid tot het sluiten van kringlopen; iets dat vermeden dient te worden.

Het model is in staat om de keten voor een periode van meerdere jaren te simuleren. Het model simuleert de keten op basis van factoren als bereidheid om deel te nemen aan lokale kringloopsluiting, het verloop van onderhandelingen tussen actoren omtrent reststoffenuitwisseling, en de opbrengsten van verwerking tot nieuwe producten. Er zijn hierbij twee verschillende rollen gemodelleerd: afvalaanbieders (in dit geval bedrijven met GFE-afval) en afvalverwerkers.

Het proces van uitwisseling en verwerking van afval tot grondstof in 7 stappen

Nadat het organische afval in bepaalde mate gescheiden is (de uitkomst van het eerste model), staat het klaar voor uitwisseling en verwerking. Figuur 4.4 laat zien hoe het proces verloopt van het contracteren van een partij voor lokale verwerking van de stroom en verwerking tot een nieuw product.



Figuur 4.4 Proces van afval tot nieuwe grondstof

Met het model kunnen lokale samenwerkingen worden gesimuleerd op basis van overwegingen en handelingen van afvalaanbieders en verwerkers. In het model maakt de verwerker een inventarisatie van geschikte afvalaanbieders, en onderhandelen ze over de voorwaarden van mogelijke lokale transacties. Indien het tot een overeenkomst komt, worden de afvalstromen volgens afspraak overgedragen aan de verwerker, die het vervolgens omzet in waardevolle nieuwe producten, zoals compost of biogas. In elke simulatiestap herhaalt dit proces zich.

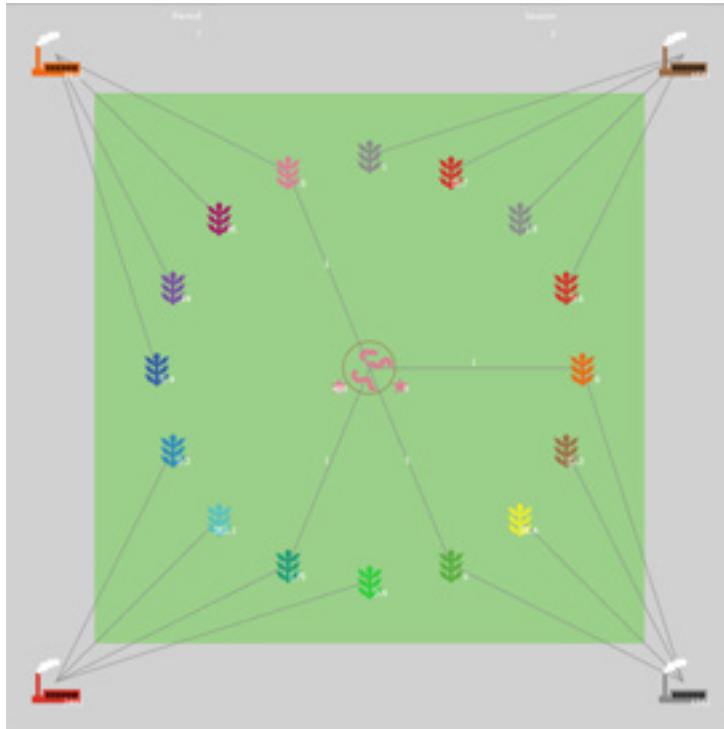
Ook bij dit tweede model vormt gedrag de basis. Met dit model laten we zien hoe betrokken partijen zich in elk van de zeven stappen gedragen tijdens het maken van afspraken over uitwisseling van reststoffen. Daarnaast is meegenomen of ze dit gedrag aanpassen op basis van tussentijdse financiële resultaten: bij een tegenvallend resultaat zal een partij zich terughoudender opstellen ten aanzien van lokale samenwerking; bij een positief resultaat juist welwillender. Uiteindelijk heeft de gedragsintentie en het gedrag van alle partijen invloed op het al dan niet voortbestaan van een lokale keten.

4.7 Van modellen naar vuistregels

De modellen van de keten, inclusief de spelers, technologieën, acties en interacties geïmplementeerd in een softwarepakket.

Figuur 4.5 geeft een indruk van de interface van het model in de software: in het midden staat de verwerker, eromheen de verschillende afvalaanbieders, en in de buitenring de afvalverbrander. De lijnen representeren een contract tussen de afvalaanbieder met ofwel de lokale verwerker, ofwel de afvalverbrander.

Wanneer er met behulp van de software wordt gesimuleerd, ontstaan er nieuwe en verdwijnen er oude contracten. Wanneer al het afval lokaal verwerkt kan worden, verdwijnen ook de contracten met de verbrandingsinstallatie. De afvalaanbieders en lokale verwerker evalueren elke ronde of ze nog meedoen aan de lokale keten. De keten kan hierdoor uit elkaar vallen; dit gebeurt wanneer er geen contracten meer ontstaan tussen de lokale verwerker en de afvalaanbieders en de verwerker als gevolg daarvan besluit te stoppen.



Figuur 4.5 Model interface

Door te experimenteren met verschillende interventies en de simulaties meerdere malen te herhalen, is onderzocht welke interventies bijdragen aan een robuuste keten. De succesvolle interventies zijn vervolgens omgezet in vuistregels. Hierover meer in hoofdstuk 5.



Vuistregels voor
vergroten impact



5

5. Vuistregels voor vergroten impact

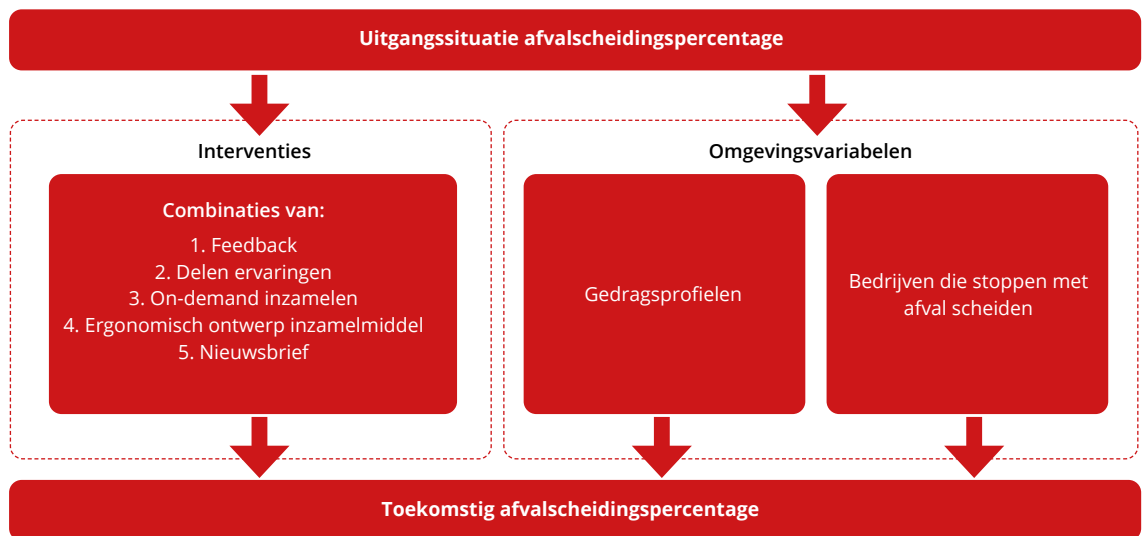
In dit hoofdstuk worden de praktijkresultaten gepresenteerd van simulaties die zijn uitgevoerd met de modellen die in het vorige hoofdstuk zijn beschreven. De modellen zijn ontwikkeld op basis van de situatie op NDSM-werf en daarbij ook toegepast op Haven-Stad met maximaal 75 deelnemende bedrijven per inzamelpunt¹. Aan de hand van de uitkomsten van de simulaties worden praktische vuistregels gegeven voor het inrichten van succesvolle ketens voor composteren en biovergisten in de stad. Deze vuistregels kunnen door bedrijven en overheden worden gebruikt om besluiten te nemen over ontwerp en implementatie van lokale ketens voor gescheiden inzameling (paragraaf 5.1) en voor uitwisseling en verwerking van organisch afval (paragraaf 5.2).

5.1 Simulatieresultaten scheiden van organisch afval

Met behulp van het eerste model zijn de mogelijkheden onderzocht om het percentage gescheiden GFE-afval van bedrijven te verhogen.

Testen van ingrepen voor beter scheiden van afval

Inzamelgedrag kan worden verbeterd door technische of organisatorische ingrepen ("interventies") te doen. Omdat persoonlijke waarden als een moeilijk aanpasbaar gegeven worden beschouwd, zullen interventies daarom gericht zijn op het direct of indirect bijdragen aan kennisverhoging, of verhoging van verantwoordelijkheidsgevoel. In de simulaties is daarnaast geëxperimenteerd met de impact van verschillende typen mensen (de gedragsprofielen) en wat het effect op de rest van de groep is wanneer mensen tussentijds afhaken. Figuur 5.1 laat zien welke interventies en uitgangspunten gemodelleerd zijn



Figuur 5.1 Gesimuleerde scenario's in het afvalscheidingsmodel van NDSM-werf

¹ Voetnoot : Voor huishoudens geldt een richtlijn van maximaal 150 huishoudens per inzamelpunt. Omdat de ontwikkelde modellen zich beperken tot bedrijfsafval en bedrijven grotere hoeveelheden aanbieden is een maximum van 75 bedrijven per inzamelpunt aangenomen.

Slim combineren van interventies leidt tot goede scheidingsresultaten

De uitgevoerde simulaties laten soms verrassende, soms minder verrassende resultaten zien. Zoals wellicht te verwachten was, wordt het hoogste percentage afvalscheiding behaald wanneer alle vijf de interventies tegelijkertijd worden uitgevoerd. Echter, het implementeren van oplossingen brengt uiteraard ook kosten (tijd en geld) met zich mee. Het is daarom interessant om ook te kijken naar het effect van afzonderlijke interventies en combinaties van ingrepen. De uitkomsten laten zien dat sommige combinaties van interventies al relatief grote verbeteringen kunnen opleveren. De meest opvallende uitkomsten zijn:

- > Enkele interventies leiden tot grote verbetering: het on-demand inzamelen (interventie 3) en de nieuwsbrief (interventie 5) leiden allebei afzonderlijk tot een flinke verhoging van het scheidingspercentage. Interventie 3, *on-demand* inzamelen, is echter een aanzienlijk duurdere ingreep.
- > De combinatie van bovenstaande twee ingrepen (3 en 5) leidt tot een verbetering, maar minder groot dan verwacht.
- > Het combineren van persoonlijke feedback (1) en een algemene nieuwsbrief (5) leidt tot een grotere verbetering dan de nieuwsbrief (5) en on-demand inzamelen (3), terwijl deze combinatie relatief lagere investeringen en operationele kosten met zich mee brengen.

Uiteraard zijn er talloze andere interventies en andere combinaties mogelijk. In werksessies met betrokkenen uit de praktijk kunnen deze verder worden verkend.

Praktische vuistregels om gescheiden inzameling te bevorderen

Wat betekenen deze simulatieresultaten nu voor de praktijk? In het algemeen kunnen op basis van het onderzoek naar inzameling onderstaande vuistregels worden meegegeven aan betrokkenen.

Vuistregels voor bedrijven met afval

- > Laat je door de gemeente en verwerkers informeren over afvalscheiding, neem hiervoor de tijd.
- > Geef feedback aan elkaar en aan de afvalinzamelaars. Vraag om hulp wanneer je het niet zeker weet.
- > Onderzoek hoe je de 'lasten' kunt verlichten, bijvoorbeeld door samen te werken met medegebruikers van het pand; wellicht kun je het afval om beurten brengen.
- > Wanneer er successen worden geboekt: gebruik dit om je bedrijf en bedrijventerrein te promoten.

Vuistregels voor lokale samenwerkingsverbanden van bedrijven

- > Begin met laagdrempelige communicatie over afvalscheiding, zoals bijeenkomsten en digitale communicatiemiddelen zoals nieuwsbrief of social media groepen.
- > Fungeer als aanspreekpunt voor feedback aan afvalinzamelaars en zorg voor afstemming van de wensen van de achterban met inzamelaars, verwerkers en gemeente.

Vuistregels voor bedrijfsafvalinzamelaars

- > Begin met informeren. Zorg voor persoonlijke feedback aan afvalaanbieders, bijvoorbeeld aan de hand van een coach, folders of app. Zorg voor duidelijke inzamelpunten in woord en beeld.

- > Faciliteer het lokaal inzamelen en verklein de ongemakken hiervan, want hier begint het mee! Laat de klant niet zelf rommelen met eigen afvalbakken en -zakken, maar biedt passende, hygiënische oplossingen aan voor de afvalaanbieder. Zorg dat deze oplossingen goed aansluiten bij de centrale inzamelpunten. Een afvalcoach zou hierover kunnen adviseren.
- > Maak het centrale inzamelpunt zo toegankelijk mogelijk. Zorg voor zo klein mogelijke afstanden tussen afvalaanbieder en inzamelpunt. Maak het wandelen eenvoudiger en aangenamer.

Vuistregels voor overheden

- > Zorg voor laagdrempelige vormen van informeren over afvalscheiding, bijvoorbeeld door middel van een kennisloket.
- > Plan tijdens het (her)ontwikkelen van wijken op voorhand ruimte in voor het aanbrengen van infrastructuur voor afvalinzameling. Maak ruimte voor afvalinzameling in bestaande wijken.
- > Zorg voor een veilige, bereikbare omgeving. Let hierbij op het plaatsen van bakken in de buurt van straatverlichting, verwijderd van gevaarlijke verkeerssituaties, maar in de buurt van oversteekplaatsen.
- > Laat gemeentelijke reinigingsdiensten feedback uitbrengen over de staat van de afvalinzamelpunten.

Model afvalscheiding: studentenprojecten

In de werkzaamheden rondom het opzetten van de simulatiemodellen, hebben studenten van de faculteit *Technology, Policy and Management* van de TU Delft een grote rol gespeeld. Sabine Kerssens van de afstudeerrichting Engineering and Policy Analysis ontwikkelde het eerste simulatiemodel, waarmee het scheidingsgedrag van bedrijven op NDSM-werf gemodelleerd. Sumit Sial van de afstudeerrichting Complex Systems Engineering and Management ontwikkelde een tweede simulatiemodel voor het beoordelen van de impact van afvalscheidingsgedrag op biogasproductie in de case Haven-Stad.

Bevindingen

- > Er zijn meerdere interventies onderzocht, waaronder enkele interventies rondom kennisondersteuning, communicatie, logistieke ingrepen, en het technisch ontwerp van het inzamelpunt.
- > De bevindingen lieten zien dat:
 - o een combinatie van alle interventies leidt tot het hoogste scheidingspercentage;
 - o enkele interventies leiden tot grote verbetering;
 - o sommige combinaties van interventies tot een kleinere, en andere tot een grotere verbetering leiden dan verwacht op basis van de resultaten van enkele interventies.

Impact op het onderzoek

Het werk van de studenten is veelvuldig gebruikt in het onderzoek rondom afvalscheiding. Momenteel schrijft Sabine met haar afstudeerbegeleiders mee aan een wetenschappelijke paper over haar afstudeerwerk.

5.2 Simulatieresultaten uitwisselen en verwerken van organisch afval

Met behulp van het model zijn verschillende scenario's doorgerekend met als doel vast te stellen in welke mate een lokale keten robuust is, dat wil zeggen langer dan 5 jaar kan voortbestaan.

Testen van de overlevingskansen van ketens

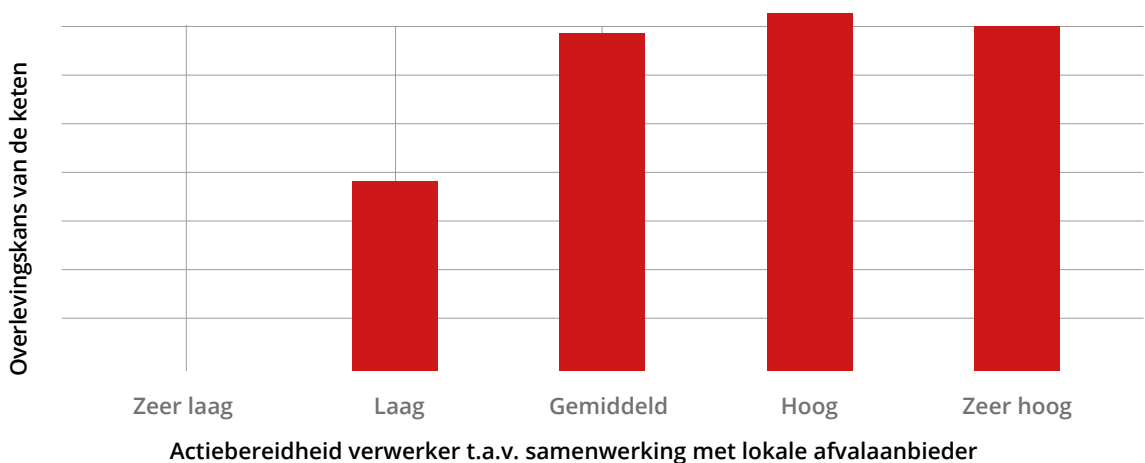
Door de simulaties meer dan honderd keer te herhalen, is inzichtelijk gemaakt in welke mate een keten op de lange termijn succesvol is. In het project is gesimuleerd in hoeverre de volgende drie aspecten het voortbestaan van de keten positief of negatief beïnvloeden:

1. het gedrag van verwerker en afvalaanbieder bij de start van de lokale keten;
2. de invloed van volume per aanbieder en aantal aanbieders;
3. de invloed van de contractduur;

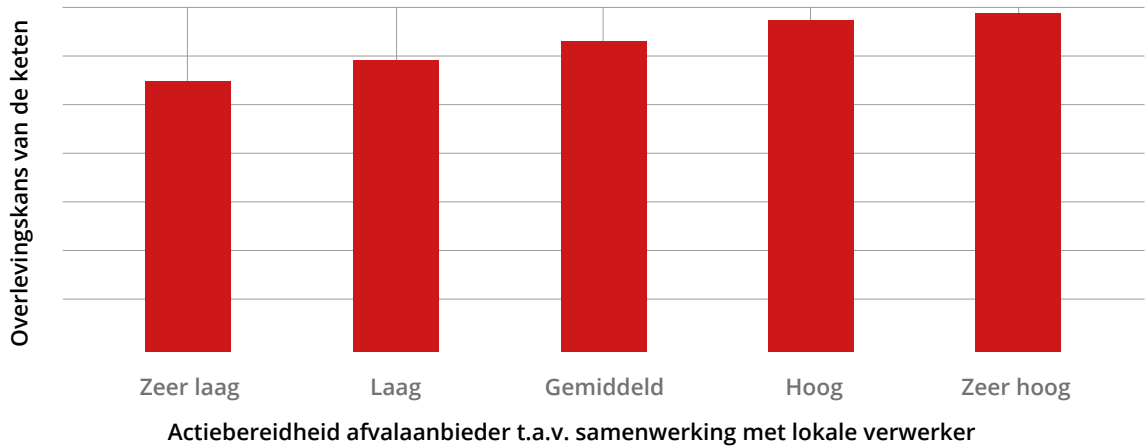
Het is goed om nogmaals te benadrukken dat de resultaten geen voorspellende waarde hebben met betrekking tot het overleven van een keten. Hooguit kunnen uitspraken gedaan worden over trends: beïnvloedt een interne of externe factor de robuustheid van het netwerk positief of negatief? Om deze reden worden dan ook geen percentages bij de overlevingskansen vermeld, maar laten we wel zien hoe deze factoren zich ten opzichte van elkaar verhouden.

Gedrag: actiebereidheid van afvalverwerker belangrijker dan actiebereidheid afvalaanbieder

Zowel voor de afvalaanbieder als de afvalverwerker is onderzocht in hoeverre de actiebereidheid tot lokale samenwerking van invloed is op het voortbestaan van de keten. Uitgangspunt hierbij is dat een lokale verwerker van organisch afval zich op de markt begeeft, die bedrijven in het gebied een alternatief biedt voor het verbranden van organisch afval in een grootschalige verbrandingsoven. Tijdens de simulaties is de actiebereidheid van afvalaanbieders en -verwerkers gevarieerd van zeer laag tot zeer hoog. De grafieken in figuur 5.2 en 5.3 geven de resultaten weer.



Figuur 5.2 Actiebereidheid lokale afvalverwerker en overlevingskansen van de keten



Figuur 5.3 Actiebereidheid lokale afvalaanbieder en overlevingskans van de keten

Hieruit blijkt dat met name de actiebereidheid van de *verwerker* van cruciaal belang is om een netwerk in stand te houden. Een verklaring hiervoor is dat de verwerker een sleutelpositie in het netwerk vervult. De actiebereidheid van de verwerker is over het algemeen het hoogst wanneer het verwerkingsproces deel uitmaakt van de kernactiviteiten van een bedrijf. Het is daarom van belang dat de verwerkende partij composteren of biovergisten ziet als een van de kernactiviteiten van het bedrijf, en het niet slechts een nevenactiviteit is.

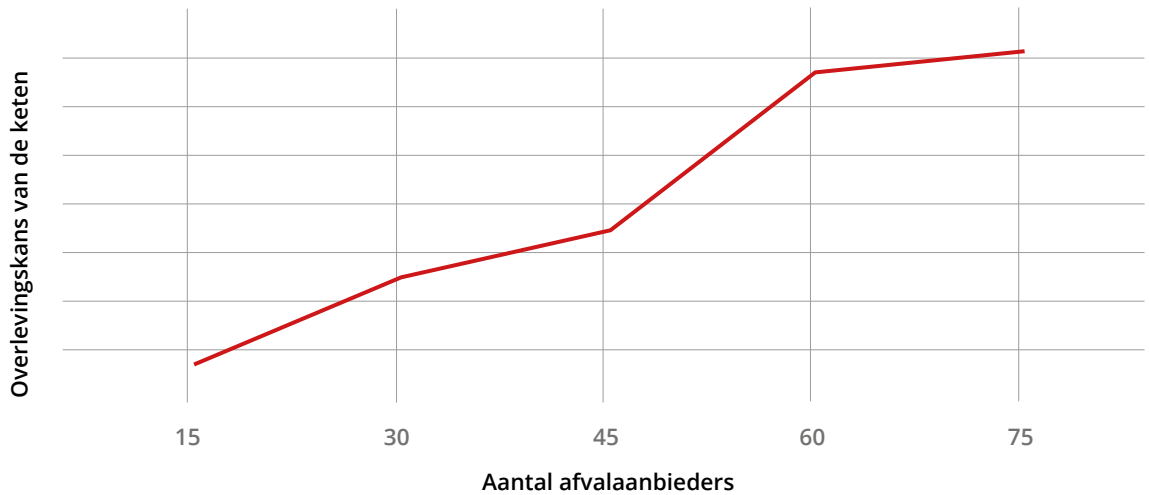
De actiebereidheid van de afvalaanbieders is in mindere mate van invloed, omdat er meerdere afvalaanbieders in een gebied aanwezig zijn. De verwerker kan kiezen tussen meerdere aanbieders, en zal dus in zee gaan met juist die aanbieders die enthousiast en kundig zijn. Uiteraard hangt dit ook samen met het aantal aanwezige afvalaanbieders in het gebied. Hier gaan we op in bij het tweede experiment.

“Voor de Gemeente Amsterdam is het waardevol om bij gebiedsontwikkeling inzicht te krijgen op welke schaal de Food/GF kringloop vanuit het perspectief van duurzaamheid én businesscase het beste te sluiten is. En welke ruimtelijke randvoorwaarden we daarvoor moeten meenemen in de plannen, zoals bijvoorbeeld die voor Haven-Stad.”

Karlijn Kokhuis - Gebiedsadviseur duurzaamheid Haven-Stad, Gemeente Amsterdam

Volume: voldoende volume is voorwaarde en netwerken met meer spelers zijn stabiel

Om invloed van de omvang van het netwerk van afvalaanbieders te toetsen, zijn scenario's gesimuleerd waarin geëxperimenteerd is met aanbieders die uiteenlopende hoeveelheden afval hebben en met lokale netwerken met verschillende aantallen aanbieders. De gebruikte data is gebaseerd op de informatie van horecabedrijven op NDSM-werf.



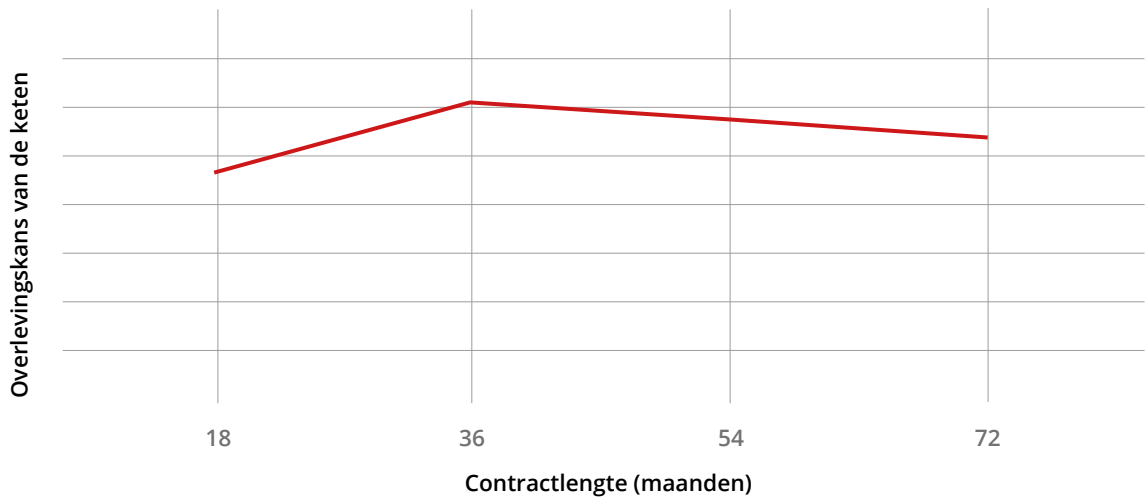
Figuur 5.4 Voorbeeld van hoe de grootte van een netwerk, van invloed is op de overlevingskansen van de keten.

Figuur 5.4 laat zien dat naarmate er meer aanbieders worden toegevoegd aan het netwerk, de overlevingskansen van het netwerk stijgen. In het geval dat het netwerk van bedrijven bestaat uit aanbieders met elk relatief weinig organisch afval, is een groter netwerk noodzakelijk om de overlevingskans te vergroten. Over het algemeen geldt dat het potentieel aanwezige volume in een gebied fors groter moet zijn dan de verwerkingscapaciteit, omdat niet alle aanwezige aanbieders meedoen en sommige aanbieders binnen de termijn van 5 jaar afhaken.

Verder moet er rekening mee gehouden worden dat wanneer het noodzakelijke volume door slechts een paar grote aanbieders bijeen wordt gebracht, de keten minder robuust is dan wanneer het volume door vele kleinere aanbieder bijeen wordt gebracht. De verklaring is dat het wegvallen van een aanbieder met groot volume direct leidt tot een forse vermindering van de te verwerken hoeveelheid afval.

Contractduur: stelregel "hoe langer hoe beter" geldt niet altijd

Uit de experimenten blijkt dat het zinvol is om in het geval van lokale verwerking voor meerdere jaren contracten vast te leggen. Dit zorgt ervoor dat de aanvoer van afval naar de verwerker stabiliseert, wat positief is voor de overlevingskansen van de keten. Figuur 5.5 laat zien dat in deze case het optimum bij ongeveer 36 maanden ligt, waarna de kansen weer iets afnemen. Voor het achterhalen van de reden, en of dit ook in andere gevallen geldt, is verder onderzoek nodig.



Figuur 5.5 Voorbeeld van hoe de afgesproken contractlengte van invloed is op de overlevingskansen van de keten.

Praktische vuistregels om de overlevingskans van het netwerk te vergroten

Om de overlevingskans van een lokale keten te vergroten kunnen vuistregels worden meegegeven. De tips zijn relevant voor potentiële aanbieders, verwerkers en overheden.

Gedrag van de afvalverwerker is cruciaal.

Zorg dat de verwerkende partij het sluiten van de lokale kringloop ziet als een kernactiviteit van het bedrijf.

Voorkom dat het verwerken wordt gezien als een nevenactiviteit. Motivatie van de afvalverwerker kan gestimuleerd worden door de volgende maatregelen:

- > Een positieve houding ten aanzien van het doel, de middelen en de acties die nodig zijn om ketenvergroting te bevorderen. Het zoeken naar mogelijkheden, het communiceren met ketenpartners, en de focus op het product spelen hierbij een grote rol. Het beste is het als het verwerken van het afval een van de kernactiviteiten in het businessmodel is, en niet slechts een nevenactiviteit.
- > Het bezitten van voldoende kennis en vaardigheden om de acties te kunnen uitvoeren: bijv. goed in het leggen van nieuwe contacten, constructief onderhandelen met oog op gezamenlijk gewin, en het duidelijk vastleggen van afspraken. Daarnaast is uiteraard ook het bezit van kennis en vaardigheden van de procestechniek en logistiek van belang. Het kan helpen wanneer de verwerker al voldoende kennis heeft van de technologie en de markt. Ook het helder voor ogen hebben wat de toegevoegde waarde van het product is t.a.v. bestaande 'lineaire' producten, helpt.
- > Overtuigingskracht hebben om anderen over te halen mee te doen en elkaar ondersteunen bij het ontwikkelen en vasthouden van normen en waarden die duurzaamheid bevorderen.

Zorg voor een voldoende groot netwerk.

Hoe groter het netwerk, hoe meer beschikbaar volume en hoe meer keuze tussen alternatieve aanbieders van afval.

- > De beginfase is van groot belang: de simulaties suggereren dat er voor een goede start vele malen meer

potentieel aanbod moet zijn dan de minimale benodigde capaciteit om het verwerkingsproces te kunnen laten plaatsvinden.

- > Een groter lokaal netwerk met meer deelnemers beïnvloedt ook potentiële nieuwe deelnemende partners positief.
- > Een grote composteerder of vergister heeft meer leverzekerheid: de aanvoer is gegarandeerd omdat deze niet afhankelijk is van een klein netwerk aan spelers, maar van meerdere spelers op meerdere locaties. Hier speelt de invloed van het aantal deelnemende partners onderling partijen een beperktere rol. Aan de andere kant is het in grote netwerken veel lastiger om de kwaliteit van de input te garanderen. Voor composteren is dit overigens belangrijker dan voor vergisten.

Maak afspraken voor enkele jaren.

Een te kort langduriger samenwerkingsverband leidt tot meer minder onzekerheden in de onderhandelingen, waardoor de keten op lange termijn een lagere grotere kans van slagen heeft.

- > Een langere contractlengte zorgt voor meer zekerheid bij de verwerker, waardoor de inkomsten minder sterk fluctueren, en het netwerk stabiliseert.
- > Maak de contractlengte echter ook weer niet te lang: dit kan als een obstakel voor toetreding worden ervaren door afvalaanbieders, omdat deze zich niet altijd te lang willen vastleggen.
- > Houd bij het maken van langdurige afspraken rekening met mogelijk fluctuerende prijzen in de afvalmarkt.

Conclusies

De simulatiemodellen hebben tot doel gehad om mkb-ers meer inzichten te verschaffen in factoren die van invloed zijn op het succes van de keten. Er zijn twee deelprocessen van de bedrijfsafvalketen gemodelleerd: het scheiden en inzamelen, en het uitwisselen van afval voor verwerking tot nieuwe producten. De voor het maken van de simulatiemodellen benodigde informatie is verkregen met behulp van interviews en workshops in twee praktijkcases met mkb-ers, gebiedsontwikkelaars en de gemeente Amsterdam. Daarnaast is er gebruik gemaakt van wetenschappelijke literatuur over onder meer afvalinzameling, handel, gedrag, en de relevante inzamel- en verwerkingstechnologieën.

Gedurende het traject van modelleren, zijn de technische specificaties, gedrag en handelingen van actoren, organisatorisch ontwerp en overheidsbeleid aan de orde gekomen. Sommige van deze factoren - de interventies - zijn beïnvloedbaar, andere niet (o.a. omgevingsfactoren en gedragsprofielen).

De vuistregels die in deze studie zijn opgesteld zijn geldig voor vergelijkbare situaties als de cases in deze studie en hangen altijd af van de keuzes die bij het modelleren worden gemaakt. In hoeverre ze eveneens toepasbaar zijn op andere typen ketens, bijvoorbeeld met meerdere verwerkers, of andere typen actoren (bijv. huishoudens) zal uit vervolgonderzoek moeten blijken.

“Uit dit praktijkonderzoek is gebleken dat de interesse bij bedrijven hoog is om de kringloop van organische reststromen te sluiten. Ze zoeken concrete voorbeelden en kennis om dit bevorderen. Het was interessant om te zien welke beleidsinterventies studenten hebben bedacht, met aanbevelingen hoe de overheid de bedrijven kan helpen.”

Bart-Jan van Hilten – Directeur NDSM Energie

Model inzamelingstransport en verwerking: studentenprojecten HvA Bestuurskunde

Dertig vierdejaars HvA-studenten van de opleiding Bestuurskunde aan de faculteit Maatschappij en Recht hebben onderzoek gedaan naar de rol die de overheid kan spelen om kringloopsluiting rondom organisch bedrijfsafval te bevorderen.

Onderzoekactiviteiten omvatten onder andere

- > Het verkennen welke overheidsinstanties er betrokken zijn bij bedrijfsafvalinzameling.
- > Het ontwikkelen van een set aan interventies die overheidsinstanties kunnen doen.
- > Het onderzoeken hoe deze interventies bedrijfsafvalinzameling bevorderen.

Enkele bevindingen

- > Er kan een kenniscentrum worden opgericht. De meeste bedrijven zijn gemotiveerd, maar missen nog de kennis om reststromen te gebruiken of anders in te zetten.
- > Bedrijven die in de hele keten samenwerken om circulair te worden kunnen beloond worden met een duurzaamheidslabel.
- > Er kunnen subsidies en ruimte beschikbaar gesteld worden om afval te scheiden.
- > Er kan een pilot worden gestart waarin wordt onderzocht hoe bedrijfsafvalinzameling door één partij kan worden uitgevoerd, in plaats van meerdere partijen in de huidige situatie.
- > Er kan een app worden ontwikkeld waarmee men inzicht krijgt in de reststromen van de burens en deze zodoende kan gebruiken.

Impact op onderzoek:

- > De bevindingen van de studenten zijn gebruikt om enkele uitgangspunten van de modellen te toetsen.



Posterpresentatie van de studenten

A large, dark pile of mulch or compost is the central focus of the image. The mulch is composed of many small, dark, fibrous pieces, possibly wood chips or straw, which have broken down into a rich, dark brown color. The pile is situated in a garden or wooded area. In the background, there are several trees with green foliage, and a chain-link fence is visible. The ground in the foreground is dark and appears to be covered in mulch or soil. The overall scene is outdoors and well-lit, suggesting a sunny day.

Reflectie, kansen en aanbevelingen



6

6. Reflectie, kansen en aanbevelingen

Het doel van Re-Store was tweeledig. Het eerste doel was om professionals een instrument te bieden om een impact-analyse uit te kunnen voeren naar specifieke GFE-afvalverwerkingsystemen: impact bepalen. Het tweede doel was om kennis en ontwerpregels te ontwikkelen waarmee professionals organische afvalketens kunnen verbeteren: impact vergroten. Dit hoofdstuk biedt allereerst een reflectie op de waarde van de onderzoeksuitkomsten en de kansen die deze uitkomsten bieden voor de praktijk. Tot slot geeft dit hoofdstuk enkele aanbevelingen voor vervolgonderzoek.

6.1 Kansen en mogelijkheden van de Re-Store tool

Op basis van het gebruik van de Re-Store tool in vier casestudies blijkt dat het mogelijk is om een integrale analyse uit te voeren naar de milieukundige, economische en sociale impact van GFE-initiatieven. De Re-Store tool ondersteunt daarmee het maken van een weloverwogen keuze aan de hand van vooraf vastgestelde doelstellingen. Is een initiatief bijvoorbeeld met name gericht op educatieve ontwikkeling dan is een goede afweging te maken in hoeverre men bereid is om extra kosten te maken of om minder goed te scoren op het vermijden van CO₂-equivalenten (CO₂-eq).

Met de tool kan de impact van een baseline (oorspronkelijke situatie) vergeleken worden met het nieuwe scenario (de nieuwe situatie waarin GFE-afval apart ingezameld en verwerkt wordt). Daarnaast is het door de opbouw van de tool mogelijk om verschillende scenario's met elkaar te vergelijken of om onderzoek te doen naar de karakteristieken binnen scenario's. Daarmee wordt het zelfs mogelijk om te identificeren wanneer een scenario omslaat van een negatieve impact naar een positieve impact: de kantelpunten. In het geval van de casestudie Java-eiland blijkt bijvoorbeeld dat in de huidige situatie slechts 30% van de gewonnen restwarmte nuttig wordt toegepast. In de Re-Store tool kunnen we nu verschillende scenario's invoeren, bijvoorbeeld met 30% warmte toepassing, 50%, 70% en 100%. Uit de vergelijking van deze scenario's kan opgemaakt worden of en wanneer het verstandig is om meer afzet te zoeken voor de restwarmte.

Andere voorbeelden van scenario's die geanalyseerd kunnen worden zijn het verdubbelen van het aantal ophaalmomenten van 52 keer per jaar naar 104, het gebruik van elektrische voertuigen in plaats van voertuigen op diesel, de verdeling tussen biogas dat direct gebruikt wordt of dat wordt omgezet in stroom, etc. Hiermee kan de Re-Store tool ook ingezet worden als ontwerp- en optimalisatie tool voor nieuwe en bestaande initiatieven.

Het milieukundige deel en economische deel van de tool zijn opgebouwd uit modules, bijvoorbeeld voor inzameling en verwerking. Door de opbouw in modules zijn deze redelijk eenvoudig te gebruiken voor andere onderzoeken of modellen. Dit betekent dat ook onderdelen van de tool gebruikt kunnen worden, bijvoorbeeld voor transportmodellen of modellen waarbij met organische massastromen gewerkt wordt.

De invulsheet van de tool om sociale impact te meten dwingt initiatieven om na te denken over de impact die zij (kunnen) realiseren. Dit deel van de tool is daarom ook geschikt door beginnende initiatieven die willen leren hoe zij met hun initiatief sociale impact kunnen realiseren. Een ander belangrijk voordeel van de tool is de

mogelijkheid om een enquête af te nemen voor de indicatoren die het moeilijkst objectief in kaart te brengen zijn (sociale samenhang en educatieve ontwikkeling). Hiermee kunnen initiatiefnemers hun aannames over de sociale impact van hun initiatief op deze indicatoren toetsen aan de praktijk. De invulsheet kan daarnaast omgekeerd gebruikt worden voor de interpretatie van de uitkomsten van de enquête. Als mensen bijvoorbeeld aangeven dat zij vaker contact hebben met hun buurtgenoten, is het waardevol om te weten dat het initiatief regelmatig een buurtfeest organiseert of een andere activiteit waarbij mensen elkaar tegenkomen. Op deze manier kan een koppeling gemaakt worden tussen de activiteiten van het initiatief en de uitkomsten van de enquête.

6.2 Wat betekenen de uitkomsten van de casestudies?

De Re-Store tool is ingezet bij vier casestudies om daarvan de milieukundige, economische en sociale impact te bepalen. Samen met de partners in het onderzoek is vooraf een selectie gemaakt van indicatoren waarop gemeten zou worden.

Sociale impact

Uit de casestudies blijkt dat de sociale samenhang en educatieve ontwikkeling bij alle vier de initiatieven toenemen, maar wel met duidelijke verschillen. Zo scoort het initiatief waarbij buurtbewoners samen verantwoordelijk zijn voor de verwerking (bijvoorbeeld bij de Wormenhotels) hoog op sociale samenhang en educatieve ontwikkeling. Terwijl initiatieven waarbij het GFE in containers gegooid wordt (en door een centraal composteerbedrijf verwerkt wordt) voornamelijk op educatieve ontwikkeling scoort. Interessant is in ieder geval dat afvalinzameling en -verwerking ingezet kunnen worden om sociale aspecten te verbeteren.

Economische impact

Uit de economische analyse van de casestudies blijkt dat het apart inzamelen en verwerken, in een dergelijke kleinschalige setting waarin de initiatieven uitgevoerd zijn, kostenverhogend werkt. De tool maakt het echter ook mogelijk om de potentie te zien wanneer initiatieven opgeschaald worden of middelen efficiënter ingezet worden. Dan is wel degelijk een kostenbesparing mogelijk. Het al dan niet toerekenen van kosten voor arbeid en grondgebruik zijn daarbij van groot belang voor de uitkomsten.

Milieukundige impact

Voor het milieukundige deel is gekozen voor het analyseren van het aardopwarmingsvermogen (*global warming potential*) uitgedrukt in CO₂-equivalenten. Beleidsmatig wordt namelijk nu voornamelijk (nog) gestuurd op klimaatdoelstellingen waarbij CO₂ reductie leidend is.

Belangrijk bij het interpreteren van de uitkomsten uit de casestudies is echter dat er een onderscheid gemaakt moet worden tussen klimaatdoelstellingen en circulaire doelstellingen met betrekking tot het hergebruik van grondstoffen (en het produceren van energiedragers). Hoewel deze twee vaak in één adem genoemd worden, is het niet zo dat er per definitie een positieve relatie tussen beide bestaat.

Uit de analyses gedaan met de Re-Store tool blijkt dat het 'hergebruik' van organisch afval (met het oog op zo veel mogelijk behoud van grondstoffen), in het geval van onze casestudies níét bijdraagt aan klimaatdoelstellingen. Als er naar dezelfde resultaten gekeken zou worden met een heel ander doel dan de

reductie van CO₂eq uitstoot (bijvoorbeeld het vervangen van zo veel mogelijk fossiele brandstof met het oog op schaarste), zouden hele andere conclusies getrokken kunnen worden uit de casestudies.

De reden waarom het belangrijk is dit in het achterhoofd te houden is dat de context waarin de Re-Store vraagstukken zich afspelen sterk afhankelijk zijn van de tijdsgeest. We geven twee voorbeelden:

- > In een toekomst waarin aardgas niet meer beschikbaar is, zal er in Nederland op een andere energiedrager gekookt moeten worden. Hoewel veel gemeentes beleid voeren om huizen af te sluiten van het gas, is er op korte termijn niet genoeg stroomcapaciteit of infrastructuur om een totale transitie hierin te bewerkstelligen (laat staan met groene stroom). Biogas en groengas zullen dan een logisch antwoord kunnen zijn op deze situatie.
- > Als op termijn het aanbod van kunstmest afneemt omdat de fosfaatmijnen uitgeput zijn of het binden van stikstof te grondstoffenintensief wordt, kunnen compost en digestaat bijdragen aan het realiseren van een meststoffenstroom naar de landbouw. Er valt tenslotte ook te denken aan toekomstscenario's waarbij diesel of andere fossiele brandstoffen door schaarste te duur worden (om te gebruiken om afval in te zamelen). De productie van bio-CNG wordt dan een legitieme oplossing.

De vraag verandert dan echter van 'welke strategie heeft een positieve impact op de klimaatdoelstellingen' naar 'welke strategie, waarbij er zo veel mogelijk voldaan wordt aan eis x en eis y, heeft de minst negatieve impact op de klimaatdoelstellingen'. Met de Re-Store tool is het mogelijk om vast te stellen wat de CO₂eq uitstoot is van dergelijke strategieën. Overheden kunnen deze kennis gebruiken om vervolgens beleid te vormen over verschillende sectoren heen. Als bijvoorbeeld een beleidsplan gevormd wordt om inzamelvrachtwagens te laten rijden op bio-CNG en dat een vermeerdering van CO₂eq uitstoot tot het gevolg heeft, zal in andere sectoren eenzelfde hoeveelheid CO₂eq uitstoot bespaard moeten worden om netto niet op een verschil uit te komen.

6.3 Reflectie op de simulatiemodellen en vuistregels

Het doel van de simulatiemodellen was om mkb-ers inzichten te geven in mogelijkheden om kringloopsluiting te bevorderen. Dit is gedaan door middel van een model over bedrijfsafvalscheiding en een model over de uitwisseling van stromen tussen afvalaanbieders en -verwerkers.

Wat betekent dit onderzoek voor de praktijk?

Modellen en de bijbehorende simulaties zijn vereenvoudigingen van de werkelijkheid. De keten is in werkelijkheid namelijk zo complex, dat het onhaalbaar is om alle mogelijke situaties te modelleren. De simulatieresultaten hebben dan ook geen voorspellende waarde. Wat kun je dan wel met deze aanpak en resultaten?

Misschien wel het belangrijkste resultaat uit het onderzoek is het feit dat de modellen ons verhalen vertellen over enkele realistische scenario's. Door de stakeholders en experts in verschillende stadia van het modelleren te betrekken, én door de bevindingen van andere vergelijkbare situaties uit de literatuur te halen, hebben we een verhaal kunnen construeren, waarin de huidige situatie en de gewenste toekomstige situatie centraal staan. In dit verhaal is omschreven wie er betrokken zijn en hoe: de rollen, handelingen, gedragingen en interacties die mensen, organisaties en technologieën onderling met elkaar verbinden.

Met de verhaallijn in de modellen kunnen we verkennen hoe en wie er invloed kunnen uitoefenen om de afvalscheiding en het gebruik van reststoffen te bevorderen. We kunnen er trends in het gedrag over de hele keten mee waarnemen. Dit doen we door te experimenteren met deze ingrepen, en met factoren waar de spelers geen invloed op hebben. We kunnen ook experimenteren met de volgorde van implementatie. De stakeholders kunnen de resultaten van de modellen gebruiken bij het maken van besluiten over meerdere interventies, of anticiperen op plotselinge veranderingen in het speelveld, bijvoorbeeld bij veranderingen van wet- en regelgeving.

De vuistregels die in deze publicatie zijn opgenomen, zijn sterk afhankelijk van de keuzes die gemaakt zijn in de simulatiemodellen. Daarom raden wij u aan om bij de onderzoeksgroep te informeren over de bruikbaarheid van de resultaten voor uw situatie.

Toch helpen de modellen en simulaties bij het inzichtelijk maken en het verklaren van sociaal en technisch complexe systemen. Er kunnen trends mee worden waargenomen die afvalscheiding en robuuste ketens bevorderen.

Wat betekenen de simulatiemodellen voor praktijkgericht onderzoek en onderwijs?

Het modelleren en de simulatieresultaten geven onderzoekers en studenten mogelijkheden inzichten te krijgen in omstandigheden en ingrepen op ketenniveau. Enkele onderzoekers en studenten hebben al kunnen zien hoe de modellen werken, en ze geven aan dat het ze helpt bij het reflecteren op hun eigen werk en bij het vinden van de juiste partners om informatie te verkrijgen voor de eigen projecten. Voor studenten aan de Faculteit Techniek is het een fijne manier om met getalsmatige methoden inzichten te krijgen in menselijk gedrag.

Ook buiten het onderzoek naar de circulaire economie zijn de modellen bruikbaar. Binnen de Hogeschool van Amsterdam wordt hetzelfde type modellen ook gebruikt voor duurzaamheidsvraagstukken.

6.4 Aanbevelingen

Tijdens het Re-Store onderzoek zijn een aantal kennishiaten gevonden. De belangrijkste zullen we hieronder toelichten. We adviseren om hiernaar onderzoek te laten doen om de waarde van analyses naar afvalverwerkingssystemen te vergroten.

Verricht structureel en periodiek onderzoek naar afvalstromen en de verwerking ervan

Zover bekend bij de auteurs wordt er in Nederland geen structureel academisch onderzoek gedaan naar organische afvalverwerkingssystemen. Het onderzoek dat gedaan wordt, wordt veelal uitgevoerd door adviesbureaus in opdracht van gemeenten. Het zou echter waardevol zijn om wél structureel onderzoek te verrichten waarbij gedurende langere tijd de ontwikkelingen worden gemonitord omtrent twee onderwerpen: de samenstelling van het afval en de prestaties en efficiëntie van alle processen en machines die betrokken zijn bij de afvalverwerking.

De samenstelling van organisch afval is constant aan verandering onderhevig. Logischerwijs vinden er seizoensinvloeden plaats. Maar ook trends in het voedingspatroon van mensen heeft onherroepelijk invloed op

de samenstelling van GFE-afval. Dit zijn twee gegevens die simpelweg niet genegeerd kunnen worden. Het presteren van de afvalverwerkende installaties is ook niet een gegeven. Invoering van nieuwe technologieën of verwerkingsstrategieën resulteren in andere prestaties. Het is aannemelijk dat een afvalverbrandingsinstallatie uit 2007 andere prestaties levert dan een uit 1993. Ook voertuigen zijn aan constante verandering onderhevig. De technologische ontwikkeling van voertuigen met betrekking tot type brandstof, energetisch rendement en laadvermogens gaat razendsnel. Zover bekend bestaat er geen gestandaardiseerde dataset over het energieverbruik van voertuigen met een uiteenlopende laadcapaciteit en type brandstof. Optimalisatie van inzamelstrategieën vraagt echter wel om deze data. Vervolgonderzoek zou zich kunnen richten op de ontwikkelingen binnen de afzonderlijke onderwerpen, maar ook naar de samenhang hiertussen.

Creëer impactmodellen rondom specifieke processen in de afvalketen

Naast structureel onderzoek ontbreekt het ook aan data en modellen rondom specifieke processen. Zover bekend bestaan er geen modellen waarin de massabalans van vermicomposteren beschreven wordt. Ook zijn er op dit moment geen modellen beschikbaar die om kunnen gaan met een wisselende compositie van organisch afval om de massabalansen van afvalverbranding te kunnen berekenen.

Indien deze modellen of data beschikbaar komen dan kan de Re-Store tool eenvoudig worden uitgebreid met andere modules, data en modellen waardoor de waarde en inzetbaarheid van de tool toeneemt.

Verhoog de bruikbaarheid van de tool

De Re-Store tool is nu getest in vier praktijkcases. Dit heeft waardevolle informatie opgeleverd over welke data beschikbaar is in de praktijk en welke invulvelden nodig zijn. Academici en experts op het vakgebied hebben de tool doorlopen ter validatie. Echter, aanvullende casestudies en validatie is aan te bevelen om de betrouwbaarheid en het vertrouwen in de uitkomsten te vergroten. Ook het gebruik van de tool in meer praktijkcases is aan te bevelen en zal onherroepelijk leiden tot nieuwe inzichten en verbeteringen aan de tool. Ten slotte adviseren we om de gebruiksvriendelijkheid van de tool te verbeteren. Door te investeren in een goede gebruikersinterface, kan het gebruik van de tool vereenvoudigd worden en daarmee bijdragen aan de inzet ervan in de praktijk.

Breidt de simulatiemodellen van lokale ketens uit

Gedurende het onderzoek zijn er een aantal variabelen aan het licht gekomen, die nog niet zijn meegenomen in de simulatiemodellen maar wel waardevol lijken te zijn. Dit zijn: de kwaliteit van het afval, het gedrag van transporteurs en fluctuerende marktprijzen. Daarnaast lijkt het interessant te zijn om ook andere afvalketens, naast GFE-afval, in de modellen op te nemen.

Verhoog de bruikbaarheid van de simulatiemodellen

Net als bij de Re-Store tool, zijn ook voor de simulatiemodellen aanvullende casestudies aan te bevelen om de betrouwbaarheid van de modellen te vergroten, en ook andere scenario's te modelleren en simuleren. Vanwege de complexe aard, zullen dergelijke modellen op korte termijn niet opgezet kunnen worden door deelnemers in de praktijk. Het verdient wel aanbeveling om, wanneer er voldoende betrouwbare modellen zijn, deze beschikbaar te maken voor de professionals en het hoger onderwijs om ermee te kunnen spelen. Zo maakt men kennis met de methode, wat inspiratie kan bieden voor het vinden van nieuwe oplossingen voor de praktijk.



Restafval



A photograph of a garden bed. In the foreground, there is a wooden post-and-rail fence. To the right of the fence, there is a large pile of straw or dried plant matter. In the background, there is a greenhouse structure and several bare trees under a clear blue sky. The text "Dankwoord" is overlaid in white at the bottom of the image.

Dankwoord



Dankwoord

Het Re-Store team wil graag zijn waardering uitspreken voor de mensen die in meer of mindere mate betrokken zijn geweest bij het Re-Store project. De stuurgroep, kennispartners, betrokken bedrijven en studenten vormden een onmisbare bron van kennis, vragen, participatie en reflectie.

Stuurgroep

Arjen Brinkmann (BVOR)

Inge Oskam (Hogeschool van Amsterdam)

Lara van Druten (The Waste Transformers)

Alex Straathof (Hogeschool van Amsterdam)

Chandar van der Zande (Metabolic)

Kennispartners en bedrijven

Coen Bakker (The Waste Transformers), Stefan Blankenburg (Enki Energy), Peter de Boer (Gemeente Amsterdam), Peter Jan Brouwer (Stichting Buurtcompost), Wei-Shan Chen (WUR), Auke Doornbosch (Gemeente Hengelo), Keijen van Eijk (NDSM Energie), Erik Essen (Hogeschool van Amsterdam), Stef le Fevre (Gemeente Amsterdam), Paulien Herder (TU Delft), Virpi Heybroek (AMS), Joey Hodde (De Ceuvel), Bart-Jan van Hilten (NDSM Energie), Riny de Jonge (Gemeente Amsterdam), Froukje Anne Karsten (Gemeente Amsterdam), Gijsbert Korevaar (TU Delft), Esther Koster (Hogeschool van Amsterdam), Rob Kraaiipoel (Ecocycle), Karlijn Kokhuis (Gemeente Amsterdam), Jack Kuin (Avelex), Laurant van Oers (Universiteit Leiden), Igor Nikolic (TU Delft), Anita Numan (Gemeente Amsterdam), Simon van der Schouw (Meerlanden), Guido van Os (Hogeschool van Amsterdam), Demian de Rooij (NDSM-werf), Justin Schild (ROC TOP), Tony Schoen, Diederik Starreveld (Gemeente Amsterdam), Mersiha Tepic (Gemeente Amsterdam), Philip Troost (GroenCollect), Tim Vermeulen (NDSM-werf), Laurens de Vries (TU Delft), Martijn Warnier (TU Delft), Arie van Ziel (Stichting Buurtcompost).

Studenten

Quirine André de la Porte (Hogeschool van Amsterdam), Jasper Bunschoten (Hogeschool van Amsterdam), Danique de Bies (Hogeschool van Amsterdam), Veronica Grace (Universiteit Leiden), Sabine Kerssens (Technische Universiteit Delft), Richard Lundquist (Hogeschool van Amsterdam), Gabriela Onu (Hogeschool van Amsterdam), Veronika Radenkova (Hogeschool van Amsterdam), Sumit Sial (Technische Universiteit Delft), Alexandra Sykioti (Hogeschool van Amsterdam), Dylan van Zante (Hogeschool van Amsterdam), en de klas studenten Bestuurskunde (Hogeschool van Amsterdam).

Financiering

Dit onderzoek is mede gefinancierd door Nationaal Regieorgaan Praktijkgericht Onderzoek SIA, onderdeel van de Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (NWO).





Literatuurlijst



Literatuurlijst

Boons, F., Spekkink, W., & Mouzakis, Y. (2011). The dynamics of industrial symbiosis: a proposal for a conceptual framework based upon a comprehensive literature review. *Journal of Cleaner Production*, 19(9-10), 905-911. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.01.003>

CBS. (2019a). *CBS StatLine - Huishoudelijk afval per gemeente per inwoner*. <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/83452NED/table?fromstatweb>

CBS. (2019b) 15-5-2019 milieuoetafdruk-van-nederlander-licht-toegenomen; <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2019/20/milieuoetafdruk-van-nederlander-licht-toegenomen>

Dam, K. H. van, Nikolic, I., & Lukszo, Z. (2013). Agent-Based Modelling of Socio-Technical Systems. In K. H. van Dam, I. Nikolic, & Z. Lukszo (Eds.), *Agent-Based Modelling of Socio-Technical Systems* (1st ed., pp. 52, 53). Springer Science+Business Media. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-4933-7>

DRO. (2013). *Transformatiestrategie Haven-Stad*. <https://www.amsterdam.nl/projecten/haven-stad/>

Gemeente Amsterdam. (2016). Uitvoeringsplan Afval Grondstoffen uit Amsterdam. <https://www.amsterdam.nl/bestuur-organisatie/volg-beleid/afval-en-schoon/>

Gemeente Amsterdam. (2019). Van innovatie naar impact - Innovatie- en uitvoeringsprogramma Circulaire Economie. <https://www.amsterdam.nl/bestuur-organisatie/volg-beleid/duurzaamheid-energie/circulaire-economie/>

Gemeente Amsterdam, Circle Economy, & Raworth, K. (2020). Bouwstenen voor de nieuwe strategie Amsterdam circulair. <https://www.amsterdam.nl/bestuur-organisatie/volg-beleid/duurzaamheid-energie/circulaire-economie/>

I&M. (2016). *Rijksbrede programma Circulaire Economie* (pp. 1-14). <https://doi.org/10.1007/s00244-010-9510-9>.

Kerssens, S., Lange, K., Korevaar, G., & Warnier, M. (2019). *A QUANTITATIVE APPROACH TO THE VALUE-BELIEF-NORM THEORY* [TU Delft]. <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid%3Ac3491b5f-ab77-4dff-a71b-0492ad7cd6db?collection=education>

Lange, K. P. H., Korevaar, G., Oskam, I. F., & Herder, P. M. (2017). Developing and understanding design interventions in relation to industrial symbiosis dynamics. *Sustainability (Switzerland)*, 9(5). <https://doi.org/10.3390/su9050826>

Mulder, M. ., Akker, J. van den;, Lange, K. P. H. ., Hees, M. van;, Verloop, J. W. ., Schrik, Y. ., & Oskam, I. F. (2018). *Re-organise - Sluiten van stedelijke kringlopen door decentrale verwerking van organisch bedrijfsafval*. <http://www.hva.nl/kc-techniek/gedeelde-content/projecten/projecten-algemeen/re-organise.html>

NDSM-werf. (2019). *NDSM-werf*. <http://www.ndsm.nl/praktische-informatie/>

NDSM Energie. (2019). *Eco-Park Amsterdam*. <http://eco-park.amsterdam/>

Programmabureau Haven Stad. (2017). *Haven Stad, transformatie van 12 deelgebieden. Concept ontwikkelingsstrategie*.

Valenzuela-Venegas, G., Salgado, J. C., & Díaz-Alvarado, F. A. (2016). Sustainability indicators for the assessment of eco-industrial parks: classification and criteria for selection. *Journal of Cleaner Production*, 133, 99–116. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.05.113>

