



Berekening CO₂-reductie GFT/E-verwerking

Voorwoord

Appels met appels vergelijken. Dat is het doel van dit rapport. Cure is voornemens een aanbesteding uit te zetten voor de verwerking van GFT/E en daarbij ook gebruik te laten maken van 'het achterterrein' van Cure in Eindhoven. Diverse marktpartijen dragen in een afgeronde marktconsultatie uiteenlopende oplossingen voor de verwerking hiervan aan. Om deze complexe en technische informatie eenduidig en vergelijkbaar te maken is dit rapport opgesteld.

Dit rapport bevat vertrouwelijke informatie van marktpartijen en dient dan ook als zodanig behandeld te worden. Verspreiding van dit document mag enkel en alleen met instemming van de GR Cure.

Auteurs



Niels Ahsmann



Marnix Bosma

Inhoud

Samenvatting	4
1. Inleiding en context	6
1.1 Aanleiding	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
1.2 Doel en opzet van het rapport	6
1.3 Huidige verwerkingslocaties	6
2. Verwerkingsmethoden	8
2.1 Tunnelcompostering	9
2.2 Vergisting	10
2.3 Vergisting + tunnelcompostering	11
2.4 Productie van bioplastic	12
2.5 Productie van eiwitten	14
2.6 Vervezeling ten behoeve van plaatmateriaal	15
3. CO₂-impact	16
3.1 Achtergrond	16
3.2 Methode	16
3.3 Modelresultaten	17
4. Conclusies en aanbevelingen	22
4.1 Conclusies	22
4.2 Aanbevelingen	23

Managementsamenvatting

In dit onderzoek is de CO₂-impact van acht verschillende GFT/E-verwerkingsmethoden onderzocht: compostering, vergisting, vergisting + compostering, productie van (bio)plastic, productie van eiwitten, vervezeling voor plaatmateriaal, verbranden en storten. In onderstaande tabel is een beschrijving van de technieken gepresenteerd.

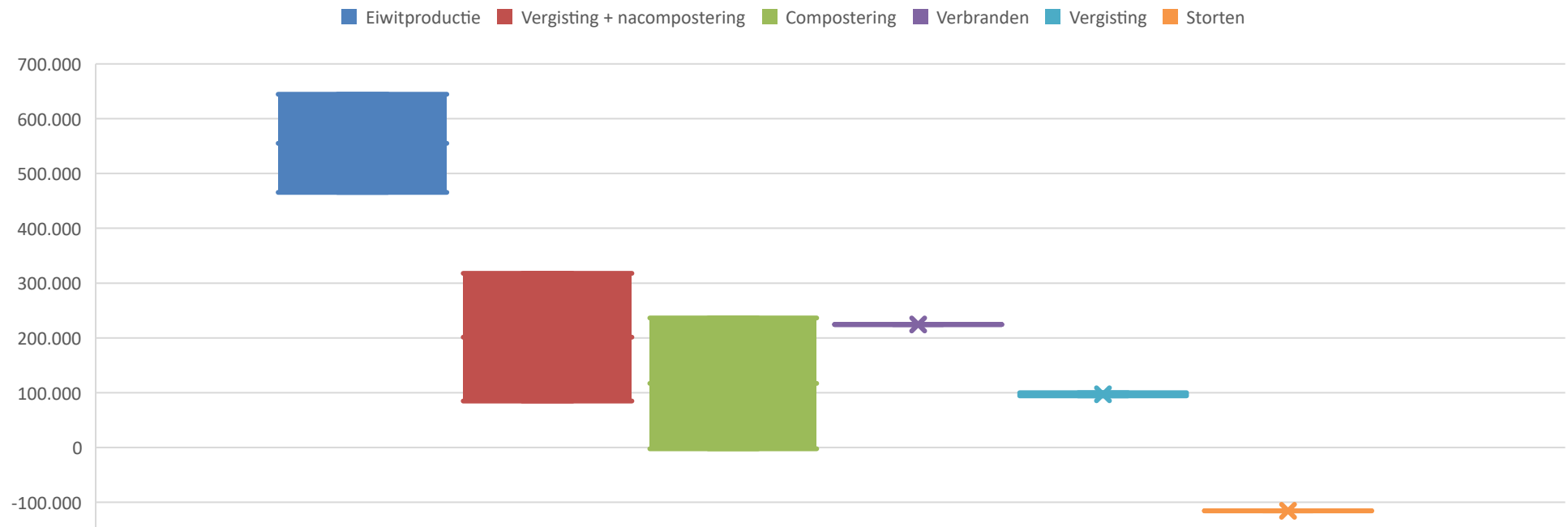
Tabel 1: Beschrijvende tabel van de activiteiten per verwerkingsroute

Beschrijving van de activiteiten	Conventionele verwerkingsmethodes			Innovatieve verwerkingsmethodes			Laagwaardige verwerking	
	Compostering	Vergisting	Vergisting + compostering	Bioplastics (UBQ)	Eiwitproductie	Vervezeling voor plaatmateriaal	Verbranden	Storten
Transportbewegingen ¹	1	1	2	2	3	3	2	2
Verwerkingsproces	Voorbewerking + afgedekt composteren in tunnels	Voorbewerking + afgedekt vergisten in grote ronde vaten (+ opwaardering biogas)	Combinatie vergisting en compostering	Voorbewerken + thermochemisch proces + nabewerking	Combinatie vergisting + compostering + kweken van maden + nabewerking	Voorbewerking + chemisch proces + nabewerking	Verbranden in energiecentrale	Dumpen op stortplaats
Eindproduct(en)	Compost	Bio- of groengas	Compost + bio- of groengas	Bioplastic granulaten	Compost + bio- of groengas + eiwitpoeder	Houten platen	Elektriciteit	Afval
CO ₂ -reductie door vervanging van:	Kunstmest	Aardgas	Kunstmest en aardgas	Fossiel plastic	Kunstmest, aardgas, eiwitten uit vis en soja	Niet duurzame bouwmaterialen	Aardgas	Geen reductie
CCS	In de bodem	In de bodem	In de bodem	x	In de bodem	x	x	In de bodem

¹ Betreft het aantal transportbewegingen vanaf de bron tot aan de laatste verwerkingsstap. Hierbij is aangenomen dat op de beschikbare oppervlakte van het Cure terrein meerdere verwerkingsinstallaties niet mogelijk zijn, waardoor tussenproducten elders verwerkt moeten worden.

De CO₂-impact per kton GFT/E van de verschillende verwerkingsmethoden is gepresenteerd in figuur 1. Hieruit blijkt dat innovatieve technieken meer CO₂ lijken te reduceren dan conventionele technieken, en conventionele technieken over het algemeen meer CO₂-reduceren dan laagwaardige verwerkingstechnieken. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de beschikbare data van innovatieve technieken schaars is en niet transparant, waardoor de uitkomsten minder betrouwbaar zijn dan de berekeningen omtrent conventionele verwerkingsmethoden. Op basis van de, door UBQ zelf, berekende CO₂reductie zou deze een factor 10 hoger zijn dan andere technieken. Echter is de accuraatheid hiervan niet na te gaan en lijkt geen realistische aanname. Van de conventionele technieken reduceert vergisting + compostering de meeste CO₂.

Figuur 1: Vermeden CO₂ (kg) per kton GFT/E per verwerkingstechniek²



² In de grafiek is UBQ niet meegenomen, door de (niet-verifieerbare) hoge CO₂-reductie per kton GFT/E (7.224.700 kg). Ook vervezeling ten behoeve van plaatmateriaal is niet meegenomen, omdat er geen CO₂-impact berekend kon worden, door gebrek aan kwalitatieve en kwantitatieve data.

1. Inleiding en context

Cure Afvalbeheer, een samenwerkingsverband van de gemeenten Eindhoven, Valkenswaard en Geldrop-Mierlo, verzorgt de afvalinzameling in deze gemeenten. Cure Afvalbeheer heeft vanuit het Algemeen Bestuur de opdracht gekregen om een duurzame oplossing te bieden aan 'het Achterterrein' aan de Achtseweg Noord bij het kantoor van Cure. De invulling van het terrein dient in het verlengde te liggen van de werkzaamheden van Cure. Er is voor gekozen om de mogelijkheden in kaart te brengen voor de verwerking van GFT/E (groente -, fruit -, tuinafval en etensresten).

De redenen waarom Cure hiervoor heeft gekozen zijn verschillend van aard:

- Verwerking van GFT/E levert waardevolle producten op welke ingezet worden in de materialen/energietransitie.
- Weinig concurrentie in de huidige markt voor GFT/E verwerking, wat een prijsverhogend effect heeft.
- Innovatie blijft achter op het gebied van GFT/E verwerking, door gebrek aan concurrentie in de markt.

Om de haalbaarheid van deze plannen en interesse van marktpartijen te toetsen heeft Cure al een marktconsultatie uitgevoerd (kwartaal 1 2024). De conclusie die hieruit getrokken kan worden, is dat er verschillende rendabele oplossingen zijn om de verwerking van GFT/E te ontwikkelen. Cure is van plan de realisatie en exploitatie met betrekking tot de verwerkingsinstallatie voor van GFT/E op het achterterrein door een RIC-traject aan te besteden. Het kenmerk van een aanbesteding via de RIC systematiek is dat op voorhand de uiteindelijke oplossing nog niet bekend is en dat deze in samenspraak met de te contracteren partij in co-creatie wordt gerealiseerd³.

Eén van de ambities met betrekking tot de verwerkingsinstallatie ten behoeve van GFT/E is een zo groot mogelijke CO₂-reductie. Om uiteindelijk de juiste (aanbestedings)strategie te bepalen is het daarom van belang om de CO₂-reductie van de verschillende mogelijke verwerkingsmethodes inzichtelijk te hebben. Met CO₂ bedoelen we in dit onderzoek CO₂-equivalenten. Dit is een maateenheid voor het effect van verschillende broeikasgassen op het klimaat. Door verschillende emissies die vrijkomen bij GFT/E-verwerking (CO₂, N₂O, CH₄, etcetera) om te rekenen naar de equivalente hoeveelheid van koolstofdioxide (CO₂), kunnen hun effecten bij elkaar worden opgeteld en met elkaar worden vergeleken.

Doel en opzet van het rapport

Het doel van dit rapport is het verschaffen van een helder overzicht van mogelijke verwerkingstechnieken van GFT/E. Waarbij speciale aandacht is voor de vergelijkbaarheid van de duurzaamheid en bijbehorende CO₂-impact. Dit zodat we appels met appels kunnen vergelijken. We beschrijven zowel conventionele als geïdentificeerde innovatieve verwerkingstechnieken.

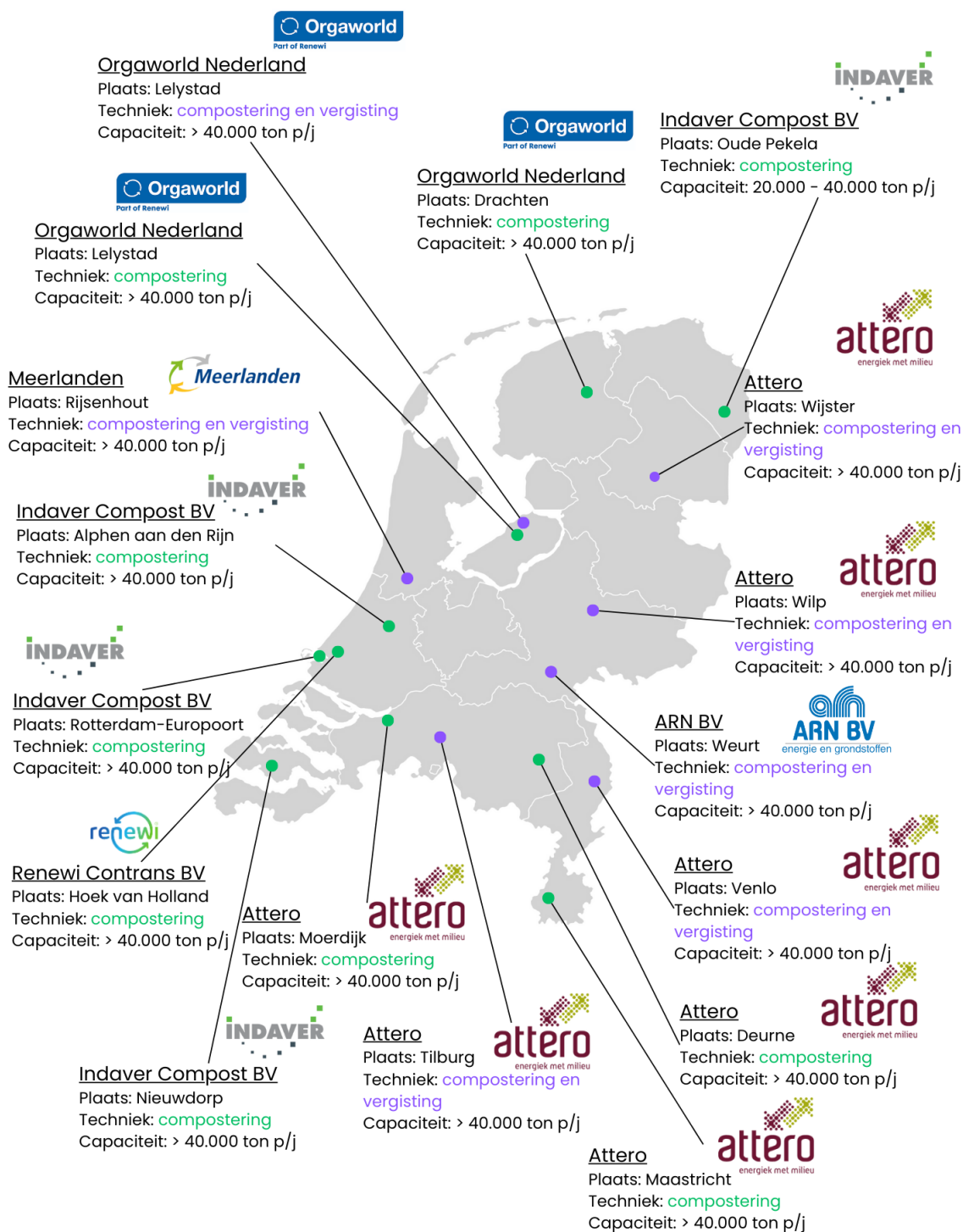
Dit rapport is geschreven tegen de achtergrond van de op handen zijnde aanbesteding van Cure voor het GFT/E. Mogelijk dat er in de loop van deze aanbesteding nog marktpartijen met andere/innovatieve verwerkingsmethodes zich aandienen. Deze zijn niet meegenomen in de scope van dit onderzoek.

³ [Rapid Circular Contracting en Rapid Impact Contracting | KplusV](#)

Huidige verwerkingslocaties

Momenteel zijn er in Nederland 17 locaties met vergunde inname van GFT/E. In de onderstaande kaart (figuur 2) is een overzicht weergegeven van deze locaties. Op elk van de 17 plekken vindt compostering van GFT/E plaats en op zeven plekken vindt, naast compostering, ook vergisting plaats (voor een toelichting van deze methoden zie hoofdstuk 3). Op één locatie na hebben alle locaties een verwerkingscapaciteit van boven de 40.000 ton GFT/E per jaar.

Figuur 2: Overzicht van locaties met vergunde inname van GFT/E in Nederland (bron: Overzichtsk kaart BVOR-bedrijven, bvor.nl)



2. Verwerkingsmethoden

In dit onderzoek zijn de volgende conventionele en innovatieve verwerkingsmethoden van GFT/E onderzocht:

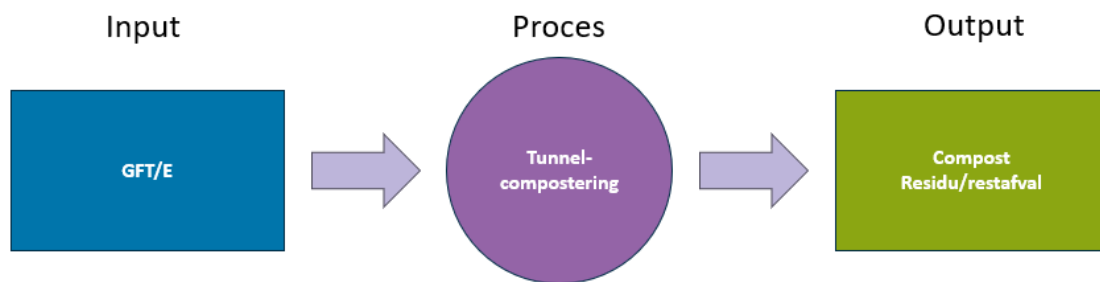
- Tunnelcompostering (conventioneel)
- Vergisting (conventioneel)
- Vergisting + tunnelcompostering (conventioneel)
- Productie van (bio) plastic granulaat (innovatief)
- Eiwittransitie (innovatief)
- Vervezeling ten behoeve van plaat materiaal (innovatief)

Voor de volledigheid benoemen we hier ook nog verbranding met energierugwinning in een AEC en het storten van afval. Echter volgens nationale wetgeving in LAP3 is dit niet toegestaan en is compostering het minimale verwerkingsniveau.

De technieken worden hieronder verder toegelicht. De beschikbare informatie per verwerkingsmethode is wisselend.

2.1 Tunnelcompostering

Composteren is het natuurlijke proces waarbij organisch afval, zoals voedselresten, tuinafval en ander biologisch afbreekbaar materiaal, aeroob wordt afgebroken en omgezet in humusrijke compost. Dit gebeurt door wormen en andere kleine organismen en door micro-organismen zoals bacteriën en schimmels. Compost kan vervolgens worden gebruikt als natuurlijke meststof om de bodem te verrijken en plantengroei te bevorderen. Bij tunnelcompostering vindt het composteerproces plaats in een gesloten, controleerbare, ruimte, meestal in de vorm van lange tunnels/loodsen. Bij tunnelcompostering kunnen abiotische factoren zoals temperatuur, vochtigheid en beluchting worden gereguleerd om het composteerproces te versnellen. Het proces kan in korte tijd hoogwaardige compost produceren, meestal binnen 6 tot 8 weken. Tunnelcompostering is een bewezen techniek die vaak gebruikt wordt bij de grootschalige verwerking van GFT/E.



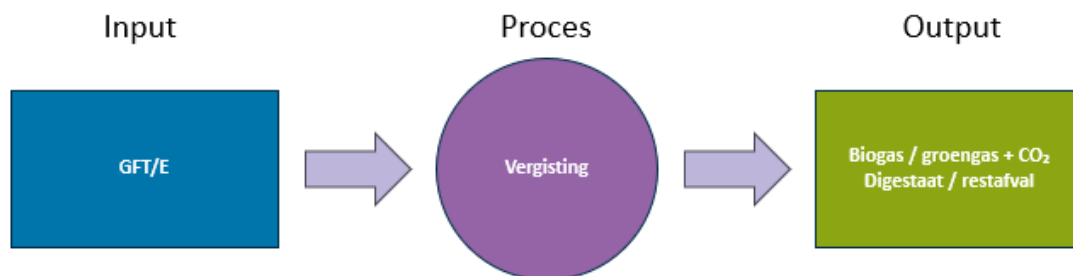
Over het ruimtebeslag van GFT/E-verwerkingstechnieken is weinig informatie beschikbaar. Uit de marktconsultatie blijkt dat partijen een tunnelcomposteringsinstallatie kunnen realiseren op de beschikbare 1,8 hectare van het Cure achterterrein. Meerdere marktpartijen hebben aangegeven dat tunnelcompostering de meest voor de hand liggende verweringsmethode is met de parameters (ruimte en hoeveelheid GFT/E) opgegeven door Cure.

Figuur 3: tunnelcompostering



2.2 Vergisting

Vergisting is, net als compostering, een proces waarbij micro-organismen organisch afval afbreken. Het verschil is dat, bij compostering, micro-organismen zuurstof gebruiken bij het proces (aeroob) en, bij vergisting, micro-organismen geen zuurstof gebruiken bij het proces (anaeroob). Vergisting vindt normaliter plaats in grote, afgesloten tanks met een koepelvormige bovenkant. Bij vergisting van organisch materiaal ontstaat biogas en digestaat. Biogas (methaan/ CH_4 en CO_2) kan gebruikt worden als brandstof in een warmtekrachtkoppeling (gasturbine + generator) om duurzame warmte of elektriciteit op te wekken. Biogas kan ook opgewaardeerd worden tot groengas (CH_4) waarna het kwalitatief gelijk is aan aardgas. De hoeveelheid biogas dat geproduceerd kan worden uit een kilo organisch materiaal is afhankelijk van de samenstelling van het materiaal. Factoren, zoals het vochtgehalte en de koolstof-stikstof verhouding van het aangeboden materiaal, hebben sterk invloed op de hoeveelheid biogas dat geproduceerd kan worden. Houtig materiaal zoals tuinafval vergist bijvoorbeeld minder goed dan groente en fruitresten. Vergisting is een duurzame manier om GFT/E te verwerken. Maar niet een heel effectieve manier om van het afval af te komen: na het vergisten blijft 90% van de massa over, dat opnieuw moet worden verwerkt (bijvoorbeeld door compostering). Vergisting is een bewezen techniek voor het grootschalig verwerken van GFT/E.



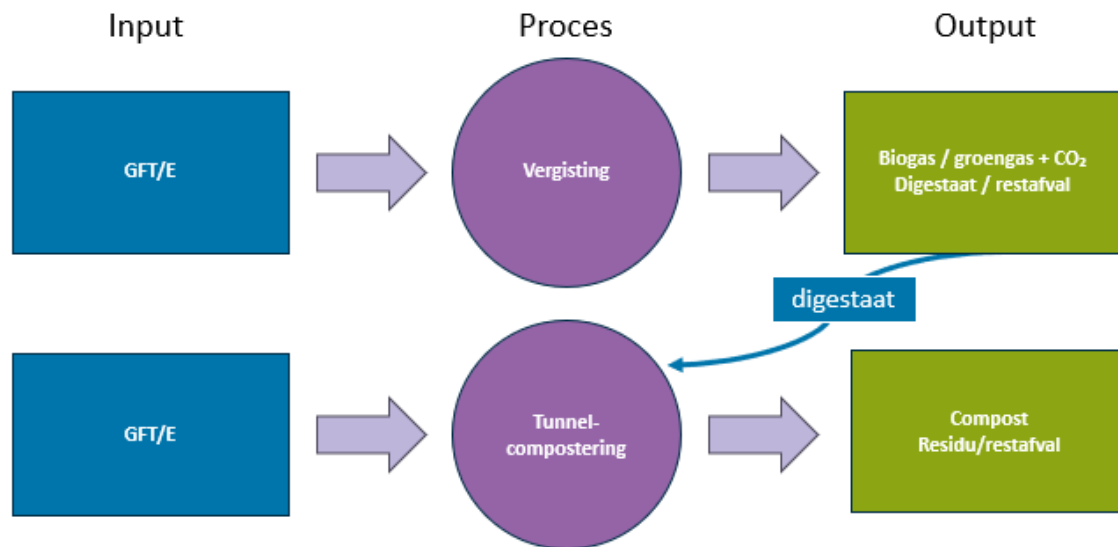
Over het ruimtebeslag van GFT/E-verwerkingstechnieken is weinig informatie beschikbaar. Uit de marktconsultatie blijkt dat partijen een vergistingsinstallatie zouden kunnen realiseren op de beschikbare 1,8 hectare van het Cure achterterrein.

Figuur 4: Vergistingsinstallatie



2.3 Vergisting + tunnelcompostering

Deze methode combineert de aanpakken van vergisting en tunnelcompostering (ook wel nacompostering genoemd). Het digestaat wat overblijft na het vergistingsproces wordt vervolgens gecomposteerd in tunnels. Door het afval eerst te vergisten en vervolgens te composteren, wordt de hoeveelheid afval geminimaliseerd en de efficiëntie van het afvalbeheer gemaximaliseerd.



Doordat deze methode twee verwerkingstechnieken gebruikt, is er meer ruimte nodig. Uit de marktconsultatie blijkt dat vergisting + tunnelcompostering waarschijnlijk niet volledig te realiseren is op de 1,8 hectare van het Cure achterterrein.

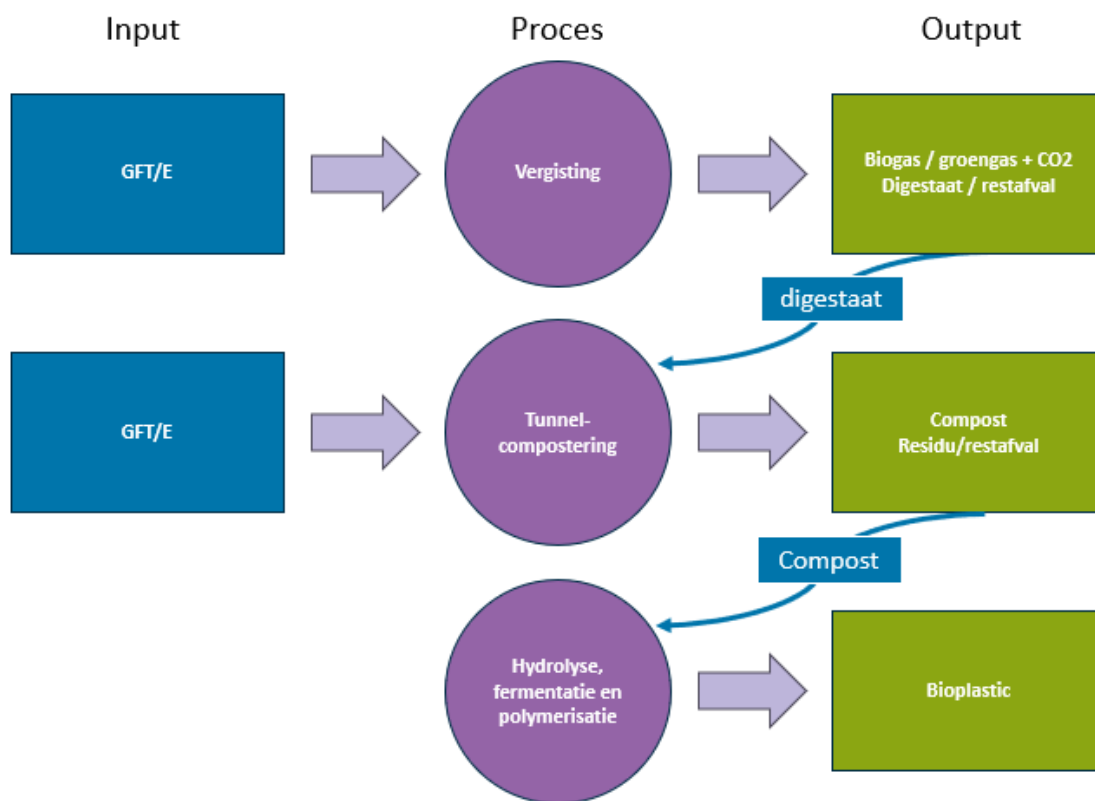
Figuur 5: Vergistingsinstallatie + tunnelcompostering



2.4 Productie van plastic met biologisch materiaal

Bioplastics

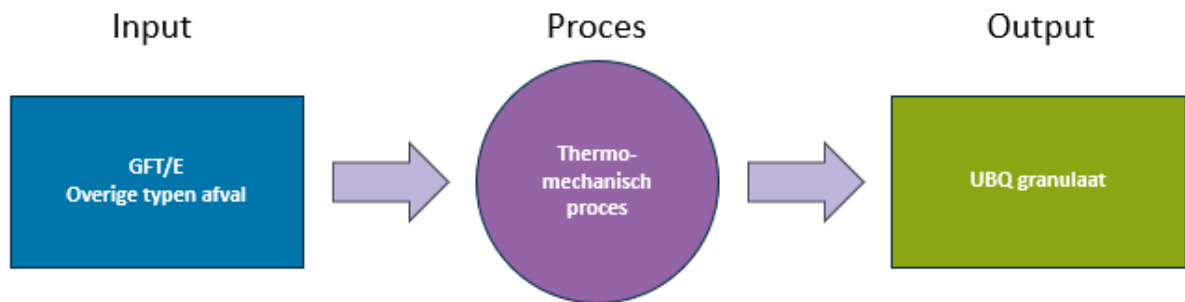
Bioplastics zijn plastics die geproduceerd worden uit biologisch materiaal. Traditioneel gezien is dit een biotechnologisch proces. Bioplastic is biologisch afbreekbaar. Het omzetten van GFT/E naar bioplastic is een innovatief en duurzaam proces dat gebruikmaakt van organisch afval om biologisch afbreekbare polymeren te produceren. Dit proces verloopt in verschillende stappen, waarin de organische componenten van GFT/E worden omgezet in grondstoffen voor bioplastic, zoals polymelkzuur (PLA) of polyhydroxyalkanoaten (PHA). Digestaat dat overblijft na vergisting wordt gecomposteerd om stabiele organische materialen te verkrijgen. De productie van bioplastics uit dit organisch materiaal vereist een complexe (bio)chemische opstelling (past naar verwachting niet op het Cure achterterrein). Grofweg bestaat dit uit een hydrolyse-, fermentatie- en polymerisatiestap. Het gecomposteerde materiaal, of fracties daarvan, wordt omgezet in suikers via hydrolyse. De suikers worden vervolgens via fermentatie omgezet in (andere) monomeren. Deze worden vervolgens gepolymeriseerd tot bioplastics. Het bioplastic wordt geëxtrudeerd en in granulaatvorm gebracht, wat tot slot kan worden gebruikt voor de productie van plastic producten.



Plastics uit biologisch materiaal en recyclaat (UBQ)

Naast de bovengenoemde bioplastics worden er ook plastics geproduceerd waarin biologisch materiaal (en niet-biologisch materiaal) verwerkt is. Een voorbeeld hiervan is UBQ™ (ubiquitous, vertaling: alomvertegenwoordigd). UBQ is een thermoplastisch materiaal (niet biologisch afbreekbaar) dat wordt gemaakt van ongesorteerd huishoudelijk afval, waaronder GFT/E, maar ook gemengd plastic, papier, karton en textiel. UBQ wordt geproduceerd door huisvuil te vermalen en het te onderwerpen aan een thermomechanisch proces (exacte methode is een bedrijfsgeheim). Hierbij worden de verschillende afvalstromen gemengd en onder hoge temperatuur en druk afgebroken tot hun basiscomponenten, zonder dat verbranding

plaatsvindt. Dit zorgt ervoor dat de afvalcomponenten (organisch en anorganisch) worden getransformeerd tot een nieuwe, uniforme matrix. Het organisch afval (zoals GFT/E) speelt een cruciale rol in het proces. Het wordt afgebroken tot kleine moleculaire fragmenten, die samen met het plastic fungeren als een soort binder die de verschillende componenten aan elkaar hecht. Het eindproduct van het proces is UBQ, een mix van kunststof en biologisch materiaal, in de vorm van korrels of pellets. Deze korrels zijn een direct vervangbaar materiaal voor traditionele kunststoffen zoals polypropyleen (PP), polyethyleen (PE) of ABS. Het is niet bekend of UBQ, net als PP en PE, zelf ook recyclebaar is. De UBQ-korrels kunnen worden gesmolten en gevormd voor gebruik in industriële toepassingen, zoals spuitgieten en extrusie.



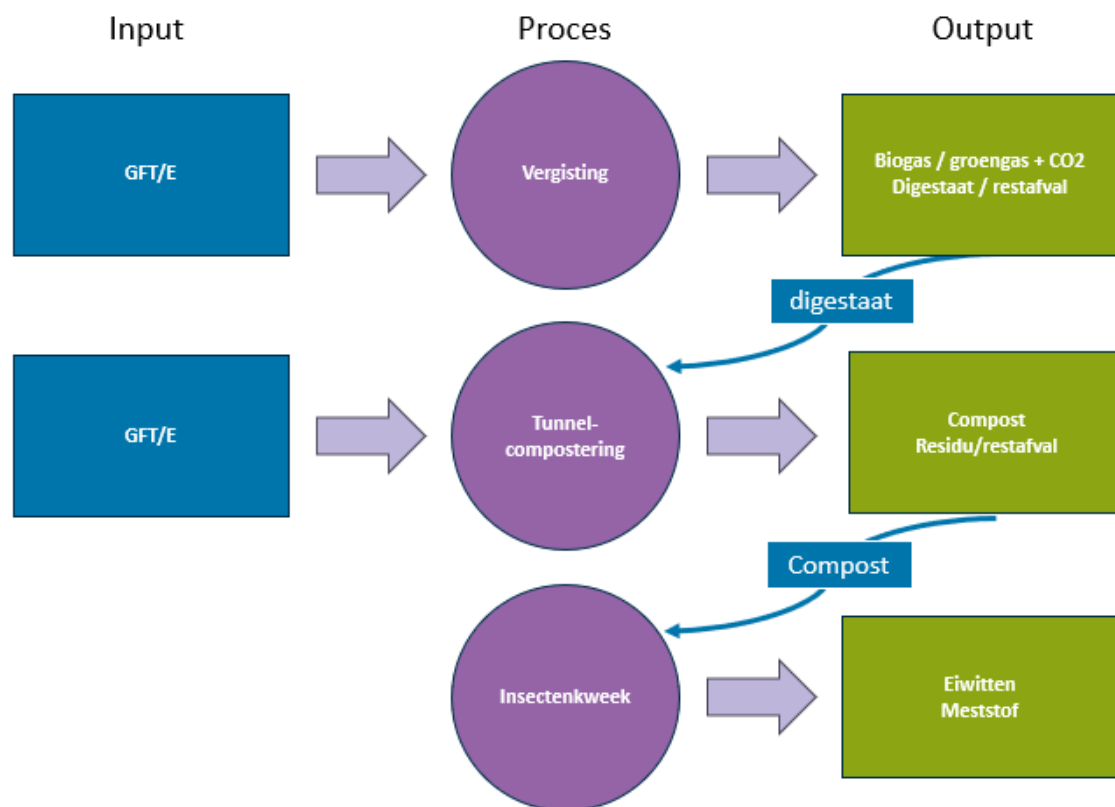
Een UBQ-fabriek past naar verwachting niet op het achterrein. Het voorstel van UBQ in de marktconsultatie is het voorbereiden op de locatie van Cure en transporteren naar de UBQ-fabriek in Bergen op Zoom.

Figuur 6: Plastic granulaten



2.5 Productie van eiwitten

GFT/E kan (na vergisting en compostering) dienen als voeding voor larven van bijvoorbeeld de zwarte soldaatvlieg. De larven van de zwarte soldaatvlieg groeien op het gefermenteerde GFT/E. Deze larven zijn zeer efficiënt in het omzetten van organisch materiaal in eiwitten. Na hun groeiperiode worden de larven geoogst en gedroogd. De gedroogde larven kunnen gebruikt worden als veevoer. Ze zijn een uitstekend alternatief voor traditionele eiwitbronnen zoals vismeel en soja, die vaak minder duurzaam zijn, vanwege de milieu-impact van visserij en sojateelt. De eiwitten kunnen in theorie ook gebruikt worden als diervoeder (ander dan vee) en in menselijke voeding. Wet- en regelgeving laten dit momenteel nog niet toe, maar het is niet onrealistisch dat het in de toekomst wel kan.



Figuur 7: Productie van maden en eiwitpoeder



2.6 Vervezeling ten behoeve van plaatmateriaal

Het omzetten van GFT/E in plaatmateriaal is een innovatieve manier om afvalstromen te valoriseren en te gebruiken in de productie van bouw- of meubelmaterialen. Dit proces maakt gebruik van de organische componenten in het afval, zoals cellulose en lignine, en combineert deze met bindmiddelen om stevige en duurzame platen te produceren. Er zijn verschillende methoden om GFT/E om te zetten in plaatmateriaal. Wetenschappers van de WUR (Wageningen University & Research) ontwikkelen technologieën waarmee cellulose opnieuw kan worden gebruikt. Bijvoorbeeld in coatings en lakken, papier, bouwmaterialen en bioplastics⁴. Ook heeft de WUR onderzoek gedaan naar bouwplaten uit snoeiafval, waarvoor geen lijmen of harsen van fossiele oorsprong nodig zijn⁵. Er zijn enkele prototypes ontwikkeld en het lijkt erop dat deze techniek nog niet grootschalig toegepast wordt.

⁴ Bron: [Creatief met cellulose - Uitgelicht \(wur.nl\)](#).

⁵ Bron: [Onderzoekers maken hoge kwaliteit bouwplaten uit snoeiafval zonder toegevoegde lijm - WUR](#).

3. CO₂-impact

3.1 Achtergrond

De CO₂-impact van de verwerking van GFT/E varieert, afhankelijk van de gebruikte verwerkingsmethode. GFT/E-verwerking kan bijdragen aan zowel de vermindering als de uitstoot van broeikasgassen, afhankelijk van hoe het afval wordt beheerd. Wanneer GFT/E niet verder verwerkt wordt en op een stortplaats terechtkomt, wordt (een deel van) het organisch materiaal onder anaerobe omstandigheden afgebroken. Dit leidt tot de productie van methaan (CH₄), een veel krachtiger broeikasgas (ongeveer 25 keer zo sterk) dan CO₂. Door GFT/E te verwerken wordt voorkomen dat deze methaan de atmosfeer bereikt.

Ook binnen het verwerkingsproces is een aantal onderdelen waarbij CO₂ wordt uitgestoten:

- **Transport:** De CO₂-uitstoot door transport (van GFT/E naar verwerkingsinstallaties en van de verwerkingsinstallatie tot de afzetlocatie) kan een bijdrage leveren aan de totale CO₂-impact, afhankelijk van de afstand en de efficiëntie en brandstoftype van de transportmiddelen. Per verwerkingsroute geldt dat er meer of minder ritten uitgevoerd moeten worden in het proces.
- **Energieverbruik verwerkingsproces:** Sommige verwerkingsmethoden, zoals compostering en vergisting, vereisen energie (bijvoorbeeld voor beluchting, verwerking of opwerking van biogas), wat de CO₂-impact kan verhogen als deze energie niet duurzaam wordt opgewekt.

Het onderdeel binnen het verwerkingsproces waarbij CO₂ wordt gereduceerd is:

- **Gebruik van eindproducten:** Het gebruik van de verschillende eindproducten kan de noodzaak naar alternatieve energie-intensieve en/of fossiele producten verminderen, zoals kunstmest, plastic of soja-eiwit. Daarnaast kunnen bodemverbeteraars zoals compost of digestaat de CO₂-uitstoot verminderen door koolstof vast te leggen in de bodem. Met andere woorden: Hier zit 'de grote winst' vanuit duurzaamheidsperspectief.

3.2 Methode

Voor het berekenen van de CO₂-uitstoot van verschillende groenafvalverwerkingsmethoden is gebruik gemaakt van de CO₂-rekentool van de BVOR (Branche Vereniging Organische Reststoffen)⁶. Deze tool kan voor meerdere verwerkingsmethoden de CO₂-impact berekenen. De verwerkingsmethoden voor de productie van bioplastiek en de productie van eiwit zitten niet verwerkt in de standaard tool, hiervan is de CO₂-impact berekend op basis van deskresearch.

Het gaat hier nadrukkelijk om gemiddelden. Goed om in het achterhoofd te houden, is dat de exacte CO₂-impact van een verwerkingsmethode erg bedrijfs- en situatiespecifiek is. Om nauwkeurig de CO₂-impact te kunnen berekenen van de eventuele impact op het Cure achterterrein is gedetailleerde informatie nodig, zoals de kwaliteit van het GFT/E, de samenstelling en toepassing van de compost, de transportafstanden, brandstof- en energiegebruik, etc. Deze informatie is niet voorhanden, waardoor nu aannames en standaardwaarden zijn gebruikt in de berekening. De impactberekening dient hiermee puur om onderlinge verschillen in ordegrootte aan te tonen.

⁶ CO₂-[rekentool groenafval](#) - BVOR

3.3 Berekenende resultaten CO₂-impact

Het overzicht van de CO₂-impact per verwerkingstechniek per kton GFT/E is weergegeven in tabel 1. Hieronder worden een aantal algemene bevindingen beschreven, waarna de resultaten per verwerkmingsmethode verder worden toegelicht.

Algemene uitgangspunten

- De CO₂-uitstoot gerelateerd aan het transport van GFT/E naar de verwerkingslocatie (Cure) is voor elke verwerkmingsmethode gelijk, deze transportbeweging is daarom niet meegenomen in het berekenen van de CO₂-impact. Hetzelfde geldt voor de uitstoot gerelateerd aan het transporteren van de eindproducten. Enkel het aantal transportbewegingen tussen verwerkingsstappen wordt meegenomen.
- Vanuit de marktconsultatie blijkt dat het beschikbare oppervlak voor de verwerkingsinstallaties op het Cure achterterrein waarschijnlijk niet groot genoeg is om meerdere typen verwerking te realiseren. Wanneer er gekozen wordt voor een verwerkingsmethode met meerdere stappen (bijvoorbeeld vergisting én tunnelcompostering) is het aannemelijk dat het GFT/E na de eerste verwerkingsstap getransporteerd moet worden naar andere locaties voor verdere verwerking. Hiervoor is per verwerkingstechniek een inschatting gemaakt.
- Over het algemeen geldt dat vanuit het grootste deel van de CO₂-impact gerealiseerd wordt bij de toepassing van het eindproduct. Transport en energieverbruik van de verwerkingsinstallatie(s) hebben maar beperkt invloed op de totale CO₂-impact.
- Gedetailleerde informatie over verschillen in het energiegebruik van de verschillende verwerkingsmethoden is niet voorhanden. Hierdoor is de aanname gehanteerd dat alle typen verwerking even veel energie verbruiken.
- Om de CO₂-impact van de verschillende verwerkingsmethoden in perspectief te plaatsen zijn ook de laagwaardige verwerkingsmethoden verbranden en storten meegenomen in de analyse.

Tunnelcompostering

Bij tunnelcompostering is het van groot belang dat de geproduceerde compost van hoge kwaliteit is. De relatief grote CO₂-reductie die tunnelcompostering te weeg kan brengen bij een hoge kwaliteit compost, komt namelijk voor het grootste deel voort uit de vervanging van kunstmest in bijvoorbeeld de landbouw of kasteelt. Kunstmestproductie is een zeer energie-intensief proces, deze energie hoeft niet gebruikt te worden wanneer kunstmest wordt vervangen door compost. Een klein deel (<5%) van de mogelijke CO₂-reductie van tunnelcompostering wordt gerealiseerd bij het vastleggen van koolstof in de bodem, wanneer compost op land wordt toegepast. Wanneer compost van lage kwaliteit wordt geproduceerd, die laagwaardig wordt toegepast (bijvoorbeeld als ophooggrond), wordt er geen kunstmest vervangen, maar vindt er nog steeds koolstofopslag in de bodem plaats. Dit weegt echter niet op tegen de CO₂-uitstoot die vrijkomt bij het transport en de verwerking van het GFT/E.

CO₂-impact per kton GFT/E: +2.200 kg CO₂ (lage kwaliteit compost); -236.500 kg CO₂ (hoge kwaliteit compost)

Vergisting

Bij het vergisten van GFT/E komt biogas vrij wat met een WKK kan worden omgezet in groene stroom en warmte. Daarnaast kan er gekozen worden om het biogas op te waarden tot groengas waarna het fossiel aardgas 1 : 1 kan vervangen. Het gebruik van biogas in een WKK reduceert meer CO₂ dan het gebruiken van groengas in plaats van aardgas. De verklaring hiervoor is dat een WKK zowel warmte als stroom opwekt, wat een hoger rendement geeft dan alleen warmte productie uit aardgas (bijvoorbeeld bij huishoudens in de CV).

Daarnaast bespaart het vervangen van grijze stroom / de stroommix van het net door groene stroom meer CO₂ dan aardgas vervangen door groengas. Omdat de stroommix steeds duurzamer wordt, zal in de loop der tijd het gebruik van groengas meer CO₂-reduceren dan biogas in een WKK. Dit omslagpunt ligt naar verwachting na 2030.

CO₂-impact per kton GFT/E: -100.000 kg CO₂ (biogas); -94.300 kg CO₂ (groengas).

Vergisting + tunnelcompostering

Bij een combinatie van vergisting en tunnelcompostering komen de CO₂-reducties (evenals de uitstoot) van de losstaande methoden samen, waardoor er meer CO₂-impact gemaakt kan worden dan de technieken losstaand.

CO₂-impact per kton GFT/E: -85.000 kg CO₂ (biogas + laagwaardige compost); -318.000 kg CO₂ (groengas + hoogwaardige compost).

-79.300 kg CO₂ (groengas + laagwaardige compost); -323.700 kg CO₂ (biogas + hoogwaardige compost).

Productie van (bio)plastic (UBQ)

Het produceren van UBQ reduceert volgens de impactberekening veel (> factor 10) meer CO₂ dan alle overige verwerkingsmethoden (-7.224.700 kg CO₂/kton GFT/E). Dit is gebaseerd op de CO₂-reductie die UBQ zelf aangeeft te bewerkstelligen met de productie (-11,7 kg CO₂ per kg UBQ, exclusief vervanging PP). Het is de onderzoekers onbekend hoe dit getal precies tot stand is gekomen. Wel is te constateren dat een deel van de beweerde CO₂-reductie lijkt voort te komen uit de vergelijking met het storten van huishoudelijk afval. Dit type CO₂-reductie is bij de overige technieken niet meegenomen. Als we dit er vanaf zouden trekken op basis van kengetallen van CE Delft⁷ zou UBQ nog steeds vele malen meer CO₂ reduceren per kilo input dan de overige technieken. Een van de verklaringen voor het hoog uitvallen van UBQ is dat UBQ de GWP20 methodiek gehanteerd heeft bij de berekening van hun eigen impact (enige beschikbare data), terwijl de CO₂-rekentool van de BVOR de GWPI00 methodiek hanteert. Het verschil in deze methodes is de periode waarover gekeken wordt (20 of 100 jaar). Indien UBQ zelf niet goed te recyclen is en na gebruik verbrand of gestort moet worden, zal een groot deel van de CO₂-reductie meegerekend in de GWP20 methode weer vrijkomen en daarmee niet tellen voor de GWPI00 methode. Hierdoor zou UBQ met haar eigen waarde veel hoger uitvallen dan de overige methoden. Echter lijkt niet alleen het verschil in berekening de verklaring voor de hoge uitstootreductie. Een andere reden voor het grote verschil in CO₂-impact komt door het vervangen van fossiel plastic, zoals propyleen (PP, 2,8 kg CO₂-uitstoot per kg). Deze reductie is verantwoordelijk voor ongeveer 20% van de totale uitstootreductie van UBQ. Vanwege de relatief hoge efficiëntie (omzetting van GFT/E in plastic) van UBQ (50% ten opzichte van 1,5% voor PHA⁸), kan er per kg GFT/E (veel) meer UBQ gemaakt worden dan traditioneel bioplastic. Hierdoor kan UBQ naar verhouding meer fossiel plastic vervangen en meer CO₂ reduceren. UBQ is een innovatieve methode waarmee een grote diversiteit aan afvalstromen verwerkt lijken te kunnen worden. Er zijn echter nog geen transparante en onafhankelijke/objectieve gegevens bekend, waardoor de impact van verwerking van GFT/E naar UBQ niet met zekerheid is vast te stellen en niet goed te vergelijken is met de overige methoden.

CO₂-impact per kton GFT/E: Onbekend.

⁷ 1 kg gestort huisvuil stoot 1,4 kg CO₂ uit. [CE Delft, 2016](#). UBQ zet alle droge stof in huisvuil om naar UBQ.

⁸ Uit 1.000 kg GFT/E wordt 15kg PHA geproduceerd. [Bioplastics uit GFT- TU Delft, 2019](#). UBQ zet alle droge stof in afval om naar UBQ.

Productie van eiwitten (zwarte soldaatvlieg)

Bij de productie van eiwitten wordt CO₂ bespaard, doordat het eindproduct gebruikt kan worden als veevoer, waardoor het gebruik van soja of vis met bijbehorende klimaatimpact kan worden voorkomen. Het voer voor de insecten bestaat uit gecomposteerd GFT/E, waardoor bij deze methode ook compostering vereist is en ook vergisting kan worden toegepast. De CO₂-reductie van compostering en vergisting is bij deze berekening ook meegenomen. Alleen het toepassen van het eiwit heeft een geschatte CO₂-impact van -582.200 kg per kton GFT/E.

CO₂-impact per kton GFT/E: -644.650 kg CO₂.

Vervezeling ten behoeve van plaatmateriaal

Voor deze methode zijn geen getallen gevonden die informatie geven over de CO₂-impact. Voor deze methode kan er daarom geen impact worden berekend.

CO₂-impact per kton GFT/E: Onbekend.

Verbranden

Bij de verbranding van GFT/E wordt het materiaal naar een bio energiecentrale gebracht. Door het verbranden van GFT/E wordt groene elektriciteit (en/of warmte) opgewekt. Dit reduceert het gebruik van fossiele brandstoffen.

CO₂-impact per kton GFT/E: -224.700 kg CO₂.

Storten

Storten, het dumpen van GFT/E op een vuilstortplaats, is de meest laagwaardige 'verwerking' van GFT/E. Wanneer GFT/E wordt gestort vindt er (deels) anaerobe vergisting plaats, waarbij methaan wordt uitgestoten (een veel sterker broeikasgas dan CO₂).

CO₂-impact per kton GFT/E: 115.300 kg CO₂.

In onderstaande tabellen zijn de verschillende verwerkingsmethoden samengevat en is de CO₂-impact van de verschillende (onderdelen van) verwerkingsmethoden weergegeven. Tabel 3 laat de impact zien per kton GFT/E. Tabel 4 laat zien wat de totale impact is bij een input van 25 kton GFT/E (voornemen Cure).

Tabel 2: Beschrijvende tabel van de activiteiten per verwerkingsroute

Beschrijving van de activiteiten	Conventionele verwerkingsmethodes			Innovatieve verwerkingsmethodes			Laagwaardige verwerking	
	Compostering	Vergisting	Vergisting + compostering	Bioplastics (UBQ)	Eiwitproductie	Vervezeling voor plaatmateriaal	Verbranden	Storten
Transportbewegingen	1	1	2	2	3	3	2	2
Verwerkingsproces	Voorbewerking + afgedekt composteren in tunnels.	Voorbewerking + afgedekt vergisten in grote ronde vaten (+ opwaardering biogas)	Combinatie vergisting en compostering.	Voorbewerken + thermochemisch proces + nabewerking	Combinatie vergisting + compostering + kweken van maden + nabewerking	Voorbewerking + chemisch proces + nabewerking	Verbranden in energiecentrale	Dumpen op stortplaats
Eindproduct(en)	Compost	Bio- of groengas	Compost + bio- of groengas	Bioplastic granulaten	Compost + bio- of groengas + eiwitpoeder	Houten platen	Elektriciteit	Afval
CO ₂ -reductie door vervanging van:	Kunstmest	Aardgas	Kunstmest en aardgas	Fossiel plastic	Kunstmest, aardgas, eiwitten uit vis en soja	Niet duurzame bouwmaterialen	Aardgas	Geen reductie
CCS	In de bodem	In de bodem	In de bodem	x	In de bodem	x	x	In de bodem

Tabel 3: CO₂-impact verwerkingsmethoden

kg CO ₂ uitstoot per kton GFT/E input	Conventionele verwerkingsmethoden						Innovatieve verwerkingsmethodes			Laagwaardige verwerking		
	Compostering		Vergisting		Vergisting + compostering		Bioplastics (UBQ)	Eiwitproductie		Vervezeling voor plaatmateriaal	Verbranden	Storten
	Laag	Hoog	Laag	Hoog	Laag	Hoog		Laag	Hoog			
<i>Aantal extra transportbewegingen</i>	0	0	0	0	1	1	1	2	2	2	1	1
Transport	–	–	–	–	12.800	12.800	12.800	25.600	25.600	25.600	12.800	12.800
Verwerkingsproces	12.500	12.500	12.500	12.500	25.000	25.000	12.500	211.000	211.000	12.500	12.500	12.500
CO ₂ -uitstoot tgv toepassing eindproduct	-10.300	-249.000	-112.500	-106.800	-122.800	-355.800	-7.250.000	-702.225	-881.250	?	-250.000	90.000
Totaal	2.200	-236.500	-100.000	-94.300	-85.000	-318.000	-7.224.700	-465.625	-644.650	?	-224.700	115.300

Tabel 4: Overzicht CO₂-impact (kg) per kton GFT/E per verwerkingstechniek.

kg CO ₂ uitstoot per 25 kton GFT/E input	Conventionele verwerkingsmethoden						Innovatieve verwerkingsmethodes			Laagwaardige verwerking		
	Compostering		Vergisting		Vergisting + compostering		Bioplastics (UBQ)	Eiwitproductie		Vervezeling voor plaat-materiaal	Verbranden	Storten
	Laag	Hoog	Laag	Hoog	Laag	Hoog		Laag	Hoog			
Transport	0	0	0	0	320.000	320.000	320.000	640.000	640.000	640.000	320.000	320.000
Verwerkingsproces	312.500	312.500	312.500	312.500	625.000	625.000	312.500	5.275.000	5.275.000	312.500	312.500	312.500
CO ₂ -uitstoot tgv toepassing eindproduct	- 257.500	-6.225.000	-2.812.500	-2.670.000	-3.070.000	-8.895.000	-181.250.000	-17.555.625	-22.031.250	?	-6.250.000	2.250.000
Totaal	55.000	-5.912.500	-2.500.000	-2.357.500	-2.125.000	-7.950.000	-180.617.500	-11.640.625	-16.116.250	?	-5.617.500	2.882.500

4. Conclusies en aanbevelingen

4.1 Conclusies

Uit dit onderzoek naar de CO₂-impact van verschillende GFT/E-verwerkingsinstallaties blijkt dat de keuze voor een bepaalde verwerkingsmethode aanzienlijke gevolgen kan hebben voor de totale CO₂-uitstoot/-reductie. De belangrijkste conclusies zijn als volgt:

Algemeen

- De precieze CO₂-impact van een GFT/E-verwerking bestaat uit verschillende onderdelen: uitstoot tijdens transport naar en tussen verwerkingslocaties, uitstoot ten gevolge van energiegebruik door de verwerkingsinstallaties, uitstoot tijdens transport eindproduct, reductie tijdens toepassing van het eindproduct. Deze onderdelen zijn locatie- en situatieafhankelijk, waardoor de CO₂-impactberekening voor een specifieke casus altijd maatwerk blijft. Bedrijven kunnen daarnaast ook nog andere technieken toepassen die de CO₂-impact vergroten, zoals het terugwinnen van warmte/water tijdens het proces, het recyclen van delen van het restafval of hout uit het GFT/E naar een bio-energiecentrale brengen. Deze opties zijn niet meegenomen in de berekeningen, maar kunnen veel impact hebben op de totale CO₂-reductie.
- Uit het onderzoek blijkt dat het onderdeel “toepassing van het eindproduct” veruit het grootste effect heeft op de totale CO₂-impact van een verwerkingsmethode. Hiermee wordt een CO₂-reductie gerealiseerd als het eindproduct een ander, vervuilend, product vervangt. Zo kan bijvoorbeeld compost, bij voldoende kwaliteit, kunstmest vervangen, wat veel energie vergt bij de productie. Als de kwaliteit van het compost laag is, kan dit gebruikt worden als ophooggrond, waardoor geen kunstmest verdreven wordt en de CO₂-impact aanzienlijk minder is.

Conventionele technieken

- Alle gevonden GFT/E-verwerkingslocaties in Nederland gebruiken compostering of vergisting én compostering voor de verwerking van GFT/E. Bijna alle verwerkers verwerken meer dan 40 kton GFT/E per jaar.
- Van de conventionele technieken reduceert de combinatie van vergisting en compostering logischerwijs meer CO₂ dan vergisting of compostering alleen.
- De CO₂-impact van compostering is sterk afhankelijk van de kwaliteit compost die geproduceerd kan worden. Als de compost een zeer lage kwaliteit heeft (ophooggrond), wordt er in het hele proces netto CO₂ uitgestoten.
- Voor vergisting geldt dat productie van biogas (iets) meer CO₂ bespaard dan productie van groengas. Door de steeds duurzamere mix van elektriciteit zal in de toekomst groengas meer CO₂-besparing opleveren.

Innovatieve technieken

- Over innovatieve GFT/E-verwerkingsmethoden zijn weinig betrouwbare kwantitatieve getallen te achterhalen.
- Uit de beschikbare informatie lijkt het erop dat de innovatieve technieken meer CO₂-reduceren dan de conventionele technieken per hoeveelheid GFT/E.
- Per kton GFT/E lijkt UBQ veruit de grootste CO₂-impact te hebben, maar vanwege gebrek aan betrouwbare onafhankelijke gegevens over UBQ, is dit gegeven echter twijfelachtig.
- Ook het proces van eiwitproductie (via soldaatvliegen) reduceert naar verwachting 2-3x meer CO₂ dan conventionele technieken. Een verklaring hiervoor is dat het proces

gebruikt maakt van zowel vergisting als compostering, waardoor alle CO₂, die gereduceerd wordt door de toepassing van de eiwitten, bovenop de reductie van de producten uit vergisting en compostering komt.

- Over de methode vervezeling ten behoeve van plaatmateriaal is te weinig informatie gevonden om een inschatting te maken van de CO₂-impact.

Verbranden en storten

- Het storten van GFT/E is de meest laagwaardige verwerking van GFT/E en stoot daarnaast als enige methode gegarandeerd meer CO₂ uit dan wanneer er niks met het GFT/E wordt gedaan (op de plaats van herkomst laten liggen).
- Het verbranden van GFT/E reduceert CO₂ doordat het gebruikt wordt om elektriciteit te produceren, wat de vraag naar fossiele brandstoffen voor elektriciteitsproductie doet verminderen. Dit reduceert over het algemeen meer CO₂ dan bio- of groengas wat vrijkomt bij vergisting. Dat hangt wel samen met de hoeveelheid houtige biomassa in het GFT/E, waarbij meer houtige biomassa een hoger energierendement heeft.

4.2 Aanbevelingen

- De CO₂-impact van een verwerkingsmethode is sterk afhankelijk van de toepassing van het eindproduct. Bij een aanbesteding is het daarom belangrijk om erachter te komen wat de toepassing van het eindproduct gaat zijn.
- Over het algemeen geldt dat het combineren van technieken zorgt voor meer CO₂-reductie. De beperkte omvang van het achterterrein op Cure biedt naar verwachting niet voor alle verwerkingsmethoden genoeg ruimte. Daarnaast lijkt 25 kton inputmateriaal (GFT/E) niet genoeg te zijn voor een solide businesscase van combinatietechnieken. Wanneer maximale CO₂-reductie nagestreefd wordt, is er meer ruimte en inputmateriaal nodig. Hiervoor kan Cure een andere locatie kiezen of samenwerken met al bestaande inzamelaars/verwerkers.
- Bepaal ten aanzien van de voorgaande bullet (2) of er duidelijke voorkeur bestaat waar men belang aan hecht (maximale impact op CO₂ reductie of alles op eigen terrein willen verwerken). En wat als gevolg daarvan kaders en randvoorwaarden zijn voor de aanbesteding.
- De meest logische optie, als Cure het hele verwerkingsproces wil laten uitvoeren op eigen terrein, is composteren. Deze methode reduceert op zichzelf, mits goede kwaliteit compost, meer CO₂ dan vergisting; de enige andere optie die volledig mogelijk lijkt op de beschikbare ruimte.
- Innovatieve verwerkingsmethoden lijken de meeste CO₂-impact te realiseren, maar de beschikbare data die hierop wijst is niet transparant en onbetrouwbaar. Indien Cure kiest voor een innovatieve verwerkingsmethode is het aan te raden de inschrijvende partij een CO₂-impactanalyse te laten maken gebaseerd op herleidbare en door derden te verifiëren data, zodat de CO₂-impact beter kan worden afgewogen tegen conventionele technieken.



Belangrijke vraagstukken schreeuwen om werkende oplossingen.

› **Wij ontwikkelen ze.**

Contactpersoon:

Coen Gribbroek
T +31 6-81061773

KplusV

T +31 50-3604433

info@kplusv.nl

www.kplusv.nl

Amsterdam • Arnhem • Rotterdam • Groningen



Verschil zien, verschil maken

