



# **Kleinschalige verwerking van keukenafval: vergisting en aerobe verwerking in water**

Procesbeschrijvingen en inzichten m.b.t.  
circulariteit binnen het huidige wettelijke kader

In opdracht van Rijkswaterstaat

Addie Weenk ([addie.weenk@rws.nl](mailto:addie.weenk@rws.nl))

Sabrina van der Linden ([sabrina.vander.linden@rws.nl](mailto:sabrina.vander.linden@rws.nl))

**Titel:** Kleinschalige vergisting en aerobe verwerking in water van keukenafval – procesbeschrijvingen en inzichten m.b.t. circulariteit binnen het huidige wettelijke kader

**Status:** Definitief

**Datum:** 17 februari 2023 (rev1: april 2023)

**Opdrachtgever:** Rijkswaterstaat  
Addie Weenk ([addie.weenk@rws.nl](mailto:addie.weenk@rws.nl))  
Sabrina van der Linden ([sabrina.vander.linden@rws.nl](mailto:sabrina.vander.linden@rws.nl))

**Auteur(s):** Iemke Bisschops en Sanna Melita  
**Tweede lezer:** Tiemen Nanninga

**LeAF projectnummer:** 22577

**Aantal pagina's:** 40

**Toelichting rev1 (april 2023):**

*In april 2023 is dit rapport aangepast om beter te voldoen aan de eisen rond digitale toegankelijkheid. Dit moment is gebruikt om de uitgangspunten en insteek van het onderzoek op een aantal punten in de tekst te verduidelijken.*

LeAF B.V.  
Postbus 500  
6700 AM Wageningen  
0317 484208  
[info@leaf-wageningen.nl](mailto:info@leaf-wageningen.nl)  
<http://www.leaf-wageningen.nl>

---

## Samenvatting

Apparaten voor kleinschalige verwerking van organisch afval worden steeds vaker toegepast. Bijvoorbeeld bij grotere bedrijven, zorginstellingen maar ook in woonwijken. In 2020 heeft LeAF in opdracht van RWS een studie uitgevoerd naar kleinschalige verwerkingsmethoden voor gft en swill, en of deze op dat moment voldeden aan de toen geldende wet- en regelgeving voor compostering. Dat bleek alleen te gelden voor methoden die een product maken dat voldoet aan de wettelijke definitie van compost uit het [Uitvoeringsbesluit meststoffenwet](#)<sup>1</sup>. Andere verwerkingsmethoden worden echter wel gebruikt, en o.a. de kleinschalige anaerobe vergisting van etensresten staat momenteel steeds meer in de belangstelling. Daarnaast zijn er ook apparaten op de markt die swill verwerken met behulp van aerobe omzetting in een waterig milieu, waarna het effluent op de riolering wordt geloosd. In deze studie zijn deze twee methoden verder onderzocht. Dit betreft enerzijds het toelichten van de technische proceskenmerken, en anderzijds een spiegeling aan de huidige beleidskaders.

De werkwijze is beschreven in hoofdstuk 1. Algemene informatie over de verwerkingsmethoden staat in hoofdstukken 2 en 3. Hoofdstuk 4 geeft een beknopt overzicht van de huidige wet- en regelgeving rond de verwerking van voedselresten, met name die rond dierlijke bijproducten en meststoffen. Om een aantal punten te verduidelijken is tijdens het onderzoek gesproken met de NVWA en het ministerie van LNV, o.a. over de nieuwe EU meststoffenverordening die sinds juli 2022 van kracht is. Of de twee verwerkingsmethoden aan de huidige wet- en regelgeving voldoen wordt beschreven in hoofdstuk 5. Daarnaast wordt in dat hoofdstuk ook beschreven waar zij passen binnen de afvalhiërarchie, en of wordt voldaan aan de minimumstandaard voor verwerking zoals beschreven in het LAP3. Ten slotte wordt deze analyse vertaald naar een indruk van de doelmatigheid en circulariteit, zoals dit is vormgegeven in het huidige beleid.

Het onderzoek geeft een goed algemeen beeld van de twee verwerkingsmethodes, waaronder de toegepaste biologische processen en de in- en uitgaande stromen. Een belangrijk aandachtspunt bij alle verwerkingsmethoden voor etensresten is dat deze afvalstroom de status 'dierlijke bijproducten' heeft. Iedereen die dierlijke bijproducten wil verwerken moet voldoen aan de eisen uit de Verordening dierlijke bijproducten, en moet op het moment van schrijven (november 2022) erkenning aanvragen bij de NVWA.<sup>2</sup>

Met anaerobe vergisting kunnen etensresten worden omgezet tot biogas en digestaat. Digestaat van etensresten mag op het land worden gebracht, mits wordt voldaan aan de eisen van de nieuwe EU meststoffenverordening (zie §4.3). Als dat digestaat dan als meststof wordt gebruikt, voldoet anaerobe vergisting aan de minimumstandaard en valt deze verwerking onder 'recyclen' in de afvalhiërarchie. Binnen de uitgangspunten van het beleid is deze verwerkingsroute in dat geval aan te merken als circulair. Het alleen nuttig toepassen van het biogas (dus zonder recycling van het digestaat) draagt niet bij aan circulariteit: een deel van de organische stof wordt omgezet in methaan, dat daarna wordt verbrand. De overige organische stof, en de nutriënten, komen niet in de kringloop.

---

<sup>1</sup> Definitie van compost: *product afkomstig uit een aerob proces, dat bestaat uit één of meer organische afvalstoffen die al dan niet met bodembestanddelen zijn gemengd en die met behulp van micro-organismen zijn afgebroken en omgezet tot een homogeen en zodanig stabiel eindproduct dat daarin alleen nog een langzame afbraak van humeuze verbindingen plaatsvindt en dat niet mede bestaat uit dierlijke meststoffen en niet verpompbaar is.*

<sup>2</sup> Aanvulling april 2023: Het aanvragen van erkenning voor kleinschalige verwerking blijkt door de NVWA te worden heroverwogen. Medio april was er nog niets bekend over eventuele voorwaarden. Dit wordt later in het jaar verwacht.

In het beleid komt dit tot uitdrukking in de afvalhiërarchie, waar energiewinning lager staat dan recycling.

Bij natte aerobe verwerking worden etensresten in een beluchte reactor omgezet tot effluent dat via het riool geloosd wordt. Deze verwerking voldoet daarmee niet aan de minimumstandaard. Lozen van effluent valt in de afvalhiërarchie onder 'verwijderen', en is dus niet aan te merken als circulair. De op dit moment bekende uitvoeringen van deze verwerkingstechniek voldoen daarnaast niet aan de eisen uit de Verordening dierlijke bijproducten, waarmee het effluent, net als de ingaande etensresten, de status onverwerkte dierlijke bijproducten heeft. Deze mogen binnen de huidige wetgeving niet via het riool geloosd worden.

Het is bekend dat organisaties die zelf etensresten willen verwerken hier verschillende motivaties voor hebben, waaronder het vermijden van swill-containers met bijbehorende overlast, kosten en inzamellogistiek. Daarnaast wordt als motivatie genoemd dat het zelf op locatie verwerken bijdraagt aan bewustwording bij het personeel (en eventueel klanten) en zo leidt tot een betere afvalscheiding in het algemeen. Over de eventuele effecten hiervan zijn geen kwantitatieve gegevens bekend.

Dit rapport gaat uit van het beleid en de wet- en regelgeving zoals deze op het moment van schrijven (november 2022) van toepassing zijn. Uitspraken over de circulariteit van een verwerkingsmethode zijn gebaseerd op de uitgangspunten die hiervoor in het huidige beleid worden gehanteerd. De basis is het in de keten houden van grondstoffen, op een wijze die vanuit grondstofperspectief steeds kan worden herhaald. De discussie of circulariteit zo voldoende breed wordt beschouwd, valt buiten het bereik van deze studie. Ook wordt niet geanticipeerd op mogelijke toekomstige veranderingen in beleid en/of wet- en regelgeving. Er zijn signalen dat er voor bepaalde situaties rond etensrestenverwerking aanpassingen te verwachten zijn rond de noodzaak tot het aanvragen van een NVWA-erkenning. Op het moment van schrijven was hierover echter nog geen concrete informatie beschikbaar.

---

## Inhoudsopgave

1.	Inleiding .....	1
1.1	Achtergrond en aanleiding .....	1
1.2	Afbakening en onderzoeksmethode.....	2
1.3	Leeswijzer .....	3
2.	Anaerobe vergisting van keukenafval.....	4
2.1	Biologie .....	4
2.2	Procescondities.....	6
2.3	In- en uitvoer .....	7
2.4	Systeemonderdelen.....	9
2.5	Energiebehoefte .....	10
2.6	Gebruik van biogas .....	10
2.7	Gebruik van digestaat.....	11
3.	Aerobe verwerking in een waterig milieu .....	13
3.1	Biologie .....	13
3.2	Procescondities.....	14
3.3	In- en uitvoer .....	15
3.4	Systeemonderdelen.....	16
3.5	Energiebehoefte .....	17
3.6	Afvoer van het effluent.....	17
4.	Beleid en regelgeving.....	18
4.1	Aangepast begrip: bioafval .....	18
4.2	Dierlijke bijproducten .....	19
4.3	Nieuwe Europese Meststoffenverordening .....	21
4.4	Afvoer via de riolering .....	25
4.5	Afvalhiërarchie.....	25
4.6	Minimumstandaard .....	26
5.	Indruk van doelmatigheid en circulariteit .....	28
5.1	Voldoen aan wet- en regelgeving .....	28
5.2	Circulariteit .....	29
5.3	Circulariteit en duurzaamheid: breder dan alleen beleid.....	30
5.4	Vergelijking met composteren .....	32
	Bijlage 1 – Nieuwe Europese Meststoffenverordening, PFC's.....	34
	Bijlage 2 – Nieuwe Europese Meststoffenverordening, specificaties voor CMC5.....	35

## 1. Inleiding

### 1.1 Achtergrond en aanleiding

Apparaten voor de kleinschalige verwerking van organisch afval worden momenteel steeds vaker toegepast. Bijvoorbeeld bij bedrijventerreinen, grotere bedrijven en zorginstellingen maar ook in woonwijken.

Er zijn verschillende manieren om brongescheiden organisch afval te verwerken, waarvan klein- en grootschalige compostering de meest bekende methoden zijn. In 2020 heeft LeAF in opdracht van RWS een studie uitgevoerd naar kleinschalige verwerkingsmethoden voor gft en swill<sup>3</sup>, waarin voor verschillende methoden werd uitgezocht of zij op dat moment voldeden aan de wet- en regelgeving voor de productie van compost. Onderzochte systemen waren o.a. verschillende vormen van compostering, vermalen en ontwateren, vergaande droging en kleinschalige vergisting. Compost was op dat moment het enige product uit gft en etensresten dat als meststof gebruikt mocht worden. Uitgaande stromen van andere verwerkingsmethoden, zoals digestaat of onrijp materiaal uit compostering, moesten eerst volledig gecomposteerd worden voordat deze op het land gebracht mochten worden.

Hoewel uit de genoemde studie bleek dat digestaat niet voldoet aan de geldende regelgeving m.b.t. producten die in Nederland op het land mogen worden gebruikt, is kleinschalige vergisting van swill wel in opkomst vanwege de populariteit van het biogas. Voorbeelden van leveranciers zijn de Circ en The Waste Transformers. Daarnaast zijn er ook aerobe biologische reactoren op de markt die swill verwerken in water<sup>4</sup>, waarbij het effluent op de riolering wordt geloosd. In Nederland is bijvoorbeeld Power Knot actief met deze technologie.

Kleinschalige apparaten voor anaerobe vergisting en voor aerobe omzetting in waterig milieu zijn relatief nieuw ten opzichte van kleinschalige compostering. RWS is zelf geïnteresseerd in deze systemen en krijgt er ook vragen over. Daarom is men op zoek naar informatie, om mogelijke toepassers/gebruikers, gemeenten en omgevingsdiensten van onafhankelijke informatie te kunnen voorzien.

---

<sup>3</sup> Bisschops et al. 2020. [Kleinschalige verwerkingsmethoden voor gft en swill – bijdragen aan de circulaire economie binnen bestaande regelgeving en beleid](#).

<sup>4</sup> Op dit moment worden dit soort aerobe systemen voor de verwerking van keukenafval ook wel aangeduid met de Engelse term “aerobic digester”. Het Engelse “digestion” verwijst in dit geval naar de vertering van het organisch materiaal tot CO<sub>2</sub>, door aerobe micro-organismen (die zuurstof gebruiken). Hierdoor ontstaat er soms verwarring met de Nederlandse term ‘vergisting’, die doelt op anaerobe omzetting tot biogas (in afwezigheid van zuurstof). De vertaling van de Engelse term ‘aerobic digestion’ naar aerobe vergisting is dan ook niet juist.

Meer specifiek wil RWS:

- Inzicht krijgen in de werking van deze twee systeemtypen: de in de techniek gebruikte processen, de ingaande en uitgaande stromen.
- Helder krijgen of deze verwerkingsmethoden passen binnen het huidige beleid en wetgeving rond de verwerking van gft/swill en bestemming van de uitgaande stromen,
- Een beeld krijgen van de milieueffecten van deze verwerkingsystemen, en hun relatie met de circulaire economie.

## 1.2 Afbakening en onderzoeksmethode

De volgende onderzoeksvragen werden door RWS aangeleverd en vormden de basis voor het onderzoek:

- a) Hoe gebruikt men de apparaten die gebruikt worden voor kleinschalige vergisting en aerobe natte verwerking? Welke afvalstromen worden in theorie in deze apparaten verwerkt?
- b) Hoe ziet de massabalans er in theorie uit? Dit betreft de hoeveelheden die ingevoerd worden in de apparaten, en de hoeveelheden die eruit komen.
- c) Het energieverbruik en eventuele energieproductie van dit soort systemen. De energie om het apparaat te maken blijft buiten beschouwing.
- d) Wat zijn de potentiële toepassingen van het geproduceerde biogas?
- e) Wat is de samenstelling van het digestaat of effluent? Worden de nutriënten behouden of gaan deze verloren? Wat zijn de mogelijke toepassingen van het digestaat of effluent?
  - Indien dit wordt toegepast als meststof, is dat toegestaan volgens de meststoffenwetgeving?
  - Indien dit op het riool wordt geloosd, is dit volgens het lozingsbesluit?
  - Kan dit op een andere manier worden gebruikt/afgevoerd?
  - Zijn er daarnaast nog reststromen die (anders) afgevoerd moeten worden?
- f) Zijn deze verwerkingsmethoden in lijn met de (bedoeling van) de minimumstandaard voor verwerking van gft/swill, gebaseerd op de afvalhiërarchie? Voldoen ze (ook) aan de eisen uit de wet- en regelgeving rond dierlijke bijproducten en meststoffen?

LeAF is door RWS gevraagd om informatie bijeen te brengen, theoretisch en met een blik naar de praktijk om de vragen te kunnen beantwoorden.

Voor het aanvullen en verifiëren van de informatie m.b.t. wet- en regelgeving is gesproken met de NVWA en het ministerie van LNV. De informatie uit de gesprekken die betrekking had op het beleid en de geldende wet- en regelgeving is verwerkt in de rapportteksten.

Verder is er gesproken met marktpartijen en gebruikers, voor het verkrijgen van meer inzicht in de praktische toepassing van de verwerkingstechnologieën. Deze informatie is geanonimiseerd verwerkt in het rapport.

### 1.3 Leeswijzer

Dit document bestaat uit 5 hoofdstukken en 2 bijlagen. Naast de inleiding (Hoofdstuk 1) zijn dit Hoofdstukken 2 en 3 met een weergave van de algemene informatie over anaerobe vergisting en natte aerobe verwerking, Hoofdstuk 4 over beleid en regelgeving en Hoofdstuk 5 met een indruk van de doelmatigheid en circulariteit van de twee verwerkingsmethoden.

Er worden in de praktijk verschillende termen gebruikt als het gaat om organisch bedrijfsafval. In dit rapport hebben we het over niet-huishoudelijke etensresten, ook bekend als swill. Dit valt onder organisch bedrijfsafval en voor de wet onder de term 'bioafval' (zie §4.1). In dit rapport worden de termen als synoniemen gebruikt.

Dit rapport gaat uit van het beleid en de wet- en regelgeving die op het moment van schrijven (november 2022) van toepassing zijn. Beleid, wet- en regelgeving en de uitvoering ervan zijn niet statisch maar maken ontwikkelingen door. Dit geldt ook voor het beleid en het wettelijke kader rond bioafval. Ideeën en aanwijzingen m.b.t. mogelijk toekomstige veranderingen zijn in deze studie buiten beschouwing gelaten. In 2023 verwacht RWS een actueel overzicht van wet- en regelgeving rond de verwerking van bioafval te publiceren. Eventuele dan definitieve (geldende of geplande) aanpassingen in beleid, wet- en regelgeving zullen daarin worden opgenomen.

De discussie of het huidige beleid en wet- en regelgeving voldoende ruimte biedt voor circulaire initiatieven wordt niet in dit rapport gevoerd omdat dit niet tot de scope van deze studie behoort. De evaluatie van circulariteit is gebaseerd op de uitgangspunten hiervoor in het huidige beleid, zoals omschreven in het LAP. Aan de basis staat het in de keten houden van grondstoffen, op een wijze die steeds kan worden herhaald vanuit grondstofperspectief.

Dit rapport geeft dus een overzicht van beleid en wet- en regelgeving zoals dit eind 2022 van toepassing is, en hoe de onderzochte technologieën zich hiertoe verhouden. LeAF geeft in dit rapport *niet* haar visie of mening op circulariteit en de onderzochte verwerkingsmethoden.

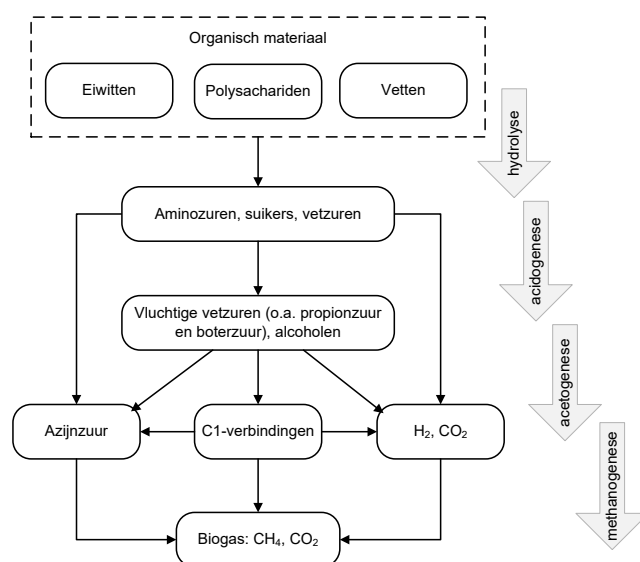


## 2. Anaerobe vergisting van keukenafval

Dit hoofdstuk bevat achtergrondinformatie over anaerobe verwerking van etensresten in het algemeen, aangevuld met informatie over de kleinschalige toepassing van deze technologie.

### 2.1 Biologie

Vergisting is de anaerobe microbiologische omzetting van organisch materiaal, met biogas en digestaat als eindproducten. Biogas bestaat hoofdzakelijk uit  $\text{CH}_4$  en  $\text{CO}_2$  (over het algemeen respectievelijk 60-70% en 30-40%). Het kan worden gebruikt als hoogwaardige brandstof, eventueel na opwerking tot aardgaskwaliteit. Het proces bestaat uit verschillende stappen die uitgevoerd worden door verschillende groepen micro-organismen. Figuur 2-1 en Tabel 2-1 beschrijven de verschillende processtappen.



Figuur 2-1 Schematische weergave van de processtappen die plaatsvinden tijdens anaerobe vergisting.

Tabel 2-1 Toelichting van de processtappen uit Figuur 2-1.

Processtap	Omschrijving van de biologische omzetting
1	Hydrolyse Omzetting van vast organisch materiaal in oplosbaar organisch materiaal. Hierbij worden onoplosbare grote moleculen (polymeren) afgebroken tot kleinere moleculen die wel oplosbaar zijn
2	Acidogenese Verzuring. De hydrolyseproducten worden afgebroken tot hoofdzakelijk verschillende kortere vetzuren (bijvoorbeeld propionzuur en/of boterzuur). Daarnaast kunnen er ook andere kortere moleculen gevormd worden, zoals alcoholen.
3	Acetogenese Vorming van azijnzuur. De producten van stap 2 worden verder afgebroken tot vooral azijnzuur, $\text{CO}_2$ en $\text{H}_2$ . Daarnaast kunnen er in stap 3 ook zeer C1-verbindingen gevormd worden: korte organische moleculen met 1 C-atoom zoals methanol en mierenzuur.
4	Methanogenese Methaanvorming. Uit de producten van stap 3 wordt methaan gevormd.

Een reactor waarin anaerobe vergisting plaats vindt wordt een vergister genoemd. Wanneer een vergister gevoed wordt met een mix van substraten, zoals het geval is bij keukenafval, zal de afbraak van de verschillende “ingrediënten” dus op verschillende punten in het schema beginnen. Vaste delen beginnen bij stap 1, de hydrolyse, terwijl al aanwezige opgeloste stoffen bij stap 2 of 3 beginnen. Uiteindelijk wordt het grootste deel van het organisch materiaal door micro-organismen afgebroken en omgezet in biogas. Biogas bestaat hoofdzakelijk uit methaan ( $\text{CH}_4$ ) en koolstofdioxide ( $\text{CO}_2$ ). Naast deze bestanddelen zijn ook kleine hoeveelheden andere componenten aanwezig, zoals zwavelwaterstof ( $\text{H}_2\text{S}$ ) en ammoniak ( $\text{NH}_3$ ). Het methaangehalte is afhankelijk van de input en van de procescondities in de vergister. In de meeste gevallen bevat biogas 60-80%  $\text{CH}_4$  en 20-40%  $\text{CO}_2$ . Afhankelijk van het gewenste gebruik (voor warmte- of elektriciteitsopwekking) wordt het biogas in meer of mindere mate gezuiverd, of zelfs opgewerkt tot aardgaskwaliteit (Groen Gas).

Voor een goede vergisting is het belangrijk dat de processen in balans zijn. De verschillende groepen organismen zijn namelijk afhankelijk van elkaar: ze produceren elkaars substraten en nemen elkaars producten weg. Alle processen samen kunnen dan ook niet sneller verlopen dan het langzaamste proces. Bij het ontwerp van een anaerobe reactor dient rekening te worden gehouden met de in de praktijk te verwachten schommelingen in hoeveelheid en samenstelling van de aanvoer, en van de procescondities. Belangrijke factoren in het ontwerp en het bedrijven van een vergister zijn:

- De potentiële biogasvorming uit het substraat: welke fractie van het organische materiaal is in theorie afbreekbaar (bij een oneindig verblijf in de vergister),
- De eigenschappen van de invoer, met name de afbraaksnelheid van het materiaal: een snelle afbraak zal meer biogas opleveren dan een langzaam afbrekend materiaal bij dezelfde verblijftijd in de reactor,
- De verblijftijd in de reactor: deze moet lang genoeg zijn om voldoende van het materiaal af te kunnen breken en om te zetten in biogas, en om een stabiel digestaat op te leveren,
- Temperatuur, pH en andere procescondities: wanneer deze niet optimaal zijn kunnen de processen geremd worden.

Al deze factoren samen bepalen hoeveel biogas er uit een vergister komt, en de kenmerken van het digestaat. Anaerobe reactoren kunnen goed omgaan met perioden van weinig of geen aanvoer, het proces kan dan goed opnieuw gestart worden op het moment dat de aanvoer normaliseert. In het geval van te veel voeding kunnen de processen volledig uit balans raken en kan de hele vergisting stil komen te liggen. Dit kan zowel gebeuren bij een veel grotere voeding dan wat de biomassa in de reactor aan kan, als bij een langere periode van beperkte overvoeding.

---

## 2.2 Procescondities

Een goede vergisting staat of valt met de juiste procescondities. Wanneer de condities niet optimaal zijn worden de micro-organismen geremd en kunnen ze zelfs afsterven. Daarnaast hebben de procescondities in alle gevallen invloed op de snelheid van de vergisting en daarmee de opbrengst aan biogas. De belangrijkste aspecten zijn:

- organische belasting,
- temperatuur,
- zuurgraad (pH),
- aanwezigheid van benodigde nutriënten,
- remming en toxische verbindingen.

Worden deze aspecten suboptimaal dan kan het proces uit balans raken. Een voorbeeld hiervan is de relatie tussen de verzurende en de methaanvormende micro-organismen. De verschillende groepen organismen hebben elk een optimale zuurgraad (pH), maar kunnen goed overleven binnen een bepaalde pH-variantie. Wanneer de vergisting in balans is, zal de pH zo zijn dat alle groepen organismen goed kunnen functioneren. Bij het vergisten van sterk geconcentreerde goed vergistbare stromen zoals etensresten is er echter altijd een risico op overbelasting. De organismen die de eerste omzettingen doen vermenigvuldigen zich veel sneller dan de methaanvormende organismen. Wanneer de hoeveelheid voeding te groot is, zullen de zuurvormers zo veel zuren gaan produceren dat de omzetting naar methaan achterblijft. Hierdoor zal de pH dalen, iets waar de methaanvormers veel eerder last van hebben dan de zuurvormers zelf – er wordt dan nog minder zuur omgezet naar methaan. Naast het effect van de zuurgraad zijn boven een bepaalde concentratie ook de organische zuren zelf toxisch voor de methaanvormers. Om deze vicieuze cirkel te doorbreken is snel ingrijpen noodzakelijk. In het ergste geval moet de reactor opnieuw worden opgestart. De pH meten en kunnen controleren is dus cruciaal voor het in stand houden van het proces.

Ook zijn er aspecten die minder gevoelig zijn maar het proces wel optimaal kunnen laten verlopen, zoals de temperatuur. De aanwezige micro-organismen hebben een temperatuur waarbij ze het vergistingsproces het snelste zullen uitvoeren en de opbrengst het hoogst kan zijn. De meeste vergisters worden bedreven bij een zogenaamde mesofiele temperatuur van tussen de 25°C en 38°C. Hoe warmer de vergister hoe sneller het proces verloopt, maar het verwarmen van een vergister kost energie. De keuze voor een bepaalde temperatuur wordt daarom bepaald door een samenspel tussen de toename in biogasopbrengst per m<sup>3</sup> vergister bij toenemende temperatuur, benodigde energie voor verwarming (eigen biogas, aardgas, elektriciteit, beschikbare restwarmte, etc.) en beschikbare ruimte (een sneller proces betekent dat met een kleinere vergister kan worden volstaan).

## 2.3 In- en uitvoer

Een vergister voor de verwerking van keukenafval wordt gevoed met vermalen etensresten. Dit betreft nadrukkelijk alleen etensresten die goed te vermalen zijn, en het liefst ook goed biologisch afbreekbaar zijn. Servetten, grote botten, avocadopitten, maïskolfschillen etc. kunnen problemen geven bij het vermalen. Slecht afbreekbare materialen dragen niet bij aan de productie van biogas. Het is dus belangrijk om goede instructies te geven aan de gebruikers van het systeem. De gemiddelde samenstelling van Europese voedselresten wordt gegeven in Tabel 2-2.

Water is de enige hulpstof die standaard wordt toegevoegd bij de vergisting van etensresten. Dit wordt gedaan tijdens of na het vermalen van de voedingsresten, om het vermalen goed te laten verlopen en de etensresten gemakkelijk te kunnen roeren. Wanneer de vergister gevoed wordt met gevarieerde etensresten, zijn alle benodigde voedingsstoffen in de invoer aanwezig en hoeven er verder geen extra nutriënten te worden toegevoegd. Ook is het bij een goed bedreven vergister niet nodig om chemicaliën voor pH-controle te gebruiken. Zoals eerder aangegeven is de pH wel een parameter die goed gemonitord moet worden, en is het zinvol om de mogelijkheid te hebben deze te kunnen bijstellen.

Tabel 2-2. Representatieve gemiddelde samenstelling van Europese voedselresten<sup>5</sup>.

Parameter	Eenheid	Waarde
Droge stof (DS)	g/kg	240
Organische stof (OS)	g/kg	220
Stikstof (N)	g/kg DS	31
Fosfor (P)	g/kg DS	4
Kalium (K)	g/kg DS	13
Zetmeel en suikers	g/kg OS	480
Vetten	g/kg OS	150
Eiwitten	g/kg OS	210
Cellulose	g/kg OS	60
Hemicellulose	g/kg OS	70
Lignine	g/kg OS	30

Een vergister heeft twee uitgaande stromen: biogas en digestaat. Biogas is het eindproduct van de anaerobe biologische omzettingen en bestaat voornamelijk uit methaan (CH<sub>4</sub>) en koolstofdioxide (CO<sub>2</sub>). Zie §2.1 voor meer algemene informatie over biogas. Etensresten zijn goed vergistbaar en geven een grote biogasproductie. Gemiddeld gezien ligt de maximale methaanproductie uit etensresten rond de 0,45 m<sup>3</sup> per kg organische stof<sup>5</sup>. Bij een OS-gehalte van 220 g/kg etensresten en een methaangehalte van 65% wordt naar verwachting uit 1 kg etensresten dus zo'n 160 liter<sup>6</sup> biogas geproduceerd.

<sup>5</sup> Banks C., et al. (2018) Food Waste Digestion - Anaerobic Digestion of Food Waste for a Circular Economy, J.D. Murphy, Editor. IEA Bioenergy Task 37.

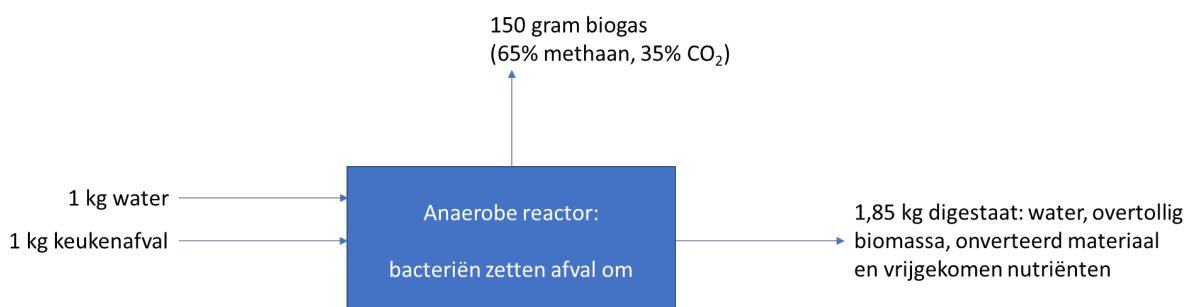
<sup>6</sup> Uitgaande van kamertemperatuur en luchtdruk op zeeniveau.

Naarmate een substraat verder is omgezet kan er steeds minder biogas uit gemaakt worden. Biogasproductie is meestal het hoofddoel, en vergisters worden daarom bedreven als continue of semi-continue processen. Dit betekent dat de nieuwe voeding wordt toegediend voordat alles van de voorgaande voeding is omgezet. Op deze manier wordt er een constante hoge biogasproductie bereikt. De kunst is om zo veel mogelijk methaan te produceren zonder de reactor te overbelasten.

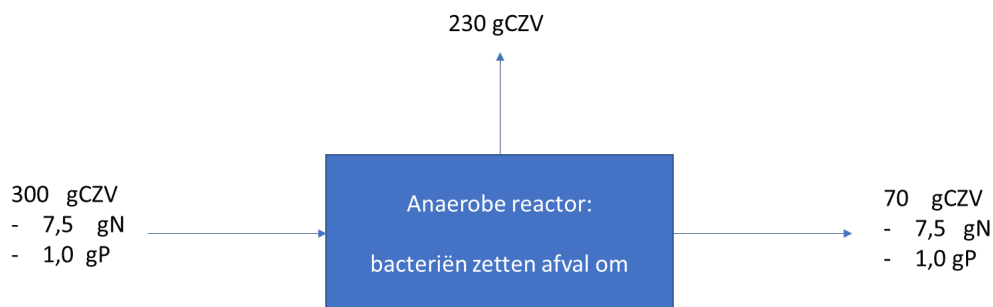
Digestaat is wat er overblijft van de invoer nadat deze vergist is. Het is een mengsel van water, biologisch onafbrekbare stoffen uit de invoer, stoffen uit de invoer die niet anaeroob afbreekbaar zijn, resten niet volledig afgebroken voeding en de tijdens de vergisting vermenigvuldigde micro-organismen. Doordat tijdens het vermalen water wordt toegevoegd, is de hoeveelheid digestaat groter dan de verwerkte hoeveelheid etensresten. Hoe langer het vergistingsproces duurt, hoe verder omgezet en dus stabiel het digestaat zal zijn. Om digestaat verder te laten stabiliseren kan een gasdichte opslag of navergister worden gebruikt, of kan er een nabehandeling plaatsvinden. Bijvoorbeeld natte oxidatie of het composteren van de vaste fractie.

Het organisch materiaal bevat ook meststoffen zoals stikstof (N) en fosfor (P). Voor een groot deel zijn deze in de invoer aanwezig als onderdeel van grotere moleculen zoals eiwitten. Tijdens de afbraak komen N en P vrij als oplosbaar ammonium en fosfaat, stoffen die goed biologisch beschikbaar zijn voor planten. Met het ingaan van de nieuwe Europese Meststoffenverordening in juli 2022 is het mogelijk om een EC keurmerk te verkrijgen voor digestaat uit bioafval (en dus ook uit etensresten), en het daarmee als meststof te verhandelen en toe te passen. Er moet wel voldaan worden aan de in de verordening opgelegde voorwaarden voor o.a. de procescondities, hygiëniseren en productspecificaties (zie hoofdstuk 0).

De totale (versimpelde) massabalans is op basis van theoretische berekend voor in- en uitgaande stromen, inclusief organische stof (uitgedrukt in chemisch zuurstofverbruik - CZV), N en P, zie Figuur 2-2 en Figuur 2-3.



Figuur 2-2 Schematische weergave en voorbeeld van een massabalans van een vergistingsproces. Er is uitgegaan van 300 gCZV / kg etensresten<sup>5</sup> en een afbreekbaarheid van 80%. Etensresten zijn variabel in samenstelling en afbreekbaarheid.



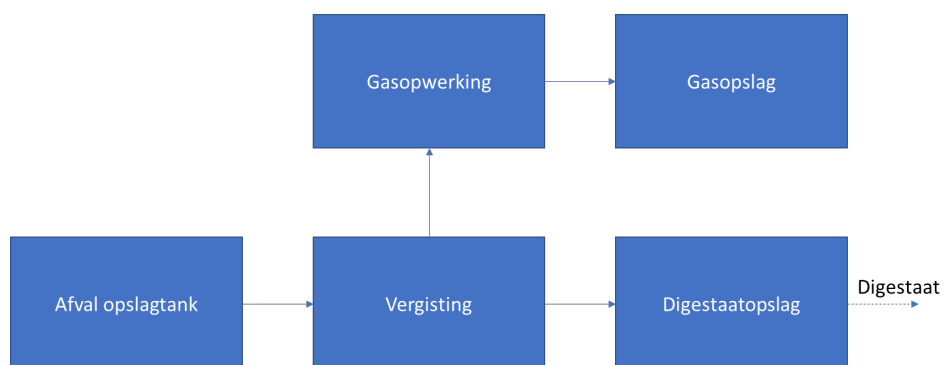
Figuur 2-3 Schematische weergave en CZV balans van een vergistingsproces. Er is uitgegaan van 300 gCZV / kg etensresten<sup>5</sup>.

## 2.4 Systeemonderdelen

Een vergistingsinstallatie bestaat uit verschillende onderdelen, die per situatie kunnen verschillen. De vergister is strikt gesproken alleen de tank (reactor) waarin de anaerobe vergisting plaatsvindt. Andere onderdelen zijn bijvoorbeeld nodig voor de opslag van invoermaterialen, vermalen van het invoermateriaal, invoeren van de slurry in de vergister, mengen van de vergisterinhoud, verwarmen van de installatie, afvoeren van het digestaat, digestaatopslag, gasbehandeling, gasopslag, meet- en regeltechniek, etc.

Een gebruikelijke inrichting van een vergistingsinstallatie bevat de volgende onderdelen, zie ook Figuur 2-4:

- (Vermalen van voedselresten),
- Water aanvoer,
- Opslagtank,
- Vergister,
- Gasopwerking (bijv. H<sub>2</sub>S-verwijdering, of opwerken tot aardgaskwaliteit),
- Gasopslag en -afvoer,
- Digestaatopslag,
- Bij categorie 3 materiaal: een hygiënisatiestap. Deze stap kan ook direct voor de vergister, of tijdens het vergisten plaatsvinden.



Figuur 2-4 Schematische weergave van de algemene systeemonderdelen van een vergistingsinstallatie. De vermaalstap, watertoevoer en hygiënisatie zijn weggelaten in dit schema omdat deze op meerdere plekken in het proces kunnen plaatsvinden. Vermalen kan bijvoorbeeld voor of na de afval opslagtank worden uitgevoerd.

De mate van gasopwerking die nodig is, wordt bepaald door de gewenste bestemming van het gas en de specificaties van de daarvoor gebruikte apparatuur (zie §2.6).

## 2.5 Energiebehoefte

Anaerobe vergisting vindt over het algemeen plaats onder mesofiele (meestal rond de 35°C) of thermofiele condities (>55°C). Bij de biologische processen in de vergistingsreactor komt iets aan warmte vrij, dit is echter onvoldoende om de reactor op constante hoge temperatuur te houden. De reactor zal dus moeten worden verwarmd om de procescondities constant te houden (optimale procescondities, zie §2.2). Naast verwarmingsenergie is er energie nodig voor de vermaler, pompen, roerwerk, monitoringsapparatuur en eventuele andere componenten die elektriciteit verbruiken.

De energiebehoefte van een vergister wordt bepaald door de precieze configuratie van het systeem, de gebruiksfrequentie, etc. Daarnaast kan met name de benodigde energie voor opwarmen door het jaar heen fluctueren. Er zijn daarom geen algemene getallen te geven voor het energieverbruik.

## 2.6 Gebruik van biogas

Het geproduceerde biogas is een aardgasvervanger en kan worden gebruikt voor verschillende doeleinden, bijvoorbeeld het bereiden van voeding of het opwekken van elektriciteit. Het gebruik van biogas is een bewezen technologie. Voor kleinschalige toepassing zijn er een aantal aandachtspunten, die samenhangen met het verschil tussen aardgas en biologisch geproduceerd gas:

- Vanwege variaties in de aanvoer van etensresten kan de hoeveelheid en de samenstelling van biogas variëren in de tijd,
- Zolang er voeding in de vergister aanwezig is, wordt er biogas gemaakt. De micro-organismen zijn niet “uit” te zetten.

Een gasbuffer of andere vorm van opslag is in de meeste gevallen nodig om productie en gebruik van biogas op elkaar te laten aansluiten. Zo kan een continue aanvoer worden gegarandeerd, en kan een overschot worden bewaard tot de vraag weer toeneemt. Een concreet voorbeeld van niet-aansluitende vraag en aanbod is een situatie waar biogas gebruikt wordt om te koken: een drukke zaterdag- en zondagavond (met dus veel etensresten), gevolgd door een sluiting op maandag en dinsdag met veel biogasproductie uit het afval van de afgelopen drukke dagen. Maar ook wanneer er vergist wordt op een locatie waar continu meer aardgas wordt gebruikt dan er aan biogas gemaakt wordt, is een opslag handig voor bijvoorbeeld onderhoudsmomenten.

Afhankelijk van de precieze samenstelling van het biogas, is het in meerdere of mindere mate corrosief, en zal er enige vorm van behandeling/opwerking moeten plaatsvinden. Er zijn keuzes te maken in bijvoorbeeld de materialen voor de leidingen en de andere onderdelen die met het gas in aanraking komen.

Daarnaast is de energiedichtheid van biogas anders dan die van aardgas, en kan deze variëren. De mate van variatie hangt af van het vergistingssysteem en hoe het gebruikt wordt, en of er een gasbehandeling aanwezig is. Er kunnen bijvoorbeeld aanpassingen aan het fornuis nodig zijn wanneer er op biogas gekookt gaat worden, en als het biogas variaties vertoont moeten deze aanpassingen gedurende de tijd verschillende keren bijgesteld worden.

Het opwerken van biogas tot aardgaskwaliteit, bijvoorbeeld voor bijmenging in het verwarmingssysteem, is een alternatieve optie met eigen uitdagingen. Wanneer een gebruiker een grote gasvraag heeft voor bijvoorbeeld de centrale verwarming of een zwembad, is het gebruik van biogas en aanvullen met aardgas een logische optie. Voor economisch rendabele opwekking van elektriciteit is de hoeveelheid biogas in dit soort toepassingen waarschijnlijk te klein, maar dit kan veranderen als er betere kleine vormen van warmte krachtkoppeling (WKK) op de markt komen.

Samenvattend: het gebruik van het biogas moet vanaf de eerste oriëntatie op vergisting goed worden doordacht en integraal in het plan worden opgenomen.

## 2.7 Gebruik van digestaat

De ideale en circulaire toepassing van het digestaat is het gebruik als meststof in de landbouw, om de kringloop tussen voedselproductie en voedselafval te sluiten. Hierbij worden de nutriënten stikstof en fosfaat en het onafgebroken organische materiaal (koolstof) teruggebracht naar de bodem. Tijdens het vergistingsproces worden organisch gebonden stikstof en fosfor vrijgemaakt, waarna zij als ammonium en fosfaat in het digestaat aanwezig zijn.

De landbouwkundige waarde van digestaat hangt o.a. af van de concentraties en onderlinge verhoudingen aan nutriënten, aanwezigheid van (eventuele) verontreinigingen en bijvoorbeeld het gehalte aan zouten. Daarnaast is het voor gebruikers belangrijk dat de samenstelling niet te veel varieert in de tijd. Er is nog weinig informatie gepubliceerd over de samenstelling en bijbehorende agronomische waarde van digestaat uit specifiek kleinschalige vergisting van etensresten.

Vaak genoemde aandachtspunten bij het gebruik van het digestaat van etensresten zijn het relatief lage nutriëntengehalte (t.o.v. dierlijke mest en kunstmest) en het vaak hoge zoutgehalte. Verder is belangrijk om te kijken naar de toegestane periode om meststoffen op het land te brengen, in de overige maanden zal het digestaat moeten worden opgeslagen.

Sinds het ingaan van de nieuwste EU Meststoffenverordening (zie §4.3) is het gebruik van dit soort digestaat toegestaan, mits aan alle wettelijke eisen wordt voldaan en er een CE-keurmerk is toegekend (zie hoofdstuk 4). Voor die tijd mocht het in Nederland niet toegepast worden, maar moest het eerst tot compost worden verwerkt. Dit is nog steeds de situatie voor digestaat zonder CE-keurmerk.



N en P worden soms in minerale vorm uit digestaat teruggewonnen, voornamelijk bij mestvergisters. Op kleine schaal is deze optie zeer waarschijnlijk niet rendabel, vanwege de combinatie van hoge kosten voor technologie en de veel lagere N en P gehalten in etensresten. Zie voor meer informatie bijvoorbeeld het [EU project SYSTEMIC](#), waarin veel ervaring is opgedaan met het terugwinnen van nutriënten uit digestaat.

### 3. Aerobe verwerking in een waterig milieu

Dit hoofdstuk bevat achtergrond over aerobe verwerking van etensresten in water. Wereldwijd worden verschillende namen gebruikt voor deze systemen, waaronder *aerobic biodigester*, *food-waste bio-digester* en *natural digestion process*. In Nederland is de Engelse term *digestion* vooral bekend van “*anaerobic digestion*” (anaerobe vergisting) waardoor er verwarring kan ontstaan. In deze notitie spreken we bij aerobe omzetting van verwerking en niet van vergisting.

Met “aerobe verwerking in een waterig milieu” wordt in dit rapport verwezen naar de aerobe afbraak van organisch materiaal in water, dit om zo duidelijk mogelijk onderscheid te maken tussen dit type verwerking en compostering. Compostering is ook aerobe verwerking, maar dan wordt vast materiaal afgebroken zonder toevoeging van water. Ook bij vergisting wordt water toegevoegd, maar dit proces is anaeroob (zie hoofdstuk 2). Bij natte aerobe verwerking wordt geen biogas geproduceerd. Het afval wordt vermengd met water en in de aanwezigheid van zuurstof door bacteriën afgebroken, ofwel geoxideerd.

Dit hoofdstuk richt zich op de aerobe verwerking van etensresten in water. In de afvalwaterzuivering worden dit soort processen erg veel gebruikt, in verschillende configuraties. In Nederland wordt het rioolwater bijvoorbeeld d.m.v. een aeroob proces gezuiverd.

#### 3.1 Biologie

Bij aerobe verwerking zetten bacteriën verteerbaar organisch materiaal (koolhydraten, vetten en eiwitten) in aanwezigheid van zuurstof<sup>7</sup> om tot water, CO<sub>2</sub> en biomassa (meer bacteriën). Daarnaast zetten de bacteriën de nutriënten in het organisch materiaal (N, P en S) ook met zuurstof om tot nitraat, fosfaat en sulfaat. Sommige organische materialen zijn makkelijker afbreekbaar dan andere, moeilijk afbreekbaar materiaal zal langer nodig hebben om af te breken. Ook zullen er altijd onderdelen zijn die niet afgebroken worden (vezels en pitjes). Het effluent van de aerobe verwerking zal dus bestaan uit water met daarin kleine organische deeltjes, opgeloste organische stoffen, en opgeloste anorganische stoffen zoals nitraat, fosfaat, sulfaat.

De bacteriën groeien vaak op een dragermateriaal. De laag bacteriën die op de dragers groeit wordt biofilm genoemd, of slib. De bacteriën voeden zich met de voedselresten en vermenigvuldigen zich, waardoor de biofilm steeds dikker wordt. Omdat de dragers in het water bewegen en langs elkaar wrijven laat overtollige biofilm los. Als dit niet zou gebeuren zou er steeds minder ruimte overblijven voor water met daarin voedselresten en zouden er uiteindelijk

---

<sup>7</sup> Afhankelijk van de precieze procescondities kunnen er zones zijn in de bacterievlokken of biofilms waar geen zuurstof aanwezig is. Daar kunnen dan anaerobe processen plaatsvinden. Voor het doel van deze notitie gaan we daar echter niet verder op in.

verstoppingen optreden. Deze manier van bacteriën op dragermateriaal laten groeien wordt ook wel 'slib-op-dragersysteem' genoemd.

### 3.2 Procescondities

Het proces valt of staat met de juiste procescondities. Wanneer de condities niet optimaal zijn worden de bacteriën geremd en kunnen ze zelfs afsterven. Daarnaast hebben de procescondities in alle gevallen invloed op de snelheid van de afbraak, dit is van belang voor de hoeveelheid afval die kan worden verwerkt en daarmee de grootte van het systeem. Zo moeten verschillende aspecten gecontroleerd worden. De belangrijkste aspecten zijn:

- zuurstofconcentratie
- temperatuur
- zuurgraad neutraal
- genoeg water
- nutriënten

Als de procescondities afwijken kunnen verschillende problemen ontstaan. Als bijvoorbeeld de zuurstofconcentratie in het water te laag wordt, kunnen de procescondities in de reactor anaeroob worden. Onder anaerobe condities zal er organisch materiaal anaeroob omgezet gaan worden, waarbij stankoverlast kan ontstaan als gevolg van de vorming van bijvoorbeeld H<sub>2</sub>S of boterzuur. De zuurstofconcentratie in het water wordt bepaald door de combinatie van de zuurstoftoevoer en het zuurstofgebruik door de organismen. De toevoer van zuurstof moet dus aangepast worden aan de hoeveelheid afval en andersom.

Daarnaast hebben de aanwezige bacteriën een temperatuur waarbij ze de aerobe afbraak het snelste zullen uitvoeren. Hoe warmer de aerobe reactor hoe sneller het proces verloopt. Het verwarmen van een reactor kost echter energie, en de oplosbaarheid van zuurstof neemt af met toenemende temperatuur. De keuze voor een bepaalde temperatuur wordt daarom bepaald door een samenspel tussen de benodigde energie voor verwarming (aardgas, elektriciteit, beschikbare restwarmte, etc.), benodigde zuurstofconcentratie in het water en de beschikbare ruimte (een sneller proces betekent dat met een kleinere reactor kan worden volstaan).

Andere keuzes voor procescondities zitten vooral in het feit dat bij suboptimale condities de afbraak langzamer gaat (en dus meer ruimte nodig is) of dat er chemicaliën nodig zijn (dit kost geld). Bijvoorbeeld bij een te lage of te hoge pH zal aerobe afbraak minder snel gaan. Er kan dan gekozen worden voor het gebruik van chemicaliën voor het constant houden van de pH. Nutriënten en water zijn nodig om de aerobe afbraak optimaal te laten verlopen. Keukenafval van een gevarieerde samenstelling bevat normaliter alle benodigde nutriënten waardoor toevoegen niet nodig is.

### 3.3 In- en uitvoer

Een aerobe reactor voor de verwerking van keukenafval wordt gevoed met etensresten. Net als bij anaerobe vergisting kan alleen makkelijk afbreekbaar organisch materiaal worden verwerkt. Het is dus belangrijk om goede instructies te geven aan de gebruikers van het systeem. De gemiddelde samenstelling van Europese voedselresten is weergegeven in Tabel 2-2.

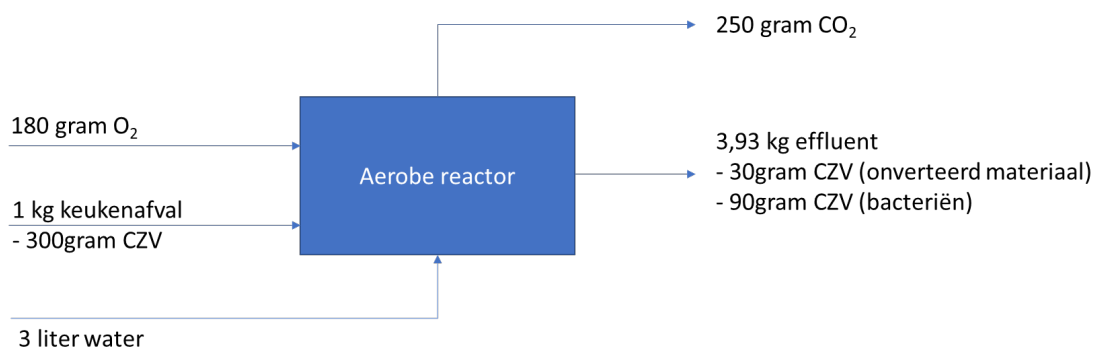
Water en lucht zijn de enige hulpstoffen die standaard worden toegevoegd bij aerobe natte verwerking. Wanneer de reactor gevoed wordt met gevarieerde etensresten zijn alle benodigde voedingsstoffen in de invoer aanwezig en hoeven er verder geen extra nutriënten te worden toegevoegd.

Het waterverbruik is afhankelijk van de specifieke gebruikte technologie. Er zijn geen algemene kentallen beschikbaar, maar de toevoer van water is, met meerdere malen het ingaande etensrestenvolume, significant. Dit is inherent aan het proces van natte aerobe verwerking. Het materiaal moet voldoende verdund zijn om ervoor te zorgen dat de zuurstofconcentratie hoog genoeg is. Bij hoge concentraties afbreekbaar materiaal kan de zuurstof zo snel geconsumeerd raken dat het materiaal kan gaan rotten, met geuroverlast als resultaat. Daarnaast kan water gebruikt worden om het apparaat door te spoelen om resten te verwijderen.

Wanneer een organische stof volledig aeroob wordt afgebroken, dan wordt deze omgezet in CO<sub>2</sub>, water en opgeloste stoffen zoals nitraat. Daarnaast wordt biomassa geproduceerd (in de afvalwaterzuivering meestal 'slib' genoemd), door groei van de micro-organismen die het afbreekbare materiaal hebben omgezet. Meestal worden niet alle componenten van het keukenafval volledig afgebroken. Het wordt omgezet tot een vloeibaar effluent met daarin overgebleven opgeloste stoffen en overgebleven kleine deeltjes. Naast deeltjes uit het keukenafval zal er ook overtollige biofilm (zie §3.1) via het effluent worden afgevoerd.

Het (evt. gefilterde) effluent wordt afgevoerd (bijvoorbeeld via het riool geloosd), de geproduceerde CO<sub>2</sub> verdwijnt naar de lucht. Onverteerbare materialen kunnen handmatig uit het systeem gehaald worden. Afhankelijk van de precieze uitvoering van een dergelijk aeroob systeem wordt het overtollige slib afgevangen voor het effluent geloosd wordt en apart afgevoerd.

De theoretische massabalans is berekend inclusief de CZV van de ingaande en uitgaande stromen, zie Figuur 3-1. De ingaande nutriënten zoals stikstof, fosfaat en zwavel worden deels opgenomen in de biofilm en zullen deels via het effluent verdwijnen.



Figuur 3-1 Schematische weergave van de massabalans van een theoretische (optimale) aerobe verwerking van etensresten. Er is uitgegaan van 300 gCZV / kg etensresten<sup>5</sup>.

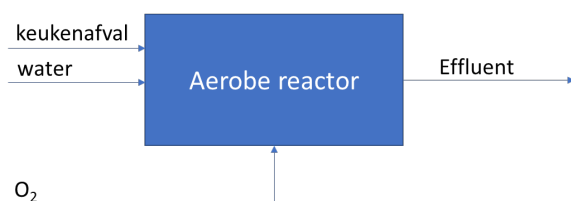
### 3.4 Systeemonderdelen

Systemen voor aerobe verwerking van afvalwater worden regulier toegepast bij de zuivering van afvalwater maar kunnen ook worden toegepast om andere reststromen zoals etensresten af te breken. Voor aerobe verwerking bestaan verschillende technologieën, waaronder slib-op-dragersystemen, voor zover bekend de enige variant die voor etensresten wordt toegepast.

De bacteriën die de voedselresten afbreken groeien in een beluchte tank op vrij in water bewegende dragers. Dit type systeem staat ook wel bekend onder de Engelse naam “Moving Bed Biofilm Reactor” of MBBR. Het water beweegt in de tank vanwege de beluchting, en afhankelijk van het systeem kan er bijvoorbeeld ook een roerwerk of waterpomp gebruikt worden. Om zo veel mogelijk bacteriën in de tank te kunnen houden, hebben deze dragers een extra groot oppervlak. Bijvoorbeeld door het toepassen van een speciale vorm, of omdat het materiaal veel poriën heeft.

Een installatie voor aerobe verwerking bevat minimaal de volgende onderdelen, zie ook Figuur 3-2:

- opslagtank (optioneel, het kan afval ook direct aan de aerobe reactor worden gevoed),
- aerobe reactor,
- afvoer van effluent.



Figuur 3-2 schematische weergave van de systeemonderdelen van aerobe verwerking zonder extra opties zoals slibafscheiding of opzuiveren voor hergebruik.

Het systeem kan worden uitgebreid met aanvullende stappen, bijvoorbeeld een slibafscheiding of technieken om hergebruik van effluent mogelijk te maken.

### 3.5 Energiebehoefte

Natte aerobe verwerking kan plaatsvinden bij verschillende temperaturen, de ideale temperatuur hangt af van de proceskeuzes. Zuurstof lost beter op in koud water, maar de snelheid van biologische processen neemt toe met de temperatuur. Ook vallen sommige etensresten in warmer water beter uit elkaar of worden beter beschikbaar voor de micro-organismen (zoals vast vet dat vloeibaar wordt). Bij de biologische processen komt iets aan warmte vrij, dit is echter onvoldoende om de reactor op temperatuur te houden.

Aerobe systemen verbruiken energie voor de bewegende onderdelen en de beluchting, en het is bekend van aerobe verwerking van etensresten dat er warm water wordt toegevoerd en/of de reactor zelf verwarmd wordt om de optimale procestemperatuur te bereiken. Het energieverbruik is van veel factoren afhankelijk, er zijn geen kentallen beschikbaar.

### 3.6 Afvoer van het effluent

Vanwege de grote waterhoeveelheden is het effluent van de natte aerobe verwerking te zeer verdund om toegepast te worden als meststof. Een technische afvoer van het effluent is daarom via het riool. Dit is bij verwerking van etensresten echter niet toegestaan onder de wet- en regelgeving rond dierlijke bijproducten (zie hoofdstuk 4).

## 4. Beleid en regelgeving

De wet- en regelgeving rond reststromen en producten hieruit zijn volop in beweging. In dit rapport worden de belangrijkste onderdelen kort benoemd, een volledig overzicht van alle relevante wet en regelgeving viel buiten de reikwijdte van dit onderzoek. Concreet wordt in dit rapport ingegaan op de definitie van bioafval, de dierlijke bijproductenverordening en de nieuwe EU meststoffenverordening die sinds juli 2022 van kracht is. Daarnaast wordt een korte omschrijving gegeven van de afvalhiërarchie en de minimumstandaard. Deze zijn relevant voor het beoordelen van de verwerkingsmethoden op doelmatigheid en circulariteit binnen het huidige Nederlands afvalbeleid. De informatie in dit rapport heeft betrekking op de situatie van eind 2022.

Rijkswaterstaat is momenteel bezig met het opstellen van hulpmiddelen voor het toetsen van de verwerking van etensresten aan de daarbij relevante wet- en regelgeving. Deze zullen openbaar beschikbaar worden via [Kennisbibliotheek - VANG Buitenshuis](#) en [Kennisbibliotheek - VANG Huishoudelijk afval](#) in de loop van 2023.

### 4.1 Aangepast begrip: bioafval

Bioafval is een begrip uit de Kaderrichtlijn afvalstoffen, dat recent in de Wet milieubeheer is opgenomen. Met het toevoegen van een definitie voor “Bioafval” is ook de definitie van Gft-afval in het LAP gewijzigd. Het begrip Bioafval is ook relevant voor de nieuwe EU Meststoffenverordening die met ingang van 16 juli 2022 van toepassing is geworden.

#### **Wet milieubeheer**

##### Definitie Bioafval:

Biologisch afbreekbaar tuin- en plantsoenafval, levensmiddelen- en keukenafval van huishoudens, kantoren, restaurants, groothandel, kantines, cateringfaciliteiten en winkels en vergelijkbare afvalstoffen van de levensmiddelenindustrie.

#### **LAP deel f, bijlage 3**

##### Toelichting bij het begrip Bioafval:

De volgende afvalstoffen vallen geheel of gedeeltelijk onder het begrip ‘bioafval’ en worden in het LAP gebruikt om specifieke vormen van bioafval aan te duiden: gft-afval, levensmiddelenafval, groenafval, swill, grof tuinafval, plantsoenafval, organisch bedrijfsafval, etc.

#### **Sectorplan 06 Gescheiden ingezameld/afgegeven groente-, fruit- en tuinafval van huishoudens (gft)**

##### Definitie Gft-afval en toelichting:

Groente-, fruit- en tuinafval, zijnde bioafval afkomstig van huishoudens. Inhoudelijk komt het begrip gft-afval uit sectorplan 6 van het LAP overeen met ‘bioafval dat afkomstig is van huishoudens’.

## Sectorplan 07 Gescheiden ingezameld/afgegeven organisch bedrijfsafval

### Definitie Organisch bedrijfsafval en toelichting:

LAP Sectorplan 7 bakent Organisch bedrijfsafval als volgt af:

1. organisch afval dat:
  - vrijkomt (niet limitatief) bij handel, diensten, overheden en industriële bedrijven; en
  - gescheiden is ingezameld dan wel gescheiden is afgegeven, en
  - wat naar aard en samenstelling vergelijkbaar is met gescheiden ingezameld groente-, fruit-, - en tuinafval van huishoudens (gft-afval), zoals:
    - (gekookt) keukenafval en etensresten (swill);
    - voedsel dat over de TGT (te gebruiken tot datum is);
    - voedsel dat over de THT (tenminste houdbaar tot) datum is.
2. overig onverpakt of uitgepakt organisch afval van veilingen, tuincentra, (groot- en detail)handel, etc.

De toelichting stelt: *‘Organisch bedrijfsafval’ als bedoeld in dit sectorplan valt voor het grootste deel onder het begrip bioafval of is daarmee qua aard en samenstelling vergelijkbaar. Zie paragraaf IV van het sectorplan voor een uitgebreide toelichting op de afbakening.*

De leveranciers van de systemen waar deze notitie over gaat richten zich met name op de verwerking van etensresten uit bedrijfsrestaurants en horeca. Dat type afval valt onder Sectorplan 7 en binnen de definitie van Bioafval.

## 4.2 Dierlijke bijproducten

Vergeleken met andere reststromen hebben materialen van dierlijke oorsprong grotere risico's voor de gezondheid van mens en dier. Deze risico's hangen samen met de mogelijke aanwezigheid en verspreiding van pathogenen. Denk hierbij aan bijvoorbeeld *Salmonella*, varkenspest en mond- en klauwzeer. Daarom is de omgang met dierlijke producten aan strenge regels gebonden.

### 4.2.1 Wetgeving

De belangrijkste regelgeving over dierlijke bijproducten is de Europese Verordening dierlijke bijproducten<sup>8</sup> en de bijbehorende uitvoeringsverordening<sup>9</sup>. In deze twee verordeningen wordt gespecificeerd aan welke eisen men moet voldoen bij het omgaan met dierlijke bijproducten. Europese verordeningen zijn rechtstreeks toepasbaar en bindend in alle lidstaten. Lidstaten nemen in de nationale wetgeving op hoe verordeningen in de praktijk worden geïmplementeerd. Er wordt bijvoorbeeld gespecificeerd welke instanties op welke manier betrokken zijn, hoe inspectie verloopt en welke sancties gelden. De nationale wetgeving m.b.t. dierlijke bijproducten is

---

<sup>8</sup> Verordening (EG) nr. 1069/2009 (<https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2009/1069>)

<sup>9</sup> Verordening (EU) nr. 142/2011 (<https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2011/142>)



uitgewerkt in de Wet dieren<sup>10</sup>, het Besluit dierlijke producten<sup>11</sup> en de Regeling dierlijke producten<sup>12</sup>.

Keukenafval en etensresten zijn wettelijk gezien dierlijke bijproducten. Hierbij wordt geen onderscheid gemaakt tussen huishoudens en bedrijven, en wordt niet gekeken naar de werkelijke samenstelling van het afval<sup>13</sup>: een volledig plantaardige stroom keukenafval (bijvoorbeeld van een veganistisch restaurant) valt voor de wet ook onder de dierlijke bijproducten.

#### 4.2.2 NVWA

Met betrekking tot dierlijke producten is in Nederland de Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit (NVWA) de bevoegde instantie. De NVWA houdt toezicht op de naleving van de Europese verordeningen over dierlijke bijproducten, en gaat over de registratie, erkenning en toestemming voor het werken met dierlijke bijproducten. Ook kan de NVWA boetes opleggen aan bedrijven die de regels niet naleven.

#### 4.2.3 Erkenning

Voor alle handelingen met dierlijke bijproducten is een erkenning nodig van de NVWA, ongeacht wie dit doet en op welke manier. Voorbeelden van hiervan zijn composteren en vergisten, maar ook scheiden en mengen vallen hieronder. Bedrijven die alleen het transport verzorgen, zonder verder iets met het materiaal te doen, hoeven geen erkenning aan te vragen. Op praktische gronden wordt verder alleen een uitzondering gemaakt voor particulieren die keukenafval en etensresten in hun eigen tuin composteren, en de compost en de gekweekte gewassen zelf gebruiken.<sup>14</sup> Alle andere verwerkers moeten erkenning aanvragen bij de NVWA: bedrijven, instanties, initiatieven voor buurtcompostering, etc.<sup>15</sup>

De erkenning door de NVWA heeft betrekking op de aanvoer van het afval, de verwerkingsmethode en het product. Dit alles strikt vanuit de optiek van de wetgeving op het gebied van dierlijke bijproducten. Belangrijk in de verwerking van GFT en etensresten is dat deze materialen hoofdzakelijk worden verwerkt met toepassing op de bodem als eindbestemming. Dit gebruik van eventuele

---

<sup>10</sup> <https://wetten.overheid.nl/BWBR0030250/2022-01-28>

<sup>11</sup> <https://wetten.overheid.nl/BWBR0032335/2021-04-21>

<sup>12</sup> <https://wetten.overheid.nl/BWBR0032462/2021-07-01>

<sup>13</sup> In het kader van de circulaire economie zou het helpen als er meer onderscheid gemaakt wordt tussen verschillende stromen, bijvoorbeeld door puur plantaardige etensresten buiten de dierlijke bijproducten te stellen. Er zijn geen aanwijzingen dat er wat dit betreft op korte termijn veranderingen in de wet- en regelgeving komen.

<sup>14</sup> Zie deze [webpagina](#) van de NVWA. Het zelf gebruiken van de compost wordt daar niet expliciet genoemd, maar is wel een van de uitgangspunten achter de uitzondering.

<sup>15</sup> Aanvulling april 2023: Het aanvragen van erkenning voor kleinschalige verwerking blijkt door de NVWA te worden heroverwogen. Medio april waren de specifieke voorwaarden nog niet bekend. Dit wordt later in het jaar verwacht.

producten valt buiten het bereik van de NVWA: er moet aanvullend worden gekeken naar de eisen die vanuit de mestwetgeving worden gesteld.

*Het verkrijgen van een NVWA-erkenning voor de verwerking van etensresten betekent dus niet automatisch dat de uitgaande stromen als meststof mogen worden toegepast.*

Degene bij wie het afval behandeld/verwerkt wordt dient de erkenning aan te vragen. Ook wanneer voor de verwerking een installatie gebruikt wordt die door een andere partij wordt geleverd en/of bediend.

#### 4.2.4 Producten uit dierlijke bijproducten

Wanneer dierlijke bijproducten op de juiste wijze volgens alle wettelijke eisen zijn verwerkt, worden de daardoor ontstane materialen aangemerkt als 'afgeleide producten'. Verwerkte producten die zo veilig zijn dat er geen enkel risico meer aan verbonden is, hebben het eindpunt in de keten bereikt en vallen niet meer onder de wet- en regelgeving voor dierlijke bijproducten. Dit is een aparte beoordeling die per product afzonderlijk moet worden aangevraagd. Geen enkele meststof uit dierlijke bijproducten heeft de aanmerking gekregen dat het einde van de keten bereikt is. Compost en digestaat met CE keurmerk uit etensresten mogen op het land gebruikt worden, maar blijven dus dierlijke bijproducten.

Zo lang een materiaal niet als afgeleid product aangemerkt kan worden, wordt het voor de wet beschouwd als 'onbewerkte dierlijke bijproducten'. Handelingen zoals vermalen en scheiden vallen niet onder verwerking, en alle resulterende stromen zijn dus onbewerkte dierlijke bijproducten. Hetzelfde geldt voor gecomposteerd of vergist materiaal waarbij niet aan alle eisen uit de dierlijke bijproductenwetgeving is voldaan.

### 4.3 Nieuwe Europese Meststoffenverordening

Sinds 16 juli 2022 is de nieuwe [EU Meststoffenverordening \(EU\) 2019/1009](#) van kracht<sup>16</sup>. In de nieuwe verordening staat aan welke eisen meststoffen moeten voldoen om een CE label te verkrijgen voor handel in Europa. Dit betreft onder andere de grondstoffen die worden gebruikt in de productie van meststoffen, en de toegepaste productiemethoden. Wanneer een product aan alle eisen voldoet, mag het een CE-markering dragen.

---

<sup>16</sup> Verordening (EU) 2019/1009 van het Europees Parlement en de Raad van 5 juni 2019 tot vaststelling van voorschriften inzake het op de markt aanbieden van EU-bemestingsproducten en tot wijziging van de Verordeningen (EG) nr. 1069/2009 en (EG) nr. 1107/2009 en tot intrekking van Verordening (EG) nr. 2003/2003.

### 4.3.1 Implementatie naast de nationale wetgeving

Na het aannemen van de EU Meststoffenverordening (EU) 2019/1009 in 2019 startte een overgangsfase van 3 jaar voor de implementatie en het conformiteitssysteem. In 2020 zijn een aantal artikelen in de uitvoeringsregeling meststoffenwet geïntegreerd. Voorlopig zal (EU) 2019/1009 naast de nationale wetgeving blijven bestaan. In een later stadium zal beslist gaan worden of stappen gezet zullen worden richting een verdergaande harmonisering, of dat de nationale wetgeving misschien zelfs uitgefaseerd wordt.

### 4.3.2 Bioafval als grondstof voor meststoffen

In de meststoffenverordening worden verschillende Productfunctiecategorieën (PFC's) van EU-bemestingsproducten gedefinieerd (zie Bijlage 1). De PFC's kunnen gemaakt worden uit verschillende materialen, opgedeeld in bestanddelencategorieën (Component Material Categories, CMC's). De tekst specificeert zowel eisen aan de producten (EU 2019/1009 Bijlage 1, deel 2) als aan de bestanddelen (EU 2019/1009 Bijlage 2, deel 2).

Een van de bestanddelencategorieën is 'ander digestaat dan digestaat van verse gewassen', onder code CMC 5. Digestaat van Bioafval valt onder deze categorie. Zie Bijlage 1 van deze notitie voor de volledige tekst die specifiek betrekking heeft op CMC5.

De eerste paragraaf van deze bestanddelencategorie beschrijft (*citaat*):

1. Een EU-bemestingsproduct mag digestaat bevatten dat is verkregen uit anaerobe vergisting van uitsluitend een of meer van de volgende uitgangsmaterialen:
  - a) Bioafval in de zin van Richtlijn 2008/98/EG, afkomstig uit de gescheiden inzameling van bioafval aan de bron<sup>17</sup>

Hiermee wordt voor etensresten (een afvalstroom die onder bioafval valt) een uitzondering gemaakt op de uitgangspunten die in de inleidende tekst (punt 18) en in artikel 1 worden genoemd (*citaat*):

*Verordening (EU) 2019/1009 is niet van toepassing op dierlijke bijproducten waarvoor geen eindpunt in de productieketen is vastgesteld, of waarvoor het vastgestelde eindpunt niet is bereikt op het moment dat het product op de markt wordt aangeboden.*

Dus ondanks dat er geen eindpunt in de productieketen is vastgesteld voor digestaat van bioafval, mag dit volgens CMC5 wel een bestanddeel van een meststof zijn.

---

<sup>17</sup> Bioafval in de zin van Richtlijn 2008/98/EG is gedefinieerd als (*citaat*): 'biologisch afbreekbaar tuin- en plantsoenafval, levensmiddelen- en keukenafval van huishoudens, restaurants, cateringfaciliteiten en winkels en vergelijkbare afvalstoffen van de levensmiddelenindustrie'. Deze definitie wijkt op details iets af van die in de Nederlandse Wet milieubeheer (zie §2.1) maar komt er wel mee overeen.

### 4.3.3 Vereiste procescondities voor het verkrijgen van digestaat onder CMC5

De omschrijving van CMC5 specificeert verschillende temperatuur-tijdsprofielen waaraan de vergisting moet voldoen. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen:

- Thermofiele vergisting (55°C) gedurende minimaal 24h gevolgd door een hydraulische verblijftijd van minimaal 20 dagen in het systeem,
- Mesofiele (37-40°C) of thermofiele (55°C) vergisting gevolgd door compostering bij 55-70°C gedurende vastgestelde minimale perioden,
- Mesofiele (37-40°C) of thermofiele (55°C) vergisting in combinatie met pasteurisatie volgens punt 1 van afdeling 1 van hoofdstuk I van bijlage V bij Verordening (EU) nr. 142/2011.

*De pasteurisatie die daarin gespecificeerd wordt:*

Een biogasinstallatie moet beschikken over een pasteurisatie-/ontsmettingstoestel, dat niet overgeslagen kan worden voor de dierlijke bijproducten of afgeleide producten, waarvan de maximale deeltjesgrootte 12 mm bedraagt alvorens dit toestel binnen te gaan; dit toestel is uitgerust met:

- a. apparatuur waarmee kan worden bewaakt of de temperatuur van 70 °C gedurende een uur wordt bereikt;
- b. registreertoestellen die de onder a) bedoelde bewakingsresultaten continu registreren, en
- c. een adequaat veiligheidssysteem om te voorkomen dat het te verwerken materiaal onvoldoende wordt verhit.

De volledige specificaties en vereisten voor CMC5 zijn opgenomen in Bijlage 2.

### 4.3.4 Product kwaliteitseisen

Naast eisen aan het vergistingsproces voor het verkrijgen van het digestaat dat gebruikt mag worden onder de noemer CMC5, worden er eisen gesteld aan de samenstelling er van. Dit betreft de gehalten aan PAK16 en macroscopische onzuiverheden zoals glas, metaal of kunststof. Daarnaast moet het digestaat biologisch stabiel zijn, aangetoond door een vastgestelde maximale zuurstofopnamesnelheid of restbiogaspotentieel.

De Verordening gaat er van uit dat een bestanddeel onderdeel wordt van een product. Aan de verschillende Productfunctiecategorieën van EU-bemestingsproducten worden ook eisen gesteld (Verordening (EU) 2019/1009 - [Bijlage I deel II](#)). Wanneer men digestaat van etensresten (vallend onder CMC 5) bijvoorbeeld als vloeibare organische meststof (PFC 1 A II) op de markt wil brengen, moet het ook voldoen aan verschillende PFC eisen m.b.t. gehalten zware metalen, pathogenen, nutriënten (N, P en K) en organische koolstof.

Ook de niet-technische kant van de verwerking en de producten hebben met eisen te maken, bijvoorbeeld m.b.t. partijnummers of andere productidentificatie en de juiste [etikettering](#).

#### 4.3.5 Certificering

Vanaf juli dit jaar kan men onder (EU) 2019/1009 certificering aanvragen voor een CE label voor een product (PFC) dat voldoet aan alle betreffende eisen van de verordening. Dit dient de eigenaar van de verwerkingsinstallatie aan te vragen bij een zogenaamd “notifying body”, een instantie die door de NVWA geaccrediteerd is om deze CE labels te mogen toekennen. De aanvrager betaalt het certificeringsproces. Als aan alle eisen wordt voldaan kent de notifying body een label toe aan het specifieke beoordeelde product, niet aan het proces of de producerende partij. Een restauranteigenaar kan bijvoorbeeld een label aanvragen voor het digestaat uit de vergistingsinstallatie die bij het restaurant in bedrijf is. Wordt voor een tweede restaurant een zelfde vergister gekocht, zal voor het digestaat van die locatie apart een label moeten worden aangevraagd.

Op dit moment zijn er in Nederland drie partijen die zich binnen het kader van deze verordening hebben laten accrediteren als notifying body<sup>18</sup>, maar niet voor CMC3 en CMC5. Er zijn wel notifying bodies in Polen, Griekenland en Hongarije voor CMC3/CMC5, hier kan de certificering voor compost of digestaat uit bioafval aangevraagd worden. Meer uitleg over het certificeren en de notifying bodies wordt gegeven op de [rvo website](#). De lijst met notifying bodies in het kader van deze verordening zijn te vinden in het [NANDO](#).

#### 4.3.6 Handel en toepassing van producten

Er wordt expliciet gesteld dat de in (EU) 2019/1009 opgenomen vereisten alleen van toepassing zijn op meststoffen die men tussen lidstaten wil verhandelen – het staat elk land vrij om andere regels toe te passen voor meststoffen die het land niet verlaten. In de lidstaten zullen er dus meststoffen met en zonder CE label verkrijgbaar zijn. De producenten zijn vrij om te kiezen of zij willen voldoen aan de nationale eisen of aan de eisen voor het CE label. Het is mogelijk om dezelfde meststof met of zonder CE label te vermarkten.

Het CE label geldt op Europees niveau. Dat betekent dat als een product in een andere lidstaat gecertificeerd is, dit ook in Nederland verhandeld mag worden. Lidstaten mogen de handel niet belemmeren, en ook mag het gebruik van een CE meststof niet verboden worden. Wel mogen aanvullende gebruikseisen gesteld worden als daar een zwaarwegende milieutechnische reden voor is. Bijvoorbeeld om de toegediende vracht aan een bepaalde specifieke stof te beperken, zoals de cadmiumvracht op bodems waar het gehalte al hoog is. Dit moet vastgelegd zijn in de nationale wetgeving, in dit geval de Nederlandse [Meststoffenwet](#). De nationale meststoffenwet is echter op dit moment nog niet ‘geharmoniseerd’ met de EU meststoffenverordening, dit betekent dat de aanvullende eisen nog niet gespecificeerd zijn.

---

<sup>18</sup> <https://www.kiwa.com/nl/nl/service/ce-markering-meststoffen>.

Het is overigens de verwachting dat het CE label vooral een toegevoegde waarde zal hebben om producten buiten Nederland te kunnen verkopen, aangezien de Nederlandse markt voor meststoffen al erg vol is. In theorie is het CE label voor kleinschalige anaerobe vergisting een route om digestaat te kunnen verhandelen (iets dat binnen de nationale wetgeving niet toegestaan is), maar de eisen zijn dusdanig zwaar dat het de vraag is of men er in de praktijk technisch en economisch gezien aan kan voldoen.

#### 4.4 Afvoer via de riolering

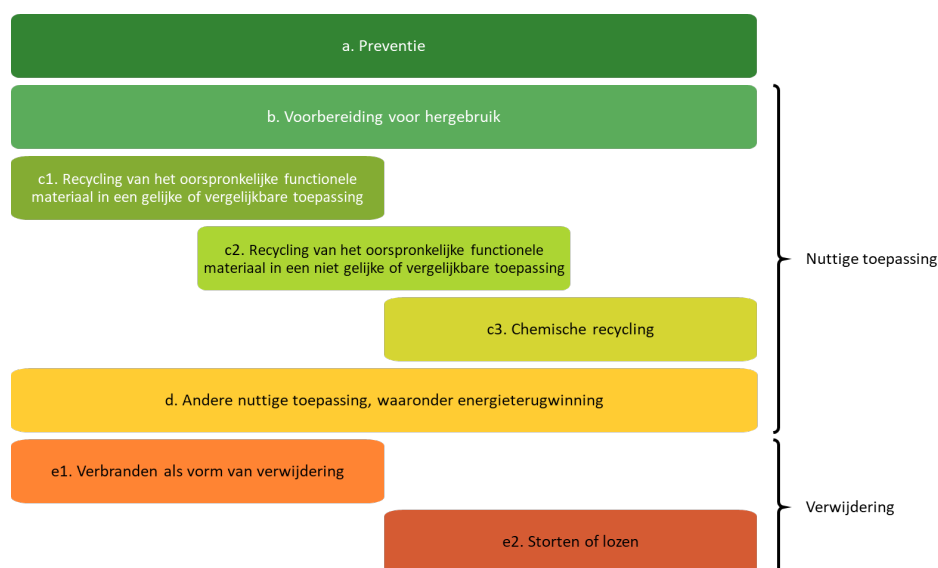
Bij de verwerking van etensresten kunnen vloeibare reststromen ontstaan. Afvoer hiervan via de riolering is technisch mogelijk, maar niet vanzelfsprekend toegestaan. Het is bijvoorbeeld verboden om vermalen voedselresten op het riool te lozen. Deze bepaling staat voor bedrijven in het Activiteitenbesluit en voor huishoudens in het Besluit lozing afvalwater huishoudens.

Verder is een van de uitgangspunten van de Uitvoeringsverordening dierlijke bijproducten (Verordening (EU) nr. 142/2011): *“Het verwijderen van dierlijke bijproducten en afgeleide producten via de afvalwaterstroom dient verboden te worden aangezien voor afvalwater geen eisen gelden die een afdoende beheersing van de risico's voor de volksgezondheid en de diergezondheid waarborgen”*. Dit verbod wordt expliciet gemaakt in bijlage IV, hoofdstuk I, afdeling 2, punt 6. De NVWA heeft ten tijde van schrijven (november 2022) aangegeven dat er voor etensrestenverwerking geen uitzondering geldt op dit verbod. Voor verdere informatie over regelgeving rond verwerking van dierlijke bijproducten zie §4.2.

De wetgeving rond lozing van afvalwater uit verwerkingsinstallaties voor etensresten is in dit onderzoek niet in detail uitgediept, omdat de grondstoffen bij het lozen op de riolering verloren gaan. Omdat er geen sprake is van recycling kan deze route niet aangemerkt worden als circulair, en past hij niet binnen de minimumstandaard (zie §4.6).

#### 4.5 Afvalhiërarchie

Het Nederlandse beleid rondom afval is beschreven in het Landelijk afvalbeheerplan (LAP3). De afvalhiërarchie is onderdeel van de algemene uitgangspunten van het LAP3. Hierbij geldt dat hoogwaardigere verwerking in beginsel de voorkeur heeft boven een minder hoogwaardige verwerking. In Figuur 4-1 is de afvalhiërarchie schematisch weergegeven.



Figuur 4-1 Een schematisch overzicht van de afvalhiërarchie zoals beschreven in [hoofdstuk A4 van het LAP](#). Zie ook [hoofdstuk B9](#) van het LAP, 'Recycling binnen de circulaire economie'.

## 4.6 Minimumstandaard

Bij het verlenen van vergunningen voor het verwerken van afvalstoffen wordt de verwerking o.a. getoetst aan de minimumstandaard. De minimumstandaard geeft aan wat de minimale hoogwaardigheid van een verwerking van een bepaalde afvalstof of categorie van afvalstoffen moet zijn. Het oordeel m.b.t. hoogwaardigheid heeft een directe relatie met de mogelijkheden voor hergebruik van grondstoffen en de beleidsuitgangspunten voor circulariteit. De minimumstandaard voor een bepaalde afvalstof of categorie van afvalstoffen is te vinden in het desbetreffende sectorplan.

Huishoudelijk gft valt onder sectorplan 6 'Gescheiden ingezameld/afgegeven groente-, fruit- en tuinafval van huishoudens (gft)'. Het gft ingezameld bij bedrijven valt onder sectorplan 7 'Gescheiden ingezameld/afgegeven organisch bedrijfsafval'. De minimumstandaard van de relevante afvalstoffen en/of deelstromen uit sectorplan 7 zijn weergegeven in Tabel 4-1.

Tabel 4-1 De minimumstandaard voor verwerking van afvalstoffen en deelstromen zoals beschreven staat in [sectorplannen 6 en 7 van het LAP3](#).

Afvalstoffen / deelstroom	Minimumstandaard voor verwerking (en eventuele voorwaarden)
Organisch bedrijfsafval en gft-afval	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Composteren met het oog op recycling of;</li> <li>- Vergisten met gebruik van het gevormde biogas als brandstof gevolgd door narijping (nacompostering of een andere vorm van aerobe droging) met het oog op recycling van het digestaat.</li> </ul>
Residuen die ontstaan bij het verwerken van organisch bedrijfsafval of bij het verwerken van gft-afval	Verwijderen door verbranden.

Uit de tabel blijkt dat de minimumstandaard voor verwerking alleen wordt behaald door middel van composteren, of door vergisten als het digestaat wordt nabehandeld en gerecycled. Aerobe natte verwerking waarbij het effluent op het riool wordt geloosd, en anaerobe vergisting zonder recycling van het digestaat voldoen dus niet aan de minimumstandaard. Formeel betekent dit dat er voor een dergelijke verwerking geen vergunning mag worden gegeven.

Direct gebruik van het digestaat zonder nabehandeling, zoals volgens de meststoffenregelgeving zou kunnen wanneer het een CE keurmerk krijgt, is op dit moment nog niet opgenomen in de minimumstandaard. Het beleid loopt achter op de wetgeving. Omdat de EU meststoffenverordening directe toepassing van digestaat toelaat, voldoet deze optie ook aan de minimumstandaard. De meststoffenregeling wordt meegenomen in het Circulair Materialenplan (CMP), de opvolger van het LAP. Eind april is wel al een toelichting op de CE-markering toegevoegd aan de sectorplannen voor bioafval van huishoudens ([Sectorplan 6](#)) en bedrijven ([Sectorplan 7](#)).



---

## 5. Indruk van doelmatigheid en circulariteit

In dit hoofdstuk wordt de informatie uit hoofdstuk 2 en 3 vergeleken met het beleidskader en de wet- en regelgeving zoals beschreven in hoofdstuk 4 (situatie eind 2022). Zoals eerder aangegeven in de Leeswijzer (§1.3), is deze evaluatie gebaseerd op de uitgangspunten voor circulariteit in het huidige beleid. Het gaat hierbij om het in de keten houden van grondstoffen, op een wijze die steeds kan worden herhaald vanuit grondstofperspectief. In het geval van bioafval betekent dit met name de mogelijkheden voor kringloopsluiting voor organische stof en nutriënten.

De discussie rond methodes voor kleinschalige verwerking van bioafval in de Circulaire Economie is breder dan op dit moment beschreven in beleid en wet- en regelgeving. Hoofdstuk 5.3 geeft een korte, niet uitputtende, beschouwing van de onderwerpen die relevant zijn voor het bepalen van de potentie, rol, en toepassing van dit soort verwerkingstechnologieën.

### 5.1 Voldoen aan wet- en regelgeving

#### 5.1.1 Verordening dierlijke bijproducten

De eindgebruikers van een verwerkingstechnologie voor etensresten moeten momenteel een erkenning aanvragen bij de NVWA. Dit is verplicht voor alle handelingen met dierlijke bijproducten, ook wanneer de verwerkingsinstallatie door een andere partij dan de eindgebruiker wordt geleverd en/of bediend. Erkenning kan worden verleend mits aan de wettelijke eisen wordt voldaan. Het is mogelijk om de NVWA te vragen om validatie van een van de specificaties afwijkend proces. Als de verwerking en het product inderdaad voldoende veilig zijn en aan alle andere eisen wordt voldaan, kan dan toch erkenning worden verstrekt.

Mesofiele vergisting zonder aanvullende hygiëniserie voldoet niet aan de eisen omdat niet gegarandeerd wordt dat ziekteverwekkers afdoende worden gedood. Ook een natte aerobe verwerking zoals beschreven in hoofdstuk 3 voldoet op dit moment niet aan de wet- en regelgeving m.b.t. dierlijke bijproducten en zal daarom niet door de NVWA erkend kunnen worden. Bij beide processen zijn aanvullende behandelingen nodig om aan de DBP-verordening te kunnen voldoen.

Zowel mesofiele anaerobe vergisting zonder aanvullende hygiëniserie, als aerobe verwerking in water voldoen dus niet aan de huidige DBP eisen, en vallen daarmee onder onbewerkte dierlijke bijproducten. Dit betekent dat het digestaat en het effluent momenteel niet als meststof gebruikt of via het riool geloosd mogen worden, maar als afval moeten worden afgevoerd naar een erkende verwerker.

### 5.1.2 Meststoffenwetgeving

Het effluent van de natte aerobe verwerking is erg verdund en vanwege de lage nutriëntenconcentraties niet interessant als meststof. De informatie in deze paragraaf is daarom toegespitst op het digestaat van de vergisting van keukenafval.

Ook met een erkenning van de NVWA voor de anaerobe vergister, betekent dit niet automatisch dat verhandeling of gebruik van het digestaat als meststof toegestaan is. Er moet aanvullend worden gekeken naar de eisen die vanuit de mestwetgeving worden gesteld. Binnen de huidige mestwetgeving is het in Nederland toegestaan om digestaat uit keukenafval op het land te brengen, mits de verwerking en het product voldoen aan de wettelijke eisen van de EU meststoffenverordening (zie §4.3.3 en §4.3.4). Het digestaat kan dan een CE-markering krijgen waarna zij in alle lidstaten mag worden verhandeld en toegepast. Het is niet bekend of de samenstelling van digestaat van een kleinschalige etensrestenvergister in de praktijk voldoet aan de eisen voor een CE label, daarvoor is er te weinig bekend over de samenstelling. Op dit moment is er in Nederland nog geen geaccrediteerde organisatie die CE-markeringen voor de betreffende CMC's kan verstrekken. Tot die tijd zal men hiervoor naar het buitenland moeten.

### 5.1.3 Lozing op het riool

Het is momenteel verboden om dierlijke bijproducten via het afvalwater af te voeren. Lozing op het riool van het effluent van een natte aerobe verwerking of digestaat van keukenafval is dus niet toegestaan (zie §5.1.1).

## 5.2 Circulariteit

### 5.2.1 Anaerobe vergisting

Na de anaerobe vergisting van etensresten blijven er twee producten over, anaeroob digestaat en biogas. De circulariteit van de verwerkingsmethode hangt af van de toepassing van deze producten.

#### **Anaeroob digestaat**

Uit circulair oogpunt is het toepassen van digestaat als meststof het beste. Deze toepassing staat hoog op de afvalhiërarchie (recycling) en voldoet aan de minimumstandaard voor de verwerking van gft (zie §4.5 en §4.6). Sinds het in werking treden van de nieuwe EU Meststoffenverordening is de toepassing van digestaat uit etensresten als (ingrediënt in) meststof een wettelijk toegestane mogelijkheid. Hiervoor moet wel worden voldaan aan alle wettelijke eisen voor wat betreft DBP en meststoffen. Voor een kleinere schaal is het waarschijnlijk niet makkelijk om een CE markering te verkrijgen, vanwege de vanwege de relatief grote inspanningen die nodig zijn om aan alle eisen te kunnen voldoen.

Als toepassing als meststof niet mogelijk is, lijkt afvoer via het riool een 'logische' (tijdelijke) afvoerroute omdat het een vloeibare afvalstroom betreft. Lozen van het digestaat via de riolering voldoet niet aan de minimumstandaard en is wettelijk niet toegestaan volgens de DBP (zie §4.4). Afvoeren van het digestaat naar een erkende verwerker blijft dan over als enige toegestane optie.

### **Biogas**

Het produceren van energie (biogas) staat lager in de afvalhiërarchie dan het produceren van meststoffen, en wordt niet gezien als recycling. Een deel van de organische stof wordt namelijk omgezet naar een brandstof, en uiteindelijk dus verbrand. Het vergisten van etensresten voor de productie van biogas, waarbij het digestaat niet wordt gebruikt als meststof, voldoet niet aan de minimumstandaard. Wel is het biogas onderdeel van de korte koolstofkringloop (zie §5.3.2). En wordt het vanwege de bijdrage aan groene energie gezien als nuttige toepassing.

#### **5.2.2 Natte aerobe verwerking**

Op dit moment is er voor het effluent van de natte aerobe verwerking geen bestemming voor de bodem. Het effluent zal in de praktijk worden afgevoerd naar het riool, en zo gaan het water met de resterende organische stof en nutriënten<sup>19</sup> verloren voor een directe kringloopsluiting. Deze verwerkingsmethode behoort tot onderste laag van de afvalhiërarchie (verwijderen) en voldoet niet aan de minimumstandaard (zie §4.5 en §4.6).

In theorie zou het interessant zijn om te kijken naar de toepassing van het effluent, bijvoorbeeld als irrigatiewater. Echter zijn ook voor deze toepassing verschillende eisen relevant (o.a. DBP, en verordening EU 2020/741 m.b.t. minimumeisen voor hergebruik van water). Daarnaast gaat het grootste deel van de organische stof verloren.

### **5.3 Circulariteit en duurzaamheid: breder dan alleen beleid**

Hieronder volgt een korte beschouwing van een aantal onderwerpen die relevant zijn voor toepassing van kleinschalige verwerking van bioafval, maar niet zijn vastgelegd in beleid en wet- en regelgeving. Deze zijn gedestilleerd uit gesprekken met eindgebruikers, experts en leveranciers. Hoewel de thema's uit dit hoofdstuk vaak terugkomen in discussies, ontbreekt het aan objectieve gegevens als basis voor een goede evaluatie.

Binnen de huidige opdracht kon geen goede analyse van het water- en energieverbruik van de verwerkingsmethoden gedaan worden. Het uitvoeren van metingen viel buiten de opdracht, en de resultaten zouden vanwege de COVID-19 maatregelen (lockdowns, onderbelasting en herhaaldelijk opstarten)

---

<sup>19</sup> Wanneer men de ontvangende rwzi in de evaluatie betreft, zou het kunnen zijn dat een klein deel van de grondstoffen daar uiteindelijk wordt teruggewonnen, bijvoorbeeld als biogas of struviet. Dit is naar verwachting echter minimaal en volledig afhankelijk van de situatie.

niet representatief zijn geweest. Representatieve praktijkgegevens van leveranciers uit de periode voor de maatregelen waren niet beschikbaar. Daarnaast zijn er geen algemene kentallen (uit bijvoorbeeld literatuur) gevonden die goed vertaald konden worden naar de specifieke context.

Dit hoofdstuk geeft een niet uitputtend overzicht van aspecten die meegenomen kunnen worden in discussies rond de potentie van kleinschalige verwerking.

### 5.3.1 Water- en energieverbruik

Beide verwerkingsmethoden gebruiken water en energie. Het verbruik is afhankelijk van de precieze praktijksituatie, waaronder de procescondities, de gebruiksintensiteit, de samenstelling van het bioafval en de seizoensvariaties voor deze aspecten. Gezien de kansen die er nu zijn om een CE merk te krijgen voor digestaat, zullen er waarschijnlijk procesaanpassingen komen m.b.t. hygiënisering, die het energieverbruik zullen verhogen.

Er zijn momenteel geen praktijkgegevens bekend over het water- en energieverbruik van de systemen die op de markt zijn. Wanneer er een beter inzicht is in het energieverbruik van anaerobe vergistingssystemen, kan er ook gekeken worden naar hoe het verbruik zich verhoudt tot de energieproductie in de vorm van biogas. Bij aerobe verwerking wordt geen energie geproduceerd.

### 5.3.2 CO<sub>2</sub> en korte koolstofkringloop

Tijdens de anaerobe en de aerobe biologische omzetting van biomassa (vergisting, compostering, andere aerobe omzettingen) wordt methaan en/of CO<sub>2</sub> geproduceerd, en door verbranding van biogas als energiebron wordt de methaan omgezet in CO<sub>2</sub> en water. De CO<sub>2</sub> uit biomassa komt in de lucht terecht, en wordt uiteindelijk opnieuw door planten (biomassa) vastgelegd. Dit noemt men de korte koolstofkringloop<sup>20</sup>.

Hoewel biogaswinning een nuttig proces is met het oog op de vervanging van fossiele energie door groene energie, is biogasproductie *an sich* geen reden om vergisting circulair te kunnen noemen. Een deel van de organische stof wordt namelijk omgezet naar een brandstof, en uiteindelijk dus verbrand. Uitgangspunt van het beleid is dat deze korte koolstofkringloop een minder direct hergebruik van de koolstof oplevert dan de landbouwkundige toepassing van stabiele organische stof uit compost of nagecomposteerd digestaat. Om als recycling gezien te kunnen worden is het daarom niet voldoende om biogas te produceren, maar moeten ook de koolstof en nutriënten uit het digestaat een kringloopbestemming krijgen.

---

<sup>20</sup> Om onderscheid te maken met de koolstofkringloop waarvan o.a. ook fossiele brandstoffen en in gesteenten opgesloten CO<sub>2</sub> deel van uit maken.

### 5.3.3 Afvalscheiding en -inzameling

Aan de basis van afvalscheiding en -verwerking staat het principe dat dat hoe schoner een gescheiden ingezamelde afvalstroom is, hoe beter deze voor recycling te benutten is. Nu komt nog veel bioafval in het restafval terecht. “Schoner” restafval, met weinig of geen organisch materiaal, is beter na te scheiden en heeft een hogere verbrandingswaarde omdat het droger is.

Een vergrote bewustwording op het gebied van etensresten en afvalscheiding wordt ook wel genoemd als positief effect van lokale bioafvalverwerking. Met een verbeterde scheiding van bioafval tot gevolg. Dat bijvoorbeeld personeel en eventueel ook klanten bewuster zijn, zou ook kunnen leiden tot afvalpreventie, het hoogste niveau van de afvalhiërarchie. In welke situaties deze effecten op zouden treden, in welke mate, en of zij langdurig zijn kon binnen de reikwijdte van deze studie niet worden onderzocht. Verbeterde bioafvalscheiding op locatie is voor kringloopsluiting alleen echt positief als het verwerkingsproduct toegepast mag worden.

### 5.3.4 Transport

Het reduceren van de CO<sub>2</sub> uitstoot door het vermijden van transport, is een ander veel gehoord argument. De volle en lege bioafvalcontainers hoeven immers niet meer vervoerd te worden, wat brandstof bespaart. Ook is inzamelend vrachtverkeer een grote belasting voor bijvoorbeeld stadscentra. Het maken van een goede vergelijking tussen lokale en centrale verwerking op dit thema is echter niet eenvoudig. Afhankelijk van de herkomst van het bioafval en de bestemming van de producten uit lokale verwerking, zal daar bijvoorbeeld ook transport voor nodig zijn.

## 5.4 Vergelijking met composteren

Onderstaande tabel geeft - op hoofdlijnen - een beknopt overzicht en vergelijking van de twee onderzochte methodes onderling en met compostering (allen kleinschalig), in relatie tot het huidige beleidskader en de geldende wetgeving. Hierbij is uitgegaan van de verwerkingstechnologieën zonder aanvullende behandelstappen zoals hygiënisering.

Een goed uitgevoerde compostering van gescheiden ingezameld bioafval is op het moment van schrijven de meest circulaire verwerkingsroute, vanuit huidig beleid bezien. Ook het digestaat van anaerobe vergisting heeft potentie, mits aan de verschillende wettelijke eisen wordt voldaan en een CE-label wordt verkregen.

	<b>Anaerobe vergisting</b> (mesofiel, goed uitgevoerd, <u>geen</u> hygiënisering)	<b>Natte aerobe verwerking</b> (mesofiel, goed uitgevoerd, <u>geen</u> hygiënisering)	<b>Compostering</b> (goed uitgevoerd)
<b>Invoermateriaal</b>	Etensresten Water	Etensresten Water	Etensresten Houtige hulpstof
<b>Beluchting</b>	Nee	Ja, actieve beluchting	Ja, door omwerken van het materiaal
<b>Ingaand materiaal wordt omgezet in:</b>	Digestaat (slurry) Biogas (CH <sub>4</sub> en CO <sub>2</sub> )	Waterig effluent CO <sub>2</sub>	Compost CO <sub>2</sub> Warmte
<b>Voldoet het proces aan de hygiëne-eisen van de DBP verordening?</b>	Nee	Nee	Ja
<b>Voldoet het proces aan de nationale of EU meststoffenwetgeving?</b>	Nee	Nee	Ja
<b>Gewenste bestemming van uitvoer in de praktijk</b>	Biogas: aardgas vervangen Digestaat: meststof	Effluent: riolering	Compost: meststof
<b>Is de gewenste bestemming nu wettelijk toegestaan?</b>	Biogas: ja Digestaat: nee  <i>Met procesaanpassingen kan voldaan worden aan de wettelijke eisen rond DBP en meststoffen. Zie hoofdstuk 4</i>	Nee	Ja
<b>Plaats in de afvalhiërarchie</b>	d  <i>Als aanpassingen worden gedaan zodat digestaat als meststof kan worden toegepast: c en d</i>	e	c
<b>Voldoet aan minimumstandaard</b>	Nee  <i>Als aanpassingen worden gedaan zodat digestaat als meststof kan worden toegepast: Ja</i>	Nee	Ja

## Bijlage 1 – Nieuwe Europese Meststoffenverordening, PFC's

1. Meststof
  - A. Organische meststof
    - I. Vaste organische meststof
    - II. Vloeibare organische meststof
  - B. Organo-minerale meststof
    - I. Vaste organo-minerale meststof
    - II. Vloeibare organo-minerale meststof
  - C. Anorganische meststof
    - I. Anorganische macronutriëntenmeststof
      - a) Vaste anorganische macronutriëntenmeststof
        - i) Enkelvoudige vaste anorganische macronutriëntenmeststof
          - A) Enkelvoudige vaste anorganische macronutriëntenmeststof op basis van ammoniumnitraat en met een hoog stikstofgehalte
        - ii) Samengestelde vaste anorganische macronutriëntenmeststof
          - A) Samengestelde vaste anorganische macronutriëntenmeststof op basis van ammoniumnitraat en met een hoog stikstofgehalte
      - b) Vloeibare anorganische macronutriëntenmeststof
        - i) Enkelvoudige vloeibare anorganische macronutriëntenmeststof
        - ii) Samengestelde vloeibare anorganische macronutriëntenmeststof
    - II. Anorganische micronutriëntenmeststof
      - a) Enkelvoudige anorganische micronutriëntenmeststof
      - b) Samengestelde anorganische micronutriëntenmeststof
2. Kalkmeststof
3. Bodemverbeteraar
  - A. Organische bodemverbeteraar
  - B. Anorganische bodemverbeteraar
4. Groeimedium
5. Remmer
  - A. Nitrificatieremmer
  - B. Denitrificatieremmer
  - C. Ureaseremmer
6. Biostimulant voor planten
  - A. Microbiële biostimulant voor planten
  - B. Niet-microbiële biostimulant voor planten
7. Bemestingsproductenblend

Voor de eisen die aan de verschillende PFC's gesteld worden zie EU 2019/1009 Bijlagen I deel II.

## Bijlage 2 – Nieuwe Europese Meststoffenverordening, specificaties voor CMCS

1. Een EU-bemestingsproduct mag digestaat bevatten dat is verkregen uit anaerobe vergisting van uitsluitend een of meer van de volgende uitgangsmaterialen:
  - a) bioafval in de zin van Richtlijn 2008/98/EG, afkomstig uit de gescheiden inzameling van bioafval aan de bron;
  - b) afgeleide producten als bedoeld in artikel 32 van Verordening (EG) nr. 1069/2009 waarvoor het eindpunt in de productieketen is vastgesteld overeenkomstig artikel 5, lid 2, derde alinea, van die verordening;
  - c) levende of dode organismen of delen daarvan, onbewerkt of enkel bewerkt met de hand, met mechanische hulpmiddelen of met behulp van de zwaartekracht, door oplossing in water, door flotatie, door extractie met water, door stoomdistillatie, of door verhitting uitsluitend om water te onttrekken, of die met enig hulpmiddel aan de lucht zijn onttrokken, met uitzondering van:
    - i. de organische fractie van gemengd stedelijk afval van huishoudens, gescheiden door een mechanische, fysicochemische, biologische en/of handmatige behandeling,
    - ii. zuiveringsslib, industrieel slib, of baggerslib,
    - iii. dierlijke bijproducten of afgeleide producten die onder het toepassingsgebied van Verordening (EG) nr. 1069/2009 vallen en waarvoor geen eindpunt in de productieketen is vastgesteld overeenkomstig artikel 5, lid 2, derde alinea, van die verordening;
  - d) toevoegingsmiddelen voor de vergisting die nodig zijn ter verbetering van de prestaties van het vergistingsproces met betrekking tot het proces zelf of het milieu, mits:
    - i. het toevoegingsmiddel op grond van Verordening (EG) nr. 1907/2006 is geregistreerd, waarbij het registratiedossier het volgende bevat:
      - de in de bijlagen VI, VII en VIII bij Verordening (EG) nr. 1907/2006 bedoelde informatie, en
      - een chemischeveiligheidsrapport op grond van artikel 14 van Verordening (EG) nr. 1907/2006 dat betrekking heeft op het gebruik als bemestingsproduct, tenzij de stof expliciet onder een van de vrijstellingen van de registratieplicht valt waarin is voorzien in bijlage IV bij Verordening (EG) nr. 1907/2006 of in punt 6, 7, 8 of 9 van bijlage V bij die verordening, en
    - ii. de totale concentratie aan alle toevoegingsmiddelen niet meer bedraagt dan 5 % van het totale gewicht van het uitgangsmateriaal, of
  - e) een onder a), b) of c) vermeld materiaal dat:
    - i. in een eerder stadium is gecomposteerd of vergist, en
    - ii. ten hoogste 6 mg/kg droge stof PAK16 bevat.
2. De anaerobe vergisting vindt plaats in een inrichting:
  - a) waarin de productielijnen voor de verwerking van de in punt 1 bedoelde uitgangsmaterialen duidelijk gescheiden zijn van productielijnen voor de verwerking van andere dan de in punt 1 bedoelde uitgangsmaterialen, en
  - b) waar fysiek contact tussen de uitgangsmaterialen en de eindmaterialen wordt vermeden, ook tijdens de opslag.
3. De anaerobe vergisting bestaat uit een beheerste, voornamelijk anaerobe, ontleding van biologisch afbreekbaar materiaal, bij temperaturen die geschikt zijn voor mesofiele of thermofiele bacteriën. Alle delen van elke charge worden regelmatig en grondig verplaatst en omgezet, om te



zorgen voor de juiste hygiënisering en homogeniteit van het materiaal. Tijdens het vergistingsproces hebben alle delen van elke charge een van de volgende temperatuur-tijdsprofielen:

- a) thermofiele anaerobe vergisting bij 55 °C gedurende minstens 24 uur, gevolgd door een hydraulische verblijftijd van ten minste 20 dagen;
  - b) thermofiele anaerobe vergisting bij 55 °C met een verwerkingsproces dat pasteurisatie omvat als omschreven in punt 1 van afdeling 1 van hoofdstuk I van bijlage V bij Verordening (EU) nr. 142/2011;
  - c) thermofiele anaerobe vergisting bij 55 °C, gevolgd door compostering bij:
    - 70 °C of meer gedurende ten minste 3 dagen,
    - 65 °C of meer gedurende ten minste 5 dagen,
    - 60 °C of meer gedurende ten minste 7 dagen, of
    - 55 °C of meer gedurende ten minste 14 dagen;
  - d) mesofiele anaerobe vergisting bij 37-40 °C met een verwerkingsproces dat pasteurisatie omvat als omschreven in punt 1 van afdeling 1 van hoofdstuk I van bijlage V bij Verordening (EU) nr. 142/2011, of
  - e) mesofiele anaerobe vergisting bij 37-40 °C, gevolgd door compostering bij:
    - 70 °C of meer gedurende ten minste 3 dagen,
    - 65 °C of meer gedurende ten minste 5 dagen,
    - 60 °C of meer gedurende ten minste 7 dagen, of
    - 55 °C of meer gedurende ten minste 14 dagen.
4. Noch het vaste, noch het vloeibare deel van het digestaat bevat meer dan 6 mg/kg droge stof PAK16.
5. Het digestaat bevat:
- a) ten hoogste 3 g/kg droge stof macroscopische onzuiverheden groter dan 2 mm in één van de volgende vormen: glas, metaal of kunststof, en
  - b) in totaal ten hoogste 5 g/kg droge stof macroscopische onzuiverheden als bedoeld onder a). Met ingang van 16 juli 2026 bedraagt de hoeveelheid kunststof groter dan 2 mm aanwezig binnen de onder a) bedoelde maximale grenswaarde ten hoogste 2,5 g/kg droge stof. Uiterlijk op 16 juli 2029 wordt de grenswaarde van 2,5 g/kg droge stof voor kunststof groter dan 2 mm opnieuw beoordeeld teneinde rekening te houden met de vooruitgang op het gebied van de gescheiden inzameling van bioafval.
6. Zowel het vaste als het vloeibare deel van het digestaat voldoet aan ten minste een van de volgende stabiliteitscriteria:
- a) zuurstofopnamesnelheid:
    - definitie: een indicator van de mate waarin biologisch afbreekbaar organisch materiaal binnen een bepaalde tijd wordt afgebroken. De methode is niet geschikt voor materiaal met een gehalte van meer dan 20 % aan deeltjes met een grootte > 10 mm;
    - criterium: maximaal 25 mmol O<sub>2</sub>/kg organisch materiaal/h, of
  - b) restbiogaspotentieel:
    - definitie: een indicator voor het gedurende een periode van 28 dagen uit een digestaat vrijgekomen gas, die gemeten wordt aan de hand van de in het monster aanwezige vluchtige vaste stoffen. De test wordt in drievoud uitgevoerd en het gemiddelde resultaat wordt gebruikt om aan te tonen dat aan het criterium is voldaan. Onder vluchtige vaste stoffen worden die vaste stoffen in een materiaalmonster verstaan die verloren gaan bij ontbranding van de droge vaste stoffen bij 550 °C;
    - criterium: maximaal 0,25 l biogas/g vluchtige vaste stoffen.