Gemeente Assen

6-11-2020

Bijlagerapport Energie uit bioafval

Energiepotentie uit organische afval- en reststromen binnen de gemeente Assen

Gerbrand Eefting
STAGIAIR TEAM REINIGING
ENVIRONMENT & RESOURCE MANAGEMENT, ZUID-DEENSE UNIVERSITEIT, ESBJERG

Inhoudsopgave

Afkortingen en begrippenlijst 1
Eenheids- en conversietabellen 2
1.0 Wet- en regelgeving 3
1.1 Thermochemische technieken 3
1.2 biologische technieken 4
2.0 Financieringsmogelijkheden 5
3.0 Biomassa inventarisatie 9
4.0 Verbranding 10
5.0 Vergassing & Superkritische watervergassing 12
6.0 Pyrolyse 15
7.0 Torrefactie 18
8.0 Vergisting 20
9.0 Overige technieken 23
10.0 Bedrijvenoverzicht 24
11.0 Bronnenlijst 27

Figurenlijst

Figuur 1 Processamenvatting verbranding 10
Figuur 2 Processamenvatting Vergassing 12
Figuur 3 Processamenvatting Superkritische Watervergassing 12
Figuur 4 Processamenvatting pyrolyse 15
Figuur 5 Processamenvatting Torrefactie 18
Figuur 6 Processamenvatting Vergisting 20
Figuur 7 Processamenvatting Fermentatie 23
Figuur 8 Processamenvatting Compostering 23

Afkortingen en begrippenlijst

Afkorting	Begrip	Uitleg
BG	Bevoegd gezag	Burgemeester en wethouder van de desbetreffende gemeente waar een project gerealiseerd wordt. In sommige gevallen treden de Gedeputeerde Staten in plaats van burgemeester en wethouders waaronder ook in het geval van een energiecentrale.
	Biochar	Is vergelijkbaar met actieve kool. Kan worden gebruikt als bodemverbeteraar of voor het opwekken van energie. Biochar wordt voornamelijk geproduceerd uit houtachtig bioafval.
	Bioethanol	Een biobrandstof verkregen uit microbiële fermentatie. Kan worden gebruikt als alternatief voor andere fossiele brandstoffen.
	Biogas	Een mix van voornamelijk methaan en koolstofdioxide. Komt voort uit vergisting en kan worden gebruikt voor het opwekken van energie of worden opgewerkt tot groen gas.
	Digestaat	Bijproduct van het vergistingsproces. Digestaat kan worden toegepast als bodemverbeteraar in de landbouw.
DS	Droge stofgehalte	Is het gehalte dat de basis vormt voor het uitrekenen van de energiepotentie. Het droge stofgehalte wordt bepaald door de bioafval thermisch te drogen voor een bepaalde tijd. Bioafval – verdampte water = droge stof gehalte.
GFT	Groente-, fruit- en tuinafval	Verwijst naar het organische gedeelte van het huishoudelijke afval.
	Groen gas	Opgewerkt biogas met een hoger methaangehalte. Hierdoor heeft het dezelfde eigenschappen als aardgas.
CO_2	Koolstofdioxide	Een anorganische verbinding van zuurstof en koolstof die in de aardse atmosfeer voorkomt.
CH_4	Methaan	Een koolwaterstof die het voornaamste bestandsdeel is van aardgas. Als broeikasgas is het 25 keer sterker dan koolstofdioxide.
	Methanisatie	Het proces om het methaangehalte in het biogas te vergroten waardoor het opgewerkt wordt tot groen gas.
ODS	Organische droge stofgehalte	Wordt gerekend in percentages van het droge stofgehalte. Het verschil is dat er bij het organische droge stofgehalte de niet-organische stoffen (bijv. zand) niet zijn meegerekend.

O&M kosten	Onderhouds- en beheerkosten	Vaste en variabele kostenposten van het exploiteren van een bioafvalcentrale. Denk o.a. vergunningen, onderhoud, personeel etc.
PH	Zuurgraad	Geeft de zuurgraad van een substantie aan. De pH waarde van een neutrale waterige oplossing is op 7. Een pH waarde lager dan 7 geeft een hoge zuurgraad aan en een pH waarde hoger dan 7 een lage zuurgraad.
	Primaire energie	Refereert aan de energie-inhoud van de bioafvalstromen voor verwerking. Door verwerking gaat een deel van de energie verloren.
	Pyrolyseolie	Biobrandstof die voortkomt uit pyrolyse. Kan worden gebruikt voor het opwekken van energie of toepassing in de chemische industrie.
	Synthesegas	Een mix van methaan, waterstofgas en koolstofdioxide die kan worden opgewerkt en/of toegepast voor energieopwekking.
	Vollast-uren	Het aantal uren dat een installatie op vol vermogen energie produceert.
H_2	Waterstof(gas)	Gas dat voorkomt uit vergassingstechnieken of fermentatie. Kan o.a. worden gebruikt als brandstof voor vervoermiddelen of voor het opwekken van warmte/ elektriciteit.
WKK-installatie	Warmtekracht-koppelingsinstallatie	Een WKK is een generator die wordt aangedreven door bijvoorbeeld een gasturbine op biogas waarmee zowel elektriciteit als warmte kan worden opgewekt.

Eenheids- en conversietabellen

Eenheid	Uitleg	Basis	X1000	X1000
Joule	Joule is een eenheid die aangeeft hoeveel energie er nodig is om een object te verplaatsen met een kracht van 1 newton over een afstand van 1 meter.	1 joule (J)	1 megajoule (MJ)	1 gigajoule (GJ)
Watt	Watt geeft het vermogen aan en is opgebouwd uit een eenheid van tijd en energie. Een Watt is 1 joule per seconde. Dus 1 kilowattuur is 3.600 joule of 3,6 MJ.	1 watt (W)	1 kilowatt (KW)	1 megawatt (MW)
Massa	Een natuurkundige eenheid die de eigenschap van materie aanduidt in gewicht.	1 kilo (kg)	1 ton (ton)	1 kiloton (Kton)

1.0 Wet- en regelgeving

1.1 Thermochemische technieken

5.1.1 Afvalstoffen

Voor de wet zijn veel van de brandstoffen geschikt voor thermochemische conversie bestempeld als "afvalstoffen". Het activiteitenbesluit kent zijn eigen omschrijving van biomassa. Hieronder vallen onder andere A-hout, kurkafval, plantaardig afval uit de levensmiddelenindustrie en plantaardige landbouw en bosbouw materiaal. Houtsoorten als b- en c-hout vallen onder andere regels, omdat deze vaak behandeld zijn met chemische stoffen en dus schadelijke gassen uitstoten. Ondanks dat er voor de thermochemische conversie van afvalstoffen een vergunningsplicht is, geldt dit niet voor biomassa aangezien er hier sprake is van een nuttige toepassing.[1]

1.1.2 Wet Algemene Bepaling Omgevingsrecht (Wabo)

Deze wet regelt de omgevingsvergunningen voor onder andere de bouw en de milieuaspecten van een bioafvalproject. Een omgevingsvergunning is nodig als een bedrijf of installatie veel energie verbruikt, luchtvervuiling en/of op een andere manier overlast veroorzaakt. Als vuistregel kan aangehouden worden dat een omgevingsvergunning door de provincie wordt verstrekt als het gaat om "RIE-bedrijven", waaronder ook energiecentrales vallen. Benodigdheden bij de aanvraag van een omgevingsvergunning zijn onder andere een geurrapport en een luchtkwaliteitsonderzoek.[2] Wat er precies ingeleverd moet worden is afhankelijk van de grootte van de installatie.

Een "omgevingsvergunning bouw" is nodig wanneer het om nieuwbouw gaat, een grote schoorsteen noodzakelijk is of als er ingrijpende verbouwingen gaan plaatsvinden. Een "omgevingsvergunning milieu" is enkel van toepassing bij thermochemische installaties van meer dan 15 MW thermisch vermogen. Bij een bioafvalcentrale tot 15 MW thermische energie volstaat het met een melding in het activiteitenbesluit.[3] Daarnaast is een omgevingsvergunning milieu nodig als de installatie, ongeacht de grootte, gebruikt maakt van een niet erkende biomassastroom.

1.1.3 Emissieregimes

Afhankelijk van de grootte en gebruikte brandstoffen, bestaan er vier emissieregimes waar een thermochemische biomassacentrale aan moet voldoen.

- Regime paragraaf 3.2.1.: is van toepassing op alle installaties van minder dan 50 MW op standaard brandstoffen.
- Regime paragraaf 5.1.1.: is van toepassing voor grotere installaties met een vermogen van meer dan 50 MW.
- Regime paragraaf 5.1.2.: voor installaties zonder vermogensondergrens.
- Regime paragraaf 5.1.5.: is van toepassing op stookinstallaties met een vermogen van minder dan 50 MW op niet standaard brandstoffen.

[1] RVO, "Wet- en regelgeving biomassa", https://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/duurzame-energie-opwekken/bio-energie/wet-en-regelgeving-biomassa
[2] Provincie Drenthe, "Omgevingsvergunning voor het milieu aanvragen", https://www.provincie.drenthe.nl/@125126/omgevingsvergunning-0/
[3] RVO, "Wet- en regelgeving biomassa", https://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/duurzame-energie-opwekken/bio-energie/wet-en-regelgeving-biomassa

Mocht er voor de installatie in Assen een vergunning nodig zijn op basis van grootte of gebruikte grondstoffen, kan het Bevoegd Gezag (provincie in dit geval) strengere eisen stellen.[4]

1.1.4 Biogas

De wet- en regelgeving omtrent biogas is van toepassing op de vergassingsinstallatie, omdat hier synthesegas wordt opgewekt. Naast de bovengenoemde omgevingsvergunning moet men ook in bezit zijn van een erkenning van de Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit en moet de installatie geregistreerd zijn op grond van de Meststoffenwet. Als afvalhout wordt meevergast geldt paragraaf 5.1.2. van het activiteitenbesluit. Dit is niet van toepassing wanneer het verstoken van deze gassen niet tot meer uitstoot leidt dan bij de verbranding van aardgas.[5] Het verstoken van synthesegas is vergunningsplichtig.

1.1.5 Wet Natuurbescherming

Een biomassaproject kan ook vergunningsplichtig zijn op basis van de Wet Natuurbescherming. Dit heeft voornamelijk te maken met de stikstofuitstoot en/of licht- en geluidsvervuiling om en nabij Natura2000 gebieden.[6]

1.2 biologische technieken

1.2.1 Meststoffenwet

De Meststoffenwet is relevant specifiek voor vergisting, vergassing en compostering, omdat deze technieken meststoffen kunnen verwerken of een gelijkwaardig product produceren. In deze wet worden onder andere de materialen benoemd die tegelijkertijd met het mest vergist mogen worden en de regels omtrent het toepassen van digestaat en compost.[7]

Voor compostering gelden de volgende eisen, voordat het als bodemverbeteraar toegepast mag worden. Deze eisen staan beschreven in hoofdstuk III van het Uitvoeringsbesluit Meststoffen:

- In het geval dat er grond gebruikt wordt, moet het gaan om schone grond die voldoet aan de achtergrondwaarden uit bijlage B, tabel 1 van de Regeling Bodemkwaliteit.
- Qua kwaliteit moet het compost voldoen aan de in bijlage II onder tabel 3 van het uitvoeringsbesluit opgenomen maximale waarden voor zware materialen.
- Sinds 1 juli 2020 geldt dat alleen klasse A keurcompost goedgekeurd is voor toepassing in de land- en akkerbouw. Dit houdt in dat het compost maximaal 0,05% glas, 1% procent steen en 0,05% overige verontreinigingen mag bevatten. Daarnaast mogen verontreinigingen niet groter zijn dan 20mm.

Als het compost aan deze eisen voldoet mag het volgens de regels worden verhandeld en vervoerd als meststof.[8]

---

[4] Rijkswaterstaat (A), “Biomassa in het activiteitenbesluit”, https://www.infomil.nl/onderwerpen/lucht-water/stookinstallaties/biomassa-0/emissieregimes

[5] Rijkswaterstaat (B), “biomassa in het activiteitenbesluit”, https://www.infomil.nl/onderwerpen/lucht-water/stookinstallaties/biomassa-0/welk-regime-welke/

[6] Bij12, “Vergunningen en toestemmingsbesluiten”, https://www.bij12.nl/onderwerpen/stikstof-en-natura2000/vergunningen-en-toestemmingsbesluiten/

[7] Rijksoverheid, “Besluit gebruik meststoffen”, https://wetten.overheid.nl/BWBR0009066/2020-01-01#BijlageI

[8] Afvalonline, “nieuwe eisen aan compost voor akkerbouw”, https://afvalonline.nl/bericht?id=31734

1.2.2 Verordening dierlijke bijproducten

Ook deze wet schrijft voor hoe met dierlijke bijproducten moet worden omgegaan om zo het welzijn van mens en dier te waarborgen. Deze verordening schrijft drie categorieën voor waaronder dierlijke bijproducten kunnen worden geschaard. Voor vergisting geldt dat alleen producten uit categorie 3 toegestaan zijn. Onder categorie 3 valt bijvoorbeeld slachtafval dat voor menselijke consumptie geschikt was, maar om commerciële redenen niet verkocht wordt en keukenresten die vlees bevatten.[9]

1.2.3 Wet milieubeheer hoofdstuk 10

De Wet Milieubeheer is in het leven geroepen om zo de schade en hinder aan het milieu met projecten zoals deze te verkleinen en voorkomen. Dit hoofdstuk regelt de transport en omgangsnormen omtrent afvalstoffen. Artikel 10.1a stelt dat met uitzondering van artikel 10.1, 10.2, 10.54, en titel 10.2 deze wet niet van toepassing is op:

"uitwerpselen, voor zover niet vallend onder onderdeel h, onder 1°, stro en ander natuurlijk, niet-gevaarlijk landbouw- of bosbouwmateriaal dat wordt gebruikt in de landbouw, de bosbouw of voor de productie van energie uit die biomassa door middel van processen of methoden die onschadelijk zijn voor het milieu en die de menselijke gezondheid niet in gevaar brengen".[10]

1.2.4 Biogas

De wet- en regelgeving omtrent biogas is van toepassing op de vergistingsinstallatie aangezien hier biogas wordt opgewekt. Naast de bovengenoemde omgevingsvergunning moet men ook in bezit zijn van een erkenning van de Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit en moet de installatie geregistreerd zijn op grond van de Meststoffenwet. Voor het verstoken van biogas zelf is geen vergunning nodig.[11]

2.0 Financieringsmogelijkheden

Het realiseren van een bioafvalverwerkingsinstallatie kost veel geld. Daarnaast zijn ze door grondstof- en proceskosten niet altijd rendabel, zeker wanneer het gaat om innovatieve technieken. Hiervoor hebben verschillende overheidsinstanties en organisaties subsidies in het leven geroepen om zo de rendabiliteit en de ontwikkeling van deze technieken te bevorderen. Dit hoofdstuk geeft een overzicht weer van verschillende subsidies en fondsen waar een bioafvalverwerkingsproject voor in aanmerking kan komen. In dit hoofdstuk is ervan uit gegaan dat de gemeente zelf niet onderneemt en dit dus aan private bedrijven overlaat.

[9] Verordening (EG) nr. 1069/2009 van het Europees Parlement en de Raad van 21 oktober 2009 tot vaststelling van gezondheidsvoorschriften inzake niet voor menselijke consumptie bestemde dierlijke bijproducten en afgeleide producten en tot intrekking van Verordening (EG) nr. 1774/2002 (verordening dierlijke bijproducten)
[10] Rijksoverheid, "Wet milieubeheer", https://wetten.overheid.nl/BWBR0003245/2020-07-01#Hoofdstuk8
[11] Rijkswaterstaat (B), "biomassa in het activiteitenbesluit", https://www.infomil.nl/onderwerpen/lucht-water/stookinstallaties/biomassa-0/welk-regime-welke/

BBI-JU: Bio-based Industries Joint Undertaking

De BBI-JU is een publieke-private samenwerking waar 25% van de gebudgetteerde € 3,7 miljard wordt gefinancierd door de EU en 75% door het Bio-based Industries Consortium. Dit consortium is een organisatie bestaande uit meer dan 200 grote en kleine Europese bedrijven, clusters en organisaties op het gebied van onder andere technologie en industrie.[12]

Het BBI-JU richt zich voornamelijk op de volgende onderwerpen:

- Het bevorderen van duurzame biomassa-grondstoffen.
- Het optimaliseren van efficiënte verwerking voor geïntegreerde bioraffinaderijen.
- Het ontwikkelen van (innovatieve) bio-based producten en het ondersteunen van de marktintroductie van deze producten.[13]

Het aanmelden van de BBI-JU subsidie gaat via de Europese Commissie, hierbij moet wel rekening worden gehouden met het feit dat de Europese Commissie vaak samenwerkingen verplicht met buitenlandse partners.[14]

EFRO: Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling

Dit fonds heeft als doel om de economische verschillen tussen verschillende Europese regio's te verkleinen. Ondanks dat het fonds gericht is op minder ontwikkelde gebieden binnen de Europese Unie, kunnen ook ontwikkelde gebieden aanspraak maken op dit fonds om zo hun concurrentiepositie en werkgelegenheid te vergroten. Voor Nederland is € 510 miljoen vrijgemaakt voor de doelen innovatie en koolstofarme economie.[15] Voor de regio Noord-Nederland loopt dit via het Samenwerkingsverband Noord-Nederland.

ELENA: European Local Energy Assistance

Het ELENA fonds is een fonds ter ondersteuning van investeringen in energie-efficiëntie en duurzaam transport.[16] Voornamelijk de subsidies voor haalbaarheidsonderzoeken omtrent smart grids en warmtenetten zijn interessant voor de gemeente Assen.

ETS innovation fund

Het "ETS innovation fund" is een fonds opgezet door de Europese Commissie om zo bedrijven en consortia te ondersteunen in het financieren van innovatieve koolstofarme technologieën. Het fonds heeft een budget van € 10 miljard en loopt in de periode 2020-2030.
Aan dit fonds hangen enkele voorwaarden die invloed hebben op de geschiktheid van bepaalde projecten. De eerste aanmeldingsronde is gefocust op grootschalige projecten waarbij de kapitaaluitgaven minstens € 7.500.000 bedragen.[17] Bij de grootschalige projecten is het criterium

---

[12] BBI-JU Europe, "about BBI JU", https://www.bbi-europe.eu/about/about-bbi
[13] RVO, "Biobased Industries JU" https://www.rvo.nl/subsidie-en-financieringswijzer/joint-technology-initiatives/jti-bbi
[14] Ibid
[15] Rijksoverheid "Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling (EFRO)", https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/europese-subsidies/europese-structuur--en-investeringsfondsen/europees-fonds-voor-regionale-ontwikkeling-efro
[16] ELENA, https://www.eib.org/en/products/advising/elena/index.htm
[17] Europese Commissie, "Innovation fund", https://ec.europa.eu/clima/policies/innovation-fund_en

"business maturity" van groot belang. Ook wordt er gekeken naar de schaalbaarheid, kosten efficiëntie, mate van innovatie en efficiëntie omtrent het vermijden van broeikasgasemissies.

Naast deze criteria worden onder andere de volgende projecten gesteund:

- Koolstofarme technologieën en processen in de energie-intensieve industrie.
- Producten die koolstof-intensieve producten vervangen.
- CCU, Carbon Capture and Utilisation & CCS, Carbon Capture and Storage (CO_2-afvang, opslag en hergebruik)
- Duurzame energieopwekking
- Energieopslag[18]

De aanvraag gaat via de Europese Commissie, maar het RVO adviseert bedrijven om contact met ze op te nemen voor ondersteuning.

HER+: Hernieuwbare Energietransitie

De HER+ subsidie is een subsidie die in plaats van alleen naar hernieuwbare energieproductie kijkt, ook kijkt naar CO_2 reductie. Hierdoor worden innovatieve technieken als CO_2-afvang- en opslag, waterstofproductie en warmteproductie gestimuleerd. Uiteindelijk moeten de gesteunde projecten zorgen voor een verminderde CO_2 uitstoot in 2030. De subsidie is op het "wie het eerst komt, wie het eerst maalt" principe en heeft een budget van € 30.000.000.[19]

Nationaal groeifonds (Wopke-Wiebesfonds)

Op 7 september, 2020 is bekendgemaakt dat het zogenoemde Wopke-Wiebesfonds, ter grootte van € 20 miljard, er toch komt. Tot op heden is er nog weinig bekend over het fonds buiten het feit dat het niet om structurele financiële hulp gaat, maar om een eenmalig bedrag. Als voorbeeldprojecten worden voornamelijk openbaar vervoersprojecten genoemd, maar er zijn ook wensen om het te investeren in waterstofinfrastructuur. Een commissie van o.a. wetenschappers , die de projecten toetst, zal advies uitbrengen aan het kabinet die dat advies wel of niet kan overnemen. Ook kan de Tweede Kamer bepaalde investeringen blokkeren.[20]

NOM: Investerings- en Ontwikkelingsmaatschappij voor Noord-Nederland

De NOM heeft als doelstelling om de economie in de drie noordelijke provincies te versterken doormiddel van investeringen en het vormen van netwerken. De NOM is 45 jaar geleden opgericht en heeft dus de kennis om een bedrijf succesvol te begeleiden in het opzetten van de bedrijfsvoering. De financieringsopties van de NOM liggen tussen de € 50.000 en € 2.500.000.[21]

[18] Europese Commissie, "Innovation fund", https://ec.europa.eu/clima/policies/innovation-fund_en
[19] RVO, "Hernieuwbare Energietransitie (HER+)", https://www.rvo.nl/subsidie-en-financieringswijzer/hernieuwbare-energietransitie
[20] NOS, "Miljarden voor `Wopke-Wiebesfonds` komen er toch" https://nos.nl/artikel/2347117-miljarden-voor-wopke-wiebesfonds-komen-er-toch.html
[21] NOM, https://www.nom.nl/diensten/financieringen/financieringsmogelijkheden/

Provincie Drenthe/ investeringsagenda PLUS 2020/2023

De provincie Drenthe zet vol in om haar klimaatdoelen te halen: een energieneutraal Drenthe in 2050. Om dit doel te bereiken heeft de provincie al € 10 miljoen vrijgemaakt om projecten te ondersteunen. Daarnaast maakt de provincie nog eens € 9 miljoen vrij voor de energietransitie in het kader van het "Investeringsagenda PLUS 2020/2023. Vooral energieneutraal wonen, waterstof, slimme energiesystemen en energiecoöperaties hebben de focus.[22]

SDE++: Stimulering Duurzame Energie

SDE++ is een verbreding op de voorgaande SDE+ regeling. Naast duurzame energie productie stimuleert het nu ook CO_2 reductie. Deze subsidie kent verschillende categorieën maar in het kader van dit onderzoek zijn de categorieën "hernieuwbare warmte (WKK)" en "Hernieuwbaar gas" het meest relevant.[23]

SNN: Samenwerkingsverband Noord-Nederland

Het SNN is een samenwerkingsverband van de drie noordelijke provincies en enkele gemeenten. Als organisatie verstrekt het SNN subsidies, faciliteren ze samenwerking en vertegenwoordigen ze de belangen van het noorden in Den Haag en Brussel.[24] Op het moment van schrijven waren er geen relevante subsidies voor dit onderzoek.

Strategic European Investment Window of InvestEU (2021-2027)

Dit investeringsfonds is een vervolg op het Junckerplan en is een samenwerking tussen de private en publieke sector. Het doel van dit fonds is om innovatie te bevorderen, waaronder dat voor duurzame infrastructuur waar € 20 miljard voor is gereserveerd.[25]

---

[22] Provincie Drenthe, "Investeringsagenda 2020-2023", https://www.provincie.drenthe.nl/organisatie-bestuur/financien/investeringsagenda/

[23] RVO "Aanvragen Stimulering Duurzame Energieproducten en klimaattransitie (SDE++)", https://www.rvo.nl/subsidie-en-financieringswijzer/stimulering-duurzame-energieproductie-en-klimaattransitie-sde/aanvragen-sde

[24] SNN, "over SNN", https://www.snn.nl/over-snn

[25] Europese Commissie "What`s next? The investEU programme (2021-2027)", https://ec.europa.eu/commission/priorities/jobs-growth-and-investment/investment-plan-europe-juncker-plan/whats-next-investeu-programme-2021-2027_en#:~:text=By%20using%20an%20EU%20budget,to%20investment%20in%20the%20EU.&text=The%20EU%20budget%20guarantee%20can,investment%20between%202021%20and%202027.

3.0 Biomassa inventarisatie

Team Groenbeheer	Ton	Kosten/ton	Opbrengst	Tot. verwerkingskosten	Containerhuur
Bermmaaisel	3.750	€ 41,97		€ 157.378	
Houtsnippers	490		€ 13.554		
Waterschap Hunze en Aa					
Zuiveringsslib	1.921				
Grof riool afval	40				
Team Reiniging					
GFT	7.904	€ 39,23		€ 310.074	
Snoeiafval	2.459	€ 19,75		€ 48.565	
Dakriet	173	€ 82,00		€ 14.186	€ 3.600
Frituurvet	7		€ 1.470		
Plantsoen- en bladafval	4.438	€ 15,80		€ 70.120	€ 2.400
A & B-Hout	1.793	€ 55,00		€ 98.615	€ 6.000
C-Hout	316	€ 70,00		€ 22.120	€ 2.948
Landbouw					
Natte mest	61.000				
Vaste mest	3.000				
Totaal per jaar	**87.291**		€ 15.024	€ 721.059	€ 14.948

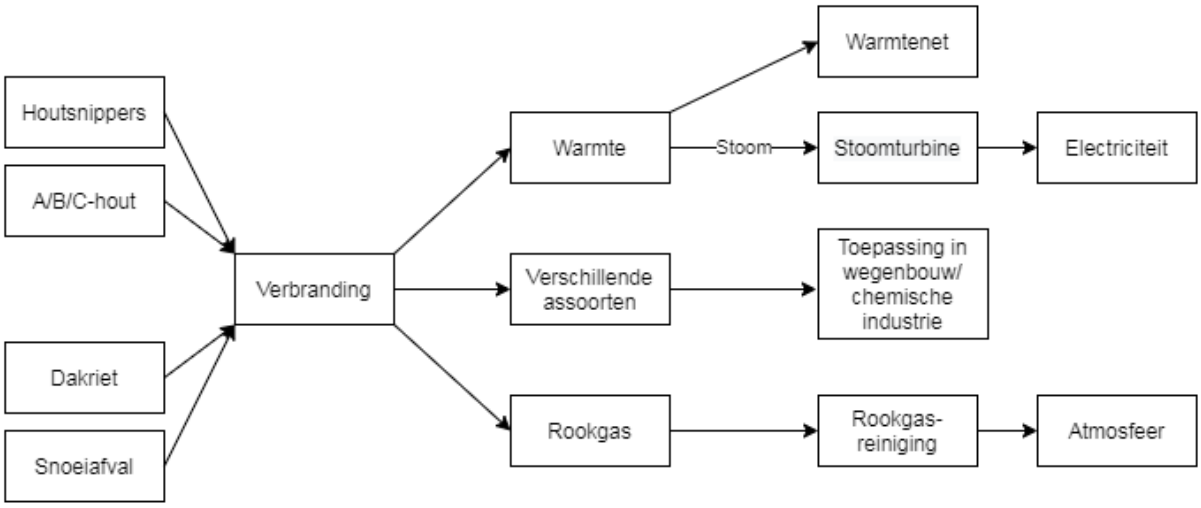
(Vervolg op de tabel hierboven)

Team Groenbeheer	Afstand (KM)	Transportprijs/ km	Transport-kosten	Aantal ritten	Totale transportkosten	Totale kosten
Bermmaaisel						€ 157.378
Houtsnippers						
Waterschap Hunze en Aa						
Zuiveringsslib						
Grof riool afval						
Team Reiniging						
GFT	26,7	€ 24,72	€ 660,00	264	€ 174.240	€ 484.314
Snoeiafval	33,3	€ 9,64	€ 321,02	141	€ 45.264	€ 93.829
Dakriet	27,2	€ 4,18	€ 113,70	47	€ 5.344	€ 23.130
Frituurvet						
Plantsoen- en bladafval	39,6	€ 3,72	€ 154,09	310	€ 47.746	€ 120.266
A & B-Hout	39,6	€ 3,72	€ 147,31	245	€ 36.091	€ 140.706
C-Hout	33,3	€ 4,14	€ 137,86	46	€ 6.342	€ 31.409
Landbouw						
Natte mest						
Vaste mest						
Totaal per jaar					€ 315.049	€ 1.051.033

Door de opbrengst van de verkoop (€ 15.024) af te trekken van de totale kosten (€ 1.051.033) krijg je de totale jaarlijkse afvalverwerkingskosten van de gemeente (€ 1.036.009).

4.0 Verbranding

4.1 processamenvatting



Figuur 1 Processamenvatting verbranding

4.2 Berekeningen

Bioafval	**T/bioafval**	**Droge stofgehalte**	**T/DS**	**MJ/kg DS**	**Tot. Energiepotentie in GJ**
Houtsnippers	490	82%	402	16	6.228
Snoeiafval	2.459	50%	1.230	20	24.344
Dakriet	173	80%	138	15	2.076
A & B-Hout	1.793	90%	1.614	15	24.367
C-Hout	316	90%	284	15	4.294
Totalen	**5.231**		**3.668**	**81**	**61.309**

Als basis voor het berekenen van de theoretische output is de energiepotentie genomen van de geschikte bioafvalstromen. Zoals u kunt zien hebben de geschikte stromen voor verbranding samen een primaire energiepotentie van circa 61.300 GJ.

Voor verbranding zijn uiteindelijk de volgende rendementen en bijbehorende cijfers voortgekomen:

rendement verbranding %	80
Elektrisch rendement %	30
Thermisch rendement%	50
Vollasturen	7.600
Totaal kWh potentie bioafval	17.030.364
Verbrandingsrendement (kWh)	13.624.291
Electriciteitsrendement (kWh)	4.087.287
Thermische rendement (kWh)	6.812.146
Thermisch rendement (GJ)	24.524
kw	538
Assense woningen (warmte)	640
Assense woningen (elektriciteit)	1.590

Op basis van ECN rapporten en overleg met mijn professor zijn de bovenstaande (gemiddelde) rendementen gebruikt.[26] Algemeen ligt het rendement bij verbranding op 80%. Hiervoor reken je dus eerst 80% van de primaire energie. De bovenstaande tabel werkt met de eenheid kWh. 1 kWh = 3,6 MJ. Dit rendement is in de bovenstaande tabel weergeven in de tabel "Verbrandingsrendement". 30% van de 80% is voor het opwekken van elektriciteit en 50% voor het opwekken van warmte. Dit komt uiteindelijk overeen met een elektriciteitsrendement van circa 4.087.300 kWh. Dit gedeeld door het gemiddelde verbruik van 2.570 kWh per woning, komt neer op 1.590 woningen voorzien van stroom.[27] Daarnaast is er nog een thermisch rendement van circa 6.812.200 kWh thermische energie. Dit komt overeen met ongeveer 24.500 GJ (50% van de overgebleven 80%). Dit kan niet benut worden zonder warmtenet. Volgens dezelfde formule als het DWA rapport (38,33 GJ per woning), zou dit thermische rendement 640 woningen van warmte kunnen voorzien[28].

Op basis van bestaande installaties en literatuuronderzoek, liggen de gemiddelde investeringskosten rond de € 2.875.000 inclusief een 10% onzekerheidsmarge.[29] Deze kosten zijn gebaseerd op de berekende output van de installatie (KW output * prijs per KW = investeringskosten). De afschrijvingskosten zijn gebaseerd op een lening van de Bank Nederlandse Gemeenten met een rentepercentage van 2.2% en een looptijd van 10 jaar.

De proceskosten liggen voor de vaste kosten op 4,7% van de investeringskosten per jaar en voor de variabele kosten op € 3,58 per MWh output.[30] Voor verbranding geldt een afvalstoffenheffing van € 32,63 per ton verbrand bioafval.[31]

Voor de baten is er uitgegaan van een elektriciteitsprijs van € 0,09 per kWh.[32] De besparingen in het kosten en baten overzicht komen voort door de externe kosten van de geschikte bioafvalstromen bij elkaar op te tellen (hoofdstuk 3 van dit rapport). Dit alles bij elkaar komt tot de volgende tabel:

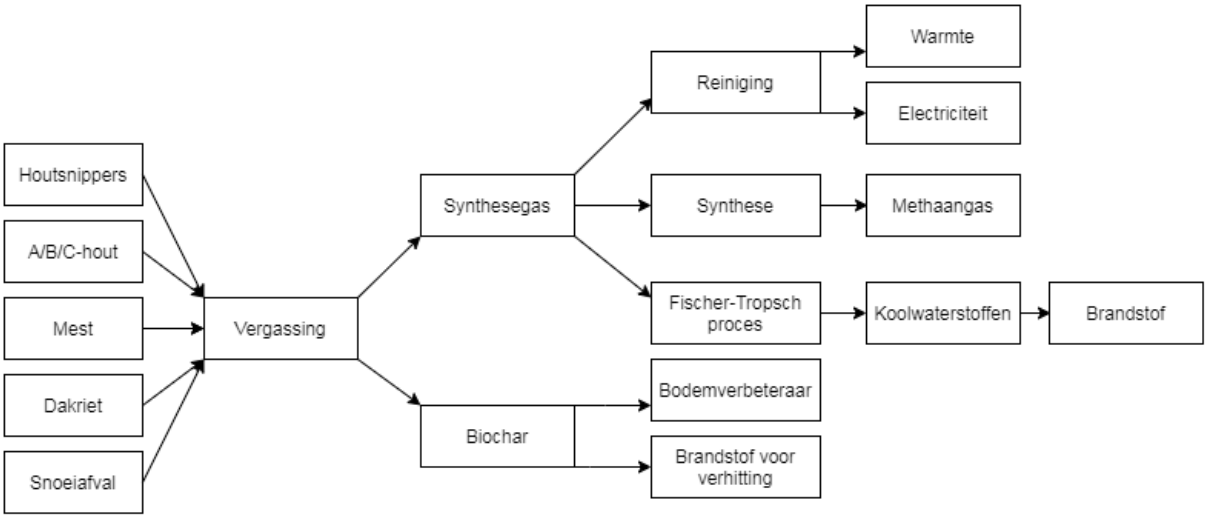
Kosten			**Balans**	**Baten**	
Afschrijvingskosten	€ 323.495	10 jaar		Opbrengst energie	€ 367.856
Vaste proceskosten	€ 96.726			Besparing externe verwerkingskosten	€ 169.932
Variabele proceskosten	€ 48.775			Besparing transportkosten	€ 93.041
Afvalstoffenbelasting	€ 170.688			Besparing externe diverse kosten	€ 8.948
Totaal	**€ 639.684**		€ 93	**Totaal**	**€ 639.777**

De milieuwinsten zijn uitgedrukt in kg CO_2 besparing per geproduceerde kWh aan elektriciteit. De formule hiervoor is het aantal geproduceerde kWh * 0,67 CO_2 = vermeden uitstoot.[33]

[26] Energy Conversion Parks, "verbranding", https://ecp-biomass.eu/sites/ecp-biomass.eu/files/books/ECP%20TF%20Verbranding_LG_HP_2nd.pdf
[27] Gemeente Assen, assen.incijfers.nl,
[28] M.J. Berntsen, "Analyse Warmteaanbod en –vraag gemeente Assen", *DWA,* 2019
[29] A.e. Pfeiffer, "Kosten duurzame elektriciteit, afvalverbrandingsinstallaties", *ECN, 2003,* pagina 5
[30] Energinet.dk, "systemperspektiv 2035-bilagsrapporten", 2018, https://energinet.dk/systemperspektiv2035
[31] Belastingdienst, "Tabellen Tarieven Milieubelasting", https://www.belastingdienst.nl/wps/wcm/connect/bldcontentnl/belastingdienst/zakelijk/overige_belastingen/belastingen_op_milieugrondslag/tarieven_milieubelastingen/tabellen_tarieven_milieubelastingen?projectid=6750bae7%2D383b%2D4c97%2Dbc7a%2D802790bd1110
[32] Energievergelijken.nl, "Leveringstarief", https://www.energievergelijken.nl/energieprijzen/leveringstarief
[33] Patricia Clevering-Loeffen et al, "optimalisatie WKK en biogasbenutting", *Stowa,* Amersfoort, 2011, pagina 18.

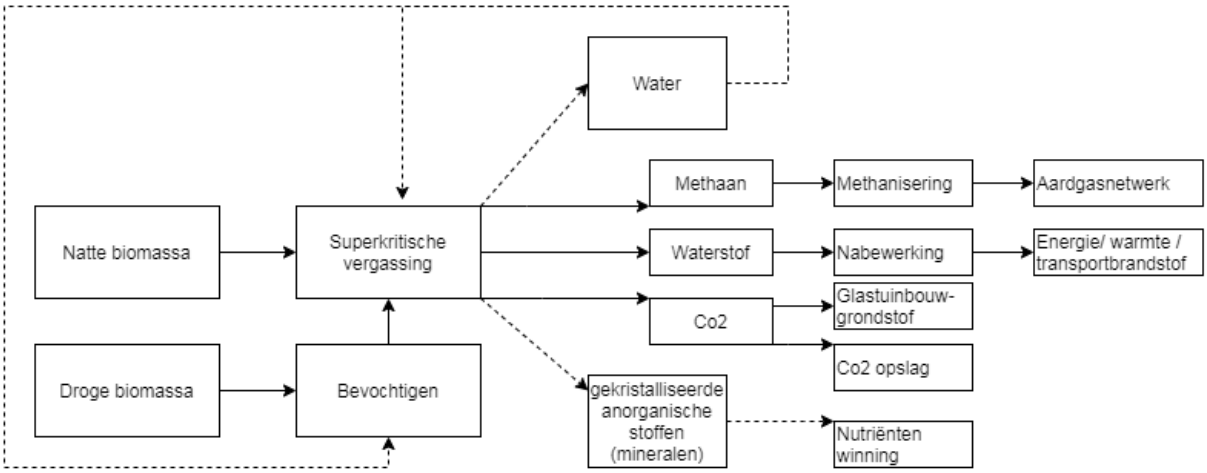
5.0 Vergassing & Superkritische watervergassing

5.1 processamenvatting vergassing



Figuur 2 Processamenvatting Vergassing

5.2 processamenvatting superkritische watervergassing



Figuur 3 Processamenvatting Superkritische Watervergassing

5.3 Berekeningen

Bioafval	Ton aan bioafval	Beschik-baar %	Droge stofgeh alte %	Ton aan DS	MJ/kg DS	Tot. Energiepotentie in GJ	Syngas productie m³/kg droog	Tot M³ syngas
Houtsnippers	490	100	82	402	15,5	6.228	2,4	964.320
Snoeiafval	2.459	100	50	1.230	19,8	24.344	2,4	2.950.800
Dakriet	173	100	80	138	15	2.076	2	276.800
A & B-Hout	1.793	100	90	1.614	15,1	24.367	2,4	3.872.880
C-Hout	316	100	90	284	15,1	4.294	2,4	682.560
Natte mest	61.000	50	7,5	2.288	16,7	38.201	1,61	3.682.875
Vaste mest	3.000	50	15	225	16	3.600	1,11	249.750
Totalen	**69.231**			**6.180**		**103.111**		**12.679.985**

Als basis voor de berekening, is de energiepotentie genomen van de geschikte bioafvalstromen. Zoals u kunt zien hebben de geschikte stromen binnen de gemeente een primaire energiepotentie van circa 103.100 GJ en een synthesegaspotentie van ongeveer 12.680.000m³. Deze techniek kan mest verwerken, omdat deze stroom niet in handen van de gemeente zelf is en niet al het mest kan worden gebruikt, wordt er met 50% beschikbaarheid gerekend.

Voor vergassing zijn uiteindelijk twee formules gevonden met vergelijkbare resultaten. De eerste formule volgt dezelfde werkwijze als die van verbranding.

rendement vergassing %	80
Elektrisch rendement %	29,8
Thermisch rendement %	20
Vollasturen	7.600
Totaal kWh Bioafval	28.641.822
Vergassingsrendement (kWh)	22.913.458
Electriciteitsrendement (kWh)	6.828.210
Thermisch rendement (kWh)	4.582.692
kw	898
Assense woningen	2.657

Over het algemeen heeft vergassing een rendement van 80%, een elektrisch rendement van 29,8% en een thermisch rendement van 20%.[34], [35] Omdat we weten dat 3,6 MJ gelijk staat aan 1 kWh, kunnen we uitrekenen wat de kWh potentie is van het bioafval (80% van de primaire energie). Dit komt neer op circa 22.913.500 kWh. Hiervan neem je 29,8% aangezien dit het rendement is voor elektriciteit. Hierdoor hou je 6.828.200 kWh over. Dit gedeeld door een gemiddeld verbruik van 2.570 kWh per woning, komt neer op 2.657 woningen voorzien van stroom.[36] Daarnaast is er nog een thermisch rendement van 4.582.700 kWh thermische energie wat overeenkomt met 16.500 GJ (20% van de overgebleven 80%). Dit kan niet benut worden zonder warmtenet. Volgens dezelfde formule

[34] Vincenzo Toretta et al, "Poultry Manure gasification and its energy yield", *UPB scientific bulletin, Series D: Mechanical Engineering, Vol. 75:1, 2013, pagina 237*
[35] Joep Coenen, Stijn Schlatmann, "Rentabiliteit biomassa WKK", *Cogen Projects,* 2007
[36] Gemeente Assen, assen.incijfers.nl,

als het DWA (38,33 GJ per woning), zou dit thermische rendement 430 woningen van warmte kunnen voorzien.[37]

Voor de tweede formule, gebruiken we de totale synthesegasproductie. Aan primaire energie heeft het Asser bioafval een potentie van 12.680.000m³ synthesegas. Via het literatuuronderzoek is voortgekomen dat 1m³ synthesegas gelijkstaat aan 1,97 kWh.[38] Met een rendement van 29,8% komt dit neer op 7.444.000 kWh. Dit gedeeld door de 2.570 kWh per woning vertaalt zich naar 2.896 woningen voorzien van stroom.[39]

Dezelfde werkwijze is toegepast met een andere bron die stelt dat 2,4m³ synthesegas gelijkstaat aan 1,3 kWh.[40] Via dezelfde formule is de uitkomst hier 6.868.300 kWh. Dit gedeeld door de 2.570 kWh per woning komt neer op 2.673 woningen voorzien van stroom.[41]

Gebaseerd op de investeringskosten van de vergasser in Tzum (€ 11.500 per kw_e), liggen de kosten gemiddeld op € 11.729.200 inclusief een 10% onzekerheidsmarge.[42] De afschrijvingskosten zijn gebaseerd op een lening van de Bank Nederlandse Gemeenten met een rentepercentage van 2.2% en een terugbetaaltijd van 20 jaar.

Voor de baten is er uitgegaan van een elektriciteitsprijs van € 0,09 per kWh.[43] De besparingen in het kosten en baten overzicht komen voort door de externe kosten van de geschikte bioafvalstromen bij elkaar op te tellen (hoofdstuk 3). De SDE++ subsidie is gebaseerd op de adviezen voor 2020 en liggen op € 0,073 per kWh.[44]

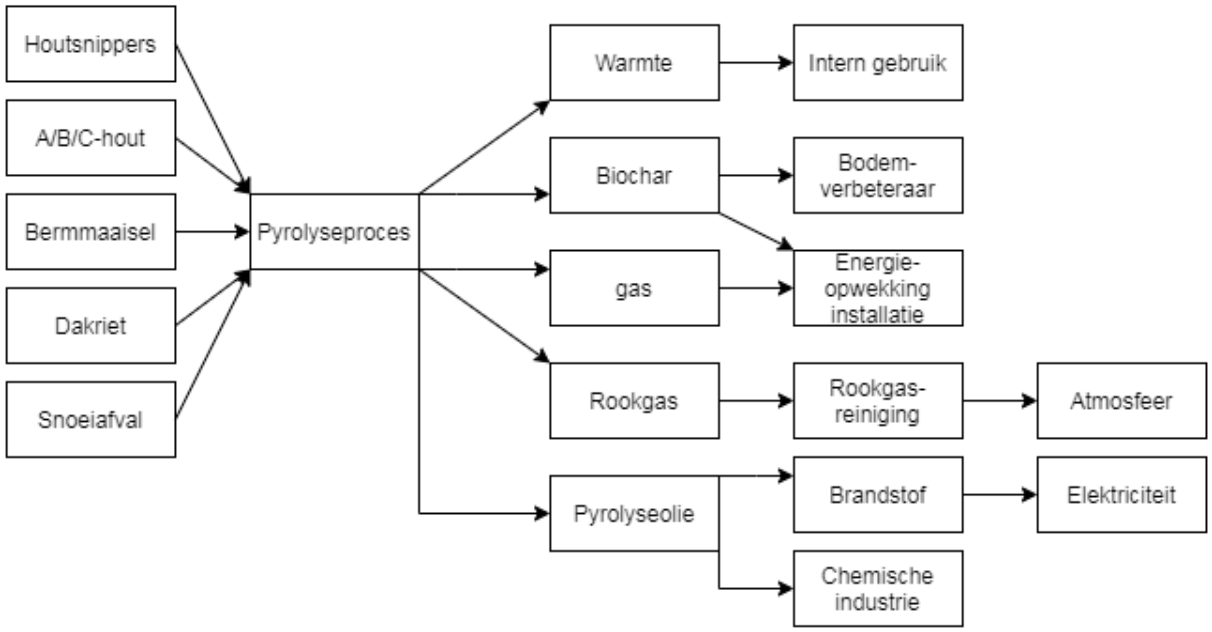
Kosten			**Balans**	**Baten**	
Afschrijvingskosten	€ 731.241	20 jaar		Opbrengsten energie	€ 687.404
Vaste proceskosten	€ 639.777			Besparing externe verwerkingskosten	€ 169.932
Variabele proceskosten	€ 23.830			Besparing transportkosten	€ 79.487
				Besparing containerhuur	€ 12.548
				SDE++ subsidie	€ 543.406
Totaal	**€ 1.394.848**		**€ 97.928**	**Totaal**	**€ 1.492.776**

De milieuwinsten zijn uitgedrukt in kg CO_2 besparing per geproduceerde kWh aan elektriciteit. De formule hiervoor is het aantal geproduceerde kWh * 0,67 CO_2 = vermeden uitstoot.[45]

[37] M.J. Berntsen, "Analyse Warmteaanbod en –vraag gemeente Assen", *DWA,* 2019
[38] Vincenzo Toretta et al, "Poultry Manure gasification and its energy yield", *UPB scientific bulletin, Series D: Mechanical Engineering, Vol. 75:1, 2013, pagina 237*
[39] Gemeente Assen, assen.incijfers.nl
[40] Energy Conversion Parks, "vergassing", http://ecp-biomass.eu/sites/ecp-biomass.eu/files/books/HP_review_ECP%20hbk%20procesbeschr%20Vergassing
[41] Gemeente Assen, assen.incijfers.nl,
[42] Michiel Tijmensen & Rolf de Vos, "Bio-energie van eigen bodem", *Ecofys BV,* Utrecht, 2005. Pagina 47.
[43] Energievergelijken.nl, Leveringstarief", https://www.energievergelijken.nl/energieprijzen/leveringstarief
[44] Planbureau voor de leefomgeving, "Eindadvies basisbedragen SDE++ 2020, Den Haag, 2020, pagina 78
[45] Patricia Clevering-Loeffen et al, "optimalisatie WKK en biogasbenutting", *Stowa,* Amersfoort, 2011, pagina 18.

6.0 Pyrolyse

6.1 processamenvatting



Figuur 4 Processamenvatting pyrolyse

6.2 Berekeningen

Bioafval	T/biomassa	Droge stofgehalte	Ton DS	MJ/kg DS	Tot. Energiepotentie in GJ
Bermmaaisel	3.750	30%	1125	17	19125
Houtsnippers	490	82%	401,8	15,5	6228
Snoeiafval	2.459	50%	1229,5	19,8	24344
Dakriet	173	80%	138,4	15	2076
A & B-Hout	1.793	90%	1613,7	15,1	24367
C-Hout	316	90%	284,4	15,1	4294
Totalen	**8.981**		**4.793**		**80.434**

Als basis voor het berekenen, is de primaire energiepotentie genomen van de geschikte bioafvalstromen. Zoals u kunt zien hebben de geschikte stromen een primaire energie van circa 80.400 GJ.

Het ECP stelt de volgende rendement voor Pyrolyse:

Rendement	Eenheid	Hoeveelheid
Energetisch rendement	%	80
Pyrolyse olie rendement	GJ output per GJ input	0,55
Warmte rendement	GJ output per GJ input	0,21
Electriciteitsrendement	kWh output per GJ input	4

Dit betekent dat over het algemeen het rendement 80% is. Hiervan is 55% pyrolyseolie, warmte 21% en elektriciteit 4%. Dit staat gelijk aan 1 GJ primaire energie input met een out van 0,55 GJ aan pyrolyseolie, 0,21 GJ output aan warmte en een output van 4 kWh aan elektriciteit.[46]

[46] Energy Conversion Parks, "Pyrolyse", http://ecp-biomass.eu/sites/ecp-biomass.eu/files/books/HP_reviewECP%20technologie%20beschrijving%20Pyrolyse%20-%2028_01_2011.pdf

Hierdoor krijg je dus de volgende getallen:

Opbrengst	Hoeveelheid	Opmerking
Input (GJ)	80.434	
Pyrolyse olie (GJ)	44.239	Verkoop/verstoken
Warmte (GJ)	16.891	Intern gebruik
Elektriciteit (kWh)	321.737	Stroomnet

Met pyrolyse kun je twee kanten op. Je kunt de olie verkopen of je kunt het verstoken om zo extra energie op te wekken. Via Assen in cijfers weten we dat een gemiddelde woning in Assen 2.570 kWh per jaar verbruikt (2018).[47] In het scenario dat de pyrolyseolie wordt verkocht, zou dit neerkomen op 125 woningen die je kunt voorzien van elektriciteit (321.740 kWh / 2.570 kWh = 125 woningen).

Een biodieselmotor heeft een 40% rendement op elektriciteit.[48] Daarom blijft er nog maar 40% over van de circa 44.240 GJ. Dit komt neer op 17.700 GJ oftewel 4.915.400 kWh (1 GJ = 1000 MJ, 1 kWh = 3,6 MJ). In het geval dat je dus pyrolyseolie verstookt, produceer je dus 4.915.400 kWh + 321.740 kWh. Dit gedeeld door de 2.570 kWh per woning komt neer op 2.038 woningen voorzien van stroom.[49] Daarnaast is er nog een thermisch rendement 16.900 GJ. Dit kan niet benut worden zonder warmtenet. Vaak wordt dit voor intern gebruikt. Met dezelfde formule als het DWA (38,33 GJ per woning), zou dit thermische rendement 441 woningen van warmte kunnen voorzien.[50]

Doordat we met 2 scenario's werken, lopen ook de kosten en baten analyse uiteen. De kosten blijven hetzelfde. Het enige verschil is dat bij de verkoop van elektriciteit de financiering minder gezond is dan bij de verkoop van pyrolyseolie. De afschrijvingskosten zijn gebaseerd op een lening van de Bank Nederlandse Gemeenten met een rentepercentage van 2.2% en een maximale looptijd van 40 jaar. De investeringskosten zijn via verschillende formules gerekend. Gemiddeld komen de investeringskosten uit op € 27.043.600 inclusief een 10% onzekerheidsmarge.[51], [52] De onderhoudskosten worden jaarlijks geraamd op 4% van de investeringskosten.[53]

Voor de baten is uitgegaan van een elektriciteitsprijs van € 0,09 per kWh.[54] Voor pyrolyseolie ligt de prijs op $ 13 (€ 10,99 koersprijs 22 oktober, 2020) per GJ aan pyrolyseolie.[55] De besparingen in het kosten en baten overzicht komen voort door de externe kosten van de geschikte bioafvalstromen bij elkaar op te tellen (hoofdstuk 3 van dit rapport). Met deze informatie zijn de volgende tabellen gecreëerd:

[47] Gemeente Assen, assen.incijfers.nl
[48] Btg-btl , "Heat and power from pyrolysis oil", https://www.btg-btl.com/en/applications/heat-power
[49] Gemeente Assen, assen.incijfers.nl
[50] M.J. Berntsen, "Analyse Warmteaanbod en –vraag gemeente Assen", *DWA,* 2019
[51] Pyrobest, "Pyrolyse van bermgras en biomassa rest-stromen" https://projecten.topsectorenergie.nl/projecten/pyrolyse-van-bermgras-en-biomassa-rest-stromen-00018835
[52] Ingvar Landälv, Lars Waldheim, "Building up the future: Cost of biofuel", *European Commission,* 2017, pagina 24.
[53] Ibid, pagina 25
[54] Energievergelijken.nl, Leveringstarief", https://www.energievergelijken.nl/energieprijzen/leveringstarief
[55] Biofuelsdigest "Biomass Pyrolysis comes of age", https://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2017/06/08/biomass-pyrolysis-comes-of-age/

Scenario Elektriciteit:

Kosten			**Balans**	**Baten**	
Afschrijvingskosten	€ 1.023.564	40 jaar		Verkoop energie	€ 471.345
Proceskosten	€ 1.081.704			Besparing externe verwerkingskosten	€ 327.311
				Besparing transportkosten	€ 93.041
				Besparing containerhuur	€ 12.548
Totaal	**€ 2.105.268**		€ -1.201.024	**Totaal**	**€ 904.244**

Scenario pyrolyseverkoop:

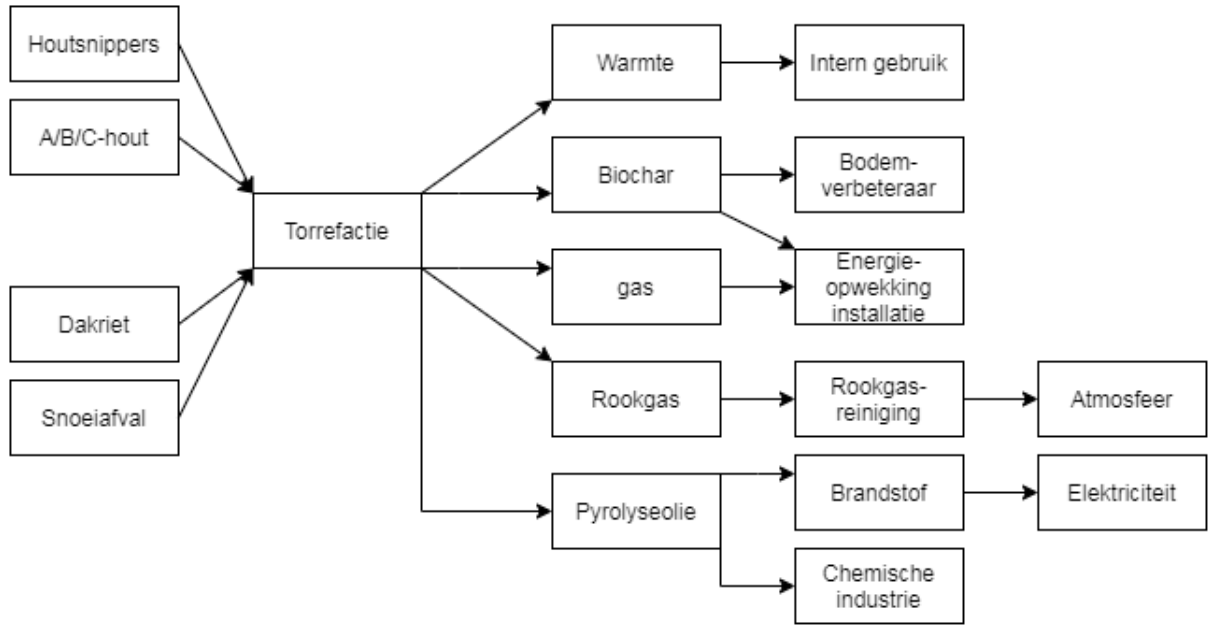
Kosten			**Balans**	**Baten**	
Afschrijvingskosten	€ 1.023.564	40 jaar		Verkoop Pyrolyseolie	€ 530.424
Proceskosten	€ 1.081.704			Verkoop energie	€ 28.956
				Besparing externe verwerkingskosten	€ 327.311
				Besparing transportkosten	€ 93.041
				Besparing containerhuur	€ 12.548
Totaal	€ 2.105.268		€ -1.112.989	Totaal	€ 992.280

De milieuwinsten zijn uitgedrukt in kg CO_2 besparing per geproduceerde kWh aan elektriciteit. De formule hiervoor is het aantal geproduceerde kWh * 0,67 CO_2 = vermeden uitstoot.[56]

[56] Patricia Clevering-Loeffen et al, "optimalisatie WKK en biogasbenutting", *Stowa,* Amersfoort, 2011, pagina 18.

7.0 Torrefactie

7.1 processamenvatting



Figuur 5 Processamenvatting Torrefactie

7.2 Berekeningen

Bioafval	T/bioafval	Droge stofgehalte	T/DS	MJ/kg DS	Tot. Energiepotentie in GJ
Houtsnippers	490	82%	402	16	6.228
Snoeiafval	2.459	50%	1.230	20	24.344
Dakriet	173	80%	138	15	2.076
A & B-Hout	1.793	90%	1.614	15	24.367
C-Hout	316	90%	284	15	4.294
Totalen	**5.231**		**3.668**	**81**	**61.309**

Als basis voor het berekenen is de energiepotentie genomen van de geschikte bioafvalstromen. Zoals u kunt zien hebben de geschikte stromen een primaire energie van ongeveer 61.300 GJ.

Gemiddeld heeft torrefactie een algemeen rendement van 80%.[57] Uit onderzoek is voortgekomen dat 90% van de energie overblijft in biochar en dat 10% van de energie vrijkomt als gas.[58]

[57] C.P Kleinschmidt, "Statusoverzicht en impactanalyse torrefactie in Nederland", *AgentschapNL,*Arnhem, 2010, pagina 16

[58] P.C.A. Bergman et al, "Torrefaction for biomass co-firing in existing coal-fired power stations", *ECN biomass, ,* Petten, 2005, pagina 13.

Met deze rendementen krijg je de volgende cijfers:

Torrefactie	
Rendement algemeen %	80
Energie na conversie (GJ)	49.047
Vollasturen	7.600
Energie in biochar (GJ)	44.143
Energie in biochar (MJ)	44.142.703
Energie in biochar (kWh)	12.261.862
Conversierendement elektriciteit %	30
KWh elektriciteit na conversie	3.678.559
Conversierendement thermisch %	50
GJ thermisch na conversie	22.071
Energie in gas (GJ)	293
Energie in gas (MJ)	293.424
Energie in gas (kWh)	81.507
Conversierendement %	30
KWh na conversie	24.289
Totaal kWh elektriciteit potentie na conversie	3.678.559
Assense woningen	1.431

De conversierendementen zijn gelijk met de rendementen van vergassing en verbranding (29,8% en 30% voor energie en 50% voor thermische energie). Energie voor gas is voor intern gebruik gerekend, waardoor dus alleen de energie uit biochar is meegenomen. Dit komt dus neer op een productie van 3.678.560 kWh. Dit gedeeld door de 2.570 kWh per woning komt neer op 1.431 woningen voorzien van stroom. [59] Verder is er nog een thermisch rendement van 22.070 GJ (50% van de overgebleven 80%). Dit kan niet benut worden zonder warmtenet. Volgens dezelfde formule als het DWA (38,33 GJ per woning), zou dit thermische rendement 576 woningen van warmte kunnen voorzien.[60]

Op basis van literatuuronderzoek is een investeringsprijs van € 18.076.700 voortgekomen, inclusief een 10% onzekerheidsmarge.[61] De onderhoudskosten worden jaarlijks geraamd op 4% van de investeringskosten.[62] De afschrijvingskosten zijn gebaseerd op een lening van de Bank Nederlandse Gemeenten met een rentepercentage van 2.2% en een maximale looptijd van 40 jaar.

Voor de baten is uitgegaan van een elektriciteitsprijs van € 0,09 per kWh.[63] De besparingen in het kosten en baten overzicht komt voort door de externe kosten van de geschikte bioafvalstromen bij elkaar op te tellen (hoofdstuk 3 van dit rapport).

[59] Gemeente Assen, assen.incijfers.nl
[60] M.J. Berntsen, “Analyse Warmteaanbod en –vraag gemeente Assen”, *DWA,* 2019
[61] J. Koppejan en S. Madrali, “Status overview of Torrefaction technologies”, *Enviromental Science*, 2012.
[62] Ingvar Landälv, Lars Waldheim, “Building up the future: Cost of biofuel”, *European Commission,* 2017, pagina 25.
[63] Energievergelijken.nl, Leveringstarief”, https://www.energievergelijken.nl/energieprijzen/leveringstarief

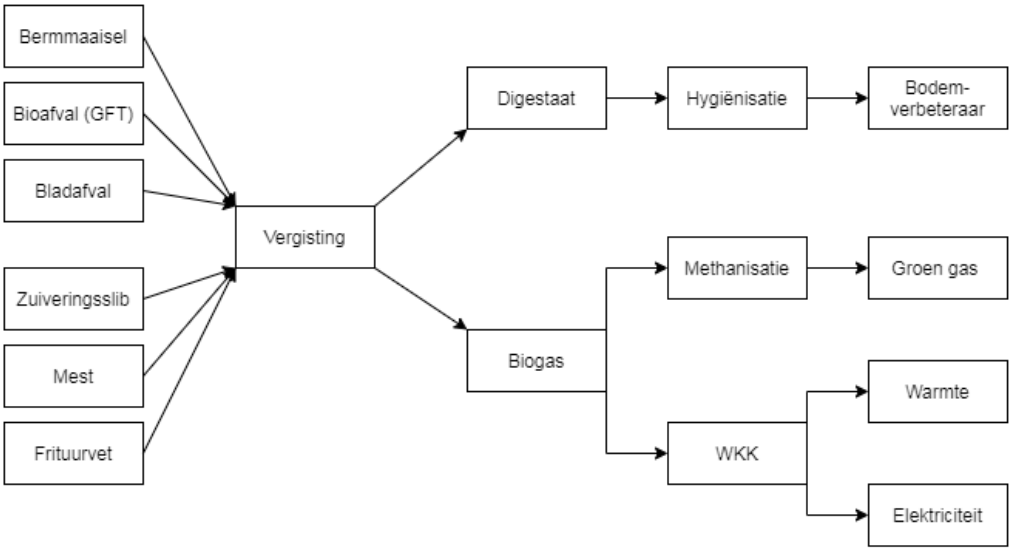
Hierdoor kom je dus tot het volgende overzicht:

Kosten			**Balans**	**Baten**	
Afschrijvingskosten	€ 660.808	40 jaar		Elektriciteitsverkoop	€ 331.070
Proceskosten	€ 723.069			Besparing externe verwerkingskosten	€ 169.932
				Besparing transportkosten	€ 93.041
				Besparing containerhuur	€ 12.548
Totaal	**€ 1.383.877**		€ -777.286	**Totaal**	**€ 606.591**

De milieuwinsten zijn uitgedrukt in kg CO_2 besparing per geproduceerde kWh aan elektriciteit. De formule hiervoor is het aantal geproduceerde kWh * 0,67 CO_2 = vermeden uitstoot.[64]

8.0 Vergisting

8.1 processamenvatting



Figuur 6 Processamenvatting Vergisting

8.2 Berekeningen

Bioafval	**T/afval**	**Beschik-baar %**	**Droge stofgehalte %**	**T/DS**	**MJ/kg DS**	**Tot. Energiepotentie in GJ**	**Organische DS %**	**T/oDS**	**M³/t oDS**	**Tot. M³**
Bermmaaisel	3.750	100	30	1125	17	19125	80	900	370	333.000
Zuiveringsslib	1.921	100	4	77	11	845	60	46	200	9.221
GFT	7.904	100	15	1186	9	10670	25	296	350	103.740
Frituurvet	7	100	95	7	38,1	253	92	6,118	850	5.200
Bladafval	1.000	100	35	350	15	5250	51	179	370	66.045
Natte mest	61.000	50	7,5	2288	16,7	38201	85	1944	400	777.750
Vaste mest	3.000	50	15	225	16	3600	75	169	500	84.375
Totalen	**78.582**			**5.257**		**77.945**		**3.540**		**1.379.331**

[64] Patricia Clevering-Loeffen et al, "optimalisatie WKK en biogasbenutting", *Stowa,* Amersfoort, 2011, pagina 18.

Als basis voor het berekenen is de energiepotentie genomen van de geschikte bioafvalstromen. Zoals u kunt zien hebben de geschikte stromen een primaire energie van 77.950 GJ en een biogaspotentieel van 1.379.330m³. Deze techniek kan mest verwerken, omdat deze stroom niet in handen van de gemeente zelf is en niet al het mest kan worden gebruikt, wordt er met 50% beschikbaarheid gerekend.

Voor vergisting zijn de volgende rendementen gebruikt:

Biogas m³	1.379.331
Interne warmtevraag %/biogas	5
Afbraakrendement %	60%
Biogas m³	758.632
Methaangehalte %	60
KWh/m³	6
WKK rendenement energie %	35
WKK rendement thermisch %	50
Verlies %	15
kWH/biogasopbrengst	4.551.793
WKK opbrengst energie (kWh_e)	1.593.127
WKK opbrengst Thermisch (kWh th)	2.275.896
Thermisch vermogen in GJ	8.193
Vollasturen	7622
KW	209
Assense woningen voorzien van stroom	620
Potentieel voor het aardgasnetwerk (M³)	531.042
Assense woningen voorzien van groen gas	396

Conform SDE++ adviezen, wordt 5% van het biogas potentieel voor intern gebruik gerekend.[65] Het afbraakrendement is in overleg met mijn professor gezet op 60%. Dit betekent dat van het primaire biogaspotentieel 55% overblijft (60% - 5%). Het methaangehalte in biogas ligt tussen de 60% en 70%.[66] In dit onderzoek ben ik uitgegaan van lage waardes in relatie tot de energieopbrengst, waardoor ik dus voor 60% heb gekozen. De 60% komt overeen met een kWh potentieel van 6 kWh per m³ biogas. De WKK rendementen komen voort uit literatuuronderzoek.[67] De 4.551.800 kWh komt voort door de 55% aan biogaspotentieel te vermenigvuldigen met de 6 kWh. Hiervan gaat 35% naar elektriciteit en 50% naar warmte. Het thermische vermogen in GJ, is teruggerekend aan de hand van de conversietabel. De vollasturen zijn conform SDE++ adviezen en het aantal kilowatts (KW) is berekend door het aantal kWh te delen door het aantal vollasturen.[68] Door het aantal kWh_e te delen een gemiddeld verbruik van 2.570 kWh per woning (2018), kunnen 620 woningen van stroom

[65] Planbureau voor de leefomgeving, "Eindadvies basisbedragen SDE++ 2020, Den Haag, 2020, pagina 90
[66] E-Kwadraat advies, "Biogas in de mobiliteit: Lokale productie, transportsystemen en afzet in de mobiliteit", Leeuwarden, 2011, pagina 22.
[67] Patricia Clevering-Loeffen et al, "optimalisatie WKK en biogasbenutting", *Stowa,* Amersfoort, 2011, pagina 18.
[68] Planbureau voor de leefomgeving, "Eindadvies basisbedragen SDE++ 2020, Den Haag, 2020, pagina 90

worden voorzien.[69] Via dezelfde formule als het DWA (38,33 GJ per woning), zouden er nog eens 214 woningen van warmte kunnen worden voorzien.[70]

Een andere optie is om het biogas om te zetten naar groen gas. Dit reken je uit door de 55% van de originele primaire energie te nemen en te vermenigvuldigen met 0,7.[71] Het gemiddelde verbruik per woning in Assen ligt op 1.340m³ (2018).[72] Dit komt overeen met een gasvoorziening voor 396 woningen.

Economisch gezien is er een wijd bereik omtrent de investeringskosten. Op basis van meerdere bronnen is er een uiteindelijk gemiddelde verkregen van € 2.718.000 inclusief 10% onzekerheidsmarge.[73],[74] Een installatie voor groen gas productie is duurder door de extra benodigde technologie. Conform SDE++ adviezen is € 84.440 extra gerekend.[75] De afschrijvingskosten zijn gebaseerd op een lening van de Bank Nederlandse Gemeenten met een rentepercentage van 2.2% en een looptijd van 10 jaar. De proceskosten hebben op basis van dezelfde literatuur een gemiddelde van circa € 129.700. Voor de baten is uitgegaan van een elektriciteitsprijs van € 0,09 per kWh en een gasprijs van € 0,287 per m³. [76], [77] De besparingen in het kosten en baten overzicht komen voort door de externe kosten van de geschikte bioafvalstromen bij elkaar op te tellen (hoofdstuk 3 van dit rapport). Met deze informatie zijn dus de volgende tabellen gecreëerd:

Scenario elektriciteit:

Kosten			**Balans**	**Baten**	
Afschrijvingskosten	€ 305.751	10 jaar		Opbrengst elektriciteit kWh_e	€ 143.381
Proceskosten	€ 129.734			SDE++ subsidie	€ 106.740
				Besparing externe verwerking	€ 481.782
				Besparing transportkosten	€ 184.998
				Besparing containerhuur	€ 600
Totaal	**€ 435.485**		€ 481.417	**Totaal**	**€ 916.902**

Scenario groen gas:

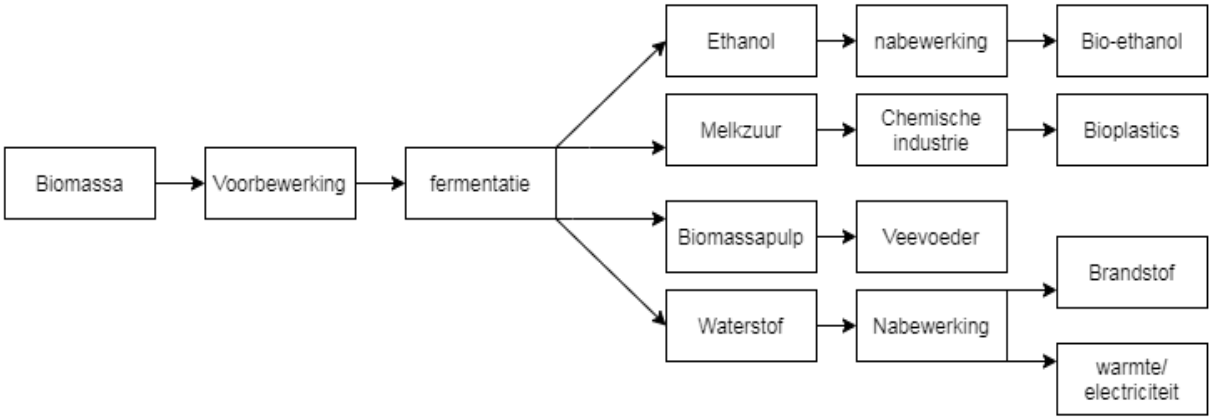
Kosten			**Balans**	**Baten**	
Afschrijvingskosten	€ 315.251	10 jaar		Groengas opbrengst	€ 152.409
Proceskosten	€ 129.734			SDE++ subsidie	€ 101.960
				Besparing externe verwerking	€ 481.782
				Besparing transportkosten	€ 184.998
				Besparing containerhuur	€ 600
Totaal	**€ 444.985**		€ 476.165	**Totaal**	**€ 921.150**

[69] Gemeente Assen, assen.incijfers.nl
[70] M.J. Berntsen, "Analyse Warmteaanbod en –vraag gemeente Assen", *DWA,* 2019
[71] E-Kwadraat advies, "Biogas in de mobiliteit: Lokale productie, transportsystemen en afzet in de mobiliteit", Leeuwarden, 2011, pagina 22.
[72] Gemeente Assen, assen.incijfers.nl
[73] Michiel Tijmensen & Rolf de Vos, "Bio-energie van eigen bodem", *Ecofys BV,* Utrecht, 2005. Pagina 86-95.
[74] Planbureau voor de leefomgeving, "Eindadvies basisbedragen SDE++ 2020, Den Haag, 2020, pagina 90
[75] Ibid, pagina 90
[76] Energievergelijken.nl, Leveringstarief", https://www.energievergelijken.nl/energieprijzen/leveringstarief
[77] Patricia Clevering-Loeffen et al, "optimalisatie WKK en biogasbenutting", *Stowa,* Amersfoort, 2011, pagina 18.

De milieuwinsten zijn uitgedrukt in kg CO_2 besparing per geproduceerde kWh aan elektriciteit. De formule hiervoor is het aantal geproduceerde kWh * 0,67 CO_2 = vermeden uitstoot.[78]

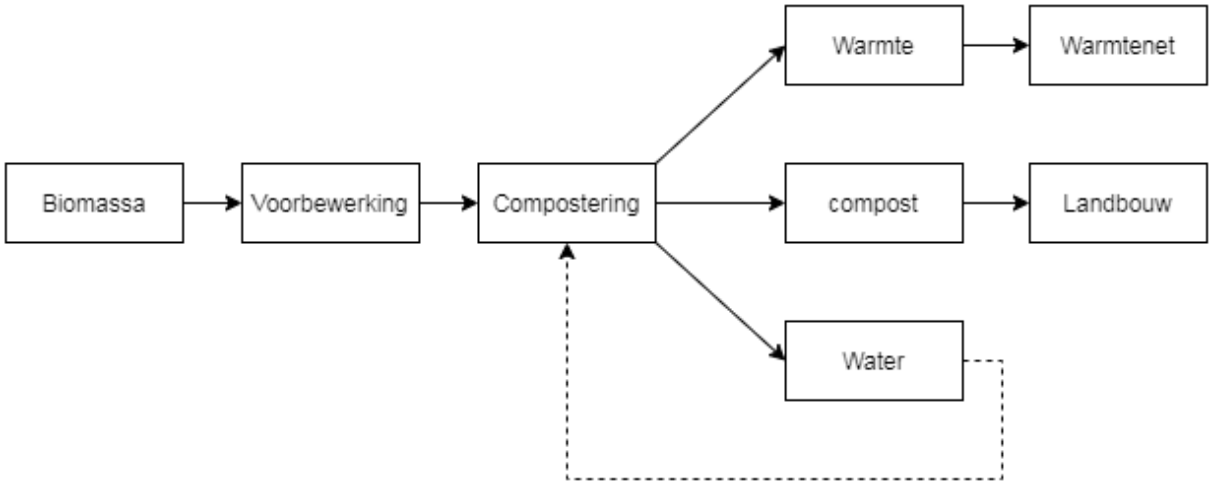
9.0 Overige technieken

9.1 processamenvatting Fermentatie



Figuur 7 Processamenvatting Fermentatie

9.2 Processamenvatting Compostering



Figuur 8 Processamenvatting Compostering

[78] Patricia Clevering-Loeffen et al, "optimalisatie WKK en biogasbenutting", *Stowa,* Amersfoort, 2011, pagina 18.

10.0 Bedrijvenoverzicht

Verbranden

Naam	Stad	Website	Email	Telefoon
BTG	Enschede	https://www.btgworld.com/nl/	office@btgworld.com	+31 (0)53 486 1186
Ennatuurlijk	Eindhoven	https://ennatuurlijk.nl/	klantenservice@ennatuurlijk.nl	085/2734567
Brouwer	Balkenburg	https://brouwerbiocentrale.nl/	info@brouwerbiocentrale.nl	0523 612761
Twence	Hengelo	twence.nl	info@twence.nl	074 240 44 44
Cogas	Almelo	Cogas.nl	info@cogas.nl	0546 836 666
Eneco	Rotterdam	Eneco.nl	CorporateCommunicatie@eneco.com	(0)88 895 1111
BES	Sittard	Besbv.nl	info@besbv.nl	-
BMC	Moerdijk	Bmcmoerdijk.nl	Contactformulier	-
BEC	Cuijk	Beccuijk.nl	Info@beccuijk.nl	485700200
Host	Enschede	Host.nl	info@host.nl	053 460 908

Vergassen

Naam	Stad	Website	Email	Telefoon
BTG	Enschede	https://www.btgworld.com/nl/	office@btgworld.com	+31 (0)53 486 1186
Nettenergy	Boskoop	http://www.nettenergy.com/	info@nettenergy.com	+31 172 232223
Stercore	Hoogeveen	Stercore.nl	Info@stercore.nl	+31 6 52 30 66 13
ECN	Petten	Ecn.nl	contactformulier	088 515 4949
Host	Enschede	Host.nl	info@host.nl	0534609080

Superkritisch vergassen

Naam	Stad	Website	Email	Telefoon
SCW Systems	Alkmaar	http://www.scwsystems.com/index.html	Info@scwsystems.com	0722001059
BTG	Enschede	https://www.btgworld.com/nl/	office@btgworld.com	+31 (0)53 486 1186

Pyrolyse

Naam	Stad	Website	Email	Telefoon
BTG	Enschede	https://www.btgworld.com/nl/	office@btgworld.com	+31 (0)53 486 1186
Empyro BV	Enschede	https://www.btg-btl.com/en/company/projects/empyro	office@btg-btl.com	+31 (0)53 486 2287
Nettenergy	Boskoop	http://www.nettenergy.com/	info@nettenergy.com	+31 172 232223

Torrefactie

Naam	Stad	Website	Email	Telefoon
BTG	Enschede	https://www.btgworld.com/nl/	office@btgworld.com	+31 (0)53 486 1186
Blackwood Technology	Hoofdorp	http://www.blackwood-technology.com/	Info@blackwoord-technology.com	(0)23 – 568 92 47
Torrcoal	Sittard	Torrcoal.nl	info@torrcoal.nl	+31 (0)46 477 51 70

Vergisten

Naam	Stad	Website	Email	Telefoon
Bioenergy Coevorden	Coevorden	www.bioenergycoevorden.nl	info@bioenergycoevorden.nl	+31(0)524 745 215
Kloosterman BV	Nieuweroord	kloostermanbiogas.com	info@kloostermanbiogas.com	0528 321371
BTG	Enschede	https://www.btgworld.com/nl/	office@btgworld.com	+31 (0)53 486 1186
Attero	Wijster	www.attero.nl	ssc@attero.nl	(088) 550 10 00
Agradu	Sint Nicolaasga	Agradu.nl	Online formulier	0854012980
De Meerlanden	Rijsenhout	https://www.meerlanden.nl/	info@meerlanden.nl	0297 381 777
Ecofuels	Well	https://www.ecofuels.nl/	info@ecofuels.nl	+31 (0)478 – 50 72 00
Orgaworld	Amersfoort	https://orgaworld.nl/	(online formulier)	088 90 86 110
Aben BV	Wanroij	https://www.abenbv.nl/	Aben@abenbv.nl	0485 45 19 85
Twence	Hengelo	Twence.nl	info@twence.nl	074 240 44 44
Host	Enschede	Host.nl	Info@host.nl	053 460 90 80

Composteren

Naam	Stad	Website	Email	Telefoon
Koers Handel B.V.	Hoogersmilde	www.kks.nl	kjkoers@kks.nl	(0592) 43 03 03
Attero	Wijster	www.attero.nl	ssc@attero.nl	(088) 550 10 00
Zuidema groep	Hoogeveen	www.zuidema-groep.nl	info@zuidema-groep.nl	(0528) 28 00 80
Renewi	Stadskanaal	www.renewi.com	afzetstadskanaal@renewi.com	(0599) 78 85 07
Indaver Vagroen BV	Groningen	www.vagroen.nl	info@vagroen.nl	+31888115097

Groencompostering en Grondbank Van Der Wal BV	Blijham	www.vanderwalblijham.nl	info@vanderwalblijham.nl	0597 561427
Gemeente Tytsjerksteradiel	Sumar	www.t-diel.nl	hmkallenkoot@t-diel.nl	14 0511
Orgaworld	Drachten	www.orgaworld.nl	info@orgaworld.nl	(073) 687 26 00
Greenbox BV	Leeuwarden	www.grobagroep.nl	info@groen-recycling.nl	088-126 29 00
Donkergroep BV	Sneek	www.donkergroep.com	info.groenrecycling@donkergroep.com	(0515) 41 73 25
Westra groenrecycling BV	Harlingen	www.westra-groenrecycling.nl	info@westra.nl	(0517) 43 13 50

Fermentatie

Naam	Stad	Website	Email	Telefoon
Alcoenergy	Rotterdam	https://www.alcoenergy.com/nl/	Info@alcoenergy.com	+31 (0) 181 24 25 00
Corbion	Amsterdam	Corbion.com	communications@corbion.com	+31 20 590 6911

Bokashi

Naam	Stad	Website	Email	Telefoon
Agriton	Wolvega e.o.	https://www.bokashi.nl/	Info@agriton.nl	0561 433115

11.0 Bronnenlijst

Afvalonline, “nieuwe eisen aan compost voor akkerbouw”, https://afvalonline.nl/bericht?id=31734

BBI-JU Europe, “about BBI JU”, https://www.bbi-europe.eu/about/about-bbi

Belastingdienst, “Tabellen Tarieven Milieubelasting”, https://www.belastingdienst.nl/wps/wcm/connect/bldcontentnl/belastingdienst/zakelijk/overige_belastingen/belastingen_op_milieugrondslag/tarieven_milieubelastingen/tabellen_tarieven_milieubelastingen?projectid=6750bae7%2D383b%2D4c97%2Dbc7a%2D802790bd1110

Bergman, P C.A., Boersma, A R, Zwart, R W.R., en Kiel, J H.A, “Torrefaction for biomass co-firing in existing coal-fired power stations”, *ECN biomass, ,* Petten, 2005.

Berntsen, M.J., “Analyse Warmteaanbod en –vraag gemeente Assen”, *DWA,* 2019

Bij12, “Vergunningen en toestemmingsbesluiten”, https://www.bij12.nl/onderwerpen/stikstof-en-natura2000/vergunningen-en-toestemmingsbesluiten/

Biofuelsdigest “Biomass Pyrolysis comes of age”, https://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2017/06/08/biomass-pyrolysis-comes-of-age/

Btg-btl , “Heat and power from pyrolysis oil”, https://www.btg-btl.com/en/applications/heat-power

Clevering-Loeffen, Patricia, Klaassens, Nard, Schelleman Ferd, Geraats, Bert, “optimalisatie WKK en biogasbenutting”, *Stowa,* Amersfoort, 2011, pagina 18.

Coenen, joep, Schlatmann, Stijn, “Rentabiliteit biomassa WKK”, *Cogen Projects,* 2007

Dellaert, Rik, Haers, Sander, Heijens, Jeroen, van Hoeve, Thomas, “Adviesrapport innovatieve vergisting”, *Avans Hogeschool,* Breda, 2010.

E-Kwadraat advies, “Biogas in de mobiliteit: Lokale productie, transportsystemen en afzet in de mobiliteit”, Leeuwarden, 2011.

ELENA, https://www.eib.org/en/products/advising/elena/index.htm

Energievergelijken.nl, “Leveringstarief”, https://www.energievergelijken.nl/energieprijzen/leveringstarief

Energinet.dk, “systemperspektiv 2035-bilagsrapporten”, 2018, https://energinet.dk/systemperspektiv2035

Energy Conversion Parks, “Pyrolyse”, http://ecp-biomass.eu/sites/ecp-biomass.eu/files/books/HP_reviewECP%20technologie%20beschrijving%20Pyrolyse%20-%2028_01_2011.pdf

Energy Conversion Parks, “verbranding”, https://ecp-biomass.eu/sites/ecp-biomass.eu/files/books/ECP%20TF%20Verbranding_LG_HP_2nd.pdf

Energy Conversion Parks, “vergassing”, http://ecp-biomass.eu/sites/ecp-biomass.eu/files/books/HP_review_ECP%20hbk%20procesbeschr%20Vergassing

Europees Parlement, Verordening (EG) nr. 1069/2009 van het Europees Parlement en de Raad van 21 oktober 2009 tot vaststelling van gezondheidsvoorschriften inzake niet voor menselijke consumptie bestemde dierlijke bijproducten en afgeleide producten en tot intrekking van Verordening (EG) nr. 1774/2002 (verordening dierlijke bijproducten)

Europese Commissie, "Innovation fund", https://ec.europa.eu/clima/policies/innovation-fund_en

Europese Commissie "What`s next? The investEU programme (2021-2027)", https://ec.europa.eu/commission/priorities/jobs-growth-and-investment/investment-plan-europe-juncker-plan/whats-next-investeu-programme-2021-2027_en#:~:text=By%20using%20an%20EU%20budget,to%20investment%20in%20the%20EU.&text=The%20EU%20budget%20guarantee%20can,investment%20between%202021%20and%202027.

Gemeente Assen, assen.incijfers.nl

Kleinschmidt, C.P, "Statusoverzicht en impactanalyse torrefactie in Nederland", *AgentschapNL,* Arnhem, 2010.

Koppejan, J., Madrali, S., "Status overview of Torrefaction technologies", *Enviromental Science*, 2012.

Landälv ,Ingvar, Waldheim, Lars, "Building up the future: Cost of biofuel", *European Commission,* 2017.

NOM, https://www.nom.nl/diensten/financieringen/financieringsmogelijkheden/

NOS, "Miljarden voor `Wopke-Wiebesfonds` komen er toch" https://nos.nl/artikel/2347117-miljarden-voor-wopke-wiebesfonds-komen-er-toch.html

Pfeiffer a.e., de Lange, T.J. , "Kosten duurzame elektriciteit, afvalverbrandingsinstallaties", *ECN, 2003.*

Planbureau voor de leefomgeving, "Eindadvies basisbedragen SDE++ 2020, Den Haag, 2020.

Provincie Drenthe, "Investeringsagenda 2020-2023", https://www.provincie.drenthe.nl/organisatie-bestuur/financien/investeringsagenda/

Provincie Drenthe, "Omgevingsvergunning voor het milieu aanvragen", https://www.provincie.drenthe.nl/@125126/omgevingsvergunning-0/

Pyrobest, "Pyrolyse van bermgras en biomassa rest-stromen" https://projecten.topsectorenergie.nl/projecten/pyrolyse-van-bermgras-en-biomassa-rest-stromen-00018835

RVO "Aanvragen Stimulering Duurzame Energieproducten en klimaattransitie (SDE++)", https://www.rvo.nl/subsidie-en-financieringswijzer/stimulering-duurzame-energieproductie-en-klimaattransitie-sde/aanvragen-sde

RVO, "Biobased Industries JU" https://www.rvo.nl/subsidie-en-financieringswijzer/joint-technology-initiatives/jti-bbi

RVO, “Hernieuwbare Energietransitie (HER+)”, https://www.rvo.nl/subsidie-en-financieringswijzer/hernieuwbare-energietransitie

RVO, “Technieken vergisting”, https://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/duurzame-energie-opwekken/bio-energie/vergisting-en-vergassing/technieken-vergisting

RVO “Wet- en regelgeving biomassa”, https://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/duurzame-energie-opwekken/bio-energie/wet-en-regelgeving-biomassa

Rijksoverheid, “Besluit gebruik meststoffen”, https://wetten.overheid.nl/BWBR0009066/2020-01-01#BijlageI

Rijksoverheid “Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling (EFRO)”, https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/europese-subsidies/europese-structuur--en-investeringsfondsen/europees-fonds-voor-regionale-ontwikkeling-efro

Rijksoverheid, “Wet milieubeheer”, https://wetten.overheid.nl/BWBR0003245/2020-07-01#Hoofdstuk8

Rijkswaterstaat (A), “Biomassa in het activiteitenbesluit”, https://www.infomil.nl/onderwerpen/lucht-water/stookinstallaties/biomassa-0/emissieregimes

Rijkswaterstaat (B), “biomassa in het activiteitenbesluit”, https://www.infomil.nl/onderwerpen/lucht-water/stookinstallaties/biomassa-0/welk-regime-welke/

SNN, “over SNN”, https://www.snn.nl/over-snn

Tijmensen, Michiel, De vos, Rolf “Bio-energie van eigen bodem”, *Ecofys BV,* Utrecht, 2005.

Torretta, Vincenzo, Rasa, Elena Cristina, Istrate, Irina, Ragazzi, Marco , “Poultry Manure gasification and its energy yield”, *UPB scientific bulletin, Series D: Mechanical Engineering, Vol. 75:1, 2013.*

Vögeli, Y., Riu Lohri, C., Gallardo, A., Diener, S., & Zurbrüg, C., Anaerobic digestion of biowaste in developing countries : practical information and case studies. (S. Mercer, Ed.). Dübendorf, Switzerland: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag), 2014