



Eindrapportage ECP-case Breda

Ir. P.J. Reumerman
L. Uitdewilligen MSc
dr. ir. J. Venselaar
dr. N.M. Márquez Luzardo
L. Goovaerts MSc

INHOUD

1	INLEIDING	1
1.1	HET PRINCIPE VAN EEN ENERGIECONVERSIEPARK (ECP)	1
1.2	HET PROJECT ENERGIECONVERSIEPARKEN	1
1.3	INHOUD RAPPORTAGE	3
2	IN KAART BRENGEN LOKALE SITUATIE	4
2.1	OVERZICHT BESCHIKBARE EN BENUTBARE BIOMASSASTROMEN	4
2.1.1	<i>Vastgesteld plan van aanpak</i>	4
2.1.2	<i>Uitgevoerde activiteiten</i>	5
2.1.3	<i>Beschouwde biomassastromen</i>	6
2.1.4	<i>Resultaten</i>	7
2.2	BESTAANDE INSTALLATIES EN INITIATIEVEN	10
2.2.1	<i>Gesprekken met partijen</i>	10
2.2.2	<i>Bestaande installaties en initiatieven</i>	12
2.3	BEHOEFTE AAN ENERGIEPRODUCTEN	14
2.4	DUURZAME AANBESTEDING VAN BIOMASSA	14
2.5	EVALUATIE PROCES MET LEERPUNTEN	16
3	OPSTELLEN ECP CONCEPTEN	17
3.1	AANPAK VAN DE ONTWIKKELING VAN DE CONCEPTEN	17
3.2	TECHNISCHE UITWERKING ECP CONCEPT	22
3.2.1	<i>Biomassa beschikbaarheid</i>	22
3.2.2	<i>Technische haalbaarheid ECP Breda</i>	23
3.2.3	<i>Technische uitwerking ECP concepten</i>	31
3.2.4	<i>Resultaten</i>	33
3.3	EVALUATIE PROCES MET LEERPUNTEN	37
4	ECONOMISCHE ANALYSE	39
4.1	ECONOMISCHE UITWERKING	39
4.1.1	<i>Opzet en aannamen economische uitwerkingen</i>	39
4.1.2	<i>Resultaten: variatie in input- en outputstromen</i>	45
4.1.3	<i>Resultaten: variatie van kosten en prijzen</i>	49
4.2	ECONOMISCHE EVALUATIE ECP-BREDA DOOR UNIVERSITEIT HASSELT	53
4.3	EVALUATIE PROCES MET LEERPUNTEN	53
5	UITWERKING ECP BREDA	54
5.1	INLEIDING	54
5.2	TECHNISCHE UITWERKING	54
5.3	FINANCIEEL/ECONOMISCHE UITWERKING	59
5.4	EVALUATIE PROCES MET LEERPUNTEN	64
6	DUURZAAMHEID VAN COVERGISTING EN DE PRODUCTIE VAN LBM (OPTIMALE CASE BREDA ZONDER SUBSIDIE)	65
6.1	AFBAKENING VAN HET SYSTEEM	65
6.2	BIJPRODUCTEN EN ALLOCATIE	66
6.3	METHODOLOGIE EN DATA VOOR MODELLERING	66

6.4	AANNAMES	67
6.5	DEFINIËREN FOSSIELE REFERENTIE	68
6.6	RESULTATEN	69
6.6.1	<i>Energiebalans en energie-efficiëntie</i>	69
6.6.2	<i>Broeikasgasbalans</i>	73
6.7	CONCLUSIE DUURZAAMHEID ECP CONCEPT BREDA	75
7	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	77
7.1	CONCLUSIES	77
7.2	AANBEVELINGEN	79
8	REFERENTIES	80

APPENDIX A: ECONOMISCHE EVALUATIE ECP-BREDA UNIVERSITEIT HASSELT

APPENDIX B: REFERENTIES GEBRUIKTE GEGEVENS

LIJST VAN AFKORTINGEN, EENHEDEN EN BEGRIPPEN

Afkortingen

ECP	EnergieConversiePark
EIA	Energie Investeringsaftrek
EV	Eigen vermogen
GFT	Groente- Fruit- en Tuinafval
IRV	Interne rentevoet
IVB	Inrichtingen- en vergunningenbesluit milieubeheer
LBM	Liquid Biomethane (vloeibaar biomethaan), ook wel bio-LNG genoemd
mer	milieu effect rapportage
MJA	Meerjarenafpraak
NER	Nederlandse emissierichtlijn
NPR	Nederlandse Praktijkrichtlijn
RWZI	Rioolwaterzuiveringsinstallatie
SDE	Regeling Stimulering Duurzame Energieproductie
SDE+	Regeling Stimulering Duurzame Energieproductie plus
TVT	Terugverdientijd
Wm	Wet Milieubeheer
Wro	Wet ruimtelijke ordening
WKK	Warmte Kracht Koppeling

Eenheden

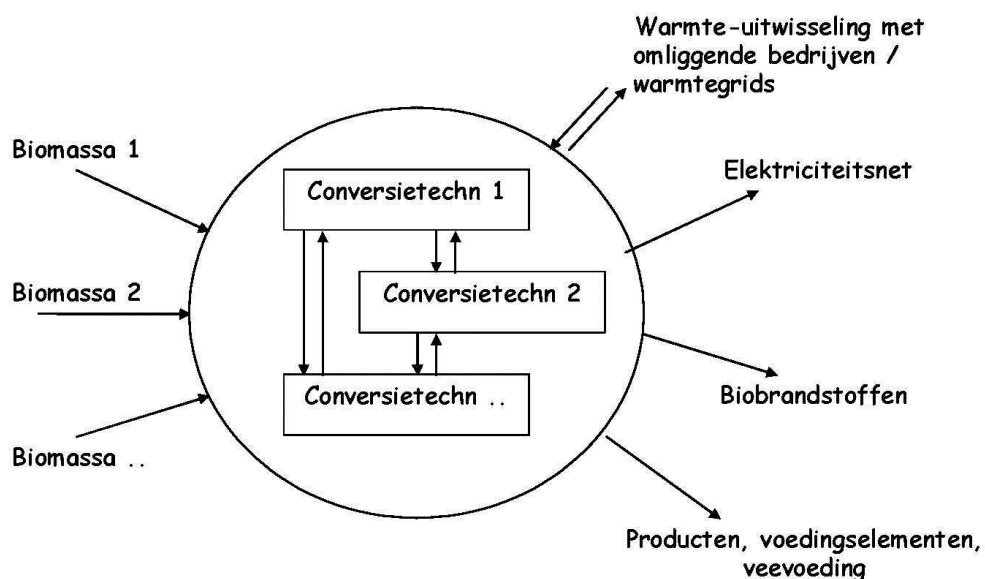
ds	droge stof
os	organische stof
GJ	GigaJoule (1.000.000.000 Joule)
J	Joule (eenheid van energie)
KJ	KiloJoule (1.000 Joule)
kW	kiloWatt
MJ	MegaJoule (1.000.000 Joule)
MW _e	Megawatt elektrisch
MW _{th}	Megawatt thermisch
nb	Natte basis
ppm	Parts per million (0,01%)
kW _e	kiloWatt elektrisch = elektrisch vermogen (1 kiloWatt = 1.000 Watt)
MWh	MegaWattuur (1 MegaWatt = 1.000.000 Watt);
Nm ³	Normaal kubieke meter (volume in m ³) bij 1 bar en 0 graden Celsius
TJ	TeraJoule (1.000.000.000.000 Joule)

1 INLEIDING

1.1 Het principe van een EnergieConversiePark (ECP)

Biomassa kan via een groot aantal uiteenlopende conversietechnieken omgezet worden in warmte, elektriciteit, biobrandstoffen of andere producten. Momenteel gebeurt dit nog vaak in een installatie die ontworpen is voor één specifieke vorm van biomassa en ook één specifieke output (of outputs) heeft. Hierdoor wordt de biomassa vaak niet optimaal benut; er blijft warmte (of andere energiestromen) over en/of residuen moeten afgevoerd worden. Daarnaast is transport over kortere of langere afstanden niet te vermijden. Dit alles maakt dat dergelijke mono-processen economisch moeilijk rendabel te maken zijn.

Een oplossing voor deze problemen is een zogenoemd EnergieConversiePark (ECP). Binnen een dergelijk park worden op een slimme en energetisch optimale manier verschillende verwerkingstechnieken gecombineerd. Hierbij wordt gebruik gemaakt van regionaal beschikbare biomassastromen. Deze stromen worden, binnen het ECP, door een combinatie van conversietechnieken omgezet in elektriciteit, warmte, biobrandstoffen en/of producten die ook weer regionaal te gebruiken zijn. Naast kosten- en milieuvordelen kan door het gebruik van een ECP ook een bijdrage worden geleverd aan de verbetering van het regionale economische klimaat. Een grafische weergave van het ECP-concept is weergegeven in Figuur 1.



Figuur 1: Het ECP concept

1.2 Het project Energieconversieparken

In het kader van het Interreg project “EnergieConversieParken (ECP) voor de verwerking van lokale biomassastromen” is het bovengenoemde concept verder uitgewerkt. Dit Interreg project wordt uitgevoerd door een consortium van Vlaamse en (zuid-)Nederlandse projectpartners. Het betreft de volgende (kennis)instellingen:

- VITO (België);
- Avans Hogeschool (Nederland);

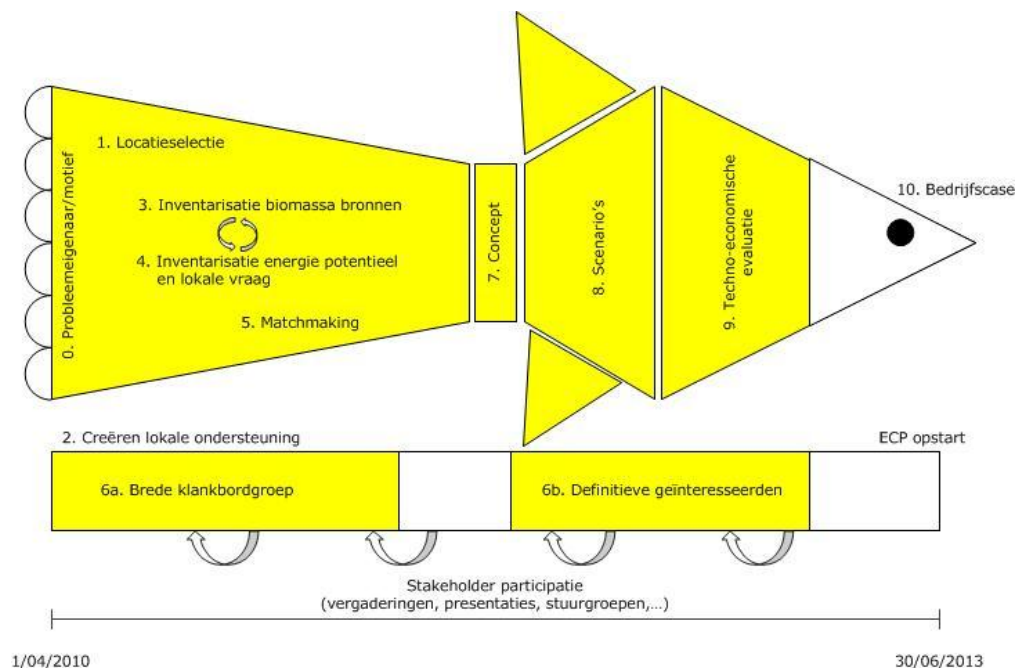
- Wageningen Universiteit (Nederland);
- Hogeschool Zeeland (Nederland);
- Universiteit Hasselt (België).

De kern van het project betreft de daadwerkelijke ontwikkeling van vijf ECP concepten voor diverse, vooraf geselecteerde locaties. Het project omvat geen implementatie; het is de bedoeling dat de plannen voor een ECP tot op het niveau van businessplannen worden ontwikkeld, waarna marktpartijen deze verder kunnen gaan realiseren. Deze marktpartijen worden wel in een zo vroeg mogelijk stadium bij het project betrokken om zo de kans op daadwerkelijke realisatie zo groot mogelijk te maken.

Avans Hogeschool is verantwoordelijk voor de ontwikkeling van de ECP's in Moerdijk en Breda (beide Noord-Brabant). Ter ondersteuning hiervan is BTG Biomass Technology Group B.V. gevraagd om Avans te assisteren bij de volgende drie onderdelen:

1. Input geven aan de ECP handleiding en kennisstelsel;
2. Uitvoering en coördinatie van de ECP-locatie Moerdijk;
3. Uitvoering en coördinatie van de ECP-locatie regio Breda.

De uitvoering en coördinatie van de ECP's op de locaties Moerdijk en Breda zijn elk onderverdeeld in diverse onderdelen. Deze onderdelen, en hoe deze in het geval van de case Breda in elkaar grijpen zijn in de navolgende figuur aangegeven:



Figuur 2: Relatie en wisselwerking in de tijd tussen de verschillende hoofdtaken. In de figuur wordt ook specifiek aangeduid welke onderdelen zijn doorlopen in het geval van de ECP case Breda..

In het eerste onderdeel (nummer 0, 1, 3, 4 en 5) wordt de lokale situatie verkend en in kaart gebracht. Biomassastromen, energievraag en mogelijk geïnteresseerde partijen worden in kaart gebracht. In het tweede onderdeel (2, 6a en 6b) wordt draagvlak en lokale ondersteuning gecreëerd en onderhouden. In het derde onderdeel (7, 8, 9 en 10) wordt het

ECP uitgewerkt, worden er scenario's voorgesteld op basis waarvan keuzen gemaakt worden, en worden de gekozen scenario's verder uitgewerkt. Onderdeel 10 (uitwerken case op bedrijfsniveau) is niet uitgevoerd in het kader van de case Breda, omdat er nog geen partij geïdentificeerd is met concrete belangstelling om de case te realiseren.

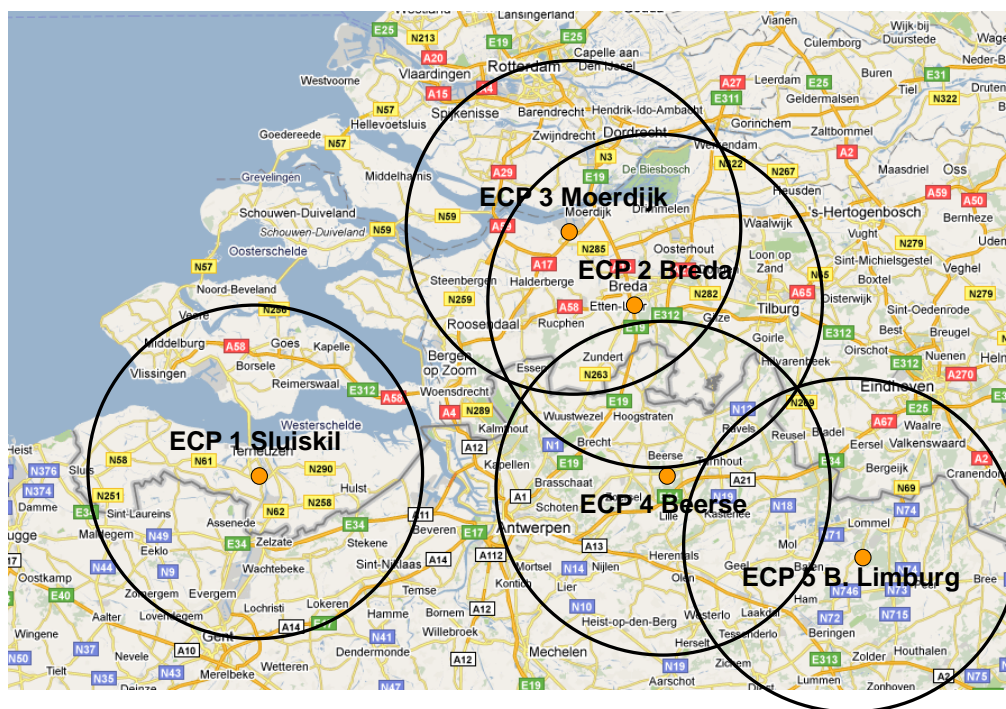
1.3 Inhoud rapportage

In dit rapport wordt ingegaan op de ontwikkeling van het ECP Breda. In hoofdstuk 2 wordt ingegaan op de lokale situatie, inclusief de biomassabeschikbaarheid, bestaande installaties en wensen en behoeften van partijen. In hoofdstuk 3 is het proces van het technisch opzetten van het ECP concept Breda beschreven. Daarnaast is in dit hoofdstuk beschreven hoe het ECP concept technisch uitgewerkt is, inclusief een beschrijving van de mogelijke in- en outputs. Aan de hand van een DCF (Discounted CashFlow) model wordt in hoofdstuk 4 een globale economische evaluatie van diverse ECP scenario's gemaakt. Op basis van economische criteria wordt vervolgens het meest optimale ECP gekozen. Dit ECP wordt vervolgens, aan de hand van gegevens van leveranciers, verder uitgewerkt in hoofdstuk 5. De duurzaamheidsanalyse van het meest optimale ECP wordt in hoofdstuk 6 uitgelegd. In hoofdstuk 7 worden conclusies en aanbevelingen geformuleerd. De gebruikte referenties zijn vermeld in hoofdstuk 8.

2.1 Overzicht beschikbare en benutbare biomassastromen

2.1.1 Vastgesteld plan van aanpak

Essentieel onderdeel van een energieconversiepark is de beschikbaarheid van biomassa. Biomassa is over het algemeen verspreid in een gebied beschikbaar en heeft een lagere energiedichtheid dan fossiele brandstoffen. Dat wil zeggen dat transport duurder is, zowel in termen van energie als ook in termen van kosten. Initieel was het de bedoeling om een biomassa inventarisatie uit te voeren in een straal van 30 km rond de ECP-locaties (zie Figuur 3).



Figuur 3: Locatie van de vijf ECP-locaties. De cirkels geven een straal van 30 km aan.

Echter, omdat er kans was op ongewenste overlap met bestaande duurzame energie projecten in Moerdijk (het project Duurzame Verbindingen) is ervoor gekozen om de biomassa beschikbaarheidsstudie breder in te steken, voor beide cases in Noord-Brabant samen. Deze keuze is ook gemaakt om te voorkomen dat deze studie opnieuw uitgevoerd zou moeten worden indien er een andere ECP-locatie gezocht moest worden. Uiteindelijk is er voor gekozen om de beschikbaarheid van biomassa in de gehele regio West-Brabant, en enkele gemeenten in Zeeland en Zuid-Holland, te onderzoeken.

Typen biomassapotentiëlen

Er zijn verschillende typen biomassa potentiëlen (Biomass Energy Europe, 2011). Een opsomming van deze typen is hieronder gegeven, inclusief een verkorte definitie.

- *Theoretisch potentieel* – maximale hoeveelheid biomassa (op land) die vrij kan komen voor bio-energie, binnen de fundamentele biofysische limieten. In het geval van residuen is het theoretisch potentieel gelijk aan de hoeveelheden die vrijkomen.
- *Technisch potentieel* – dat deel van het theoretisch potentieel dat beschikbaar is voor bio-energie, waarbij rekening gehouden wordt met technische mogelijkheden, zoals oogstechnieken, infrastructuur, toegankelijkheid e.d.
- *Economisch potentieel* – dat deel van het technische potentieel dat benut kan worden voor bio-energie op een wijze die aan bepaalde economische (winst)criteria voldoet.
- *Implementatiepotentieel* – dat deel van het economisch potentieel dat benut kan worden voor bio-energie binnen een gegeven periode en onder een vaste set van randvoorwaarden (economisch, politiek, etc.).

Uit deze definities is duidelijk dat het van belang is om te bepalen welk type biomassapotentieel wordt bedoeld. In het kader van deze studie is het theoretisch en het technische potentieel onderzocht. Het economisch potentieel is niet als uitgangspunt genomen omdat een ECP juist bedoeld is om tot een betere verwaarding van biomassa te komen; biomassa die - economisch gezien - momenteel niet benut kan worden, is mogelijk wel geschikt voor verwerking in een ECP. Dit is ook de reden waarom het implementatiepotentieel niet centraal is gesteld.

2.1.2 Uitgevoerde activiteiten

De biomassa beschikbaarheidsstudie is uitgevoerd in een gebied dat West-Brabant omvat en enkele gemeenten in Zeeland (Tholen) en Zuid-Holland (Cromstrijen, Dordrecht en Strijen). In Figuur 4 zijn de in het onderzoek betrokken Brabantse gemeente weergegeven:



Figuur 4: Gemeenten in West-Brabant die onderdeel uitmaken van de scope van de beschikbaarheidsstudie (groene gedeelte). Het grootste gedeelte van deze gemeenten ligt binnen een straal van 30 km rond Breda en Moerdijk.

In totaal is de studie uitgevoerd voor 29 gemeenten. Deze hebben gezamenlijk een inwoneraantal van 1,2 miljoen (7,5% van Nederland) en beslaan een oppervlak van 6,3% van Nederland.

Voor de uitvoering van de biomassa beschikbaarheidsstudie is een taakverdeling afgesproken tussen Avans Hogeschool en BTG. BTG heeft zich binnen dit onderzoek gericht op de literatuur en algemeen beschikbare bronnen. Avans Hogeschool heeft twee studenten beschikbaar gesteld die, in het kader van hun stage opdracht voor de opleiding Chemische Technologie, een enquête hebben gehouden onder een groot aantal producenten en afnemers van biomassa en/of bio-energie¹.

In deze biomassa-beschikbaarheidsstudie is ervoor gekozen om een inventarisatie uit te voeren via twee routes, te weten:

- Berekeningen op basis van literatuurgegevens zoals CBS cijfers en kentallen.
- Enquête bij producenten en verwerkers van biomassa in het doelgebied. Een lijst van 82 relevante bedrijven is opgesteld aan de hand van databases met producenten, gebruikers en handelaren in biomassa en energie.

De onderzoeksmethoden die gebruikt zijn voor de beschikbaarheidsstudie zijn het verzamelen van algemene gegevens via bestaande bronnen en het houden van een enquête (door Avans Hogeschool). De bronnen die hiervoor zijn gebruikt zijn onder andere het CBS en publiek beschikbare gegevens van gemeenten, regio's en provincies. De volledige referentielijst is weergegeven in de deeltaakrapportage van BTG (2011) ("Energieconversieparken in Noord-Brabant (NL); Rapportage taak 1"). Op de enquête is door 13 van de 82 benaderde bedrijven positief gereageerd. Het responspercentage is daarmee 16%. Door dit lage responspercentage, is het niet mogelijk om de resultaten van deze directe benadering goed te vergelijken met de resultaten die verkregen zijn op basis van literatuurgegevens en kentallen.

2.1.3 Beschouwde biomassastromen

In de volgende paragrafen wordt van de in het gebied onderzochte biomassastromen het theoretisch potentieel en een indicatie van het technisch potentieel aangegeven. Het betreft de beschikbaarheid en de eigenschappen van de volgende biomassastromen:

- Verse houtstromen;
- GFT afval;
- Bouw- en sloophout;
- Natuurgras;
- Berm- en slootmaaisel;
- Dierlijke mest;
- RWZI slib.

Diverse vrijkomende biomassastromen zijn niet als potentiëlen genoemd. Het betreft de volgende stromen:

¹ Deze twee studenten waren Gisleine Gomez en Koen van Beurden. Zij zijn begeleid binnen Avans Hogeschool door Mw. N.M. (Nathalie) Márquez Luzardo.

Stro en andere droge gewasbijproducten uit de akkerbouw

De totale landelijke stroproductie in Nederland wordt geschat op 1,1 miljoen ton/jaar (Koppejan et al., 2009). Deze schatting is gedaan door het landbouwareaal aan stro-producerende gewassen (tarwe, gerst, haver, rogge, erwt, koolzaad, veldbonen, kapucijners) te nemen (210.000 ha in Nederland) en aan de hand daarvan te bepalen wat de gewasrest is. Als aangenomen wordt dat deze productie proportioneel zou plaatsvinden in het studiegebied (6,3% van het oppervlak van Nederland), is de productie van stro in het studiegebied ca. 70.000 ton/jaar.

Een deel van deze stroproductie blijft achter op het veld (25%). Voor de resterende 75% zijn goede niet-energie toepassingen zoals bv. bodemverbetering beschikbaar. De totale behoefte aan stro in Nederland is zodanig dat er regelmatig stro-importen in Nederland plaatsvinden. Daarnaast is conversie van stro in principe goed mogelijk – zoals diverse installaties in Denemarken met name laten zien – maar qua installatie wel kapitaalintensiever dan houtverbranding. Om deze redenen is stro weliswaar technisch gezien beschikbaar voor energieopwekking, maar zal energieopwekking uit stro in Nederland in de praktijk niet snel gebeuren.

Natte gewasresten

Natte gewasresten betreffen die residuen die achterblijven op het veld na de oogst. Voor Nederland als geheel worden deze gewasresten geschat op 985 kton_{ds}²/jaar (Koppejan et al., 2009). Als aangenomen wordt dat een proportioneel gedeelte in het studiegebied beschikbaar is, dan bedraagt de productie van natte gewasresten in het studiegebied ca. 62 kton_{ds}/jaar.

Op dit moment worden de natte gewasresten weinig gebruikt. Natte gewasresten worden bijna altijd ondergewerkt (dat wil zeggen ondergeploegd in het veld), onder andere om het organische stof gehalte van de landbouwgrond op peil te houden. Infrastructuur om natte gewasresten te oogsten ontbreekt. Gegeven deze praktijk is het niet realistisch te verwachten dat natte gewasresten binnen een redelijke termijn op significante schaal benut zullen worden.

2.1.4 Resultaten

De resultaten van de genoemde enquête zijn in detail beschreven in het rapport getiteld ‘Stage project: Inventarisatie Reststromen Biomassa West-Brabant 2011’, Avans Hogeschool (2011). De resultaten van de biomassa beschikbaarheidsstudie van BTG zijn in detail beschreven in de deeltaakrapportage van BTG (2011) (“Energieconversieparken in Noord-Brabant (NL); Rapportage taak 1”). In het navolgende worden de geaggregeerde resultaten van de laatstgenoemde studie weergegeven.

In Tabel 1 is een overzicht gegeven van het theoretisch en technisch potentieel van alle biomassastromen. In veel gevallen is het technisch potentieel gelijk aan het theoretisch potentieel. In voorkomende gevallen (uitgelegd in het rapport van BTG (2011)) is het technische potentieel lager.

² Ton_{ds}=gewicht in tonnen, op droge basis

Tabel 1: Biomassa beschikbaarheid van alle beschouwde biomassastromen

Type biomassaastroom	Theoretisch potentieel (ton/jaar)	Technisch potentieel (ton/jaar)
Dunne mest varkens en rundvee	3.450.938	2.872.266
Vaste mest pluimvee	62.773	62.773
GFT-afval	97.915	97.915
Berm-, dijk- en slootmaaisel	25.174	25.174
Knip- en snoeihout van gemeenten	55.586	27.793
Grof tuinafval van particulieren (houtfractie)	43.873	10.968
Hout van landschapsbeheerders	23.877	5.969
Rooi- en snoeihout van fruit- en boomtelers	59.877	10.171
A-B hout	33.599	33.599
natuurgras	43.274	43.274
RWZI-slib	131.823	0

Energieopbrengst van de beschouwde biomassastromen

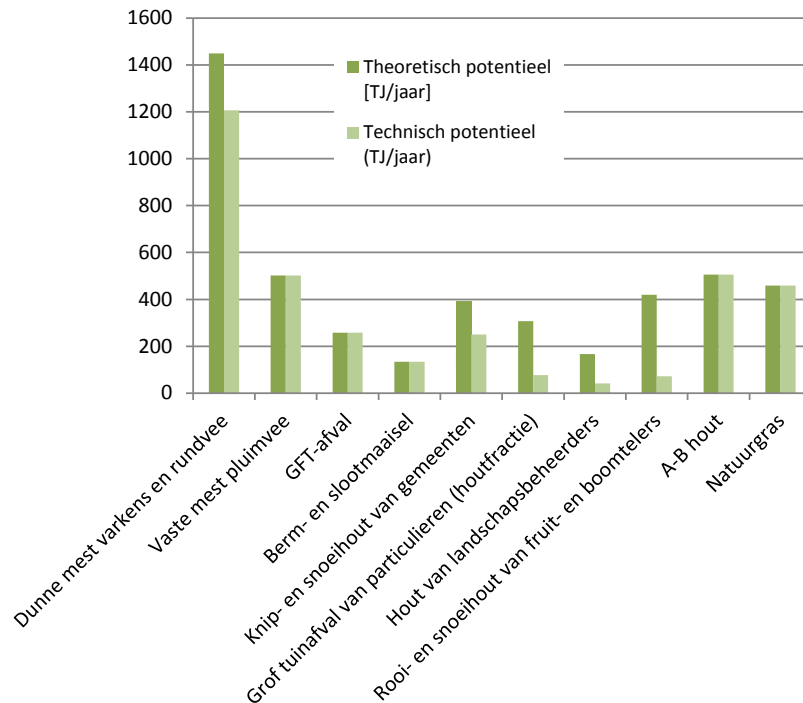
De energieopbrengst van de verschillende biomassastromen varieert sterk (zie Tabel 2). Thermische conversie van hout met een laag vochtgehalte (A-B hout) levert per ton natuurlijk meer energie op dan RWZI slib, dat praktisch gesproken geen netto energie oplevert bij verwerking.

Tabel 2: Energieopbrengst van de verschillende biomassastromen

Type biomassaastroom	Energieopbrengst (GJ/ton)	Bron
Dunne mest varkens en rundvee	0,42	BTG, 2008 (vergisting)
Vaste mest pluimvee	8,00	BTG, 2008 (vergisting)
GFT-afval	2,63	profnieuws, 2009 (vergisting)
Berm-, dijk- en slootmaaisel	5,30	Senternovem, 2001 (vergisting)
Knip- en snoeihout van gemeenten	7	ECN, 2010 (verbranding)
Grof tuinafval van particulieren (houtfractie)	7	ECN, 2010 (verbranding)
Hout van landschapsbeheerders	7	ECN, 2010 (verbranding)
Rooi- en snoeihout van fruit- en boomtelers	7	ECN, 2010 (verbranding)
A-B hout	15,1	Twence, 2004 (verbranding)
Natuurgras (ds)	10,6	Senternovem, 2001 (vergisting)
RWZI-slib	0	SNB, 2011 (verbranding)

In deze tabel valt op dat de energieopbrengst van natuurgras grofweg twee keer zo hoog is als de energieopbrengst van bermgras. De reden hiervoor is dat de energieopbrengst van bermgras weergegeven is op natte basis, en die van natuurgras op droge basis. Hiervoor is gekozen omdat de gegevens over natuurgras alleen op droge basis beschikbaar zijn.

Indien hetzelfde overzicht zoals gegeven in Tabel 1 wordt gepresenteerd in termen van energieopbrengst laat dit een heel ander beeld zien (zie Figuur 5).

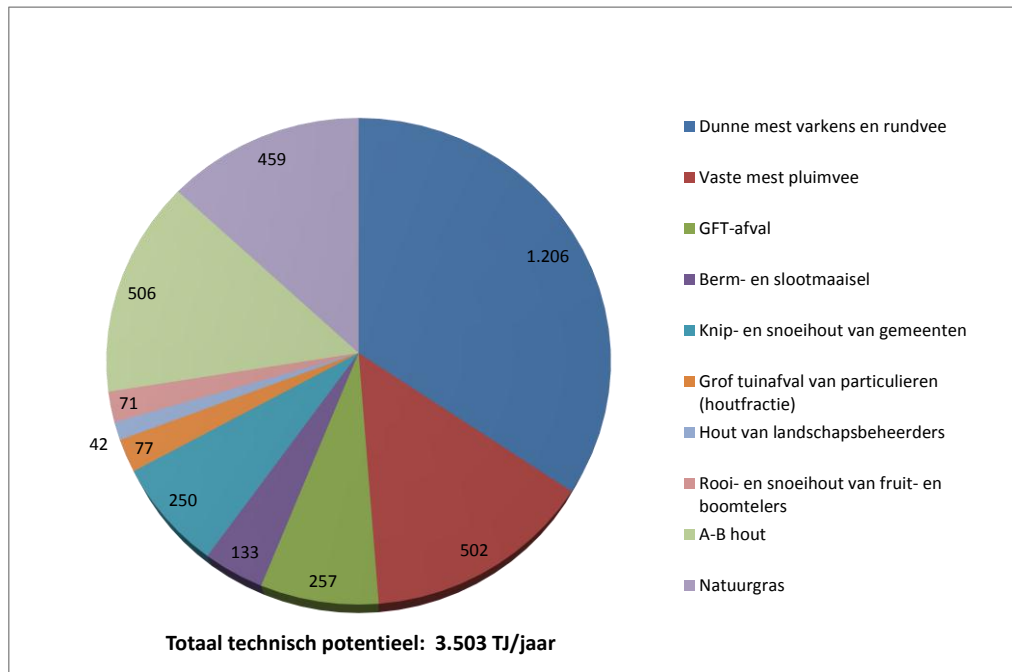


Figuur 5: Energieopbrengst van de beschouwde biomassastromen in het studiegebied

De energieopbrengst van mest is nog steeds groter dan alle andere biomassastromen, maar het is duidelijk dat de andere stromen op basis van energie-inhoud niet verwaarloosd kunnen worden.

De genoemde tabel geeft de energieopbrengst in TJ (TeraJoule) weer. 1 TJ is gelijk aan 1.000 GJ, hetgeen ongeveer overeenkomt met het gasverbruik van 20 huishoudens in één jaar (1.570 m³ aardgas/huishouden/jaar).

Een overzicht van het technische potentieel, op energiebasis is weergegeven in Figuur 6. De beschikbare energie uit mest is nog steeds dominant, maar het is duidelijk dat A-B hout en natuurgras qua hoeveelheden interessante mogelijkheden bieden.



Figuur 6: Technisch potentieel (in TJ/jaar) van de diverse biomassastromen

2.2 Bestaande installaties en initiatieven

Bij de ontwikkeling van een ECP is het van belang om een goed inzicht te hebben in bestaande installaties en initiatieven daartoe. Enerzijds geeft dit mogelijkheden tot aansluiten bij bestaande ontwikkelingen, anderzijds kan zo rekening gehouden worden met bestaande partijen en hun belangen.

Om de vraag en aanbod van biobased producten in kaart te brengen zijn gedurende het project een aantal gesprekken gevoerd met relevante partijen. Partijen worden als relevant bestempeld als zij in de regio Breda/Moerdijk actief zijn of willen worden in het verwerken van (regionaal beschikbare) biomassa. Aan de hand van de gesprekken is een beeld ontstaan van de bestaande bio-energie installaties in de regio Breda/Moerdijk en de initiatieven waarvan realisatie overwogen wordt. Uiteraard biedt het beeld een momentopname. Voortdurend zullen er nieuwe bio-energie initiatieven afvallen en nieuwe ontstaan.

2.2.1 Gesprekken met partijen

Gedurende het project zijn een groot aantal gesprekken met relevante partijen gevoerd. Het betreft onder andere:

- ATM - afvalstoffenverwerker
- Attero – GFT en huisvuilverwerker
- BEWA – verwerker van VGI (voedings- en genotmiddelen industrie) stromen
- Brabantse OntwikkelingsMaatschappij (BOM)
- Brabantse Delta - waterschap
- Gemeente Breda
- Energy pellets Moerdijk – producent van houtpellets en chips

-
- Rasenberg Milieu – bedrijf met interesse in LBM (Liquified Biomethane, bio-LNG) productie
 - Rewin - De regionale ontwikkelingsmaatschappij West-Brabant (REWIN)
 - Suiker Unie - producent van producten uit suikerbieten
 - SNB – RWZI slibverbranding Moerdijk
 - ZLTO – belangenorganisatie agrarische sector
 - Essent Local Energy Solutions (ELES) – beheerder van o.a. het warmtenet in Breda

Uit deze gesprekken is het volgende beeld naar voren gekomen:

De gemeente Breda heeft ambitieuze plannen om in 2044 CO₂ neutraal te worden. (zie ook <http://www.breda.nl/wonen-wijken-vervoer/wijken/duurzaamheid-milieu/milieuthemas/klimaat-energie>). Dit wil zij bereiken met een mix van maatregelen, waaronder een toename van het gebruik van duurzame energie en biobased energie. Een belangrijk deel van de stad wordt al voorzien van warmte via het stadsverwarmingsnet van ELES (Essent Local Energy Solutions). Dit stadsverwarmingsnet gebruikt restwarmte van de nabijgelegen elektriciteitscentrale (de Amercentrale). Het benutten van deze restwarmte leidt tot een lager CO₂ uitstoot dan bij het opwekken van warmte met behulp van fossiele brandstoffen (zoals aardgas). Daarnaast streeft de gemeente ernaar bij uitbreiding van het stadsverwarmingsnet, zoals bij nieuwbouw, centrales in te zetten die gebruik maken van biobased energie. Mogelijkheden die in ontwikkeling dan wel in discussie zijn, betreffen een biomassacentrale die gebruik maakt van knip en snoeihout en lokale kleine units die gebruik maken van biogas afkomstig van een nabijgelegen waterzuivering.

In en rond de gemeente Breda zijn twee waterzuiveringen (van Brabantse Delta) relevant om in het onderzoek te betrekken. Deze installaties zijn gelegen ten noorden en noordoosten van Breda. Beide produceren biogas uit RWZI slib. De gemeente Breda, waterschap Brabantse Delta en ELES hebben in november 2012 drie overeenkomsten ondertekend voor de levering van restwarmte die opgewekt wordt uit biogas en de uitbreiding van de stadsverwarmingsnet. Een ECP sluit precies aan bij deze ambitie en plannen. Restwarmte kan direct in een warmtenetwerk ingezet worden en biogas uit zo'n ECP kan worden ingezet in lokale kleine WKK units.

Het voordeel van wijkverwarming op basis van biogas in een WKK unit is dat de afstand tot een ECP gemakkelijk groter kan zijn. Daarnaast kan via een gasnet ook biogas van bronnen op meer afstand (vanuit mestvergisting) worden ingezet na via een ECP te zijn 'ingezameld' en zo nodig te zijn opgewerkt.

Een aandachtspunt van de gemeente Breda is ook 'schone en duurzame mobiliteit'. Met name voor het eigen wagenpark wil de gemeente dan overstappen op biobased brandstoffen, zoals Bio-LNG en 2^{de} generatie biodiesel uit ingezameld frituurvet met name. Een ECP kan die brandstoffen leveren met een hoger economische en CO₂ reductie rendement. Afhankelijk van de beschikbaarheid van grondstoffen, en de keuzes van verwerkingsprocessen, zou 2^{de} generatie bio-ethanol op basis van cellulose houdende reststromen op termijn ook tot de mogelijkheden kunnen behoren.

De mogelijkheid zoals in dit ECP plan is beschreven van zowel biogas inzet voor stadsverwarming én installaties om biogas op te werken tot bio-LNG, biedt de gemeente de mogelijkheid steeds te kunnen schakelen naar de meest gewenste en economische benutting van biogas: 's winters naar warmte en elektriciteit, 's zomers naar bio-LNG. Een gunstig gelegen ECP met koppeling aan andere aanvoeren van biogas, zoals via leidingen, biedt dan economy-of-scale én maximale flexibiliteit. Dat laatste zal dan ook kunnen leiden tot echt optimale benutting voor het gemeentelijk klimaatbeleid.

In en rond Moerdijk zijn veel grote, industriële bedrijven actief. Een lopend project – vooral gericht op de uitwisseling van warmte en andere utilities - tussen bedrijven op het industrieterrein Moerdijk is het project Duurzame Verbindingen³. Een groot aantal bedrijven zijn actief op het gebied van bio-energie, waaronder een grote producent van pellets en chips (Energy Pellets Moerdijk), een VGI (voedings- en genotmiddelen) verwerker (BEWA), een afvalverwerkingsinstallatie (Attero), RWZI slibverbranding (SNB) en een pluimveemestverbrander (BMC). De AVI van Attero produceert zelf 14 MW aan elektriciteit en levert daarnaast stoom aan de WKC van Essent voor nog eens 76 MW. Daarnaast beschikt Attero over een GFT-composteringsinstallatie in Moerdijk. De compostering wordt echter binnenkort beëindigd; het GFT-afval van de regio West-Brabant zal in Tilburg verwerkt worden.

Een derde belangrijke cluster (naast het cluster rond Breda en het industriegebied Moerdijk) is het gebied rond de *Suiker Unie* (dochterbedrijf van Cosun) in Dinteloord. Suiker Unie verwerkt jaarlijks een zeer grote hoeveelheid suikerbieten in (5 miljoen ton) tot een scala aan producten. Het bedrijf Suiker Unie heeft een vergister in het Agro & Food Cluster Nieuw Prinsenland gerealiseerd. De installatie verwerkt jaarlijks 100.000 ton plantaardig restmateriaal. Uit de agrarische reststromen wordt groen gas geproduceerd. De suikerfabrikant voert jaarlijks 10 miljoen kuub groen gas in het net. Er wordt in de omgeving door Suiker Unie een nieuw bedrijventerrein ontwikkeld rond agro-en food-industrieën. Onderdeel hiervan is o.a. een groot kassencomplex. Warmtelevering aan het kassencomplex wordt door de Suiker Unie als kans gezien.

Naast de bovengenoemde activiteiten zijn er in de regio West Brabant diverse initiatieven in het kader van de *BioBased Economy* gaande. Voor het ECP-project is het project “Bio-Energie ketensamenwerking” van belang. Het bedrijf *Rasenberg Milieu* heeft twee dochterbedrijven opgericht (C2Circle en United gas) welke in het kader van dit project een pilot plant voor de productie van vloeibaar biomethaan (LBM, liquid BioMethane, bio-LNG) opzetten. LBM (bio-LNG) kan ingezet worden als transportbrandstof (met name voor vrachtwagens, autobussen, en scheepvaart), back-up aardgasvervanging, en andere toepassingen waarbij een zeer zuiver, vloeibare brandstof nodig is.

2.2.2 Bestaande installaties en initiatieven

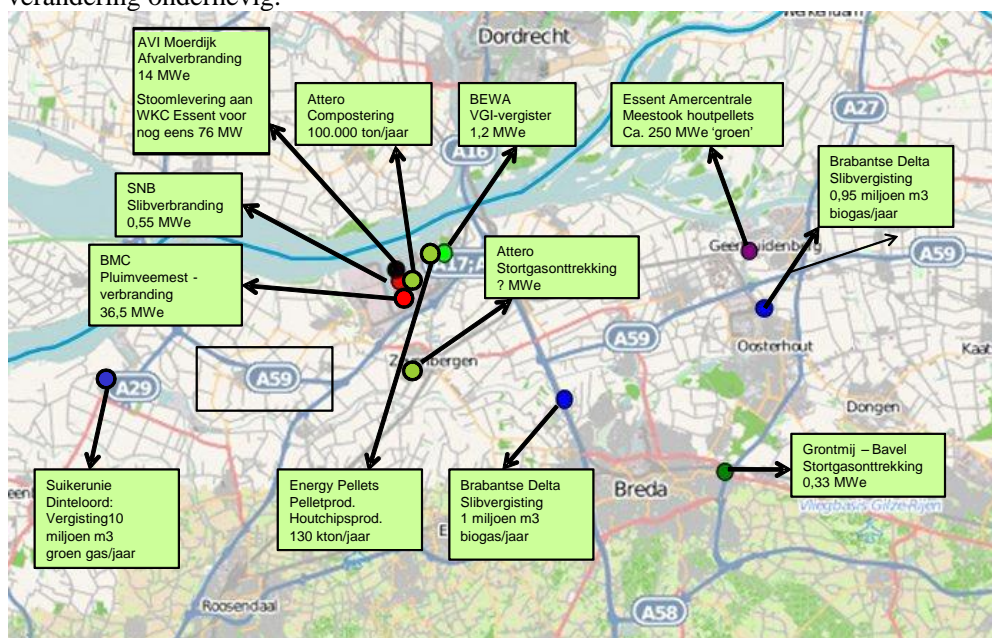
In Figuur 7 zijn de tot december 2012 bekende bio-energie installaties in de regio Breda-Moerdijk weergegeven. Deze kennis is verkregen uit verschillende gesprekken met

³ <http://www.duurzameverbindingenmoerdijk.nl/>

betrokkenen, eigen informatie en informatie uit openbare bronnen, zoals bijvoorbeeld AgentschapNL.

Opvallend is dat er weinig mest co-vergistingsinstallaties operationeel zijn in West Brabant. Met uitzondering van de installatie van BEWA zijn er geen andere mest co-vergisters in de regio Breda-Moerdijk operationeel. Verder valt op dat er een behoorlijk aantal biomassa-installaties zijn in Moerdijk.

In Tabel 3 zijn de ons bekende initiatieven in de regio Breda-Moerdijk genoemd. Het is bij de ontwikkeling van een ECP belangrijk om te weten wat de initiatieven in de regio zijn, omdat dit mogelijkheden tot aansluiten geeft, en omdat de ontwikkeling van een ECP kan botsen met een bestaand initiatief. Een deel van deze initiatieven is reeds genoemd in de voorgaande paragraaf. Omdat het hier om geplande initiatieven gaat, is informatie over capaciteiten, plannings e.d. niet altijd bekend en is de informatie aan verandering onderhevig.



Figuur 7: Bestaande bio-energie installaties in de regio Breda-Moerdijk

Tabel 3: Bekende bio-energie initiatieven in de regio Breda-Moerdijk

Initiatiefnemer	Locatie	Type	Capaciteit
ATM	Moerdijk	Warmtelevering	60 MW
Attero	Moerdijk	GFT vergisting, LBM opwerking	70.000 ton/jaar
Attero	Moerdijk	digestaat vergassing	30.000 ton/jaar
BEWA	Moerdijk	VGI vergisting	0,6 MWe
Brabantse Delta	Breda	Biogasproductie	1.200.000 m ³ biogas/jaar
Brabantse Delta	Oosterhout	benutting CO ₂ /warmte bij Meertens beton	? (gegevens zijn niet bekend om dat het project nog in de ideefase zit)
Brabantse Delta	Breda	Benutting biogas van RWZI's in Breda	warmwatervoorziening en verwarming van ongeveer 450 woningen

Gemeente Breda	Breda, Bavel	nieuw industrieterrein	57 ha netto
Gemeente Breda	Breda, Claudius Prinsenlaan	duurzame warmte	? (capaciteiten, deelnemende instellingen en technologie zijn nog punt van onderzoek)
Suiker Unie	Dinteloord	Vergisting	10 miljoen m3 groen gas/jaar
United gas/C2Circle	NW-Brabant/Zeeland/Z-Holland	LBM (bio-LNG) productie	? (Biogasbron, locatie en toepassing zijn nog punt van onderzoek)

2.3 Behoeftte aan energieproducten

De markt voor energieproducten is groot. Ook in Nederland gebruiken wij per persoon een aanzienlijke hoeveelheid elektriciteit, warmte en transportbrandstoffen. Bij de productie van duurzame energie is de afzet bij grootschaliger installaties (zoals een ECP) in het algemeen geen probleem. Voor specifieke vormen van energie, zoals warmte, zal dit echter normaal gesproken niet gelden. De kosten van warmtetransport zijn hoog⁴. In Breda ligt echter een warmtenet, zodat – als het om levering van warmte in Breda gaat – ook warmte in voldoende mate kan worden afgezet. In het algemeen wordt de vraag naar energieproducten als volgt ingeschat:

- Elektriciteit: voldoende vraag om alle productie op te nemen
- Warmte: in het geval van Breda voldoende vraag om alle productie op te nemen
- Groen gas: in het geval van Breda voldoende vraag om alle productie op te nemen
- LBM (bio-LNG): voldoende vraag om alle productie op te nemen

Invoeding van groen gas in het aardgasnet is niet altijd mogelijk; de capaciteit van het gasnet is soms niet voldoende. Voor Breda wordt aangenomen dat dit geen probleem is. Vloeibaar biomethaan (bio-LNG) voor transportbrandstoffen wordt momenteel niet in Nederland geproduceerd. De vraag naar LNG (vloeibaar aardgas) is echter dusdanig dat er vanuit gegaan wordt dat dit geen probleem is.

2.4 Duurzame aanbesteding van biomassa

De gemeente Breda heeft inmiddels zeer concrete plannen met betrekking tot het inzetten van biomassa voor duurzame energie, in relatie met hun ambitieuze klimaatprogramma (zie ook pg. 11). Daarbij wordt naast het inkopen van biomassa van derden, zoals resthout uit bosbeheer van Staatsbosbeheer, vanzelfsprekend ook gekeken naar de mogelijkheden die biomassareststromen uit de eigen gemeente bieden. Dat betreft dan biomassa uit het groenbeheer en gft van huishoudelijke oorsprong. Het verwerken daarvan en deels ook het inzamelen wordt via contracten met derden geregeld. Dat vraagt om een wettelijk verplichte aanbestedingsprocedure.

⁴ <http://documents.plant.wur.nl/wurglas/OG-MEI-5-08-lr-74-75.pdf>

Deze studie geeft aan dat een ECP zeer goed (deels) op basis van groenstromen uit de gemeente zou kunnen draaien. Dat zou een goede bijdrage aan die klimaatambitie kunnen leveren. Het betekent wel dat die stromen ook daarvoor beschikbaar moeten komen via een openbare aanbesteding.

Dat levert een complexe situatie op.

a. in een aanbesteding moet worden opgenomen dat verwerking een maximale bijdrage levert aan CO₂ reductie c.q. vervanging van fossiele brandstoffen.

b. dat moet ten gunste kunnen komen van de verduurzaming van de energievoorziening in de gemeente Breda

c. hoewel we aannemen dat een optimalere geïntegreerde verwerking ook economisch gunstiger is, hoeft dat niet perse de laagste inschrijving te geven. Dat moet acceptabel zijn.

d. een ondernemer die dat aanbiedt moet zekerheid hebben dat de periode dat hij op deze, of een andere, groenstromen aangeboden krijgt, voldoende lang is om de waarschijnlijk extra investeringen te kunnen terugverdienen.

Alleen over punt a. is duidelijkheid te geven. Door MWH is in opdracht van het ECP project een studie gedaan naar de mogelijkheden aanvullende klimaat/duurzaamheidseisen te stellen. Dat heeft geleid tot praktische handreiking'. (deze rapporten staan op de website www.bio-based.nl onder 'Projecten/Energie Conversie Parken/Publicaties en Rapporten'). Mits goed omschreven en met een heldere procedure kunnen aanvullende eisen gesteld worden. Welke eisen men precies wil stellen, en hoe die dan getoetst kunnen worden (bij besluiten over wie het contract krijgt én gedurende de looptijd van het contract) , zal per situatie verschillen.

Voor de gemeente Breda zal dat zich dat het meest waarschijnlijk richten op 'de hoogst mogelijke opbrengst voor duurzame energie' of 'maximale CO₂ emissie vermindering'. De door MWH opgestelde handreiking is in concept besproken met de ambtenaren in Breda die verantwoordelijk zijn voor aanbesteding van de afvoer en verwerking van de groenstromen. Hun kanttekeningen en suggesties zijn opgenomen. Naar hun mening geeft de handreiking bruikbare hulp bij duurzaam aanbesteden.

Tegelijk was duidelijk dat de drie andere punten, die wel worden genoemd in de handreiking, een heel andere besluitvorming vragen, die vooraf moet gaan aan het aanbestedingsproces. Daarover is in de gemeente Breda in elk geval nog geen eenduidigheid en eigenlijk beleidsmatig nog niet uitgewerkt, eenvoudig omdat die vragen nu pas opkomen.

Punt b. waar komt de CO₂ winst terecht, is op te lossen met het toekennen van de CO₂ vermindering aan de leverancier van groenstromen. Dan is het boekhoudkundig opgelost. Maar dat is niet gunstig als je biomassa opkoopt, want dan is het voordeel dus niet aan jouw klimaat beleid toerekenbaar. Dat vraagt dus al een discussie die niet alleen door een gemeente alleen kan worden gevoerd.

Punt c. is in feite een politieke keus. En het vraagt helderheid in de communicatie naar de burgers. Waar betalen die straks nu voor, en willen ze dat wel.

Punt d. heeft te maken met de keuzes en ambities van de verwerkende bedrijven zelf. Dat kan ondersteund worden door langere contracttermijnen af te spreken. Grotere verwerkers met meer contracten zullen dan in het voordeel zijn. Dat kan ook financiële consequenties hebben, zoals onder punt c.

2.5 Evaluatie proces met leerpunten

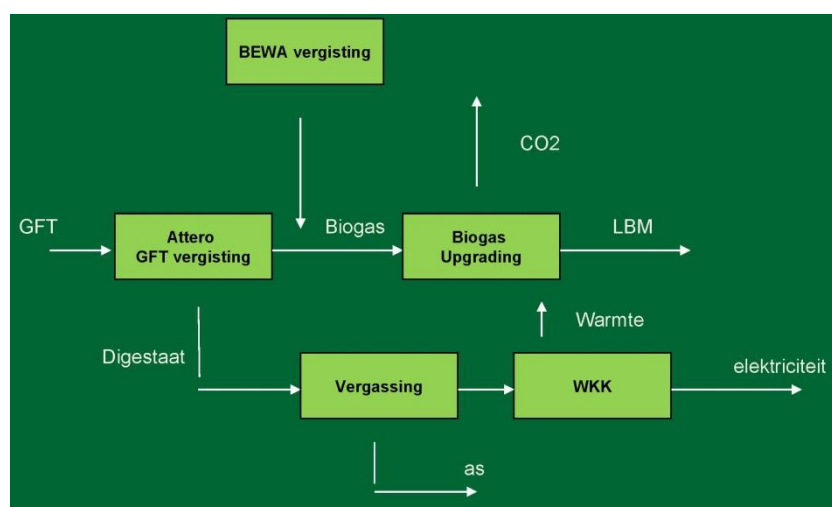
Het proces van verzamelen van informatie in combinatie met het benaderen van de partijen is in het algemeen conform de verwachting gelopen. Het is goed mogelijk om snel een helder beeld van de lopende ontwikkelingen in een gebied te verkrijgen en de meeste partijen staan ook open voor het delen van informatie.

Qua biomassa-inventarisatie is gebleken dat het goed is om na te gaan of er al biomassa-inventarisaties geweest zijn in een gebied, om zo doublures te vermijden. Bij het inventariseren van de biomassa beschikbaarheid zijn directe enquêtes niet zonder meer het beste instrument; door een mogelijk lage respons is het minder goed mogelijk om daaruit een goed beeld te krijgen van de beschikbare biomassa, waarbij wel opgemerkt dient te worden dat de partijen die biomassa ter beschikking hebben wel eens eerder zouden kunnen reageren. Daarnaast is er een risico op dubbelstellingen: twee of meer partijen uit de keten rapporteren dezelfde biomassa.

Om tot concrete ECP's te komen zullen gemeenten, zoals Breda, hierover dus wel een duidelijk beleid over de duurzame aanbesteding van biomassa moeten ontwikkelen. Zonder dat, zal de rol en invloed van een gemeente klein blijven, en zal een ambitieus klimaatbeleid sterk afhankelijk zijn van wat derde partijen willen doen en aanbieden.

3.1 Aanpak van de ontwikkeling van de concepten

In de eerste fase van het ECP-project is getracht om een ECP-concept te ontwikkelen in nauwe samenwerking met een groep van belanghebbende partijen (klankbordgroep). Hierbij is eerst – op basis van een aantal brainstormsessies – een aantal globale ECP-concepten opgesteld, welke vervolgens voorgelegd werden aan deze klankbordgroep. Een voorbeeld van een dergelijk concept is te zien in Figuur 8:



Figuur 8: Voorbeeld initieel ECP concept: GFT vergisting in combinatie met vergassing

Deze concepten werden opgesteld op basis van informatie die verkregen werd van bedrijven uit de regio en informatie over biomassa beschikbaarheid en behoefte aan producten.

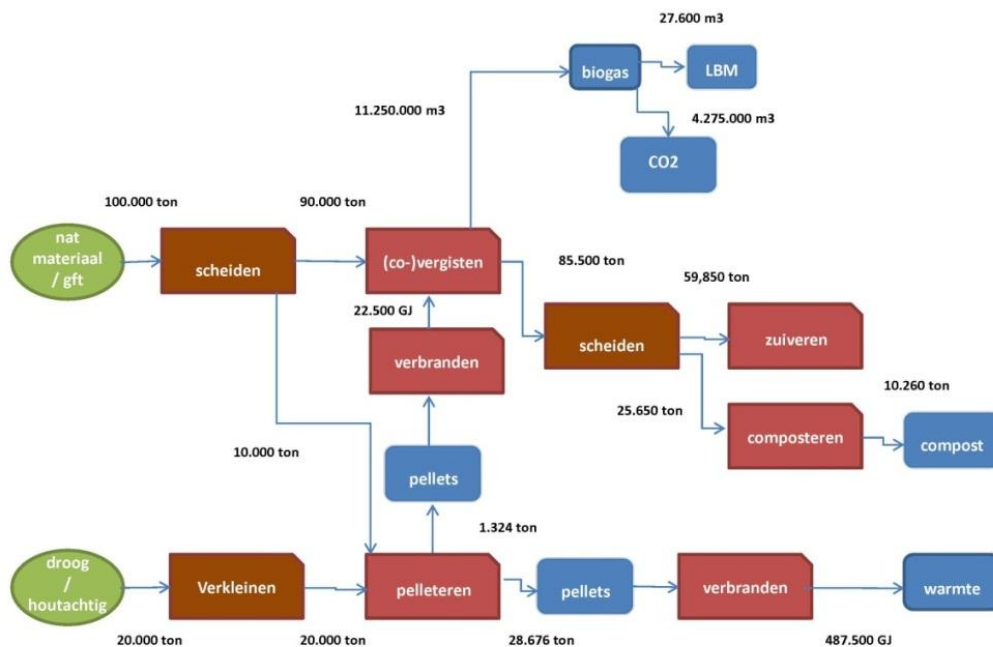
Deze genoemde klankbordgroep was reeds samengesteld bij de aanvang van het project, en bestond uit bedrijven en instellingen met belangen of interesse in biomassaverwerking in de regio. Bij de selectie van deze bedrijven is uitgegaan van het bestaande netwerk van Avans Hogeschool. Daarnaast is vooraf interesse voor deelname gepeild. De klankbordgroep is – in wisselende samenstellingen – bijeengekomen op 4 mei 2010, 24 november 2010, 10 februari 2011, 22 juni 2011, 17 februari 2012, 21 mei 2012 en 11 september 2012. De volgende bedrijven en instellingen hebben aan één of meer sessies deelgenomen:

- Gemeente Breda
- Staatsbosbeheer
- Waterschap Brabantse Delta
- Rasenberg milieu
- Regio West Brabant
- REWIN
- Brabant Water
- Heja

- Attero
- Stichting Agro & Co
- United Gas
- BEWA

Eind 2010 en begin 2011 zijn er keuzes gemaakt aangaande de meest geschikte concepten en zijn deze, mede op basis van feedback van de klankbordgroep, nader gedetailleerd. Een voorbeeld van een meer gedetailleerd ECP-concept is weergegeven in Figuur 9.

Binnen dit concept zou nat materiaal vergist worden tot biogas en LBM (bio-LNG). Het digestaat uit de installatie werd gescheiden en omgezet naar compost. De droge stromen werden in dit concept verwerkt tot pellets die gebruikt kunnen worden om warmte toe te voegen aan de vergistingsinstallatie. Ook werden deze pellets separaat verbrand om te dienen als warmte voor industriële processen of verwarming.

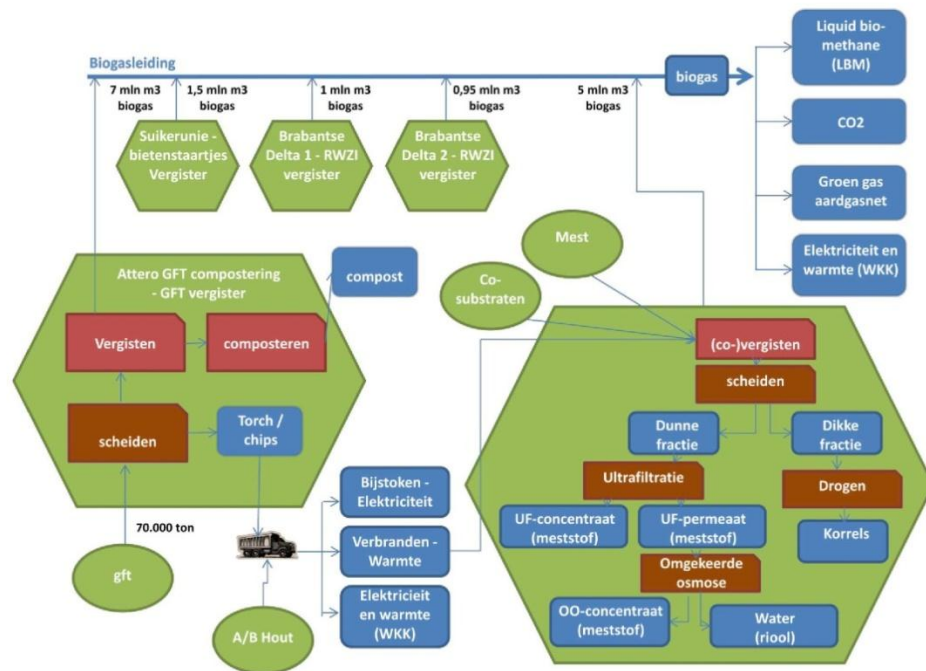


Figuur 9: Schematische weergave van een – nader gedetailleerd - ECP concept

Een verdere detaillering van deze ECP concepten is vervolgens uitgevoerd. De ECP concepten Breda en Moerdijk zijn in elkaars nabijheid gelokaliseerd. Dit zou ongewenste concurrentie met betrekking tot biomassastromen kunnen leiden. Een alternatief hiervoor was om deze twee ECP concepten in samenhang te beschouwen.

Hierbij ontstaan twee aan elkaar gekoppelde ECP's. Dat wil zeggen dat er twee ECP's ontwikkeld werden (één in Breda en één in Moerdijk) welke een nauwe relatie zouden hebben, bijvoorbeeld aangaande de uitwisseling van grondstoffen en producten.

In dit concept voor de ECP Breda/Moerdijk werd uitgegaan van het produceren van LBM (bio-LNG), CO₂, groen gas, elektriciteit en warmte via de productie van biogas. Dit concept is weergegeven in Figuur 10.



Figuur 10: Gedistribueerde ECP concepten voor Breda en Moerdijk

In dit concept kunnen de volgende componenten worden onderscheiden:

1. Er dient een **biogasleiding** te worden aangelegd om de diverse biomassa conversie units die samen de ECP vormen met elkaar te verbinden.
2. **Benutting biogas** voor opwekking elektriciteit en warmte bij een woonwijk ('s winters) en upgrading tot liquid biomethane (LBM, bio-LNG) ('s zomers) en/of eventueel opwerking tot groen gas voor het aardgasnetwerk
3. Gezien de beschikbaarheid van mest in de regio en de mogelijkheden tot afzet van biogas lijkt er ruimte te zijn voor één (of meerdere) **geavanceerde mest(co)vergistingsinstallatie**. De vergiste mest (het cosubstraat) kan worden opgewerkt tot meststoffen.
4. **GFT vergisting en benutting houtachtige fractie**. GFT kan worden vergist en gecomposteerd. Door scheiding van de houtachtige fractie kan een aanvullende stroom chips-achtig materiaal (door Attero 'torch' genoemd) worden verkregen, welke kan dienen voor bijstook bij een kolencentrale, of decentraal worden toegepast voor opwekking van warmte en/of elektriciteit.

Dit concept werd gepresenteerd op de laatste klankbordgroepbijeenkomst van 22 juni 2012. Op deze bijeenkomst bleek dat er geen partijen waren die zich wilde committeren aan een verdere uitwerking van dit ECP concept. Als redenen hiervoor werden gegeven dat er bepaalde sleutelpartijen niet aanwezig waren en dat het nog niet duidelijk was waar het ECP concept naartoe zou gaan. Daarnaast werden tegengestelde commerciële belangen genoemd als reden om niet mee te willen werken aan de verdere uitwerking van het ECP concept.

De opmerkingen van de klankbordgroep zijn – achteraf – goed te duiden en begrijpelijk vanuit hun optiek. De les die hieruit getrokken kan worden is dat het bij de ontwikkeling van een ECP van belang is om deze belangen reeds in een vroeg stadium helder te krijgen

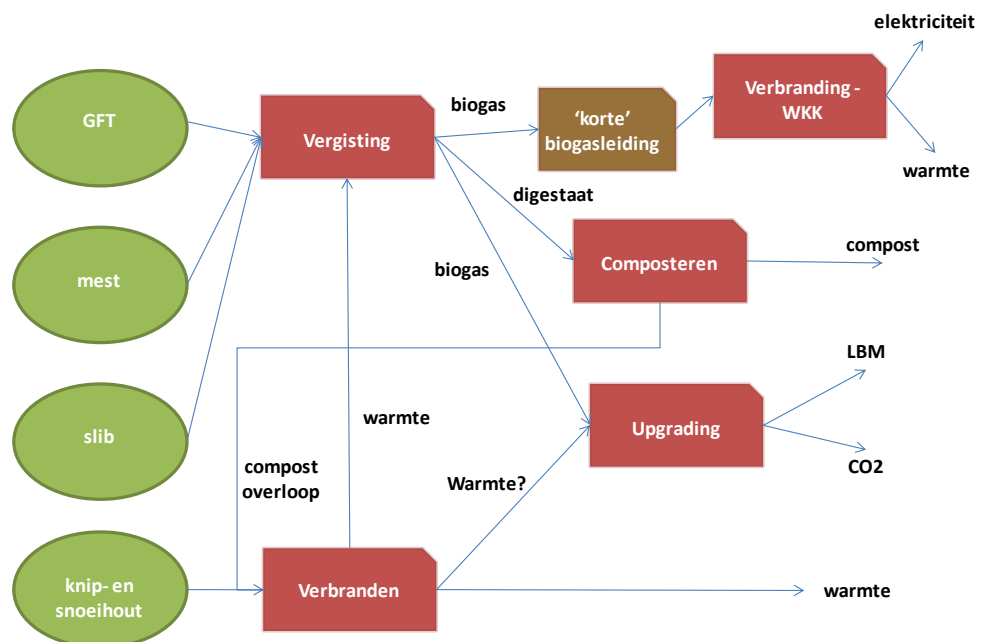
en daarmee vervolgens rekening te houden. Een tweede les die hieruit getrokken kan worden is dat het zeer moeilijk is om een ECP te ontwikkelen zonder één ‘dragende’ partij, welke meer invloed moet hebben dan de overige deelnemers.

Op basis van de resultaten van deze klankbordgroepbijeenkomst is vervolgens besloten tot een geheel andere aanpak, op basis van de volgende uitgangspunten:

- Het ECP Breda zal ontwikkeld worden in samenspraak met de gemeente Breda, welke als belangrijkste externe partij – ook wel ‘ankerpunt’ genoemd – voor het ECP zal fungeren.
- Samenwerking met andere externe partijen wordt gezocht, maar mag niet leiden tot fundamentele aanpassingen in het ECP concept. Zo blijft de richting en focus behouden.
- Er zal een nieuw ECP concept ontwikkeld worden, op basis van de volgende uitgangspunten:
 - Benutting van meerdere, lokaal beschikbare laagwaardige biomassaströmen; GFT, mest, (RWZI)slib en knip- en snoeihout
 - Diverse verschillende conversietechnologieën, om zo een minimale vorm van clustering en uitwisseling te bewerkstelligen, waarbij tevens het ECP niet nodeloos ingewikkeld hoeft te worden.
 - Voldoende vernieuwend t.o.v. de ‘State of the Art’.
 - Levering van duurzame warmte aan warmtegebruikers in Breda, al dan niet via het bestaande warmtenet.

Definitief ECP concept

Gegeven deze uitgangspunten is het volgende ECP concept opgesteld (zie Figuur 11):



Figuur 11: Definitief ECP concept Breda

Dit concept gebruikt vier verschillende types biomassaströmen, welke alle in meer of mindere mate beschikbaar zijn in en rondom Breda. Als aangenomen wordt dat de

warmtebehoefte van het warmtenet in Breda in praktijk zeer groot is, is de limiterende factor voor de grootte van het ECP concept de hoeveelheid beschikbare biomassa.

Vernieuwende aspecten van dit ECP zijn de combinatie van diverse laagwaardige biomassaströmen in één vergister, een combinatie van het gebruik van biogas voor warmte/elektriciteit en (als dat technisch mogelijk is) LBM (bio-LNG), en een combinatie van vergisting en verbranding, zodat alle grondstoffen op een zo hoogwaardig mogelijke wijze benut worden. Producten zijn elektriciteit, warmte, compost, LBM en CO₂.

In dit concept wordt biogas gebruikt voor warmte-, elektriciteitsproductie en daarnaast voor LBM productie. Aangenomen wordt dat warmteproductie met name nodig is in de winter. In de zomer ligt LBM (bio-LNG) productie meer voor de hand.

Er is geen vaste locatie bepaald, maar de plaatsing van het ECP zal bij voorkeur op een industrieterrein zijn, aan de rand van de stad Breda. Emissies, risico's en transportbewegingen zorgen ervoor dat plaatsing in de stad – wellicht met uitzondering van plaatsing op het industrieterrein “De Krochten” - niet reëel is.

Levering van warmte uit biogas aan gebruikers in Breda (bv. Claudius Prinsenlaan) kan op de volgende wijzen:

1. Via een dedicated warmteleiding van het ECP naar de afnemers;
2. Via een dedicated warmteleiding van het ECP naar het dichtstbijzijnde invulpunt van het warmtenet;
3. Via een biogasleiding naar de afnemers, waar een WKK geplaatst wordt die warmte levert aan de gebruikers en elektriciteit aan het net levert;
4. Via een biogasleiding naar het dichtstbijzijnde invulpunt van het warmtenet, waar een WKK geplaatst wordt die warmte levert aan gebruikers en elektriciteit aan het net levert;
5. Via een biogasleiding naar een ketel t.b.v. warmteproductie bij de afnemers;
6. Via een biogasleiding naar een ketel bij het warmtenet en invoeding op het warmtenet.

Optie 3 en 4 leiden naar verwachting tot het beste energetische gebruik van het biogas (in vergelijking tot de overige opties). Opties 1 en 2 gaan uit van een warmteleiding die naar verwachting hoge kosten met zich mee zal brengen. Optie 5 en 6 hebben naar verwachting de laagste kapitaalkosten. Benutting van het warmtenet gebeurt in optie 2 en 4.

Naar verwachting is benutting van het bestaande warmtenet in het algemeen te prefereren boven een directe aansluiting bij gebruikers, ook al omdat er anders meerdere netten gerealiseerd zullen moeten worden in Breda. Om deze reden, en gegeven de goede energetische benutting van het biogas (in een WKK), is optie 4 de beste keuze.

Het ECP heeft warmte nodig voor 1) opwarming van het vergistingsproces, en (wellicht) 2) warmte t.b.v. de productie van LBM (bio-LNG). Deze warmte kan opgewekt worden met biogas. Biogas kan echter voor meer hoogwaardige toepassingen benut worden.

Daarom is verbranding van knip- en snoeihout en compostoverloop hiervoor te prefereren.

3.2 Technische uitwerking ECP concept

Uitwerking van het geselecteerde ECP concept vereist een nadere detaillering, opstellen van massa- en energiebalansen, bepaling kapitaal- en operationele kosten, exploitatieoverzicht, etc. De volgende vragen spelen hierbij:

- Hoeveel biomassa is daadwerkelijk beschikbaar in en rond Breda? Dit bepaalt in grote mate de scope van het ECP. Bij deze bepaling zal gebruik gemaakt worden van de biomassa inventarisatie.
- In hoeverre zijn verschillende conversiestappen technisch realiseerbaar? Hierbij is onder meer van belang of het een bewezen technologie betreft en of de technologie ook op het benodigde schaalniveau en met de juiste biomassa input beschikbaar is.
- Hoe ziet de technische uitvoering van de vergistingstap er uit? Verschillende biomassastromen zullen vergist worden. Bij deze vergisting is het mogelijk om aparte reactoren te realiseren, danwel de verschillende stromen zo voor te bewerken dat deze in één reactor gevoed kunnen worden.

Deze punten zullen in de navolgende paragrafen besproken worden.

3.2.1 Biomassa beschikbaarheid

De uitgevoerde biomassa beschikbaarheidsstudie (zie hoofdstuk 2), levert de input voor de ECP-case Breda. Er zijn twee scenario's gedefinieerd:

- Uitsluitend gebruik maken van biomassa afkomstig uit de gemeente Breda. De reden hiervoor is dat het niet zonder meer voor de hand ligt dat bepaalde biomassastromen (bv. GFT) naar Breda getransporteerd zullen worden om aldaar omgezet te worden.
- Gebruik maken van biomassa afkomstig uit de gemeente Breda *en* de omliggende gemeenten (Alphen-Chaam, Drimmelen, Etten-Leur, Gilze en Rijen, Moerdijk, Oosterhout en Zundert).

De in Breda beschikbare hoeveelheid biomassa is weergegeven in Tabel 4:

Tabel 4: Beschikbare biomassa voor de ECP-case Breda: beschikbare hoeveelheid binnen de gemeentegrenzen van de gemeente Breda (technisch potentieel)

Biomassa	Hoeveelheid (ton/jaar)	Energie (TJ/jaar)
GFT	11,967	31
Rundermest	98,592	41
Varkensmest	34,622	15
Knip- en snoeihout	4,745	33
Slib	18,429	0
Totale input	168,355	121

De in Breda en de aangrenzende gemeenten beschikbare hoeveelheid biomassa is weergegeven in Tabel 5:

Tabel 5: Beschikbare biomassa voor ECP-case Breda: beschikbare hoeveelheid binnen de gemeentegrenzen Breda en de aangrenzende gemeenten.

Biomassa	Hoeveelheid (ton/jaar)	Energie (TJ/jaar)
GFT	32,852	86
Rundermest	1,013,955	426
Varkensmest	359,950	151
Knip- en snoeihout	19,937	140
Slib	41,291	0
Totale input	1,467,986	803

Deze informatie over de beschikbare biomassa in Breda en omgeving wordt later gebruikt bij het bepalen van de outputs van het ECP concept.

3.2.2 Technische haalbaarheid ECP Breda

In deze paragraaf wordt kort de stand der techniek van de conversiestappen die in het ECP Breda concept gebruikt worden en de geschiktheid van de technologie besproken. Met “geschiktheid” wordt hierbij bedoeld of het technisch mogelijk is dat een bepaalde conversietechnologie een bepaalde output of efficiency kan behalen in het kader van het ECP concept. Het is bijvoorbeeld van belang om te bepalen of vergisting van mest en GFT gezamenlijk technisch haalbaar is.

Vergisting van GFT en mest

Anaerobe vergisting is een biologisch proces waarbij uit (veelal natte) biomassa langs biologische weg gas wordt gewonnen, het zogenaamde biogas. Grondstoffen zijn bijvoorbeeld rundermest en varkensmest, aangevuld met maïs of reststoffen uit de voedings- en genotmiddelen industrie. Ook RWZI slib, en afvalwater stromen kunnen via anaerobe vergisting gezuiverd worden. Biogas is brandbaar en kan met een gasmotor omgezet worden in elektriciteit en warmte. Relatief nieuw is de toepassing waarbij biogas wordt gezuiverd en opgewerkt tot aardgaskwaliteit. Dit “groen gas” kan gebruikt worden voor energieopwekking via injectie in het bestaande aardgasnet, maar ook als transportbrandstof. Een iets andere uitwerking van het principe van anaerobe vergisting is het afvangen van biogas op stortplaatsen met een stortgas onttrekkingsinstallatie.

Anaerobe vergisting is een bewezen technologie. De technologie kan toegepast worden op zeer kleine schaal, zoals bijvoorbeeld in ontwikkelingslanden waar kleine vergisters gebruikt worden om biogas als huishoudbrandstof te genereren. De maximale schaal waar anaerobe vergisting nog op toegepast wordt is ca. 10 MW_e, waarbij de schaalgrootte gelimiteerd wordt door de beschikbaarheid van voldoende grondstoffen.

In Nederland zijn er momenteel naar schatting 100 - 200 co-vergistingsinstallaties actief⁵. Deze vergisters hebben een vermogen van 200 kW_e tot 2 MW_e en gebruiken als grondstof

⁵ Zie voor een overzicht www.b-i-o.nl

mest en ander co-substraten. Deze vergisters zijn van het “geroerde tank” type. Dat wil zeggen dat de mest en co-substraten als een vloeistof (maximaal drogestofgehalte ca. 15%) behandeld wordt. Substraten worden continu in de reactor gevoed, waar deze gedurende een aantal dagen (20 – 40) dagen) biogas produceren. Het restproduct (digestaat) wordt regelmatig uit de vergister gepompt.

Naast deze co-vergisters zijn alle stortplaatsen in Nederland (ca 50) uitgerust met een stortgasonttrekkingssysteem en zijn er ca. 70 RWZI vergisters actief.

Vergisting van GFT wordt meer en meer toegepast in Nederland. Concrete voorbeelden hiervan zijn:

- Orgaworld in Lelystad (35.000 ton GFT per jaar)
- De VAR in Twello (70.000 ton GFT per jaar)
- Twence in Hengelo (50.000 ton GFT per jaar)
- Attero in Venlo (90.000 ton GFT per jaar)
- Rova in Zwolle (45.000 ton GFT per jaar)
- HVC in Middenmeer (72.000 ton GFT per jaar) (in aanbouw)

Omdat het vastestof gehalte van GFT hoger is dan dat van mest- en co-substraten, is de technische uitvoering van GFT vergisters anders dan bij een co-vergister. Drie systemen worden momenteel toegepast:

- Mesofiele batch-vergisting (Biocel proces), toegepast door Orgaworld in Lelystad. Hierbij wordt vers GFT-afval gemengd met reeds vergist GFT-afval (digestaat) en in de tunnels geplaatst door een shovel. De vergisting vindt batchgewijs plaats onder mesofiele omstandigheden (38 tot 40°C). Tijdens het vergisten wordt het lekwater over het vergistende materiaal rondgepompt (percolatie). Het materiaal in de vergisters blijft steekvast⁶.
- Thermofiele continue vergisting, toegepast bij de VAR, Twence, Rova en HVC. Dit proces verloopt continu onder thermofiele omstandigheden (50 tot 55°C). Het GFT-afval wordt voorbereid (verkleind en gezeefd) en vervolgens geënt met rondgepompte vloeistof. Dit om ervoor te zorgen dat het proces sneller van start gaat. De rondgepompte vloeistof bevat al een optimale hoeveelheid bacteriën. De vloeibare massa wordt vervolgens langzaam geroerd en door de reactoren geleid. Dit type GFT vergisters wordt horizontaal uitgevoerd (het Kompogas proces⁷), of in een verticale reactor (het Dranco proces van OWS). Deze verticale vergister bevat geen roerwerk. Het mengen van GFT en digestaat vindt plaats door deze twee stromen samen meerdere malen rond te pompen door de vergister⁸.
- Tunnelpercolaatvergisting, toegepast bij Attero. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de reeds aanwezige tunnelcompostering. Over de helft van de tunnels (met daarin GFT) wordt percolaatwater gerecirculeerd en door een separaat opgestelde anaerobe percolaatwatervergister (UASB reactor) geleid waaruit het biogas wordt gewonnen. Daarmee wordt stroom en warmte geproduceerd. Na ruim een

⁶ Zie http://www.agentschapnl.nl/sites/default/files/bijlagen/Voorbeeldproject%20Bio-Energie%20-%20Lelystad%20-%20GFT%20Vergisting_0.pdf

⁷ Zie <http://www.bioenergy.nl/Flex/Site/Download.aspx?ID=5663>

⁸ Zie http://www.ows.be/pub/Algemeen%20artikel%20OWS_DRANCO_%20DRANCO-FARM_m&s.14876.pdf

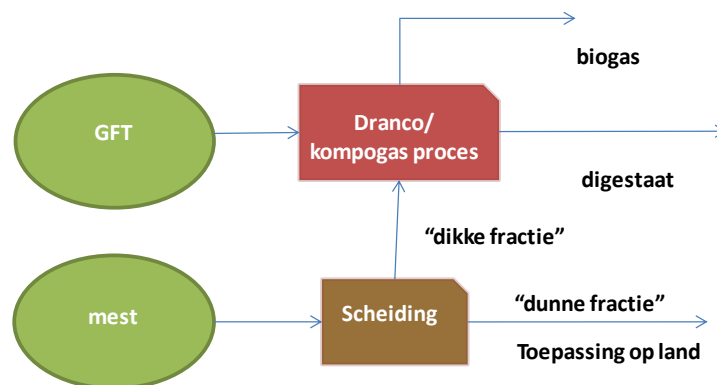
week wordt het aldus uitgewassen GFT-afval nagecomposteerd in de overige tunnels⁹.

Keuze vergistingsconcept voor ECP Breda

Van de drie genoemde methoden voor GFT vergisting valt het Biocel proces als eerste af. Batch-gewijze vergisting van GFT wordt als technologie in Nederland in de meer recentere installaties niet meer gebruikt.

Bij de twee overgebleven methoden dient er bepaald te worden hoe zowel GFT (relatief hoog drogestof gehalte) als mest (relatief laag drogestof gehalte) vergist zal gaan worden. Zonder aanvullende maatregelen is dit technisch niet mogelijk.

Bij **vastestof vergisting** (Kompogas, Dranco) is de volgende configuratie een optie (zie Figuur 12):

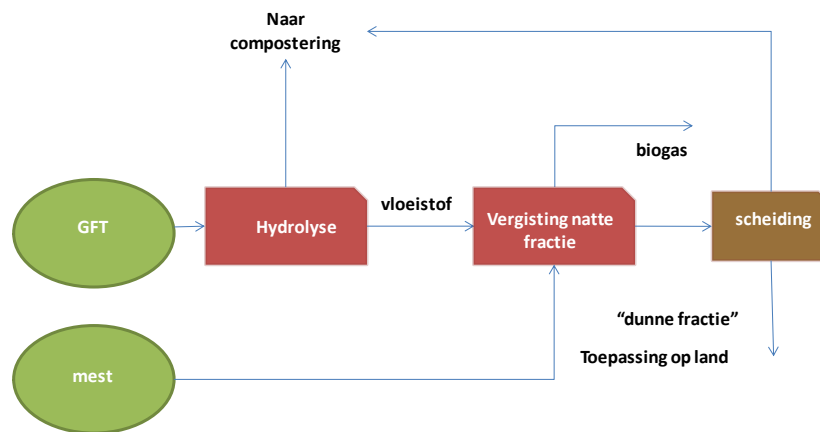


Figuur 12: Vergisting van mest en GFT via de Dranco/Kompogas methode

Hierbij wordt de mest eerst mechanisch gescheiden in een ‘dikke fractie’, welke steekvast is, en naar verwachting in een vastestof vergister verwerkt kan worden, en een ‘dunne fractie’, welke toegepast kan worden op het land. Ook de dunne fractie bevat nog een aanzienlijke hoeveelheid organische stof. Verwaarding hiervan is economisch moeilijk rendabel te krijgen vanwege het lage vastestof gehalte (ca. 3%). Voordelen van deze configuratie zijn o.a. dat de procesapparatuur relatief compact is en dus relatief lage investeringskosten met zich meebrengt. Daarnaast blijft het mogelijk om andere vaste co-substraten toe te voegen aan het proces. Een nadeel is dat een deel van de organische stof die in de mest aanwezig is niet benut kan worden. Dit laatste is niet alleen een nadeel; het heeft ook voordelen om meer organische stof op het land te brengen.

Bij **Tunnelpercolaatvergisting** (Attero) is de volgende configuratie een optie (zie Figuur 13):

⁹ Zie <https://www.attero.nl/upload/docs/0116-fo-gft-venlo-nw-v1-los.pdf>



Figuur 13: Vergisting van mest en GFT via tunnelpercolaatvergisting

Hierbij wordt eerst de vloeistoffractie van het GFT gescheiden, waarna het geheel in combinatie met mest in een geroerde tank wordt vergist. Na mechanische scheiding kan de ‘dikke fractie’ samen met het GFT gecomposteerd worden. De ‘dunne fractie’ kan toegepast worden op het land. Voordelen van deze configuratie zijn o.a. dat alle organische stof in de mest vergist kan worden, en dat het mogelijk is om vloeibare en – in mindere mate - vaste co-substraten toe te voegen aan het proces. Een belangrijk nadeel is dat omdat mest een hoger drogestof gehalte heeft dan het percolaatwater van de GFT vergisting, het niet meer mogelijk is om de vergisting in een – compacte – UASB reactor plaats te laten vinden. Een grotere en dus duurdere geroerde tank is noodzakelijk.

Omdat het in deze fase niet op voorhand mogelijk was om één van de twee uitvoeringsvormen uit te sluiten, is er voor gekozen om beide in de verdere uitwerking mee te nemen.

Compostering

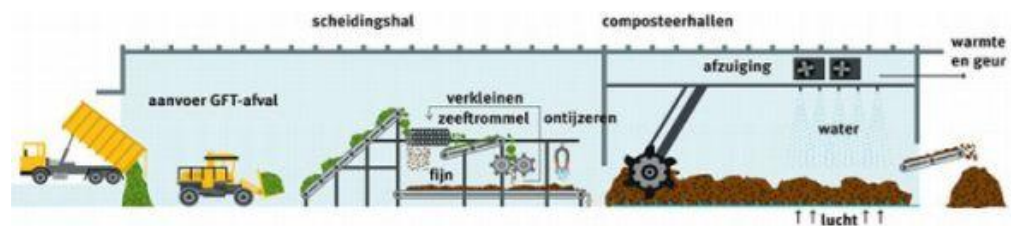
Composteren is een biologisch proces waarbij – onder aerobe condities – in een poreuze massa micro-organismen afbreekbare organische stof omzetten tot kooldioxide en water. Voordelen van compostering zijn kiemdoding, droging, materiaalreductie en stabilisatie van het organische materiaal. Bij compostering komt warmte vrij waardoor een hoge temperatuur tot maximaal circa 70°C ontstaat. Het water wordt verdampt door de vrijgekomen warmte, zodat het materiaal in volume afneemt. Voor het stimuleren van de biologische activiteit worden houtsnippers en compost aan het materiaal toegevoegd. Compost is rijk aan micro-organismen en de houtsnippers zorgen voor extra brandstof en een luchtig mengsel. Om de micro-organismen van zuurstof te voorzien en het water als damp af te voeren moet het materiaalmengsel goed belucht worden. Het proces duurt enkele weken afhankelijk van werkwijze en eindresultaat. Ingangsmateriaal dient – om goed composteerbaar te zijn – te voldoen aan de volgende eisen¹⁰:

- Een koolstof/stikstof (C/N) verhouding tussen de 25 en 30
- Voldoende vrij water; ideaal is een vochtgehalte van 50 – 60%
- Voldoende porositeit (ca 30 – 50% holle ruimte)

¹⁰

<http://www.zeolite-products.com/ktml2/files/uploads/mest%20composteren%20dmv%20zeoliet.pdf>

Het proces van (GFT) compostering is schematisch weergegeven in de onderstaande afbeelding:



Figuur 14: het proces van (GFT) compostering

Mechanische scheiding van mest

Drijfmest, zoals dat op de meeste Nederlandse veehouderijbedrijven wordt geproduceerd, bestaat voor een groot deel (circa 90%) uit water en een klein deel uit organisch en anorganisch materiaal. Het doel van mestscheiding is om het vaste materiaal en de vloeistof te scheiden in een dikke en een dunne fractie. Veel boerenbedrijven passen mestscheiding toe omdat hiermee fosfaat geconcentreerd kan worden in de dikke fractie. Hierdoor kan het fosfaat worden afgevoerd in een kleiner volume (Veehouderij techniek, 2010). De volgende drie technieken voor mestscheiding zijn het meest gangbaar:

- Trommelfilter - Een trommelfilter bestaat uit een draaiende geperforeerde trommel waar de mest overheen wordt gepompt. Het is een eenvoudige, robuuste techniek met een relatief laag scheidingsrendement.
- Vijzelpers - Een vijzelpers (zie figuur) bestaat uit een draaiende vijzel in een geperforeerde mantel met gaatjes van 0,5 – 1 mm. De vijzel bouwt druk op, perst de vloeistof door de perforaties en neemt de dikke fractie mee naar de afvoeropening. Kapitaalkosten zijn relatief laag; terwijl het scheidingsrendement enigszins gestuurd kan worden.
- Centrifuge - Een centrifuge (of decanter) bestaat uit een snel ronddraaiende dichte trommel met daarin een schroef. Scheiding berust op het principe van middelpuntvliedende kracht die ervoor zorgt dat relatief zware bestanddelen van de mest naar de buitenkant van de trommel worden geslingerd. Kapitaalkosten zijn relatief hoog hetgeen decanters met name geschikt maakt voor grotere volumes.



Figuur 15: Vijzelpers (of schroefpers)

Een typisch scheidingsrendement van een vijzelpers is weergegeven in de navolgende tabel. Scheidingsrendementen van een decanter zijn vergelijkbaar (Wageningen UR Livestock Research, 2010):

Tabel 6: Typisch scheidingsrendement vijzelpers (rundermest)

Fractie	Parameter	Waarde	Eenheid
ingaand materiaal	hoeveelheid	1	ton
	drogestof gehalte	5.8%	
dikke fractie	hoeveelheid	0,13	ton
	drogestof gehalte	17.6%	
	deel van de vaste stof	40%	
dunne fractie	hoeveelheid	0,87	ton
	drogestof gehalte	4.0%	
	deel van de vaste stof	60%	

Uit deze tabel is te zien dat door mest scheiding een aanzienlijke reductie van het totale gewicht bereikt kan worden, ten koste van verlies van een aanzienlijk deel van het vastestof gehalte.

Biogas upgrading

Biogas bevat, naast methaan, aanzienlijke hoeveelheden (tot 40% - 50%) CO₂. In vergelijking met aardgas bevat biogas daarnaast diverse verontreinigingen, zoals waterstofsulfide (H₂S) en ammonia (NH₃). Waterstof (H₂), stikstof (N₂), koolwaterstoffen en zuurstof (O₂) zijn soms in kleine hoeveelheden aanwezig. Verder is biogas verzadigd met water en bevat soms stofdeeltjes.

Om biogas verder te verwerken is het nodig om deze verontreinigingen in meer of mindere mate te verwijderen. Voor toepassing in een WKK is alleen droging en H₂S verwijdering meestal voldoende. Voor hoogwaardiger toepassingen, zoals invoeding in het aardgasnet of toepassing als brandstof, is verdere upgrading noodzakelijk. De essentiële en meest kostbare stap hierin is de verwijdering van het CO₂. Hiervoor zijn er diverse – bewezen – technieken beschikbaar:

- Membraanscheiding;
- PSA (Pressure Swing Adsorption);
- Absorptie met water (pressurised water wash) of een ander oplosmiddel.

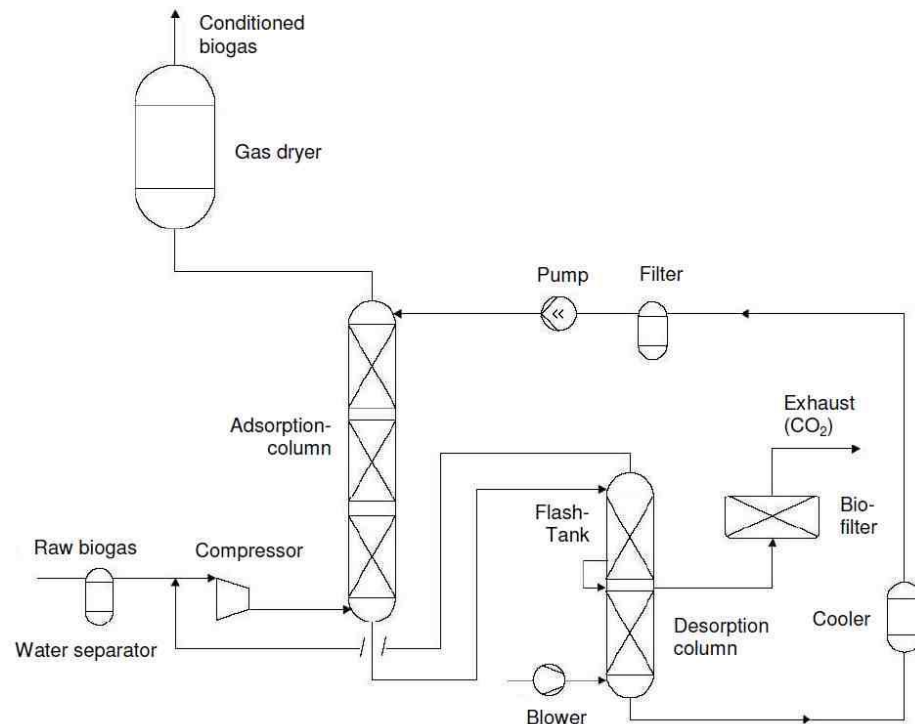
Een schematische layout van een *pressurised water wash upgrading* eenheid is weergegeven in Figuur 16 (Praßl et al., 2008). De technologie om biogas te upgraden naar groen gas is – ook in Nederland – bewezen. In 2011 zijn er bij voorbeeld vijf groen gas productieinstallaties opgeleverd (AgentschapNL, 2012).

LBM (bio-LNG) productie

Productie van LBM (Liquified biomethane, bio-LNG) kan gezien worden als vervolgstap op het upgraden van biogas. LBM is qua samenstelling vergelijkbaar met LNG (vloeibaar aardgas). Het belangrijkste verschil hierin is de oorsprong: LBM wordt geproduceerd van biogas en is dus – waarschijnlijk - hernieuwbaar en duurzaam. Hier staat “waarschijnlijk” omdat biogas niet in alle gevallen als duurzaam geassocieerd wordt. Een voorbeeld hiervan is wanneer er oerbossen voor gekapt moeten worden om de biomassa te telen.

LNG wordt al decennia gemaakt in landen die grote aardgasvoorraden hebben, maar ver van de gebruikers liggen zoals Qatar en Algerije. LNG wordt gemaakt om het volume te

reduceren en meer energie per volume-eenheid te krijgen. Ten opzichte van gasvormig aardgas heeft LNG een volumereductie met een factor 640. Daardoor wordt het rendabel om LNG over lange afstanden te transporteren. LNG heeft per volume-eenheid ongeveer de helft van de energie-inhoud van benzine.



Figuur 16: Schematische layout van CO₂ verwijderingseenheid (via absorptie met water)

LNG wordt afgekoeld tot onder de $-161\text{ }^{\circ}\text{C}$, bij die temperatuur wordt aardgas vloeibaar. Het wordt via speciale schepen getransporteerd naar afnemers. In 2011 is de eerste LNG-terminal in de Rotterdamse haven in gebruik genomen. In Zeebrugge (BE) is dit al tientallen jaren praktijk. Daar wordt het LNG verdampt met restwarmte van een nabij gelegen elektriciteitscentrale. Het verdampte gas wordt ingevoed op het aardgasnetwerk.

Productie van LBM (bio-LNG) staat momenteel nog in de kinderschoenen. Momenteel is er één installatie in Europa die LBM produceert. Deze staat in Groot Brittannië (zie Figuur 17). Deze LBM wordt ook verkocht in één van de enkele LBM vulpunten in Nederland, deze staan in Eindhoven en Oss. Er zijn wel diverse bedrijven die productie-eenheden voor LBM aanbieden. Voorbeelden hiervan zijn Gas Treatment Services en Osomo.



Figuur 17: Gasrec's 5,000 ton/jaar LBM productie installatie in Surrey (UK)

Met het gebruik van LBM/LNG als transportbrandstof in Nederland wordt momenteel geëxperimenteerd. Vrachtwagenfabrikant Volvo heeft een vrachtwagen ontwikkeld die rijdt op een mix van LBM/LNG 75% en diesel 25% op basis van energiewaarde. In Nederland rijden vijf van deze testvrachtwagens rond. Volvo is nu gestart met de commerciële verkoop en heeft momenteel rond de 50 vrachtwagens verkocht. Voordelen van diesel-methaan vrachtwagens zijn de lagere emissies en lagere kosten bij intensief gebruik. Ook is de actieradius aanzienlijk hoger dan een CNG-vrachtwagen; deze is vergelijkbaar met het bereik van dieselvrachtwagens.



Figuur 18: Een diesel-methaan (LNG/bio-LNG) vrachtwagen.

Verbranding knip- en snoeihout

Directe verbranding van biomassa is een van de oudste en meest gebruikte methoden om energie uit biomassa te genereren. Verbranding betreft de reactie van biomassa met zuurstof uit de lucht. Het directe product hiervan is hete lucht, welke direct gebruikt kan worden als warmte, of voor de productie van warm water of stoom. Deze stoom kan

vervolgens in elektriciteit omgezet worden. Verbranding kan plaatsvinden op elke schaal; van heel klein (kachels voor ruimteverwarming) tot heel groot (elektriciteitscentrales). Biomassa verbranding is een bewezen technologie. Meestal wordt hout verbrand, maar ook andere biomassa typen, zoals rijstkaf, en bagasse kunnen zonder problemen verwerkt worden.

Een voorbeeld van een biomassa verbrandingsinstallaties in Nederland is de 25 MW_e centrale van Essent in Cuijk (brandstof: houtchips). Naast deze redelijk grootschalige installatie is kleinschaliger verbranding voor warmte en/of elektriciteit ook technisch bewezen. In Nederland zijn in 2011 drie van dergelijke installaties geïmplementeerd (AgentschapNL, 2012):

- Gemeente Eindhoven, wijk Meerhoven
- Gemeente Eindhoven, Ottenbad
- Martens Bio-WKK Venray

3.2.3 Technische uitwerking ECP concepten

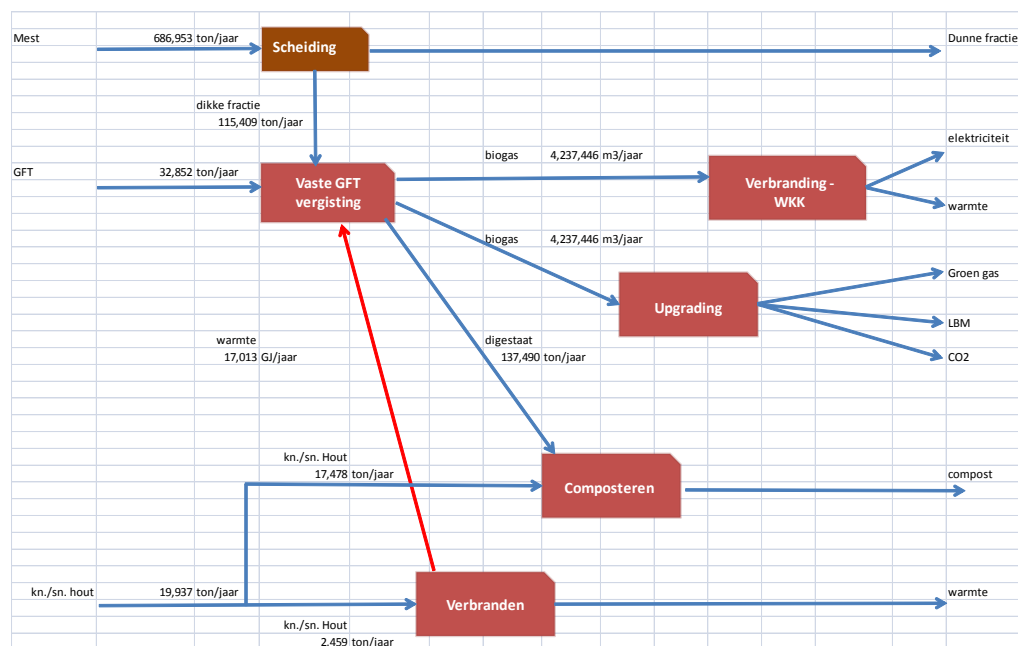
Uit de voorgaande paragraaf is duidelijk geworden dat het gekozen ECP-concept Breda technisch kan functioneren. De conversiestappen zijn allen bewezen technologie op de voor het ECP Breda beoogde schaal. Daarnaast zijn de eisen waaraan de tussenproducten dienen te voldoen geïdentificeerd, en is de biomassa-input voor diverse scenario's bepaald.

Op basis van deze gegevens zijn de massa- en energiebalansen voor de twee uitvoeringsvormen (Dranco en tunnelpercolaatvergisting) opgesteld. Hierbij zijn de volgende technische uitgangspunten gehanteerd:

- De massa- en energiebalansen worden opgesteld op het niveau van de individuele conversie-eenheden en beperken zich tot de meest belangrijke energie- en materiaalstromen. Dit omdat het model anders te ingewikkeld en inflexibel zal worden. Dit betekent bijvoorbeeld dat de conversiestap 'Biogas-WKK' wordt gekenmerkt door één input (biogas) en twee outputs (warmte en elektriciteit). Andere, kleinere inputs- en outputs worden in dit stadium verwaarloosd
- De consequentie hiervan is dat voor de bepaling van conversie-efficiënties, technische limiteringen, input-eisen, elektriciteits- en warmtegebruik, gebruik van overige hulpbronnen, uitvoeringsvormen, bijproducten, residuen en output karakteristieken in voorkomende gevallen moet worden uitgegaan van literatuurgegevens.
- Van elke conversietechnologie is de behoefte aan warmte en elektriciteit bepaald, welke meegenomen wordt in de globale berekeningen.
- De exacte locatie van het ECP is nog niet bekend. Wel is bekend dat grootschalige vergisting niet in de stad Breda, maar hoogstens aan de rand daarvan plaats kan vinden. Op basis hiervan is de lengte van de 'korte' biogasleiding bepaald op 3,5 km.

De massa- en energiebalansen zijn opgesteld in de vorm van twee spreadsheet modellen. Literatuurverwijzingen en berekeningen zijn in de spreadsheets zelf verwerkt. Referenties

zijn ook genoemd in Appendix B. Een grafische representatie van de massa- en energiebalansen in het geval van de Dranco uitvoering is weergegeven in Figuur 19.



Figuur 19: Grafische representatie M&E balans ECP-case Breda (Dranco uitvoeringsvorm). De inputcijfers komen overeen met de gegevens in Tabel 9

Deze grafische representatie maakt het volgende duidelijk:

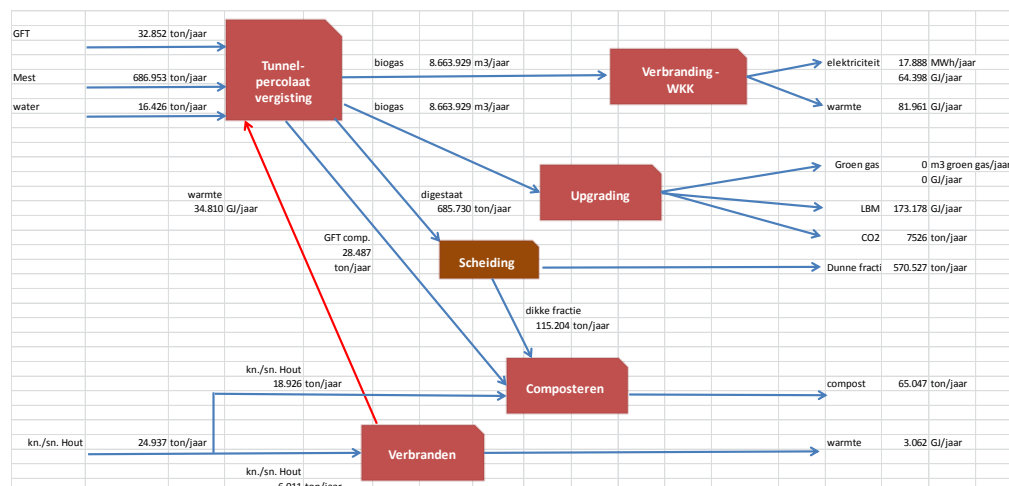
- Slib is als biomassa input niet meer meegenomen. Dit omdat de energetische opbrengst van slib effectief nul is (vanwege het hoge vochtgehalte) en omdat slibverwerking het (bijna) exclusieve domein is van de waterschappen.
- Het model biedt mogelijkheden tot variatie in de output. Zo is het bijvoorbeeld mogelijk om te variëren in:
 - De hoeveelheid biogas die naar de bio-WKK gaat versus de hoeveelheid biogas die verder verwerkt wordt tot groen gas en/of LBM (bio-LNG);
 - De hoeveelheid biogas die verwerkt wordt tot LBM versus het biogas dat tot groen gas opgewerkt wordt.

Uiteraard is het verder mogelijk om inpuhoeveelheden binnen bepaalde grenzen naar willekeur te variëren.

In Figuur 20 is een grafische representatie van de massa- en energiebalansen in het geval van tunnelpercolaatvergisting weergegeven. De inputcijfers komen in dit geval grotendeels overeen met Tabel 9. Omdat er meer warmte nodig is voor de vergisting dan dat er geleverd kan worden met het beschikbare hout, is uitgegaan van een extra houtaankoop. Hieruit is duidelijk op te maken dat alle mest – dus niet alleen de dikke fractie – in het proces meegenomen wordt. Pas nadat er biogas uit gewonnen is, wordt het vergiste materiaal gescheiden in een dunne en een dikke fractie, waarna de dunne fractie een output is. Naast de mest wordt ook nog extra water aan het proces toegevoegd. Dit is nodig voor het scheiden van de vergistbare en composteerbare componenten.

Bij tunnelpercolaatvergisting wordt gebruik gemaakt van minimaal twee reactoren; één voor de scheiding van de vergistbare en de composteerbare fractie en één voor de

biogasproductie. In dit model is ervoor gekozen om dit als één stap te modelleren; met als reden dat het hier alleen om de meest belangrijke in- en outputs van het proces gaat. Conversierendementen, technische limiteringen, input-eisen, elektriciteits- en warmtegebruik, gebruik van overige hulpbronnen, uitvoeringsvormen, bijproducten, residuen en output karakteristieken zijn via literatuurgegevens bepaald.



Figuur 20: Schematische representatie ECP-case Breda (tunnelpercolaatvergisting uitvoeringsvorm)

3.2.4 Resultaten

Eerst worden enkele typische resultaten van de ECP-case Breda gepresenteerd. De inputgegevens hiervan staan vermeld in Tabel 7.

Tabel 7: Inputgegevens typische ECP Breda berekening (alleen biomassa vanuit de gemeente Breda wordt meegenomen)

Parameter	Waarde	Eenheid
input – GFT	11,967	ton/jaar
input – rundermest	49,296	ton/jaar
input – varkensmest	17,311	ton/jaar
input - knip- en snoeihout	4,745	ton/jaar
Percentage gas naar bio-WKK	50%	-
percentage upgrading naar LBM (bio-LNG)	100%	-

Hierbij wordt ervan uitgegaan dat 100% van het beschikbare GFT en knip/snoeihout benut kan worden en daarnaast 50% van de beschikbare runder- en varkensmest. Hierbij is voor 50% gekozen omdat bekend is dat een aantal agrariërs eigen toepassingen hebben voor de mest. Daarnaast zullen er agrariërs zijn welke over beperkte hoeveelheden mest beschikken, waardoor de kosten om deze mest te benutten te hoog worden. Het is op voorhand niet duidelijk welk percentage mest redelijkerwijs meegenomen kan worden. Om deze reden is de aanname gemaakt dat dit 50% is.

Uit deze tabel blijkt voorts dat van het geproduceerde biogas 50% wordt benut in de bio-WKK installaties voor de productie van warmte en elektriciteit. De overige 50% wordt benut voor LBM productie. Er wordt geen groen gas geïnjecteerd in het aardgasnet. Resultaten hiervan zijn vermeld in Tabel 8.

Tabel 8: Resultaten berekeningen typische ECP-case (alleen biomassa afkomstig vanuit gemeente Breda)

Parameter	Waarde (Dranco)	Waarde (Tunnelpercolaat)	Eenheid
1. Bruto elektriciteit	1,772	4,055	MWh/jaar
2. Warmteproductie	25,509	18,579	GJ/jaar
3. LBM (bio-LNG)	343,184	785,134	kg LBM/jaar
4. Groen gas	0	-	m3 groen gas/jaar
Totaal energie output 1 t/m 4	49,049	71,690	GJ/jaar
Aantal huishoudens (warmte)	448	313	-
Aantal huishoudens (elektriciteit)	509	1,165	-
Aantal vrachtwagens (LBM, 100.000 km/jaar)	14	31	-
Aantal huizen (groen gas)	0	0	-
Compost	8,955	14,719	ton/jaar
CO ₂	759	1,717	ton CO ₂ /jaar
Dunne fractie	55,417	112,965	ton/jaar

In de eerste vier rijen van deze tabel is de productie van energiedragers, zoals elektriciteit en warmte vermeld. Daaronder is (bij “Totale energie output”) vermeld wat de totale energieproductie is wanneer de productie van energiedragers wordt teruggerekend naar GJ. In de vier regels daaronder wordt aangegeven wat de betekenis is van deze eerder genoemde energieproductie. Een elektriciteitsproductie van 1.772 MWh/jaar betekent bijvoorbeeld dat 509 huishoudens een jaar lang van elektriciteit voorzien kunnen worden (bij een gemiddeld verbruik van 3.480 KWh/jaar¹¹). De laatste drie regels geven aan wat de productie aan compost, CO₂ (bijproduct van LBM productie) en dunne fractie is.

Uit deze berekening wordt duidelijk dat het rendement van de productie van energie en materialen via het tunnelpercolaatvergistingsproces aanzienlijk hoger is dan bij het Dranco-proces. Dit is omdat bij het Dranco-proces een groot gedeelte (meer dan de helft) van de mest niet omgezet wordt in energie. Verder valt op dat de warmte die in het geval van tunnelpercolaatvergisting opgewekt wordt lager is dan in het geval van het Dranco-proces. Reden hiervoor is dat er meer energie benodigd is om de vergister op temperatuur te houden.

Indien ook de biomassa uit de omliggende gemeenten wordt meegenomen, is de input als volgt:

Tabel 9: Inputgegevens typische ECP Breda berekening (biomassa afkomstig uit Breda en omstreken)

Parameter	Waarde	Eenheid
input – GFT	32,852	ton/jaar
input – rundermest	506,978	ton/jaar
input – varkensmest	179,975	ton/jaar
input - knip- en snoeihout	19,937	ton/jaar

¹¹ <http://www.gaslicht.com/energiebesparing/energieverbruik.aspx>

Percentage gas naar bio-WKK	50%	-
percentage upgrading naar LBM (bio-LNG)	100%	-

Ook hier wordt er van uitgegaan dat 50% van het technisch potentieel aan varkensmest en rundermest wordt benut. Bij deze aanname is er vanuit gegaan dat met name de mest die dichterbij de verwerkingsinstallatie vrijkomt getransporteerd zal worden. Mest die van verder weg komt zal in veel mindere mate worden getransporteerd naar de verwerkingsinstallatie, met name vanwege de kosten van transport. Het betreft hier een eerste aanname welke besproken en goedgekeurd is door de klankbordgroep. GFT en knip/snoeihout wordt voor 100% benut. Resultaten zijn weergegeven in Tabel 10:

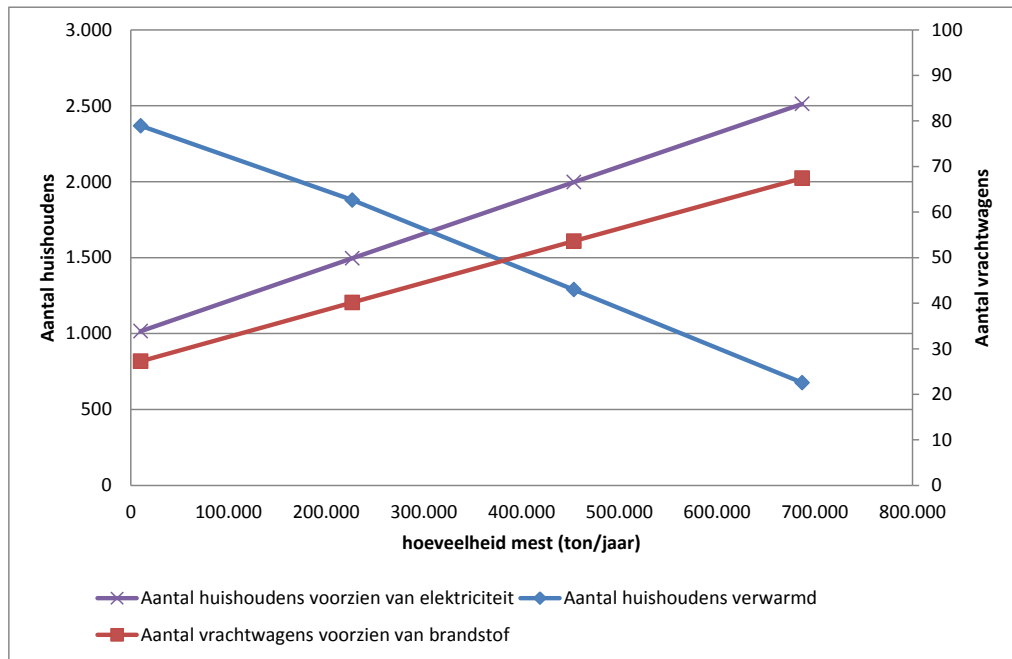
Tabel 10: Resultaten berekeningen typische ECP-case (biomassa afkomstig uit Breda en omstreken)

Parameter	Waarde (Dranco)	Waarde (Tunnelpercolaat)	Eenheid
Bruto elektriciteit	8,743	17,888	MWh/jaar
Warmteproductie	38,540	53,514	GJ/jaar
LBM (bio-LNG)	1,692,799	3,463,570	kg LBM/jaar
Groen gas	0	0	m3 groen gas/jaar
Totaal energie output	154,654	291,090	GJ/jaar
aantal huishoudens (warmte)	676	939	-
aantal huishoudens (elektriciteit)	2,512	5,140	-
aantal vrachtwagens (LBM, 100.000 km/jaar)	67	138	-
Aantal huizen (groen gas)	0	0	-
Compost	61,987	65,047	ton/jaar
CO2	3,684	7,526	ton CO2/jaar
Dunne fractie	571,544	570,527	ton/jaar

Deze berekening laat zien dat door het meenemen van aanzienlijk meer biomassa de totale geproduceerde hoeveelheden energie en materialen sterk toenemen. Vanwege de grotere beschikbaarheid van met name mest rondom Breda is de totale energieproductie met het tunnelpercolaatproces bijna twee keer zo hoog als bij het Dranco proces. De hoeveelheden af te voeren dunne fractie zijn wel erg hoog bij het tunnelpercolaatproces. In het geval van het Dranco proces wordt de dunne fractie niet meegenomen in het proces zelf, maar blijft deze achter bij de agrariër.

De productie van energie en materialen is, in het geval dat er alleen biomassa uit de gemeente Breda zelf wordt benut, zeer beperkt. Er wordt daarom in de verdere berekeningen uitgegaan van de benutting van biomassa uit Breda *en* aangrenzende gemeenten.

Een indruk van de output op basis van de gegeven biomassastromen en de gekozen ECP configuratie wordt gegeven in Figuur 21. In deze figuur is te zien wat er gebeurt als er minder mest in het ECP Breda wordt ingevoerd. Hierbij komt 0% in de grafiek overeen met een mestinvoer van nul, en 100% komt overeen met een mestinput gelijk aan de beschikbaarheid genoemd in Tabel 9.

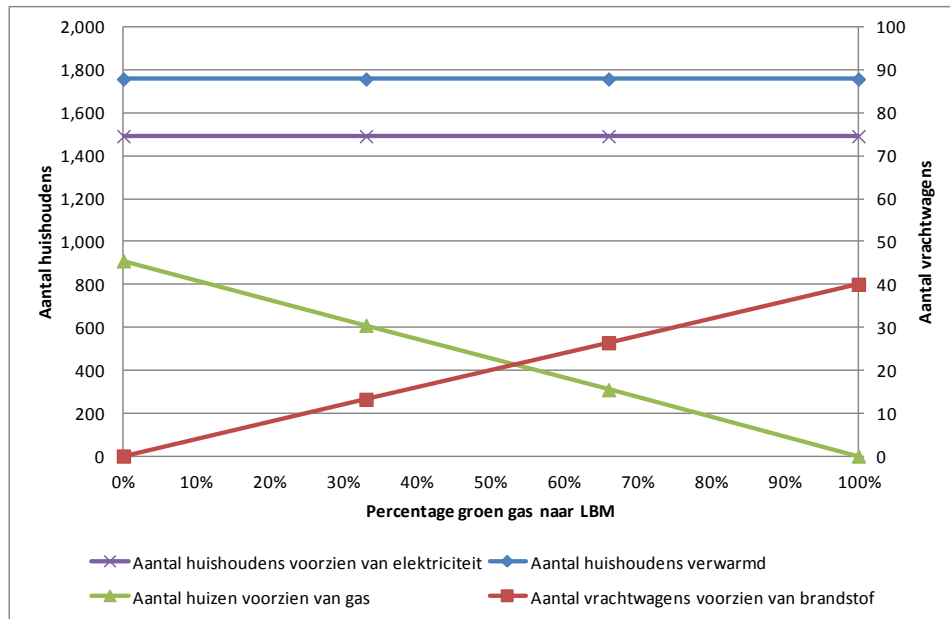


Figuur 21: ECP Breda (Dranco uitvoering) outputs als functie van de hoeveelheid mestinput

Uit deze figuur blijkt dat wanneer de mesthoeveelheid vermeerderd wordt, de elektriciteitsproductie toeneemt, evenals de LBM (bio-LNG) productie. De warmteproductie loopt daarentegen terug. De reden hiervoor is dat minder mest uiteraard minder biogas betekent. Er is echter ook minder (structuur)materiaal nodig voor de compostering, hetgeen meer energie voor verwarming oplevert.

Meer in het algemeen laat Figuur 21 zien dat het ECP-concept de verwarming en elektriciteit voor ‘enkele duizenden’ huizen zou kunnen leveren; waarbij het exacte aantal afhankelijk is van de te maken keuzen en inputs. Indien een substantieel deel van de input omgezet wordt in LBM kunnen tot ca. 100 vrachtwagens¹² van brandstof worden voorzien.

¹² Hierbij wordt uitgegaan van 100.000 km/jaar, ofwel 30 ton LBM (bio-LNG) gebruik per vrachtwagen.



Figuur 22: ECP Breda (Dranco uitvoering) outputs als functie van de verhouding LBM (bio-LNG)/groen gas productie

In Figuur 22 is de relatie groen gas productie/LBM productie duidelijk gemaakt. In dit scenario is er voor gekozen een vast deel van het biogas te verwerken in de WKK, hetgeen betekent dat er een vast aantal huishoudens verwarmd wordt en van elektriciteit wordt voorzien. De variatie betreft het percentage van het gas dat omgezet wordt in LBM. Indien dit 100% is, wordt er geen groen gas geleverd, maar alleen LBM geproduceerd. Indien dit 0% is, wordt er alleen groen gas geproduceerd en is er geen sprake van LBM-productie. Zoals te verwachten was/is, zijn beide opbrengsten elkaars spiegelbeeld.

3.3 Evaluatie proces met leerpunten

Uit paragraaf 3.1 is gebleken dat de ontwikkeling van de ECP concepten geruime tijd geduurd heeft. Diverse concepten zijn ontwikkeld en weer verworpen. Een belangrijke reden hiervoor is dat in eerste instantie getracht is een ECP concept gezamenlijk met een aantal partijen te ontwikkelen, waarbij steeds input verkregen werd via een klankbordgroep. Uit het lange ontwikkeltraject van de ECP concepten blijkt dat deze aanpak in dit geval niet voldoende effectief was.

Reden hiervoor is waarschijnlijk het gebruik van het instrument ‘klankbordgroep’. Leden van de klankbordgroep kwamen op vrijwillige (onbetaalde) basis regelmatig bijeen. Dit leidde – en dat is ook begrijpelijk – tot een relatief lage committering, waardoor de klankbordgroep nogal wisselde qua samenstelling. Dit had als gevolg dat de klankbordgroep geen eenduidige richting kon vinden waardoor voorkeuren konden wisselen.

Een andere, mogelijke oorzaak is, dat bij de ontwikkeling van projecten normaal gesproken één partij als trekker en/of aanjager fungeert. Deze partij geeft de richting aan en zoekt daar andere partijen bij. Andere partijen kunnen op deelonderwerpen bijdragen, maar dienen niet af te leiden van de richting of de focus. In het geval van het ECP Breda

heeft de gemeente Breda als centrale partij ofwel “ankerpunt” gefungeerd. De gemeente Breda ziet zichzelf echter niet in een rol waarbij er specifieke keuzen aangaande de inrichting van een ECP gemaakt worden. De gemeente geeft bij voorkeur kaders aan en doelstellingen, waarna het aan marktpartijen is om hier een invulling aan te geven. Als er gekeken wordt naar ‘ECP-achtige’ concepten in de praktijk, zoals bijvoorbeeld de locatie van de VAR in Twello, Twence in Hengelo of Attero in Wijster, dan hebben die cases gemeen dat er één marktpartij is die als overall-integrator functioneert, de uitvoering zelf ter hand neemt en het grootste belang heeft in het welslagen van het gehele concept.

Één belangrijk leerpunt voor de ontwikkeling van ECP concepten is dan ook dat het noodzakelijk is om in een vroeg stadium één partij als centrale belanghebbende te identificeren, welke als ankerpunt fungeert.

Het technische proces van selectie van het ECP concept is gelopen conform de verwachting. Op basis van de randvoorwaarden en de aannamen is een technisch concept geselecteerd wat vervolgens is uitgewerkt. Vanwege diverse koerswijzigingen is het technische concept ook regelmatig aangepast; dit is echter een onderdeel van het ontwikkelen van een ECP. Een kerntechnologie van het gekozen concept is anaerobe vergisting. Gegeven de aard en samenstelling van de grondstoffen is dit een logische keuze. Via het biogas productie kan in de winter duurzame warmte aan de stad geleverd worden en tijdens de zomer is het mogelijk andere producten uit de ECP te leveren (elektriciteit en bio-LNG/LBM).

4 ECONOMISCHE ANALYSE

4.1 Economische uitwerking

In hoofdstuk 3 zijn de massa- en energiebalansen van het ECP Breda opgesteld. Hierbij zijn er twee uitvoeringsvormen geïdentificeerd, die beide technisch realiseerbaar lijken.

Om de keuze voor een uitvoeringsvorm gefundeerd te kunnen maken, zijn ook andere criteria relevant. In overleg met de gemeente Breda, ‘ankerpunt’ voor de ECP-case Breda, is besloten om als besliscriterium de economische haalbaarheid te hanteren. Uiteraard zijn er andere besliscriteria te definiëren, zoals:

- Energetische efficiëntie van het ECP concept;
- CO₂ emissiereductie behaald met het ECP concept;
- Totale hoeveelheid duurzame energie die opgewekt wordt met het concept.

Deze criteria zijn bepaald in het kader van de berekeningen, maar zijn niet als doorslaggevend besliscriterium aan de orde.

4.1.1 Opzet en aannamen economische uitwerkingen

De economische uitwerking van de ECP-case Breda is uitgevoerd door marktprijzen voor grondstoffen en producten – met en zonder subsidie – te bepalen en kapitaal- en operationele kosten van het ECP concept te bepalen, met als basisgegevens de input data van Tabel 9 en Tabel 10. Met behulp van een eenvoudig DCF (Discount CashFlow) model worden vervolgens financiële parameters bepaald welke een maat zijn voor de economische haalbaarheid van het concept. Uiteraard moeten hierbij de nodige aannames gedaan worden. Deze aannames zullen hieronder toegelicht worden.

Algemene aannames

Bij de opzet van de economische uitwerkingen zijn de volgende algemene aannames gemaakt:

- In alle gevallen wordt de economische haalbaarheid van een ‘greenfield’ complex bepaald. Een ‘greenfield’ complex betekent dat het complex vanaf de grond wordt opgebouwd; er wordt dus geen gebruik gemaakt van bestaande infrastructuur of installaties, met uitzondering van het warmtenet Breda.
- De kapitaalkosten van de ECP onderdelen zijn bepaald op het niveau van de gehele technologie. Dit is gedaan omdat het concept nog niet voldoende gedetailleerd is om een nadere uitsplitsing te maken.
- Van kosten van grondstoffen en inkomsten uit producten worden daarvoor geïdentificeerde marktprijzen (positief) danwel gate fees (negatief) gebruikt.
- De economische haalbaarheid wordt voor twee situaties bepaald:
 - Indien er geen enkele subsidie wordt verkregen;
 - Indien er subsidie voor de productie van duurzame energie wordt verkregen volgens de SDE+ 2012 regeling.

-
- Overige subsidies die mogelijk relevant kunnen zijn, zoals bijvoorbeeld EIA en VAMIL, zijn niet verwerkt in de berekeningen.

SDE+ 2012 regeling

De SDE+ 2012 regeling is de Nederlandse regeling voor de stimulering van productie van duurzame energie. Hoewel er ook andere stimuleringsmaatregelen beschikbaar zijn, heeft deze regeling verreweg de meeste invloed op bedrijfseconomische resultaten, en praktisch alle producenten van duurzame energie in Nederland maken hier in meer of mindere mate gebruik van.

Bij de bepaling van de hoogte van de SDE+ 2012 subsidie is uitgegaan van de regeling zoals deze in 2012 opengesteld is (Staatscourant, 2012). Het basismechanisme van de SDE+ 2012 werkt als volgt: de overheid bepaalt een bepaald bedrag wat de producent nodig heeft om een (bescheiden) financieel rendement te behalen. Dit bedrag is per product en per technologie verschillend. Voor de productie van warmte door verbranding van vaste biomassa is dit bijvoorbeeld 10,9 Euro/GJ¹³. De overheid bepaalt vervolgens de marktprijs die de producent krijgt door de verkoop van (in dit geval) warmte, en past dit bedrag bij tot een totaal van 10,9 Euro/GJ. Indien deze producent SDE+ subsidie verkrijgt, zal deze dus gedurende een periode van 12 jaar dit bedrag (10,9 Euro/GJ) aan totale inkomsten (via de verkoop van warmte plus subsidie) verkrijgen.

Een complicerende factor hierbij is dat in de afgelopen twee jaar producenten met elkaar kunnen concurreren. De SDE+2012 is opengesteld in vijf fasen. In de eerste fase is de te verkrijgen subsidie laag, waarna deze in de volgende fase stapsgewijs verhoogd wordt. Het idee hierachter is dat wanneer een producent met minder subsidie genoegen neemt, deze voorrang krijgt bij de subsidieverlening. In 2012 lijkt het erop dat het gehele budget van de SDE+ 2012 regeling reeds in de eerste fase geclaimd is¹⁴. Het is dus maar de vraag of de eerder genoemde vergoedingen daadwerkelijk verkregen kunnen worden.

In het geval van de economische uitwerking van het ECP-concept is voor elke technologie bepaald wat de daarvoor geldende SDE+2012 subsidie is. Hierbij is géén rekening gehouden met uitputting van het budget. Dat wil zeggen dat, indien een bepaalde technologie een bepaald minimum bedrag aan subsidie nodig heeft, er vanuit gegaan wordt dat deze ook verkregen kan worden. Uiteraard is dit niet geheel in overeenstemming met de huidige realiteit, omdat er steeds sprake is van overvraging van het beschikbare SDE-subsidiebudget. Het is echter niet te voorzien hoe de SDE-regeling zich de komende jaren zal ontwikkelen, vandaar dat voor deze benadering gekozen is.

De voor het ECP Breda relevante bedragen staan vermeld in de navolgende tabel:

¹³ Staatscourant (2012), artikel 79

¹⁴ <http://www.agentschapnl.nl/content/stand-van-zaken-sde-30-april-2012>

Tabel 11: Relevante SDE+2012 basis-, correctie- en subsidiebedragen

Technologie	Basisbedrag	Correctiebedrag	Netto subsidie	Eenheid
warmte - ketel vaste biomassa	10.9	9.1	1.8	Euro/GJ
Allesvergisting (solo, WKK)	27.3	11.0	16.3	Euro/GJ
- inkomsten elektriciteit	9.8	4.0	5.9	Euroct/kWh
- inkomsten warmte	27.3	11.0	16.3	Euro/GJ
Allesvergisting (solo, groen gas)	59.2	24.7	34.5	Euroct/Nm3

Bij deze tabel dienen de volgende opmerkingen gemaakt te worden:

- De relevante categorie voor het opwekken van biogas en gebruik daarvan in een WKK is “allesvergisting (solo, WKK)”. Het betreft hier géén mestcovergisting, omdat er ook GFT vergist wordt, en géén hub (meerdere biogasproducenten).
- Andere relevante categorieën zijn warmteproductie met vaste biomassa (verbranding knip- en snoeihout) en productie van groen gas met een allesvergister.
- De correctiebedragen zijn een maat voor de marktprijzen welke volgens de Nederlandse overheid verkregen kunnen worden¹⁵.
- De basis- en correctiebedragen voor allesvergisting (solo, WKK) zijn gegeven in Euro/GJ (als in rij 3 van Tabel 11). Dit kan vertaald worden in de (in rij 4) genoemde prijs voor elektriciteit.
- LBM (bio-LNG) is niet genoemd, omdat SDE+ subsidie niet wordt verstrekt voor productie van LBM.

Uit tabel 11 blijkt duidelijk dat kosten van opwekking van duurzame energie per technologie sterk uiteenlopen. Warmteproductie met vaste biomassa heeft slechts 1,8 Euro/GJ subsidie nodig om rendabel te zijn, terwijl allesvergisting (solo, WKK) 16,3 Euro/GJ subsidie nodig heeft. De eerste optie gaat dan ook in fase 1 van de SDE+ regeling open, terwijl allesvergisting (solo, WKK) pas in fase 3 open gaat.

Kapitaal- en operationele kosten

Kapitaalkosten van de verschillende technologieën zijn bepaald aan de hand van literatuurgegevens. In veel gevallen zijn hierbij gegevens gebruikt van ECN (2011). Voor technologieën waarvoor geen ECN-gegevens beschikbaar zijn, zijn andere bronnen gebruikt, aangevuld met informatie over kosten van recent geïmplementeerde installaties. Specifiek is de informatie uit de volgende bronnen verkregen:

- Informatie over biomassa verbranding: ECN (2011)
- Informatie over groen gas productie: ECN (2011)
- Informatie over biogasverbranding in een WKK: ECN (2011)
- Informatie over LBM productie: Kattstrom (2008)
- Informatie over kapitaal- en operationele kosten van GFT vergisting: California (2008)
- Informatie over composteren; Zeolite products (2012)

¹⁵ Staatscourant, “Regeling aanwijzing categorieën duurzame energieproductie 2012”, Nr. 3609, 21 februari, 2012, <https://zoek.officiëlebekendmakingen.nl/>, 2012

-
- Informatie over mestscheiden: Wageningen UR, website tool¹⁶

Met behulp van deze gegevens zijn de totale kapitaalkosten van de verschillende conversietechnologieën, afhankelijk van de schaal bepaald. Bij de economische berekeningen is er verder vanuit gegaan dat als een technologie op deellast benut wordt, toch de kapitaalkosten van de technologie op volle capaciteit worden meegenomen. Dit omdat een belangrijk onderdeel van het ECP Breda concept is dat de productie van grondstoffen flexibel moet zijn, bijvoorbeeld warmte in de winter en LBM (bio-LNG) in de zomer.

De volgende operationele kosten worden meegenomen:

- Kosten voor operatie en onderhoud: hiervoor wordt een vast bedrag van 3% van de totale kapitaalkosten genomen (Ullrich, 1984)
- Kosten voor arbeid: het aantal FTE's wordt geschat aan de hand van de capaciteit van een installatie. Kosten per FTE zijn gesteld op 40.000 Euro/jaar¹⁷.
- Kosten (marktprijzen) voor energie inkoop worden bepaald op 0,14 Euro/kWh voor elektriciteit bij hoeveelheden van minder dan 50 MWh/jaar (ECN, 2012). Het uitgangspunt is dat het ECP in de eigen energiebehoeften voorziet. Indien dit echter niet mogelijk is omdat de technologie (bijvoorbeeld voor elektriciteitsproductie) niet aanwezig is dan is inkoop noodzakelijk.
- Kosten voor transport van mest worden apart berekend. Voor andere grondstoffen en producten wordt ervan uitgegaan dat de kosten van transport deel uitmaken van de kosten of de prijs. Bij mest is dit niet zonder meer mogelijk omdat transport een wezenlijk onderdeel van de kostprijs (of gate-fee) van mest is.

Technologie specifieke aannamen

- Indien er bij het Dranco proces mestscheiding nodig is, dan zal dit gebeuren op de plek waar dit ontstaat, namelijk bij de agrariër. Kosten voor de mestscheiding worden derhalve bij de agrariër gelegd. Deze keuze wordt gemaakt omdat mestscheiding diverse voordelen voor agrariërs kan hebben vanwege de scheiding tussen stikstof en fosfaat (Veehouderij techniek, 2010).
- In het geval van tunnelpercolaatvergisting wordt mechanische scheiding op een andere plaats in het proces gebruikt. Kosten hiervoor worden wel meegenomen.

Financiële aannamen

De volgende financiële aannamen zijn gedaan:

- De financiële kentallen (zoals Interne RenteVoet (IRV) en Netto Contante Waarde (NCW)) zijn bepaald aan de hand van een 10 jaar durende projectperiode.
- Bouw van het ECP complex is gesteld op 1 jaar, waarna de productie direct 100% van de beschikbare capaciteit is.

¹⁶

<http://www.verantwoordeveehouderij.nl/index.asp?producten/pzprojecten/beterbenutten/mestscheidingswijzer/index.asp>

¹⁷ DACE "Prijzenboekje", Reed business publication bv, 2006

- 80% van de kapitaalkosten worden via vreemd vermogen (een lening) gefinancierd.
- De lening wordt afgelost in 10 jaar, met een rentepercentage van 6%¹⁸.
- Marktprijzen van grondstoffen en producten worden meegenomen in kostprijzen en opbrengsten.
- In het model is geen rekening gehouden met inflatie.

Marktprijzen voor producten en grondstoffen

De volgende marktprijzen zijn als input in het model verwerkt:

Tabel 12: Marktprijzen voor producten en grondstoffen

Product/grondstof	Prijs	Eenheid
GFT	-40 (-60) ¹⁹	Euro/ton
Mest	-10 (-25) ²⁰	Euro/ton
Knip- en snoeihout	5,0 ²⁰	Euro/GJ
Elektriciteit	4,7 ²¹	Euroct/kWh
warmte - aardgasvervanging	7,2 ²⁰	Euro/GJ
groen gas (aardgas)	22,9 ²⁰	Euroct/Nm3
LBM (bio-LNG)	0,8 ²²	Euro/kg
CO ₂	10,0 ²³	Euro/ton
Dunne fractie	-10 (-25) ²⁰	Euro/ton
Compost	3,5 ²⁴	Euro/ton

Deze prijzen zijn bepaald aan de hand van gegevens van ECN (2012) en markt informatie over gegevens van energieproducten (o.a. GDF SUEZ Trading, 2012). Negatieve prijzen betekenen dat de aanbieder ervan betaalt voor afname van deze producten (gate fees). De prijzen van mest en dunne fractie zijn aan elkaar gelijk gesteld. Voor GFT, mest en dunne fractie zijn twee prijzen gegeven. De eerste prijs is de actuele marktprijs, de tweede prijs (tussen haakjes) is de prijs die in de modellen verwerkt is. De reden om deze (gunstiger) prijzen te nemen is omdat een groot aantal alternatieven met elkaar vergeleken moeten worden. Indien al deze alternatieven een negatieve tot zeer negatieve economische rentabiliteit laten zien is een vergelijking moeilijk te maken. In een latere fase worden de (momenteel meest) realistische getallen ingevoegd. Ten aanzien van de marktprijs voor warmte is uitgegaan van de equivalente prijs van aardgas. Dit is gedaan omdat de werkelijke prijs van levering van warmte in het warmtenet in Breda niet bekend is.

¹⁸ Een gebruikelijk rentepercentage voor kapitaalinvesteringen in Nederland

¹⁹ http://wikimobi.nl/wiki/index.php?title=Composteren_versus_biovergisten:_de_broeikasbalans

²⁰ ECN rapport eindadvies basisbedragen SDE 2012, Rapport ECN-E--11-054, <http://www.ecn.nl/docs/library/report/2011/e11054.pdf>, 2011

²¹ GDF SUEZ trading, "Market trends", 06/02/2012 tot 13/02/2012, <http://newsletters.gdfsuez-globalenergy.com/Media/PDF/market-trends-NL-13022012.pdf>, 2012

²² Private communicatie met Volvo (Jan Schouten). De marktprijs is 0,8 – 1,10 Euro/kg

²³ Schatting op basis van gesprekken met marktpartijen

²⁴ <http://www.akkerwijzer.nl/artikel/n/342/goede-compost-is-als-een-bruine-boterham.html>

Financieel model

De economische resultaten worden bepaald aan de hand van een DCF (Discounted CashFlow) model. In dit model worden jaarlijkse baten en lasten bepaald. Die bepalen de kasstromen (cashflows). Onderdeel van de uitgaande kasstroom is het betalen van belasting op winst. Het verschil tussen deze kasstromen is de netto kasstroom, welke benodigd is om de investeringen terug te betalen. Het project resulteert elk jaar in een netto kasstroom. Deze is typisch de eerste één of twee jaar sterk negatief (de investering) en de daarop volgende jaren positief. Aan de hand van deze kasstromen kunnen diverse parameters bepaald worden:

- De **Interne RenteVoet (IRV-IRR)**. Deze parameter geeft aan wat de rente op de investering is over een gegeven periode. Indien dit getal negatief of zeer laag is, dan is de investering economisch niet rendabel. Indien deze interne rentevoet zeer hoog is, is het project zeer rendabel. Investeerders hanteren normaal gesproken een grenswaarde voor de interne rentevoet waarboven zij een positieve investeringsbeslissing nemen. Deze grenswaarde is afhankelijk van een groot aantal factoren zoals bijvoorbeeld de mate van risico die genomen moet worden, de verwachtingen in de sector, het eigen beleid van de investeerder en het land waar de investeringen plaatsvinden. In de chemische industrie bijvoorbeeld is een interne rentevoet van minimaal 18% normaal. In de woningbouw zijn zeer lage interne rentevoeten heel normaal, onder andere vanwege de beperkte risico's.
- De **Netto Contante Waarde (NCW-NPV)** geeft aan wat de huidige waarde is van de investering. Hierbij wordt de waarde van toekomstige kasstromen afgewaardeerd aan de hand van een vooraf te kiezen rentepercentage (het disconteringspercentage), wat staat voor de kosten voor het verkrijgen van kapitaal. In onzekere omgevingen zijn deze kosten hoger, is het disconteringspercentage dus ook hoger, en dienen projecten derhalve hogere kasstromen te genereren voordat deze rendabel zijn.
- De **terugverdiëntijd** geeft aan hoe lang het duurt voordat een project zichzelf heeft terugverdiend. In investeringsbesluitvormingsprocessen wordt een norm gesteld waarbinnen een investering zichzelf moet terugverdienen. De terugverdiëntijd voor het ECP is echter niet zeer nauwkeurig te bepalen, omdat zaken als bijvoorbeeld bouwtijd en fluctuaties in productie niet meegenomen worden.

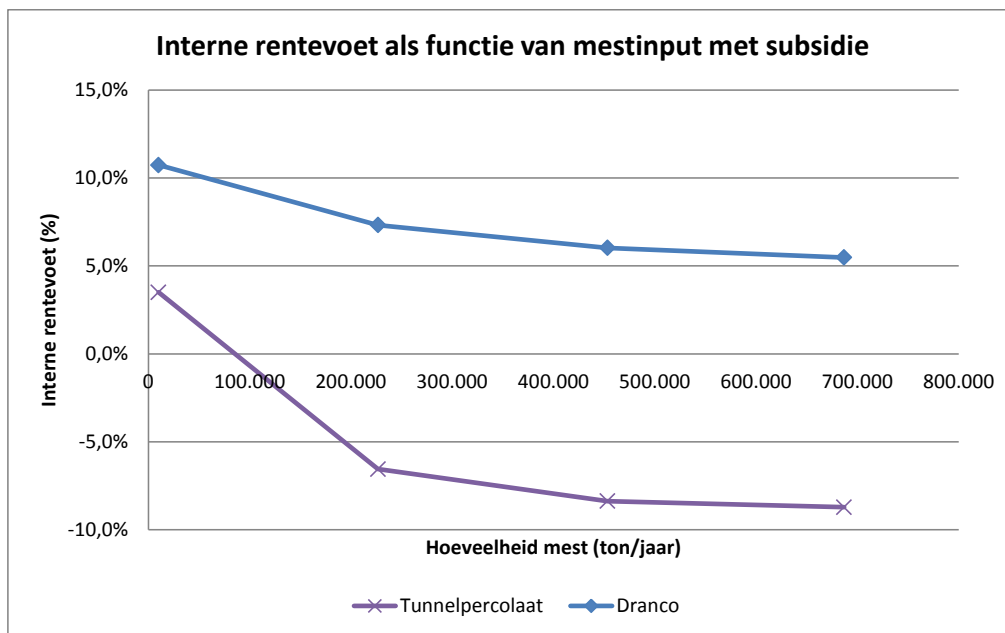
Voor de economische evaluatie wordt hier verder uitgegaan van de interne rentevoet. Hierbij wordt deze op projectbasis bepaald en niet op het niveau van de individuele investeerder. De reden hiervoor is dat deze parameter informatie geeft over de haalbaarheid van het gehele project, hetgeen hier van belang is. Daarnaast wordt het effect van de verhouding eigen vermogen/vreemd vermogen minder geprononceerd.

4.1.2 Resultaten: variatie in input- en outputstromen

Met de genoemde aannamen kan de economische haalbaarheid van het ECP Breda bepaald worden. Zoals aangegeven worden de resultaten gepresenteerd met en zonder subsidie.

Variatie van de mestinput

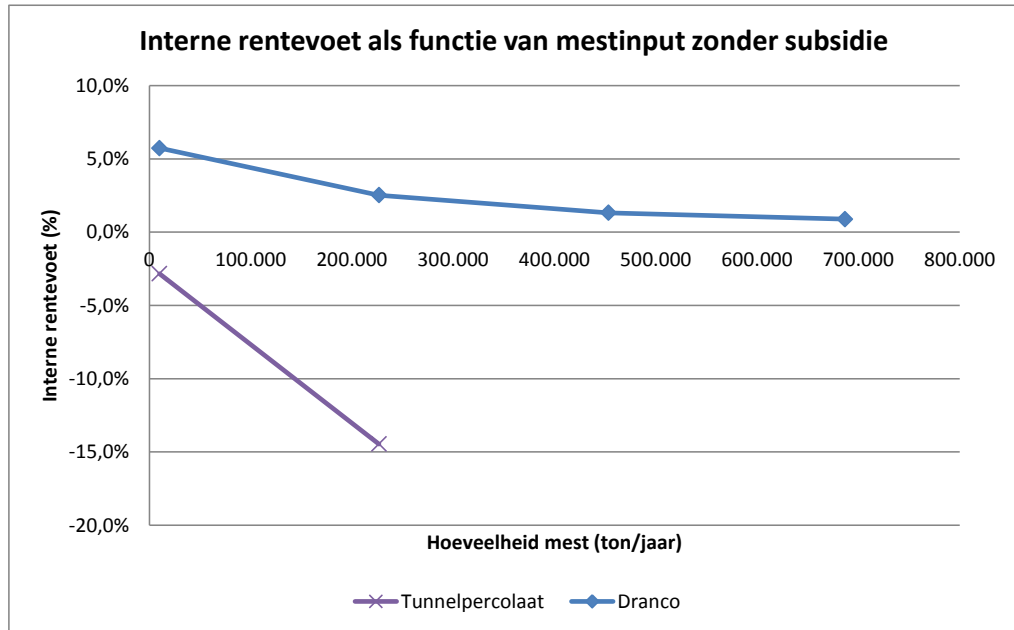
In Figuur 23 wordt de interne rentevoet weergegeven als functie van de mestinput indien SDE+ subsidie wordt meegenomen. Hierbij is rekening gehouden met het feit dat de installatie kleiner wordt als er minder mest ingaat.



Figuur 23: Interne rentevoet van het ECP Breda als functie van de mestinput met subsidie

Uit deze figuur blijkt dat de Interne rentevoet (IRV) in het geval van het Dranco proces in alle gevallen hoger is dan bij tunnelpercolaatvergisting. Daarnaast blijkt dat hoe lager de mestinput is, hoe beter de IRV. Hoofdrede hiervoor is de lage specifieke biogasopbrengst van mest.

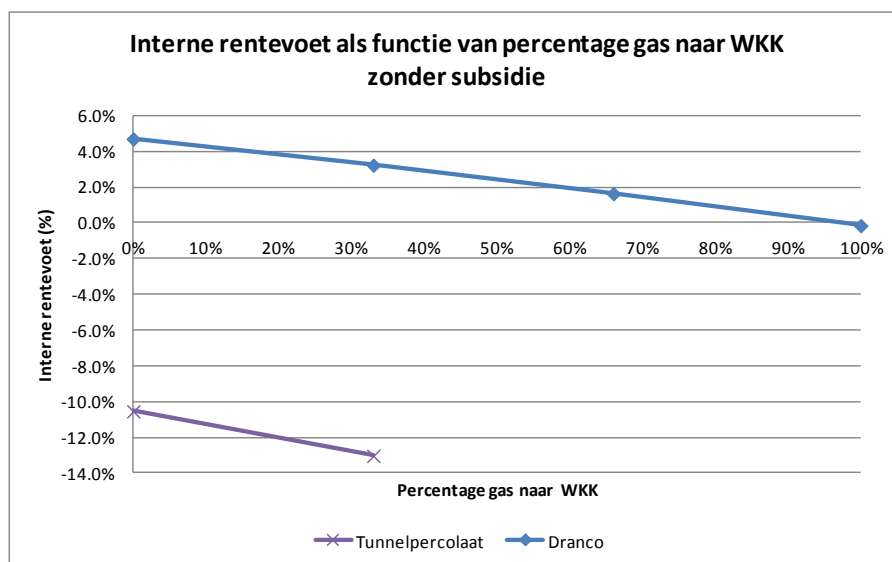
In Figuur 24 is de interne rentevoet weergegeven als functie van de mestinput indien SDE+ subsidie niet wordt meegenomen. Het beeld is hier vergelijkbaar, namelijk dat de Dranco technologie economisch rendabeler is dan bij tunnelpercolaatvergisting en dat meer mestinput een lagere IRV tot gevolg heeft. De SDE+ subsidie zorgt voor een verhoging van de IRV met ca. 5%.



Figuur 24: Interne rentevoet van het ECP Breda als functie van de mestinput zonder subsidie

Biogas gebruik in een WKK versus biogas voor groen gas/LBM (bio-LNG)

In Figuur 25 wordt de interne rentevoet weergegeven als functie van het percentage biogas dat in de WKK wordt benut. Hierbij staat 100% voor 100% gebruik van biogas in de WKK. 0% betekent dat er geen gas in de WKK wordt benut. In dat laatste geval wordt er 50% van het gas als groen gas verkocht en 50% van het gas als LBM (bio-LNG).

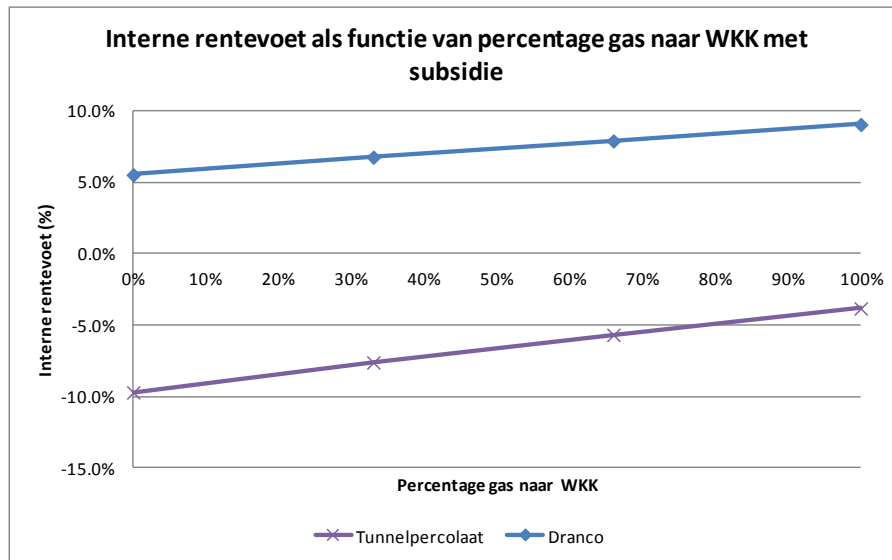


Figuur 25: Interne rentevoet van het ECP Breda als functie van het percentage biogas dat in de WKK wordt benut waarbij geen gebruik gemaakt wordt van de SDE+

Ook hier is in alle gevallen het Dranco proces economisch rendabeler dan het tunnelpercolaatvergistingsproces. Indien er meer dan ca 35% van het gas in de WKK wordt benut is de IRV van het tunnelcomposteringsproces niet meer te bepalen, hetwelk betekent dat het proces economisch niet rendabel is. De trend laat zien dat indien er geen

subsidies worden verkregen, biogas benutting in de WKK minder voordelig is dan biogas benutting voor groen gas/LBM. Hierbij past de opmerking dat de groen gas/LBM route profiteert van de inkomsten uit biotickets, hetgeen ook een incentive systeem is.

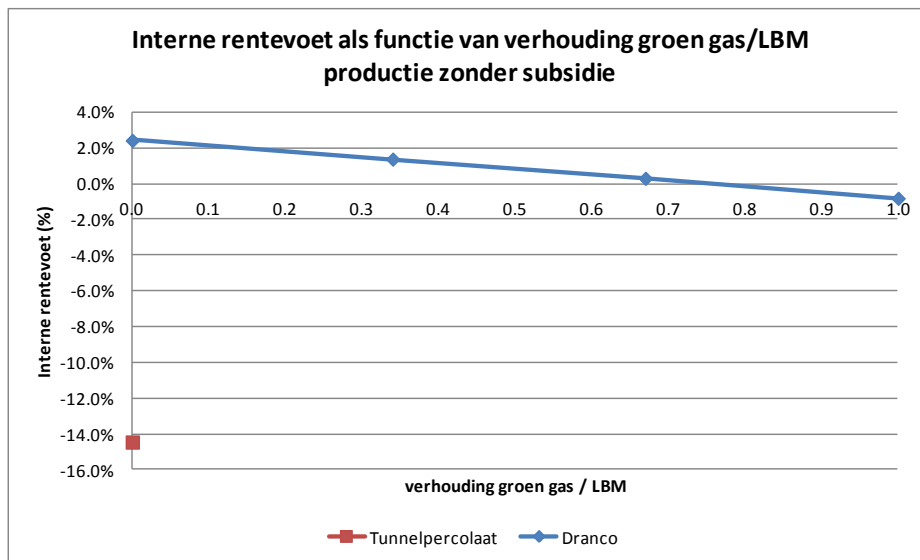
In Figuur 26 is de interne rentevoet weergegeven als functie van het percentage biogas dat in de WKK wordt benut indien wel gebruik gemaakt kan worden van de SDE+. De trend is hierbij anders; hoe meer biogas in de WKK benut kan worden, hoe beter voor de rentabiliteit. Verder blijft het Dranco proces in alle gevallen economisch rendabeler dan tunnelpercolaatvergistings.



Figuur 26: Interne rentevoet van het ECP Breda als functie van het percentage biogas dat in de WKK wordt benut waarbij wel gebruik gemaakt wordt van de SDE+

Groen gas productie versus LBM (bio-LNG) productie

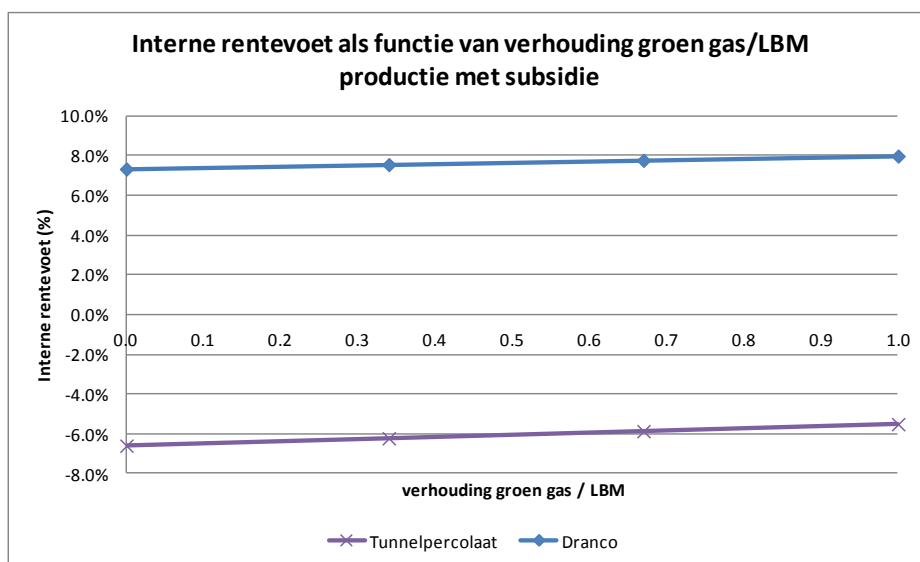
In Figuur 27 wordt de interne rentevoet weergegeven als functie van de verhouding groen gas productie/LBM productie. 0 staat hier voor 100% LBM productie, 1.0 staat voor 100% groen gas productie.



Figuur 27: Interne rentevoet van het ECP Breda als functie van de verhouding groen gas productie/LBM productie zonder subsidie

Uit deze figuur blijkt wederom dat in alle gevallen het Dranco proces economisch rendabeler is dan tunnelpercolaatvergisting. Verder blijkt dat indien er geen subsidie wordt verkregen, LBM productie economisch rendabeler is.

Indien er wel subsidie verkregen kan worden is het beeld anders; dan is groen gas productie wel rendabeler dan LBM productie (zie Figuur 28).



Figuur 28: Interne rentevoet van het ECP Breda als functie van de verhouding groen gas productie/LBM (bio-LNG) productie met SDE+ subsidie

Conclusies

Uit deze resultaten kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- Het Dranco proces is in alle gevallen economisch rendabeler dan tunnelpercolaatvergisting. Hoofdrede hiervoor is dat in het geval van

tunnelpercolaatvergisting een grotere installatie nodig is voor de verwerking van een gedeelte van de mest (de dunne fractie). Mest heeft een lage biogasopbrengst, en dunne fractie een nog lagere opbrengst, hetgeen verklaart waarom een dergelijk proces economisch minder rendabel is. Op basis hiervan wordt de keuze gemaakt om bij de verdere uitwerkingen alleen nog maar uit te gaan van het Dranco proces.

- Ten aanzien van de economische haalbaarheid wordt het meest optimale resultaat zonder subsidies behaald door:
 - Maximale productie van LBM (bio-LNG), met
 - Minimale input van mest
- Indien rekening gehouden wordt met subsidies dan wordt het meest optimale resultaat behaald door:
 - Maximale inzet van biogas voor de productie van elektriciteit en warmte (WKK), en
 - Minimale input van mest

4.1.3 Resultaten: variatie van kosten en prijzen

Op basis van de resultaten uit de voorgaande paragraaf kunnen nu twee ‘semioptimale’ scenario’s bepaald worden (één met en één zonder SDE+). Deze scenario’s wijken op de volgende punten af van het optimale scenario:

- Er wordt in deze scenario’s uitgegaan van enige inzet van mest (40.000 ton/jaar). Dit omdat het ECP Breda concept opgebouwd is rond de gedachte van het combineren van diverse biomassaströmen, zoals mest en GFT.
- Bij het scenario met subsidie wordt toch 20% van het beschikbare biogas omgezet in LBM (bio-LNG). Dit omdat er naar verwachting niet altijd vraag is naar warmte, waardoor het in de praktijk in bepaalde periodes beter is om LBM te produceren.

De inputs en outputs voor het scenario *met subsidie* zijn weergegeven in de volgende tabellen. Zoals uit tabel 13 blijkt wordt 80% van het biogas benut in een WKK, en wordt het resterende gas volledig omgezet in LBM (bio-LNG).

Tabel 13: Input parameters optimale ECP-case Breda met subsidie

Parameter	Waarde
GFT (ton/jaar)	32,852
Rundermest (ton/jaar)	20,000
Varkensmest (ton/jaar)	20,000
Knip- en snoeihout (ton/jaar)	19,937
percentage bio-WKK (%)	80%
Percentage groen gas naar LBM (bio-LNG) (%)	100%
Vollasturen	7,000
Subsidie	ja

Tabel 14: Outputgegevens optimale ECP-case Breda met subsidie

Parameter	Waarde
-----------	--------

Bruto productie elektriciteit (MWh/jaar)	6,080
Warmteproductie (GJ/jaar)	142,317
Groen gas productie (m ³ /jaar)	0
LBM (bio-LNG) productie (kilo/jaar)	294,281
Totaal energie output (GJ/Jaar)	178,918
CO ₂ productie (ton/jaar)	656
Compost (ton/jaar)	14,163
Dunne fractie (ton/jaar)	33,280
	0
Aantal huishoudens verwarmd	2,498
Aantal huishoudens voorzien van elektriciteit	1,747
Aantal vrachtwagens voorzien van brandstof	12
Aantal huizen voorzien van gas	0
IRV project (10 jaar)	11%

Uit Tabel 14 blijkt dat de productie van warmte aanzienlijk is. Er is geen groen gas productie, en de productie van LBM is beperkt. De combinatie van een hoog percentage biogas voor WKK en een beperkte inzet van mest zorgt voor een relatief hoge IRV.

De inputs en outputs in het scenario *zonder subsidie* zijn weergegeven in de navolgende tabellen. Zoals aangegeven wordt er geen biogas omgezet in elektriciteit en warmte, maar wordt al het beschikbare biogas omgezet in LBM. De outputgegevens (Tabel 16) laten zien dat de hoofdproducten warmte en LBM zijn. De IRV is lager dan in het geval dat er subsidie verkregen wordt, maar nog steeds relatief goed.

Tabel 15: Input parameters optimale ECP-case Breda zonder subsidie

Parameter	Waarde
GFT (ton/jaar)	32,852
Rundermest (ton/jaar)	20,000
Varkensmest (ton/jaar)	20,000
Knip- en snoeihout (ton/jaar)	19,937
percentage bio-WKK (%)	0%
Percentage groen gas naar LBM (%)	100%
Vollasturen	7,000
Subsidie	nee

Tabel 16: Outputgegevens optimale ECP-case Breda zonder subsidie

Parameter	Waarde
Bruto productie elektriciteit (MWh/jaar)	0
Warmteproductie (GJ/jaar)	114,462
Groen gas productie (m ³ /jaar)	0
LBM (bio-LNG) productie (kilo/jaar)	1,471,405
Totaal energie output (GJ/Jaar)	188,032
CO ₂ productie (ton/jaar)	3,280

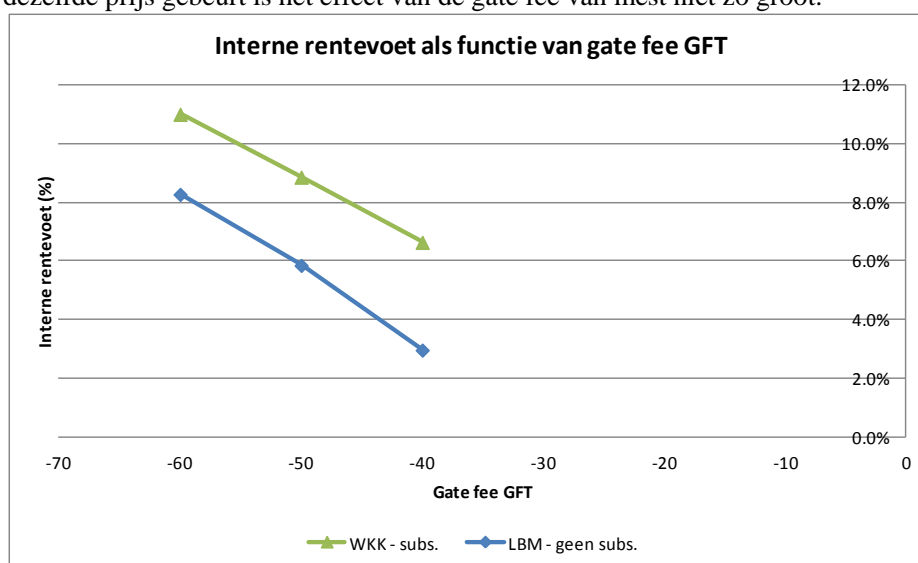
Compost (ton/jaar)	14,163
Dunne fractie (ton/jaar)	33,280
Aantal huishoudens verwarmd	2,009
Aantal huishoudens voorzien van elektriciteit	0
Aantal vrachtwagens voorzien van brandstof	59
Aantal huizen voorzien van gas	0
IRV project (10 jaar)	8%

Gevoeligheidsanalyse

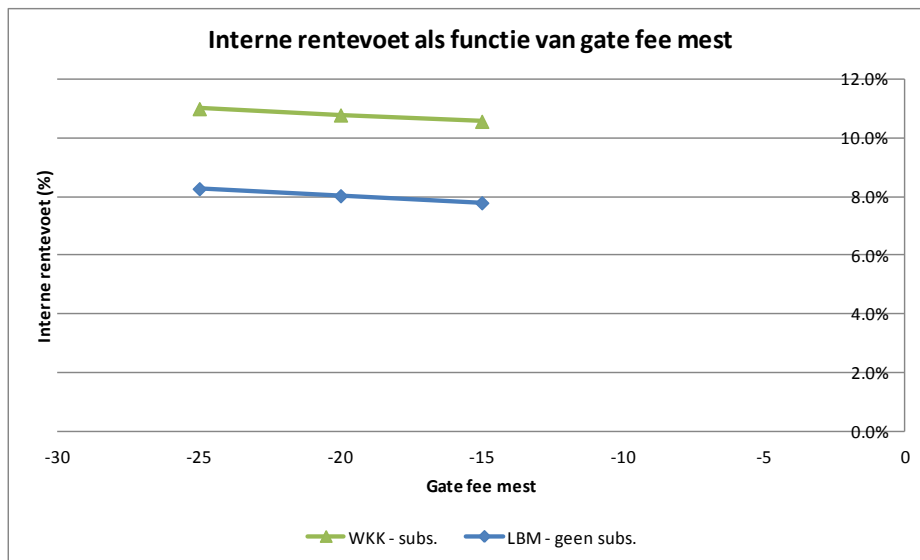
Aan de hand van de hier gedefinieerde scenario's wordt de gevoeligheid van deze scenario's voor variaties in de prijzen van producten en grondstoffen bepaald.

In Figuur 29 is de gate fee van GFT gevarieerd. De waarden meest links, komen overeen met een GFT gate fee van 60 euro/ton. Omdat deze gate fee in de toekomst wellicht te hoog zal blijken is de IRV ook bepaald voor lagere gate fees (respectievelijk 50 en 40 euro/ton). Zoals verwacht heeft dit een groot effect op de IRV van beide scenario's.

Uit Figuur 30 blijkt dat variatie van de gate fee van mest een veel minder groot effect heeft op de IRV van de scenario's. Hoofdrede hiervoor is dat beide scenario's een significant deel van de mest als dunne fractie weer het proces verlaat. Omdat dit tegen dezelfde prijs gebeurt is het effect van de gate fee van mest niet zo groot.



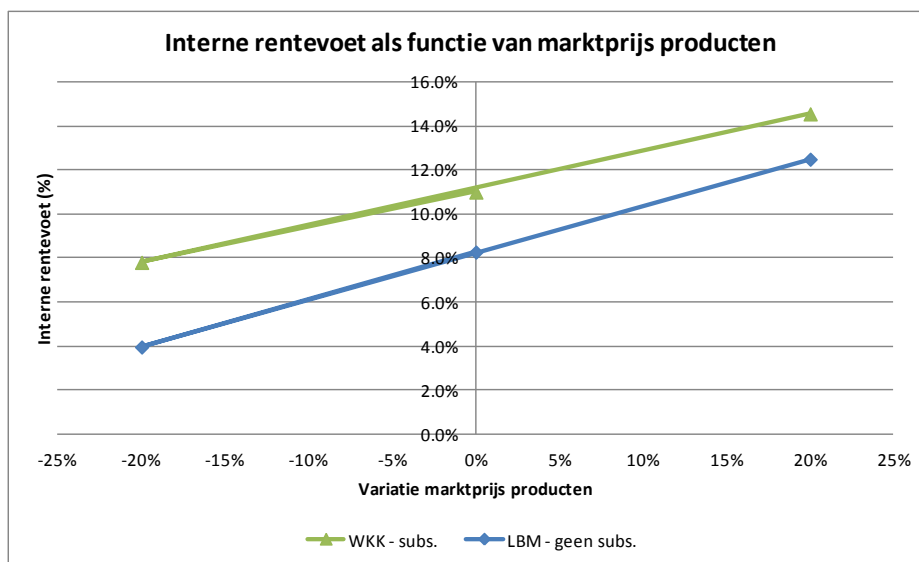
Figuur 29: Variatie van de gate fee van GFT



Figuur 30: Variatie van de gate fee van mest

In Figuur 31 is de marktprijs van de producten gevarieerd. De IRV van de beide scenario's is bepaald in het geval van een 20% hogere en een 20% lagere opbrengst. De inkomsten die verkregen worden via subsidies zijn constant gehouden. Dit is gedaan omdat marktprijzen blijvend fluctueren. De SDE+ subsidie ligt – als deze eenmaal is toegekend – vast voor een lange periode.

Opvallend is dat, zowel voor het scenario waarin subsidie wordt verkregen, als voor het scenario waarin dat niet het geval is, de invloed van de marktprijzen op de IRV relatief groot is.



Figuur 31: Variatie van de marktprijs van producten (elektriciteit, warmte, LBM (bio-LNG), etc.)

4.2 Economische evaluatie ECP-Breda door Universiteit Hasselt

De Universiteit Hasselt heeft naar aanleiding van de ECP-case Breda ook een economische evaluatie uitgevoerd. Gedetailleerde informatie en resultaten hiervan worden weergegeven in appendix A.

De economische evaluatie van de Universiteit Hasselt gaat uit van dezelfde ECP-configuratie als genoemd in de tekst. Dat wil zeggen dat dezelfde inputs, outputs en procesconfiguratie wordt gebruikt. Qua vergistingstechnologie wordt de Dranco technologie gebruikt. De optimalisatie zoals uitgevoerd door de Universiteit Hasselt verschilt in twee opzichten met de ‘base case’ genoemd in dit rapport:

- Er wordt geen onderscheid gemaakt tussen situaties met en zonder subsidie. In het model van de Universiteit Hasselt wordt uitgegaan van variabele tarieven, waarin de subsidies al meegenomen zijn.
- De Universiteit Hasselt maakt gebruik van een model waarbinnen het mogelijk is om te bepalen voor welke parameters het ECP concept de beste financiële prestatie heeft. Het model kan optimaliseren. Dit optimaliseren gebeurt met een “brute force” techniek: er worden een zeer groot aantal berekeningen uitgevoerd met steeds andere parameters, waarna de meest optimale case geselecteerd wordt.

Volgens de berekeningen van de Universiteit Hasselt is onder de huidige omstandigheden en marktprijzen scenario 6a het meest aantrekkelijk. Dit scenario voorziet in toepassing van de volledige biogas hoeveelheid in een WKK. Gegeven de huidige marktstructuur, waarbij de incentives op deze toepassing gericht zijn is dit ook te verwachten. Het blijkt ook dat startend van de huidige situatie, de subsidies voor groen gas enorm veel moeten stijgen als deze competitief moeten worden in vergelijking met een WKK. Uit de berekeningen blijkt dan ook dat met de inputs van dit scenario de hoogste IRR wordt behaald. Dit komt overeen met de conclusies van BTG (zie paragraaf 4.1.3). Voor verdere informatie wordt verwezen naar appendix A.

4.3 Evaluatie proces met leerpunten

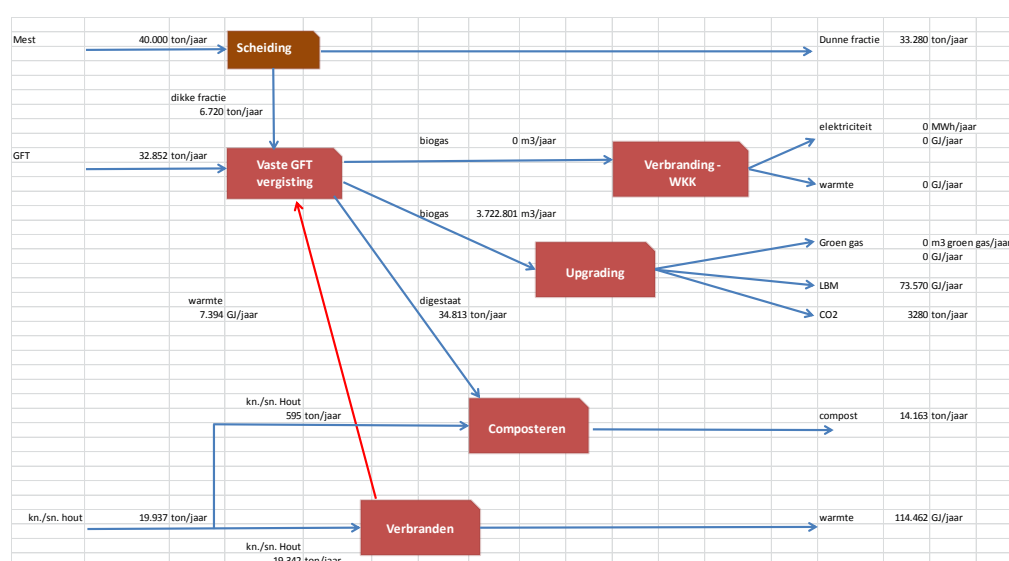
Het selectieproces voor het uiteindelijke ECP is verlopen volgens twee stappen. Eerst is een technische evaluatie uitgevoerd, en vervolgens een economische evaluatie. Dit proces is in het algemeen verlopen zoals te verwachten is. Bij de uitwerking is wel gebleken dat het zinvol is om snel inzicht in de economische aspecten van een ECP te verkrijgen. Dit omdat opties die technisch goed mogelijk zijn, in economisch opzicht soms veel minder zinvol blijken. Als dit in een vroeg stadium wordt onderkend dan zal dat leiden tot meer proces-efficiëntie.

De economische berekeningen van BTG en de Universiteit Hasselt laten beiden zien dat indien een incentive-structuur wordt aangenomen waarbij biogastoepassingen voor elektriciteit en warmte gestimuleerd worden, deze scenario's het meest aantrekkelijk zijn.

5 UITWERKING ECP BREDA

5.1 Inleiding

De diverse ECP concepten welke in het vorige hoofdstuk besproken zijn, zijn gepresenteerd aan de gemeente Breda in het voorjaar van 2012. De gemeente Breda heeft vervolgens aangegeven dat zij met name belangstelling had voor het concept waarbij geen of zo min mogelijk gebruik gemaakt zou worden van subsidies. Om die reden is het concept “optimale ECP-case Breda zonder subsidie” (zie paragraaf 4.1.3) verder uitgewerkt.



Figuur 32: Schema van het ECP concept dat in dit hoofdstuk verder uitgewerkt wordt

Deze uitwerking bestond uit het nader detailleren van de inputs en outputs aan de hand van informatie over technologieën en waar mogelijk offertes. Op basis hiervan is de financiële haalbaarheid van het uitgewerkte ECP concept opnieuw bepaald.

5.2 Technische uitwerking

De ECP case Breda is uitgewerkt met de volgende inputparameters:

Tabel 17: Input parameters uitgewerkte ECP case Breda

Parameter	Waarde
GFT (ton/jaar)	32,852
Rundermest (ton/jaar)	20,000
Varkensmest (ton/jaar)	20,000
Knip- en snoeihout (ton/jaar)	19,937
percentage bio-WKK (%)	0%
Percentage groen gas naar LBM (bio-LNG) (%)	100%
Vollasturen	7,000

Subsidie	nee
----------	-----

In dit concept worden GFT en mest gecombineerd vergist om zo biogas te produceren. Het geproduceerde biogas wordt in zijn geheel omgezet in LBM. Knip- en snoeihout wordt thermisch omgezet in warmte en elektriciteit in een WKK, welke gedeeltelijk ingezet wordt in het proces. De overige warmte wordt ingevoerd in het stadsverwarmingsnet.

Vergisting in een Dranco vergister

Vergisting van GFT en mest is een essentieel onderdeel van het ECP. Er is contact met OWS (het bedrijf dat de Dranco technologie aanbied) geweest en een offerte van hen is ontvangen. De Dranco technologie heeft de volgende kenmerken²⁵:

- Het Dranco proces is een eenfasig vergistingsproces. Er is slechts 1 (recht op staande) reactor nodig.
- De vergister heeft geen inwendig meng- of roersysteem. Menging wordt gerealiseerd door substraten “rond” te pompen in de vergister. Verder zorgt stoominjectie in het voedingssysteem volgens OWS voor homogenisatie en opwarming van de input. Vanwege het ontbreken van de noodzaak voor een roersysteem is het mogelijk om hoge drogestofgehalten te bereiken.

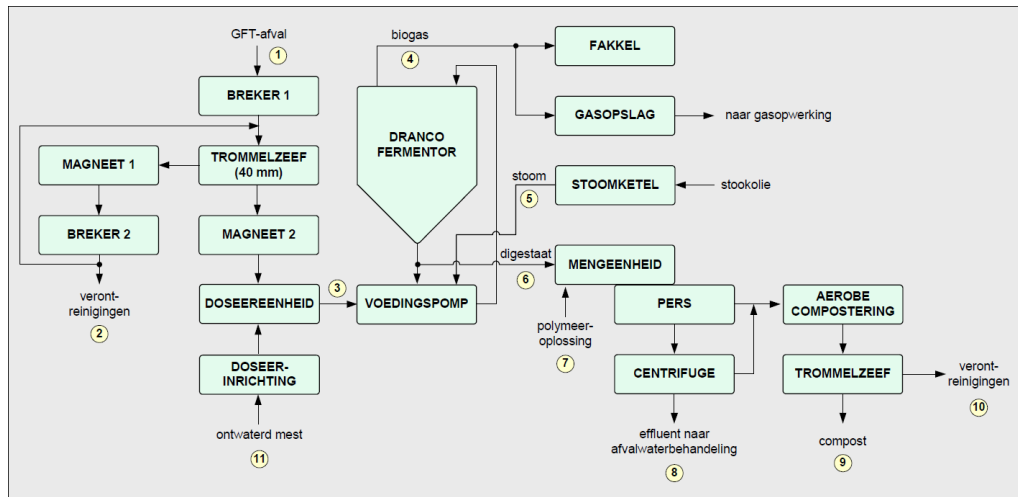
Met behulp van Dranco is de volgende gedetailleerde massabalans opgesteld:

Tabel 18: Massabalans Dranco vergisting ECP Breda

nr	Stroom	Massa (ton/jaar)	Eenheid (% ds)
1	GFT-afval	32.000	45
2	Verontreinigingen	640	45
3	Voeding	39.360	40,3
4	Biogas	4.945	90,5
5	Stoom	785	--
6	Digestaat	35.200	34,3
7	Polymeeroplossing	2.640	1,8
8	Effluent naar afvalwaterbehandeling	11.700	3
9	Compost	17.920	50,8
10	Verontreinigingen	860	50,8
11	Ontwaterd mest	8.000	22

De nummers in de eerste kolom van tabel 20 corresponderen met de stroomnummers genoemd in de schematische weergave hieronder (Figuur 33).

²⁵ <http://www.ows.be/pages/index.php?menu=85>

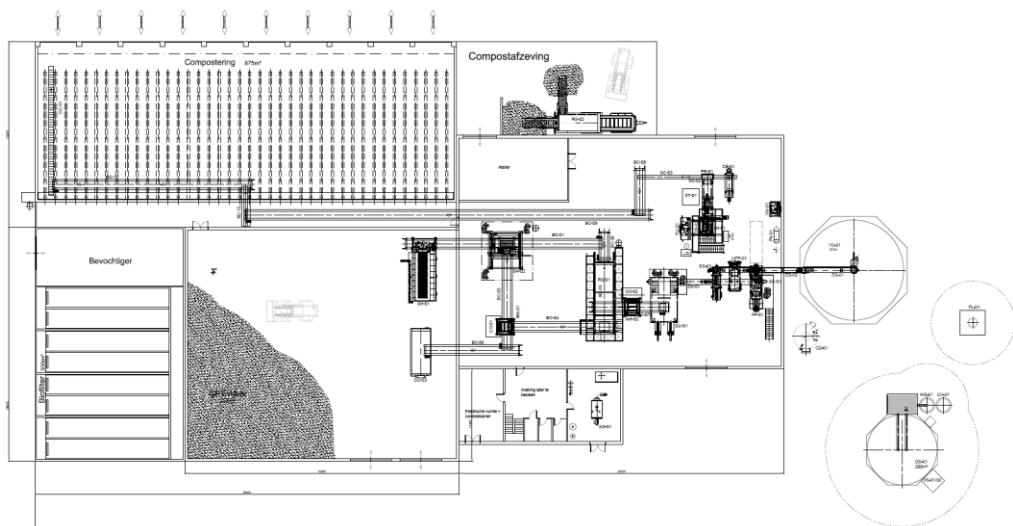


Figuur 33: Schematische weergave Dranco proces

Uit deze figuur is het volgende af te lezen:

GFT afval (1) wordt verkleind en verontreinigingen worden afgescheiden (2), waarna het via een doseereenheid naar een voedingspomp gaat (3). Ontwaterde mest wordt in deze stap bijgevoegd (11). Via de voedingspomp wordt het substraat in de Dranco-vergister rondgepompt, en er ontstaat biogas (4). Stoom wordt toegevoegd in de doseerpomp. Een hoeveelheid digestaat wordt afgescheiden (6), en gemengd met een polymeeroplossing (7), dit om de daarna volgende mechanische scheiding in de centrifuge beter te laten verlopen. Het effluent (de waterige fractie, 8) gaat naar de afvalwaterbehandeling en het vaste residu wordt gecomposteerd en ontdaan van verontreinigingen. Afvalwaterbehandeling is niet in alle gevallen nodige; wanneer het drogestofgehalte hoog genoeg is (bv. als er alleen GFT verwerkt wordt) kan deze achterwege blijven. Wat overblijft is compost (9) en verontreinigingen (10).

Een lay-out tekening van een Dranco installatie is weergegeven in Figuur 34.



Figuur 34: Lay-out tekening Dranco vergistingsinstallatie

Deze tekening geeft als eerste een indicatie van het benodigde oppervlak. Het netto-oppervlak is ca 4.000 m²; het bruto oppervlak is 6.000 m². De verschillende onderdelen

waaruit de Dranco installatie bestaat zijn goed te zien. Zo is de ontvangst van de substraten links onder weergegeven. De Dranco vergistingstank is midden-rechts zichtbaar. Composteren wordt linksboven op de tekening uitgevoerd.

LBM (bio-LNG) productie en afzet

De vergister produceert ca. 3,5 miljoen m³ biogas per jaar. Dit biogas wordt in zijn geheel omgezet in LBM en verkocht. De volgende stappen/onderdelen zijn hiervoor nodig:

- Gasopwaardering van biogas naar 100% methaan;
- Vervloeiing van methaan naar vloeibaar LBM;
- Opslag LBM;
- Vulpunt voor LBM.

De technische invulling, evenals de bijbehorende investeringen zijn weergegeven in Tabel 19: De in de tabel genoemde gegevens betreffen informatie verkregen bij de genoemde fabrikanten.

Tabel 19: Technisch-financiële kenmerken biogas opwaardering en vervloeiing

LBM stappen	Technologie	Capaciteit	Investerings (Euro)
Opwaardeerinstallatie	Cirmac LP Coaab technologie	3,5 mln Nm ³ biogas / jaar	1.200.000
	Pentair Haffmans	8.000 draaiuren	
		438 Nm ³ biogas / uur	
		Methaangehalte 55%	
Vervloeiingsinstallatie	Stirlingcryogenics	50 Nm ³ methaan / uur	220.000 per installatie
		LBM:methaan (1:660)	1.100.000
		0,37 m ³ LBM / uur	
		5 installaties	
Opslagtank voor bio-LNG	Ros Roca Indox Cryo Energy S.L.	60 m ³	150.000
	ChartLNG	Vultijd 7 dagen	
Vulpunt voor bio-LNG	Ros Roca Indox Cryo Energy S.L.	600 liter LBM/minuut	100.000
	ChartLNG	55 m ³ trailer (83 minuten)	
Bouwkundige werken			450.000
Totaal			3.000.000

Houtgestookte WKK installatie

In de eerder uitgewerkte ECP case Breda, werd ervan uitgegaan dat alleen de proceswarmte geleverd zal worden door de verbranding van knip- en snoeihout. Bij de uitwerking van deze ECP case is echter gebleken dat de installatie ook een behoorlijke hoeveelheid elektriciteit verbruikt. Door ook deze elektriciteit zelf op te wekken via een biomassa WKK installatie, wordt het ECP zelfvoorzienend, hetgeen ook financiële voordelen heeft. Het energieverbruik van het ECP, evenals de productie van elektriciteit en warmte door de houtgestookte WKK installatie is weergegeven in de navolgende tabel:

Tabel 20: Warmte- en elektriciteitsvraag ECP Breda; productie houtgestookte WKK

Afzet	Warmtevraag	Eenheid	Elektriciteitsvraag	Eenheid
DRANCO vergister <i>inclusief 5% leidingverlies</i>	2.839	GJ/jaar	2.400	MWh/jaar
Opwaardeerinstallatie LBM (bio-LNG) <i>inclusief 5% leidingverlies</i>	7.975	GJ/jaar	281	MWh/jaar
Vervloeiingsinstallatie LBM (bio-LNG)			1.320	MWh/jaar
Vraag ECP Breda	10.814	GJ/jaar	4.001	MWh/jaar
Output installatie (WKK)	136.116	GJ/jaar	4.559	MWh/jaar
Netto stadsverwarmingsnet	125.302	GJ/jaar		
Netto elektriciteitsnet			559	MWh/jaar

Uit tabel 22 blijkt dat aan de warmtevraag van de Dranco vergister en de groen gas opwaardeerinstallatie ruim voldaan kan worden. Aan de elektriciteitsbehoefte kan net voldaan worden. De houtgestookte installatie heeft een elektrisch vermogen van 0,6 MW_e, en een thermisch vermogen van 5 MW_{th}. De kosten zijn bepaald - aan de hand van offertes verkregen van marktpartijen – op 3,4 miljoen Euro. Het benodigde oppervlak is ca 1000 m². Kosten voor bouwkundige werken zijn naar verwachting 0,7 miljoen euro. Ook deze informatie is afkomstig uit informatie van marktpartijen.

Overzicht producten ECP Breda

In de navolgende tabel is een overzicht van de producten welke met het ECP Breda geproduceerd zullen worden en wat de betekenis daarvan is.

Tabel 21: Overzicht producten ECP Breda

Parameter	Waarde	Eenheid
Bruto productie elektriciteit	4.559	MWh/jaar
Netto productie elektriciteit	559	MWh/jaar
Bruto warmteproductie	136.116	GJ/jaar
Netto warmteproductie	125.302	GJ/jaar
LBM (bio-LNG) productie	1.169	ton/jaar
Totaal energie output (netto)	185.771	GJ/jaar
CO ₂ productie	2.967	ton/jaar

Compost	17.920	ton/jaar
Aantal huishoudens verwarmd	2.199	op basis van netto productie
Aantal huishoudens voorzien van elektriciteit	161	op basis van netto productie
Aantal vrachtwagens voorzien van brandstof	47	op basis van 100.000 km/jaar

5.3 Financieel/economische uitwerking

Investerings

Een overzicht van de investeringen is weergegeven in de volgende tabel:

Tabel 22: Overzicht investeringen ECP Breda

Investering	Dranco installatie	Houtgestookte WKK	LBM installatie	Totaal	Eenheid
Houtgestookte WKK installatie		3.355.000		3.355.000	Euro
DRANCO installatie	11.680.000			11.680.000	Euro
LBM (bio-LNG) installatie			2.550.000	2.550.000	Euro
Bouwkundige werken	4.000.000	700.000	450.000	5.150.000	Euro
Grondprijzen (koop)				1.500.000	Euro
150 Euro / m ²					
Subtotaal	15.680.000	4.055.000	3.000.000	24.235.000	Euro
Kosten onvoorzien (3,5%)	549.000	142.000	105.000	796.000	Euro
Totaal	16.229.000	4.197.000	3.105.000	25.031.000	Euro

De investeringsbedragen in deze tabel zijn afgeleid uit offertes en in sommige gevallen (bv kosten voor grond) bekende richtprijzen. Uit de tabel blijkt dat de vergistingsinstallatie de grootste kostenpost is. De kosten voor de houtgestookte WKK en de LBM installatie zijn een factor vier lager.

Baten

Een belangrijk onderdeel van de baten betreft de verkoop van LBM. De prijs van LBM is gekoppeld aan die van LNG (vloeibaar aardgas). Vloeibaar aardgas wordt momenteel o.a. per tanker aangevoerd in de haven van Zeebrugge, waarna distributie naar het achterland volgt. De prijs van LNG in de haven is 339 Euro/ton, ofwel 6,8 Euro/GJ²⁶. De prijs van LNG aan de pomp is ca 800 Euro/ton²⁷. Als aangenomen wordt dat LNG voor een prijs verkocht kan worden voor het gemiddelde van de twee genoemde uitersten, is de netto prijs voor LBM 11,3 Euro/GJ.

²⁶ <http://test.apxendex.com/index.php?id=90>, augustus 2012

²⁷ www.lng24.nl

Biotickets zijn een tweede bron van inkomsten van de verkoop van LBM, als het LBM toegepast wordt voor mobiliteit²⁸. Het is niet mogelijk om SDE+ subsidies en biotickets te combineren voor dezelfde brandstof; het ontvangen van SDE+ en biotickets voor twee verschillende toepassingen is echter in beginsel wel mogelijk. De prijs van een bioticket is (theoretisch) gelijk aan de meerprijs van de hoeveelheid biobrandstoffen, die nodig is om één kubieke meter benzine of diesel op de markt te mogen brengen. Als een partij een bio-ticket koopt dan mengt een andere partij extra biobrandstof bij om 1 kubieke meter fossiele brandstof af te dekken. In de huidige bijmengverplichting van 4,5% moet voor elke kubieke meter diesel, 47 liter biodiesel worden toegevoegd. Dit komt overeen met 1.545 MJ, of 51 kubieke meter groen gas.

Een bioticket voor diesel kost momenteel 10 euro per bioticket²⁹. Een enkel bioticket heeft een waarde van 6,5 €/GJ (20 Euroct/m³). Een dubbele bioticket heeft een waarde van 12,9 €/GJ (40 Euroct/m³). Indien met de meer conservatieve waarde van 17 Euroct/m³ groen gas voor een bioticket gerekend wordt, is een prijs voor een dubbel geteld bioticket gelijk aan 10,7 Euro/GJ. De inkomsten ten gevolge van LBM zijn dan 22 Euro per GJ (11,3 Euro/GJ voor de LBM en 10,7 Euro/GJ voor het bioticket). Deze inkomsten zijn hoger dan de eerder genoemde 0,8 Euro/kg (zie Tabel 8), doordat nu ook bioticket inkomsten meegenomen zijn.

Een overzicht van de te verwachten baten van het ECP Breda is weergegeven in de onderstaande tabel:

Tabel 23: Overzicht jaarlijkse baten ECP Breda

Inkomstenbron	Waarde	Eenheid	Dranco installatie	Houtgestookte WKK	LBM installatie	Totaal	Eenheid
Verkoop warmte aan stadsverwarmingsnet (marktprijs)	4,0	Euro/GJ		501.000		501.000	Euro/jaar
Verkoop warmte aan stadsverwarmingsnet (SDE+, 1 ^o fase)	11,3	Euro/GJ		1.416.000		1.416.000	Euro/jaar
Verkoop elektriciteit (marktprijs)	5,3	Euroct/kWh		30.000		30.000	Euro/jaar
Verkoop elektriciteit (SDE+, 1 ^o fase)	4,1	Euroct/kWh		23.000		23.000	Euro/jaar
Inkomsten uit GFT	60	Euro/ton	1.920.000			1.920.000	Euro/jaar
Inkomsten uit mest	25	Euro/ton	200.000			200.000	Euro/jaar
Verkoop compost	3,5	Euro/ton	63.000			63.000	Euro/jaar
Verkoop LBM (bio-LNG)	22,1	Euro/ton			1.290.000	1.290.000	Euro/jaar
Totaal			2.183.000	1.970.000	1.290.000	5.443.000	Euro/jaar

Bij het bepalen van de jaarlijkse baten is uitgegaan van de SDE+ prijs, eerste fase. Dit omdat het in de huidige marktsituatie niet verwacht wordt dat er nog SDE+ subsidie is

²⁸ http://www.agentschapnl.nl/sites/default/files/bijlagen/Biotickets_20100217.pdf

²⁹ STX, Pieter van Vegchel, 20 juli 2012

voor indieningen in latere fasen. De marktprijs voor warmte is vastgesteld op een bedrag dat duidelijk lager is dan de marktprijs voor gas. Op basis van informatie van de Gemeente Breda is duidelijk geworden dat het niet realistisch is om een hogere prijs dan de in de tabel genoemde prijs te ontvangen. Voor de herkomst van de overige marktprijzen wordt verwezen naar paragraaf 4.1.1.

Operationele kosten

De operationele kosten zijn vermeld in de onderstaande tabel:

Tabel 24: Overzicht jaarlijkse kosten ECP Breda

Kostenpost	Waarde	Eenheid	Dranco installatie	Houtgestookte WKK	LBM installatie	Totaal	Eenheid
Houtinkoop	50	Euro/ton		1.000.000		1.000.000	Euro/jaar
Personeel	50.000	Euro/FTE	400.000	50.000		450.000	Euro/jaar
Verbruiksproducten	diversen		190.635			190.635	Euro/jaar
Elektriciteitsconsumptie			n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.		Euro/jaar
Aardgasverbruik	€0,25/m ³ + EB + vastrecht			29.827		29.827	Euro/jaar
Onderhoud gebouw	1,0% van investering		40.000	7.000	4.500	51.500	Euro/jaar
Onderhoud installatie	3,0% van investering		366.864	104.919	79.650	551.433	Euro/jaar
Verzekeringen	1,0% van investering		162.288	41.973	31.050	235.311	Euro/jaar
Afvoer verbrandingsassen	90	Euro/ton		49.500		49.500	Euro/jaar
Afvoer effluent (afvalwater)	0,75	Euro/ton	8.775			8.775	Euro/jaar
Afvoer verontreinigingen	30	Euro/ton	45.000			45.000	Euro/jaar
CO ₂ / restwarmte			kosten neutraal	kosten neutraal	kosten neutraal	-	Euro/jaar
Totaal			1.213.562	1.283.219	115.200	2.611.981	Euro/jaar

Voor de bepaling van deze kosten wordt allereerst verwezen naar paragraaf 4.1.1. De kosten voor verbruiksproducten zijn bepaald aan de hand van de hoeveelheden genoemd door Dranco. Het gaat o.a. over leidingwater, polymeren, antischuimmiddel en ijzerchloride. Kosten van deze bedrijfsmiddelen zijn bepaald aan de hand van marktinformatie. Zo is de prijs van water afkomstig van Brabant Water³⁰ en zijn de kosten van polymeerpoeder, antischuim en ijzerchloride afkomstig van OWS. Afvoerkosten van diverse afvalstoffen zijn bepaald aan de hand van gegevens van afvalinzamelaars. Het is niet de verwachting dat CO₂ levering financiële baten kan opleveren; kostenneutrale afzet wordt aangenomen.

Financiële parameters

Bij de bepaling van de financiële haalbaarheid is uitgegaan van de volgende financiële parameters:

- Afschrijving: 10 jaar
- Winstbelasting: 25,5%
- Rentepercentage: 5%

³⁰ <http://www.brabantwater.nl/NL/Pages/default.aspx>

-
- Discontovoet: 8%
 - Aandeel eigen vermogen: 35%
 - EIA voordeel: toegepast op 90% van de investering

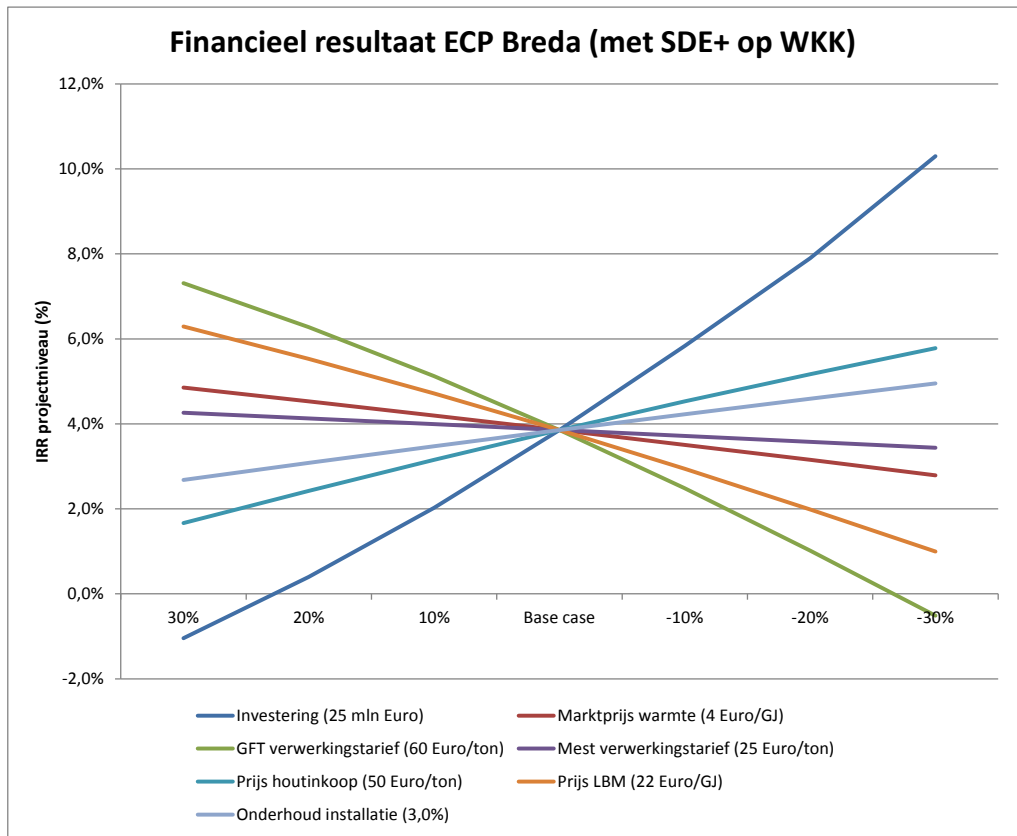
Het EIA voordeel betreft de vervroegde afschrijving van investeringen in energiebesparing en duurzame energie³¹. Als een nieuwe investering hieraan voldoet is extra fiscale afschrijving toegestaan. Om te bepalen of een investering hieraan voldoet dient deze op een lijst te staan, welke strikt geïnterpreteerd wordt. Om deze reden wordt aangenomen dat slechts 90% van de investering hiervoor in aanmerking komt.

Financieel resultaat

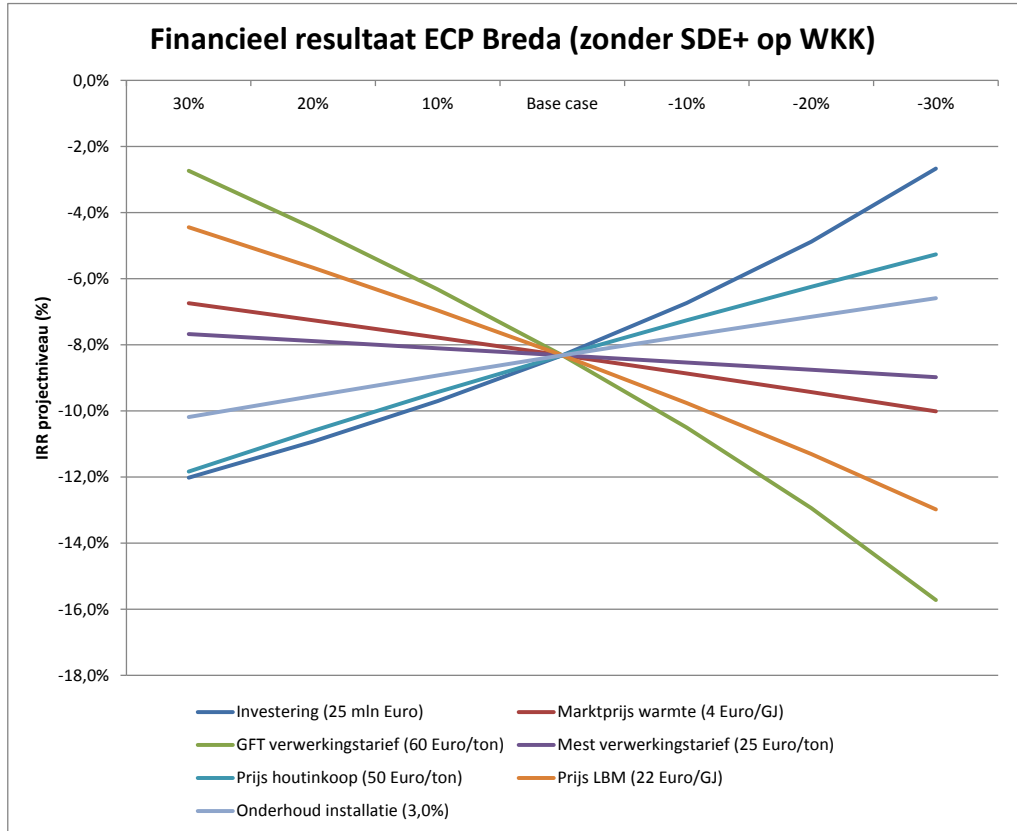
Het financiële resultaat (op projectniveau) is weergegeven in Figuur 35. Uit deze grafiek is af te lezen dat voor de base case de interne rentevoet 6,4% is. Tevens is de invloed van prijsfluctuaties en variaties in overige parameters (investeringen, kosten onderhoud) zichtbaar gemaakt. Uit deze grafiek is duidelijk dat de investeringen een grote invloed hebben op de financiële haalbaarheid. Prijzen voor GFT, LBM en warmte hebben ook een duidelijke invloed. De prijs (gate fee) van mest is veel minder belangrijk.

Dezelfde berekeningen zijn herhaald voor de situatie dat er geen SDE+ subsidie verkregen kan worden. In Figuur 36 zijn de resultaten hiervan gepresenteerd. Duidelijk is dat indien geen SDE+ subsidie verkregen kan worden, het gehele project financieel niet haalbaar is onder de eerder genoemde aannamen.

³¹ <http://www.agentschapnl.nl/programmas-regelingen/energie-investeringsaftrek-eia>



Figuur 35: Financieel resultaat ECP Breda (inclusief SDE+)



Figuur 36: Financieel resultaat ECP Breda (zonder SDE+)

5.4 Evaluatie proces met leerpunten

De ECP case Breda welke eerder als optimaal bepaald is, is verder uitgewerkt. Bij deze uitwerking is o.a. gebruik gemaakt van offertes van fabrikanten. In het algemeen was de medewerking die verleend werd goed, en is het mogelijk gebleken om het ECP Breda op deze wijze verder uit te werken.

Bij de uitwerking van het ECP zijn enkele veranderingen aangebracht, waarvan de meest belangrijke is dat in plaats van een warmteketel een houtgestookte WKK is ingezet. Bij de financiële uitwerking is voorts gebleken dat het van belang is om SDE+ subsidie te ontvangen, wat oorspronkelijk niet de bedoeling was. Echter, om te zorgen voor een financieel rendement, en om als ECP zelfvoorzienend te zijn is deze optie toch te prefereren boven een situatie waarbij geen SDE+ wordt meegenomen.

6 DUURZAAMHEID VAN COVERGISTING EN DE PRODUCTIE VAN LBM (OPTIMALE CASE BREDA ZONDER SUBSIDIE)

Dit hoofdstuk beschrijft de duurzaamheid van het ECP concept waarbij energieopwekking uit houtafval gecombineerd wordt met het co-vergisten van GFT en mest en het opschonen/opwaarderen van ruw biogas tot vloeibaar (liquified) biomethaan (LBM, of ook wel bio-LNG genoemd).

Hierbij wordt het effect van het ECP concept op de volgende duurzaamheidsaspecten besproken:

- **Energie**verbruik en energiewinst t.o.v. de (fossiele) referentiesituatie;
- De emissies van **broeikasgassen** en emissiereductie t.o.v. de (fossiele) referentiesituatie;

Hierbij wordt in eerste instantie ingegaan op de gehanteerde aanpak en de gebruikte aannames en wordt afgesloten met de resultaten en conclusies.

Voor de procesbeschrijving en de analyse van de duurzaamheid wordt verwezen naar paragraaf 6.5.

6.1 Afbakening van het systeem

De duurzaamheidsanalyse omvat alle essentiële onderdelen van de ECP case in Breda, met name aan de ene kant het co-vergisten en nacomposten van GFT en mest en het opschonen van het ruw biogas tot LBM, en aan de andere kant een houtgestookte WKK op basis van afvalhout, en het nuttig gebruik van warmte en elektriciteit uit deze WKK .

De centrale vraag in deze evaluatie is of in het systeem minder energie (niet-hernieuwbare en hernieuwbare) wordt gebruikt en er minder broeikasgasemissies worden uitgestoten dan bij de productie van zijn fossiele tegenhanger. Als fossiele referentie voor bio-LNG is gekozen voor vloeibaar aardgas (LNG) daar LNG (ongeveer) dezelfde eigenschappen heeft en in gelijkaardige toepassingen kan worden gebruikt als het bio-LNG. Verder wordt er vanuit gegaan dat het GFT momenteel gecomposteerd wordt en de mest wordt opgeslagen en uitgereden op het veld.

Daar de productie van biomethaan wordt vergeleken met aardgas met ongeveer dezelfde eigenschappen, wordt de gebruiksfase niet meegenomen in de berekeningen.

Ten aanzien van de bekeken duurzaamheidscriteria/aspecten kan gesteld worden dat gezien het ECP concept gebruikmaakt van lokale biomassa-reststromen duurzaamheidsaspecten zoals biodiversiteit en landgebruik niet aan de orde zijn.

Door dit gebruik van biomassa-reststromen dient de impact van de productie van deze reststromen ook niet te worden meegenomen, naar analogie met de richtlijnen van Bijlage V van de Europese Richtlijn voor hernieuwbare energie (EU RED).

De berekening van de impacten worden gemaakt per MJ energiedrager geproduceerd.

6.2 Bijproducten en allocatie

In de ECP wordt er naast bio-LNG ook compost, warmte en elektriciteit geproduceerd. Elk product zal voor een ander einddoel worden gebruikt; compost kan als bodemverbeteraar worden ingezet, de resterende warmte die vrijkomt in de houtgestookte WKK kan naar het verwarmingsnet van Breda gaan, en de resterende elektriciteit wordt op het net geplaatst. De impact van het gehele systeem moet dus voor een deel aan de energiedragers, en voor een deel aan de bijproducten worden toegekend. Dit wordt allocatie genoemd.

De keuze welk deel van de impact aan welk deel van de procesketen wordt toegekend beïnvloedt sterk het eindresultaat van de evaluatie. Daarnaast is het toepassen van allocatie een complex probleem waarvoor verschillende methodes bestaan. In deze studie hanteren we de allocatiemethode zoals voorgeschreven in de richtlijnen van de EU RED, welk de impact toewijst volgens de totale energie-inhoud van de totaal geproduceerde hoofd- en bijproducten (o.b.v. Lower Heating Value, LHV). Aan afval wordt geen impact toegekend.

6.3 Methodologie en data voor modellering

Momenteel is er nog weinig informatie beschikbaar met betrekking tot welke methodologie moet gevolgd worden voor de uitvoering van een duurzaamheidsevaluatie van dit soort van complexe/gecombineerde processen. Meestal wordt gerefereerd naar of wordt er gericht op de Life Cycle Assessment (LCA), omdat dit momenteel de benadering is die het meest wordt gebruikt.

De berekeningen van de broeikasgasbalans en energiebalans zijn uitgevoerd met VITO's duurzaamheidstool "Bioenergy Sustainability Assessment Tool" (B-SAT). Met deze tool kan de toetsing van een bio-energieproject worden gemaakt op basis van een vereenvoudigde levenscyclusanalyse (LCA). LCA is een wetenschappelijke methode om de impact op het milieu van verschillende producten met elkaar te vergelijken. Hierbij kan de hele levenscyclus van het product worden meegenomen, dus van de productie van de grondstof tot en met de afvalfase. De tool neemt echter alleen de productie-, verwerking- en gebruiksfase van de onderzochte biomassa mee, de afvalfase wordt buiten beschouwing gelaten (naar analogie met de RED richtlijn).

Concreet berekent de tool hoeveel reductie in gebruik van energie (primaire en fossiele) en in emissie van broeikasgassen de productie van bio-energie kan opleveren ten opzichte van vergelijkbare fossiele energie, alsook de reductie in verzurings- en vermistingspotentieel. Verder geeft de tool een indicatie van de impact op land- en watergebruik, biodiversiteit en sociale aspecten in geval geteelde/geïmporteerde biomassa wordt gebruikt.

Voor de berekeningen van de energie- en broeikasgasbalans maakt deze tool gebruik van het werk (standard values en aanpak) dat verricht is in het kader van het BioGrace I project en data afkomstig uit de bijlage van de RED, rapporten van JRC (Joint Research Centre) en data van het IPCC (Intergovernmental Panel for Climate Change).

De tool werd voor de doorrekening van de ECP case aangepast zodat de energiebalans en broeikasgasbalans voor de productie van biogas/LBM uit biomassa-reststromen kan worden berekend. De case-specifieke gegevens werden gehaald uit hoofdstuk 6.5 van dit rapport.

6.4 Aannames

Alleen het hoofdonderdeel van de ECP case is doorgerekend met B-SAT, m.n. het co-vergisten en nacomposten van GFT en mest – hierna benoemd als het Dranco systeem – en de opzuivering van biogas tot bio-LNG. De energie nodig voor dit deelproces wordt geleverd door de houtgestookte WKK. De impact van de energieproducten uit deze WKK werd handmatig berekend en ingevoerd in de B-SAT tool.

De duurzaamheidsdoorrekening van het Dranco systeem en opschonen van ruw biogas tot bio-LNG is bepaald t.o.v. de productie van een gelijkaardige hoeveelheid vloeibaar aardgas (LNG) en compost uit de beschikbare hoeveelheid GFT (=referentiesituatie, zie paragraaf 6.5).

Concreet zijn volgende aannames gehanteerd (en ingevoerd in B-SAT) voor het berekenen van de impact van de verschillende processtappen van het ECP:

- *Vergisting GFT en mest*

o Emissie GFT en mest:

Hierbij wordt uitgegaan dat 5% van de methaan- en lachgas (N₂O) emissies³² die normaal bij opslag van het GFT en mest zou zijn geëmitteerd, vrijkomen in de atmosfeer tijdens de vooropslag. De emissie van methaan is het product van de hoeveelheid mest/GFT en de emissiefactor per eenheid mest/GFT (zie **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**). Voor lachgas geldt dat de emissie gelijk is aan de hoeveelheid stikstof in de mest/GFT maal het emissiepercentage (zie **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**). Voor GFT zijn dezelfde aannames gehanteerd, waarbij voor methaan het gemiddelde van rundvee- en varkensmest is genomen.

- kg methaan/ton varkensmest = 0,05 x hoeveelheid mest x 4,65 (emissiefactor per ton)
- kg lachgas/ton varkensmest = 0,05 x hoeveelheid mest x 7,7 (N-gehalte mest³²) x 0,001 (emissiefractie N₂O)
- kg methaan/ton GFT = 0,05 x hoeveelheid GFT x 3,1 (emissiefactor per ton)
- kg lachgas/ton GFT = 0,05 x hoeveelheid GFT x 1,3 (N-gehalte covergistingmateriaal³²) x 0,001(emissiefractie N₂O)

Tabel 25: Emissie per materiaal uit opslag (Alterra, 2006)

Materiaal	CH ₄ (kg/ton)	N-gehalte (kg/m ³)	N ₂ O (% van N)
-----------	-----------------------------	-----------------------------------	-------------------------------

³² Kor Zwart, Diti Oudendag, Phillip Ehlert en Peter Kuikman, Duurzaamheid co-vergisting van dierlijke mest, Alterra rapport 1427, Alterra Wageningen 2006

Rundveemest	1,80	4,3	0,1
Varkensmest	4,65	7,7	0,1
Co-vergistingsmateriaal	3,1	1,3	0,1

- Lekverliezen: Het lekverlies is gesteld op 1% van de geproduceerde hoeveelheid biogas.
- *Composteren*³³:
 - 400 kg compost/ton GFT (voor berekening huidige referentie)
 - Energieverbruik mobiele werktuigen: 0,01 GJ diesel per ton GFT
 - Elektriciteitsverbruik composteren 39 kWh_e/ton GFT
 - Lekverliezen: 170g CH₄/ton compost en 70g N₂O/ton compost³⁴
- *Opschonen/opwaarderen biogas tot bio-LNG*
 - Aangenomen wordt dat 0,1% CH₄ uit het geproduceerde bio-LNG vrijkomt tijdens het proces³⁵.
- *Houtgestookte WKK*:
De gehanteerde standaardwaarden m.b.t. primair energieverbruik, fossiel energieverbruik en CO_{2eq} emissies gerelateerd aan de productie van elektriciteit en warmte d.m.v. een houtgestookte WKK zijn overgenomen uit JEC - Joint Research Centre-EUCAR-CONCAWE collaboration Well-to-tank report version 03-11-2008.
- *Transport mest en houtafval*:
 - Gemiddelde van 40 km voor aanvoer van de verschillende gebruikte biomassa-reststromen
 - Gebruik trucks met een verbruik van 0,94 MJ_{diesel}/ton.km (JEC E3-database (version 31-7-2008))
 - Het vervoer van het GFT wordt niet meegerekend daar wordt verondersteld dat deze biomassa-reststroom in de huidige situatie ook getransporteerd wordt voor verwerking.

6.5 Definiëren fossiele referentie

Voor de evaluatie van de impact van het ECP concept wordt de impact van het ECP vergeleken met de huidige situatie, verder de referentiesituatie genoemd.

Bij het definiëren van de referentiesituatie wordt verondersteld dat de energiedragers (elektriciteit, warmte en bio-LNG) en producten (compost) geproduceerd in het ECP

³³ J.T.W. (Jan) Vroonhof, H.J. (Harry) Croezen, Afvalverwerking en CO₂ : Quickscan van de broeikasgasemissies van de afvalverwerkingssector in Nederland, Delft, 2006

³⁴ http://www.gft-afval.nl/download/publicaties/tauw_onderzoek_kentallen_methaan_lachgas.pdf

³⁵ <http://wikimobi.nl/wiki/index.php/Opwaarderen>

systeem in de huidige situatie in afzonderlijke processen worden geproduceerd op basis van fossiele energiebronnen.

Het GFT wordt in een composteerinstallatie verwerkt en de mest blijft opgeslagen bij de boer om uiteindelijk uitgereden te worden op het veld. In plaats van bio-LNG wordt er verondersteld dat een gelijkaardige hoeveelheid fossiel LNG geproduceerd wordt. Wat betreft de restwarmte en elektriciteit die geproduceerd wordt, wordt hier eveneens de vergelijking gemaakt met de fossiele referentie. Hiermee wordt het reductiepotentieel weliswaar wat overschat daar de nuttige warmte geleverd door de ECP restwarmte van een nabijgelegen proces zou vervangen i.p.v. warmte uit een klassieke fossiele stookinstallatie. Daar er geen gegevens bekend zijn om de impact van de huidige restwarmte in te schatten, is dus de fossiele referentie gehanteerd.

Voor de doorrekening van de huidige situatie wordt eveneens gebruikgemaakt van de hierboven vermelde aannames.

6.6 Resultaten

6.6.1 Energiebalans en energie-efficiëntie

B-SAT laat toe twee types van energiebalansen op te maken:

- de netto primaire energiebehoefte (NER), waarbij alle energie wordt meegenomen om de biomassa om te zetten in energiedragers (biobrandstof, elektriciteit, warmte), dus inclusief de energie nodig voor de voorbereiding van de biomassa, transport, opslag... en de energie gewonnen uit hernieuwbare fracties.
- de fossiele energiebehoefte (FER), waarbij enkel de hoeveelheid aan fossiele energiebronnen wordt meegenomen.

De netto primaire en fossiele energiebalans voor het ECP concept is samengevat in Figuur 37.

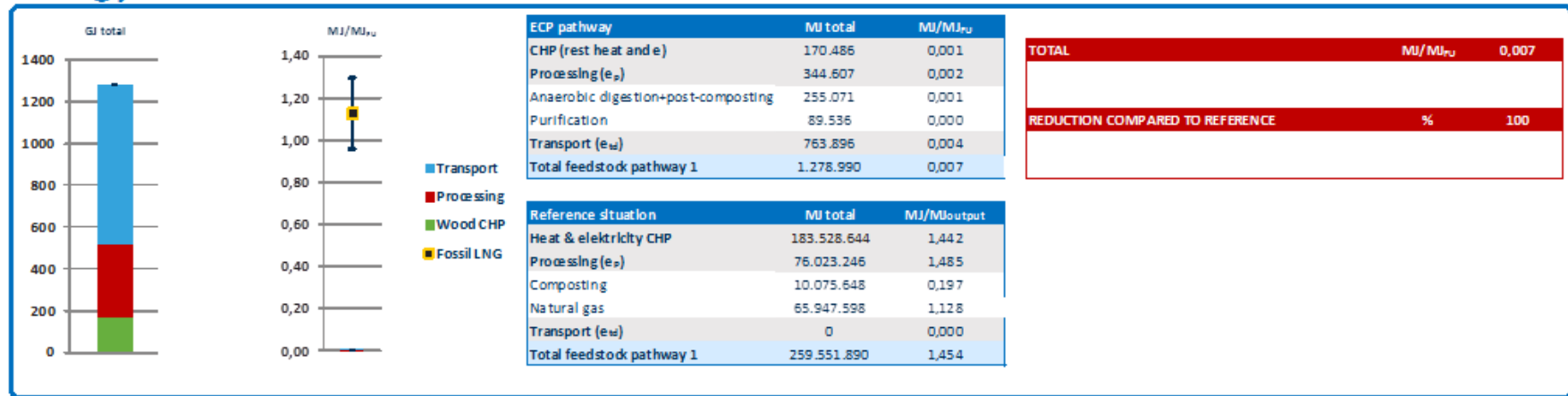
Het resultaat voor de netto primaire energiebehoefte (NER) van het bio-energiesysteem geeft aan hoeveel primaire energie nodig is voor de productie van een MJ functionele eenheid – het totaal aan geproduceerde energiedragers (bio-LNG, elektriciteit en warmte) voor deze case - en de onderdelen van de keten die het meest hiertoe bijdragen. Het resultaat voor "reduction" geeft het percentage primaire energie aan die bespaard kan worden door het gebruik van het specifieke bio-energie systeem/ECP t.o.v. de referentiesituatie zoals gedefinieerd in paragraaf 6.5. Als dit een negatief resultaat is, is er meer primaire energie nodig om 1 MJ bio-energie te produceren dan voor de productie van 1 MJ van het (fossiele) referentie-energiesysteem.

Figuur 37 geeft aan dat de netto primaire energievraag voor de productie van 1MJ energiedrager 0,62 MJ is. De netto primaire energiebehoefte is bijna evenredig verdeeld over de 2 hoofdprocessen – productie van biogas (57%) en productie van restwarmte en elektriciteit uit de hout-WKK (43%).

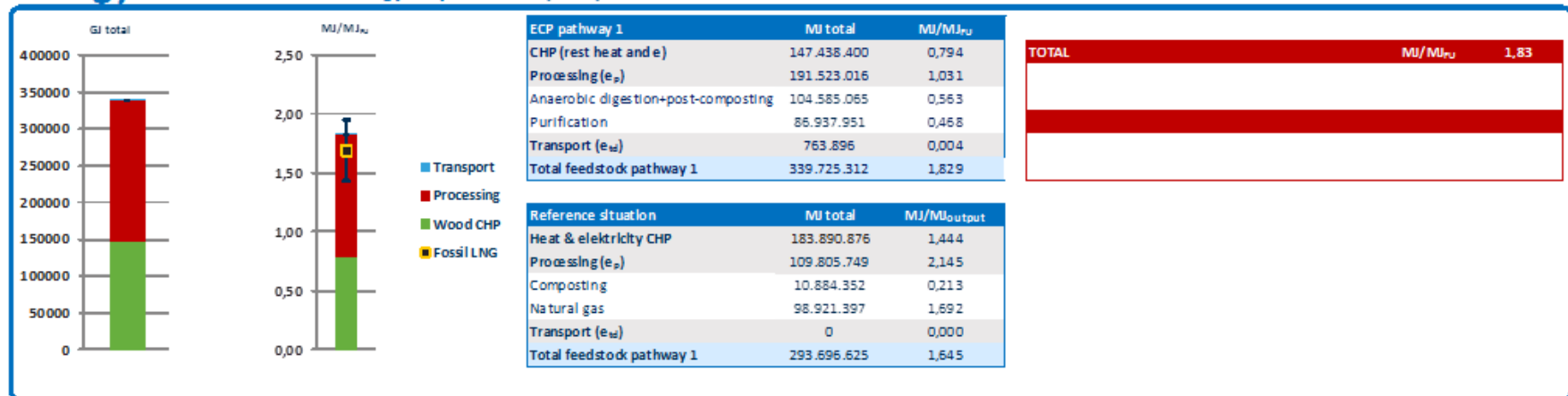
De fossiele energiebehoefte geeft de mate aan waarin een brandstof wel of niet hernieuwbaar is. Het is de verhouding van de hoeveelheid fossiele energie die nodig is voor het maken van de biobrandstof/benutbare energie tot de hoeveelheid biobrandstof en/of benutbare energie geproduceerd. Hoe lager deze verhouding hoe meer 'hernieuwbaar' de geprocedeerde brandstof/energie is. Als deze ratio 1 of hoger is, wordt de brandstof als niet-hernieuwbaar beschouwd. Een volledig hernieuwbare brandstof heeft geen fossiele input. Deze verhouding hangt ook samen met de netto CO₂ emissies; een hoge fossiele energiebehoefte geeft tevens hoge netto CO₂ emissies. De fossiele energiebehoefte van het ECP concept bedraagt 0,007 MJ_{fossiel}/MJ_{energiedrager}, zie **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** Deze is met name afkomstig van de fossiele energie nodig voor het transport van mest en afvalhout naar de site (zie paragraaf 6.1.4 aanname - transport).

De energiebalans geeft duidelijk aan dat de ECP niet alleen beter scoort op gebruik van fossiele energie, met een besparing van 100%. Deze reductie is met name te wijten aan het gebruik van lokale hernieuwbare energiebronnen, en dus de besparing op het gebruik van fossiele energiebronnen.

Energy balance - fossil energy requirement (FER)



Energy balance - net energy requirement (NER)



Figuur 37: Energiebalans -fossiel (FER) en primair (NER)- berekent met B-SAT voor het co-vergisten met nacomposteren van GFT en mest gevolgd door het opzuiveren van het geproduceerde biogas tot LBM uitgedrukt per MJ_{LBM}

Tabel 26 geeft naast het verbruik en de elektriciteit- en benutbare warmteproductie een idee van het aantal huishoudens dat met de resterende warmte en elektriciteit kan voorzien worden.

Slechts 8% van de totaal geproduceerde warmte wordt door het systeem zelf gebruikt. Met de restwarmte, 125.302 GJ/jaar, kunnen theoretisch gezien 2.175 gezinnen 1 jaar van warmte worden voorzien³⁶. Met de resterende elektriciteit (559 MWh/jaar of 12% van de totaal geproduceerde elektriciteit) kunnen 160 gezinnen in hun jaarverbruik worden voorzien³⁷. Het geproduceerde bio-LNG kan ingezet worden om 47 vrachtwagens³⁸ een jaar van brandstof te voorzien, in de veronderstelling dat deze 100.000 km per jaar afleggen.

Tabel 26: Energiebalans berekent voor installatie inclusief warmte- en elektriciteitsproductie houtgestookte WKK

Energie	Houtgestookte WKK	Vergister	Opzuiveren biogas tot LBM
Primaire energie input (GJ/jaar @ 0% water)	143.000 afvalhout	145.440 GFT 22.880 mest	
<i>Opbrengst</i>			
elektriciteit MWh/jaar	4.559		
warmte GJ/jaar	136.116		
<i>Verbruik</i>			
elektriciteit MWh/jaar		2.400	1.600
warmte GJ/jaar		2.698	7.567
warmteverlies GJ/jaar ³⁹	543		

<i>Totaal</i>	<i>netto productie</i>	<i>huishoudens voorzien van energie voor 1 jaar</i>
elektriciteit MWh/jaar	559	160
warmte GJ/jaar	125.302	2.175
LBM GJ/jaar	58.459	47 vrachtwagens
compost GJ/jaar	36.413	

De energie-efficiënte van een bio-energiesysteem geeft aan hoeveel energie (primaair) nodig is om de biobrandstof/energie te produceren.

De berekening van de globale energie-efficiëntie is de verhouding van de hoeveelheid MJ brandstof/energie geproduceerd tot de totale hoeveelheid energie-input (op droge basis). Het is een maat voor de hoeveelheid energie die in het proces gaat en welke uiteindelijk in de brandstof en benutbare energie terecht komt. Dit rendement vertegenwoordigt het verlies aan procesenergie om de brandstof en benutbare energie te maken uitgaande van

³⁶ Gemiddelde warmtevraag huishouden 1800 m³/jaar, energie-inhoud aardgas Nederland 32 MJ/m³

³⁷ Gemiddeld elektriciteitsverbruik huishouden 3500 kWh/jaar

³⁸ Verbruik vrachtwagen 35l/100 km, energie-inhoud diesel 43.1 MJ/kg ($\rho=0.832$ kg/l)

³⁹ Warmteverlies tussen houtgestookte ketel en stoominstallatie voor vergister plus warmteverlies tussen houtgestookte ketel en LBM installatie

de initiële grondstoffen. De primaire energie-efficiëntie van het gehele ECP concept is 60%.

6.6.2 Broeikasgasbalans

De broeikasgasbalans voor het ECP concept wordt weergegeven in Figuur 38.

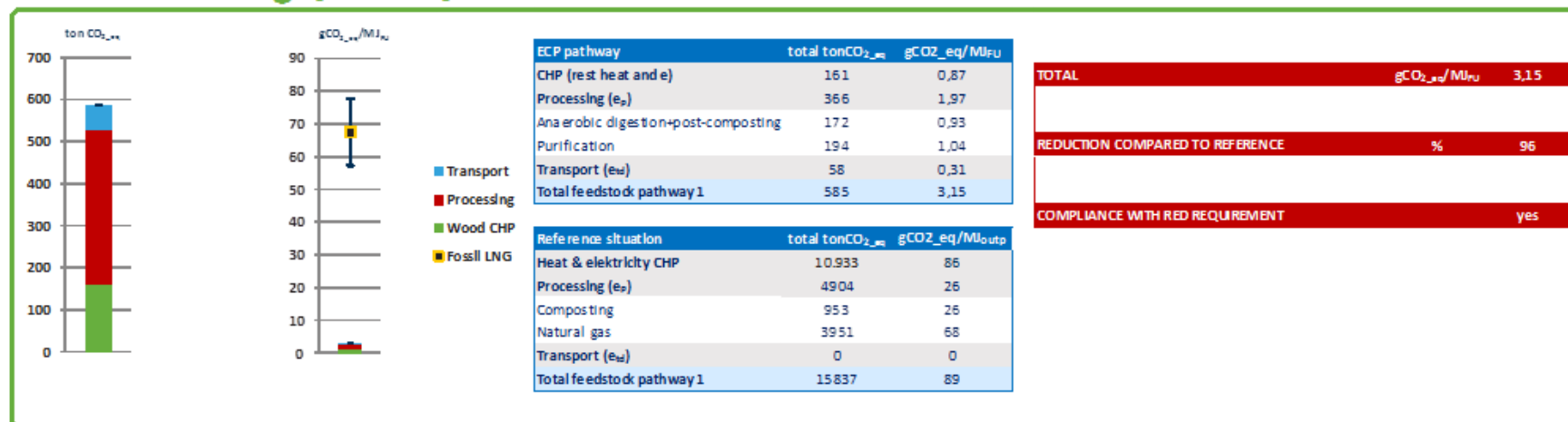
De balans voor het ECP geeft een emissie van 3,15 g CO_{2eq} per MJ energiedrager geproduceerd. Dit resulteert in een jaarlijkse besparing van ruim 15.000 ton CO_{2eq} of 96% t.o.v. de huidige referentiesituatie.

Het grootste reductiepotentieel zit duidelijk in het gebruik van hernieuwbare warmte en elektriciteit en de productie van bio-LNG.

Daar de impact van de huidige situatie aangaande de restwarmte is overschat – omdat er geen specifieke gegevens zijn omtrent het proces waar de restwarmte momenteel vrijkomt en dus de fossiele referentie is gehanteerd - hebben we de berekeningen opnieuw gedaan maar dan in de veronderstelling dat de huidige beschikbare restwarmte eenzelfde impact heeft dan de warmte die met de houtgestookte WKK geproduceerd wordt. Hierdoor verlaagt de CO₂-impact van de referentiesituatie met een factor 3, en reduceert het jaarlijks besparingspotentieel van het ECP t.o.v. de huidige referentiesituatie van 15.000 ton naar een kleine 5.000 ton CO_{2eq}.

Indien de broeikasgasbalans alleen voor het Dranco en opwaarderingsproces wordt doorgerekend (met functionele unit MJ bio-LNG), resulteert dit in een emissie van 6,26 g CO_{2eq} per MJ bio-LNG geproduceerd. Hierdoor wordt jaarlijkse 3.585 ton CO_{2eq} bespaard t.o.v. het produceren van LNG, of 91% CO_{2eq}-reductie.

Global warming - greenhouse gas balance



Figuur 38: Broeikasgasbalans berekend met B-SAT voor het co-vergisten van GFT en mest gevolgd door het opzuiveren van het geproduceerde biogas tot LBM uitgedrukt in gCO₂eq per MJ_{LBM}.

Renewable Energy Directive requirements on GHG savings: The greenhouse gas emission savings from the use of bio-energy should be at least 35%. From 1 January 2017 onwards savings must be at least 50%. From 1 January 2018 onwards savings must be at least 60% for installations in which production started on or after 1 January 2017.

6.7 Conclusie duurzaamheid ECP concept Breda

De conclusies worden puntsgewijs opgesteld, waarna een korte algemene bespreking volgt omtrent de meerwaarde van compost versus bio-LNG.

→ *Energie:*

- De netto energieopbrengst is hoog, jaarlijks;
 - wordt ca 1.169 ton LNG vervangen;
 - kunnen 160 gezinnen voorzien worden van elektriciteit, en;
 - worden 2.175 gezinnen voorzien van warmte.
- Essentieel is het gebruik van de houtgestookte WKK, en de inzetbaarheid van de restwarmte aan het verwarmingsnet in Breda.
- De totale energievraag van deze WKK heeft eveneens het grootste effect op de primaire energiebehoefte.
- Transport van mest en hout hebben slechts een gering effect op de totale primaire energievraag van het systeem, maar het grootste effect op de fossiele energievraag.

→ *Broeikasgasemissies*

- Lekverliezen bij het vergisten en composteren zijn de belangrijkste emissiebronnen, en vertegenwoordigen 63% van de totale broeikasgasemissies.
- De houtgestookte WKK heeft een beperkter effect, m.n. 28% van de totale CO_{2eq.} emissies van de ECP.
- De besparing op fossiele brandstoffen door het inzetten van de warmte van de WKK heeft hierbij het grootste emissiereductiepotentieel, met name in de veronderstelling dat de geleverde restwarmte door de WKK fossiele restwarmte zou vervangen. Indien we de impact van de restwarmte in beide situaties (ECP en huidige referentiesituatie) gelijkstellen, dan zien we een aanzienlijke verlaging van het jaarlijks emissiereductiepotentieel van de ECP van ongeveer 15.000 naar 5.000 ton CO_{2eq.}
- In vergelijking met de productie van fossiel LNG worden er door de productie van bio-LNG met dit ECP systeem ca. 96% broeikasgasemissies bespaard.

De belangrijkste meerwaarde van het co-vergisten van GFT tot biogas en compost t.o.v. het alleen composteren van GFT is de besparing van het gebruik van fossiele brandstoffen door de biogasproductie.

De bio-LNG -productie in de ECP zou, zoals eerder aangegeven, 47 vrachtwagens kunnen voorzien van brandstof. Inclusief benutting van restwarmte en elektriciteit uit de WKK wordt er zo ongeveer 15.000 ton CO_{2eq.} per jaar bespaard t.o.v. de fossiele referentiesituatie.

In beide situaties wordt ongeveer eenzelfde hoeveel compost gevormd, wat dus leidt tot gelijkaardige opslag van stabiele koolstof in de bodem en vervanging van compost veen of kunstmeststof.

De productie van bio-LNG verhoogt tevens de waarde van huishoudelijke, industriële en agrarische biomassa-residuen. Het kan gebruikt worden voor de productie van warmte en elektriciteit en als biobrandstof in voertuigen.

7.1 Conclusies

Conclusies en leerpunten ten aanzien van het proces van het definiëren van ECP concepten zijn reeds genoemd aan het eind van de hoofdstukken 2 tot en met 6. De hier genoemde conclusies hebben betrekking op de inhoudelijke aspecten van het project, namelijk de beschikbaarheid van biomassa, de technische uitwerking van ECP-concepten, de economische evaluatie en de milieu-impact.

De volgende conclusies kunnen getrokken worden:

- Mest vertegenwoordigt in West-Brabant een groot potentieel aan duurzame energie. In West-Brabant is het aantal co-vergistingsinstallaties zeer klein, wat resulteert in een zeer grote hoeveelheid onbenutte bio-energie uit mest. Uit de diverse scenario's blijkt echter dat conversie van mest, onder andere door het hoge vochtgehalte en de lage energie-inhoud, relatief duur is, wat een negatief effect heeft op de economische rentabiliteit. Mestverwerking staat wel in de belangstelling in Nederland, omdat de overheid overweegt om verwerking van een gedeelte van de mest in de toekomst verplicht te stellen. Het kan dus zijn dat er additioneel vermeden kosten ontstaan indien een dergelijke verplichting ingevoerd zou worden.
- De totale hoeveelheid benutbare biomassa in de gemeente Breda is – in relatie tot de totale energiebehoefte van de gemeente Breda – beperkt. Dit is niet vreemd, omdat biomassaproductie in stedelijke omgevingen nu eenmaal relatief beperkt is. Een model waarbij biomassa uit landelijker gebieden – zoals bijvoorbeeld de omliggende gemeenten – benut wordt voor energieverbruik in de stad Breda ligt daarom voor de hand.
- Om tot concrete ECP's te komen kunnen gemeenten, zoals Breda, een versnelling realiseren door een duidelijk beleid over de duurzame aanbesteding van biomassa te ontwikkelen. Zonder een dergelijk beleid zal een ambitieus klimaatprogramma afhankelijk zijn van de acties en aanbiedingen van derden, en zal de rol en invloed van een gemeente klein blijven.
- Voor de gezamenlijke verwerking van GFT en mest in een vergister is vastestof vergisting economisch rendabeler dan tunnelpercolaatvergisting. Redenen hiervoor zijn dat in het geval van vastestof vergisting een deel van de mest – met een lage energie-inhoud – niet meegenomen wordt in het proces, en dat één van de voordelen van tunnelpercolaatvergisting – een relatief kleine biogas reactor – niet toegepast kan worden in het geval van GFT en mestvergisting. Ook het transport van grote hoeveelheden mest met lage energie-inhoud is een factor hierin.
- Subsidies kunnen de economische haalbaarheid van verschillende duurzame energieopties beïnvloeden. Omdat de SDE+ 2012 subsidieregeling slechts een deel van de vormen van duurzame energieproductie ondersteunt, heeft dit invloed op de economische haalbaarheid van de diverse opties. Het kan zelfs zo zijn dat opties die vanuit het oogpunt van CO₂ reductie en/of energetisch rendement

minder goed scoren onder invloed van SDE-subsidie vanuit economisch perspectief juist te prefereren zijn.

- Invoeding van warmte in het stadsverwarmingsnet van Breda heeft voordelen ten opzichte van andere vormen van energiebenutting, als aangenomen wordt dat vervanging van restwarmte door duurzame warmte een wens is. Toepassing van deze duurzame warmte is relatief eenvoudig te realiseren. Indien aangenomen wordt dat het mogelijk is om SDE+ 2012 subsidie te verkrijgen, en wanneer de subsidie vervolgens wordt verwerkt in de bedrijfseconomische berekeningen, dan is het ECP scenario waarbij zoveel mogelijk biogas wordt omgezet in een WKK te prefereren. De SDE+ subsidieregeling is echter aan verandering onderhevig en het is nu nog niet te voorspellen of deze regeling over enkele jaren nog bestaat en welke subsidiebedragen in de toekomst kunnen worden verkregen. Voor de ontwikkeling van een ECP concept – wat een meerjarig proces is – betekent dit een belangrijke onzekerheid.
- Indien SDE+ 2012 subsidie buiten de bedrijfseconomische berekeningen wordt gehouden, is productie van LBM vanuit economisch oogpunt te prefereren, indien het mogelijk is om economisch rendabele toepassingen voor het LBM te vinden. In deze studie is hiervan uitgegaan, waarbij echter wel de kanttekening gemaakt moet worden dat toepassing van LBM in Nederland nog in de kinderschoenen staat en dat er nog veel werk dient te gebeuren op dit gebied.
- De duurzaamheidsanalyse laat zien dat het ECP concept een hoge CO_{2eq} emissiereductie tot gevolg heeft, namelijk ver boven de eis van minimaal 60% emissiereductie welke in 2018 voorgeschreven wordt door het EU RED voor nieuwe installaties. Deze hoge CO_{2eq} reductie heeft als oorzaak dat in het ECP concept residuen worden benut. Bij residuen is het niet nodig om CO₂ emissies geassocieerd met bv teelt, oogst en landgebruik mee te nemen. Een tweede belangrijke reden is dat GFT op het moment in de regio Breda wordt gecomposteerd; waardoor het ECP project zorgt voor een duidelijk betere benutting van grondstoffen. De belangrijkste emissiebronnen zijn lekverliezen bij het vergisten en composteren.
- Qua energieopbrengst laat de duurzaamheidsanalyse zien dat de primaire energie-efficiëntie van het ECP concept 71% is. Dit percentage geeft aan welk deel van de energie die in het proces ingaat er uiteindelijk uit zal komen als nuttige energie. Daarnaast is ook bepaald dat de hoeveelheid fossiele energie die benodigd is voor het ECP concept zeer beperkt is.
- Bij de uitwerking van het ECP Breda is gebleken dat het ECP Breda qua elektriciteit zelfvoorzienend kan zijn indien in plaats van een warmteketel een houtgestookte WKK installatie wordt gekozen. Dit leidt tot een beter energetisch rendement. Een nadeel van deze keuze is dat het ECP afhankelijker wordt van SDE+ subsidie.
- De inzet van biogas zowel voor stadsverwarming als voor transport in de vorm van bio-LNG biedt de gemeente de mogelijkheid te kunnen schakelen naar de meest gewenste toepassing, afhankelijk van de behoefte. Een goed gepositioneerd ECP met koppelingen aan andere biogasproducenten biedt zo economy-of-scale voordelen en flexibiliteit. In de winter zal er bijvoorbeeld meer behoefte aan warmte zijn, waarbij in de zomer bio-LNG geproduceerd kan

worden. Deze flexibiliteit is een belangrijke stap naar optimale benutting van biomassa zoals genoemd in het gemeentelijk klimaatbeleid.

7.2 Aanbevelingen

Realisatie van het ECP concept zoals dat hier gepresenteerd is betreft – naar de aard en opzet van het project – een majeure onderneming, waarmee grote investeringen gemeoid zijn en welke een grote impact hebben op de biomassa markt, de markt voor energiedragers en de omgeving waar deze installatie gerealiseerd zal worden. Het is dan ook niet realistisch te verwachten dat deze installatie op korte termijn integraal gerealiseerd zal worden. In dit rapport is wel duidelijk geworden dat de benutting van residuen op de manier zoals hier beschreven zal leiden tot meer duurzame energieproductie en een reductie in broeikasgassen. Om realisatie van een ECP zoals hier beschreven dichterbij te brengen worden de volgende aanbevelingen gedaan:

- Stimuleer proefprojecten waarbij rijden op vloeibaar aardgas (LNG) of bio-LNG wordt toegepast, of waarbij er aan de infrastructuur voor het rijden op LNG of bio-LNG wordt gewerkt, bijvoorbeeld door de realisatie van LNG tankstations. Zo zal er ervaring worden opgedaan met het rijden op deze brandstoffen. Het kan zijn dat rijden op bio-LNG nog een stap te ver is; in dat geval is rijden op LNG een goed alternatief. Eerder in dit rapport is al opgemerkt dat rijden op LNG ook al voordelen heeft (qua geluid en qua CO₂ emissies). Een effectieve manier om dit te stimuleren is het zekeren van afzet. Overheden hebben – bijvoorbeeld bij het aanbesteden van de openbaar vervoerconcessies – directe mogelijkheden om het gebruik van bepaalde brandstoffen te stimuleren. Indien men op deze wijze de afzet garandeert dan zal dit een stimulans brengen aan de aanbodzijde.
- Stimuleer projecten waarbij biogas gewonnen wordt uit vergisting van mest. Zoals eerder in het rapport aangegeven representeert mest een groot potentieel aan onbenutte biomassa. Gebruik van mest voor opwekking van biogas blijft in West-Brabant sterk achter, en het is dus aannemelijk dat er meer mogelijkheden zijn dan er nu benut worden. Als er meer mest vergist zal gaan worden dan is de stap naar upgrading tot bio-LNG minder groot.
- Houd bij de realisatie van bovengenoemde initiatieven steeds de mogelijke synergie tussen de verschillende projecten in de gaten. Indien deze mogelijkheden er zijn en benut worden dan kan clustering van diverse projecten leiden tot een ‘organisch’ groeien van een Energieconversiepark.

Agentschap NL, “Statusoverzicht bioenergie 2011”, <http://www.agentschapnl.nl/sites/default/files/bijlagen/Statusdocument%20bio-energie%204-5-2012%2012.23.pdf>, 2012

Biomass Energy Europe, “Best Practices and Methods Handbook (volume 1)”, FP7 GRANT AGREEMENT N°: 213417, <http://www.eu-bee.com/>, 2011

BTG, “Mogelijkheden voor de inzet van biomassa voor energie-opwekking in de MARN-regio”, BTG, Postbus 835, 7550 AV Enschede, 2008

BTG, “Inventarisatie biomassa regio Stedendriehoek”, BTG, Postbus 835, 7550 AV Enschede, <http://www.regiostedendriehoek.nl/bestanden/102954Eindrapportage%20BTG%20Inventarisatie%20biomassa%20regio%20Stedendriehoek.pdf>, 2009

BTG, “Energieconversieparken in Noord-Brabant (NL); Rapportage taak 1”, BTG, Postbus 835, 7550 AV Enschede, 2011

California Integrated Waste Management Board, “Current Anaerobic Digestion Technologies Used for Treatment of Municipal Organic Solid Waste”, Public Affairs Office, Publications Clearinghouse (MS-6) 1001 I Street P.O. Box 4025 Sacramento, CA 95812-4025, publication number #IWMB-2008-011, 2008

CBS, Informatie uit de "statline" database van het Centraal Bureau voor de Statistiek (verschillende jaartallen), www.cbs.nl (diverse jaren)

DACE, “Prijzenboekje, editie 25”, Reed business information, 2006

ECN rapport concept advies basisbedragen SDE 2011, <http://www.ecn.nl/docs/library/report/2010/e10053.pdf>, 2010

ECN rapport eindadvies basisbedragen SDE 2012, Rapport ECN-E--11-054, <http://www.ecn.nl/docs/library/report/2011/e11054.pdf>, 2011

E4tech, “CARBON REPORTING – Default values and fuel chains”, Version 1.2, 83, Victoria Street, London SW1H 0HW, United Kingdom, 2007

GDF SUEZ trading, “Market trends”, 06/02/2012 tot 13/02/2012, <http://newsletters.gdfsuez-globalenergy.com/Media/PDF/market-trends-NL-13022012.pdf>, 2012

Gemeente Breda, “Breda gaat voor een beter klimaat - Uitvoeringsprogramma Klimaat 2009-2012”, http://helpdesk.eumayors.eu/docs/seap/458_428_1310542654.pdf, 2009

Kattstrom, H. "Biogas becomes more competitive", presentation at the Nordic Biogas Conference 2008, 5-7 March 2008 in Malmö, Sweden, 2008
http://www.sgc.se/nordicbiogas/resources/Hans_Kattstrom.pdf

Kuiper, L. en S. d. Lint, "Binnenlands biomassa potentieel", Utrecht, Ecofys, 2008

Koppejan, J., Elbersen, W., Meeusen, M., Bindraban, P., "Beschikbaarheid van Nederlandse biomassa voor elektriciteit en warmte in 2020", AgentschapNL, Croeselaan 15, 3521 BJ Utrecht, projectnr. 200809, 2009

Maes D., Van Dael M., Reumerman P., Marquez-Luzardo N., Venselaar J., Broeze J., Pelkmans L., Van Passel S. The emergence of optimal configurations of biomass transformation as a direct result of conflicting subsidy regimes. Innovation for Sustainable Production Congress, I-Sup 2012, Bruges, Belgium

Praktijkrapport Rundvee, 64, "Verkennde studie: Inpassing van gras uit natuurbeheer in rantsoenen van melkvee", ISSN 1570-8616, <http://edepot.wur.nl/27954> (2005)

Praßl, H., Georgiev, K., Dimitrova, D., Kulisic, B., Sioulas, K., Dzene, L., Ofiteru, A., Adamescu, M., Bodescu, F., Jan A., Rutz, D., "Biogas purification and assessment of the natural gas grid in Southern and Eastern Europe". Ing. Gerhard Agrinz GmbH, Leibnitz, Austria, BiG>East Task 2.5 rapport, 2008.

Profnieuws, <http://www.profnews.nl/910389/recyclingbedrijf-var-verhoogt-capaciteit-gft-vergister>, april 2009

Van Beurden, K., Gomez, G., Stage project, "Inventarisatie Reststromen Biomassa West-Brabant 2011", Avans Hogeschool, Lovensdijkstraat 61-63, Breda, http://www.bio-based.nl/sites/default/files/extra/ECP2011_01_StudRappAvans_BiomassaInventWBrab.pdf (2011).

SNB berichten nr. 50, "Op koers voor besparingsdoelstelling energie", http://www.snb.nl/files/Publicaties/SNBBerichten/SNB_berichten_nr50.pdf (maart 2011)

Senternovem, "Haalbaarheid energieopwekking uit Bermgras", Rapportnr. 2EWAB01.31, 2001

Staatscourant, "Regeling aanwijzing categorieën duurzame energieproductie 2012", Nr. 3609, 21 februari, 2012, <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/>, 2012

Twence, Milieu effectrapportage (MER) Bioenergiecentrale TWENCE, Twence B.V., Postbus 870 7550 AW Hengelo, 2004

Ulrich, G.D., "A guide to chemical engineering process design and economics", ISBN 0-471-08276-7, John Wiley & Sons, Inc., 1984

Veehouderij techniek, “Mestscheider bied oplossingen”, <http://edepot.wur.nl/149202>, september 2010

Wageningen UR Livestock Research, “Emissies van lachgas, methaan en ammoniak uit mest na scheiding”, Wageningen UR Livestock Research, Postbus 65, 8200 AB Lelystad, Rapport 427, <http://edepot.wur.nl/161899>, december 2010

Zeolite Products, “Composteren”, <http://www.zeolite-products.com/ktml2/files/uploads/mest%20composter%20dmv%20zeoliet.pdf>, 2012

APPENDIX A: ECONOMISCHE EVALUATIE ECP-BREDA UNIVERSITEIT HASSELT

De economische evaluatie van de Universiteit Hasselt gaat uit van dezelfde ECP-configuratie als genoemd in de hoofdttekst. Dat wil zeggen dat dezelfde inputs, outputs en procesconfiguratie wordt gebruikt. Qua vergistingstechnologie wordt de Dranco technologie gebruikt. De optimalisatie zoals uitgevoerd door de Universiteit Hasselt verschilt in twee opzichten met de 'base case' genoemd in dit rapport:

- Er wordt geen onderscheid gemaakt tussen situaties met en zonder subsidie. In het model van de Universiteit Hasselt wordt uitgegaan van variabele tarieven, waarbij de subsidies al in meegenomen zijn.
- De Universiteit Hasselt maakt gebruik van een model waarbinnen het mogelijk is om te bepalen voor welke parameters het ECP concept de beste financiële prestatie heeft. Het model kan optimaliseren. Dit optimaliseren gebeurt met een "brute force" techniek: Er worden een zeer groot aantal optimalisaties uitgevoerd met steeds andere parameters, waarna de meest optimale case geselecteerd wordt.

Opzet model

De werkwijze van de Universiteit Hasselt is weergegeven in Figuur A1. Diverse inputs (GFT, mest, etc.) en outputs (elektriciteit, warmte, etc.) zijn gedefinieerd. Kosten van grondstoffen, gate fees, marktprijzen (inclusief subsidies) en transportkosten zijn inputs in het model. Uitgangspunt is dat het ECP zelf geen controle heeft over deze variabelen.

Voor de variatie van deze externe prijzen worden 49 situaties bepaald. De prijs van de elektriciteit en warmte (inclusief subsidies) kan variëren tussen 7 waardes, zoals weergegeven in tabel A1. De prijs van het groen gas en de LBM (bio-LNG) kan eveneens variëren tussen 7 waardes.

Tabel A1: Optimalisatiescenarios ECP-Breda gebruikt door de Universiteit Hasselt

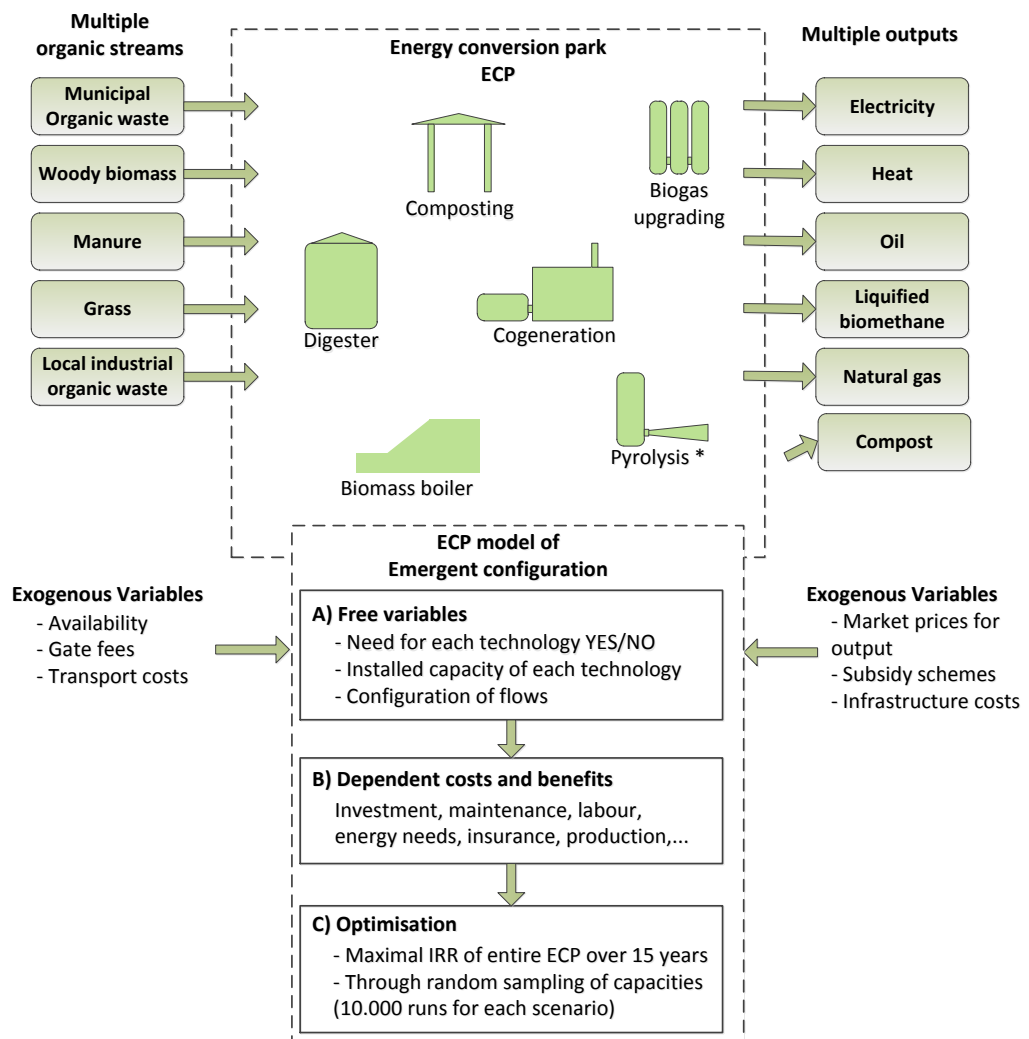
Parameter		Totale inkomstenspreiding (als resultaat van variabele subsidies en marktprijzen)						
		1	2	3	4	5	6	7
Scenario No.								
Elektriciteit	Euro/MWh	36,0	51,0	66,0	81,0	96,0	111,0	126,0
Warmte (van WKK)	Euro/GJ	7,7	10,9	14,1	17,3	20,5	23,7	26,9
Scenario No.		a	b	c	d	e	f	g
Groen gas	Euro/Nm3	0,57	0,67	0,77	0,88	0,98	1,08	1,18
LBM (bio-LNG)	Euro/ton	799	940	1.081	1.222	1.363	1.504	1.645

Voor elke situatie wordt dan een optimale configuratie van de ECP bepaald. Als deze externe prijzen zijn vastgelegd, vindt de optimalisatie in drie stappen plaats:

- Er worden 10,000 scenario's opgesteld. Per scenario worden verschillende capaciteiten willekeurig bepaald binnen een normaalverdeling voor elke mogelijke technologie.
- Aan de hand van de capaciteiten worden de energie- en massabalansen opgesteld. Bij sommige configuraties zijn ook de capaciteit niet op elkaar afgestemd en kan er bijvoorbeeld biogas verloren gaan. Ook de financiële variabelen worden

bepaald, afhankelijk van de grootte van de installatie. Algemene kosten, zoals beheer of verzekeringskosten voor de ECP zijn bepaald, afhankelijk van de capaciteiten, maar op het niveau van de volledige site. Deze zijn bijvoorbeeld de kapitaal- en operationele kosten, behoefte aan arbeid, etc.

C. Voor elk scenario wordt een volledige financiële berekening gemaakt van de rendabiliteit over 15 jaar. Het scenario met de hoogste interne rentevoet wordt uiteindelijk geselecteerd.



Figuur A1: Opzet ECP-Breda modellering Universiteit Hasselt

Resultaten

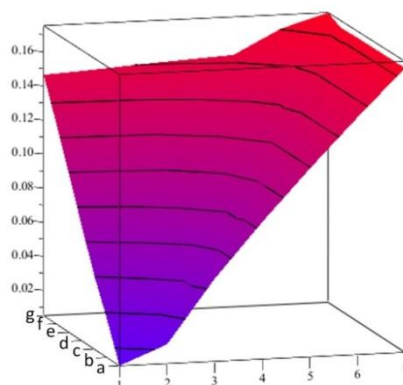
De resultaten zijn weergegeven in de onderstaande figuren:

Optimal configuration for each scenario

g	G	G	G	G	G	M	M
f	G	G	G	M	M	M	C
e	G	G	G	M	M	C	C
d	G	M	M	M	C	C	C
c	M	M	M	C	C	C	C
b	M	M	C	C	C	C	C
a	M	M	C	C	C	C	C
	1	2	3	4	5	6	7

Current market structure is scenario 6a :
High incentives for cogeneration, lower
incentives for green gas and none for LBM.

IRR of total ECP for different scenarios



Figuur A2: Resultaten economische evaluatie ECP-Breda Universiteit Hasselt

In de figuur rechts is te zien wat de Interne Rentevoet is voor de verschillende scenario's (a t/m g en 1 t/m 7). Deze scenario's zijn gedetailleerd in Tabel A1. Hoe 'hoger' op de grafiek hoe beter de Interne Rentevoet is. In de figuur links is tevens bepaald wat de dominante conversietechniek is die de beste resultaten geeft. Hier zijn drie varianten benoemd:

- G: alleen gasopwaardering en invoeding in het gasnet
- M: een mix van gasopwaardering en WKK
- C: alleen toepassing van biogas in een WKK

De logische uitkomst van de berekeningen is dat als de prijs voor groen gas hoog is, groen gas scenario's het meest aantrekkelijk zijn, terwijl als de prijs voor biogas WKK toepassingen (elektriciteit en warmte) hoger is deze scenario's als meest aantrekkelijk uit de bus komen. In een grensgebied tussen de twee uitersten is een structuur met een gemengde installatie, WKK + gasopgradering, het meest winstgevend.

Volgens de berekeningen van de Universiteit Hasselt is onder de huidige omstandigheden en marktprijzen scenario 6a het meest aantrekkelijk. Het blijkt ook dat startend van de huidige situatie, de subsidies voor groen gas enorm veel moeten stijgen als deze competitief moeten worden in vergelijking met een WKK. Uit de berekeningen blijkt dan ook dat met de inputs van dit scenario de hoogste IRR wordt behaald. Dit komt overeen met de conclusies van BTG (zie paragraaf 4.1.3).

Andere opvallende uitkomsten zijn:

- LBM komt nergens voor als optimale configuratie. Nochtans is een subsidie voor LBM in rekening gebracht. Maar de subsidies voor groen gas en LBM zijn aan elkaar gekoppeld in dit model. De prijzen per eenheid groen gas en LBM zijn gelijkwaardig op per eenheid exergie. Maar hieruit blijkt dus dat de steun voor LBM merkbaar hoger moet zijn dan deze voor groen gas voordat LBM-centrales competitief worden.

- Als de prijzen hoger worden, heeft dit geen effect op de grootte van de installaties. Dan wordt enkel de Interne Rentevoet gemaximaliseerd, zonder dat de installaties groter worden. De schaalvoordelen zijn dus te beperkt.

Aanpassing optimalisatiecriterium

De bovengenoemde berekeningen zijn uitgevoerd met als optimalisatiecriterium een zo hoog mogelijke Interne Rentevoet. Een ander mogelijk criterium is een zo hoog mogelijke Netto Contante Waarde (NCW). De resultaten van deze optimalisatie zijn weergegeven in de navolgende figuur:

	1	2	3	4	5	6	7
g	M	M	M	M	M2	M2	M2
f	M	M	M	M2	M2	M2	C2
e	M	M	M2	M2	M2	C2	C2
d	M	M	M	M	C2	C2	C2
c	M	M	M	C	C2	C2	C2
b	M	M	C	C	C2	C2	C2
a	M	M	C	C	C2	C2	C2

Figuur A3: optimalisatie ECP Breda met criterium maximale Netto Contante Waarde

In deze figuur is te zien dat voor bepaalde combinatie van scenario's twee nieuwe configuraties het meest optimaal zijn:

- M2: een combinatie van groen gas en biogas WKK, maar met grotere capaciteiten
- C2: alleen biogas WKK, maar met een grotere capaciteit

Als hierop geoptimaliseerd wordt, dan blijkt dat schaalvoordelen een veel belangrijker rol spelen. Dit is ook niet vreemd, omdat de Netto Contante Waarde een absoluut gegeven is, en niet gerelateerd wordt aan de hoogte van de investeringen. Een hogere NCW kan een latere Interne Rentevoet betekenen. Dit betekent dat het rendement van de investering lager is, maar de absolute revenuen hoger zijn.

Wat betreft de subsidies zijn hier de resultaten gelijkaardig. De subsidies tussen de verschillende vormen van energie zijn ook hier niet in balans. Bij de huidige situatie (6a), is ook de WKK het meest competitief. Grote wijzigingen aan de subsidies per energievorm zijn noodzakelijk vooraleer andere technologieën even aantrekkelijk worden als de WKK.

APPENDIX B: REFERENTIES GEBRUIKTE GEGEVENS

Gegevens	Waarde	eenheid	opmerkingen	Bron
Algemene gegevens				
Gasconstante (R)	8,3144	J/kg.mol		Perry's Chemical Engineers' Handbook, 6th edition, McGraw-Hill, 1984
Standaard druk	101.325	Pa		http://nl.wikipedia.org/wiki/Standaardtemperatuur_en_standardaardruk
Gegevens van stoffen				
Methaan				
Moleculair gewicht met	16	g/mol		Perry's Chemical Engineers' Handbook, 6th edition, McGraw-Hill, 1984
Cp/Cv	1,31		15°C	Perry's Chemical Engineers' Handbook, 6th edition, McGraw-Hill, 1984
Dichtheid gasfase	0,7167	kg/m3	0°C, 1 atm.	Perry's Chemical Engineers' Handbook, 6th edition, McGraw-Hill, 1984
Dichtheid als vloeistof	422,62	kg/m3		http://encyclopedia.airliquide.com/
Verbrandingswaarde	50	MJ/kg		http://en.wikipedia.org/wiki/Heat_of_combustion
CO2				
Moleculair gewicht	44	g/mol		Perry's Chemical Engineers' Handbook, 6th edition, McGraw-Hill, 1984
Dichtheid	1,9768	kg/m3	0°C, 1 atm.	Perry's Chemical Engineers' Handbook, 6th edition, McGraw-Hill, 1984
Cp/Cv	1,304		15°C	Perry's Chemical Engineers' Handbook, 6th edition, McGraw-Hill, 1984
Biogas				
- methaan	55%			www.lfl.bayern.de/ilb/technik/10225
- CO2	45%			www.lfl.bayern.de/ilb/technik/10225
knip- en snoeihout				
LHV	7	GJ/ton		http://www.ecn.nl/docs/library/report/2011/e11046.pdf
C/N verhouding	60			www.ecn.nl/phyllis, untreated wood: wood and wood mixed (C/N: 80 and 40, average taken)
Biomassa algemeen				
Warmtecapaciteit	1,8	KJ/Kg/K		Stofstromen model, WUR, Jan Broeze
Water				
Verdampingswarmte	2260	KJ/kg water		http://nl.wikipedia.org/wiki/Verdampingswarmte
Warmtecapaciteit	4,2	KJ/Kg/K		http://nl.wikipedia.org/wiki/Soortelijke_warmte
Aardgas				
Gemiddelde energiewaarde	31,65	MJ/m3 aardgas		http://nl.wikipedia.org/wiki/Specifieke_energie
percentage methaan	86%			http://nl.wikipedia.org/wiki/Aardgas

Gegevens	Waarde	eenheid	opmerkingen	Bron
Diesel				
Energieinhoud	43,1	MJ/kg		Carbon and Sustainability Reporting Within the Renewable Transport Fuel Obligation, Department for Transport Great Minster House 76 Marsham Street London SW1P 4DR Telephone 020 7944 8300 Web site www.dft.gov.uk
dichtheid	0,832	kg/liter		Carbon and Sustainability Reporting Within the Renewable Transport Fuel Obligation, Department for Transport Great Minster House 76 Marsham Street London SW1P 4DR Telephone 020 7944 8300 Web site www.dft.gov.uk
Diversen				
Thermische efficiency	103,5%			http://www.milieucentraal.nl/themas/energie-besparen/verwarmen/centrale-verwarming
Gemiddelde warmtebe	1.800	m3 aardgas/jaar		http://www.energiwereld.nl/nieuws/jaarverbruik-gas-gemiddeld-huishouden-naar-1800-m3.aspx
Gemiddelde elektricite	3480	kW/jaar		http://www.gaslicht.com/energiebesparing/energieverbruik.aspx
Verbruik vrachtwagen	35	liter diesel/100 km		http://www.ecoperformance.nl/

Gegevens	Waarde	eenheid	opmerkingen	bron
Vergisting				
<i>GFT</i>				
Biogasproductie GFT		103,5	m3 biogas/ton G	http://www.ivam.uva.nl http://www.ivam.uva.nl/fileadmin/user_upload/PDF_documenten/rapporten/Milieu-analyse_vergisten_GFT-afval_IVAM_20080220o.pdf
Methaangehalte GFT		55%		www.rivm.nl
Ds gehalte		48%		Attero, persoonlijke informatie 13/04/2011
water-additie		50%		Attero, persoonlijke informatie 13/04/2011
Fractie welke gecomposteerd		87%		www.vlaco.be
C/N verhouding vergist GFT		25,9		
<i>Rundermest</i>				
DS gehalte		8,50%		www.lfl.bayern.de/ilb/technik/10225
ODS gehalte		85%		
Nm3 biogas/ODS		280		
Nm3/ton mest		20,2		
methaangehalte		55%		
C/N verhouding dikke fractie		21,3		http://edepot.wur.nl/161899
<i>Varkensmest</i>				
DS gehalte		6,0%		www.lfl.bayern.de/ilb/technik/10225
ODS gehalte		85%		
Nm3 biogas/ODS		400		
Nm3/ton mest		20,4		
methaangehalte		60%		
C/N verhouding dikke fractie		12,6		http://edepot.wur.nl/161899
<i>Energiebehoefte (voor verwarming tanks)</i>				
warmte		10%	van biogasprodu	Biogas Praxis, Okobuch Verlag, Staufen bei Freiburg, 1996
Elektriciteit		1%	van biogasprodu	http://www.bioenergy.nl/Flex/Site/Download.aspx?ID=5663
Verbranding biogas in WKK				
productie elektriciteit		37%		http://www.ecn.nl/docs/library/report/2011/e11054.pdf
productie warmte		47%		http://www.ecn.nl/docs/library/report/2011/e11054.pdf
LBM productie				
Energieverbruik		0,25 kWh per nm3 of		http://www.sgc.se/nordicbiogas/resources/Hans_Kattstrom.pdf
		0,15 kWh per nm3 of		http://www.sgc.se/nordicbiogas/resources/Hans_Kattstrom.pdf
Methaanverlies		0,5% van methaaninpu		http://www.sgc.se/nordicbiogas/resources/Hans_Kattstrom.pdf
Composteren				
percentage output		40%	massapercentage	http://www.vlaco.be
Energiebehoefte		23,49 kWh/ton input		http://www.vlaco.be
Verbranden in heat-only boiler				
heat-efficiëntie		90%		http://www.facicaldaie.com/download/GT_Boiler-Thermo_Group.pdf

Energie Conversie Parken

financiers:



projectpartners:



subcontractors:

