

**Waterschap De Dommel
Attero
GMB
ZLTO**

**De rwzi als logistiek centrum
haalbaarheidsstudie
eindrapport fase I**

**Waterschap De Dommel
Attero
GMB
ZLTO**

**De rwzi als logistiek centrum
haalbaarheidsstudie
eindrapport fase I**

referentie	projectcode	status
BTL168-17_009_niea	BTL168-17	definitief 1.0
projectleider	projectdirecteur	datum
dr.ir. A.F. Van Nieuwenhuijzen	ir. J.F. Kramer	14 februari 2014

autorisatie	naam	paraaf
goedgekeurd	dr.ir. A.F. van Nieuwenhuijzen	

INHOUDSOPGAVE	blz.
1. INLEIDING	1
1.1. Achtergrond	1
2. AANPAK	3
2.1. Werkpakketten	3
3. HUIDIGE SITUATIE	5
3.1. GFT/VGI	5
3.2. Slib	7
3.3. Maaisel en mest	8
4. UITWERKING SYNERGIECONCEPTEN	11
4.1. Mestconcept 1	11
4.2. Mestconcept 2	13
4.3. Onderzoeksrichtingen voor verdere uitwerking	15
4.3.1. Thermofiel aerobe reactor	15
4.3.2. Centrifuge en deeltjesverwijdering	15
4.3.3. Anammox-proces	16
4.3.4. Uitwisseling van waterstromen met rwzi Tilburg	17
4.3.5. Opgelost CZV	17
5. KOSTEN	18
5.1. Uitgangspunten	18
5.2. Mestconcept 1	18
5.2.1. Bouw- en investeringskosten	18
5.2.2. Jaarlijkse kosten en baten en kostprijs mestverwerking	19
5.3. Mestconcept 2	20
5.3.1. Bouw- en investeringskosten	20
5.3.2. Jaarlijkse kosten en baten en kostprijs mestverwerking	20
6. EVALUATIE	23
6.1. Synergieopties	23
6.1.1. Biogas	23
6.1.2. Warmte	23
6.1.3. Centraatstromen	23
6.1.4. Lozing via de rwzi	24
6.2. Meerwaarde per partij	24
6.3. Afwegingscriteria	25
6.4. Afwegen van de concepten	25
6.4.1. Energie	25
6.4.2. N-terugwinning	26
6.4.3. P-terugwinning	26
6.4.4. Belasting van bodem en grondwater	26
6.4.5. Kosten	27
6.4.6. Totale afweging	27
6.5. Knelpunten bij het maken van een keuze	27
7. CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN	29
7.1. Conclusie	29
7.2. Aanbevelingen	29

8. REFERENTIES	30
-----------------------	-----------

laatste bladzijde	30
-------------------	-----------

BIJLAGEN	aantal blz.
-----------------	--------------------

- | | | |
|------|--|--|
| I | processchema's | |
| II | toelichting meststroom | |
| III | procesonderdelen GFT/VGI verwerking en slibverwerking rwzi Tilburg | |
| IV | toelichting thermofiel aeroob proces | |
| V | uitgebreide uitwerking mestconcept 1 | |
| VI | uitgebreide uitwerking mestconcept 2 | |
| VII | financiële uitgangspunten | |
| VIII | verbruiken en opbrengsten per concept | |

1. INLEIDING

Rioolwaterzuiveringsinstallaties (rwzi's) zijn locaties in de periferie van de stad waar afvalwater met hoogwaardige technologie wordt gezuiverd. De locatie en de aanwezige faciliteiten en kennis van een rwzi bieden kansen voor verwerking van andere biomassastromen op dezelfde locatie. Op dit moment vindt de verwerking van biomassa echter nog onafhankelijk van elkaar plaats. In dit rapport leest u over twee concepten voor gecombineerde verwerking van biomassastromen die technisch en financieel haalbaar zijn. Hiermee kan een onderbouwde selectie gemaakt worden voor verdere uitwerking van een van deze concepten. Uiteindelijk kan hiermee de verwerking van biomassa tegen lagere kosten plaatsvinden.

De twee concepten zijn beoordeeld op technische, financiële, juridische en logistieke haalbaarheid. In dit rapport leest u over de technische en financiële haalbaarheid. Twee oplegnotities beschrijven de juridische en logistieke haalbaarheid.

1.1. Achtergrond

Het uiteindelijke projectdoel van 'de rwzi als logistiek centrum' is het ontwikkelen van een concept waarin de rwzi fungeert als logistiek centrum voor het bereiken van maximale synergie (restwarmte, utilities, verwerking reststromen) voor de verwerking van mest, zuiveringsslib, GFT- en VGI-afval en mogelijk andere organische afvalstromen zoals berm- en slootmaaisel. De verwachting is dat deze synergie verwerking van biomassa tot biogas/groen gas en de terugwinning van waardevolle componenten zoals fosfaat in de vorm van struviet rendabel maakt. Zo wordt bijgedragen aan een grotere productie van groen gas en duurzame grondstoffen in Nederland.

Het project bestaat uit 3 fases, waarbij na iedere fase een go/no go-moment volgt. De drie fases zijn als volgt gedefinieerd:

1. **A) Haalbaarheidsstudie:** uitwerking concepten inclusief het opzetten van business cases om de financiële haalbaarheid van concepten te beoordelen. De volgende aspecten moeten hierbij worden uitgewerkt:
 - technieken benodigd om maximaal biogas te produceren, biogas op te werken tot groen gas en nutriënten en andere waardevolle componenten terug te winnen;
 - sluitend concept voor afzet en/of verwerking voor alle stromen;
 - logistieke organisatie om alle stromen op de rwzi te krijgen;
 - verkennen organisatievorm om de samenwerking in de toekomst te realiseren.

Fase 1 A) wordt afgesloten met een evaluatie waarbij door partijen beoordeeld wordt of het meest kansrijke concept technisch en economisch haalbaar is.

B) Tussenfase pilot-onderzoek voor proof of principle: door middel van kleinschalige pilotproeven vast stellen of geselecteerd concept technisch en technologisch ook in de praktijk werkbaar is als basis voor fase 2.

2. **Uitwerken concept tot een ontwerp** voor de demonstratie-installatie op een nader te bepalen rwzi in Nederland.
3. **Demonstratieonderzoek** van 2 jaar om de technische en economische haalbaarheid te verifiëren, praktijkervaring op te bouwen en eventuele knelpunten te definiëren.

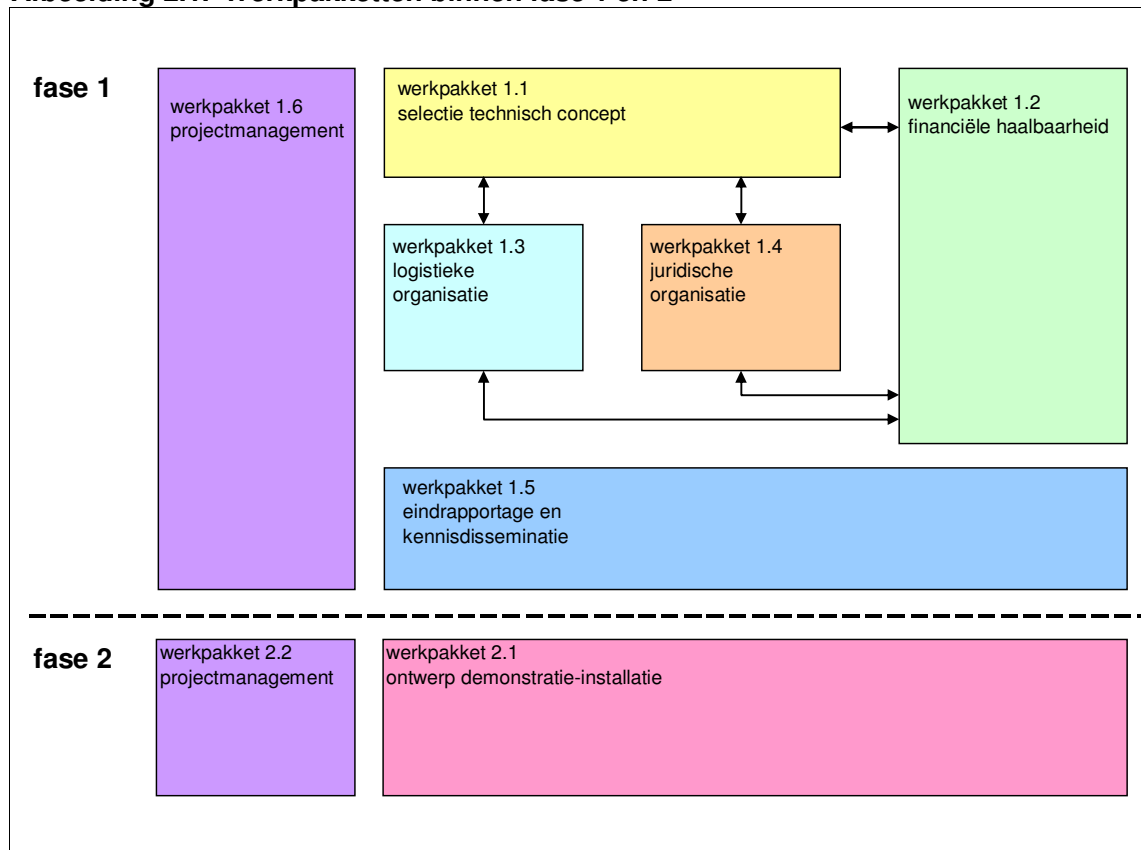
In deze rapportage leest u het eindresultaat van fase 1.

2. AANPAK

2.1. Werkpakketten

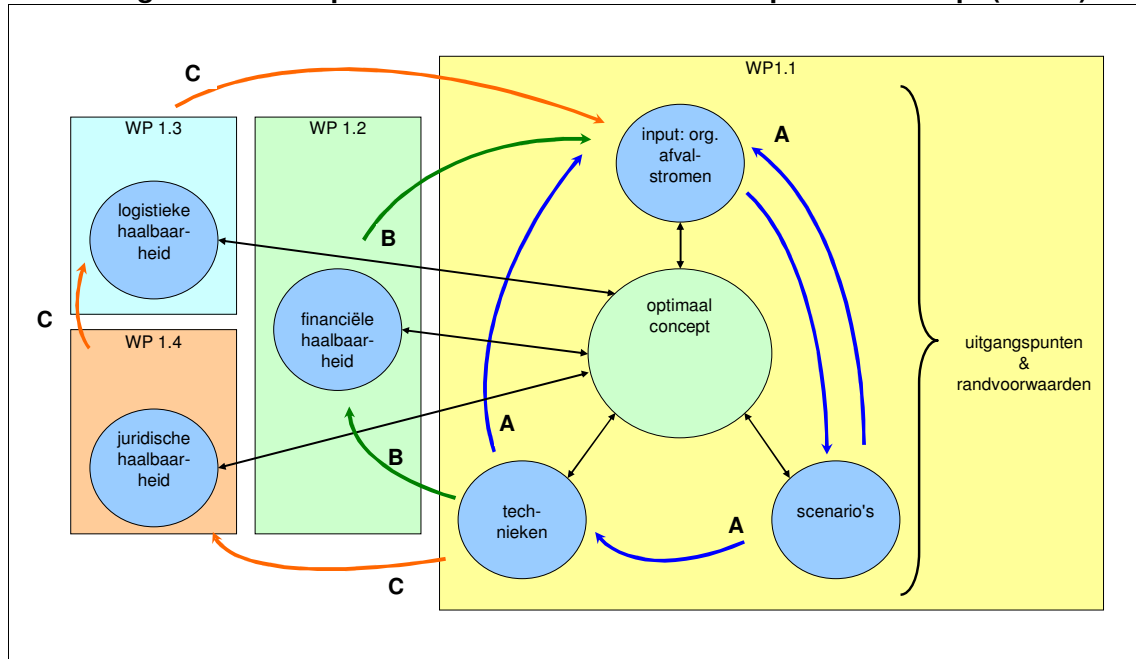
De werkzaamheden voor fase 1 en 2 van het project zijn uitgesplitst in werkpakketten. De werkpakketten voor de ontwikkeling en uitwerking van het concept (fase 1) en het ontwerp van de demonstratie-installatie (fase 2) zijn weergegeven in afbeelding 2.1. Fase 2 gaat van start nadat fase 1 is afgerond met een kansrijk concept en er een “go” is voor fase 2.

Afbeelding 2.1. Werkpakketten binnen fase 1 en 2



In fase 1 is een haalbaarheidsstudie uitgevoerd om te komen tot een optimaal concept voor de rwzi als logistiek centrum. Hierbij zijn de technische, financiële, juridische en logistieke haalbaarheid van belang. De verschillende concepten zijn gegenereerd en beoordeeld een iteratief proces (afbeelding 2.2).

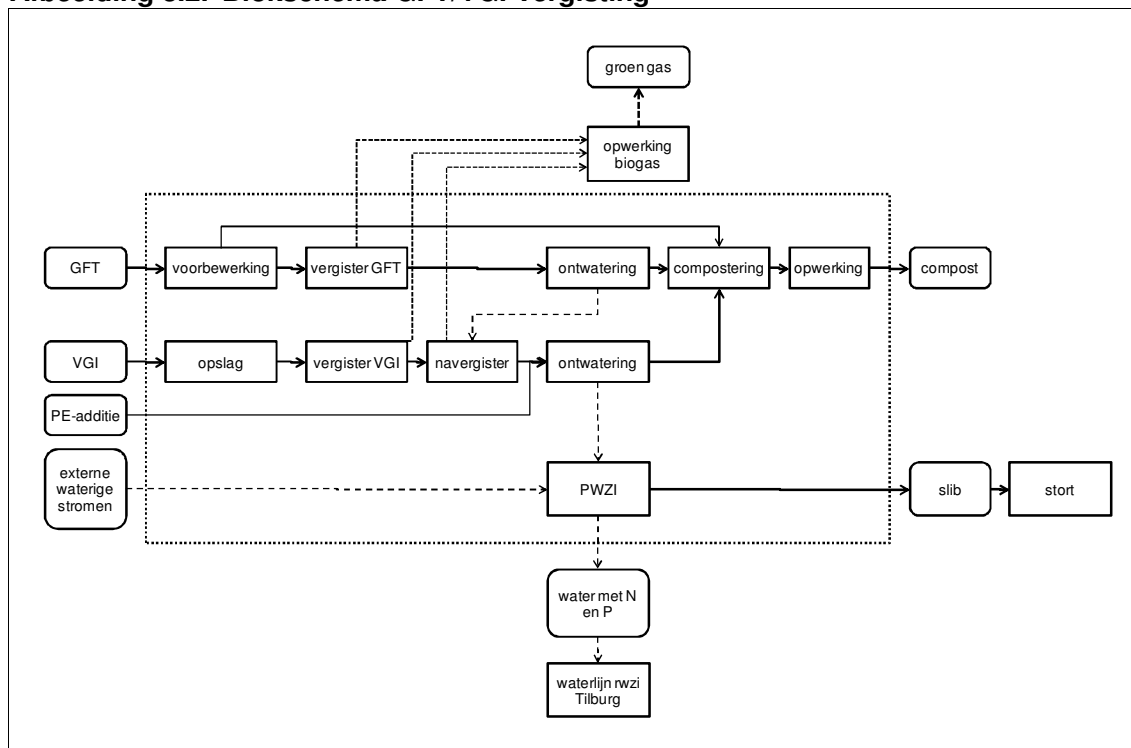
Afbeelding 2.2. Iteratief proces voor het vinden van het optimale concept (fase 1)



De stappen (blauwe cirkels) binnen dit proces zijn doorlopen op basis van vooraf opgestelde uitgangspunten en randvoorwaarden, zoals aard en omvang van te verwerken stromen, wettelijk kader en financiële voorwaarden.

Het proces begon bij de input van organische afvalstromen (zuiveringsslib, mest, GFT/VGI-afval en andere stromen). Op basis van deze input is de blauwe cyclus (A) doorlopen, waarbij scenario's voor verwerking van alle stromen zijn ontwikkeld en vervolgens technieken zijn ingevuld. Voor alle scenario's is een integrale massabalans opgesteld voor droge stof, organische stof, CZV, stikstof, fosfor, zware metalen, sulfaat en chloride. Ook is een energiebalans opgesteld voor warmte en elektriciteit. Binnen de blauwe cyclus wordt de technische haalbaarheid van een specifiek concept bepaald. Voor technisch haalbare concepten is de financiële haalbaarheid getoetst binnen de groene lus (B). Na het aantonen van de technische en financiële haalbaarheid is de oranje lus (C) doorlopen, waarin de juridische en logistieke haalbaarheid zijn beschouwd.

Afbeelding 3.2. Blokschema GFT/VGI-vergisting



De warmtevraag van de GFT- en VGI-vergisters is in totaal 15.000 GJ/jaar (berekening Witteveen+Bos Warmte- en EnergieModel). De warmtevraag voor de DEMON-reactor is 1.900 GJ/jaar (opgave Attero). In deze behoefte wordt voorzien door inkoop van aardgas.

De exacte elektriciteitsvraag voor de verwerking van GFT en VGI is nog niet bekend. In tabel 3.1 is een inschatting gemaakt van het verbruik van de verschillende procesonderdelen op basis van het vermogen en het aantal draaiuren. Het geschatte totale elektriciteitsverbruik is 13.400.000 kWh/jaar.

Tabel 3.1. Elektriciteitsverbruik verwerking GFT en VGI

	geïnstal- leerd ver- mogen (kW)	% in bedrijf	draaiuren (uur/jaar)	jaarverbruik (kWh/jaar)	bron
Voorbewerking	315	50	4.380	1.379.700	opgave Attero
Algemeen	100	50	4.380	438.000	opgave Attero
Ontwateringsstappen	134	50	4.380	586.900	opgave Attero
GFT vergister	200	80	7.008	1.401.600	opgave Attero
VGI Vergister	215	80	7.008	1.506.700	opgave Attero
Compostering/Luchtbehandeling	428	80	7.008	2.999.400	opgave Attero
Nabewerking	110	50	4.380	481.800	opgave Attero
DEMON	-	-	-	432.000	opgave Attero
gasopwerking (1000 Nm3/uur ruw biogas)	500	95	8.322	4.161.000	opgave Attero
Totaal	1.502	-	-	13.387.000	

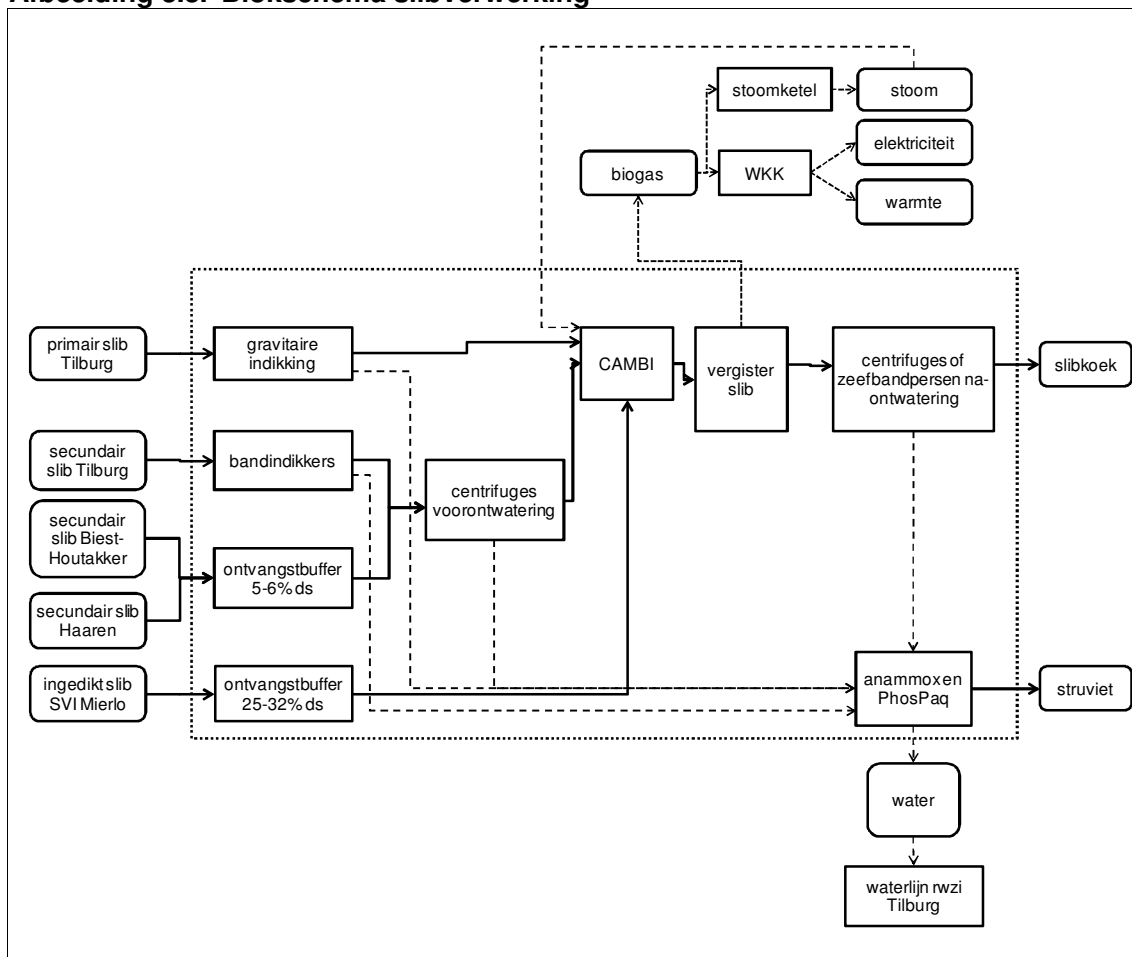
Producten en reststromen na verwerking van GFT en VGI zijn groen gas, compost, slib en effluent. De omvang van deze stromen is weergegeven in tabel 3.2.

Tabel 3.2. Uitgaande stromen GFT/VGI

stroom	eenheid	hoeveelheid	opmerkingen
groen gas	Nm ³ /jaar	5.000.000	7.300.000 Nm ³ /jaar biogas (opgave Attero)
compost	m ³ /jaar	35.000	berekende waarde
slib	m ³ /jaar	10.000	berekende waarde
effluent	m ³ /jaar	170.000	berekende waarde

3.2. Slib

Op rwzi Tilburg wordt slib van de rwzi zelf en van rwzi's in de omgeving vergist. In totaal wordt 256.000 m³/jaar slib verwerkt. Voor vergisting wordt het slib ingedikt en voorbehandeld in een CAMBI-systeem. Na vergisting wordt het uitgegiste slib ontwaterd en afgevoerd. Het geproduceerde biogas wordt verstuikt in WKK's en stoomketels. Voor een deel van het biogas is nog geen bestemming. Een blokschema van het onderdeel slib is weergegeven in afbeelding 3.3. Eigenschappen van de installaties zijn weergegeven in bijlage II.

Afbeelding 3.3. Blokschema slibverwerking

Voor het onderdeel slib is de vraag naar warmte en slib niet per onderdeel bekend. De totale elektriciteitsvraag van de rwzi is wel bekend en bedraagt 11.300 MWh/jaar, waarvan 6.000 MWh/jaar voor de sliblijn en 5.300 MWh/jaar voor de waterlijn (opgave WsDD).

De warmtebehoefte van de rwzi is onbekend, maar kan worden afgeleid uit de productietallen uit het ontwerp van energiefabriek Tilburg. Een deel van de totale geproduceerde hoeveelheid biogas wordt verstoekt in een WKK voor de productie van warmte en elektriciteit en in een stoomketel voor de productie van stoom voor de CAMBI-installatie (Tabel 3.3). De hoeveelheid biogas die naar het WKK-systeem en de stoomketel gaat is bekend. Hiermee kan de geproduceerde hoeveelheid warmte en elektriciteit worden berekend. Alle warmte en elektriciteit wordt gebruikt op de rwzi zelf. Voor een deel van het biogas is nog geen bestemming.

Tabel 3.3. Biogasgebruik rwzi Tilburg

parameter	eenheid	waarde	opmerkingen
biogas naar boiler	Nm ³ /d	4.688	opgave WsDD (PFD energie en warmte)
biogas naar WKK	Nm ³ /d	11.629	opgave WsDD (PFD energie en warmte)
<u>WKK (2x)</u>			
rendement elektrisch	%	41,3%	opgave WsDD (PFD energie en warmte)
rendement thermisch	%	40%	aanname W+B
productie elektriciteit	MWh/jaar	11.401	berekende waarde
productie warmte	MWh/jaar	10.989	berekende waarde
<u>stoomketel</u>			
rendement thermisch	%	95%	opgave WsDD (PFD energie en warmte)
productie warmte	MWh/jaar	10.521	berekende waarde

Producten en reststromen na verwerking van slib zijn biogas, slibkoek, struviet en effluent. De omvang van deze stromen is weergegeven in tabel 3.4.

Tabel 3.4. Uitgaande stromen slibverwerking

stroom	eenheid	hoeveelheid	opmerkingen
biogas*	Nm ³ /jaar	3.400.000	aandeel niet gebruikt
slibkoek	m ³ /jaar	2.600	
struviet	ton/jaar	-	te bepalen
effluent	m ³ /jaar	290.000	

* in totaal wordt circa 9.400.000 Nm³/jaar biogas geproduceerd (berekening Witteveen+Bos). Hiervan wordt 6.000.000 Nm³/jaar (16.300 Nm³/dag) ingezet voor eigen gebruik dus blijft 3.400.000 Nm³/jaar over.

3.3. Maaisel en mest

Slib en GFT- en VGI-afval worden al verwerkt op het terrein De Spinder. Als aanvullende biomassastromen voor de uitwerking van concepten is gekeken naar maaisel en mest. Maaisel is geen interessante stroom voor een gecombineerd concept, omdat er gedurende 5 maanden geen aanvoer is. Ook kan maaisel in de meeste gevallen worden ondergewerkt. Een verwerkingsconcept zal waarschijnlijk hogere kosten met zich mee brengen.

Mest kan wel een interessante stroom zijn, omdat Tilburg zich in een gebied met een mestoverschot bevindt. Dat betekent dat er meer mest wordt geproduceerd dan er volgens de mestwetgeving op het land gebracht mag worden. Dit overschot moet worden verwerkt. Voor het uitwerken van concepten is het volledige overschot van Tilburg en de daaraan grenzende gemeenten berekend. Dit is 186.000 ton/jaar. De achterliggende berekening en de samenstelling van de mest staan in bijlage III.

Per 1 januari 2014 is de Meststoffenwet aangepast door de invoering van verplichte mestverwerking. Volgens deze aanpassing moet het mestoverschot op bedrijfsniveau worden verwerkt. Onder mestverwerking wordt verstaan dat de mest wordt geëxporteerd of dat deze wordt verbrand of vergast [ref. 1]. Mestbewerkingsmethodes zoals vergisten, scheiden, hygiëniseren, drogen en korrelen zijn geen mestverwerkingsmethodes. Voor mestverwerking wordt een overeenkomst afgesloten tussen een landbouwer en een mestverwerker.

Over hoe mest in Nederland ingezet en verwerkt wordt onder de nieuwe mestwetgeving zijn geen algemeen geldende uitspraken te doen. Er zijn namelijk zeer veel verschillende routes mogelijk. Daarnaast zijn er grote regionale verschillen. Zo bevinden zich in Brabant veel overschotgebieden, terwijl er in gebieden in Zeeland en Groningen juist vraag is naar mest. Voor de referentiesituatie wordt ervan uitgegaan dat mest wordt aangeboden aan een verwerker voor een prijs van 15 tot 20 EUR/ton mest. Of de mest vervolgens wordt verwerkt of geëxporteerd wordt niet gedefinieerd.

4. UITWERKING SYNERGIECONCEPTEN

De rwzi als logistiek centrum zoekt naar gecombineerde concepten waarin synergie behaald kan worden. Dit kan door de verwerking van mest toe te voegen aan de bestaande installaties voor GFT/VGI en zuiveringsslib. Het mengen van stromen is hierbij niet gunstig, omdat de afzet van de totale stroom dan duurder wordt. GFT/VGI kan namelijk worden afgezet als compost, terwijl zuiveringsslib een afvalstof is en mest een meststof. Als deze stromen worden gemengd, wordt de resulterende stroom afval.

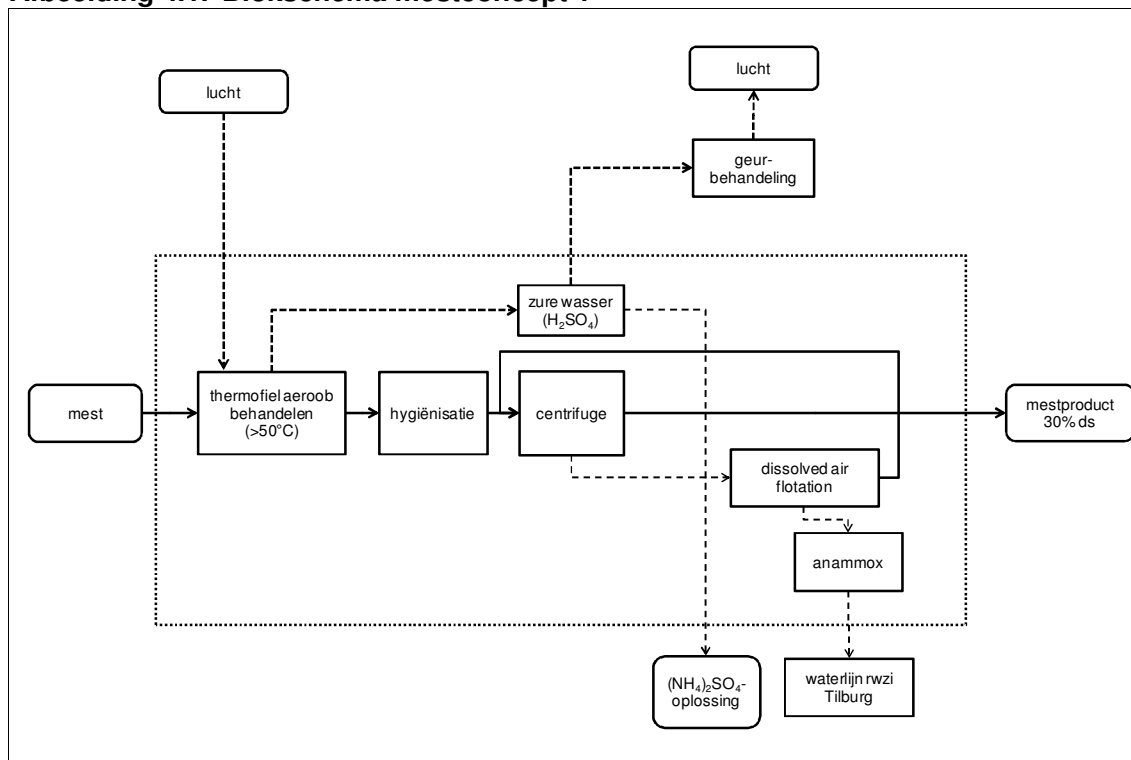
Het is wél interessant om de stromen apart te blijven verwerken maar te zoeken naar synergie op andere vlakken. Dit kan de uitwisseling van biogas zijn, of het gezamenlijk verwerken van deelstromen. In dit hoofdstuk zijn daarom twee concepten voor mestverwerking uitgewerkt die aansluiten bij de rwzi Tilburg voor het lozen van effluent.

4.1. Mestconcept 1

In mestconcept 1 wordt alle mest thermofiel aeroob behandeld. Zie voor een uitgebreide omschrijving van het proces bijlage IV. Tijdens dit proces wordt een deel van de in mest aanwezige organische stof geoxideerd, waarbij warmte vrijkomt. Ook wordt ammoniak gestript uit de mest. Deze wordt afgevangen in een zure water (scrubber). Op deze manier wordt stikstof teruggewonnen. De behandelde mest wordt gehygiëniseerd om afzet in het buitenland mogelijk te maken. Vervolgens vindt dik-dunscheiding plaats in een decanteer-centrifuge. Hieruit komt een vaste stroom vrij die in het buitenland wordt afgezet als mest-product. Uit de vloeibare stroom worden deeltjes verwijderd in een dissolved air flotation (DAF) installatie. Vervolgens wordt nog aanwezig ammonium verwijderd met de anammox-reactie (in een ANAMMOX-reactor of DEMON). Voor een goede werking van het anammox-proces is verdunning van de dunne fractie nodig. Hiervoor wordt een deelstroom van de rwzi gebruikt, waaruit stikstof en fosfaat zijn verwijderd. Het afvalwater van de mestverwerking (effluent na het anammox-proces) wordt geloosd op de waterlijn van rwzi Tilburg.

Een blokschema van dit concept is weergegeven in afbeelding 4.1. Een processchema waarin het concept is ingebed in het totale 'logistiek centrum' vindt u in bijlage I.

Afbeelding 4.1. Blokschema mestconcept 1



Een verdere uitwerking van de verschillende installatieonderdelen staat in bijlage V.

In bijlage V is per onderdeel de warmtebehoefte weergegeven. De totale warmtebehoefte is weergegeven in tabel 4.1. In dit concept is alleen warmte nodig voor de hygiëniseren en het Anammox-proces. Tijdens thermofiele aerobe behandeling wordt de mest opgewarmd, waardoor de warmtebehoefte van de hygiëniserenstep beperkt is. Voor de decanteercentrifuge zou ter optimalisatie een warmtewisselaar geplaatst kunnen worden, waarmee een deel van deze warmte teruggewonnen kan worden. Hiermee kan maximaal 30.000 GJ/jaar warmte worden teruggewonnen. Het totale concept zou dan geen warmtebehoefte meer hebben. Wel is extra elektriciteit nodig voor pompvermogen.

Tabel 4.1. Totale warmtebehoefte mestconcept 1

processtap	warmtebehoefte (GJ/jaar)	opmerkingen
Thermofiel aerobe behandeling van mest	-	
Hygiëniseren	7.800	
Decanteercentrifuge	-	
DAF	-	
DEMON/Anammox	22.000	
Zure water	-	
Geurbehandeling	-	
Totaal warmtebehoefte	29.800	

In tabel 4.2 is de totale elektriciteitsbehoefte van mestconcept 1 weergegeven. Veruit het grootste aandeel wordt gevormd door de decanteercentrifuge.

Tabel 4.2. Totale elektriciteitsbehoefte mestconcept 1

processtap	elektriciteitsbehoefte	
	(kWh/jaar)	opmerkingen
Thermofiel aerobe behandeling van mest	80.000	
Hygiënisatie	1.000	
Decanteercentrifuge	935.000	
DAF	75.000	
DEMON/Anammox	26.000	
Zure water	48.000	
Geurbehandeling	1.000	
Totaal elektriciteitsbehoefte	1.166.000	

Producten en reststromen van mestconcept 1 zijn een mestproduct (30% ds), effluent en ammoniumsulfaat. Hoeveelheden zijn samengevat in tabel 4.3.

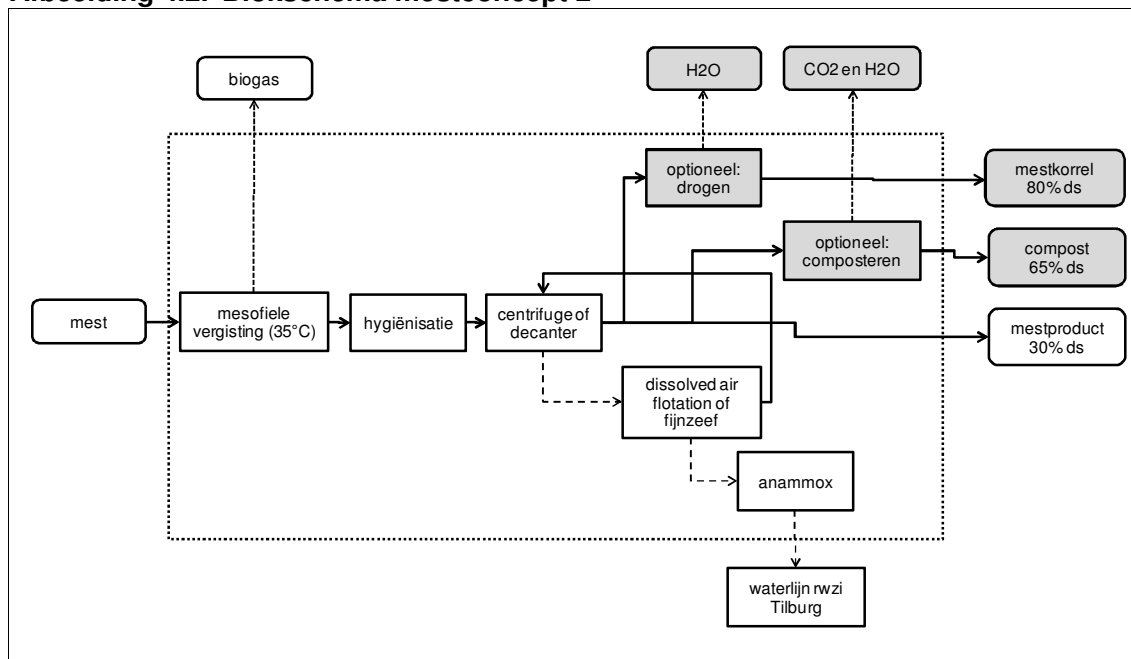
Tabel 4.3. Uitgaande stromen mestconcept 1

stroom	eenheid	hoeveelheid	opmerkingen
mestproduct (30% ds)	m ³ /jaar	29.000	
effluent	m ³ /jaar	338.000	waarvan 187.000 m ³ door verdunning anammox
(NH ₄) ₂ SO ₄	ton/jaar	2.800	puur (NH ₄) ₂ SO ₄

4.2. Mestconcept 2

In mestconcept 2 wordt alle mest mesofiel vergist. Tijdens dit proces wordt een deel van de in mest aanwezige organische stof afgebroken, waarbij biogas vrijkomt. De behandelde mest wordt gehygiëniseerd om afzet in het buitenland mogelijk te maken. Vervolgens vindt dik-dunscheiding plaats in een centrifuge. Hieruit komt een vaste stroom vrij die in het buitenland wordt afgezet als mestproduct. Ook zijn er twee verdere verwerkingsopties: drogen of composteren. Deze zijn nu niet verder uitgewerkt. Uit de vloeibare stroom wordt extra verwijderde stof verwijderd in een DAF-installatie. Vervolgens wordt ammonium verwijderd in een ANAMMOX-reactor. Voor een goede werking van het anammox-proces is verdunning van de dunne fractie nodig. Hiervoor wordt een deelstroom van de rwzi gebruikt, waaruit stikstof en fosfaat zijn verwijderd. Het afvalwater van de mestverwerking (effluent na het anammox-proces) wordt geloosd op de waterlijn van rwzi Tilburg. Een blokschema van dit concept is weergegeven in afbeelding 4.2. Een processchema waarin het concept is ingebed in het totale 'logistiek centrum' vindt u in bijlage I.

Afbeelding 4.2. Blokschema mestconcept 2



Een verdere uitwerking van de verschillende installatieonderdelen staat in bijlage VI.

In bijlage VI is per onderdeel de warmtebehoefte weergegeven. De totale warmtebehoefte is weergegeven in tabel 4.4. In dit concept is warmte nodig voor vergisting, hygiëniserie en DEMON/anammox. Voor de decanteercentrifuge zou ter optimalisatie een warmtewisselaar geplaatst kunnen worden, waarmee een deel van deze warmte teruggewonnen kan worden. Hiermee kan maximaal 32.000 GJ/jaar warmte worden teruggewonnen. Wel is extra elektriciteit nodig voor pompvermogen.

Tabel 4.4. Totale warmtebehoefte mestconcept 2

processtap	warmtebehoefte (GJ/jaar)	opmerkingen
Mesofiele vergisting	18.200	
Hygiëniserie	26.900	
Centrifuge	-	
DAF	-	
DEMON/Anammox	35.600	
Totaal warmtebehoefte	80.700	

In tabel 4.5 is de totale elektriciteitsbehoefte van mestconcept 2 weergegeven. Het grootste aandeel heeft de decanteercentrifuge.

Tabel 4.5. Totale elektriciteitsbehoefte mestconcept 2

processtap	elektriciteitsbehoefte (kWh/jaar)	opmerkingen
Mesofiele vergisting	561.000	
Hygiëniserie	1.000	
Centrifuge	936.000	
DAF	73.000	
DEMON/Anammox	53.000	
Totaal elektriciteitsbehoefte	1.624.000	

Producten en reststromen van mestconcept 2 zijn een mestproduct (30% ds), effluent en biogas. In plaats van het mestproduct kan compost of mestkorrels worden geproduceerd. Hoeveelheden zijn samengevat in tabel 4.6.

Tabel 4.6. Uitgaande stromen mestconcept 2

stroom	eenheid	hoeveelheid	opmerkingen
mestproduct (30% ds)	m ³ /jaar	33.000	
optie: compost (65% ds)	m ³ /jaar	8.000	
optie: mestkorrel (80% ds)	m ³ /jaar	13.000	
effluent	m ³ /jaar	547.000	waarvan 398.000 m ³ /jaar door verdunning anammox
biogas	Nm ³ /jaar	3.800.000	

4.3. Onderzoeksrichtingen voor verdere uitwerking

De technische uitwerking van de concepten is gebaseerd op literatuurgegevens, leveranciersinformatie en ervaringen van de projectpartners. Hierdoor zijn er voor sommige installaties onzekerheden waarvoor een nadere uitwerking nodig is. Dit wordt hieronder toegelicht.

4.3.1. Thermofiel aerobe reactor

Hoewel de thermofiel aerobe behandeling van rwzi-slib al wordt toegepast, is full-scale toepassing op mest nog onbekend. Hiernaar zijn wel onderzoeken uitgevoerd om laboratorium- en pilotschaal. De resultaten hiervan liggen echter ver uit elkaar (zie bijlage IV). Ook in het kader van deze studie is door Wageningen UR een globaal verkennend onderzoek op labschaal uitgevoerd (onderzoeksresultaten zijn op verzoek beschikbaar) waarvan de resultaten als uitgangspositie voor fase 1 B) worden meegenomen. Om de toepasbaarheid van thermofiele aerobe behandeling van mest binnen mestconcept 1 aan te tonen is grootschaliger onderzoek nodig. Dit moet zich richten op de volgende aspecten:

- Verblijftijd. De verblijftijd die wordt aanbevolen in de literatuur varieert sterk. De verblijftijd bepaalt hoe groot de reactor moet zijn en daarmee wat de kosten zijn.
- Organische stofafbraak. De organische stofafbraak bepaalt hoeveel eindproduct moet worden afgevoerd. Het transport van eindproduct brengt kosten met zich mee. Ook bepaald de organische drogestofafbraak hoeveel warmte er vrijkomt. Als er voldoende warmte vrijkomt, is geen externe verwarming nodig.
- Ammoniakstripping. Ammoniak dat wordt gestript kan worden teruggewonnen en brengt baten met zich mee. Ammoniak dat niet wordt gestript moet worden verwijderd in een ANAMMOX-reactor. De mate van ammoniakstripping bepaalt dus de financiële haalbaarheid van mestconcept 1.
- Hygiëniseratie. Voor de afzet van het mestproduct in Europa is hygiëniseratie vereist [ref. 2 en 3]. In het mestconcept is hiervoor een aparte reactor voorzien. Mogelijk kan mest ook worden gehygiëniseerd in de thermofiel aerobe reactor.

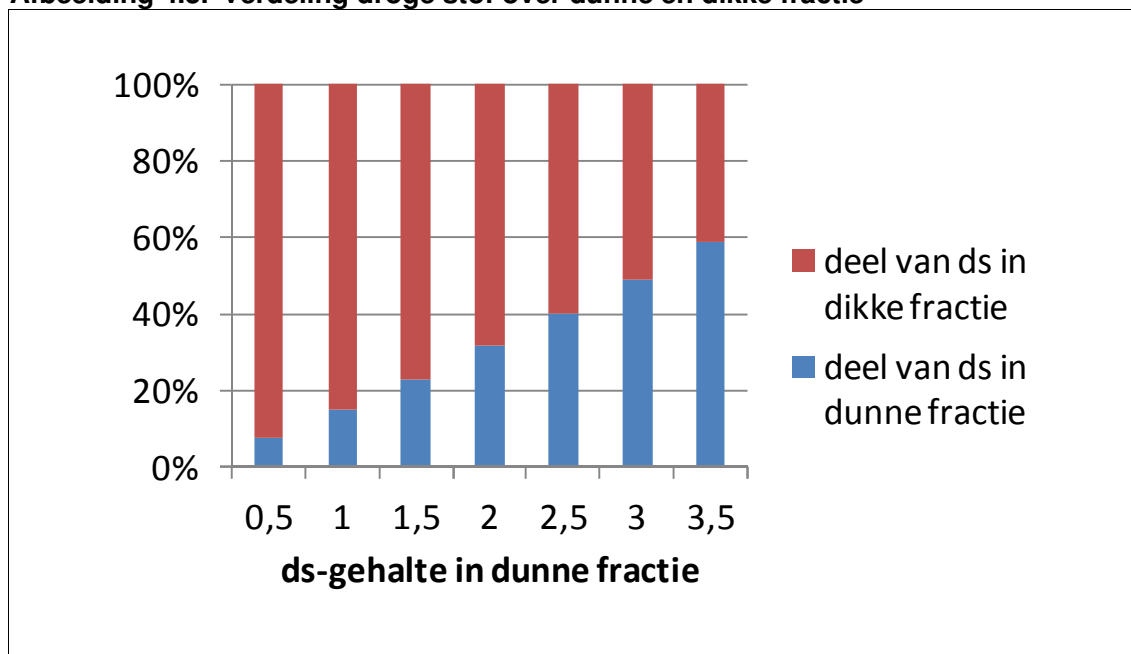
4.3.2. Centrifuge en deeltjesverwijdering

In beide mestconcepten wordt de ruwe mest behandeld, hetzij thermofiel aeroob (concept 1), hetzij mesofiel anaeroob (concept 2). Vervolgens wordt de behandelde mest gescheiden in een decanteercentrifuge. Voor verdere verwijdering van deeltjes wordt daarna een DAF-installatie ingezet.

Het knelpunt is dat het afscheidingsrendement van de centrifuges niet met zekerheid is vast te stellen, omdat leveranciersinformatie [ref. 8] en literatuur [ref. 4, 5, 6, 7] hierin niet

unaniem zijn. Een deel van de verklaring is dat mestverwerking zich vooral richt op de verwijdering van nutriënten (N en P) en minder op droge stof. Het drogestofgehalte in de dunne fractie heeft echter wel grote invloed op de verdeling van droge stof over de dunne en de dikke fractie (afbeelding 4.3).

Afbeelding 4.3. Verdeling droge stof over dunne en dikke fractie



In beide concepten is uitgegaan van een drogestofgehalte in de dikke fractie van 30%. Deze waarde wordt ook in literatuur en door leveranciers genoemd. Voor de dunne fractie wordt uitgegaan van een drogestofgehalte van 1% exclusief zouten. Het zoutgehalte in meststromen is relatief hoog en maakt daarmee een groot deel uit van de indamprest. De haalbaarheid van een drogestofgehalte van 1% in de dunne fractie moet nog worden aangetoond.

Om verdere behandeling van de dunne fractie mogelijk te maken, moeten wellicht meer deeltjes worden verwijderd. Of dit nodig is hangt af van het verwijderingsrendement van de decanteercentrifuge. Voor verdere deeltjesverwijdering kan een DAF-installatie of fijnzeef worden toegepast. In de concepten is uitgegaan van een DAF-installatie. Wat in de praktijk de beste oplossing is, moet worden aangetoond door verder onderzoek.

4.3.3. Anammox-proces

In beide concepten wordt het anammox-proces (anaerobe ammonium oxidatie) ingezet om stikstof verwijderen uit de dunne fractie. Er is echter voor zover bekend weinig ervaring met de toepassing van het anammox-proces op een dergelijke stroom [ref. 9]. Op labschaal is wel de toepasbaarheid van anammox op verwerkte varkensmest aangetoond, mits het CZV-gehalte voldoende laag is [ref. 10].

Uit leveranciersinformatie blijkt dat de volgende eigenschappen mogelijk knelpunten opleveren:

- stikstofgehalte boven 2.000 mg/l;
- hoog fosfaatgehalte, dus risico op struvietvorming;
- hoge geleidbaarheid;

- hoog kaliumgehalte;
- hoog chloridegehalte;
- hoog sulfaatgehalte;
- mogelijk lage alkaliniteit;
- aanwezigheid van onbekende stoffen die het proces nadelig kunnen beïnvloeden.

Om deze knelpunten deels te ondervangen is in de concepten de deelstroom verdund tot een concentratie van maximaal 2.000 mg N/l. Indien nodig is de stroom verder verdund voor een voldoende lage verblijftijd in de reactor. Uit praktijktesten zal echter moeten blijken of deze aanpassingen voldoende zijn. Mogelijk is verdere verdunning, verwijdering van fosfaat of dosering van loog nodig.

4.3.4. Uitwisseling van waterstromen met rwzi Tilburg

In beide concepten wordt een deel van de verwerkte rejectiewaterstroom van rwzi Tilburg gebruikt voor verdunning van de dunne mestfractie. De totale rejectiewaterstroom op rwzi Tilburg is 1.128.000 m³/jaar. In mestconcepten 1 en 2 wordt hier respectievelijk 187.000 m³/jaar en 398.000 m³/jaar van gebruikt als verdunningswater. Ook komt er een lozing van dunne fractie bij. Hierdoor zal de aanvoer van rwzi Tilburg enigszins wijzigen. Aandachtspunt hierbij is de CZV/N-verhouding in het influent. Op rwzi Tilburg is deze nu al relatief laag (circa 3,0).

4.3.5. Opgelost CZV

Een van de parameters in de massabalansen is CZV. In de afvalwaterzuivering is dit een zeer belangrijke parameter. In de mestverwerking is CZV echter minder bekend. Dat betekent dat het CZV-gehalte in mest vaak niet wordt opgegeven. Ook is vaak onbekend wat het effect van bewerkingsstappen op het CZV-gehalte is.

CZV komt voor in vaste vorm en in opgeloste vorm. Ook de verdeling over deze twee vormen in mest is onbekend. Deze is wel van belang om te kunnen bepalen of CZV uiteindelijk terechtkomt in de dikke fractie of in de dunne fractie. CZV in de dunne fractie beïnvloedt het anammox-proces. Ook moet verontreinigingsheffing betaald worden voor de hoeveelheid CZV die wordt geloosd op de rwzi.

Bij verder onderzoek aan mestverwerkingstechnieken moeten dus metingen aan CZV worden uitgevoerd.

5. KOSTEN

5.1. Uitgangspunten

De concepten zijn financieel haalbaar als de verwerkingskosten per ton mest kunnen concurreren met andere routes voor mestverwerking. Andere routes voor mestverwerking kosten 15-20 EUR/ton mest. Om de kosten van de concepten te bepalen zijn de kapitaallasten (op basis van investeringskosten), operationele lasten en jaarlijkse baten berekend.

Op basis van de globale dimensionering van de concepten (hoofdstuk 4) is een indicatieve bouwkostenberekening gemaakt per concept. De bouwkosten zijn vermenigvuldigd met de staartkostenfactor (1,5) om de investeringskosten te bepalen. De jaarlijkse kapitaallasten zijn annuïtair berekend over een looptijd van 10 jaar. Een onderbouwing van deze uitgangspunten staat in bijlage VII.

Voor beide concepten zijn de volgende kostenposten berekend:

- Energie (elektriciteit en warmte)
- Chemicaliën
- Personeel
- Onderhoud (2% van investeringskosten)
- Reststoffen
- Transport

Ook zijn extra kosten (2,5% over sub totaal) meegenomen voor overige, nog onbekende bedrijfskosten.

De volgende baten zijn meegerekend:

- Energie (biogas, groen gas, elektriciteit, warmte)
- Grondstoffen.

Met eventuele subsidiegelden voor realisatie en bedrijfvoering van de installatie is geen rekening gehouden.

De eenheidsprijzen per post staan in bijlage VII.

5.2. Mestconcept 1

5.2.1. Bouw- en investeringskosten

De onderdelen en bijbehorende kosten van mestconcept 1 die zijn meegenomen zijn weergegeven in tabel 5.1. Omdat er nog geen ontwerp is gemaakt zijn kosten voor zaken zoals verbindend leidingwerk en fundatie hierin nog niet meegenomen.

Tabel 5.1. Indicatieve bouw- en investeringskosten mestconcept 1 (+/- 50%)

Onderdeel	Omschrijving	kosten (EUR)
Thermofiel aeroob	1 tank, 1.500 m3 inhoud, met isolatie, roerwerk, luchtinblazing	500.000
Hygiënisatie	1 tank, 20 m3 inhoud	200.000
Decanteercentrifuge	2 decanteercentrifuges (18 m3/uur per stuk)	770.000
DAF-installatie	1 installatie (17 m3/uur)	110.000
Anammox	1 reactor, 750 m3 inhoud	1.220.000
zure water		140.000
geurbehandeling	nog niet meegenomen	

Onderdeel	Omschrijving	kosten (EUR)
onvolledigheid, automatisering en terreininrichting	30% van subtotaal	880.000
totaal bouwkosten		3.823.000
totaal investeringskosten		5.734.500

5.2.2. Jaarlijkse kosten en baten en kostprijs mestverwerking

In tabel 5.2 zijn zowel de totale jaarlijkse kosten en baten als de kosten en baten per ton mest die wordt verwerkt weergegeven. Deze zijn gebaseerd op de verbruiken en opbrengsten in bijlage VIII.

De kosten zijn berekend voor de standardsituatie, waarin elektriciteit en aardgas worden ingekocht van het net voor energievoorziening. Daarnaast is dezelfde berekening gemaakt waarin biogas wordt gebruikt voor dit doel. Het biogas wordt afgenomen van de rwzi Tilburg (WSDD) en verbrand in een WKK. Hiermee wordt voorzien in de warmtebehoefte van het concept. Er blijft dan nog elektriciteit over, die wordt geleverd aan het net. De kosten voor een extra WKK (investering en onderhoud) zijn in deze fase nog niet berekend. Mogelijk kan warmte teruggewonnen worden, waardoor geen of minder kosten gemaakt worden voor de inkoop van aardgas of biogas.

Tabel 5.2. Jaarlijkse kosten en baten en kostprijs mestverwerking concept 1

	kosten (EUR/jaar)	kosten (EUR/ton mest)	kosten met synergie (EUR/jaar)	kosten met synergie (EUR/ton mest)
kapitaallasten o.b.v. investeringskosten	716.000	3,8	716.000	3,8
kosten elektriciteit bij aankoop van net	117.000	0,6	-	-
kosten warmte (aardgas)	551.000	3,0	-	-
kosten biogas bij afname van WSDD	-	-	436.000	2,3
kosten PE (centrifuge)	106.000	0,6	106.000	0,6
kosten PE (DAF)	93.000	0,50	93.000	0,50
kosten H ₂ SO ₄	552.000	3,0	552.000	3,0
kosten chemicaliën totaal	751.000	4,0	751.000	4,0
kosten personeel	40.000	0,2	40.000	0,2
kosten onderhoud	115.000	0,6	115.000	0,6
kosten afvoer afvalwater ¹⁾	520.000	2,8	520.000	2,8
kosten reststoffen totaal	520.000	2,8	520.000	2,8
kosten transport aanvoer mest	558.000	3,0	558.000	3,0
kosten transport afvoer mestproduct 30%	823.000	4,4	823.000	4,4
kosten transport totaal	1.381.000	7,4	1.381.000	7,4
overige bedrijfskosten	90.000	0,5	80.000	0,4
totaal bedrijfskosten	3.565.000	19,2	3.323.000	17,9
baten elektriciteit uit biogas	-	-	482.000	2,6
baten (NH ₄) ₂ SO ₄	209.000	1,1	209.000	1,1
baten mestproduct 30%	396.000	2,1	396.000	2,1
baten grondstoffen totaal	605.000	3,3	605.000	3,3
totaal baten	605.000	3,3	1.087.000	5,8
saldo kosten en baten	3.676.000	20	2.952.000	16

1. De kosten voor het lozen van afvalwater zijn berekend volgens artikel 7.3 van de Waterwet. Er is geen T-correctie toegepast.

5.3. Mestconcept 2

5.3.1. Bouw- en investeringskosten

De onderdelen en bijbehorende kosten van mestconcept 1 die zijn meegenomen zijn weer-gegeven in tabel 5.3. Omdat er nog geen ontwerp is gemaakt zijn kosten voor zaken zoals verbindend leidingwerk en fundatie hierin nog niet meegenomen.

Tabel 5.3. Indicatieve bouw- en investeringskosten mestconcept 1 (+/- 50%)

Onderdeel	Omschrijving	kosten (EUR)
Mesofiele vergisting	totaal 13.000 m3 inhoud	2.500.000
Hygiënisatie	1 tank, 21 m3 inhoud,	200.000
decanteercentrifuge	2 decanteercentrifuges (21 m3/uur per stuk)	772.000
DAF/fijnzeef	1 installatie (19 m3/uur)	120.000
Anammox	2 reactoren, 600 m3 inhoud elk	2.530.000
onvolledigheid, automatisering en terreininrichting	30% van subtotaal	1.837.000
totaal bouwkosten		7.959.000
totaal investeringskosten		11.939.000

5.3.2. Jaarlijkse kosten en baten en kostprijs mestverwerking

In tabellen 5.4 - 5.6 zijn zowel de totale jaarlijkse kosten en baten als de kosten en baten per ton mest die wordt verwerkt weergegeven. Deze zijn gebaseerd op de verbruiken en opbrengsten in bijlage VIII. Mogelijk kan warmte teruggewonnen worden, waardoor geen of minder kosten gemaakt worden voor de inkoop van aardgas of biogas.

In concept 2 zijn de kosten en baten erg afhankelijk van de manier waarop biogas wordt ingezet. De volgende drie mogelijkheden zijn uitgewerkt: productie van elektriciteit en warmte in een WKK (tabel 5.4), directe afzet als biogas (tabel 5.5) en opwerken naar groen gas (tabel 5.6). Hierbij zijn twee berekeningen gemaakt: de eerste met inkoop van elektriciteit en aardgas van het net, de tweede met inkoop van biogas van rwzi Tilburg. In alle gevallen zijn kosten voor een extra WKK of CV-installatie nog niet meegenomen.

Voor de varianten met biogas van rwzi Tilburg geldt het volgende:

- In de optie met WKK wordt hierbij eerst het eigen biogas ingezet in de WKK. De warmte en elektriciteit uit de WKK worden ingezet voor eigen gebruik. Dit wordt aangevuld met biogas van rwzi Tilburg tot voldoende warmte beschikbaar is. Het biogas van rwzi Tilburg wordt verstoekt in een CV, omdat er voldoende elektriciteit beschikbaar is uit de WKK met het eigen biogas.
- In de optie waarin biogas direct wordt geleverd, wordt al het eigen biogas direct geleverd. Er wordt biogas van rwzi Tilburg ingekocht en verstoekt in een WKK om te voorzien in voldoende warmte en elektriciteit. Het teveel aan elektriciteit wordt geleverd aan het net.
- In de optie waarin groen gas geproduceerd wordt, wordt al het eigen biogas ingezet voor groen gas productie. Er wordt biogas van rwzi Tilburg ingekocht en verstoekt in een WKK om te voorzien in voldoende warmte en elektriciteit. Het teveel aan elektriciteit wordt geleverd aan het net.

Tabel 5.4. Jaarlijkse kosten en baten en kostprijs mestverwerking concept 2 (WKK)

	kosten (EUR/jaar)	kosten (EUR/ton mest)	kosten met synergie (EUR/jaar)	kosten met synergie (EUR/ton mest)
kapitaallasten o.b.v. investeringskosten	1.490.000	8,0	1.490.000	8,0
kosten elektriciteit bij aankoop van net	162.000	0,9	-	-
kosten warmte (aardgas)	1.492.000	8,0	-	-
kosten biogas bij afname van WSDD	-	-	336.357	1,8
kosten PE (centrifuge)	106.000	0,6	106.000	0,6
kosten PE (DAF)	91.000	0,5	91.000	0,5
kosten chemicaliën totaal	197.000	1,1	197.000	1,1
kosten personeel	40.000	0,2	40.000	0,2
kosten onderhoud	239.000	1,3	239.000	1,3
kosten afvoer afvalwater ¹⁾	640.000	3,4	640.000	3,4
kosten reststoffen totaal	640.000	3,4	640.000	3,4
kosten transport aanvoer mest	558.000	3,0	558.000	3,0
kosten transport afvoer mestproduct 30%	921.000	5,0	921.000	5,0
kosten transport totaal	1.479.000	8,0	1.479.000	8,0
overige bedrijfskosten	110.000	0,6	70.000	0,4
totaal bedrijfskosten	4.359.000	23,4	3.001.357	16,1
baten elektriciteit uit biogas	645.000	3,5	515.000	2,8
baten warmte uit biogas	290.000	1,6	-	-
baten mestproduct 30%	497.000	2,7	497.000	2,7
baten grondstoffen totaal	497.000	2,7	497.000	2,7
totaal baten	1.432.000	7,7	1.012.000	5,4
saldo kosten en baten	4.417.000	24	3.479.357	19

1. De kosten voor het lozen van afvalwater zijn berekend volgens artikel 7.3 van de Waterwet. Er is geen T-correctie toegepast.

Tabel 5.5. Jaarlijkse kosten en baten en kostprijs mestverwerking concept 2 (biogas)

	kosten (EUR/jaar)	kosten (EUR/ton mest)	kosten met synergie (EUR/jaar)	kosten met synergie (EUR/ton mest)
kapitaallasten o.b.v. investeringskosten	1.490.000	8,0	1.490.000	8,0
kosten elektriciteit bij aankoop van net	162.000	0,9	-	-
kosten warmte (aardgas)	1.492.000	8,0	-	-
kosten biogas bij afname van WSDD	-	-	1.182.000	6,4
kosten PE (centrifuge)	106.000	0,6	106.000	0,6
kosten PE (DAF)	91.000	0,5	91.000	0,5
kosten chemicaliën totaal	197.000	1,1	197.000	1,1
kosten personeel	40.000	0,2	40.000	0,2
kosten onderhoud	239.000	1,3	239.000	1,3
kosten afvoer afvalwater ¹⁾	640.000	3,4	640.000	3,4
kosten reststoffen totaal	640.000	3,4	640.000	3,4
kosten transport aanvoer mest	558.000	3,0	558.000	3,0
kosten transport afvoer mestproduct 30%	921.000	5,0	921.000	5,0

	kosten (EUR/jaar)	kosten (EUR/ton mest)	kosten met synergie (EUR/jaar)	kosten met synergie (EUR/ton mest)
kosten transport totaal	1.479.000	8,0	1.479.000	8,0
overige bedrijfskosten	110.000	0,6	90.000	0,5
totaal bedrijfskosten	4.359.000	23,4	3.867.000	20,8
baten elektriciteit uit biogas	-	-	1.429.000	7,7
baten biogas	489.000	2,6	489.000	2,6
baten mestproduct 30%	497.000	2,7	497.000	2,7
baten grondstoffen totaal	497.000	2,7	497.000	2,7
totaal baten	986.000	5,3	2.415.000	13,0
saldo kosten en baten	4.863.000	26	2.942.000	16

1. De kosten voor het lozen van afvalwater zijn berekend volgens artikel 7.3 van de Waterwet. Er is geen T-correctie toegepast.

Tabel 5.6. Jaarlijkse kosten en baten en kostprijs mestverwerking concept 2 (groen gas)

	kosten (EUR/jaar)	kosten (EUR/ton mest)	kosten met synergie (EUR/jaar)	kosten met synergie (EUR/ton mest)
kapitaallasten o.b.v. investeringskosten	1.490.000	8,0	1.490.000	8,0
kosten elektriciteit bij aankoop van net	162.000	0,9	-	-
kosten warmte (aardgas)	1.492.000	8,0	-	-
kosten biogas bij afname van WSDD	-	-	1.182.000	6,4
kosten PE (centrifuge)	106.000	0,6	106.000	0,6
kosten PE (DAF)	91.000	0,5	91.000	0,5
kosten chemicaliën totaal	197.000	1,1	197.000	1,1
kosten personeel	40.000	0,2	40.000	0,2
kosten onderhoud	239.000	1,3	239.000	1,3
kosten afvoer afvalwater ¹⁾	640.000	3,4	640.000	3,4
kosten reststoffen totaal	640.000	3,4	640.000	3,4
kosten transport aanvoer mest	558.000	3,0	558.000	3,0
kosten transport afvoer mestproduct 30%	921.000	5,0	921.000	5,0
kosten transport totaal	1.479.000	8,0	1.479.000	8,0
overige bedrijfskosten	110.000	0,6	90.000	0,5
totaal bedrijfskosten	4.359.000	23,4	3.867.000	20,8
baten elektriciteit uit biogas	-	-	1.429.000	7,7
baten groen gas	616.000	3,3	616.000	3,3
baten mestproduct 30%	497.000	2,7	497.000	2,7
baten grondstoffen totaal	497.000	2,7	497.000	2,7
totaal baten	1.113.000	6,0	2.542.000	13,7
saldo kosten en baten	4.736.000	25	2.815.000	15

1. De kosten voor het lozen van afvalwater zijn berekend volgens artikel 7.3 van de Waterwet. Er is geen T-correctie toegepast.

6. EVALUATIE

6.1. Synergieopties

Door de verwerking van slib, GFT/VGI en mest te combineren is op verschillende vlakken synergie mogelijk. Deze opties worden hier toegelicht.

6.1.1. Biogas

Op de rwzi Tilburg wordt jaarlijks 3,4 miljoen Nm³ biogas geproduceerd dat nu nog zonder bestemming is. Daarnaast wordt in mestconcept 2 nog eens 3,8 miljoen Nm³ biogas geproduceerd. Deze hoeveelheid biogas biedt verschillende synergieopties:

- Biogas kan worden ingezet om te voorzien in de energiebehoefte (elektriciteit en warmte) van een mestconcept. Hierdoor dalen de kosten voor mestverwerking. Dit is uitgewerkt in de financiële haalbaarheid;
- Biogas kan worden opgewerkt in de gasopwerking van Attero. Hier is een restcapaciteit beschikbaar van 762 Nm³/uur (6,7 miljoen Nm³/jaar). De komende jaren neemt de capaciteit toe door de afnemende hoeveelheid stortgas;
- Biogas kan worden ingezet om te voorzien in de warmtebehoefte van Attero. Op dit moment zet Attero aardgas in om het vergistingsproces te verwarmen. Dit zou ook met biogas kunnen.

6.1.2. Warmte

Op het gebied van warmte zijn de mogelijkheden tot synergie beperkt, omdat er geen restwarmte beschikbaar is. Bij de vergisting van GFT/VGI bestaat namelijk een warmtevraag en op de rwzi wordt precies voldoende warmte geproduceerd om in de eigen behoefte te kunnen voorzien. Ook beide mestconcepten hebben een warmtevraag. Wel zijn er optimalisaties mogelijk:

- Er kan voor gekozen worden om de WKK's op de rwzi op volledige capaciteit te laten draaien, ook wanneer de vraag lager is. Het teveel aan warmte kan geleverd worden aan Attero (opwarming vergisters) of aan een van de mestconcepten;
- In beide mestconcepten wordt de mest opgewarmd om deze te hygiëniseren. Door een deel van deze warmte terug te winnen met een warmtewisselaar wordt de warmtevraag verlaagd.

6.1.3. Centraatstromen

Voor verwijdering van stikstof uit de centraatstroom van de GFT/VGI-verwerking bouwt Attero past Attero zijn eigen pwzi aan. Ook op de rwzi worden installaties gebouwd voor de verwijdering van fosfaat en stikstof. Deze installaties zijn uitgelegd op de eigen stroom. Omdat het ontwerp/de bouw al in een vergevorderd stadium is, is hier geen synergie mogelijk.

Bij de verwerking van mest komt een dunne fractie vrij met hoge concentraties stikstof en fosfaat. Ook heeft deze stroom een hoog zoutgehalte. Om het anammox-proces mogelijk te maken is verdunning nodig. Hiervoor kan het effluent van de ANAMMOX-reactor van de rwzi worden gebruikt. Dit leidt tot synergie tussen de rwzi en de mestverwerking. De lozing van stikstof op de rwzi door de mestverwerking wordt verlaagd door de inzet van anammox. Tegelijkertijd neemt de hydraulische belasting van de niet extra toe door verdunning, doordat water van de rwzi wordt gebruikt.

6.1.4. Lozing via de rwzi

Een belangrijk synergievoordeel voor mestverwerking is dat de dunne fractie geloosd kan worden via de rwzi. Dit is vooral belangrijk, omdat de zoutvracht in de mest relatief hoog is. Een directe lozing op het oppervlaktewater zou daarom vanuit waterkwaliteitsoogpunt niet mogelijk zijn. Wanneer wordt geloosd via de rwzi vindt verdunning plaats, waardoor lozing wel mogelijk is.

6.2. Meerwaarde per partij

Op verschillende vlakken bestaat meerwaarde voor Attero, het waterschap en de partij die de mest gaat verwerken. Hiervan staat een overzicht in tabel 6.1.

Het afnemen van warmte biedt aan alle partijen meerwaarde, hoewel de beschikbare hoeveelheid warmte beperkt is. Als Attero warmte kan afnemen van de rwzi betekent dit dat minder aardgas hoeft te worden ingekocht. Als WSDD zijn warmte kan leveren betekent dit dat de WKK's op hun maximale capaciteit kunnen draaien, wat het meest gunstig is. De mestverwerker heeft een warmtevraag. Voor hem heeft het dus ook meerwaarde warmte te kunnen afnemen van een andere partij, mits er warmte beschikbaar is.

Het uitwisselen van biogas kan voor alle partijen meerwaarde hebben. De rwzi heeft een overschot aan biogas. Dit kan worden opgewerkt in de installatie van Attero. De opwerkingsinstallatie wordt zo beter benut, waardoor de kosten per Nm³ biogas dalen. Ook zou biogas kunnen worden ingezet voor warmtevoorziening bij Attero. In beide mestverwerkingsconcepten bestaat een warmtevraag. Het afnemen van biogas van de rwzi zou hierin kunnen voorzien. Ook zou het biogas geproduceerd in concept 2 kunnen worden opgewerkt tot groen gas in de opwerkingsinstallatie van Attero.

Het verdunnen van de dunne fractie van de mestverwerking heeft een voordeel voor WSDD en voor de mestverwerker zelf. Op de rwzi wordt namelijk een lagere stikstofvracht geloosd, waardoor de waterlijn minder belast wordt. De mestverwerker heeft de mogelijkheid de dunne fractie te lozen op de rwzi tegen lagere kosten dan zonder N-verwijdering.

Het inzetten van de rwzi als logistiek centrum voor de verwerking van andere biomassa-stromen betekent dat deskundig personeel al aanwezig is. In dit geval geldt dat zowel op de rwzi als bij Attero al deskundig personeel wordt ingezet. Ook voor de mestverwerking is 1 FTE voorzien. Door kennisuitwisseling tussen deze drie partijen kunnen processen beter verlopen. Door slimme inzet van het personeel kan worden bespaard op personeelskosten.

De rwzi als logistiek centrum voorziet in een duurzame route voor mestverwerking. Per 01-01-2014 verplicht de mestwetgeving verwerking van het mestoverschot op bedrijfsniveau. Door routes aan te bieden voor duurzame en kostenefficiënte centrale mestverwerking wordt good-housekeeping en toekomstbestendige bedrijfsvoering op veehouderijen bevordert, waarmee de potentiële nutriëntendruk op grond, grondwater en oppervlaktewater afneemt. Dit is een voordeel voor WSDD, als verantwoordelijke voor de waterkwaliteit in het gebied. Ook is (Z)LTO hiermee gebaat door aan de eigen achterban een structurele afzetroute voor mest aan te kunnen bieden waarmee de discussie over vervuillende landbouwsector wordt vermindert.

Doordat mest centraal wordt verwerkt bij de rwzi, kan de dunne fractie worden geloosd op de waterlijn van de rwzi. Hierdoor neemt de diffuse verontreiniging vanuit de landbouw af, waardoor waterkwaliteitsdoelstellingen gemakkelijker gehaald worden. Ook dit is een voordeel voor WSDD, als verantwoordelijke voor de waterkwaliteit in het gebied.

Tabel 6.1. Meerwaarde per partij

voordeel	Attero	WSDD	Mestverwerker
Afnemen warmte	X	X	X
Uitwisselen biogas	X	X	X
Verdunning deelstromen		X	X
Deskundig personeel op één locatie	X	X	X
Lagere belasting van grond		X	
Voorkomen diffuse verontreiniging		X	

6.3. Afwegingscriteria

Aan het einde van fase 1 wordt een keuze gemaakt voor een van beide mestconcepten. Vervolgens vindt in fase 2 demonstratieonderzoek plaats naar het geselecteerde concept. Om de juiste keuze te maken zijn de volgende afwegingscriteria opgesteld:

- Energie;
- N-terugwinning;
- P-terugwinning;
- Belasting van bodem en grondwater;
- Kosten.

Duurzaamheid is een belangrijke drijfveer voor de rwzi als logistiek centrum. Voor een volledig beeld van de duurzaamheid is een LCA (levenscyclusanalyse) nodig. Het uitvoeren van een LCA valt buiten de scope van dit project. Om toch inzicht te geven in duurzaamheid is besloten te kijken naar de energiecomponent. Onze ervaring uit eerdere projecten is dat deze component zwaar weegt in LCA's.

Ook de terugwinning van de grondstoffen stikstof en fosfaat draagt bij aan duurzaamheid en wordt daarom als criterium meegenomen.

Naast duurzaamheid zijn ook andere milieuaspecten van belang. Het afwegingscriterium dat hiervoor wordt gehanteerd is de belasting van bodem en grondwater door de uitstoot van nutriënten.

Om een concept haalbaar te maken dienen de kosten voor mestverwerking (EUR/ton mest) lager te zijn dan die voor andere verwerkingsroutes. Daarom zijn ook de kosten een afwegingscriterium.

6.4. Afwegen van de concepten

6.4.1. Energie

Het energiegebruik van beide concepten wordt afgewogen op basis van behoefte en productie van energie. De energiebehoefte bestaat uit warmtebehoefte en elektriciteitsbehoefte (zie hoofdstuk 4). De productie van energie bestaat in concept 1 uit een besparing op de energie nodig voor de vastlegging van stikstof. In concept 2 bestaat deze het deel van de energie-inhoud dat nuttig in te zetten is. De resultaten staan in tabel 6.2 en tabel 6.3. In beide concepten bestaat de mogelijkheid om proceswarmte terug te winnen. Dat is nog niet meegenomen in deze berekening, omdat de hoeveelheid warmte onzeker is. Uit beide tabellen blijkt dat de warmtebehoefte een groot deel uitmaakt van de totale energiebehoefte.

Warmteterugwinning kan dus een belangrijke bijdrage leveren aan de duurzaamheid van beide concepten.

Tabel 6.2. Energiegebruik en -besparing in concept 1

parameter	eenheid	waarde
totale warmtebehoefte	GJ/jaar	29.800
totale warmtebehoefte	kWh/jaar	8.277.800
totale elektriciteitsbehoefte	kWh/jaar	1.166.000
totale energiebehoefte	kWh/jaar	9.444.000
vermeden vastlegging N	kg N/jaar	397.000
bespaarde energie voor vastlegging N ¹⁾	kWh/jaar	4.080.300
totale energiebesparing	kWh/jaar	4.080.000
saldo energiegebruik	kWh/jaar	5.364.000

1. De energiebehoefte voor vastlegging van 1 kg N bedraagt 37 MJ (10,3 kWh) [ref. 11]

Tabel 6.3. Energiegebruik en -besparing in concept 2

parameter	eenheid	waarde
totale warmtebehoefte	GJ/jaar	80.700
totale warmtebehoefte	kWh/jaar	22.416.700
totale elektriciteitsbehoefte	kWh/jaar	1.624.000
totale energiebehoefte	kWh/jaar	24.041.000
energie-inhoud biogas	kWh/jaar	20.559.642
nuttig te gebruiken energie uit biogas ¹⁾	kWh/jaar	16.118.759
totale energieopbrengst uit biogas	kWh/jaar	16.119.000
saldo energiegebruik	kWh/jaar	7.922.000

1. De nuttige te gebruiken energie is bepaald op basis van een 98% efficiënt gebruik van biogas in een WKK met een elektrisch rendement van 40% en een thermisch rendement van 40%. Deze uitgangspunten komen overeen met de rest van deze studie.

6.4.2. N-terugwinning

In concept 1 wordt stikstof teruggewonnen als ammoniumsulfaat. In totaal wordt 400 ton stikstof per jaar teruggewonnen. Dit komt overeen met 2.800 ton puur $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ /jaar.

6.4.3. P-terugwinning

Op dit moment is in de concepten geen terugwinning van fosfaat meegenomen. Fosfaat kan eventueel worden teruggewonnen uit het eluaat van de DAF. In concept 1 bevat deze stroom 22 ton P/jaar. In concept 2 bevat deze stroom 27 ton P/jaar.

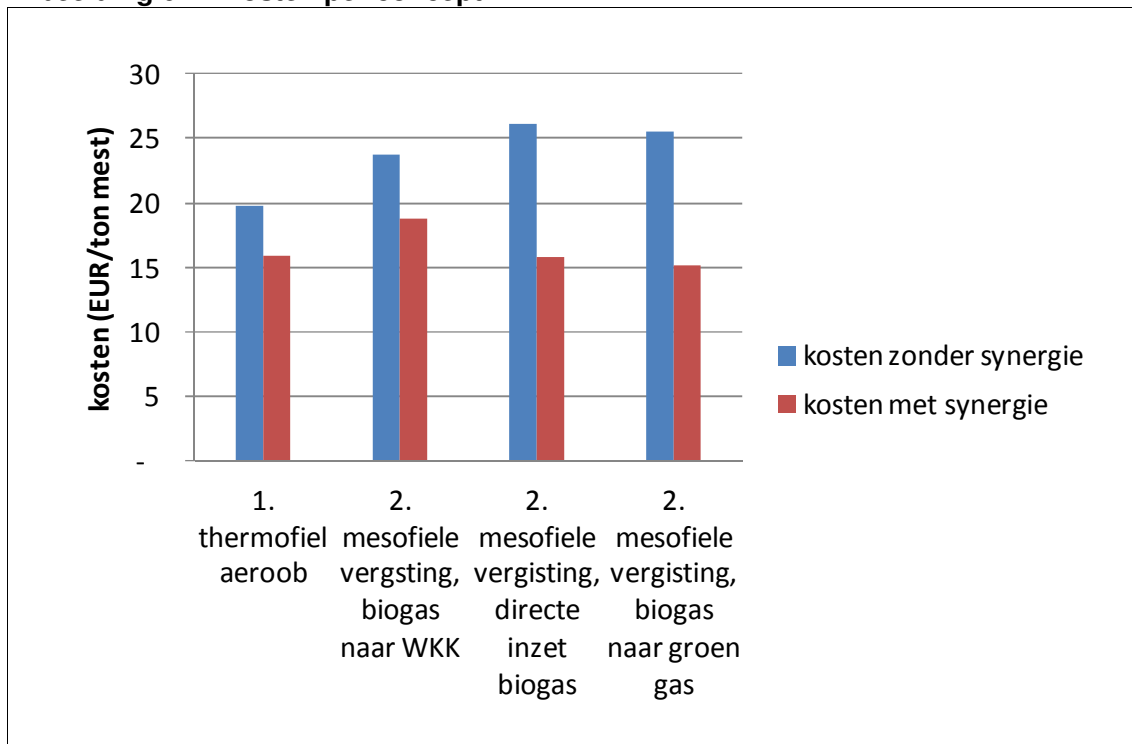
6.4.4. Belasting van bodem en grondwater

In beide mestconcepten worden de nutriënten uit mest teruggewonnen of omgezet. Omzetting vindt plaats in de installaties van het concept zelf en in de rwzi. Dit kan een verbetering opleveren ten opzichte van andere verwerkingsroutes waarin de dunne fractie geloosd wordt op het oppervlaktewater. Omdat de hoeveelheid mest die wordt verwerkt in beide concepten gelijk is, is dit aspect niet onderscheidend.

6.4.5. Kosten

De kosten voor beide mestconcepten zijn bepaald per ton mest die wordt behandeld. In concept 2 wordt hierbij onderscheid gemaakt tussen de manieren waarop biogas kan worden ingezet. De uitwerking staat in hoofdstuk 3. Afbeelding 6.1 geeft de kosten per concept grafisch weer.

Afbeelding 6.1. Kosten per concept



6.4.6. Totale afweging

In tabel 6.4 worden de concepten op alle afwegingscriteria met elkaar vergeleken.

Tabel 6.4. Afwegingstabel

Criterium	Eenheid	Concept 1	Concept 2
Saldo energiegebruik	kWh/jaar	5.364.000	7.922.000
N-terugwinning	ton (NH ₄) ₂ SO ₄ /jaar	2.800	0
P-terugwinning(potentieel)	ton P/jaar	22	27
Bodem en grondwater	-	verbetering t.o.v. huidig	verbetering t.o.v. huidig
Kosten	EUR/ton mest	16-20	15-26

6.5. Knelpunten bij het maken van een keuze

Aan het einde van fase 1 zou een keuze gemaakt worden voor een concept dat in fase 2 verder uitgewerkt zou worden. Tijdens verschillende overleggen is geprobeerd de juiste keuze te maken. Hierbij is echter een aantal knelpunten opgetreden, waardoor nog geen definitieve keuze gemaakt is.

Het eerste knelpunt is dat er niet in beide mestverwerkingsconcepten biogas geproduceerd wordt. Bij aanvang van het project was de verwachting dat biogasproductie wel in alle gevallen zou plaatsvinden. Om deze reden is ook subsidie aangevraagd en verkregen binnen de TKI gas, hoofdlijn groen gas. Gaandeweg is echter gebleken dat een concept zonder biogasproductie ook zeer interessant kan zijn. De RVO heeft in haar terugkoppeling (d.d. 11 februari 2014) aangegeven dat het vinden van een haalbaar duurzaam concept belangrijker is dan alleen het produceren van groen gas.

Het tweede knelpunt is dat er gekozen moet worden tussen terugwinning van nutriënten (concept 1) of de productie van biogas (concept 2). Het blijkt lastig beide goed tegen elkaar af te wegen.

Het derde knelpunt is dat een deel van de genoemde synergiemogelijkheden ook interessant is voor alleen GFT/VGI verwerking en slibverwerking, zonder dat hieraan mestverwerking wordt toegevoegd. De keuze voor een van de twee mestverwerkingsconcepten is hierdoor minder interessant.

Ten slotte moet er een afweging gemaakt worden tussen een nieuw en innovatief concept en een concept met bestaande technologie. Een innovatief concept biedt kansen om nieuwe, betere, routes te vinden, maar brengt ook het risico op falen met zich mee. De inzet van bestaande technologie is minder risicovol, maar zal ook geen grote doorbraak betekenen.

7. CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN

7.1. Conclusie

In fase 1 van de rwzi als logistiek centrum zijn twee synergieconcepten uitgewerkt voor mestverwerking op een rwzi met gezamenlijk gebruik van utiliteiten. In concept 1 is thermofiele aerobe mestbehandeling de belangrijkste verwerkingsstap, terwijl in concept 2 de mest mesofiel vergist wordt.

Beide concepten zijn technisch haalbaar, hoewel er nog enkele zaken verdere uitwerking verdienen. Hiervoor is onderzoek op pilotschaal nodig. Ook financieel zijn beide concepten haalbaar, omdat de kosten per ton verwerkte mest in de zelfde orde van de grootte zijn als bij andere mestverwerkingsconcepten.

7.2. Aanbevelingen

In fase 2 wordt een van beide concepten verder uitgewerkt door een ontwerp voor een demonstratie-installatie te maken. Eerst moet echter besloten worden of de concepten genoeg potentie hebben om fase 2 in te gaan. Ook moet gekozen worden voor één van beide concepten voor verdere uitwerking.

Hoe fase 2 wordt vormgegeven is deels afhankelijk van het concept waarvoor wordt gekozen. Concept 1 is immers innovatiever dan concept 2, waardoor dit concept ook meer onzekerheden met zich meebrengt. Wanneer de keuze valt op concept 1 is een pilotonderzoek als tussenstap aan te bevelen. Hierbij kunnen belangrijke procesparameters worden vastgesteld.

Voor beide concepten geldt dat het anammoxproces en de hiervoor benodigde voorbehandeling een belangrijk aandachtspunt zijn in fase 2.

8. REFERENTIES

1. LNV-loket op <http://www.hetInvloket.nl/onderwerpen/mest/dossiers/dossier/wijzigingen-mestbeleid-vanaf-2014/mestverwerkingsplicht>, laatste bezoek 23 januari 2014
2. Basisverordening (EG) nr. 1069/2009
3. Uitvoeringsverordening (EG) nr. 142/2011
4. Hoeksma, P., F.E. de Buissonjé, P.A.I. Ehlert, J. Horrevorts (2011) Mineralenconcentraten uit dierlijke mest, monitoring in het kader van de pilot mineralenconcentraten, Livestock research Wageningen UR
5. Lemmens, B., J. Ceulemans, H. Elslander, S. Vanassche, E. Brauns en K. Vrancken (2007) Beste beschikbare Technieken (BBT) voor mestverwerking, Gent, Academia Press
6. Schröder, j., , F. de Buissonjé, G. Kasper, N. Verdoes, K. Verloop (2009) Mestscheiding: relaties tussen techniek, kosten, milieu en landbouwkundige waarde, PRI Wageningen
7. Melse, R.W., F. E. de Buissonjé, N. Verdoes, H.C. Willers (2004) Quick-scan be- en verwerkingstechnieken voor dierlijke mest, ASG Wageningen UR
8. Fact sheet GEA Westfalia Separator
9. Smit, A., W. Rulkens, J.P.M. Sanders, N. Verdoes, Y. Teng en D. Brunt (2012) Verwerking van digestaat van mestvergisting, Alterra, Wageningen
10. Molinuevo, B., M. Cruz García, D. Karakashev, I. Angelidaki, Anammox for ammonia removal from pig manure effluents: effect of organic matter content on process performance, Bioresource Technology (2008) vol. 100, 2171-2175, doi:10.1016/j.biortech.2008.10.038
11. Maurer, M., P. Schwegler, T.A. Larsen, Nutrients in urine: energetic aspects of removal and recovery, Water Science and Technology (2003), vol. 48, 37-46.

BIJLAGE I PROCESSCHEMA'S

BIJLAGE II INSTALLATIES GFT/VGI EN SLIB

Tabel II.1. Procesonderdelen GFT/VGI verwerking

procesonderdeel	eenheid	waarde	opmerkingen
voorbewerking GFT			
proces	-	verkleinen, sterrenzeef, verdelen stromen (vergisting/compostering)	
in: volume	m3/jaar	61.000	opgave Attero
in: ds%	%	42	berekende waarde
in: tonds	ton/jaar	25.750	opgave Attero
warmtevraag	GJ/jaar	0	
vergister GFT			
proces	-	vergisten deel van GFT	
in: volume	m3/jaar	46.000	opgave Attero
in: ds%	%	40	opgave Attero
in: tonds	ton/jaar	18.400	berekende waarde
			bepaald met Witteveen+Bos
warmtevraag	GJ/jaar	11.500	warmte- en energiemodel (WEM)
volume reactor	m3	3000	bruto (2 reactoren van 1500 m3),
temperatuur	°C	55	opgave Attero
ontwatering GFT			
proces	-	ontwateren uitgegist GFT	
in: volume	m3/jaar	41.311	berekende waarde
in: ds%	%	33	berekende waarde
in: tonds	ton/jaar	13.711	berekende waarde
warmtevraag	GJ/jaar	0	
compostering			
proces	-	compostering ontwaterd materiaal GFT/VGI vergister	
in: volume	m3/jaar	43.876	berekende waarde
in: ds%	%	50	berekende waarde
in: tonds	ton/jaar	21.788	berekende waarde
			voldoende warmte uit afbraak or- ganische stof
warmtevraag	GJ/jaar	0	
opwerking compost			
proces	-	zeven	
in: volume	m3/jaar	35.131	berekende waarde
in: ds%	%	43	berekende waarde
in: tonds	ton/jaar	15.252	berekende waarde
warmtevraag	GJ/jaar	0	
opslag VGI			
proces	-	opslag in 4 tanks	
in: volume	m3/jaar	24.000	opgave Attero
in: ds%	%	12	opgave Attero
in: tonds	ton/jaar	2.880	berekende waarde
warmtevraag	GJ/jaar	0	
vergister VGI			
proces	-	vergisten VGI	
in: volume	m3/jaar	24.000	opgave Attero
in: ds%	%	12	opgave Attero
in: tonds	ton/jaar	2.880	berekende waarde
warmtevraag	GJ/jaar	2.700	uitkomst WEM model
volume reactor	m3	2.279	bruto
temperatuur	°C	37	opgave Attero

procesonderdeel	eenheid	waarde	opmerkingen
navergister			
proces	-	navergisten vergist VGI en waterfase vergist GFT	
in: volume	m3/jaar	35.603	berekende waarde
in: ds%	%	2,43	berekende waarde
in: tonds	ton/jaar	864	berekende waarde
warmtevraag	GJ/jaar	637	uitkomst WEM model
volume reactor	m3	2.714	bruto
temperatuur	°C	37	opgave Attero
ontwatering VGI			
proces	-	ontwatering uitgegist materiaal navergister	
in: volume	m3/jaar	66.850	berekende waarde
in: ds%	%	1,18	berekende waarde
in: tonds	ton/jaar	788	berekende waarde
warmtevraag	GJ/jaar	0	
PWZI			
proces	-	biologische zuivering (DEMON) van rejec-tiewater vergisting en externe waterige stromen	
in: volume	m3/jaar	177.857	berekende waarde
in: ds%	%	0,007	berekende waarde
in: tonds	ton/jaar	12	berekende waarde
			berekend op basis van 120 kW warmtevraag (opgave Attero)
warmtevraag	GJ/jaar	1.866	gedurende 6 maanden

Tabel II.2. Procesonderdelen slibverwerking rwzi Tilburg

procesonderdeel	eenheid	waarde	opmerkingen
gravitaire indikking			
proces	-	gravitaire indikking primair slib	
in: volume	m3/jaar	289.219	opgave WsDD
in: ds%	%	1	berekende waarde
in: tonds	ton/jaar	3.969	opgave WsDD
bandindikkers			
proces	-	indikking secundair slib Tilburg	
in: volume	m3/jaar	681.058	opgave WsDD
in: ds%	%	0,40	berekende waarde
in: tonds	ton/jaar	2.742	opgave WsDD
ontvangstbuffer 5-6% ds			
proces	-	ontvangst/opslag secundair slib	
in: volume	m3/jaar	33.197	opgave WsDD
in: ds%	%	5	berekende waarde
in: tonds	ton/jaar	1.663	opgave WsDD
ontvangstbuffer 25-32%			
proces	-	ontvangst/opslag ingedikt slib SVI Mierlo	
in: volume	m3/jaar	69.933	opgave WsDD
in: ds%	%	24	berekende waarde
in: tonds	ton/jaar	16.515	opgave WsDD
centrifuges voorontwatering			

procesonderdeel	eenheid	waarde	opmerkingen
proces	-	voorontwatering secundair slib	
in: volume	m3/jaar	86.820	opgave WsDD
in: ds%	%	4,75	berekende waarde
in: tonds	ton/jaar	4.122	opgave WsDD
CAMBI			
		thermische drukhydrolyse als voorbehandeling	
proces	-	slib	
in: volume	m3/jaar	232.279	
			waarde nog te bevesti-
in: ds%	%	10	gen door WsDD
in: tonds	ton/jaar	24.251	
vergister slib			
proces	-	vergisten primair en secundair slib	
in: volume	m3/jaar	313.577	
			waarde nog te bevesti-
in: ds%	%		gen door WsDD
in: tonds	ton/jaar		
centrifuges/zeefbandpersen			
proces	-	na-ontwatering vergist slib	
in: volume	m3/jaar	313.577	berekende waarde
in: ds%	%	4,4	berekende waarde
in: tonds	ton/jaar	13.903	berekende waarde
anammox			
		verwijdering stikstof uit rejectiewater met	
proces	-	anammox-proces	
in: volume	m3/jaar	287.255	berekende waarde
in: ds%	%	0,16	berekende waarde
in: tonds	ton/jaar	456	berekende waarde
phospaq			
proces	-	verwijdering fosfaat uit rejectiewater	
in: volume	m3/jaar	287.255	berekende waarde
in: ds%	%	0	berekende waarde
in: tonds	ton/jaar	456	berekende waarde

BIJLAGE III TOELICHTING MESTSTROOM

Bepaling hoeveelheid en samenstelling meststroom

De hoeveelheid beschikbare mest om te verwerken is bepaald als het overschot uit Tilburg en omliggende gemeentes bepaald. Dit zijn de gemeentes Tilburg, Loon op Zand, Dongen, Waalwijk, Haaren, Oisterwijk, Hilvarenbeek, Goirle en Gilze en Rijen. Ook Heusden valt in het gedefinieerde gebied. Deze gemeente heeft echter geen mestoverschot, dus wordt de geproduceerde hoeveelheid mest niet meegenomen.

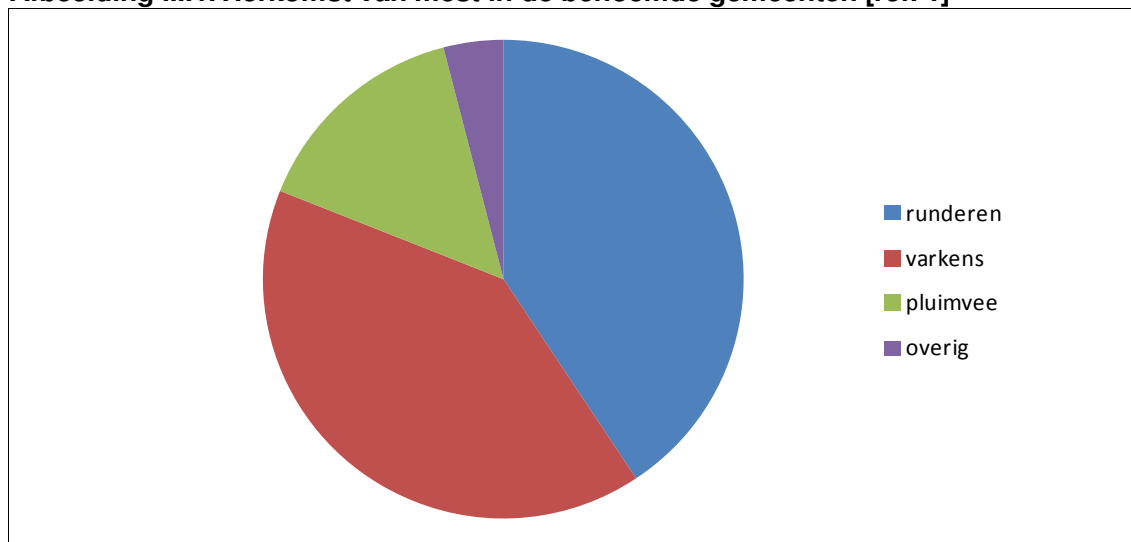
Het mestoverschot wordt bepaald op basis van de hoeveelheid fosfaat die in de mest aanwezig is en de plaatsingsruimte: de hoeveelheid fosfaat die uitgereden mag worden op het akkerland en grasland bij veehouderijen. De hoeveelheid pluimveemest wordt hierbij niet meegeteld, omdat er voor pluimveemest voldoende verwerkingscapaciteit beschikbaar is. Uitgaande van een vaste fosfaatconcentratie (4 kg P₂O₅ per ton mest) kan vervolgens het mestoverschot worden berekend. Het mestoverschot per gemeente is weergegeven in tabel III.1.

Tabel III.1. Mestoverschot per gemeente [ref. 1]

gemeente	eenheid	waarde
Tilburg	ton/jaar	13.603
Loon op Zand	ton/jaar	1.414
Dongen	ton/jaar	5.310
Waalwijk	ton/jaar	485
Heusden	ton/jaar	-
Haaren	ton/jaar	24.372
Oisterwijk	ton/jaar	33.003
Hilvarenbeek	ton/jaar	88.156
Goirle	ton/jaar	3.101
Gilze en Rijen	ton/jaar	16.964
totaal	ton/jaar	186.408

De mest in het beschouwde gebied is afkomstig van verschillende dieren. Een onderverdeling per type voor alle genoemde gemeenten tezamen is weergegeven in afbeelding III.1. Hierbij gaat het om de totale hoeveelheid mest, dus zowel het overschot als de mest die al wordt verwerkt of toegepast op akkerland en grasland.

Abbeelding III.1. Herkomst van mest in de benoemde gemeenten [ref. 1]



De samenstelling van de mest die verwerkt moet worden wordt ingeschat op basis van literatuurgegevens van het bedrijf Kumac te Deurne [ref.2]. Het betreft hier met name varkensmest. Dit is representatief voor het gebied, omdat met name varkensmest verwerkt zal moeten worden. Redenen hiervoor zijn dat voor pluimveemest voldoende verwerkingscapaciteit beschikbaar is en rundveemest meestal wordt geproduceerd op bedrijven met eigen grond waarop de mest kan worden uitgereden. De samenstelling van mest is weergegeven in tabel III.2.

Tabel III.2.Hoeveelheid en samenstelling mest

naam	eenheid	waarde
herkomst	-	10 gemeenten
debiet	m3/jaar	186408
ds-gehalte	%	7,7
ods-gehalte (van ds)	%	72
concentratie CZV	mg/l	-
concentratie N-Kj	mg/l	-
concentratie NH4	mg/l	4210
concentratie N-tot	mg/l	6330
concentratie P-totaal	mg/l	1660
concentratie chloride	mg/l	1440
concentratie sulfaat	mg/l	4310
concentratie zware metalen*	mg/l	151
vracht drogestof	ton/jaar	14428
vracht ods	ton/jaar	10402
vracht CZV	ton/jaar	-
vracht N-Kj	ton/jaar	-
vracht NH4	ton/jaar	783
vracht N-tot	ton/jaar	1174
vracht P-totaal	ton/jaar	309
vracht chloride	ton/jaar	268

naam	eenheid	waarde
vracht sulfaat	ton/jaar	803
vracht zware metalen*	ton/jaar	28

* cadmium, kobalt, chroom, koper, mangaan, molybdeen, nikkel, zink

Referenties bijlage III

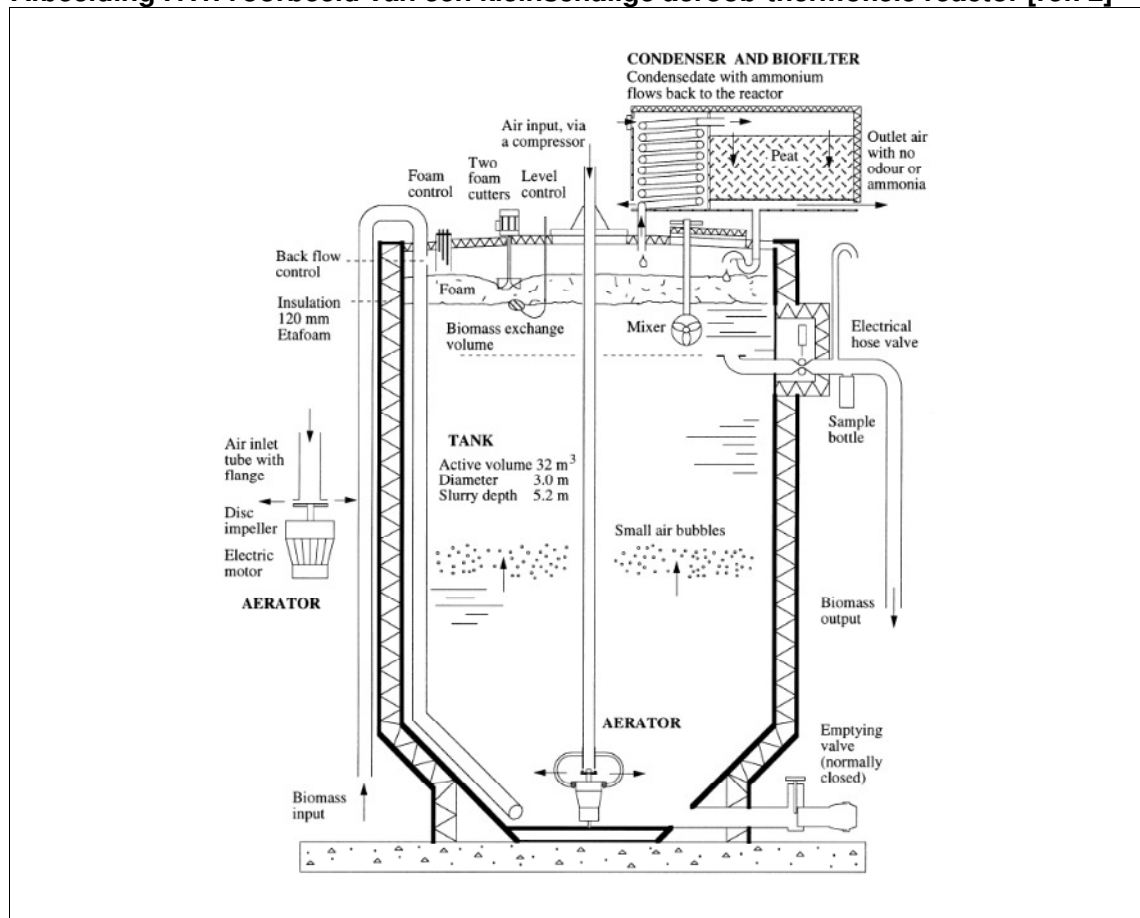
1. CBS (2013), Fosfaatoverschot op bedrijven met vee, per gemeente (via statline.cbs.nl)
2. Hoeksma, P., F.E. de Buissonjé, P.A.I. Ehlert, J. Horrevorts (2011) Mineralenconcentraten uit dierlijke mest, monitoring in het kader van de pilot mineralenconcentraten, Livestock research Wageningen UR.

BIJLAGE IV TOELICHTING THERMOFIEL AEROOB PROCES

Mest kan thermofiel aerobisch worden verwerkt door toevoeging van zuurstof. Dit proces wordt toegepast voor slibverwerking onder de naam autothermal thermophilic aerobic digestion (ATAD) [ref. 1].

In een thermofiel aerobe reactor (afbeelding iv.1) zorgen de aanwezigheid van zuurstof en organische stof en voldoende menging voor een microbiologisch proces waarbij de organische stof wordt geoxideerd. Hierbij komt warmte vrij, waardoor de temperatuur toeneemt. Door de verhoogde temperatuur vindt geen nitrificatie plaats. Wel worden eiwitten afgebroken, waardoor de concentratie ammonium in de reactor toeneemt. Ook is er bij hogere temperatuur minder kooldioxide in oplossing. Door beide effecten neemt de pH in de reactor toe (tot pH 8-9). Bij hoge pH is het meeste ammonium aanwezig als ammoniak. Door de luchtstroom wordt ammoniak gestript uit de waterfase en als gas uit de reactor gevoerd.

Afbeelding IV.1. Voorbeeld van een kleinschalige aerobisch-thermofiele reactor [ref. 2]



Verschillende onderzoekers hebben de thermofiele aerobe behandeling van mest onderzocht. Tussen hun onderzoeken zijn grote verschillen, zowel in de configuratie van de installatie als in de behaalde resultaten. In Tabel IV.1 staat hiervan een overzicht. Op basis van de genoemde artikelen zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Continu systeem
- Verblijftijd 3 dagen
- Afname volume door verdamping: 10%
- Afbraak organische drogestof: 50%
- N-totaal-N-verwijdering: 50%
- P-totaal-P verwijdering: 20%.

Daarnaast is een luchtdebiet van 10% van het reactorvolume per minuut gebruikt.

Referenties bijlage IV

1. Wastewater engineering: treatment and resource recovery / Metcalf & Eddy Inc., revised by G. Tchobanglous, F.L. Butron, R. Tsuchihashi and H.D. Stensel - Boston: McGraw-Hill, 2014. 5th edition.
2. O.J. Skjelhaugen, Thermophilic aerobic reactor for processing organic liquid wastes, Water research (1998), volume 33, no. 7, p 1593-1602.

Tabel IV.1. Lijst van publicaties over thermofiel aerobe mestbehandeling.

Titel	Auteurs	jaar	tijdschrift	type systeem: continu (C) / batch (B)	verblijftijd	N-verwijdering (verblijftijd in uren)	CZV/BZV verwijdering (verblijftijd)	pH	temperatuur (°C)
Microbiological aspects of aerobic thermophilic treatment of swine waste	R. Beaudet, C. Gagnon, J.G. Bisailon, M. Ishaque	1990	Applied and environmental microbiology	B	-	100% van NH3 (72 uur)	70%-80% van CZV (48 uur)	9,2-9,5	55 (optimaal)
Thermophilic aerobic treatment of pig slurry	M.J. Ginnivan, J.L. Woods, J.R. O'Callaghan	1981	Journal of Agricultural Engineering Research	continu	1-10 dagen	onbekend	70% BZV (2-3 dagen)		55
Aerob-thermofiele Güllebehandlung	J. Hahne, F. Schuchardt	1997	Gas- und Wasserfach. Wasser, Abwasser	onbekend	onbekend	48% van N-totaal	78% van BZV5	9,6	70
Untersuchungen zu den stofflichen Umsetzungen bei der aerob-thermophilen Belüftung und Einsatz des Verfahrens zur Nährstoffabtrennung aus Schweinegülle	J. Hahne	2002	proefschrift Universiteit Braunschweig	batch en quasi-continu	1-5 dagen	55%-86% (100 uur)	max 42% (CZV), max 90% (BZV) (100 uur batch), 25-35% (CZV) en 70-85% (BZV5) (quasi-continu)	8,6-10,2 (afhankelijk van beluchting)	48-73
Review of the use of aerobic thermophilic bioprocesses for the treatment of swine waste	P. Juteau	2006	Livestock Science	review, geen eigen data	review, geen eigen data	review, geen eigen data	review, geen eigen data	review, geen eigen data	max 75
Swine waste treatment by self-heating aerobic thermophilic bioreactors	P. Juteau, D. Tremblay, C-B Ould-Moulaye, J-G Bisailon, R. Beaudet	2003	Water Research	batch (SBR)	6 dagen	5-52% (144 uur)	BZV 98%	8,4-8,7	50 (optimaal), 80 (maximaal)
Pig slurry treatment by a hybrid multi-stage unit system consisting of an ATAD and an EGSB followed by a SBR reactor	Y.S. Lee, G.B. Han	2012	iosystems Engineering	batch	3 dagen	Ntot: 23%, NH4-N 15%	COD: 42%	7,8-8,7	55

Titel	Auteurs	jaar	tijdschrift	type systeem: continu (C) / batch (B)	verblijftijd	N-verwijdering (verblijftijd in uren)	CZV/BZV verwijdering (verblijftijd)	pH	temperatuur (°C)
Aerobic thermophilic treatment of farm slurry and food wastes	M. Mohaibes, H. Heinonen-Tanski	2004	Bioresource Technology						
Thermophilic aerobic reactor for processing organic liquid wastes	O.J. Skjelhaugen	1998	Water Research	continu	4-6 dagen	geen (aangepast ontwerp)	minimaal (aangepast ontwerp)	7,5-8,0	50-60

BIJLAGE V MESTCONCEPT 1

In Tabel V.1 is de thermofiele aerobe reactor uitgewerkt. Dit is een continue reactor die wordt belucht voor oxidatie van organische stof. Hierbij komt warmte vrij die nodig is om het proces op de juiste temperatuur te houden. De geproduceerde hoeveelheid warmte is groter dan nodig is om een temperatuur van circa 60 graden te behouden. Vooral nog wordt echter niet uitgegaan van warmteproductie en levering aan andere processen, omdat de verliezen naar de omgeving en door luchtinblazing (en dus uitlaat) onvoldoende in beeld zijn. Bij afbraak van organische stof komt gebonden stikstof vrij. Ook is er ammoniak aanwezig in mest. Door de hoge temperatuur wordt CO₂ uit de mest gestript, waardoor de pH toeneemt. Bij hoge pH en temperatuur wordt ook ammoniak gestript en afgevoerd met de ingeblazen lucht.

Tabel V.1. Thermofiele aerobe reactor

parameter	eenheid	waarde	opmerkingen/toelichting
proces	-	thermofiele aerobe behandeling van mest	
			totaal mestoverschot Tilburg en omliggende gemeentes (aangeleverd door ZLTO)
in: volume	m ³ /jaar	186.00	
in: ds%	%	7,7	literatuurwaarde [ref 1]
in: tonds	ton/jaar	14.000	berekende waarde
verblijftijd	dagen	3	aanname op basis van literatuur, zie bijlage...
reactorvolume	m ³	1.500	nettowaarde (berekend)
afname volume	%	10	aanname op basis van literatuur
afbraak organische stof	%	50	aanname op basis van literatuur
luchtdebiet per minuut	% reactorvolume	10%	aanname op basis van literatuur
debiet lucht	Nm ³ /uur	9.200	berekende waarde
			berekende waarde voor pompvermogen, menging en beluchting
elektriciteitsvraag	kWh/jaar	80.000	
warmtevraag	GJ/jaar	0	zelfverwarmend proces

Om een mestproduct in het buitenland te kunnen afzetten moet kunnen worden aangetoond dat het gehygiëniseerd is. Dit houdt in dat het minimaal 60 minuten lang verwarmd is tot 70 °C [ref. 2, 3]. Tijdens de thermofiele aerobe behandeling van mest neemt de temperatuur toe tot circa 60 °C. Bij hogere temperaturen wordt het biologische proces geremd. Tijdens deze behandeling wordt hygiënisatie niet bereikt. Daarom is voor hygiënisatie een extra reactor meegenomen (Tabel V.2). Vanwege de korte verblijftijd is de omvang van deze reactor beperkt. Ook de benodigde energie voor opwarmen is beperkt, omdat de mest al een temperatuur van 60 °C bereikt in de thermofiel aerobe reactor.

Tabel V.2. Hygiënisatie

parameter	eenheid	waarde	opmerkingen/toelichting
proces	-	pasteurisatie behandelde mest minimaal 1 uur, 70 graden	
in: volume	m ³ /jaar	168.000	berekende waarde
in: ds%	%	6	berekende waarde
in: tonds	ton/jaar	9.200	berekende waarde
volume reactor	m ³	19	berekende waarde
elektriciteitsvraag	kWh/jaar	980	berekende waarde (pompenergie)
warmtevraag	GJ/jaar	7.800	berekende waarde

De gebruikte lucht uit de thermofiel aerobe reactor wordt door een zure wasser geleid om ammoniak terug te winnen (Tabel V.3). In de zure wasser wordt ammoniak uit de lucht verwijderd met zwavelzuur. Mogelijk is hierna ook geurbehandeling (Tabel V.4) nodig.

Tabel V.3. Zure wasser

parameter	eenheid	waarde	opmerkingen/toelichting
proces	-	scrubben ammoniak met zwavelzuur	
in: volume (lucht)	m ³ /jaar	9.200	berekende waarde
puur H ₂ SO ₄ nodig	ton/jaar	2.100	berekende waarde
			berekende waarde op basis van
elektriciteitsvraag	kWh/jaar	28.200	0,2-0,5 kWh per 1000 Nm ³
warmtevraag	GJ/jaar	0	

Tabel V.4. Geurbehandeling (noodzaak te bepalen)

parameter	eenheid	waarde	opmerkingen/toelichting
proces	-	indien nodig verwijdering geur	
in: volume	m ³ /jaar	9.200	berekende waarde
elektriciteitsvraag	kWh/jaar	1.300	nog te bepalen
warmtevraag	GJ/jaar	0	

De behandelde mest wordt gescheiden in een dikke en een dunne fractie in een decanteercentrifuge (Tabel V.5). De dikke fractie is een mestproduct dat het eindproduct is van de verwerking. De dunne fractie wordt verder behandeld alvorens lozing op rwzi Tilburg mogelijk is. In een DAF-installatie (of fijnzeef), Tabel V.6, worden kleine deeltjes verwijderd, wat nodig is voor een goede werking van het daarop volgende Anammox-proces (in DE-MON of ANAMMOX-reactor) (Tabel V.7). De afgescheiden dikke fractie in de DAF of fijnzeef wordt teruggevoerd naar de decanteercentrifuge. Voor een goede deeltjesverwijdering in de centrifuge en DAF-installaties wordt PE gedoseerd. Het is mogelijk hier ook een metaalzoutdosering toe te voegen, om er zeker van te zijn dat alle fosfaat wordt vastgelegd in de dikke fractie.

Voor behandeling met het anammox-proces moet de dunne fractie worden verdund. Verdunning vindt plaats tot een stikstofconcentratie van maximaal 2.000 mg/l N-totaal. Op basis hiervan is het vereiste reactorvolume bepaald. Vervolgens is gecontroleerd of de verblijftijd voldoende kort was. Indien nodig is extra verdunning toegepast.

Tabel V.5. Decanteercentrifuge

parameter	eenheid	waarde	opmerkingen/toelichting
proces	-	ontwatering behandelde mest	
in: volume	m ³ /jaar	234.000	berekende waarde
in: ds%	%	6	berekende waarde
in: tonds	ton/jaar	9.200	berekende waarde
			berekende waarde, inclusief randapparatuur (menger, opvoerpompen, transportbanden).
elektriciteitsvraag	kWh/jaar	935.000	
warmtevraag	GJ/jaar	0	

Tabel V.6. DAF-installatie

parameter	eenheid	waarde	opmerkingen/toelichting
proces	-	verwijdering zwevende stof uit re-jectiewater	

parameter	eenheid	waarde	opmerkingen/toelichting
in: volume	m3/jaar	204.000	berekende waarde
in: volume	m3/uur	23	berekende waarde
in: ds%	%	2	berekende waarde
in: tonds	ton/jaar	4.100	berekende waarde
elektriciteitsvraag	kWh/jaar	75.400	berekende waarde
warmtevraag	GJ/jaar	0	

Tabel V.7. DEMON/ANAMMOX-reactor

parameter	eenheid	waarde	opmerkingen/toelichting
		verwijdering stikstof uit rejectiewater met anam-	
proces	-	mox-proces	
in: volume	m3/jaar	338.000	berekende waarde
in: ds%	%	-	berekende waarde
in: tonds	ton/jaar	-	berekende waarde
elektriciteitsvraag	kWh/jaar	26.400	berekende waarde
warmtevraag	GJ/jaar	22.000	berekende waarde
volume reactor	m3	750	berekende waarde
temperatuur	°C	35	

Referenties bijlage V

1. Hoeksma, P., F.E. de Buissonjé, P.A.I. Ehlert, J. Horrevorts (2011) Mineralenconcentratoren uit dierlijke mest, monitoring in het kader van de pilot mineralenconcentratoren, Livestock research Wageningen UR
2. Basisverordening (EG) nr. 1069/2009
3. Uitvoeringsverordening (EG) nr. 142/2011

BIJLAGE VI MESTCONCEPT 2

In de mesofiele vergister wordt mest vergist (Tabel VI.1), waarbij een deel van de organische stof wordt omgezet in biogas. Om dit proces goed te laten verlopen is verwarming nodig.

Tabel VI.1. Mesofiele vergister mest

parameter	eenheid	waarde	opmerkingen/toelichting
proces	-	mesofiel (35°C) vergisten onbehandelde mest	
in: volume	m ³ /jaar	186.000	
in: ds%	%	7,7	
in: tonds	ton/jaar	14.000	
elektriciteitsvraag	kWh/jaar	561.000	
warmtevraag	GJ/jaar	18.200	
volume reactor	m ³	12.800	verblijftijd 40 dagen

Om een mestproduct in het buitenland te kunnen afzetten moet kunnen worden aangetoond dat het gehygiëniseerd is. Dit houdt in dat het minimaal 60 minuten lang verwarmd is tot 70°C. Daarom is voor hygiënisatie een reactor meegenomen (Tabel VI.2).

Tabel VI.2. Hygiënisatie

parameter	eenheid	waarde	opmerkingen/toelichting
proces	-	pasteurisatie behandelde mest minimaal 1 uur, 70 graden	
in: volume	m ³ /jaar	182.000	
in: ds%	%	5,6	
in: tonds	ton/jaar	10.000	
elektriciteitsvraag	kWh/jaar	1000	
warmtevraag	GJ/jaar	26.900	
volume reactor	m ³	21	

De behandelde mest wordt gescheiden in een dikke en een dunne fractie in een decanteercentrifuge (Tabel VI.3). De dikke fractie is een mestproduct dat het eindproduct is van de verwerking. Optioneel kan gekozen worden voor compostering (Tabel VI.4) of droging (Tabel VI.5), waarbij een eindproduct met een hoger drogestofgehalte wordt bereikt. Een eerste berekening laat zien dat na vergisting nog voldoende organische stof aanwezig is voor compostering. Wanneer gekozen wordt voor droging ontstaat een extra warmtevraag.

Tabel VI.3. Decanteercentrifuge

parameter	eenheid	waarde	opmerkingen/toelichting
proces	-	ontwatering digestaat	
in: volume	m ³ /jaar	234.000	
in: ds%	%	5,9	
in: tonds	ton/jaar	14.000	
elektriciteitsvraag	kWh/jaar	936.000	
warmtevraag	GJ/jaar	0	

Tabel VI.4. Optioneel: compostering

parameter	eenheid	waarde	opmerkingen/toelichting
proces	-	composteren dikke fractie digestaat	
in: volume	m ³ /jaar	33.000	

parameter	eenheid	waarde	opmerkingen/toelichting
in: ds%	%	30	te bepalen
in: tonds	ton/jaar	10.000	
elektriciteitsvraag	kWh/jaar		
warmtevraag	kWh/jaar	0	
analyse warmtebehoefte			
productie warmte	kJ/uur	5.486.600	op basis van organische stof afgebroken productie > behoefte, dus composteren in principe mogelijk
warmte nodig voor ver-			
damping	kJ/uur	2.865.000	

Tabel VI.5. Optioneel: droger

parameter	eenheid	waarde	opmerkingen/toelichting
proces	-	drogen digestaat	
in: volume	m3/jaar	33.000	
in: ds%	%	30	
in: tonds	ton/jaar	10.000	
elektriciteitsvraag	kWh/jaar		te bepalen
warmtevraag	GJ/jaar	45.000	

De dunne fractie wordt verder behandeld alvorens lozing op rwzi Tilburg mogelijk is. In een DAF-installatie (of fijnzeef) worden kleine deeltjes verwijderd (Tabel VI.6), wat nodig is voor een goede werking van de daarop volgende DEMON of ANAMMOX-reactor (Tabel VI.7). Voor het anammox-proces is verdunning nodig. Deze is op dezelfde manier bepaald als bij mestconcept 1.

Voor een goede deeltjesverwijdering in de centrifuge en DAF-installaties wordt PE gedoseerd. Het is mogelijk hier ook een metaalzoutdosering toe te voegen, om er zeker van te zijn dat alle fosfaat wordt vastgelegd in de dikke fractie.

Tabel VI.6. DAF-installatie

parameter	eenheid	waarde	opmerkingen/toelichting
			verwijdering zwevende
proces	-	stof uit rejectiewater	
in: volume	m3/jaar	201.000	
in: ds%	%	2,0	
in: tonds	ton/jaar	4.000	
elektriciteitsvraag	kWh/jaar	73.000	
warmtevraag	GJ/jaar	0	

Tabel VI.7. DEMON/ANAMMOX-reactor

parameter	eenheid	waarde	opmerkin- gen/toelichting
			verwijdering stikstof uit rejectiewater (eluaat DAF)
proces	-	met anammox-proces	
in: volume	m3/jaar	547.000	
in: ds%	%	-	
in: tonds	ton/jaar	-	
elektriciteitsvraag	kWh/jaar	73.000	
warmtevraag	GJ/jaar	35.600	
volume reactor	m3	1.500	

BIJLAGE VII FINANCIËLE UITGANGSPUNTEN

Opbouw staartkostenfactor

De investeringskosten worden berekend door de bouwkosten te vermenigvuldigen met de staartkostenfactor. Hierin zijn opgenomen:

- Algemene kosten (5%);
- Financieringskosten en prijsstijgingen (3%);
- Inrichtingskosten (2%);
- Leges en heffingen (2%);
- CAR-verzekering (1%);
- Bouwrente (3%);
- Voorbereiding en plankosten (14%);
- Onvoorzien (20%).

De totale staartkostenfactor is hiermee 1,5.

Tabel VII.1. Uitgangspunten kapitaallasten

uitgangspunt	eenheid	waarde	toelichting
rente	%	4,25%	opgave WSDD
looptijd lening	jaar	10	
kapitaalfactor	%	12,48%	annuïtair

Tabel VII.2. Financiële uitgangspunten

parameter	eenheid	waarde	toelichting	bron
kosten				
kosten aardgas	EUR/Nm3	0,53	exclusief omzetbelasting	opgave WSDD
kosten elektriciteit	EUR kWh	0,1	exclusief omzetbelasting	opgave WSDD
FeCl3	EUR/ton Fe	1.300	exclusief omzetbelasting	opgave WSDD
PAC	EUR/ton Al	1.500	exclusief omzetbelasting	opgave WSDD
PE	EUR/ton actief PE	3,02	exclusief omzetbelasting	opgave WSDD
kosten arbeid	EUR/FTE	40.000		opgave WSDD
kosten H2SO4	EUR/ton	267	262 EUR, 98% zuiver, exclusief omzetbelasting	WUR Alternatieven voor zwavelzuur in chemische lucht-wassers
kosten per VE	EUR/VE	46,44	VE-tarief De Dommel 2013	http://www.dommel.nl/belasting-vergunning/belastingen/inwoner/tarieven
transport mest (korte afstand)	EUR/tonkm	0,2		
transport mest (lange afstand)	EUR/tonkm	0,1		
baten				
biogas	EUR/Nm3 biogas	0,13	exclusief omzetbelasting	opgave WSDD
groen gas	EUR/Nm3 gas	0,27	exclusief omzetbelasting, o.b.v. 50% van inkoopprijs	
elektriciteit	EUR/kWh	0,08	exclusief omzetbelasting	opgave WSDD
warmte	EUR/GJ	10	exclusief omzetbelasting	Eneco tarief warmte WL_G_CAP_2012
(NH4)2SO4	EUR/ton	75	o.b.v. 25-30 EUR/ton, 40% oplossing, afhalen	opgave GMB (Marc Bennenbroek)

BIJLAGE VIII VERBRUIKEN EN OPBRENGSTEN PER CONCEPT

Tabel VIII.1. Verbruiken en opbrengsten per concept

parameter	eenheid	Concept 1	Concept 1 met synergie	Concept 2: WKK	Concept 2: WKK met synergie	Concept 2: biogas	Concept 2: biogas, met synergie	Concept 2: groen gas	Concept 2: groen gas met synergie
kosten									
vraag elektriciteit	kWh/jaar	1.166.000	1.166.000	1.624.000	1.624.000	1.624.000	1.624.000	1.624.000	1.624.000
kosten elektriciteit bij aankoop van net	EUR/jaar	116.600		162.400		162.400		162.400	-
vraag warmte	GJ/jaar	29.800	29.800	80.700	80.700	80.700	80.700	80.700	80.700
rendement warmteproductie	%	90%		90%	90%	90%	90%	90%	90%
vraag warmte bruto	GJ/jaar	33.111		89.667		89.667		89.667	-
e-inhoud aardgas	MJ/Nm3	31,9		31,9		31,9		31,9	-
vraag aardgas	Nm3/jaar	1.039.204		2.814.220		2.814.220		2.814.220	-
kosten warmte (aardgas)	EUR/jaar	550.778		1.491.536		1.491.536		1.491.536	-
eigen productie elektriciteit uit biogas	kWh/jaar				8.059.380				
extra elektriciteit nodig					nee				
eigen productie warmte	GJ/jaar				29.014				
extra warmte nodig					ja				
vraag warmte netto	GJ/jaar				51.686				
vraag biogas voor elektriciteit	Nm3/jaar		472.788		geen		658.497		658.497
vraag biogas voor warmte	Nm3/jaar		3.356.461		2.587.365		9.089.476		9.089.476
kosten biogas bij afname van WSDD	EUR/jaar		436.340		336.357		1.181.632		1.181.632
dosering PE (centrifuge)	kg PE/jaar	35.064	35.064	35.093	35.093	35.093	35.093	35.093	35.093
kosten PE (centrifuge)	EUR/jaar	105.893	105.893	105.981	105.981	105.981	105.981	105.981	105.981
dosering PE (DAF)	kg PE/jaar	30.650	30.650	30.160	30.160	30.160	30.160	30.160	30.160
kosten PE (DAF)	EUR/jaar	92.563	92.563	91.083	91.083	91.083	91.083	91.083	91.083
dosering H2SO4	ton H2SO4/jaar	2.065	2.065	-	-	-	-	-	-
kosten H2SO4	EUR/jaar	552.071	552.071	-	-	-	-	-	-
kosten chemicaliën totaal	EUR/jaar	750.528	750.528	197.064	197.064	197.064	197.064	197.064	197.064
personeel benodigd	FTE	1	1	1	1	1	1	1	1

parameter	eenheid	Concept 1	Concept 1 met synergie	Concept 2: WKK	Concept 2: WKK met synergie	Concept 2: biogas	Concept 2: biogas, met synergie	Concept 2: groen gas	Concept 2: groen gas met synergie
kosten personeel	EUR/jaar	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000
kosten onderhoud	EUR/jaar	114.690	114.690	238.770	238.770	238.770	238.770	238.770	238.770
afvalwater CZV	ton CZV/jaar	85	85	137	137	137	137	137	137
afvalwater N	ton N-Kj/jaar	67	67	135	135	135	135	135	135
afvalwater TZV	kg TZV/jaar	391.190	391.190	753.950	753.950	753.950	753.950	753.950	753.950
VE uit TZV	VE	7.139	7.139	13.758	13.758	13.758	13.758	13.758	13.758
debiet mest naar afvalwater	m3/jaar	151.812	151.812	149.362	149.362	149.362	149.362	149.362	149.362
concentratie chroom, koper, lood, nikkel, zink in mest	mg/l	99	99	99	99	99	99	99	99
vrachtchroom, koper, lood, nikkel, zink afvalwater	ton/jaar	15	15	15	15	15	15	15	15
VE uit chroom, koper, lood, nikkel, zink	VE	1.503	1.503	1.503	1.503	1.503	1.503	1.503	1.503
concentratie arseen, kwik, cadmium in mest	mg/l	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
vracht arseen, kwik, cadmium in afvalwater	ton/jaar	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
VE uit arseen, kwik, cadmium	VE	15	15	15	15	15	15	15	15
vracht chloride in afvalwater	ton/jaar	225	225	220	220	220	220	220	220
VE uit chloride	VE	346	346	338	338	338	338	338	338
vracht sulfaat in afvalwater	ton/jaar	673	673	658	658	658	658	658	658
VE uit sulfaat	VE	1.035	1.035	1.012	1.012	1.012	1.012	1.012	1.012
vracht fosfaat in afvalwater	ton/jaar	23	23	31	31	31	31	31	31
VE uit fosfaat	VE	1.150	1.150	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550
totaal aantal VE	VE	11.188	11.188	13.771	13.771	13.771	13.771	13.771	13.771
kosten afvoer afvalwater	EUR/jaar	519.578	519.578	639.515	639.515	639.515	639.515	639.515	639.515
kosten reststoffen totaal	EUR/jaar	519.578	519.578	639.515	639.515	639.515	639.515	639.515	639.515
aanvoer mest	ton/jaar	186.000	186.000	186.000	186.000	186.000	186.000	186.000	186.000
aanvoer mest	tonkm/jaar	2.790.000	2.790.000	2.790.000	2.790.000	2.790.000	2.790.000	2.790.000	2.790.000
kosten transport aanvoer mest	EUR/jaar	558.000	558.000	558.000	558.000	558.000	558.000	558.000	558.000
kosten aanvoer mest (check)	EUR/ton	3,0	3	3,0	3	3	3	3	3

parameter	eenheid	Concept 1	Concept 1 met synergie	Concept 2: WKK	Concept 2: WKK met synergie	Concept 2: biogas	Concept 2: biogas, met synergie	Concept 2: groen gas	Concept 2: groen gas met synergie
afvoer mestproduct 30%	ton/jaar	20.577	20.577	23.020	23.020	23.020	23.020	23.020	23.020
afvoer mestproduct 30%	tonkm/jaar	8.230.600	8.230.600	9.208.080	9.208.080	9.208.080	9.208.080	9.208.080	9.208.080
kosten transport afvoer mestproduct 30%	EUR/jaar	823.060	823.060	920.808	920.808	920.808	920.808	920.808	920.808
kosten afvoer mestproduct 30%(check)	EUR/ton	40	40	40	40	40	40	40	40
kosten transport totaal	EUR/jaar	1.381.060	1.381.060	1.478.808	1.478.808	1.478.808	1.478.808	1.478.808	1.478.808
overige bedrijfskosten	EUR/jaar	90.000	80.000	110.000	70.000	110.000	90.000	110.000	90.000
					-		-		
baten					-		-		
productie biogas	Nm3/jaar	-		3.759.000	3.759.000	3.759.000	3.759.000	3.759.000	3.759.000
afname biogas	Nm3/jaar		3.356.461		-		9.089.476		9.089.476
									19.488.038
optie: biogas naar elektriciteit	kWh/jaar	-	7.196.326	8.059.380	8.059.380		19.488.038		
eigen gebruik elektriciteit	kWh/jaar		1.166.000	-	1.624.000		1.624.000		1.624.000
									17.864.038
elektriciteit over	kWh/jaar		6.030.326	8.059.380	6.435.380		17.864.038		
baten elektriciteit uit biogas	EUR/jaar	-	482.426	644.750	514.830		1.429.123		1.429.123
optie: biogas naar warmte	GJ/jaar	-		29.014	29.014		-		
eigen gebruik warmte	GJ/jaar			-	29.014		-		
warmte over	GJ/jaar			29.014	-		-		
baten warmte uit biogas	EUR/jaar	-		290.138	-		-		
baten biogas	EUR/jaar				-	488.670	488.670		
optie: biogas naar groen gas	Nm3/jaar	-			-		-	2.322.978	2.322.978
baten groen gas	EUR/jaar				-		-	615.589	615.589
productie warmte (aeroob)	GJ/jaar	0		-	-		-		
baten warmte	EUR/jaar	0			-		-		
(NH4)2SO4	ton/jaar	2.781	2.781	0	-	0	-	0	0

parameter	eenheid	Concept 1	Concept 1 met synergie	Concept 2: WKK	Concept 2: WKK met synergie	Concept 2: biogas	Concept 2: biogas, met synergie	Concept 2: groen gas	Concept 2: groen gas met synergie
baten (NH ₄) ₂ SO ₄	EUR/jaar	208.575	208.575	-	-	0	-	0	0
mestproduct 30%	m ³ /jaar	29.395	29.395	32.886	32.886	32.886	32.886	32.886	32.886
mestproduct 30%	ton/jaar	20.577	20.577	23.020	23.020	23.020	23.020	23.020	23.020
mestproduct 30%	ton P/jaar	173	173	217	217	217	217	217	217
mestproduct 30%	ton P ₂ O ₅ /jaar	396	396	497	497	497	497	497	497
baten mestproduct 30%	EUR/jaar	396.058	396.058	496.790	496.790	496.790	496.790	496.790	496.790
mestkorrel 80%	m ³ /jaar		-	7.230	7.230	7.230	7.230	7.230	7.230
grondstof: mestkorrel 80%	ton/jaar		-	2.531	2.531	2.531	2.531	2.531	2.531
mestkorrel 80%	ton N/jaar		-	212	212	212	212	212	212
mestkorrel 80%	ton P/jaar		-	217	217	217	217	217	217
mestkorrel 80%	ton K/jaar		-	79	79	79	79	79	79
baten mestkorrel 80%	EUR/jaar		-	1.078.800	1.078.800	1.078.800	1.078.800	1.078.800	1.078.800
baten grondstoffen totaal	EUR/jaar	604.633	604.633	496.790	496.790	496.790	496.790	496.790	496.790