

Eindrapport Greendal vergisting

De nieuwe manier van vergisting

Rapport : INN 16.004

Projectnummer: TEG0113017

Versie : V1.2

Status: Definitief

Datum: Juli 2016

Opgesteld door: Cornelissen Consulting Services B.V.
Robert Wassenaar
Dennis Kroes

Projectleider: Cornelissen Consulting Services B.V.



Colofon

Bibliotheekgegevens rapport:

Eindrapport Greendal vergisting
De nieuwe manier van vergisting

Ing. Robert Wassenaar
Ing. Dennis Kroes
Dr. Ir. René Cornelissen

Deventer, CCS B.V., 2016

Verspreiding van CCS B.V. publicaties geschiedt door:

CCS B.V.
Welle 36
7411 CC Deventer
Tel: 0570 - 667000
Fax: 0570 - 667001
E-mail: info@cocos.nl
Website: www.cocos.nl

Meer informatie over dit rapport is te verkrijgen bij
Projectleider Ing. Dennis Kroes

CCS B.V. Energie-advies

SAMENVATTING

Deze rapportage dient als eindverslag voor het project “Greendal vergisting, de nieuwe manier van vergisten” met referentienummer “TEG0113017”.

Op dit ogenblik draaien een aantal landbouwvergisters negatief. Dit komt voornamelijk door de dure biomassa die moet worden ingekocht. In dit project wordt daarom een alternatief concept ontwikkeld. Het pluimveebedrijf V.O.F. Huisman-Weis hun wil de vergister zoveel mogelijk op kippenmest laten lopen. Op deze manier loopt Greendal vergisting C.V. niet tegen het probleem van dure co-fermentaten (biomassa-input) aan. Omdat het digestaat van een co-vergister nog wordt gezien als mest is het belangrijk dat ook de afzetkant van de biogasinstallatie goed wordt afgedekt. De heer Huisman wil de dunne fractie van het digestaat gebruiken voor de productie van algen. Deze algen kan hij dan direct voeren aan zijn kippen om op deze wijze de kringloop te sluiten.

De moeilijkheid van het vergisten van grote hoeveelheden kippenmest is het hoge stikstof gehalte. Een deel van het stikstof is in minerale vorm (NH_4) aanwezig, terwijl het andere deel organisch gebonden is. Tijdens het vergisten wordt organische stof afgebroken en omgezet naar biogas. Hierdoor komt een gedeelte van het organisch gebonden stikstof vrij in de vorm van ammonium (NH_4). Dit ammonium staat in een evenwichtsreactie met ammoniak (NH_3) die afhankelijk is van de pH en de temperatuur in de vergister. De ammoniak heeft een remmende werking op de biogasproductie.

De doelstelling is het rendabel maken van biogas in de landbouw door vergisting met een groot aandeel kippenmest. Hierdoor worden de inkoopkosten van biomassa die voor conventionele gevoerde co-vergisters het zwaarst op de exploitatiekosten drukken vermeden. Daarom wordt er gebruik gemaakt van een stikstofstripper waarmee de stikstof uit de vergister kan worden gestript. Daarmee kan het aandeel pluimveemest worden vergroot. Het gestripte product is een vloeibare kunstmest, die ingezet kan worden in de landbouw.

Tijdens het project zijn verschillende onderzoeken gedaan. Er is namelijk onderzocht op welke manier maximaal de minerale stikstof gestript kan worden. Hierbij is belangrijk dat het evenwicht tussen ammonium en ammoniak zoveel mogelijk naar ammoniak verschuift. Ammoniak kan namelijk met het principe van een luchtwasser gestript worden. Het evenwicht wordt positief beïnvloed door het verhogen van de temperatuur of het aanpassen van de pH door toevoeging van kalk.

Verder is onderzocht welke waarden naast de minerale stikstof ook te hoog oplopen. Het bleek dat de concentratie kalium ook erg snel opliep. Uit een mestmonster is een kalium concentratie gemeten van 11 g/kg. Uit de literatuur blijkt dat kalium een remmend effect op de biogasproductie heeft tussen 4,5 en 8,0 g/kg. Kalium wordt voornamelijk met vleeskuikemest (18,8 kg/ton) in de vergister gevoerd. Een optie om het kaliumgehalte in de vergister te verlagen is door vleeskuikenmest te vervangen door kippenstrooiselmest. Hierin zit bijna de helft minder kalium, namelijk 11, kg/ton.

Een ander onderzoek is hoe kippen reageren op algen als veevoer. Eerst zijn er voertesten bij het pluimveebedrijf V.O.F. Huisman-Weis uitgevoerd met droge algen. De kippen bleken geen problemen te hebben met het eten van algen. Tevens veranderde er niets aan de lichamelijke conditie van de kippen en eierproductie veranderde niet. Dat was een belangrijke constatering. Wel werd de mest groener en dunner, vooral bij de concentratie van 12,5 procent. Daardoor werden de eischalen viezer, want de kippen namen de mest aan hun



poten mee de nesten in.

Het drogen van algen kost veel energie, daarom is er onderzocht of algen ook vers gevoerd zouden kunnen worden. De hennen dronken tijdens de proef vrijwillig algenwater, dus ook als ze de keus hebben. De opname van de algenoplossing had geen invloed heeft op het diergewicht, de eierproductie, het eigengewicht en de voeropname vergeleken met de controlehennen uit de grote stal.

Tijdens het project is een biogasinstallatie gebouwd op het erf van pluimveebedrijf V.O.F. Huisman-Weis. De bouw is in fases opgebouwd. Hierdoor kon de installatie al gefaseerd worden opgestart. In totaal zijn er twee vergisters gebouwd met een gezamenlijke inhoud van 8.000 m³. Daarnaast is nog een navergister geplaatst met 4.000 m³.

Parallel aan de vergister is een stikstofstripper geplaatst. De stikstofstripper onttrekt digestaat uit de vergister. Het digestaat wordt verwarmt waardoor het evenwicht in de minerale stikstof verschuift in het voordeel van het aandeel ammoniak. Ammoniak wordt vervolgens gestript uit het digestaat waarna het digestaat terug naar de vergister wordt geleid. Hiermee daalt de minerale stikstof in de vergister. De gestripte stikstof wordt afgezet als het kunstmest ammoniumsulfaat.

Het biogas wordt omgezet in elektriciteit en warmte middels twee WKK's. De eerste WKK (800 kWe) is al sinds begin 2015 in bedrijf. De tweede WKK (1560 kWe) is in juni 2016 in bedrijf genomen. De elektriciteit wordt gebruikt op het bedrijf en de rest wordt aan het elektriciteitsnet geleverd. De warmte wordt gebruikt voor de stikstofstripper, hygiëniseren van digestaat, drogen van dikke fractie, verwarming van de vergister en algenvijver.

Het digestaat wordt na de vergistingsstap verwerkt. Daarbij wordt het eerst gehygiëniseerd, gescheiden in dikke en dunne fractie. De dikke fractie wordt vervolgens gedroogd en afgevoerd. De dunne fractie wordt naar een algenvijver geleid. Algen die in de vijver groeien nemen de mineralen in de dunne fractie op. De geproduceerde algen kunnen gevoerd worden aan de kippen op het eigen bedrijf.

Deze co-vergister is een goed voorbeeld van een biogasinstallatie met een groot aandeel pluimveemest. Het aandeel kalium in de vergister dient echter nog wel verlaagd te worden. Tevens is dit project een voorbeeld hoe de kringloop van mineralen wordt gesloten door algen te kweken op de dunne fractie en als veevoer aan de kippen te geven.

INHOUDSOPGAVE

SAMENVATTING	1
1 INLEIDING	4
1.1 GEGEVENS PROJECT.....	4
1.2 PROBLEEMSTELLING	4
1.3 DOELSTELLING	5
2 WERKWIJZE	6
3 ONDERZOEK	7
3.1 MAXIMALE HOEVEELHEID STIKSTOF	7
3.1.1 <i>Stikstof</i>	7
3.1.2 <i>Maximale minerale stikstofbelasting</i>	9
3.1.3 <i>BioFlex Stikstofstripper</i>	11
3.2 RECIRCULATIE DUNNE FRACTIE	11
3.3 ALGENPRODUCTIE (WENS HUISMAN)	11
4 ONTWERP INSTALLATIE	12
5 BOUW INSTALLATIE	13
6 TESTEN INSTALLATIE	18
6.1 OPVOEREN PLUIMVEEMEST	18
6.2 MINERALEN VERGIFTIGING.....	19
6.3 ALGEN.....	22
7 PROCES OPTIMALISATIE	24
7.1 AANPASSINGEN OP ONTWERP	24
7.2 DAADWERKELIJKE REALISATIE	24
7.2.1 <i>Processchema Greendal vergisting</i>	25
7.2.2 <i>Vergisters</i>	26
7.2.3 <i>Voeden vergister</i>	26
7.2.4 <i>Loods</i>	26
7.2.5 <i>WKK's</i>	27
7.2.6 <i>Stikstofstripper</i>	27
7.2.7 <i>Hygienisatie</i>	28
7.2.8 <i>Scheider</i>	30
7.2.9 <i>Droger</i>	30
7.2.10 <i>Luchtwater</i>	30
7.3 TOEKOMST VISIE.....	30
8 CONCLUSIES	31
9 BRONNEN	32
BIJLAGEN	33
BIJLAGE 1. FLOWDIAGRAM	34
BIJLAGE 2. DUURZAME ENERGIEPRODUCTIE 2015	35
BIJLAGE 3. DUURZAAM GEPRODUCEERDE WARMTE 2016	36



1 INLEIDING

1.1 GEGEVENS PROJECT

Project nummer:	TEG0113017
Titel:	Greendal vergisting, de nieuwe manier van vergisting
Penvoerder:	Greendal vergisting C.V.
Partner(s):	Cornelissen Consulting Services B.V.
Project periode	1-10-2013 t/m 1-7-2016

1.2 PROBLEEMSTELLING

Op dit ogenblik draaien deze meeste landbouwvergisters negatief. Dit komt voornamelijk door de dure biomassa die moet worden ingekocht. Pluimveebedrijf V.O.F. Huisman-Weis is een pluimveebedrijf en wil de vergister zoveel mogelijk op kippenmest laten lopen. Op deze manier loopt Greendal vergisting C.V. niet tegen het probleem van dure co-fermentaten (biomassa-input) aan. Omdat het digestaat van een co-vergister nog wordt gezien als mest is het belangrijk dat ook de afzetkant van de biogasinstallatie goed wordt afgedekt. De heer Huisman wil de dunne fractie van het digestaat gebruiken voor de productie van algen. Deze algen kan hij dan direct voeren aan zijn kippen om op deze wijze de kringloop te sluiten. Een hoge biomassa prijs zal dan zelf het rendement van het project vergroten.

De moeilijkheid van het vergisten van grote hoeveelheden kippenmest is het hoge stikstof gehalte. Een deel van het stikstof is in minerale vorm (NH_4) aanwezig, terwijl het andere deel organisch gebonden is. Tijdens het vergisten wordt organische stof afgebroken en omgezet naar biogas. Hierdoor komt een gedeelte van het organisch gebonden stikstof vrij in de vorm van ammonium (NH_4). Dit ammonium staat in een evenwichtsreactie met ammoniak (NH_3) die afhankelijk is van de pH en de temperatuur in de vergister. De ammoniak heeft een remmende werking op de biogasproductie. Daarom wordt gebruik gemaakt van een stikstofstripper waarmee de stikstof uit de vergister kan worden gestript. Het product is een vloeibare kunstmest, die ingezet kan worden in de landbouw. Deze kunstmest is vergelijkbaar met gewone vloeibare kunstmestsoorten en heeft ook dezelfde erkenning. De dikke fractie van het digestaat zal verder gehygiëniseerd worden en gedroogd om het vervolgens te exporteren naar Duitsland. Op deze wijze wordt voldaan aan de Nederlandse mestwetgeving.

Een groot probleem voor nieuwe (co)-vergisting initiatieven is het rondkrijgen van de financiering bij banken. Dit is vooral veroorzaakt doordat de meeste banken flink hebben moeten afschrijven op de vergisters in hun portefeuilles. De risico's (inkoopprijzen biomassa, inkomsten afhankelijk van elektriciteitsmarkt en hoger dan begrote onderhoudskosten) waar de meeste MEP vergisters aan te onder gaan of zijn gegaan zijn in het plan van dhr. Huisman ondervangen door voornamelijk te vergisten op pluimveemest.



1.3 DOELSTELLING

De doelstelling is het rendabel maken van biogas in de landbouw door vergisting met een groot aandeel kippenmest. Hierdoor worden de inkoopkosten van biomassa die voor conventionele gevoerde co-vergisters het zwaarst op de exploitatiekosten drukken vermeden.

De moeilijkheid van het vergisten van grote hoeveelheden kippenmest is het hoge stikstof gehalte. Een deel van het stikstof is in minerale vorm (NH_4) aanwezig, terwijl het andere deel organisch gebonden is. Tijdens het vergisten wordt organische stof afgebroken en omgezet naar biogas. Hierdoor komt een gedeelte van het organisch gebonden stikstof vrij in de vorm van ammonium (NH_4). Dit ammonium staat in een evenwichtsreactie met ammoniak (NH_3^+) die afhankelijk is van de pH en de temperatuur in de vergister. De ammoniak heeft een remmende werking op de biogasproductie. In de literatuur (biogas praxis) wordt aangegeven dat een remmende werking kan optreden vanaf 3 g/liter NH_4^+ , maar ook geeft men aan dat grotere waarden gemeten zijn tot 5 g/liter, zonder dat een remmende werking waargenomen is. Hiervoor moeten de bacteriën voldoende tijd gehad hebben om zich te kunnen aanpassen aan de hogere NH_3^+ gehalten.



2 WERKWIJZE

De aanpak van het project is in 5 fases opgedeeld

Fase 1 Onderzoek

Het resultaat van deze fase is wat het maximale percentage kippenmest is, wat volgens de literatuur bijgevoerd kan worden en welke oplossingen er zijn om dit percentage te verkleinen. Hierbij kan gedacht worden aan technieken om bepaalde mineralen af te vangen, indien dit nodig is. Ook zal aangegeven worden op welke wijze de algen gebruikt kunnen worden als veevoer voor de kippen. Deze fase gebeurt vooral door CCS.

Fase 2 Ontwerp installatie

De installatie wordt ontworpen door CCS in samenwerking met de bouwer. De bouwer zal moeten garanderen dat in installatie werkt. Om echter het proces rendabel te maken, dient het aandeel kippenmest maximaal te zijn. Er zal echter ook gekozen worden voor andere mestsoorten, zoals de dikke fractie van rund- en varkensmest. Het nadeel hier is de lagere biogasopbrengst in relatie tot pluimveemest. Het voordeel is echter dat de mate van verzuring veel minder is.

Het resultaat is het ontwerp van de installatie. Deze fase gebeurt door zowel CCS als Huisman.

Fase 3 Bouw installatie

In deze fase wordt de installatie gebouwd. Er is nu overleg met diverse bouwers. Belangrijk is dat de bouwer garanties geeft voor het systeem. Er zal een bouwer geselecteerd worden, die de beste garanties geeft. Dit is ook belangrijk om de rest van de financiering van de installatie rond te krijgen. Het project is uiteindelijk gefinancierd door o.a. RVO, ABN-AMRO bank, mestinvesteringsfonds en Provincie Overijssel.

Het resultaat is de gebouwde installatie. Deze fase gebeurt door Huisman. CCS geeft hierbij assistentie.

Fase 4 Testen installatie

De gebouwde installatie wordt getest. Het percentage kippenmest zal verhoogd worden. Gekeken zal worden welke problemen er ontstaan bij welk percentage. Het resultaat van deze fase is het maximale percentage kippenmest waarop deze installatie maximaal kan draaien of de kippen goed reageren op de algen als veevoer.

Fase 5 Proces optimalisatie

In deze fase wordt onderzocht hoe het optimale proces eruit moet zien. De ervaringen van de demonstratie worden hier in meegenomen.

Het resultaat is de blauwdruk van een installatie, waar pluimveemest in gaat, en groene elektriciteit, veevoer, erkende kunstmest en gedroogde mestkorrels uit komen.

3 ONDERZOEK

Tijdens het project zijn op verschillende vlakken onderzoek gedaan. Ten eerste is gekeken naar de maximale pluimveemest aandeel in de substraat mix. Hierbij is de minerale stikstofbelasting de begrenzende waarde. Er verschillende manieren aangedragen om het aandeel pluimveemest te verhogen waarbij de minerale stikstof niet te hoog oploopt.

Om de vergister vloeibaar en dus roerbaar te houden, mag het droge stof percentage niet te hoog worden. Daarom wordt het digestaat gescheiden in een dunne en een dikke fractie en wordt de dunne fractie weer toegevoerd aan de vergister. Onderzocht is tot welke percentage het recirculeren van de dunne fractie kan.

Ten derde is onderzocht hoe kippen reageren op algen als onderdeel van het voer.

3.1 MAXIMALE HOEVEELHEID STIKSTOF

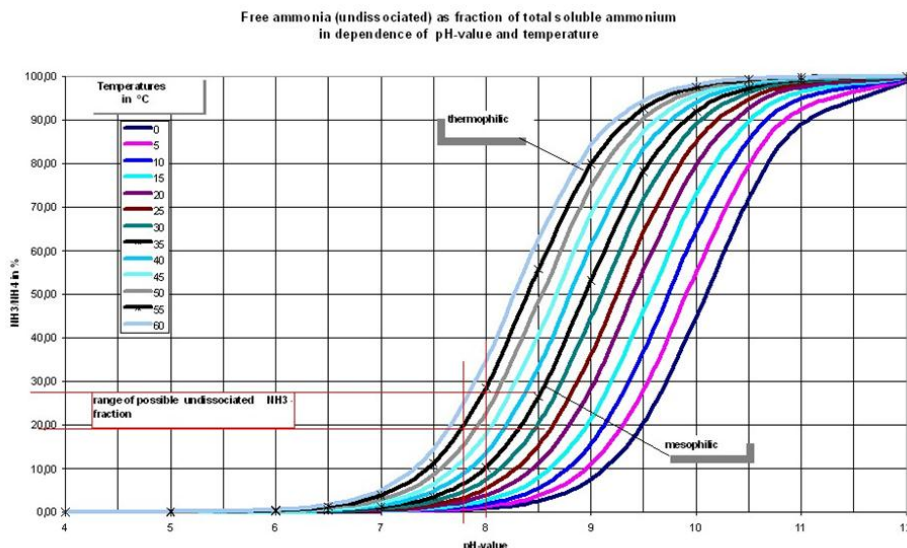
Onderzocht is wat de maximale percentage kippenmest is dat volgens de literatuur bijgevoerd kan worden in de substraatmix. Tevens is gekeken welke oplossingen er zijn om dit percentage te vergroten.

3.1.1 STIKSTOF

Stikstof komt in twee vormen voor in het substraat, namelijk; mineraal en organisch gebonden. Het minerale deel komt in verschillende vormen voor, namelijk; gasvormig (Ammoniak= NH_3) en in opgeloste vorm (Ammonium = NH_4^+). Beide zijn in evenwicht volgens onderstaande reactie:



Bij het omzetten van ammoniak naar ammonium wordt OH^- gevormd. Dit is een basische reactie. Door de gevormde OH^- ionen zal pH hierdoor wat stijgen. En andersom wanneer ammoniak wordt gevormd zal de pH dalen. Deze reactie is afhankelijk van de druk, temperatuur en de pH. In onderstaande grafiek de verhouding tussen NH_3 en NH_4^+ .

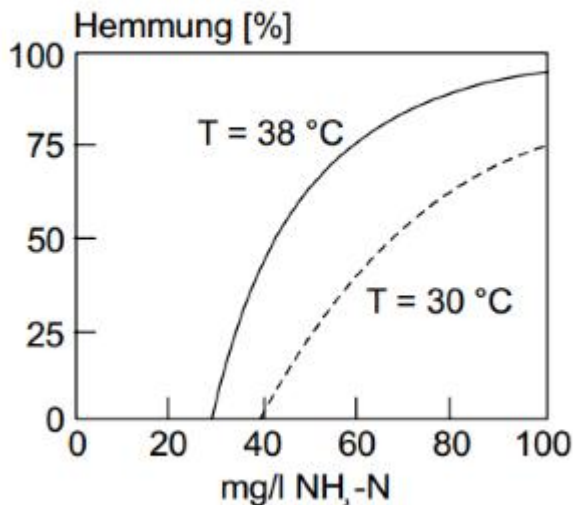


Figuur 1 Grafiek Stikstofverhouding

Onder de procesomstandigheden van vergisting ontstaat ammoniak. Dit is gasvormig en verdwijnt met het biogas uit de vergister. Dit betekent dat er OH^- ionen worden gevormd en achterblijven in de biomassa. Daardoor daalt de pH, de vergister verzuurd.

Stikstof heeft een remmende werking of zelfs een vergiftigende werking op het vergistingsproces indien deze boven de grenswaarde komt. Ammoniak is een molecuul en geen ion. Ammoniak heeft geen lading zoals Ammonium (NH_4^+) dat wel heeft. Hierdoor kan NH_3 gemakkelijk door celwanden heen dringen. Hier verstoort het de interne stofwisseling. Vuistregel voor de grenswaarde voor de totale minerale stikstof is 4 g/l een en ander afhankelijk van de temperatuur en pH (zie Figuur 2).

Hemmung der Methanbildung durch NH_3 (Methanbildung aus Essigsäure)



Figuur 2 Grafiek Remming Stikstof

Aangezien de druk, temperatuur en de pH in de vergister onder normale condities gelijk blijft kan een waarde worden bepaald. Voor het proces bij Dhr. Huisman geldt dat de procesomstandigheden atmosferisch, 38°C en een pH-waarde van ongeveer 7,2 zijn. Uit Figuur 1 kan afgelezen worden wat de verhouding van de beide minerale stikstofvormen zijn.

Zoals aangegeven zit in de substraten een minerale en een organisch gebonden stikstof. De substraten worden aan de vergister gevoerd om biogas uit op te wekken. Bacteriën in de vergister zetten organische stof uit het substraat om in biogas. Deze organische stof wordt afgebroken en omgezet in anorganische stof en biogas. Dit zelfde geldt voor de organisch gebonden stikstof. Deze wordt omgezet in minerale stikstof. Met andere woorden gedurende het vergisten van de substraten komt er meer minerale stikstof vrij. Dit minerale stikstof wordt op zijn beurt weer voor een deel omgezet in Ammoniak waarmee de vergister meer verzuurd.

Indien er een substraat met een hoog aandeel stikstof wordt aangevoerd dient rekening gehouden te worden met de stikstofconcentratie in de vergister. Om de stikstofconcentratie laag genoeg te houden zal het stikstof rijke substraat met een stikstof arm substraat moet worden aangelengd. Hierin zal de ByoGas-installatie een rol spelen.

3.1.2 MAXIMALE MINERALE STIKSTOFBELASTING

Voor deze studie heeft CCS de massa balans gemodelleerd. Hiervoor heeft het een model gemaakt waarin de substraten gemixed kunnen worden. De mix wordt in een vergister verwerkt waarmee het aandeel minerale stikstof wordt vergroot. Dit heeft invloed op de grenswaarde van de minerale stikstof. Het model genereert dit cijfermatig. Hieronder is een menu gekozen zonder het gebruik van de stripinstallatie. Dit wordt de referentie van de installatie.

Tabel 1: Menu vergisting

Hoofdvergister	input		kg/m3	m3	DS	DS[ton]	ODS	ODS[ton]	water [%]	water [ton]	Ntot[ton]	Ntot [%]	Nm [ton]	Nm[%]	Norg [ton]	Norg [%]	
	ton																
pluimveemest		3650	600	6083	52%	1880	37,50%	1369	48,5%	1770,3	88,0	2,41	8,8	0,24	79,2	2,17	
Kippenmest (strooisel)	1	600	2	64%		1	42,30%	0	36,0%	0,4	0,0	1,91	0,0	0,86	0,0	1,05	
Dikke fractie melkkoeien mest		7300	800	9125	30%	2190	22,67%	1655	70,0%	5110,0	25,2	0,34	4,5	0,06	20,6	0,28	
Ecofrit		3650	1000	3650	19%	694	18,50%	675	81,0%	2956,5	2,2	0,06	1,1	0,03	1,1	0,03	
Glycerine (niet mee rekenen qua belasting)		1825	1300	1404	80%	1460	80,00%	1460	20,0%	365,0	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	
Snijmais	1	660	2	40%		0	32,70%	0	60,0%	0,6	0,0	0,50	0,0	0,05	0,0	0,45	
Rundveemest		7300	1000	7300	9%	628	6,40%	467	91,4%	6672,2	32,1	0,44	16,1	0,22	16,1	0,22	
Zeugenmest		18250	1000	18250	5%	913	4,20%	767	95,0%	17337,5	76,7	0,42	45,6	0,25	31,0	0,17	
Zeugenmest gedecanteerd		7300	1000	7300	28%	2044	21,00%	1533	72,0%	5256,0	53,3	0,73	38,4	0,53	14,9	0,20	
Konijnenmest		730	1301	561	45%	329	36,70%	268	55,0%	401,5	9,9	1,36	2,4	0,33	1,4	1,03	
Graanresten		2190	660	3318	85%	1862	80,00%	1752	15,0%	328,5	16,0	0,73	2,4	0,11	13,6	0,62	
Water	1	1000	1	0%		0	0,00%	0	100,0%	1,0	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	
Reflux	1	1000	1	2,9%		0	1,61%	0	97,1%	1,0	0,0	0,14	0,0	0,09	0,0	0,05	
Totaal in		52199		56997	22,99%		11999	19,06%	9947		40200,4	303,3	0,58	119,3	0,23	177,9	0,34

Hieruit volgt dat het minder dan de 4 kg/ton aan minerale stikstof bevat. Ruim onder de grens waarmee de vergister kan werken.

Tabel 2: Stikstof gemiddelde

Ntot (gem)	6 kg/ton
Nm (gem)	3,4 kg/ton

Indien we de input mix wijzigen en aanvullen met een stikstofrijk substraat zoals pluimveemest ziet dat er als volgt uit:

Tabel 3: Menu vergisting

Hoofdvergister	input		kg/m3	m3	DS	DS[ton]	ODS	ODS[ton]	water [%]	water [ton]	Ntot[ton]	Ntot [%]	Nm [ton]	Nm[%]	Norg [ton]	Norg [%]	
	ton																
pluimveemest		17000	600	28333	52%	8755	37,50%	6375	48,5%	8245,0	409,7	2,41	40,8	0,24	368,9	2,17	
Kippenmest (strooisel)	1	600	2	64%		1	42,30%	0	36,0%	0,4	0,0	1,91	0,0	0,86	0,0	1,05	
Dikke fractie melkkoeien mest		10000	800	12500	30%	3000	22,67%	2267	70,0%	7000,0	25,2	0,25	4,5	0,05	20,6	0,21	
Ecofrit	1	1000	1	19%		0	18,50%	0	81,0%	0,8	0,0	0,06	0,0	0,03	0,0	0,03	
Glycerine (niet mee rekenen qua belasting)		500	1300	385	80%	400	80,00%	400	20,0%	100,0	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	
Snijmais	1	660	2	40%		0	32,70%	0	60,0%	0,6	0,0	0,50	0,0	0,05	0,0	0,45	
Rundveemest	1	1000	1	9%		0	6,40%	0	91,4%	0,9	0,0	0,44	0,0	0,22	0,0	0,22	
Zeugenmest		20000	1000	20000	5%	1000	4,20%	840	95,0%	19000,0	84,0	0,42	50,0	0,25	34,0	0,17	
Zeugenmest gedecanteerd		5000	1000	5000	28%	1400	21,00%	1050	72,0%	3600,0	36,5	0,73	26,3	0,53	10,2	0,20	
Konijnenmest	1	1301	1	45%		0	36,70%	0	55,0%	0,6	0,0	1,36	0,0	0,33	1,4	1,03	
Graanresten	1	660	2	85%		1	80,00%	1	15,0%	0,2	0,0	0,73	0,0	0,11	0,0	0,62	
Water	1	1000	1	0%		0	0,00%	0	100,0%	1,0	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	
Reflux	1	1000	1	4,8%		0	2,12%	0	95,2%	1,0	0,0	0,33	0,0	0,15	0,0	0,17	
Totaal in		52508		66227	27,72%		14558	20,82%	10935		37950,3	555,4	1,06	121,6	0,23	435,2	0,83

Te zien is dat de hoeveelheid stikstof ruim boven de grens waarde ligt. Dit zou dus remmend en zelfs toxisch werken.

Tabel 4: Stikstof gemiddelde

Ntot (gem)	11 kg/ton
Nm (gem)	4,3 kg/ton

Ook de strikstofstripinstallatie staat gemodelleerd. Door de uitgaande stroom digestaat te strippen gaat de concentratie stikstof in het digestaat omlaag. Dit gebeurt door het toevoegen van warmte aan het digestaat. In het rekenmodel is het strippen als een formule opgenomen zodat het vervluchtigde aandeel Ammoniak uit de minerale stikstof wordt berekend. Dit strippen is afhankelijk van de pH en de temperatuur. Bij de berekening wordt uitgegaan van de pH gelijk aan de pH uit de vergister. Er wordt warmte toegevoegd zodat er een temperatuur ontstaat van 85°C. Door het gestripte digestaat in de berekening als Reflux terug te voeren

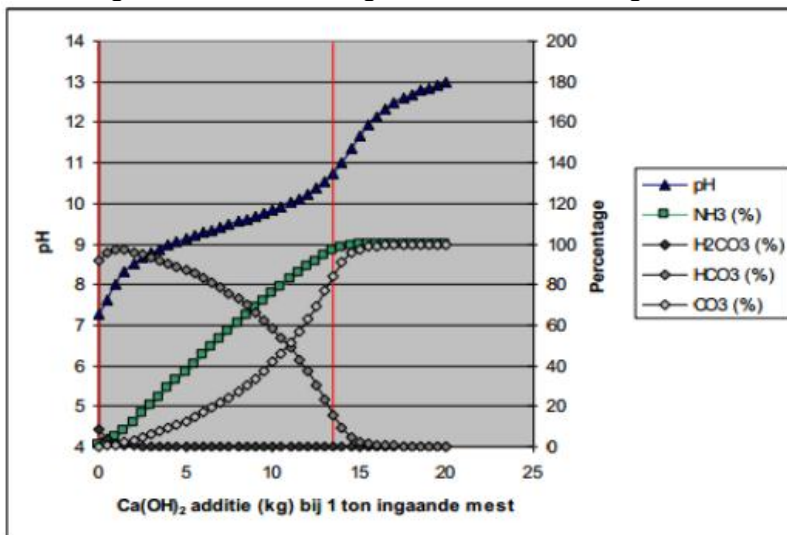
aan de vergister kan de totale concentratie stikstof omlaag en daarmee onder de grens van 4 kg/ton blijven. Indien er 60.000 ton aan reflux wordt toegevoegd ziet de stikstofwaarde er als volgt uit;

Tabel 5: Stikstof gemiddelde

N _{tot} (gem)	7 kg/ton
N _m (gem)	4,0 kg/ton

Indien de temperatuur wordt verhoogd naar 110°C hoeft er nog maar 10.000 ton te worden gestript. Dit is een enorme besparing in het gebruik van warmte, elektriciteit e.d. Bij 60.000 ton en 85°C is er 11.788 GJ nodig. Bij 10.000 en 110°C nog maar 3.000 GJ.

Dit is allemaal nog zonder het toevoegen van kalk. Indien we de pH verhogen naar 8,5 is er kalk nodig. In onderstaande grafiek de verhouding tussen de pH en het kalk.



Figuur 3 Grafiek Kalk gebruik

Ook deze grafiek is in formulevorm omgezet en verwerkt in het model. Indien de pH wordt verhoogd naar 8,5 is er bij benadering de volgende hoeveelheid kalk benodigd:

Tabel 6: Kalk gebruik

Kalk (Ca(OH) ₂)		
In formule vorm afh. van pH	4,35 kg per ton	232,0 ton

Er wordt dan bij een temperatuur van 85°C ongeveer 85% aan minerale stikstof omgezet naar Ammoniak. Dit betekent weer dat het aandeel stikstof in de reflux aanzienlijk minder is. Daarmee kan de vergister draaien met een toevoeging van ca. 8.000 ton aan reflux. Er hoeft nog maar 1.572 GJ aan warmte aan toe worden gevoegd.

Tabel 7: Menu vergisting

Hoofdvergiester	input														
	ton	kg/m3	m3	DS	DS[ton]	ODS	ODS[ton]	water [%]	water [ton]	Ntot[ton]	Ntot [%]	Nm [ton]	Nm[%]	Norg [toi]	Norg [%]
pluimveemest	17000	600	28333	52%	8755	37,50%	6375	48,5%	8245,0	409,7	2,41	40,8	0,24	368,9	2,17
Kippenmest (strooisel)	1	600	2	64%	1	42,30%	0	36,0%	0,4	0,0	1,91	0,0	0,86	0,0	1,05
Dikke fractie melkkoeien mest	10000	800	12500	30%	3000	22,67%	2267	70,0%	7000,0	25,2	0,25	4,5	0,05	20,6	0,21
Ecofrit	1	1000	1	19%	0	18,50%	0	81,0%	0,8	0,0	0,06	0,0	0,03	0,0	0,03
Glycerine (niet mee rekenen qua belasting)	500	1300	385	80%	400	80,00%	400	20,0%	100,0	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00
Snijmais	1	660	2	40%	0	32,70%	0	60,0%	0,6	0,0	0,50	0,0	0,05	0,0	0,45
Rundveemest	1	1000	1	9%	0	6,40%	0	91,4%	0,9	0,0	0,44	0,0	0,22	0,0	0,22
Zeugenmest	20000	1000	20000	5%	1000	4,20%	840	95,0%	19000,0	84,0	0,42	50,0	0,25	34,0	0,17
Zeugenmest gedecanteerd	5000	1000	5000	28%	1400	21,00%	1050	72,0%	3600,0	36,5	0,73	26,3	0,53	10,2	0,20
Konijnenmest	1	1301	1	45%	0	36,70%	0	55,0%	0,6	0,0	1,36	0,0	0,33	1,4	1,03
Graanresten	1	660	2	85%	1	80,00%	1	15,0%	0,2	0,0	0,73	0,0	0,11	0,0	0,62
Water	1	1000	1	0%	0	0,00%	0	100,0%	1,0	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00
Reflux	60000	1000	60000	1,7%	1017	0,70%	421	98,3%	58982,7	217,7	0,36	192,4	0,32	25,3	0,04
Totaalin	112507		126226	13,84%	15575	10,09%	11356		96932,1	773,1	0,69	314,0	0,28	460,4	0,41

Tabel 8: Stikstof gemiddelde

Ntot (gem)	10 kg/ton
Nm (gem)	4,0 kg/ton

3.1.3 BIOFLEX STIKSTOFSTRIPPER

Het BioFlex systeem is een combinatie van een thermische alkalische ontsluiting van biomassa en een stikstofstripper. Beide technieken zijn bestaande technieken. De combinatie en de toepassing maken het product uniek.

Daarnaast is de inpassing om met minimum inzet van thermische energie hetzelfde beoogde resultaat te halen uniek. Verwacht wordt dat het maximale nuttig gebruik maken van de energie zowel ecologisch als economisch voordelen biedt.

Op geen enkele vergistingsinstallatie in Nederland is deze techniek op gelijke wijze ingezet. Ook de tweeledig beoogde doelstelling van enerzijds de biomassa voordelen en anderzijds de kunstmest opbrengst is nieuw. De voordelen van het ontsluiten van biomassa en het strippen van de ammoniak biedt de mogelijkheid om andere producten te gebruiken dan de producten die voor de “feed” en “food” gebruikt worden. Daarnaast worden de bijproducten die bij het strippen vrijkomen nuttig ingezet als kunstmest.

3.2 RECIRCULATIE DUNNE FRACTIE

Echter om de vergister vloeibaar te houden, mag het droge stof percentage niet te hoog worden. Daarom wordt het digestaat gescheiden in een dunne en een dikke fractie en wordt de dunne fractie weer toegevoerd aan de vergister.

Een aandachtspunt is te verwachten bij kalium. Het kalium gehalte gaat door het recirculeren te hoog oplopen, wat weer een remmend effect op de vergister heeft. Voor kalium werkt de stripper niet. Volgens de literatuur heeft kation Kalium al een remmende werking bij 4.500 mg/l¹ en bij 8.000 mg/l een sterk remmend effect.

3.3 ALGENPRODUCTIE (WENS V.O.F. HUISMAN-WEIS)

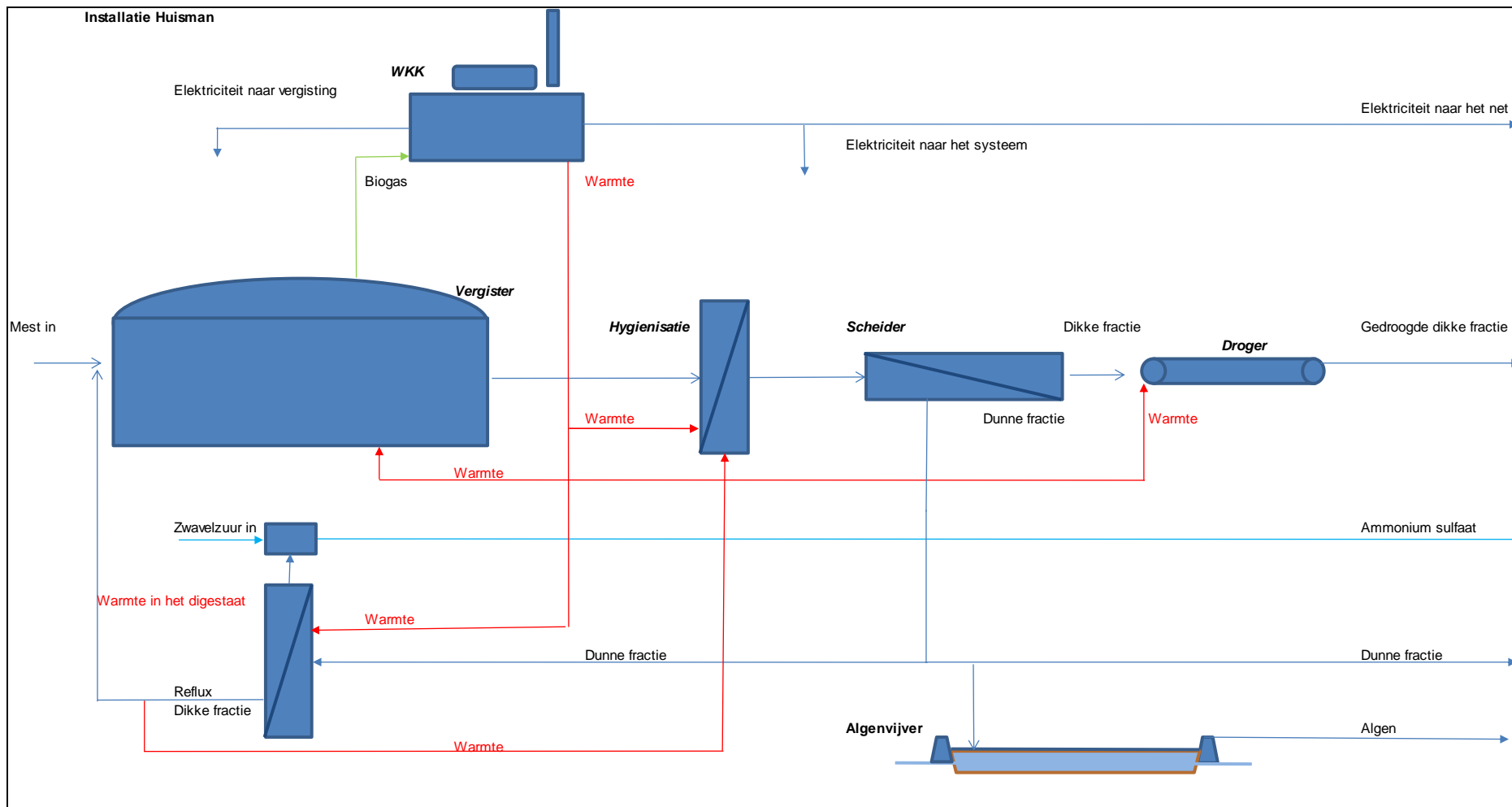
De wens vanuit het pluimveebedrijf V.O.F. Huisman-Weis is om de dunne fractie van de installatie te gebruiken voor de productie van algen. Deze algen worden vervolgens in vloeibare vorm gevoerd aan de kippen. Onderzocht zal worden of dat mogelijk is. Anders zal gekozen worden voor gedroogde vorm, maar dit verhoogd de kosten aanzienlijk.

Algen zijn rijk aan omega-3-vetzuren waaraan allerlei gezondheidseffecten worden toegeschreven en die, toegevoegd aan legkippenvoer, het gehalte aan omega-3-vetzuren in de eidooiers verhogen. Tevens sluit het voeren op digestaat gegroeide algen de mineralen kringloop.

¹ Bron 1 en 2

4 ONTWERP INSTALLATIE

Figuur 4 Flow overzicht eerste ontwerp Greendal vergisting



5 BOUW INSTALLATIE

De bouw van de totale biogasinstallatie is in fases uitgevoerd. Eerst is er één vergister en een mengkelder gebouwd en daarbij één WKK-unit geïnstalleerd. De WKK-unit is in een geluid reducerend gebouw geplaatst (Figuur 5 t/m Figuur 7). De eerste vergister is daarna opgestart. Het biogas wordt omgezet in warmte en elektriciteit doormiddel van de WKK-unit.

Vervolgens zijn er twee vergisters bij gebouwd en is er een loods geplaatst over het WKK gebouw en de mengkelder. De loods bied vervolgens ruimte voor een scheider, hygiënisatie, stikstofstripper, droogband en een luchtwasser (Figuur 8 t/m Figuur 10). De loods vermindert de geluid- en geuremissies.

Ten derde is de algenvijver gerealiseerd (Figuur 11). In de vijver worden algen geproduceerd die in zullen dienen als kippenvoer. De algen worden gekweekt op dunne fractie digestaat. Algen zullen daarom de nutriënten uit de dunne fractie opnemen. De algenvijver is dus een deel van de mestverwerking.

Figuur 12 is het aanzicht van de biogasinstallatie. De installatie valt weg achter het huidige bedrijf. Aan de andere zijde bevinden zich een groep bomen waardoor de installatie niet opvalt.



Figuur 5 De eerste vergister met in de voorgrond de mengkelder



Figuur 6 Eerste WKK geplaatst



Figuur 7 WKK gebouw incl. noodkoelers



Figuur 8 Decanter met transportband naar de drooginstallatie



Figuur 9 Voor: 3 hygiëniserings silo's met buffervat. Achter: stikstofstripper



Figuur 10 Drooginstallatie



Figuur 11 Algenvijvers



Figuur 12 Aanzicht bedrijf

6 TESTEN INSTALLATIE

6.1 OPVOEREN PLUIMVEEMEST

De gebouwde installatie wordt getest. Het percentage kippenmest zal verhoogd worden. Gekeken zal worden welke problemen er ontstaan bij welk percentage.

Op dit moment wordt de percentage pluimveemest langzaam opgevoerd. De bacteriën kunnen zich dan aanpassen aan de veranderende substraatmix. De huidige substraatmix bestaat voor 25% uit cosubstraten en 75% uit mest. Daarvan is een groot gedeelte varkensmest, rundveemest en 35% pluimveemest.

Het systeem lijkt goed te functioneren met de verhoogde percentage pluimveemest. De minerale stikstof wordt op correcte wijze gestript uit de digestaat een terug in de vergister gebracht. De biogasproductie in de vergister loopt niet terug.

Minerale stikstofbelasting zonder stripper

Volgens het eerder gebruikte model van hoofdstuk 3.1 zal een vergister met 26,3% pluimveemest aandeel een minerale stikstof belasting hebben van 5,6 kg/ton. Er is dunne fractie reflux (ongestript) toegepast om de gemiddelde drogestof gehalte in de vergister te verlagen tot 18%. Met deze substraatmix is de minerale stikstof ruim over de grens waarbij het een remmende werking heeft (Tabel 9).

Tabel 9 26,3% pluimveemest met dunne fractie reflux

Hoofdvergister	Input																
	ton	kg/m3	m3	DS	DS[ton]	ODS	ODS[ton]	water [%]	water [ton]	Ntot[ton]	Ntot [%]	Nm [ton]	Nm[%]	Norg [ton]	Norg [%]		
pluimveemest	13650	600	22750	52%	7030	37,50%	5119	48,50%	6620,3	329,0	2,41	32,8	0,24	296,2	2,17		
Kippenmest (strooisel)	1	600	2	64%	1	42,30%	0	36,00%	0,4	0,0	1,91	0,0	0,86	0,0	1,05		
Dikke fractie melkkoaien mest	1	800	1	30%	0	22,67%	0	70,00%	0,7	0,0	0,94	0,0	0,17	0,0	0,77		
Ecofrit (SMM)	1	1000	1	19%	0	18,50%	0	81,00%	0,8	0,0	0,06	0,0	0,03	0,0	0,03		
Glycerine (niet mee rekenen qua bela)	500	1300	385	80%	400	80,00%	400	20,00%	100,0	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00		
Snijmais	6000	660	9091	40%	2400	32,70%	1962	60,00%	3600,0	30,0	0,50	3,0	0,05	27,0	0,45		
Rundveemest	12675	1000	12675	9%	1090	6,40%	811	91,40%	11585,0	55,8	0,44	27,9	0,22	27,9	0,22		
Zeugenmest	12675	1000	12675	5%	634	4,20%	532	95,00%	12041,3	53,2	0,42	31,7	0,25	21,5	0,17		
Zeugenmest gedecanteerd	1	1000	1	28%	0	21,00%	0	72,00%	0,7	0,0	0,73	0,0	0,53	0,0	0,20		
Konijnenmest	1	1301	1	45%	0	36,70%	0	55,00%	0,6	0,0	1,36	0,0	0,33	1,4	1,03		
Graanresten	6500	660	9848	85%	5525	80,00%	5200	15,00%	975,0	47,5	0,73	7,1	0,11	40,3	0,62		
Water	1	1000	1	0%	0	0,00%	0	100,00%	1,0	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00		
Reflux Stikstofstripper	1	1000	1	15%	0	9,05%	0	85,38%	0,9	0,0	0,80	0,0	0,38	0,0	0,41		
Reflux dunne fractie	12800	1000	12800	4,0%	508	2,12%	271	96,03%	12291,6	138,5	1,08	126,3	0,99	12,2	0,10		
Totaal in	64807		80232	27,14%	17589	22,06%	14297		47218,1	653,9	1,01	228,8	0,35	426,5	0,66		
Ntot (gem)				11 kg/ton													
Nm (gem)				5,6 kg/ton													

Minerale stikstofbelasting met stripper

Bij Greendal vergisting wordt geen dunne fractie reflux toegepast. Hierbij wordt digestaat uit de vergister gepompt en gedeeltelijk gestript van minerale stikstof. Op dit moment wordt dagelijks 90 ton digestaat gestript en weer in de vergister gebracht. Volgens het theoretische model (Tabel 10) moet dit genoeg zijn om op een minerale stikstof belasting te komen van 4,0 g/kg waar het geen effect heeft op de biogasproductie.

Met deze reflux is de gemiddelde drogestofgehalte 17,8%. Dit is een roerbaar mengsel.

Tabel 10 26,3% pluimveemest met stikstofstripper parallel aan vergister

Hoofdvergiester	input																		
	ton	kg/m3	m3	DS	DS[ton]	ODS	ODS[ton]	water [%]	water [ton]	Ntot[ton]	Ntot [%]	Nm [ton]	Nm[%]	Norg [ton]	Norg [%]				
pluimveemest	13650	600	22750	52%	7030	37,50%	5119	48,50%	6620,3	329,0	2,41	32,8	0,24	296,2	2,17				
Kippenmest (strooisel)	1	600	2	64%	1	42,30%	0	36,00%	0,4	0,0	1,91	0,0	0,86	0,0	1,05				
Dikke fractie melkkoeien mest	1	800	1	30%	0	22,67%	0	70,00%	0,7	0,0	0,94	0,0	0,17	0,0	0,77				
Ecofrit (SMM)	1	1000	1	19%	0	18,50%	0	81,00%	0,8	0,0	0,06	0,0	0,03	0,0	0,03				
Glycerine (niet mee rekenen qua bela)	500	1300	385	80%	400	80,00%	400	20,00%	100,0	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00				
Snijmais	6000	660	9091	40%	2400	32,70%	1962	60,00%	3600,0	30,0	0,50	3,0	0,05	27,0	0,45				
Rundveemest	12675	1000	12675	9%	1090	6,40%	811	91,40%	11585,0	55,8	0,44	27,9	0,22	27,9	0,22				
Zeugenmest	12675	1000	12675	5%	634	4,20%	532	95,00%	12041,3	53,2	0,42	31,7	0,25	21,5	0,17				
Zeugenmest gedecanteerd	1	1000	1	28%	0	21,00%	0	72,00%	0,7	0,0	0,73	0,0	0,53	0,0	0,20				
Konijnenmest	1	1301	1	45%	0	36,70%	0	55,00%	0,6	0,0	1,36	0,0	0,33	1,4	1,03				
Graanresten	6500	660	9848	85%	5525	80,00%	5200	15,00%	975,0	47,5	0,73	7,1	0,11	40,3	0,62				
Water	1	1000	1	0%	0	0,00%	0	100,00%	1,0	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00				
Reflux Stikstofstripper	32850	1000	32850	15%	4864	7,87%	2586	85,19%	27985,9	243,0	0,74	94,4	0,29	148,6	0,45				
Reflux dunne fractie	1	1000	1	4,1%	0	1,87%	0	95,85%	1,0	0,0	0,87	0,0	0,75	0,0	0,11				
Totaal in	84857		100282	25,86%	21945	19,58%	16612		62912,5	758,5	0,89	196,9	0,23	563,0	0,66				

Ntot (gem)	10 kg/ton
Nm (gem)	4,0 kg/ton

Tabel 9 en Tabel 10 zijn theoretisch berekende waarden. Vanaf begin 2016 is de stikstofstripper in werking getreden. Om het effect van de stikstofstripper te controleren zijn, tijdens de exploitatie en het opvoeren van het aandeel pluimveemest, monsters genomen en in het lab geanalyseerd. In Tabel 11 zijn de waarden weergegeven. Eind 2015 was de minerale stikstof concentratie erg hoog. Nadat de stikstofstripper in werking is getreden, is het aandeel minerale stikstof langzaam gedaald. Bij de laatste meting in maart blijkt het aandeel stikstof nog iets aan de hoge kant >4 g/kg, maar is al wel degelijk gedaald ten opzichte van het monster dat is genomen eind 2015.

Tabel 11 Analyse van monstername vergister Huisman

Datum	Eenheid	Ammonium als N
30-12-2015	g/kg	6,3
28-01-2016	g/kg	6,0
02-03-2016	g/kg	4,9

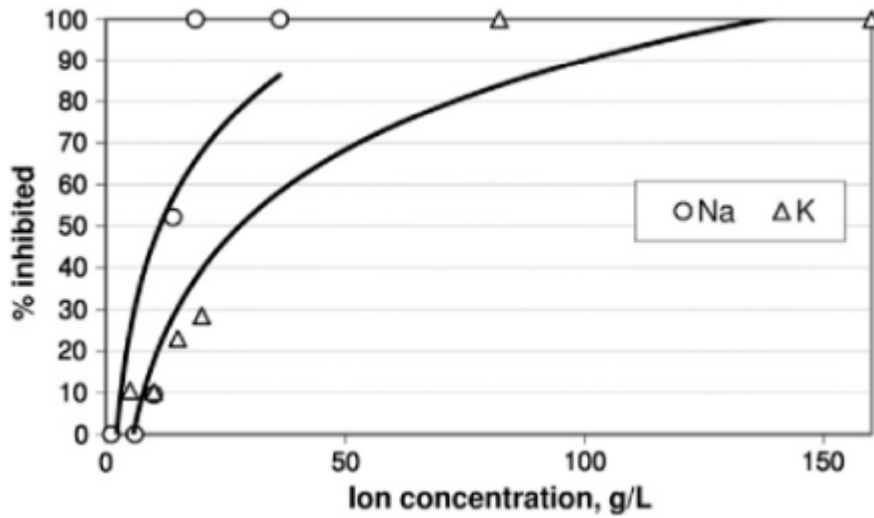
6.2 MINERALEN VERGIFTIGING

Er is een literatuurstudie gedaan naar de remmende of zelfs vergiftigende werking van mineralen die oplopen door de recirculatie van digestaat. Een van de mineralen die oploopt is kalium. In



Figuur 13 is het effect van kalium op de biogasproductie weergegeven. De concentratie kalium in het figuur zijn resp. 5, 10, 15, 20 en 82 g K⁺/l.

Figuur 13 Remmend effect van natrium en kalium²



Om de kalium concentratie in de vergister van Greendal vergisting te bepalen, is er een monster van de dunne fractie gemaakt. Kalium wordt evenredig verdeeld tussen dikke en dunne fractie waardoor een analyse van de dunne fractie representatief is voor de kalium concentratie in de vergister. In Tabel 12 is het resultaat van de analyse weergegeven.

Tabel 12 Kalium analyse dunne fractie Greendal vergisting

29-06-2016	g/kg Kalium (K)	11,26
------------	-----------------	-------

De kalium concentratie van 11,26 g/kg is aan de hoge kant. In

² Fang et al.

Figuur 13 kan afgelezen worden dat bij deze kalium gehalte het een remmende werking heeft van ongeveer 20% op de biogasproductie. In de praktijk wordt deze remming ook daadwerkelijk ondervonden. Er wordt namelijk minder biogas geproduceerd dan dat in eerste instantie wordt verwacht.

Kalium wordt voornamelijk de vergister in gebracht door vleeskuikemest. Een per ton vleeskuikemest wordt ongeveer 18,8 kg/ton aan kalium in de vergister gevoerd. Een optie is om dit te vervangen door kippenstrooiselmest. Hierin zit bijna de helft minder kalium, namelijk 11, kg/ton.

6.3 ALGEN

Er zijn verschillende proeven uitgevoerd om te onderzoeken hoe de kippen van Mts. Huisman reageren op het voeren van algen. De algen zijn zowel in droge vorm als in vloeibare vorm aan de kippen aangeboden. Teven zijn er proeven uitgevoerd waarbij algen werden gekweekt op digestaat. Op de locatie zelf zijn echter nog geen algen geproduceerd.

De resultaten zijn onder andere gepresenteerd in een uitgave van Louis Bolk Instituut "Algen in kippenvoer"³

Voerproef

Om kennis op te doen van het voeren van algen aan kippen, zijn er twee proefhokken voor ieder 30 kippen gebouwd. De rest van de kippen in de grote stal dienden als controlegroep. De proef is uitgevoerd met aangekochte gedroogde Chlorellaalgen. Het algen poeder werden toegevoegd aan het legmeel.

De proef begon in augustus 2011 tot oktober 2011. De kippen (Lohmann Brown Lite-hennen) begonnen de proef op een leeftijd van 36 weken. De algenconcentratie liep op van 0 naar 5, 10 en 12,5 procent. Elke concentratie werd twee weken gevoerd en aan het einde van elke tweeweekse periode werden de dieren gewogen. De eierproductie werd dagelijks genoteerd, evenals opvallende zaken. Tijdens de proef namen de hennen in de proefhokjes iets meer toe in gewicht dan de controlehennen in de stal. Hoewel het lastig is om hier een verklaring voor te vinden, is de belangrijkste bevinding dat de kippen alle concentraties gewoon aten, dus dat ze algenpoeder in hun voer accepteren.

De eierproductie veranderde niet toen de hennen algen in hun voer kregen. Ook dat was een belangrijke constatering. Wel werd de mest groener en dunner, vooral bij de concentratie van 12,5 procent. Daardoor werden de eischalen viezer, want de kippen namen de mest aan hun poten mee de nesten in.

Proef algen in drinkwater

Het drogen van algen kost veel energie, daarom is er onderzocht of algen ook vers gevoerd zouden kunnen worden. De afstand tussen kweek en stal is op het bedrijf slechts een paar honderd meter, daarom is het voordeliger om de algen in vloeibare vorm aan de kippen te voeren.

Om ervaring met verse algen op te doen werden in de zomer van 2013 opnieuw kippen (2 x 30) in de proefhokken geplaatst. Ditmaal Lohmann Brown Classic-hennen van 63 weken oud. Elke week werden jerrycans met verse algenoplossing aangevoerd van algenkweker AlgaeLink in Yerseke (Zld). In de oplossing zat een mengsel van twee soorten, de chlorella-alg en de scenedesmus-alg. De ene proefgroep kreeg gedurende de proefperiode steeds een

³ Bestman, M. (2014). Algen in kippenvoer. *LEGSECTOR*, jaargang 44, 24-25

2%-algenoplossing. De andere proefgroep kreeg elke week een oplopende concentratie: 0, 2, 3, 4, en 5 procent. Twee procent algen kon nog via de drinknippels. Bij de hogere concentraties raakten die verstopt en werd de algenoplossing via sifondrinkers aangeboden. De dieren konden daarnaast 'schoon' water drinken via de nippels. Ook toen er keus was, werd er nog volop van het algenwater gedronken. Echter, de hennen knoeiden ermee en werden vies, dus de manier van aanbieden is voor verbetering vatbaar. De hennen en de door hun geproduceerde eieren en de voeropname werden wekelijks gewogen.

De belangrijkste conclusies uit deze proef zijn dat de hennen vrijwillig algenwater drinken, dus ook als ze de keus hebben, en dat de opname van de algenoplossing geen invloed heeft op het diergewicht, de eierproductie, het eigengewicht en de voeropname vergeleken met de controlehennen uit de grote stal.

Proef algenkweek op digestaat

Op dit moment zijn er nog geen algen geproduceerd met de gerealiseerde algenvijver, omdat de bouw van de vijvers begin juni zijn voltooit. Het Louis Bolk Instituut heeft daarom het praktijkcentrum Acrres in Lelystad een proef laten doen.

Acrres heeft in zijn kas in 15 bakken van elk 25 liter algen gekweekt met als voeding kunstmest, mengsels van kunstmest en pluimveedigestaat in verschillende verhoudingen, en pure pluimveedigestaat. Het instituut concludeerde dat algen heel goed gekweekt kunnen worden op verdunde pluimveedigestaat. Elders in de wereld zijn in laboratoria vergelijkbare resultaten behaald. Op praktijkbedrijven is minder ervaring opgedaan met dit of met een ander algenkweekstelsel.

7 PROCES OPTIMALISATIE

In dit hoofdstuk wordt vermeld hoe een optimaal proces eruit moet zien.

7.1 AANPASSINGEN OP ONTWERP

De installatie is in het over grote deel gelijk gebleven aan het eerste ontwerp. Echter in het eerste projectplan is bedacht om al het digestaat te hygiëniseren en daarna scheiden. De dunne fractie zou vervolgens gestript worden van ammoniak om de stikstofbelasting te verlagen en het mengsel roerbaar te houden. Deze methode zou veel energie vergen, omdat alle reflux die gestript wordt, ook eerst gehygiëniseerd diende te worden. In de werkelijke bouw is de stikstofstripper parallel aan de vergister geschakeld. Daardoor staan de refluxstromen en de pasteurisatiestroom los van elkaar. De stikstofstripper onttrekt digestaat uit de vergister, stript deze van ammoniak en voert vervolgens de gestipte digestaat terug in de vergister. Hierdoor wordt de warmte efficiënt toegepast.

Een andere optimalisatie dat waar aan gedacht wordt is het installeren van een tweede opvoerband na de decanter (scheider). Op dit moment als de dikke fractie droger uitvalt dan valt de hele installatie stil. Alle processen zijn namelijk achterelkaar geschakeld.

Wanneer de drooginstallatie geen dikke fractie kan ontvangen, dan kan de decanter het digestaat niet scheiden. De decanter kan de dikke fractie namelijk niet kwijt aan de droger. Hierdoor kan er geen digestaat uit de vergister worden onttrokken om ruimte te maken in de vergister voor verse substraten. Dit resulteert in een verminderde biogasproductie en daarmee ook de warmte en elektriciteitsproductie.

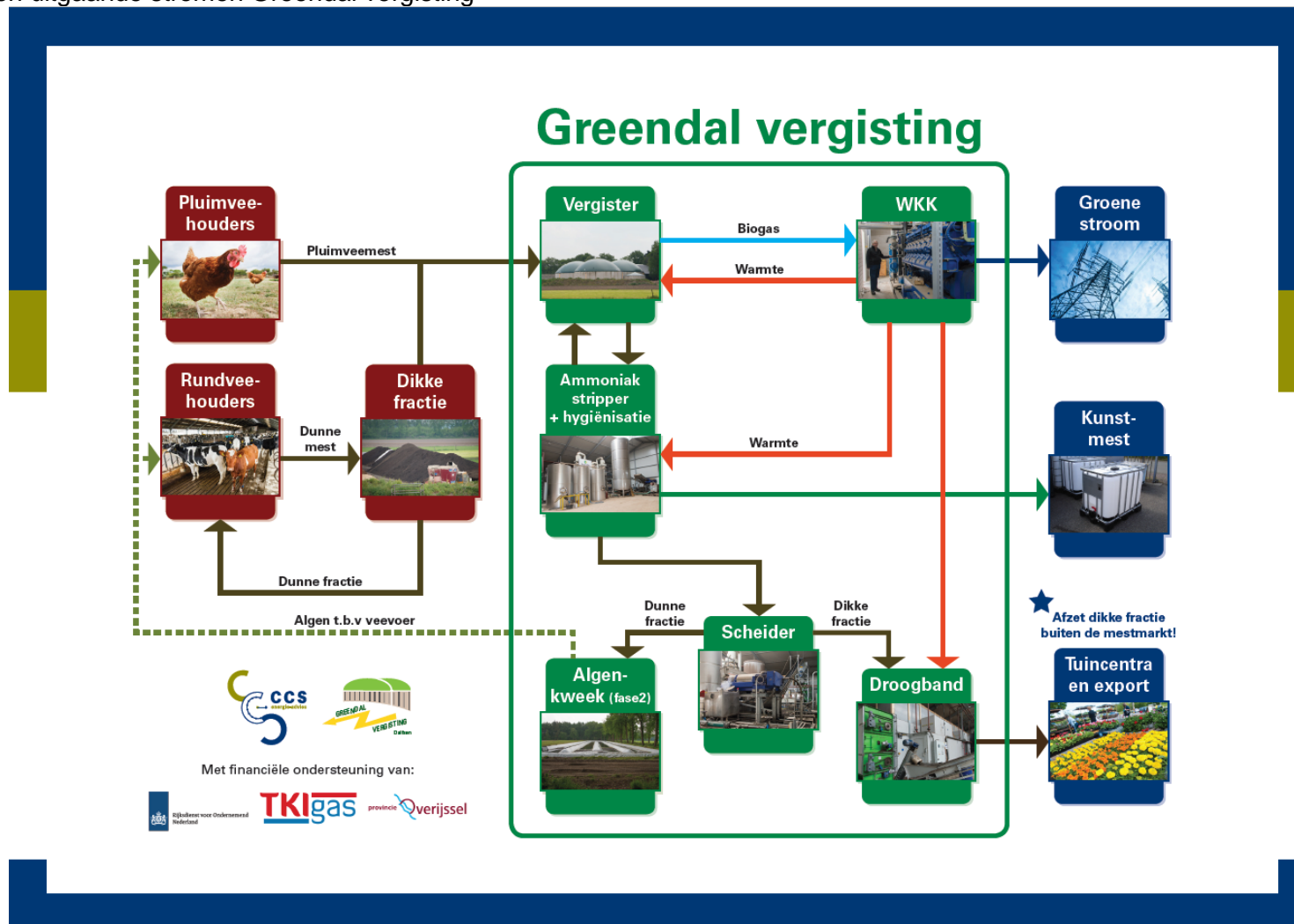
De oplossing is door een alternatieve afvoeroute achter de decanter te plaatsen. De dikke fractie kan dan bij een storing in een alternatieve container worden opgeslagen en als dit nodig is op deze wijze worden afgevoerd.

7.2 DAADWERKELIJKE REALISATIE

In de volgende paragrafen wordt de biogas installatie beschreven hoe deze daadwerkelijk is gerealiseerd.

7.2.1 PROCESSHEMA GREENDAL VERGISTING

Figuur 14 In- en uitgaande stromen Greendal vergisting



7.2.2 VERGISTERS

Op het bedrijf staan één hydrolysetank, 2 hoofdvergisters en 1 navergister. De vergisters zijn opgebouwd met beton en gasdicht gemaakt met een membraam gasdak. De inhoud van iedere vergister is 4000 m³. De vergisters voldoen aan de Richtlijn Mestbassins 1992 (RM 1992).

De substraten worden nat vergist. Om uitscheiding van de substraten in de vergisters te voorkomen, zijn er roerwerken in de vergisters aangebracht. Vergister 1 heeft 2 mixers en vergister 2 heeft 3. De roerwerken kunnen automatisch en handmatig bediend worden.

De hoofdvergisters worden bedreven op ongeveer 38°C. Om de vergister op deze temperatuur te houden zijn er verwarmingsbuizen langs de wand geplaatst. Door de buizen stroomt water dat door de WKK's is verwarmd.

De digestaat, die vergist is in de hoofdvergisters, wordt overgepompt in de navergister. De navergister wordt niet verwarmd. De gemiddelde temperatuur in de navergister ligt dus lager dan dat van de hoofdvergisters. Het effect hiervan is dat de activiteit in het digestaat wordt gereduceerd.

Bij de productie van biogas uit verschillende substraten wordt ook H₂S geproduceerd. Dit is een giftig gas en kan bij een hoge concentratie schadelijk zijn voor de WKK's. daarom wordt er lucht in de vergisters geblazen welke ervoor zorgt dat de zwavel gaat reageren en neerslaat.

De vergistersilo's zijn fysiek gescheiden van de stal waarin het pluimvee zich bevind en hun voeder en strooisel. Tussen beide bouwwerken bevindt zich een minimale afstand van 15 meter waartussen een weg is aangelegd.

7.2.3 VOEDEN VERGISTER

De vergister wordt gevoed met verschillende substraten. De vaste substraten worden in de mengkelder gestort en gemengd met de drijfmest tot een verpompbaar mengsel. De vloeibare cosubstraten kunnen direct uit de opslagsilo in de vergister gepompt of eerst naar de mengkelder.

Voor het verpompen van de substraten wordt de VacuümDrukTank gebruikt. De pomp bestaat uit een vat van 6700 liter en een luchtpomp. De pomp creëert eerst een vacuüm in het vat waardoor de substraten in het vat worden gezogen. Bij een bepaald volume stopt de pomp en wordt de inlaat klep afgesloten. Vervolgens wordt de uitlaatklep open gezet en begint de pomp het vat onder druk te zetten. De substraten worden door de druk uit het vat gepompt en in de vergister.

7.2.4 LOODS

In de loods bevinden zich enkele installaties die gebruikt worden voor het verwerken van digestaat. Tevens reduceert de loods geluid de geuremissie naar de omgeving. In de loods bevinden zich de volgende installaties:

- Drijfmest invoer;
- Stikstofstripper;
- 2 WKK's (805 kWe, 1.560 kWe);
- Hygiënisatie;
- Scheider;
- Droger;
- Luchtwater.

7.2.5 WKK's

Op het bedrijf staan twee WKK's met verschillende capaciteiten, namelijk 805 kWe en 1.560 kWe. Beide WKK's zijn geïnstalleerd in een geluidsomkasting in de loods. De motoren en generators zijn flexibel gekoppeld en gemonteerd op een stalen baseframe met daaronder trillingdempers. Daarmee wordt het geluid van beide motoren zo veel mogelijk gereduceerd. Iedere WKK heeft naast de loods zijn eigen trafo die verbonden is aan het elektriciteitsnet.

De warmte die naast elektriciteit wordt geproduceerd door beide WKK's worden gebruikt voor het verwarmen van enkele substraat opslagen, de vergisters, hygiëniseringsunit, stikstofstripper en de droger.

7.2.6 STIKSTOFSTRIPPER

De substratenmix van de vergister bestaat voor een groot deel uit pluimveemest. Deze mest heeft een hoog stikstofgehalte. Boven een bepaald gehalte werkt stikstof remmend of zelfs vergiftigend op de bacteriën die verantwoordelijk zijn voor de biogasproductie.

Voor Greendal vergisting C.V. is gekozen om de stikstofgehalte te verlagen door middel van strippen uit het digestaat. Er wordt digestaat onttrokken uit de vergister, door de stripper geleid en vervolgens weer in de vergister gepompt. Daardoor blijft de inhoud van de vergister gelijk, maar daalt de stikstofgehalte.

Het digestaat wordt in twee stappen verwarmd met warmtewisselaars. De stikstofstripper bestaat uit 3 vaten (Figuur 15). Het verwarmde digestaat wordt naar het eerste vat geleid. In het eerste vat wordt digestaat van boven in de tank gesproeid en wordt gelijktijdig lucht, in een tegengestelde richting, ingeblazen. De lucht neemt het ammoniak op en wordt naar de tweede vat (voorwasser) geleid.

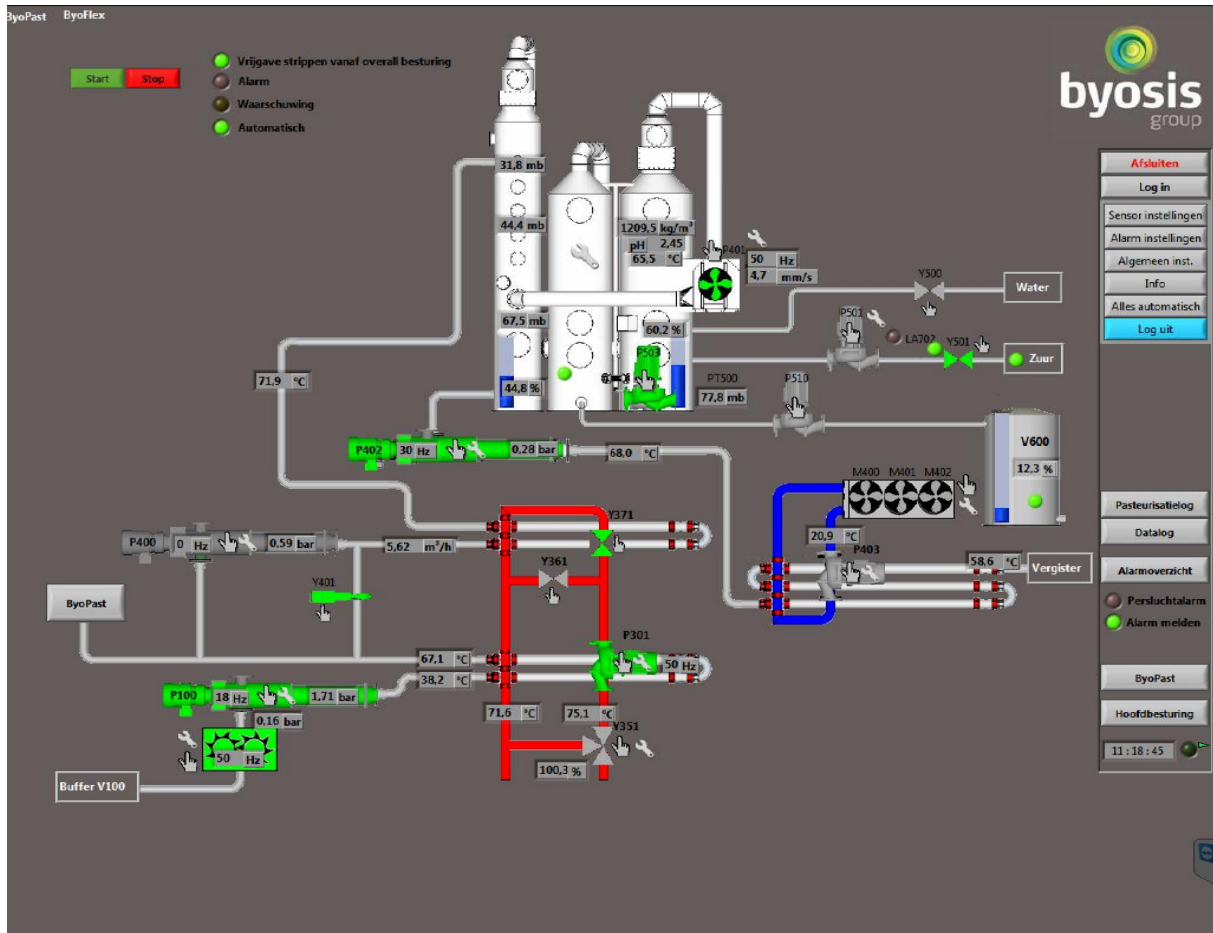
Het gestrippte digestaat wordt onder uit het vat gepompt en met koelers afgekoelt tot een temperatuur dat geschikt is om weer in de vergister te worden gevoed.

In de voorwasser wordt ammoniak rijke lucht van onder in het vat geblazen en van bovenaf besproeit met verdund zwavelzuur. Ammoniak en het zwavelzuur reageren met elkaar en vormen samen ammoniumsulfaat. Het product wordt onder in het vat opgevangen. Het geproduceerde ammoniumsulfaat is een erkende kunstmeststof.

De lucht dat door de voorwasser is gegaan zal vervolgens nog een tweede wasstap ondergaan in het derde vat middels dezelfde methode als de voorwasser om al het ammoniak uit de lucht te wassen. De wasvloei stof in het derde vat wordt onderin opgevangen en opnieuw gebruikt, waarvan een gedeelte wordt gebruikt bij het wasproces van de voorwasser waarna het uit het systeem wordt gepompt.

Het ammoniumsulfaat op de bodem van de voorwasser wordt verpompt naar een opslagvat. De wasvloei stof dat is gebruikt in het derde vat wordt opnieuw gebruikt waarbij een gedeelte wordt gebruikt in de voorwasser.

Het systeem maakt bij het strippen gebruik van zwavelzuur. Het zuur wordt in een bovengrondse tank opgeslagen.



Figuur 15 Overzicht ByoFlex

7.2.7 HYGIENISATIE

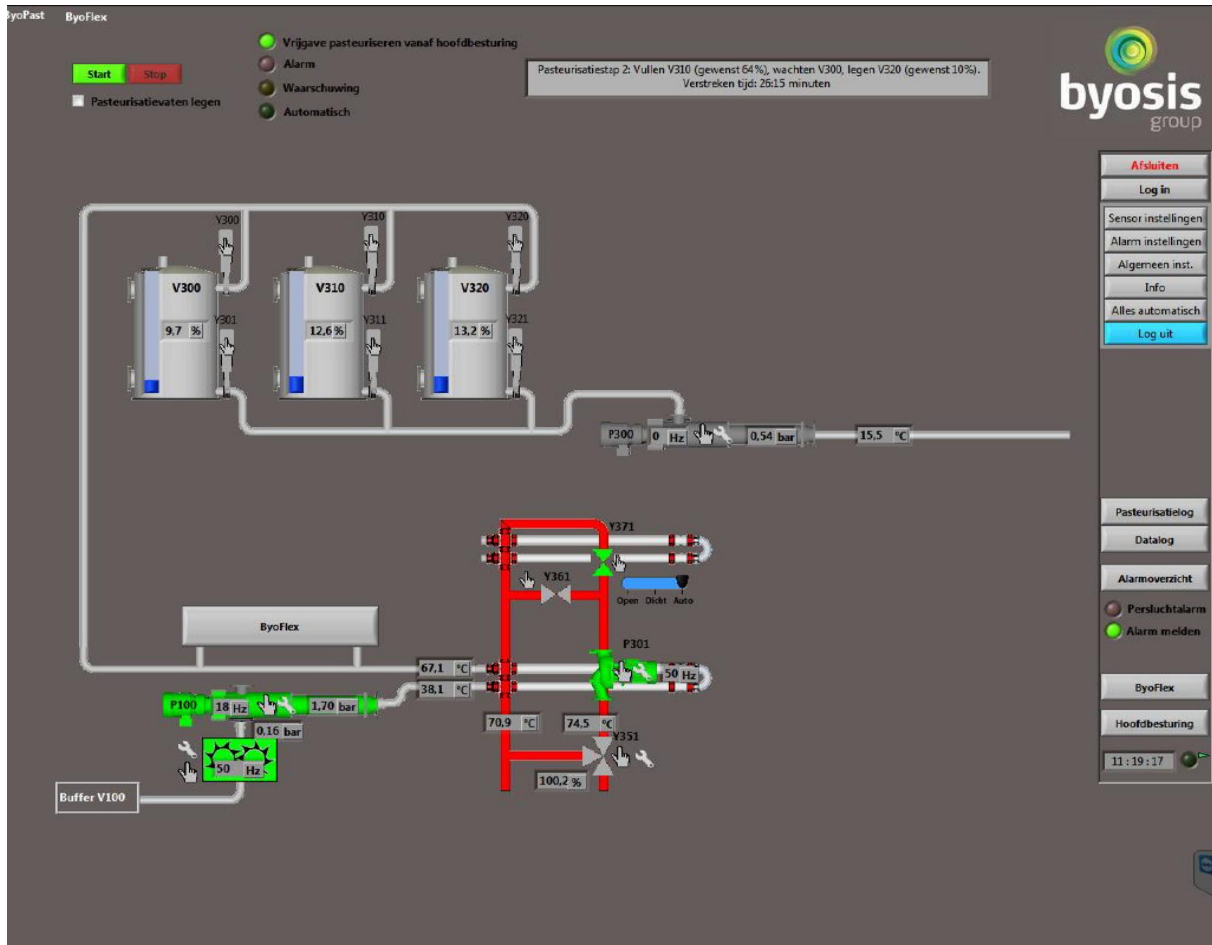
In Figuur 16 is het overzicht van de hygiënisatie installatie weergegeven. De getallen in dit figuur mogen niet als bedrijfswaarden worden genomen.

Hygiënisatie parameters

Digestaat dat als verwerkt wordt beschouwd dient gehygiëniseerd te worden. Het hygiënisatie proces dient te minimaal aan twee parameters te voldoen. Ten eerste dient de deeltjesgrootte van het digestaat verkleind te worden tot maximaal 12 mm. Daarnaast moet het digestaat een uur lang een temperatuur van boven de 70°C hebben. Daarmee worden ziekteverwekkers voldoende afgedood. De gebruikte temperatuur en tijd zijn standaard parameters voor hygiënisatie van mest.

Proces

Uit het overzicht van Figuur 16 blijkt dat al het digestaat uit de na-vergister (Buffer V100) eerst door een versnijder wordt geleid. De versnijder heeft het doel om te kunnen garanderen dat de deeltjesgrootte van het digestaat kleiner is dan 12 mm.



Figuur 16 Overzicht ByoPast

Na de versnijder wordt het digestaat door een warmtewisselaar geleid (in het rood) waarbij het digestaat wordt opgewarmd tot 3°C boven de hygiënisatietemperatuur (70°C). Bij het uitreden van de warmtewisselaar wordt de temperatuur van het digestaat gemeten met een temperatuur sensor (TC300).

Na de warmtewisselaar kan er gekozen worden of het materiaal geheel of gedeeltelijk naar de stikstofstripper (ByoFlex) wordt verpompt of wordt gehygiëniseerd. Digestaat dat naar de stikstofstripper wordt verpompt, zal terug keren naar de vergister. Het digestaat dat gehygiëniseerd dient te worden, wordt naar één van de 3 hygiënisatietanks verpompt.

De hygiënisatietanks zijn geïsoleerd waardoor warmteverliezen worden beperkt. Het digestaat blijft minimaal 60 minuten in de tank, waarbij de temperatuur boven de 70°C blijft. Na deze tijd wordt het digestaat uit de tank gepompt waarna de temperatuur nogmaals wordt gemeten. Dit is een controle meting waarbij wordt bevestigd dat het digestaat daadwerkelijk een uur boven de 70°C is gebleven. Er worden pasteurisatielogs bijgehouden waarbij de temperaturen in en uit ten opzichte van tijd zijn weergegeven. Via het besturingssysteem is dit eenvoudig terug te vinden.

Het gehygiëniseerde digestaat wordt vervolgens in een afgesloten buffer opgeslagen in afwachting op de volgende stap waarbij het digestaat wordt gescheiden in een dikke en dunne fractie.

7.2.8 SCHEIDER

Aan het gehygiëniseerde digestaat wordt een flocculant toegevoegd om de vaste deeltjes in het digestaat te laten vlokken. Vervolgens wordt het digestaat gescheiden in een dikke en dunne fractie met een centrifuge scheider. Het is enkel mogelijk om gehygiëniseerde digestaat te scheiden. Daarmee wordt kruisbesmetting van onverwerkte mest en gehygiëniseerd materiaal vermeden. De dunne fractie wordt opgevangen in een silo. De dikke fractie wordt met een lopende band naar de droog installatie afgevoerd.

7.2.9 DROGER

De mestdroger heeft 3 droogbanden. Tussen de banden wordt warme lucht geblazen. De lucht is verwarmt met koelwarmte van de stikstofstripper en waar nodig aangevuld met warmte uit de WKK's. De verwarmde lucht wordt voor een groot gedeelte gerecirculeerd in het systeem. De lucht dat niet wordt gerecirculeerd wordt naar de luchtwasser geleid om ammoniak uit de lucht te wassen.

De droger zal enkel gehygiëniseerde dikke fractie ontvangen met een minimale droge stof percentage van 30%. Er kan geen kruisbesmetting plaatsvinden, omdat enkel gehygiëniseerde digestaat wordt gedroogd. De dikke fractie wordt op een droogband gestort en door de droger geleid. Aan het gedroogde digestaat wordt met een band in een geschikte container gestort. Deze container wordt vervolgens afgevoerd van het bedrijf.

7.2.10 LUCHTWASSER

Bij de opslag en verwerking van substraten is het niet onoverkomelijk dat daar geur- en andere emissies bij vrij komen. Om de emissies zoveel mogelijk te beperken zijn er bepaalde maatregelen genomen. Daaronder valt ook het toepassen van een luchtwasser. Zowel lucht uit de loods als alle lucht die uit de drooginstallatie treed worden eerst door de chemische luchtwasser geleid voordat deze naar de buitenlucht wordt geblazen. Het systeem maakt gebruik van zwavelzuur waarmee de ammoniakemissie wordt gereduceerd.

7.3 TOEKOMST VISIE

Op dit moment zijn de verschillende systemen en processen los van elkaar gesimuleerd. Daardoor is weinig bekend hoe verschillende processen op elkaar reageren. Om meer inzicht in het proces te krijgen kan men beter het resultaat simuleren en daardoor het proces optimaliseren.

Om inzicht te krijgen in het systeem dienen de volgende waarden te worden gemonitord:

- Voeding per dag
 - o kg input
 - o Biogas potentie
 - o (Organische) drogestof gehalte
 - o Mineralen belasting NPK
- Waarden vergister
 - o (organische) droge stof gehalte
 - o Minerale stikstof
 - o Kalium
 - o FOS/TAC
- Waarden biogas
 - o Methaan percentage
 - o H₂S

Wanneer deze waarden bekend zijn, kunnen er mogelijk connecties worden gemaakt tussen de actie en het resultaat.

8 CONCLUSIES

Op dit moment wordt het percentage aan pluimveemest langzaam opgevoerd. De bacteriën kunnen zich dan aanpassen aan de veranderende substraatmix. De huidige substraatmix bestaat voor 25% uit cosubstraten en 75% uit mest. Daarvan is een groot gedeelte varkensmest, een deel rundveemest en 35% pluimveemest.

Eind 2015 was de minerale stikstof concentratie erg hoog. Nadat de stikstofstripper in werking is getreden, is het aandeel minerale stikstof langzaam gedaald. Bij de laatste meting in maart blijkt het aandeel stikstof nog iets aan de hoge kant 4,9 g/kg, maar is al wel degelijk gedaald ten opzichte van het monster dat is genomen eind 2015 (6,9 g/kg).

Het blijkt dat de concentratie kalium erg snel oploopt bij een groter aandeel pluimveemest. Uit een mestmonster is een kalium concentratie gemeten van 11 g/kg. Kalium heeft echter al een remmend effect op de biogasproductie tussen 4,5 en 8,0 g/kg (20% op de biogasproductie). Kalium wordt voornamelijk met vleeskuikenmest (18,8 kg/ton) in de vergister gevoerd. Een optie om het kaliumgehalte in de vergister te verlagen is door vleeskuikenmest te vervangen door kippenstrooiselmest. Hierin zit bijna de helft minder kalium, namelijk 11,3 kg/ton. Kalium blijft echter een limiterende factor aan het aandeel pluimveemest in de vergister.

Ook zijn er voertesten bij het pluimveebedrijf V.O.F. Huisman-Weis uitgevoerd met droge algen. De kippen bleken geen problemen te hebben met het eten van algen. Tevens veranderde er niets aan de lichamelijke conditie van de kippen en eierproductie veranderde niet. Dat was een belangrijke constatering. Wel werd de mest groener en dunner, vooral bij de concentratie van 12,5 procent. Daardoor werden de eischalen viezer, want de kippen namen de mest aan hun poten mee de nesten in.

Het drogen van algen kost veel energie, daarom is er onderzocht of algen ook vers gevoerd zouden kunnen worden. De kippen bleken hier ook geen probleem mee te hebben. De opname van de algenoplossing had geen invloed heeft op het diergewicht, de eierproductie, het eigengewicht en de voeropname vergeleken met de controlehennen uit de grote stal.

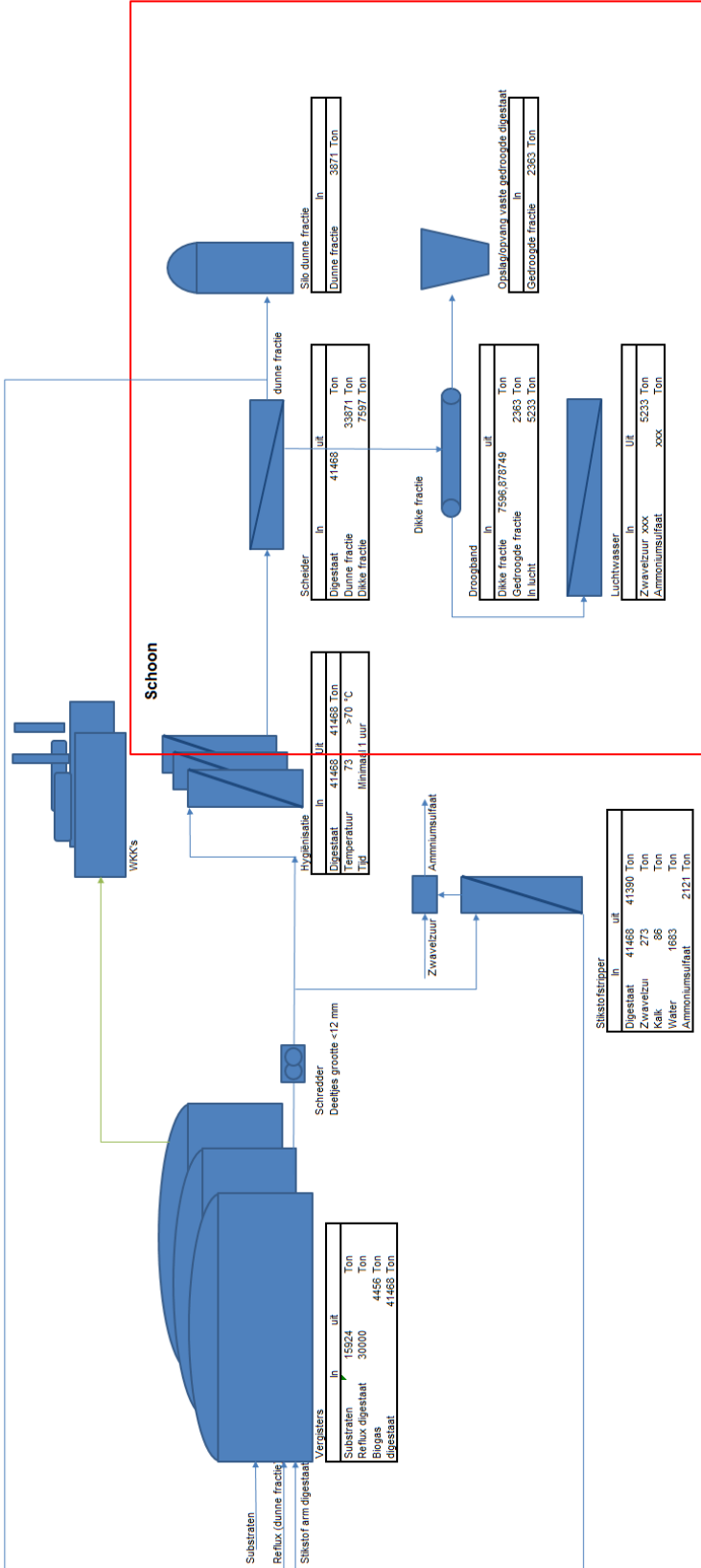
Deze co-vergister is een goed voorbeeld van een biogasinstallatie met een groot aandeel pluimveemest. Het aandeel kalium in de vergister dient echter nog wel verlaagd te worden. Tevens is dit project een voorbeeld hoe de kringloop van mineralen wordt gesloten door algen te kweken op de dunne fractie en als veevoer aan de kippen te geven.

9 BRONNEN

- 1 Kugelman, I.J. & McCarty, P.L. - Cation toxicity and stimulation in anaerobic waste treatment, J.W.P.C.F. 37 (1965): 97.
- 2 Kugelman, I.J. & McCarty, P.L. - Cation toxicity and stimulation in anaerobic waste treatment - daily feed studies, Proc. 19th Purdue Ind. Waste Conf., 1965.
- 3 Wang, Cheng & Boe, Kanokwan & Angelidaki, Irini - Anaerobic co-digestion of desugared molasses with cow manure; focusing on sodium and potassium inhibition - Elsevier, 2006.

BIJLAGEN

BIJLAGE 1. FLOWDIAGRAM



BIJLAGE 2. DUURZAME ENERGIEPRODUCTIE 2015

	jan-15	feb-15	mar-15	apr-15	mei-15	jun-15	jul-15	aug-15	sep-15	okt-15	nov-15	dec-15
Elektriciteit (EAN 871837800000018485)												
Elektriciteitsproductie (KWh)	246.267	208.929	238.550	355.479	395.305	424.455	297.250	464.729	461.750	467.621	447.687	409.363
groenpercentages	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Elektriciteitsproductie op basis van biogas (KWh)	246.267	208.929	238.550	355.479	395.305	424.455	297.250	464.729	461.750	467.621	447.687	409.363
Warmte (EAN 871861900000002341)												
Nuttig aangewende warmte (duurzaam) (GJ)												1,33
Correctie op gemeten hoeveelheid (GJ)												0,00
Gecorrigeerde hoeveelheid nuttig aangewende warmte (duurzaam) (GJ)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,33

BIJLAGE 3. DUURZAAM GEPRODUCEERDE WARMTE 2016

Warmte (EAN 87186190000002198)												
Warmtemeter 1												
	jan-16	feb-16	mrt-16	apr-16	mei-16	jun-16	jul-16	aug-16	sep-16	okt-16	nov-16	dec-16
Nuttig aangewende warmte (duurzaam) (GJ)	212,7	507,6	963,0	1267,6	1166,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Correctie op gemeten hoeveelheid (GJ)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Gecorrigeerde hoeveelheid nuttig aangewende warmte (duurzaam) (GJ)	212,7	507,6	963,0	1267,6	1166,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0