



Project

Kleinschalige Bioraffinage

BO-21.04-001-001

D5.7

Inventarisatie innovatieve
digestaatverwerking in combinatie met
teelt aquatische biomassa

Beschrijving teeltsystemen en monitoringsplan

Maart 2014

W. van Dijk

P. Hoeksma

R. van der Weide

Inhoud

1 Inleiding	5
2 Algen Kelstein.....	7
2.1 Beschrijving teeltsysteem	7
2.2 Monitoringsplan	9
3 Eendenkroos Algaecom	13
3.2 Beschrijving teeltsysteem	13
3.2 Monitoringsplan	15

1 Inleiding

Eén van de opties voor digestaatverwerking is het toepassen van de dunne fractie van digestaat als voedingsstof bij de teelt van aquatische biomassa (Hoeksma, 2013)¹. Gebruik van de dunne fractie bij aquatische teelten heeft tot doel het zuiveren van de dunne fractie en tegelijkertijd het produceren van biobrandstof en van eiwitrijk vis- en veevoer.

Aquatische teelten (o.a. algen, eendenkroos) staan op dit moment volop in de belangstelling. Eén van de factoren voor een voldoende groei is de nutriëntenvoorziening. Uit oogpunt van duurzaamheid en het sluiten van kringlopen is er een voorkeur voor mest(producten) of afvalwater als nutriëntenbron. Naast technische beperkingen (o.a. troebelheid) zijn er ook wettelijke aspecten die de aandacht behoeven bij toepassing van deze nutriëntenbronnen. Dit betreft zowel de mestwetgeving als toelatingseisen voor gebruik als veevoer. Binnen het werkpakket aquatische biomassa van de TKI kleinschalige bioraffinage is nagegaan welke oplossingen mogelijk zijn en welke informatie hiervoor nodig is. Dit doen we aan de hand van twee lopende pilots: algenteelt bij bedrijf Kelstein en eendenkroosteelt bij bedrijf Algaecom. In dit rapport worden de productiesystemen en de monitoringsplannen beschreven. Inmiddels is de monitoring gestart. De resultaten daarvan zullen in een apart rapport worden beschreven.

¹ Hoeksma, P. (2013). Verwerking van digestaat uit co-vergisting. Accres rapport 564. Lelystad

2 Algen Kelstein

2.1 Beschrijving teeltsysteem

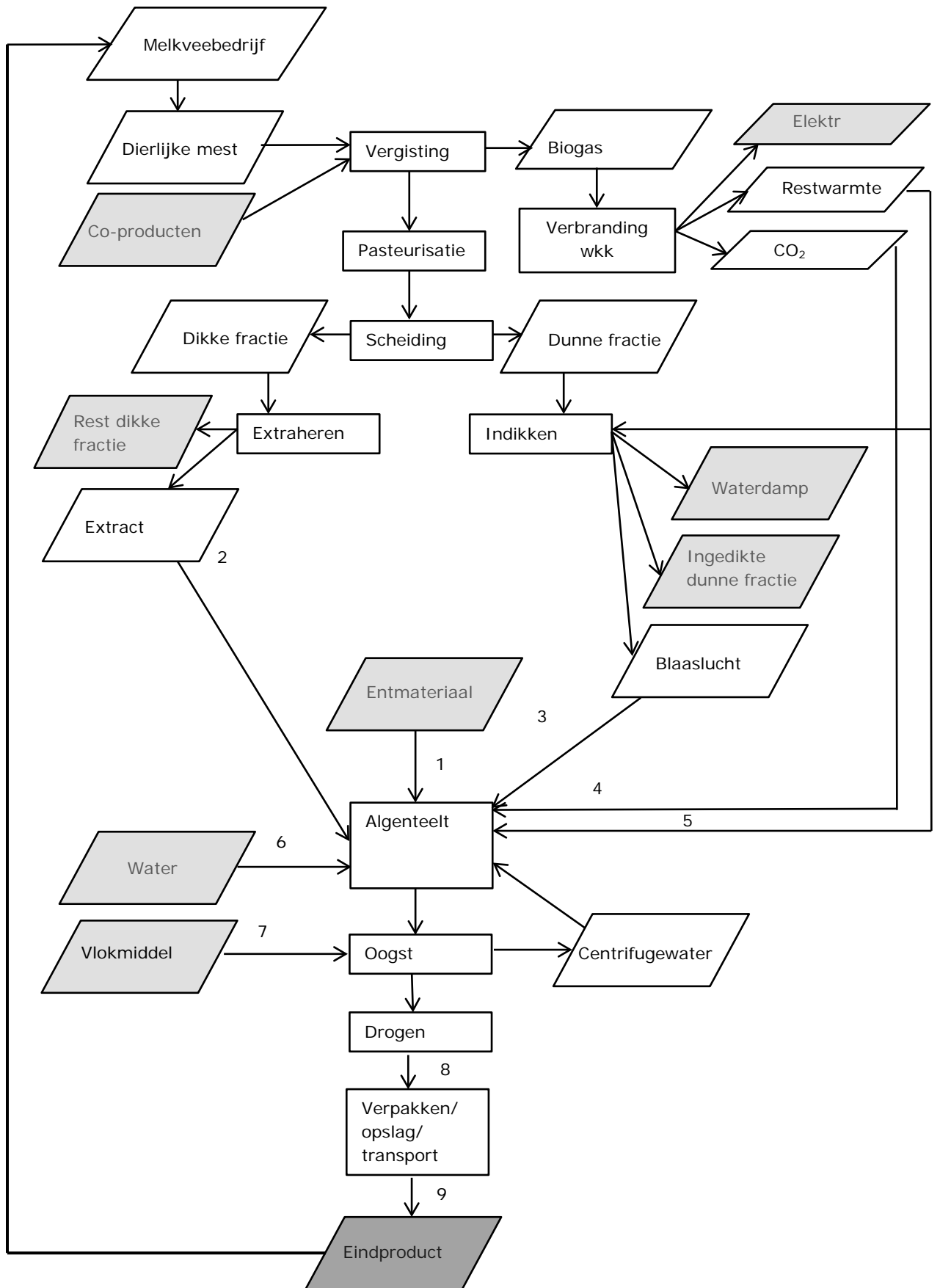
Kelstein is een bedrijf waarin een melkveebedrijf wordt gecombineerd met een vergistingsinstallatie en algenteelt. Het achterliggende idee is dat reststromen die ontstaan in de melkveehouderij en bij vergisting zo veel mogelijk worden benut door de algenteelt. Dit betreft de CO₂ en warmte die vrijkomen in de wkk-motor waarin het biogas uit de vergister wordt verbrand. Daarnaast is het de bedoeling nutriënten uit het digestaat te gebruiken als voeding voor de algen. Op dit moment wordt nog kunstmest gebruikt, omdat direct gebruik van dierlijke mest(producten) bij de algenteelt wettelijk niet is toegestaan indien de geogste algenbiomassa buiten het bedrijf als veevoer wordt afgezet. Bij Kelstein worden algen gekweekt in vier open vijvers en vier fotobioreactoren. De fotobioreactoren worden belicht met LED-verlichting.

Omdat direct gebruik van de dunne fractie niet is toegestaan volgens de GMP+-eisen (Good Manufacturing Practice), probeert Kelstein stikstof en fosfaat zo zuiver mogelijk uit het digestaat te halen alvorens deze te gebruiken bij de algenteelt. Het doel hiervan is om het verhandelen van algenbiomassa geteeld op nutriënten uit dunne digestaatfractie binnen de wettelijke kaders mogelijk. Hieronder wordt de methode beschreven (zie ook Figuur 1).

De vergister wordt gevoed met dierlijke mest afkomstig van het melkvee en co-producten. Het geproduceerde biogas wordt verbrand in de wkk-motor, waarbij elektriciteit wordt geproduceerd en warmte en CO₂ vrijkomen. Het digestaat dat uit de vergister komt wordt eerst gepasteuriseerd en vervolgens gescheiden in een dikke en dunne fractie via een mechanische scheiding (vijzelpers). De dunne fractie wordt vervolgens door verdamping ingedikt met de restwarmte van de wkk-motor. De uitgaande gasstroom van de indikker bevat ammoniak en wordt in de algenvijver gebracht. De aanwezige ammoniak komt dan beschikbaar voor de algen. De ingedikte dunne fractie wordt zo veel mogelijk binnen het bedrijf gebruikt voor de bemesting, het binnen de mestwetgeving niet plaatsbare deel wordt afgevoerd.

Algen hebben naast stikstof ook fosfaat nodig. Het idee is om fosfaat te extraheren uit de vaste fractie door er water door te laten sijpelen waarin zich dan een deel van de fosfaat oplost ('theezetmethode'). In het extract zullen ook stikstof en andere opgeloste nutriënten aanwezig zijn die zich in de vaste fractie bevonden. De resterende dikke fractie wordt van het bedrijf afgevoerd.

De geogste algen worden gedroogd en kunnen op het eigen bedrijf worden gevoerd of extern als veevoer worden afgezet.



Figuur 1. Schema mestbewerking en algenteelt Kelstein.

2.2 Monitoringsplan

Kelstein wil bij de algenteelt de kunstmest vervangen door stikstof en fosfaat uit digestaat. Dit gebeurt via het inbrengen van ammoniakhoudende blaaslucht afkomstig van de indikker van de dunne fractie en extractie van de dikke fractie.

Periodes monitoring

De planning is om in twee aaneengesloten periodes van circa 8 weken de monitoring uit te voeren. Besloten is om deze twee periodes op elkaar te laten aansluiten en begin februari te beginnen:

- Winter+voorjaar 2015: begin februari – half mei

Op deze manier wordt informatie verkregen over de teelt in de winter en die in het voorjaar.

Bij de monitoring één vijver (vijver 1) volledig doorgemeten. Er wordt onderscheid gemaakt tussen monitoring gericht op GMP+-eisen (veiligheid) en mestwetgeving (risico's van stikstof- en fosfaatverliezen naar grond- en oppervlaktewater).

Afhankelijk van de uitkomsten kan overwogen worden nog een derde periode te monitoren.

GMP+-eisen

Hiervoor worden de volgende metingen gedaan (Tabel 1):

- Micro-organismen: Salmonella, Entero-bacteriën, E-coli
- Zware metalen: Arseen, lood, kwik en cadmium
- Dioxines en PAK's

Voor GMP+ moeten we de risico's van de algenteelt gekoppeld aan de vergisting in kaart brengen. Dit betekent dat alle processtromen in relatie tot algenproductie gemonitord moeten worden. Voor een volledig beeld moeten de volgende stromen worden gemeten:

1. Input vergister
2. Digestaat
3. Digestaat na pasteurisatie
4. Dikke fractie
5. Dunne fractie
6. Extract dikke fractie
7. Dunne fractie
8. Inhoud algenvijver
9. Algenpasta
10. Droog eindproduct

Voor elk van deze stromen dient een voorziening (aftappunt/ monsterkraan, monsterbuis, monsterschep etc.) aanwezig te zijn die representatieve bemonstering mogelijk maakt. Kelstein brengt deze voorzieningen aan.

Wat betreft de bepaling van micro's, zware metalen en voederwaarde sluiten we aan bij de controlemetingen die reeds in het kader van BIO IN worden gedaan.

De bepaling van micro-organismen en zware metalen wordt per meetperiode 1 keer gedaan. Voor twee meetperiodes betekent dit dus totaal $8 \times 2 = 16$ bepalingen voor micro-organismen en voor zware metalen. De bepaling van dioxines en PAK's wordt één keer gedaan, alleen bij het eindproduct (algenpasta).

De monsters worden aangeboden bij het ALNN-lab. De analyse op micro-organismen en mogelijk ook dioxines en PAK's zal ALNN uitbesteden. Van belang is dat de bepaling van micro's direct na monsternamen plaatsvindt. Van alle analyses zal worden gerapporteerd welk laboratorium de analyses heeft uitgevoerd en welke methoden zijn toegepast.

De aanwezigheid van cyanobacteriën in de algenvijvers wordt op dit moment al gemonitord door Algae Food & Fuel.

Tabel 1. Monitoring GMP+-richtlijnen

Monitoringspunt	Microorganismen	Zware metalen	Dioxines/PAK's	Voederwaarde
Input vergister ¹	+	+		
Digestaat	+	+		
Digestaat na pasteurisatie	+	+		
Dikke fractie	+	+		
Dunne fractie	+	+		
Extract dikke fractie	+	+		
Inhoud algenvijver	+	+		
Algenpasta	+	+	+	+
Droog product	+	+		+

1 Dit betreft mix van ingaande producten in vergister, dus geen analyse per afzonderlijk product

Mestbeleid

In het kader van het mestbeleid is het van belang een N/P-balans van het algenkweekstelsel op te stellen. Hiertoe moet van alle ingaande en uitgaande producten de hoeveelheid en het N- en P-gehalte worden bepaald. In Tabel 2 en 3 zijn de monitoringspunten weergegeven en wat er per punt moet worden gemeten.

De hoeveelheid blaaslucht wordt op dit moment niet gemeten (geen flowmeter aanwezig). Hoewel minder nauwkeurig, kunnen we als alternatief uitgaan van de capaciteit van de blower. Deze zal gedurende de monitoringsperiode twee maal door WUR worden gecontroleerd middels een luchtsnelheidsmeting in de buis.

Het NH₃-gehalte wordt gemeten met behulp van Kitagawa- of Drägerbuisjes. In de eerste week van de monitoringsperiode wordt dit dagelijks gedaan, daarna afhankelijk van de gevonden variatie, 1-2 keer per week. Gedurende de monitoringsperiode wordt door WUR twee maal het NH₃-gehalte nat-chemisch bepaald, waarbij de blaaslucht in de buis een aantal uren wordt bemonsterd.

Het rookgas uit de WKK wordt in de huidige bedrijfsvoering al maandelijks geanalyseerd op o.a. NO_x en roet. Voor de samenstelling van het rookgas zijn derhalve geen extra metingen nodig. De totale rookgastoevoer naar het algenkweekstelsel is constant maar wordt op een gegeven moment verdeeld over de vijvers. Omdat we aan één vijver meten is niet bekend hoeveel rookgas in de betreffende vijver wordt ingebracht. Hiervoor zal door Kelstein een flowmeter worden aangebracht.

Alle monsters worden geanalyseerd bij ALNN, wel of niet uitbesteed. Van alle toegepaste analysemethoden, ook van de uitbesteede analyses, wordt een beschrijving opgevraagd en gerapporteerd.

Alle bepalingen worden eens in twee weken gedaan. Uitgaande van een meetperiode van 8 weken betekent dit 5 metingen. De geplande datums zijn 11 november, 25 november, 9 december, 23 december en 6 januari.

Aanvullende metingen met Hach Lange kits

- Aanvullend op de metingen die door ALNN worden uitgevoerd, wordt door Algae Food & Fuel met behulp van de Hach Lange meetkits het NH₄⁻, NO₃⁻ en PO₄⁻ gehalte gemeten in zowel de vijver als het extract.
- Bij de extractie van de dikke fractie zal eenmalig (bij de start van de meetperiode) gedurende 1 week met de Hach Lange kits het NH₄⁻, NO₃⁻ en PO₄⁻ gehalte dagelijks worden gevolgd gedurende het extractieproces.

Waterbalans

Om een goede waterbalans te kunnen opstellen moeten gedurende de meetperiode de hoeveelheden toegevoerd water (regenwater en leidingwater) en afgevoerd water (centrifugewater) worden geregistreerd.

Tabel 2. Monitoring N- en P-balans algenkweekstelsel per meetperiode: *hoeveelheidsbepaling*

Processtroom	Methode
Ingaande dunne fractie	Capaciteit pomp en tijd
Uitgaande dunne fractie	?
Blaaslucht	Debiet blower en 2 keer luchtsnelheidsmeting door WUR
Dikke fractie naar extractie	Wegen
Dikke fractie uit extractie	Wegen
Extract dikke fractie	Inhoud theepot (geheel naar vijver) en aantal keren
Regenwater	Regenmeter en oppervlakte vijver
Leidingwater algenvijver	Watermeter
Rookgas naar algenvijver	Flowmeter
Inhoud algenvijver	Niveaumeting
Algenpasta	Wegen
Centrifugewater	Volume meten en aantal keren

Tabel 3. Monitoring N-en P-balans algenkweekstelsel per meetperiode: *N- en P-gehalten*

	Samenstelling					Aantal Monsters
	Droge-stof	Org stof	Ntot	NH ₃	Ptot	
Ingaande dunne fractie	+	+	+	+	+	5
Uitgaande dunne fractie	+	+	+	+	+	5
Blaaslucht				+		Dag/wekelijks ¹
Dikke fractie naar extractie	+	+	+	+	+	5
Dikke fractie uit extractie	+	+	+	+	+	5
Extract dikke fractie			+	+	+	5
Regenwater ²						
Leidingwater algenvijver ²						
Rookgas naar algenvijver						
Inhoud algenvijver			+	+	+	5
Algenpasta	+	+	+	+	+	5
Centrifugewater			+	+	+	5

1 . In de eerste week van de monitoringsperiode dagelijks m.b.v. Kitagawa/Dräger-buisjes, daarna afhankelijk van de gevonden variatie, 1-2 keer per week.

2 bij N- en P-gehalte uitgaan van literatuurwaarden

Bemonsteringsplaats en -methode

In Tabel 4 is weergegeven hoe en waar de te monitoren stromen worden bemonsterd.

Tabel 4. Bemonsteringsplaats en –methode van te onderzoeken stromen.

Stroom	Hoe en waar bemonsteren
Input vergister	Monster nemen uit hydrolysebak, gelijk na begin vullen, circa 1 l
Digestaat	Aftapkraan op installatie, in een uur tijd 5 monsters (1 l) nemen, mengen en daarvan een mengmonster (1 l) nemen voor analyse
Digestaat na pasteurisatie	Aftapkraan halverwege de buis naar de separator, in een uur tijd 5 monsters (1 l) nemen, mengen en daarvan een mengmonster (1 l) nemen voor analyse
Dikke fractie	Dikke fractie opvangen (2 charges) en daaruit op verschillende plaatsen handjes nemen en die samenvoegen tot 1 monster (ca. 1 kg)
Dunne fractie	Gedurende vullen bak indikker bemonsteren, in een uur tijd 5 monsters (1 l) nemen, mengen en daarvan een mengmonster (1 l) nemen voor analyse Bemonstering op hetzelfde moment als dikke fractie.
Extract dikke fractie	Monster (1 l) nemen uit opslagtank extract
Resterende dikke fractie	Dikke fractie opvangen (2 charges) en daaruit op verschillende plaatsen handjes nemen en die samenvoegen tot 1 monster (ca. 1 kg)
Centrifugewater	Monster (1 l) nemen uit opslagtank centrifugewater
Inhoud algenvijver	Op de 4 hoekpunten van de vijver een monster nemen, samenvoegen en mixen en mengmonster nemen (1 l).
Algenpasta	Circa 0.5 l nemen uit geoogst algenpasta, bemonsterd op dezelfde dag als de andere stromen
Gedroogde pasta	Circa 200 gram bemonsteren van de oogst die hoort bij de natte algenpasta

3 Eendenkroos Algaecom

3.2 Beschrijving teeltsysteem

Algaecom heeft een teeltsysteem voor eendenkroos gerealiseerd in Gasselternijveenschemond. Het teeltsysteem is volledig gesloten, het teeltmedium (water met voedingsstoffen) en het kroos komen niet in vrij contact met de buitenlucht of met de bodem. Teeltmedium en kroos kunnen daardoor volledig gecontroleerd en beheerst worden. Het systeem ligt naast een vergistingsinstallatie, waardoor er gebruik gemaakt kan worden van reststromen van de vergister (digestaat, restwarmte en rookgas/CO₂).

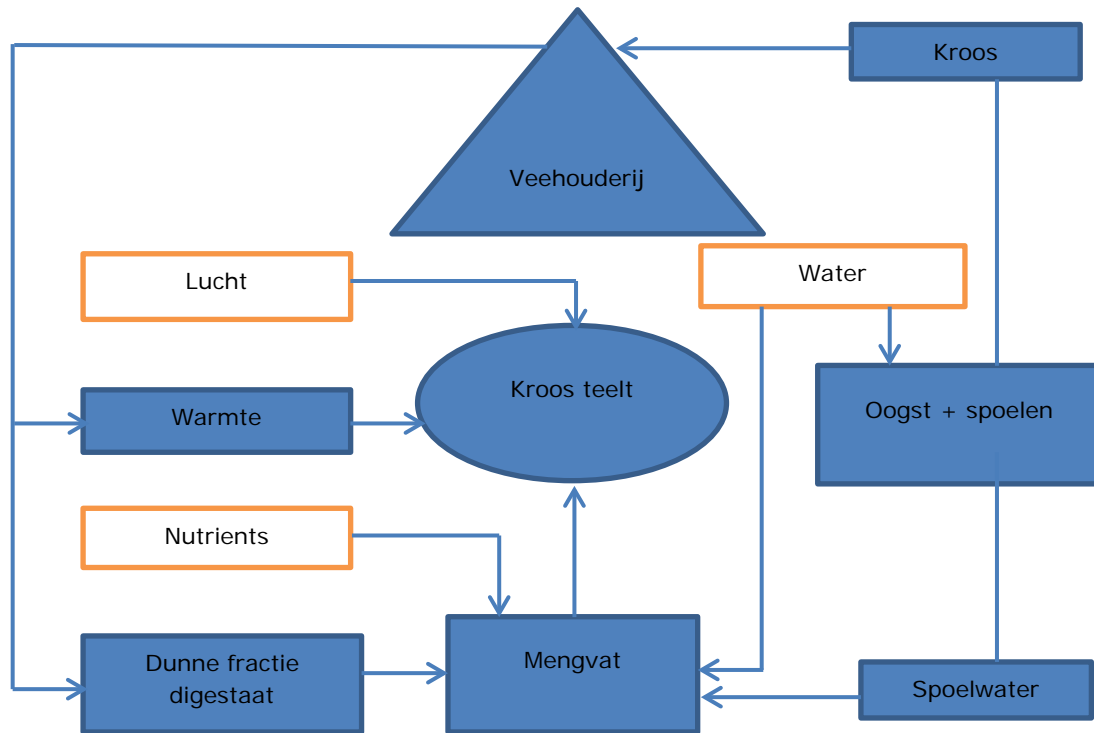
Het processchema van het Algaecom teeltsysteem is weergegeven in Figuur 2. Figuur 3 laat foto's (van delen) van het systeem zien.

Het eendenkroos wordt geteeld in langwerpige plastic zakken gevuld met teeltmedium. De zakken worden continu belucht. Het waterniveau wordt op een constant peil gehouden. De oogst vindt plaats door aan de ene kant van de zak water (+ nutriënten) in te laten. Hierdoor ontstaat een waterbeweging naar de andere kant van de zak, waardoor een deel van het water en kroos via een uitlaat uit de zak stroomt en in een verzameldrain terecht komt. De verzameldrain komt uit in een verzamelvat (hierna mengvat genoemd) waarin het kroos van het water wordt gescheiden via een korf met zeef. Het kroos wordt nagespoeld met water. Daarna kan het rechtstreeks in de voermengwagen worden bijgemengd en gevoerd aan het vee. Het spoelwater en het water uit de verzameldrain worden verzameld in het mengvat. Naar behoefte worden hier nutriënten (kunstmest en/of dunne fractie) en extra water toegediend en gemengd, waarna de inhoud van de put weer wordt gebruikt als inlaat van de zakken. Extra water is nodig ter compensatie van verlies via verdamping en water in en aan het geoogste kroos.

Aan het teeltmedium kan dunne fractie van mest of digestaat worden toegediend als mineralenbron. Het mineralengehalte in het teeltmedium wordt voortdurend gemonitord, zo nodig kunnen afzonderlijke sporenelementen of mineralen worden toegevoegd om tot de gewenste samenstelling te komen. Optioneel kan ervoor worden gekozen om CO₂-rijke rookgassen in het systeem te brengen, waardoor de groei van het kroos positief wordt beïnvloed. Het kroos komt dan wél met deze rookgassen in aanraking. Op dit moment wordt er geen rookgas toegediend.

Er wordt wel gebruik gemaakt van beschikbare (rest-)warmte van de vergister om de groei van het kroos te bevorderen. Dit wordt gedaan via in de grond aangebrachte verwarmingsbuizen waar doorheen opgewarmd water (warmte wkk) stroomt. Het kroos komt niet in aanraking met het medium (water) waarmee die warmte wordt toegediend.

Bij gebruik van nutriënten uit digestaat/dunne fractie als voeding voor de kroosteelt zijn wat betreft de afzet van de geoogste biomassa vooral eisen van GMP⁺ van belang. De monitoring zal zich hierop richten.



Figuur 2. Processchema van Algaecom eendenkroosteelt.



Figuur 3. Teelt van eendenkroos Algaecom: Linksboven: Teelt in plastic zakken, Rechtsboven: Mengvat waarin o.a. spoelwater terechtkomt en waarin nutriënten en water worden toegevoegd, Rechtsonder: Luchtinlaat teeltzak, Linksonder: Uitlaat zakken naar verzameldrain.

3.2 Monitoringsplan

Planning

De monitoring zal in twee periodes van elk 8 weken plaatsvinden:

- Eerste meetperiode: september/oktober 2014
- Tweede meetperiode: nog nader af te spreken

GMP⁺-eisen

Hiervoor worden de volgende metingen gedaan (Tabel 5):

- Micro-organismen: Salmonella, Entero-bacteriën, E-coli
- Zware metalen: Arseen, lood, kwik en cadmium
- Dioxines en PAK's

Voor GMP⁺ moeten we de risico's van de kroosteelt gekoppeld aan de vergisting in kaart brengen. Dit betekent dat alle processtromen in relatie tot kroosproductie gemonitord moeten worden. Voor een volledig beeld moeten de volgende stromen worden gemeten:

1. Uitstromend krooswater uit zakken
2. Input kunstmest
3. Input dunne fractie digestaat
4. Input water (bron)
5. Output gespoeld product

Voor de wijze van bemonstering wordt verwezen naar Tabel 6.

De bepaling van micro-organismen en zware metalen wordt per meetperiode 1 keer gedaan. Voor twee meetperiodes betekent dit dus totaal $5 \times 2 = 10$ bepalingen voor micro-organismen en voor zware metalen (Tabel 5). De bepaling van dioxines en PAK's wordt één keer gedaan, alleen bij het gespoelde eindproduct.

De monsters worden aangeboden bij een laboratorium dat geaccrediteerd is voor de betreffende analyses. Van alle analyses zal worden gerapporteerd welk laboratorium de analyses heeft uitgevoerd en welke methoden zijn toegepast. Van belang is dat de bepaling van micro-organismen direct na monsternamen plaatsvindt.

Tabel 5. Monitoring Algaecom volgens GMP⁺-richtlijnen

Monitoringspunt	Micro-organismen	Zware metalen	Dioxines/PAK's
Uitstromend water uit zakken	+	+	
Input kunstmest		+	
Input dunne fractie	+	+	
Input water (bron)	+	+	
Output gespoeld product	+	+	+

Mestbeleid

In het kader van het mestbeleid is het van belang een N/P-balans van het kroosteeltsysteem op te stellen. Hiertoe moeten van alle ingaande en uitgaande producten de hoeveelheid en het N- en P-gehalte worden bepaald. In Tabel 6 zijn de monitoringspunten weergegeven.

Alle bepalingen worden eens in twee weken gedaan. Uitgaande van een meetperiode van 8 weken betekent dit 5 metingen, in totaal dus 10 metingen voor twee meetperiodes.

De N- en P-gehalten van het uitstromende water en het bronwater worden door Algaecom uitgevoerd met behulp van de Hach Lange testkits. De monsters van de dunne fractie en het gespoelde kroos worden geanalyseerd door een daarvoor geaccrediteerd laboratorium. Voor de dunne fractie kan het beste worden uitgegaan van een standaard mestanalyse. Van alle analyses zal worden gerapporteerd welk laboratorium de analyses heeft uitgevoerd en welke methoden zijn toegepast

Tabel 6. Monitoring N-en P-balans algenkweekstelsel.

	Hoeveelheid	Samenstelling					Aantal Monsters ¹
		Droge-stof	Org stof	Ntot	NH ₄ -N	Ptot	
Uitstromend water uit zakken				+	+	+	10
Input kunstmest ²	+						
Input dunne fractie	+	+	+	+	+	+	10
Input water (bron)	+			+		+	10
Output gespoeld product	+	+	+	+		+	10

1 Uitgaande van twee meetperiodes van 8 weken en bemonstering per 2 weken

2 Bij N- en P-gehalten uitgaan van waarden vermeld op de verpakking

De hoeveelheid toegevoerde kunstmest, dunne fractie en bronwater en de hoeveelheid afgevoerde gespoelde eendenkroos worden de gehele periode van 8 weken bijgehouden zodat op basis van het totale verbruik en opbrengst en de 2-wekelijkse N/P-analyses een massabalans van het teeltsysteem kan worden opgesteld.

Bemonsteringsplaats en -methode

In Tabel 7 is weergegeven hoe en waar de te monitoren stromen worden bemonsterd.

Tabel 7. Bemonsteringsplaats en –methode van te onderzoeken stromen.

Stroom	Hoe en waar bemonsteren
Uitstromende water uit zakken	Bemonstering vindt plaats op het moment van waterinlaat en gelijktijdige uitstroom van water en kroos vanuit de zakken naar de verzameldrain en mengput. Bediening van de instroom vindt plaats per sectie van 7-8 zakken. Totaal gaat het om 8 secties (totaal 58 zakken). De bemonstering wordt als volgt uitgevoerd: <ul style="list-style-type: none"> Bij elke sectie wordt het uitstromende water bemonsterd door op een aantal momenten (4-5 keer) water af te nemen onder de zeefkorf (na scheiding kroos en water) zodat circa 1 l totaal wordt verkregen. Dit wordt gedaan voor alle 8 secties. De zo verkregen 8 monsters worden bijeen gedaan in een emmer waaruit vervolgens na mengen één monster wordt genomen voor analyse.
Input nutriënten uit kunstmest	Hoeveelheid toegediende meststof wegen. Voor N- en P-gehalte kan worden uitgegaan van de waarden vermeld op de verpakking.
Input dunne fractie	Als in het mengvat dunne fractie wordt toegevoerd een monster nemen (1 l) door tijdens de toevoer op een aantal momenten (4-5 keer) een beetje dunne fractie te verzamelen.
Input water (bron)	Als in het mengvat bronwater wordt toegevoerd een monster nemen (1 l) door tijdens de toevoer op een aantal momenten (4-5 keer) een beetje water te verzamelen.
Output gespoeld product	Het verzamelde kroos van de 8 secties wordt verzameld en gespoeld met water. Na uitlekken (1 uur) vanuit verschillende plaatsten in de partij handjes nemen zodat een monster van circa 1 kg wordt verkregen.