

Enorm Biofactory – Værdiforøgelse af restbiomasser gennem insektproduktion

MUDP - Faglig delrapport

1. halvår 2020

Journal nr. på tilsagn: MST-117-00460

Skrevet af: Projektleder, Jane L. Sam (Enorm Biofactory A/S) med bidrag fra Arne Blok Lauridsen (Teknisk chef, Enorm Biofactory A/S) og Kylian Manon Eggink (DTU Aqua).

Kontaktperson i Miljøstyrelsen: Bjørn Olsen

Indholdsfortegnelse

AP 1 – Udvikling af foder og fluebure	1
Status AP 1	2
Design af væstkasser	3
Optimering af lys i fluebure.....	4
AP 2 – Teknologiske gennemførlighedsundersøgelser til optimering af produktions set-up.....	4
Status AP 2	4
Ventilationsprincip	5
Forsøg og KPI'er	6
Separation af larver og frass	7
Forarbejdning af larver	10
Status på forarbejdningsprocessen efter 1. halvår 2020	12
Tørreforsøg	13
Slutprodukter	14
AP 3 - Demonstration af full-line produktion af insektmel og -olie.....	15
Status AP 3	15
AP 4 - Etablering af fuldskala anlæg.....	16
Status AP 4	16
AP 5 - Udvikling af fiskefoder	16
Status AP 5	17
AP 6 - Udvikling af koncept til værdiskabelse af insekt frass.....	17
Status AP 6	17

AP 1 – Udvikling af foder og fluebure

I arbejdsplanen 1 testes i lab skala prototyper af bure til fluer samt væstkasser til fluelarverne, for at skabe optimale forhold for fluernes reproduktion og vækst af larven. Der udvikles første foderrecept til BSF-larver

baseret på restbiomasser. Endelig undersøges muligheden for at anvende lænse vandet fra vækststaldene som vækstmedie til produktion af mikroalger.

Leverancer i denne arbejds pakke:

- 1) Færdigt design og udviklede prototyper af fluebure, ægopsamlingsenheder og væstkasser.
- 2) Generation 0.1 recept for BSF-foder baseret på restbiomasser.
- 3) Analyser af mikroalger baseret på lænse vand fra larveproduktionen.

Status AP 1

I 1. halvår har vi oplevet udfordringer i reproduktionen. Først oplevede vi, at fluerne begyndte at lægge æg i puppeboksene, hvorfor de ikke kunne høstes i ægopsamleren. Den forkert placerede æglægning skyldtes at hvis først én flue havde lagt æg i kanten af boksen, tiltrak dette flere fluer, og æggene var svære at få af boksene fra gang til gang. Med ændrede procedurer for rengøring og håndtering af puppebokse, løste vi dette problem.

Derudover har klima og ventilation i en lang periode været indstillet til et kompromis. Eftersom vi har bygget larvestaldene om og fået nyt ventilationsanlæg. Både seedlarver og larver til pupper har været i fluestalden, hvilket også har betydet et dårligere klima for fluerne, med for lav fugtighed, for høje temperaturer, og deraf ringere æglægning. Vi har nu fået de nye larvestalde kørt ind og klimaet i fluestalden optimeret efter fluernes behov.

Den næste udfordring kom med det mildere vejr. Over efteråret og vinteren har vi haft pupperne til at stå i et gangareal fra de kom fra larvestalden, og indtil de skulle tilsluttes flueburene. Temperaturen i gangen var ca. 20 grader, da temperaturerne udenfor var lavere og indendørs opvarmning, gjorde klimaet rimelig stabilt. Med de varmere temperaturer udendørs blev gangarealet højere end 20 grader, hvilket betød at fluerne klækkede før tid, og summede rundt i puppeboksene for længe før tilslutning til flueburene, og blev til "zombiefluer" (egen betegnelse for fluer, der er dødsige og dør inden æglægning). Vi har derfor bygget en puppestald, hvor vi kan styre klimaet og klækning af fluerne.

Efter en lang periode med udsving i reproduktionen, og dermed meget lidt imponerede data for æglægning, har vi i rapporten ikke medtaget høstede æg per m³ per dag, som vi har gjort i øvrige perioder. Nu har vi alle forudsætninger for at forbedre ægindsamlingen, hvilket vil være et fokusområde i 2. halvår af 2020.

Status i reproduktionen er i øvrigt at alle 200 fluebure er i drift og der bliver høstet æg alle ugens hverdage. Derudover har vi 20 testbure, som vi i foråret har testet lys i.

Vi vil fortsat arbejde videre med at optimere burene og processen for reproduktion. Dette vil bl.a. omfatte udvikling og test af nye prototyper fluebure i større dimensioner, management i forhold til larver, pupper og fluers opholdstid i de forskellige stalde, samt ny metode til forsyning af vand i burene.

Da vi har ombygget larvestaldene i foråret, har vi gjort meget få erfaringer med fodring i staldene. Ved indkøring af ventilationssystemet, er det nødvendigt at anvende én foderrecept, som vi ved virker. Foderet er derfor i en periode baseret på hvede, ærtegrit, roesnitter og vand. Vi vil arbejde med restbiomasser igen, når ventilationssystemet er fuldt indkørt. Dog har vi fortsat udført forsøg i inkubationskasserne. Foderforsøgene er udført i samarbejde med masterstuderende ved Aarhus Universitet Nanna Løjborg og har udmundet i afslutningsprojektet: "Nutritional requirements of Black Soldier Fly Larvae for production cost and

efficiency optimization – Comprehensive analysis of feed protein requirements of BFSL and the effect of energy-to-protein ratio, by real-time process monitoring and process modelling”

I forhold til ansøgningens tidsplan og leverancer følger vi stort set planen, på nær aktiviteten omkring produktion af mikroalger i lænsevand fra produktionen. Aktiviteten var planlagt til at løbe fra Q1 2020 til og med Q1 2021. Udfordringen er, at vi i POC produktionen ikke har hverken varmpumpe eller luftrensning i form af en scrubber, hvilket betyder at vi ikke har noget lænsevand. Vi er nået frem til at etablering af dette ikke vil være meningsfuldt i den lille POC produktion. I det kommercielle anlæg forventer vi, at der vil blive etableret luftrensning, det vil dog med stor sandsynlighed blive i form af et biofilter, hvorfra der ikke vil være noget lænsevand. Dog vil der med al sandsynlighed skulle etableres en varmpumpe, hvorfra der vil være en form for lænsevand. Vi er dog i tvivl om hvorvidt det vil være en mere meningsfuld løsning at etablere energipil i rodzoneanlæg. Vi forventer, at være blive mere afklarede omkring dette punkt i løbet af de næste 1-2 måneder og at dette kan tages op til næste styregruppemøde.

Design af vækstkasser

Vi har i perioden arbejdet med design af vækstkasser. Her er det vigtigt, at bruge så store kasser som muligt for at have færrest mulige håndteringer i den endelige produktion. Der skal tages hensyn til at der skal kunne findes udstyr til håndtering, herunder fyldning, tømning og vask af disse kasser. Det er vigtigt, at holde os inden for industrielle standardmål. Vi har derfor valgt at vækstkasserne i fremtiden skal være 120x80 cm i grundflade ligesom en standard palle. Kasserne skal være selvbærende og stabelbare i minimum 20 kasser ovenpå hinanden. Der skal altså ikke bruges paller til at stille vækstkasserne på længere.

I pilotproduktionen har vi taget det hensyn at vækstkasserne inklusive indhold af foder og larver skal kunne håndteres af en person, da der stadig er en del manuelle processer indtil den endelige proces er fastlagt. Derfor har vi valgt at bruge vækstkasser af plast i størrelsen 60x40x20 cm. Disse kasser kommer maks. til at veje omkring 11 kg inklusive indhold – og det er acceptabelt ift. arbejdsmiljøet. Kassen har vist sig at fungere godt til formålet i pilotproduktionen.

For at undersøge den optimale størrelse og design i en kommerciel produktion, har vi testet hvordan larverne opfører sig i en større vækstkasse. Vi har taget udgangspunkt i 60x40 cm kassen og fremstillet en prototype der svarer til fire af dem – den er således 120x80 cm som vist på billedet herunder. Vi har fremstillet to kasser, hvor den ene har et stort rum på hele kassens størrelse og den anden har en skillevæg i midten. Begge kasser har vist sig at fungere lige så godt som fire af de små.

Næste step ift. udvikling af vækstkasser er, at der bliver udviklet specialfremstillet plastkasse til formålet.



Optimering af lys i fluebure

I foråret har vi gennemført en række tests for at finde ud af hvilket lys der er det mest optimale for at få så stort et udbytte af flueæg som muligt. Dernæst kan vi med stor sandsynlighed skære unødvendige bølgelængder væk og dermed spare energi.

Forsøget er udført ved at udsætte fluerne for forskellige lyskilder med forskellige temperaturer, lysintensiteter og bølgelængder og sammenholde resultaterne med SOP lyskilden for at optimere reproduktionen. Forsøgene er gennemført af Enorms personale i samarbejde med Jesper Ørum fra LEDlife.

Vi har i forsøget haft 4 fluebure med forskellige typer lys og 5 reference fluebure. Vi har gennemført 3 batches af testen, som dog er gennemført i en periode, hvor vi har haft svingende kvalitet af pupper, hvorfor vi ikke har kunne konkludere noget, og vil fortsætte forsøgene hen over efteråret.

AP 2 – Teknologiske gennemførlighedsundersøgelser til optimering af produktions set-up

I arbejdsplan 2 arbejdes der med at kortlægge de teknologiske behov for en automatisering af en bæredygtig produktion af BSF larver. Dette omfatter dimensionering af infrastruktur, der skal understøtte logistik, klimastyring, vask, fyldning, tømning, fodring og processering af larverne.

Leverancer i denne arbejdsplan:

1. Projektering af fabrikken i fuld skala (30 tons levende larver per dag) med hensyn til et mål om 0-spildsproduktion.
2. Intern rapport til brug ved dimensionering af klimastyring i fuldskala-produktion baseret på GHG (Green House Gas) analyser samt CFD (Computational Fluid Dynamics) modellering.
3. Specifikationer til intern logistik af BSF larvevækststalde
4. Udvikling af prototype til dosering af baby larver

Status AP 2

Fokusområderne i AP 2 hos Enorm i Q2 har været ventilation, separation og forarbejdning. Samtidig er vi begyndt at skriftliggøre projektering og design af en fuldskala fabrik. Det er målet at vi 1. oktober 2020, har et "forprojekt" som beskriver hvordan fabrikken kan skaleres til 100 ton levende larver per dag.

For aktivitet 2.3 om udvikling af en CFD model til simulering og optimering af vækstvilkår har Teknologisk Institut i perioden arbejdet på at implementere CFD simulering af konkrete produktionsscenarier.

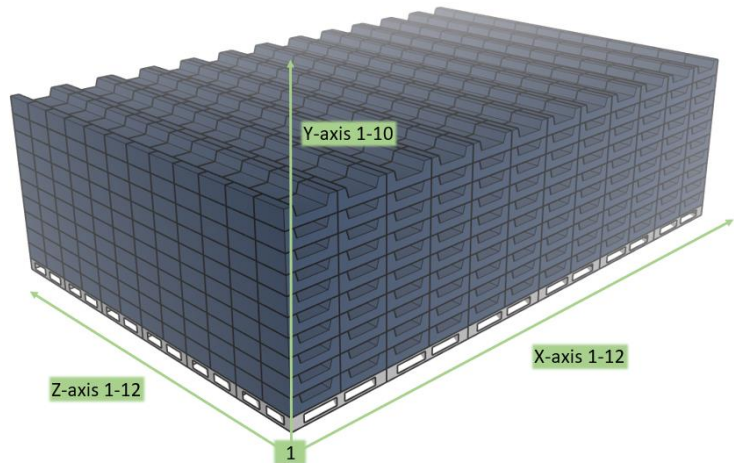
Teknologisk Institut har udviklet en model, baseret på en række CFD simuleringer, der på baggrund af et defineret luftflow kan bestemme larvernes CO₂ produktion i en given produktionskasse. For at dimensionere beluftningen har Teknologisk Institut på baggrund af 12 Computational Fluid Dynamics (CFD) simuleringer udviklet en model, der på baggrund af et luftflow, kan bestemme larvernes CO₂ produktion i en given kasse. Dermed kan det sikres at CO₂ koncentrationen ikke overstiger grænseværdier i kasser langt fra diffusionsvæggen. På nuværende tidspunkt er der ikke taget højde for luftens CO₂ koncentration. Teknologisk Institut er ved at klargøre CFD simuleringer, der kan afprøve forskellige designs af beluftning.

Ventilationsprincip

I 1. halvår 2020 er der udviklet og implementeret et nyt ventilationsprincip hos Enorm. Den følgende beskrivelse vil tage udgangspunkt i en vækststald til Growth-larver. Principperne er ens i alle stalde, mens størrelsen på stalderne varierer.

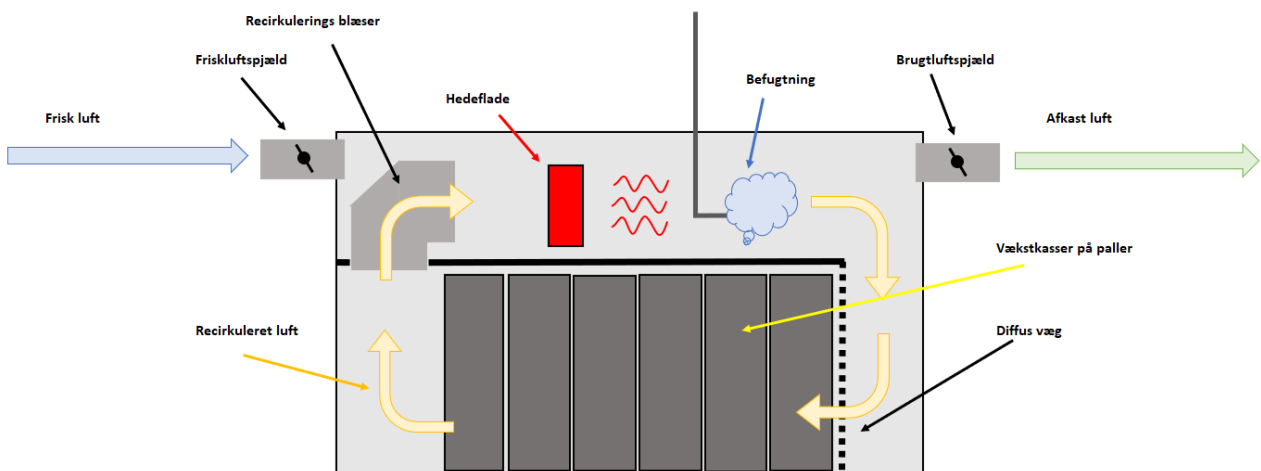
For at imødegå kravet om pladseffektivitet er ventilationssystemet designet således, at pallerne med væstkasser placeres helt tæt op af hinanden. Som illustreret til højre placeres der op til 36 paller med 40 væstkasser pr. palle i en stald.

Vækstkasserne ventileres med fortrængningsventilation langs Z-aksen (se illustration). Vækstkasserne er udformet med åbninger på langsiderne, som luften trækkes igennem. Man kan forestille sig, at de 12 væstkasser danner en "kanal", som luften trækkes igennem.



For at sikre en ensartet fordeling af luften i alle "kanalerne" er der indskudt et diffust lag, som luften møder før den trækkes gennem væstkasserne. Det diffuse lag skaber et trykfald (modstand mod gennemstrømning af luft) og består af væg, der er beklædt med cementbundne træfiberplader (Troldekt-plader). Trykfaldet bevirker, at luften fordeles meget jævnt over hele det diffuse lag både i vertikal og horisontal retning.

Det kræver en temmelig stor gennemstrømning af luft gennem de førnævnte "kanaler" at sikre en ensartet luftkvalitet for både den første og sidste væstkasse i Z-aksens retning. Derfor er langt den overvejende del af den ventilerede luftmængde recirkuleret, mens der kun udskiftes en delstrøm. For at kunne imødekomme kravene om opvarmning, ensartethed, befugtning og CO² niveau er stalderne i princippet opbygget, som vist nedenfor.



Det er via styringen muligt at regulere/styre følgende:

Betegnelse	Interval	Enhed	Bemærkninger
Temperatur	0-60	C	I praksis kan temperaturen ikke reguleres til u. udetemperaturen minus temperatursækning fra befugtning
Relativ luftfugtighed	0-95	%	Kan ikke reguleres til under udefugt niveau, men det er ikke en udfordring i Danmark
CO ² niveau	0-10000	Ppm	Kan ikke reguleres til under niveau i udeluft. Typisk 380ppm.
Recirkuleret luftmængde	0-35.000	m ³ /h	
Luftskifte	0-6.000		Mindste værdi fastsættes manuelt, men kan være højere end fastsat værdi for at evakuere fugt, varme eller CO ²

Forsøg og KPI'er

Der er hen over hele perioden efter opbygning af den første teststald i januar pågået løbende test og indkøring af larvestaldene.

Seed-larvestadiet

På Seed-larvestadiet har vi gjort meget store fremskridt. Ved at skabe et dynamisk klima kan vi tilføre mere varme til Seed-larverne på de første 5 dage end vi tidligere har kunnet gøre. På dag 5-7 er det fortsat nødvendigt at starte en rolig udtørring af væstkasserne, således at Seed-larverne kan kvantificeres og doseres i væstkasser i portioner af 10.000 stk. og dermed overgå til Growth-larvestadiet.

Det er lykkedes at nedbringe Seed-larvestadiet fra 10 dage til 7 dage, samtidigt med at der opnås en bedre kvalitet af både frass og Seed-larver. Tidligere har det været nødvendigt at efterfodre enkelte væstkasser og processen har generelt være meget manuel. Dette er ligeledes heller ikke længere tilfældet.

I 2019 var de bedste resultater i Seed-larvestadiet følgende:

2019 - best practice at ENORM											
Climate											
Definition	Unit	Day 1	Day 2	Day 3	Day 4	Day 5	Day 6	Day 7	Day 8	Day 9	Day 10
Temp:	C	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
RH:	%	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
KPI's											
Kg feed pr. growth crate wet feed/drymatter						4 kg wet		1,2 kg drymatter			
Feed cenversion rate (drymatter to wet larvae)						2,20 kg feed/kg larvae					
Growth / m2 / day						259,7 g/m2/day					
Seedlarvae average weight						0,0048 g/larvae					
Seedlarvae pr. growth crate						114000 larvae/crate					

I 2020 har vi hos ENORM indtil videre opnået følgende:

2020 (1st. Half) - best practice at ENORM									
Climate									
Definition	Unit	Day 1	Day 2	Day 3	Day 4	Day 5	Day 6	Day 7	
Temp:	C	37	37	37	37	37	35	34	
RH:	%	85	85	85	85	80	75	65	
KPI's									
Kg feed pr. growth crate wet feed/dry					4 kg wet		1,2 kg drymatter		
Feed conversion rate (drymatter to wet larvae)					1,53 kg feed/kg larvae				
Growth / m2 / day					532,5 g/m2/day				
Seedlarvae average weight					0,0059 g/larvae				
Seedlarvae pr. growth crate					133000 larvae/crate				

Som det ses, er der opnået en øget vækst hos Seed-larverne, Den øgede vækst må primært tilskrives det nye ventilationsprincip. Den øgede vækst har også sikret en langt bedre foderudnyttelse.

Growth-larvestadiet

Der er har været mange udfordringer under indkøring, men det er dog lykkedes at få væksten øget og stabiliseret til en vis grad. Der vil fortsat skulle foretages en del indkøring fremadrettet i 2020.

Der har været lavet væsentlige ændringer i fodersubstratet til larverne i Growth-stadiet. Dette betyder helt klart at tilvæksten er faldet, at ENORM ikke længere benytter sit referencefoder, som var en "chickenstarter" fodermix. Det er på Growth-larvestadiet lykkedes at opnå følgende:

2020 (1st. Half) - best practice at ENORM									
Climate									
Definition	Unit	Day 1	Day 2	Day 3	Day 4	Day 5	Day 6	Day 7	
Temp:	C	37	37	37	35	35	33	33	
RH:	%	85	85	85	80	75	70	60	
CO2:	Ppm	900	1300	1800	2000	2100	1800	1500	
Air flow:	m3/h/ton larvae	300	400	700	900	1200	1200	1500	
KPI's									
Kg feed pr. growth crate wet feed/dry					7 kg wet		2,1 kg drymatter		
Feed conversion rate (drymatter to wet larvae)					1,46 kg feed/kg larvae				
Growth / m2 / day					0,98 kg/m2/day				
Growthlarvae average weight					0,145 g/larvae				
Growthlarvae pr. growth crate					10250 larvae/crate				

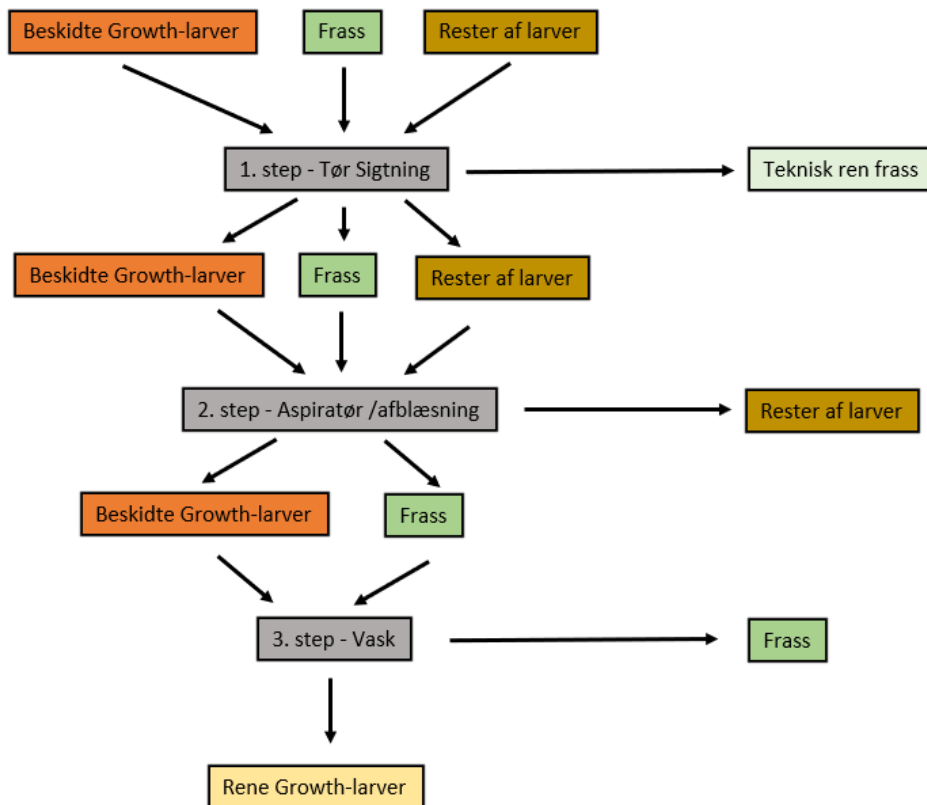
Separation af larver og frass

Formålet med separationen af larver og frass, er at producere følgende fraktioner:

Fraktion	Formål	Krav/målsætning
Growth-larve	Growth-larven skal benyttes til forarbejdning og alt i denne fraktion indgår derfor i slutproduktet.	Fraktionen skal være 100% ren og udelukkende bestå af Growth-larver
Frass (teknisk/ren)	Den "tekniske" frass skal kunne benyttes til gødning/landspredning og må derfor ikke indeholde rester af husdyr.	Fraktionen skal være 100% ren og udelukkende bestå af frass.

Frass	Denne frass fraktion kan være nødvendigt, men ikke ønskværdig. Nødvendigheden består i, at hvis man ønsker en hel ren fraktion af frass, så må man også acceptere, at en lille del aldrig bliver helt ren. Denne del skal være så lille så mulig og må håndteres efter gældende lovgivning.	Fraktionen skal være så lille som mulig.
Rester af larver	Under Growth-larvernes vækst vil de skifte ham. Dette er naturligt og uundgåeligt. Der må dog ikke være rester af larver i den tekniske frass eller i slutproduktet fra forarbejdningen.	Så ren og lille en fraktion, som muligt. Fraktionen skal udelukkende bestå af ham fra Growth-larverne.

Produktionen af de ovenstående fraktioner opnås gennem følgende trin:

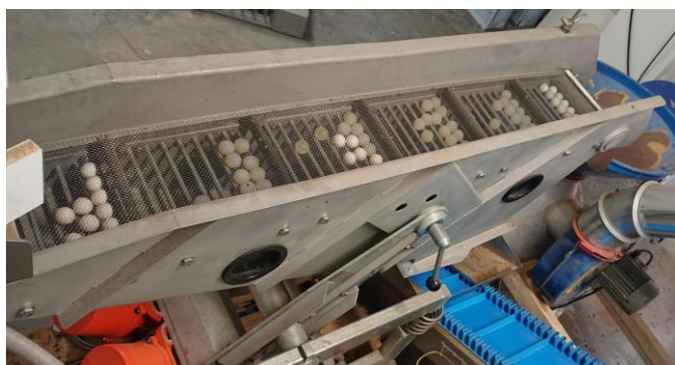


1. step - Tør sigtning

Tidligere har ENORM benyttet en kornsigte fra Øgandahls Maskinfabrik til den tørre sigtning. Den største udfordring har her været, at frass'en skal være meget tør (vandindhold <20%) for at sigten ikke stopper til.

ENORM har etableret et samarbejde med ALVIBRA, som beskæftiger sig med vibrationssigter til bl.a. fødevarerindustrien. Indledningsvist foretog ENORM og ALVIBRA en test hos ALVIBRA på en testsigte. Dette gav en god indikation om, at sigten kunne håndtere langt vådere frass, hvilket vil være en stor fordel i forhold til larvernes vækst. Når frass'en kan tillades at være mere våd skal der nemlig ikke ske nedtørring i stalden før høst af larverne. Derved spares energi og larverne får en mere optimal vækstperiode.

Af ovenstående årsager har ENORM bestilt en sigteløsning hos ALVIBRA, som bliver implementeret i efteråret. I mellemtiden har ENORM og ALVIBRA i samarbejde opstillet en testlinje med ALVIBRAS testsigte.



2. step - Aspiratør / Afblæsning

Det andet step består i at fjerne gammel ham fra larverne. Da hammen er tør og har en stor overflade i forhold til masse er det muligt at blæse hammen væk fra resten larver og frass. Derfor benyttes en simpel aspiratør til at blæse hammen væk. Hammen opsamles efterfølgende i en cyklon og sækkes op.

3. step - Vask

ENORM har erkendt, at det er nødvendigt at vaske Growth-larverne. Dette er dog en udfordring, i det at larverne er meget klistrede når de er våde. Herved er de svære at vaske i på et bånd eller tilsvarende.

Det er derfor forsøgt at vaske larverne i et vandbad/kar. Det giver dog også udfordringer da larvernes massefylde ligger meget tæt på vands massefylde. Dette betyder, at nogle larver synker, mens andre larver flyder. Larverne må ikke druknes og skal derfor flyde. Det skidt, som sidder på larverne synker tilsyneladende altid, hvorfor det vil kunne give en klar opdeling af larver og skidt, at få larverne til at flyde.

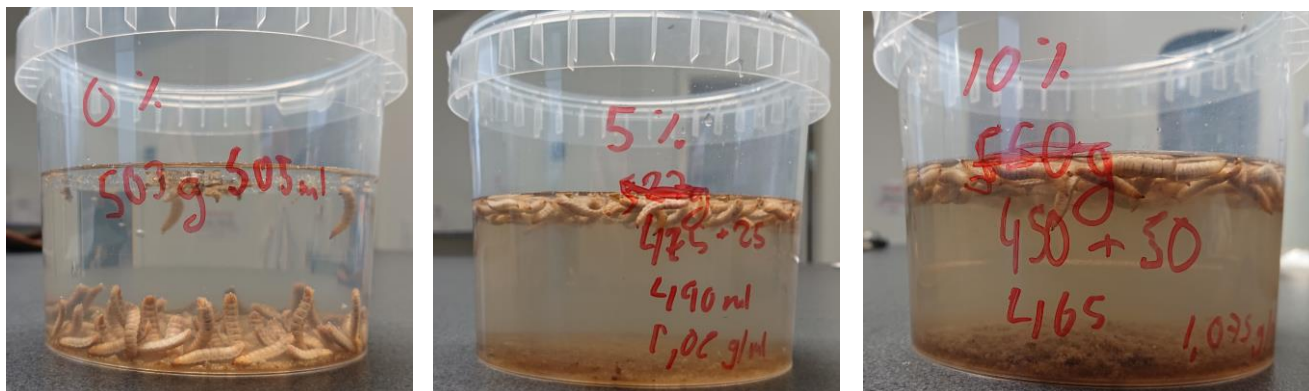
Det er derfor forsøgt, at tilsætte salt til vandet i vandkaret for at øge massefylden af vandet. Det er efterfølgende også forsøgt at benytte sig af citronsyre.

Saltvand

Det kan ses af billederne nedenfor, at ved en 5% saltopløsning er det muligt at opnå en klar opdeling af larver og skidt. ENORM har i samarbejde med PROVELOPMENT, GRIMSTRUP MASKINER og WESTCOAST udviklet en vaskeløsning, som skimmer larverne af overfladen på et vaskekar, mens frass'en



kan tages ud af bunden af karret. Løsningen er ikke færdigudviklet, men den fungerer og bruges for nuværende også i praksis.




Citronsyre


Det er muligt at opnå den samme effekt med citronsyre tilsat vandet. Der kan yderligere være en fordel ved, at vandet fremstår mere klart, samt at citronsyren kan virke som en antioxidant i den videre forarbejdning af larverne. Dette er dog noget, som ENORM fortsat skal arbejde videre med over de kommende måneder.

Forarbejdning af larver

Som nævnt i tidligere afrapportering arbejder vi med en vådproces til forarbejdning af larver, da den våde proces på sigt er langt den mest kosteffektive og energieffektive løsning. I den våde proces kan man nemlig benytte sig af inddampning eller filtrering for at fjerne en del af vandet i processen. Samtidig har man mulighed for at opnå en hel anden kvalitet af produkter.

Den våde proces består helt overordnet af følgende trin.

trin 1	Tør sigtning - adskil larver fra frass	
trin 2	Rengøring af larver.	
trin 3	Opvarmning af larver til 90-95C. Dette koagulerer proteinforbindelser og enkelte fedtkar brister. Dette letter fedtekstraheringen. Der kan evt. være en holdetid, hvorved effekten kan øges.	
trin 4	Adskillelse af larven. Larven skal åbnes, således at fedt kan ekstraheres. Trin 3 og 4 kan ombyttes, hvis dette er ønsket.	
trin 5	Fedtekstrahering. Dette foregår i en dekanter, som adskiller larven i 2 fraktioner Grax - Består overvejende af affedt tørstof Liquid phase - Består overvejende af vand og olie	

trin 6	<p>Adskillelse af liquid phase i yderligere 3 fraktioner. Dette foregår i en centrifuge.</p> <p>Stickwater - Består overvejende vand, men også en smule opløst protein.</p> <p>Oil - Består overvejende olie/fedt. Er nu et færdigt produkt, men afhængig af kvalitetskrav kan olien ”poleres” ren for vand og uklarheder.</p> <p>Heavy phase - slam/tørstof, som har været i liquid phase, som evakueres fra centrifuge via ejektion/skud fra bowlen. Kan indeholde en del fedt/olie. Kan evt. tilbageføres, men ellers kan produktet sendes til biogas eller evt. konserveres med syre til ensilage.</p>	
trin 7	<p>Grax og stickwater blandes sammen og er klar til tørring. Produktet har et tørstofindhold på 15-20% og kan evt. tørres i en spin-flash tørrer.</p> <p>I en kommerciel produktion, vil det afgjort være muligt at benytte en inddamper til at fjerne den største del af vandet fra stickwater fraktionen før denne blandes med grax'en. ENORM har udført simple test, som ser lovende ud. Det kan forventes at op imod 700 kg vand pr. ton stickwater kan inddampes. Dette vil spare en stor mængde energi i forhold til direkte tørring.</p>	
trin 8	<p>Afkøling og evt. opsækning af færdigt og tørret produkt.</p>	

Til den våde proces hos ENORM anvendes udstyr fra bl.a. GEA, BAADER og HAARSLEV. Der har været gjort forskellige forsøg i første halvår 2020. Separation og rengøring af larverne har en vis indflydelse på, hvordan produktet opfører sig under fedtekstrahering og forarbejdning. Derudover er der den indledende adskillelse af Growth-larven væsentlig for fedtekstraheringen og forarbejdningen. Her er der gjort forsøg med hakning og ”mosning” af larverne.

Rengøring af larver

For rengøring af larverne i relation til forarbejdning er det vigtigt at notere sig følgende:

1. Det har været forsøgt at rengøre larverne med vand, hvilket ikke har givet anledning til udfordringer i forbindelse med forarbejdningen.
2. Det har været forsøgt at rengøre larverne med saltvand. Det er uklart, hvor stor indflydelse saltet har på den videre forarbejdning af larverne.
3. Det har været forsøgt at rengøre larverne med en citronsyreopløsning på 10%. Citronsyren kan umiddelbart komme til at fungere, som en antioxidant i produktet, hvilket er positivt. Det har dog været udfordringer med den efterfølgende fedtekstrahering. Det kan på nuværende tidspunkt ikke konkluderes, hvorvidt det er grundet tilsætning af citronsyre.

Neddeling af larver

Det er blevet klart at neddeling af larven er et ret væsentligt punkt at tage højde for ved forarbejdningen af larverne.

ENORM har gode erfaringer med at neddele larverne i en simpel kødhakker af industrikvalitet. Det er dog vigtigt, at larverne ikke hakkes for fint, da dette kan give problemer med emulsion af vand og olie. Emulsionen gør det vanskeligt eller ligefrem umuligt, at ekstrahere fedtet efterfølgende.

ENORM har tidligere benyttet en BAADER 600 Separator til forsøg med at fjerne larvens exoskelet inden videre forarbejdning. BAADER separatoren har også vi sig at neddele larven tilpas "nænsomt" til at undgå emulgeringen. Efter "mosning" med BAADER separatoren har det dog været en fordel at hakke exoskeletterne i kødhakkeren før disse tilbageblandes i det øvrige råmateriale.



Status på forarbejdningsprocessen efter 1. halvår 2020

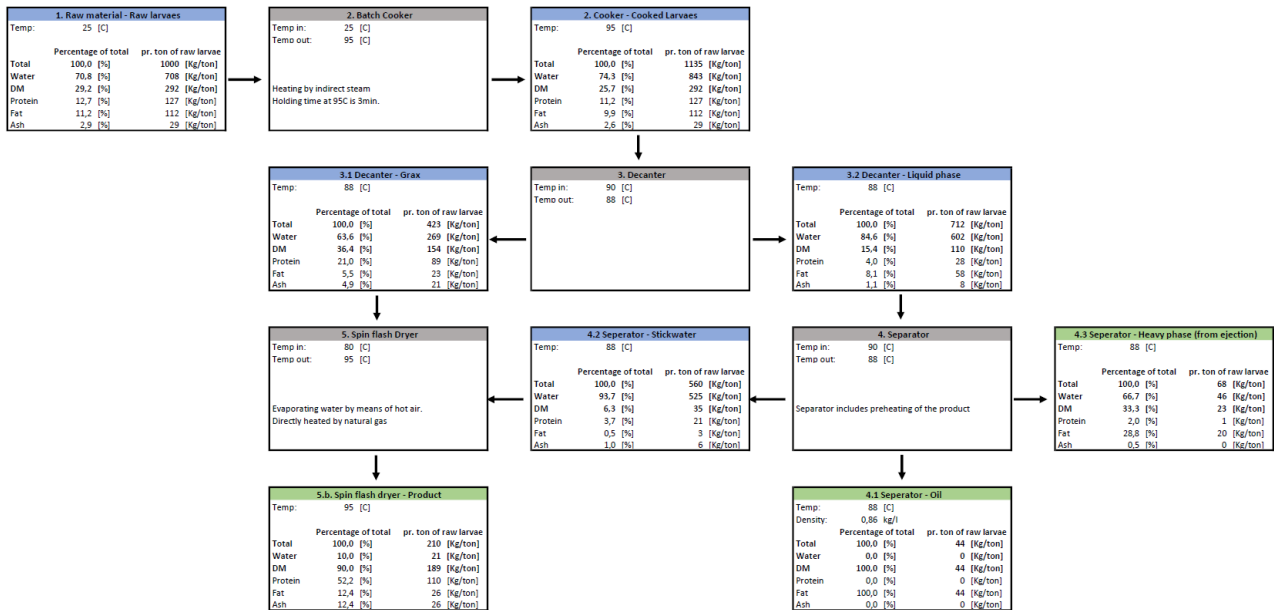
Den proces, som ENORM har opnået de bedste resultater med, indtil videre, er den følgende. Bemærk, at tørring ikke er en del af denne proces beskrivelse.

trin 1	Tør sigtning - adskil larver fra frass
trin 2	Afblæsning af gamle ham fra larver.
trin 3	Larverne blandes med vand 1:1 og varmes i en lukket "batch" koger. Opvarmning af larver til 95C med holdetid på 5 min.
trin 4	Frasigtning af vand, hvorved larven teknisk set også er vasket.
trin 5	Larven neddeles i Baader 600 separatoren og den våde fraktion (protein/fedt/vand) pumpes i dekanterens fødetank.
trin 6	Den tørre fraktion (exoskeletter) fra baader 600 separatoren neddeles i kødhakkeren og snegles op i dekanterens fødetank.
trin 7	Genopvarmning til 95C i fødetank til dekanter - ingen holdetid.
trin 8	Dekantering - graxen pumpes i et pallekar
trin 9	Separator- Liquid phase centrifugeres og stickwater og olie separeres. <ul style="list-style-type: none">• Olien pumpes til tank.• Stickwater sammenblandes med grax og blandingen er klar til tørring

- Heavy phase pumps i beholder.

Massebalance

Følgende massebalance er udarbejdet af ENORM i 1. halvår 2020. Massebalancen er baseret på 1000 kg. input af Growth-larver til processing og processen er som beskrevet ovenstående. Massebalancen er dog kun vejledende, i det at der er uudnyttede optimeringspotentialer i forarbejdningen samt i larvernes vækst.



Tørreforsøg

ENORM har i 2020 udført tørreforsøg med 2 forskellige spin-flash tørremaskine Den ene var en laboriemodel fra SICADANIA og den anden en væsentligt større testmodel fra HAARSLEV.

SICADANIA tørremaskine

I marts har ENORM haft mulighed for at teste laboratiemodell spin-flash tørre fra SICADANIA. Kapaciteten var på ca. 2 kg afdampnet vand pr. time. Dette svarer til ca. 1 kg tørret produkt pr. time.

Under testen var det klart, at princippet ved spin-flash tørring er meget anvendeligt til tørring af grax fra dekanteren.

Ved en indblæsningstemperatur på ca. 280C på tørreluft var det muligt opnå et tørret produkt med ca. 10% restindhold af vand. På trods af den høje indblæsningstemperatur blev produkttemperaturen aldrig højere end 85C - 88C, hvilket meget forventeligt er fordelagtigt i forhold til at undgå nedbrydning af proteinforbindelser i produktet.



HAARSLEV tørremaskine

I foråret har ENORM også haft lejlighed til at teste en spin-flash tørrer fra HAARSLEV. Maskinen er et test setup, som HAARSLEV har installeret hos ENORM i 6 uger. HAARSLEV har selv stillet bemanning til drift og test med maskinen.

Det er under testene lykkedes at tørre nogle hundrede kilo produkt ved forskellige temperaturer og belastninger af tørremaskinen.

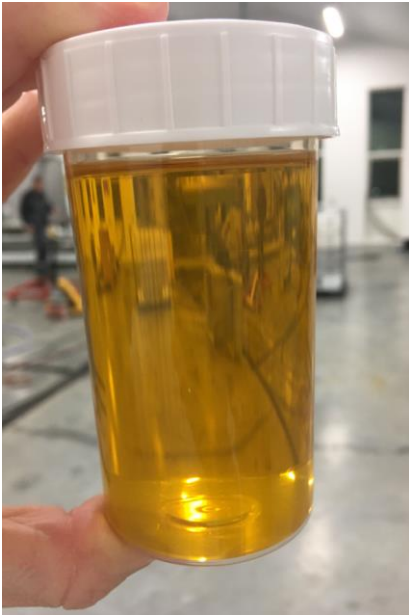
Maskinens kapacitet er på omtrent 200 kg afdampnet vand pr. time. Dette svarer meget godt til behovet i ENORMs POC produktion.



Slutprodukter

For nuværende forventes det på baggrund af massebalancen, at der kan produceres følgende produkter pr. 1000 kg rå Growth-larver:

- 250 kg tørret protein produkt - ca. 60% protein, 10% fedt, 10% vand
- 60 kg olie - 100% ren olie/fedtstof
- 50 kg til biogas - 3% protein, 20% olie/fedtstof, 60% vand



AP 3 - Demonstration af full-line produktion af insektmel og -olie

I arbejds pakke 3 etableres en testproduktion af larver med henblik på at demonstrere hele produktionskæden fra fluer til færdig produktion af insektmel og insektolie.

Leverancer i denne arbejds pakke:

1. Daglig produktion af 1,5 tons levende larver – inden udgang af Q2
2. Daglig produktion af æg til basis for produktion af 30 tons levende larver per dag – udgang af Q4
3. Daglig produktion af 450 kg affedtet insektmel, 80 kg insektolie og 680 kg gødning – udgang af Q4

Arbejds pakke 1 og 2 vil danne grundlag for, at der kan etableres en testproduktion af flueæg, fluelarver, insektmel og olie. Hele den biologiske proces, samt dele af automatiseringen vil blive testet. Dette omfatter bl.a. test af:

- Vækstkasser og logistik i staldene
- Fyldning, tømning, vask
- Ventilation
- Automatiseret håndtering af æg, seedlarver og høstklare larver
- Fodringsanlæg
- Separation af larver og kompost
- Processering af larver til insektolie, insektmel og kompost
- Pakning og lagring

Status AP 3

Vi har i en lang periode lånt og lejet udstyr hos GEA og Haarslev til at lave forarbejdningsforsøg. Vi har gennemført en række forarbejdnings test, og opnået megen erfaring med processering af larverne. Især udstyr til tørring har været udskiftet af flere omgange, ligesom processen og dermed det nødvendige udstyr er

tilpasset med erfaringerne (Se forsøg og resultater i AP2). Konklusionen er, at vi endelig har bestilt det nødvendige udstyr for at kunne processere larverne. Dog er der lang leveringstid, og vi kan derfor først modtage forarbejdningsudstyr til december.

Installation og indkøring af ventilationsanlægget har fyldt meget i 1. halvår 2020, hvilket har været en af de primære årsager til, at vi ikke har opnået en kontinuerlig produktion af æg, larver og færdige produkter i perioden.

I det vi har bygget staldene om, har vi i stedet for at lave 1,5 ton larver alle dage, valgt at dimensionere staldene så vi kan lave 3-3,5 ton larver 3 dage i ugen. Dette skyldes at forarbejdningsudstyret kører bedre med en større mængde, og at der er en del arbejde i at opstarte og rengøre anlæggene for at udnytte med meget lille del af anlæggets kapacitet i nogle få timer. At høste 3-3,5 ton larver 3 dage i ugen, kan vi i praksis opnå i efteråret 2020, men da vi ikke har forarbejdningsudstyret før december, vil dette ikke give mening. Det betyder at opnåelse af leverancerne 1 og 3 i AP3 bliver skudt med yderligere ca. 6 måneder, og kan forventes i løbet af 1. halvår 2021.

Under projektperioden er det blevet klart, at vi i de nuværende rammer ikke vil kunne nå leverancen om høst af æg til produktion af 30 tons levende larver per dag, pga. begrænsning af den fysiske kapacitet i fluestalden. Vi vil inden foråret producere gennemsnitlig ca. 800 gram æg per dag, svarende til ca. 5-8 ton larver per dag. Det betyder at vi enten skal tilpasse leverancen, eller afvente yderligere 1-2 år før leverancen indfries.

AP 4 - Etablering af fuldskala anlæg

Ifølge ansøgningens arbejdsplan 4 skaleres larveproduktionen op til 30 tons levende larver om dagen.

Leverancer i denne arbejdsplan:

1. Daglig produktion af 30 tons levende larver
2. Daglig produktion af 8,9 tons affedt insektsmel (proteinmel), 1,6 ton insektolie og 13,6 ton gødning

Kravspecifikationer mv. er under udvikling i AP 2. Eftersom gennemførlighedsundersøgelserne har vist at meget af udstyret der skal anvendes til processering af larverne, har en langt højere kapacitet end de oprindeligt planlagte 30 tons levende larver per dag, har ENORM besluttet at projektere skaleringen efter en produktion af 100 tons levende larver per dag.

Status AP 4

Der afventes fortsat afklaring om budget og aktiviteter i Q3 2020.

AP 5 - Udvikling af fiskefoder

I arbejdsplanen gennemføres en række forsøg i samarbejde med Aller Aqua og DTU Aqua med henblik på at fastlægge insektsmelens egnethed som ingrediens i fiskefoder. Arbejdsplanen vil arbejde med anvendelse og inklusion af insektsmel i foder til hovedsageligt ørreder. ENORM søger at optimere råvaren til fiskens behov og beregner konkurrencedygtighed/økonomiske konsekvenser. (UDV)

Leverancer i denne arbejdsplan:

1. Der er udviklet en protein- og fedtingrediens baseret på insekter, forventeligt velegnet til fiskefoder (ENORM)
2. Der er gennemført en række forsøg med ørreder, hvorunder fordøjeligheder, biologisk værdi og muligt inklusionsniveau er fastlagt (DTU, Aller Aqua).

3. Der er udviklet et egentligt foder til ørreder, hvori insektmel indgår som ingrediens (Aller Aqua)
4. Der gennemføres rentabilitetsberegninger på insektproduktionen, som demonstrerer hvorvidt produktionsomkostningen på insektmel er konkurrencedygtig i forhold til øvrige råvarer (ENORM)

Status AP 5

Ved møder mellem projektpartnere i arbejds pakken er det aftalt at DTU analyserer et eller to tørre proteinprodukter og efterfølgende laver fordøjelighedsforsøg. Der skal efterfølgende bruges ca. 100 kg til at lave performance forsøg hos Aller Aqua. Målet er at opnå et produkt med maks. 10% fedt og så lidt kitin som muligt.

Hos ENORM har vi lavet en del forforsøg med forskellige metoder til ekstrahering af kitin af BSFL som vi, gennem tidligere erfaring hos Aller Aqua, har en hypotese om er negativ i forbindelse med fodring af insektprotein til ørreder. Det er derfor målet at tilpasse forarbejdningen og produkterne så insektproteinet indeholder så lille mængde kitin som muligt.

Der er nu produceret et over 100 kg proteinprodukt, hvor larverne er blevet aflivet i 80 grader varmt vand og hakket med en kødhakker. Herefter er produktet blevet varmet op til 90 grader og dekanteret og centrifugeret, så der kommer tre produkter ud herfra: limvand, fedt og grax. Graxen er blevet tørret med en spin-flash-tørrer, hvor tørstoffet i produktet ikke bliver varmere end 90 grader. Dette produkt skal danne basis for et fordøjelsesforsøg hos DTU og efterfølgende et performance forsøg hos Aller Aqua.

Kylian Manon Eggink har startet sit ph.d. studie hos DTU Aqua. Se uddybende om aktiviteterne i AP 5 i DTU's halvårs rapportering (bilag 1).

AP 6 - Udvikling af koncept til værdiskabelse af insekt frass

Målet med arbejds pakken er at udvikle et eller flere koncepter til optimal udnyttelse og værdiskabelse af insekt frass. Dette er gældende for både insekt frass fra en produktion med godkendt foder i form af restbiomasser, og fra en produktion med foder baseret på bio-pulp (tidligere fødevarer og køkkenmadaffald) i samarbejde med DAKA og Wice4Soil projektet. Der fokuseres på at udvikle et økonomisk bæredygtigt koncept, der kan implementeres ud fra de nuværende lovmæssige rammer, og komme med inputs til dokumentationen til fremtidig harmonisering af EU regler om forarbejdning og anvendelse af insekt frass som gødningsprodukt.

Der er i budgettet afsat en stor andel til "fase 2", som endnu ikke er specificeret. Det formodes, at en stor del af budgettet vil blive brugt til at udføre dyrkningsforsøg med et eller flere gødningsprodukter baseret på insekt frass.

Leverancer:

- 1) Forskellige modeller til værdiskabelse af frass er kortlagt
- 2) Notat / rapport med resultater der beskriver lovmæssige rammer, økonomi og miljø ved forskellig forarbejdning og anvendelse af frass. Samt definition og analyse af selve frassen og dens egenskaber.

Status AP 6

I perioden har vi arbejdet videre med den lovmæssige afklaring for anvendelse af frassen. Efter dialog med Landbrug og Fødevarer samt Hedensted Kommune, har vi endelig fundet en løsning som ikke låser anvendelsen af insektfrass som affald.

Som affald var den eneste måde Enorm kunne skabe værdi af frassen ved at afsætte det til biogasanlæg. Selvom dette måske på kort sigt, er den rigtige løsning for Enorm, ønsker vi fortsat at arbejde videre med muligheden for at anvende frassen som et gødningsprodukt.

Hedensted kommune har derfor lavet en klassificering af frassen som ”ikke-affald”. Det betyder, at vi efterfølgende kan anmelde frassen som et produkt til Landbrugsstyrelsen og deklarerer anvendelsen. Dette kan være til direkte landspredning, til kompostering, pelletering mv. Det giver os alle anvendelsesmuligheder som husdyrgødning har, på nær forbrænding efter reglerne i husdyrgødningsbekendtgørelsen.

Frassen må fortsat ikke indeholde insekter, hvilket aktiviteterne i AP 2 ift. separation af larver og frass også afspejler.

Udfordringen ved at lave frassen til et gødningsprodukt, er at produktet skal være relativt ens fra batch til batch. Dette kan vi ikke leve op til på nuværende tidspunkt, hvor vi fortsat optimerer på foder, ventilation, separation og management. Når vi kan låse parametrene, kan vi deklarerer frassen. Herefter vil det være relevant at gennemføre forarbejdnings- og gødningsforsøg i fase 2 af AP 6. Vi vil derfor vente nogle måneder med at fastsætte aktiviteter og leverancer i fase 2, men forventer dog at kunne gennemføre gødningsforsøg i vækstsæsonen 2021.