

Enorm Biofactory – Værdiforøgelse af restbiomasser gennem insektproduktion

MUDP - Faglig delrapport

2. halvår 2019

Journal nr. på tilsagn: MST-117-00460

Kontaktperson i Miljøstyrelsen: Bjørn Olsen

Indholdsfortegnelse

AP 1 – Udvikling af foder og fluebure	2
Sammenfatning af udførte opgaver i AP 1 – 2. halvår 2019 og ventende opgaver 1. halvår 2020	2
Eksperimenter med reproduktion og fluebure i perioden	3
Ny SOP version sammenlignet med tidligere SOP	4
Eksempel på test – Ægproduktion per fluepar	5
Produktion i store bure	6
Høst af æg i nye bure	7
Indledende foderforsøg – Larvefoder	8
Optimering af foder baseret på restbiomasser	10
AP 2 – Teknologiske gennemførlighedsundersøgelser til optimering af produktions set-up.....	10
Sammenfatning af udførte opgaver i AP 2 - 2. halvår 2019 og ventede opgaver 1. halvår 2020.....	11
Dosering af seedlarver	11
CFD modellering	12
Erfaringer og resultater af forarbejdningstesten	14
Billeder og illustrationer af forarbejdningstest	15
AP 3 - Demonstration af full-line produktion af insektmel og -olie.....	18
Sammenfatning af udførte opgaver i AP 3 - 2. halvår 2019	18
Billeder fra testproduktionen	19
AP 4 - Etablering af fuldskala anlæg	21
Status AP 4	21
AP 5 - Udvikling af fiskefoder	21
Status AP 5	21
AP 6 - Udvikling af koncept til værdiskabelse af insekt frass.....	21
Sammenfatning af udførte opgaver i AP 6 - 2. halvår 2019	22

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 lænsevandet fra vækststaldene som vækstmedie til produktion af mikroalger.

Leverancer i denne arbejdsplan:

- 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 lænsevand fra larveproduktionen.

Sammenfatning af udførte opgaver i AP 1 – 2. halvår 2019 og ventende opgaver 1. halvår 2020

I 2. halvår har fokus i fluestaldene været at øge den samlede mængde høst af æg per dag. Vi har testet fluebure i større dimensioner, hvilket viste sig at forringe den daglige høst af æg per m³. For at øge produktionen, gik vi tilbage til ”de gamle” dimensioner og fokuserede på hvordan vi kunne lette håndteringen af de mindre bure. Det lykkedes at udvikle fluebure, som kan opnå samme effektivitet som de tidlige bure, men som man kan håndtere og vaske på relativt kort tid. Der er i perioden blevet produceret 80 af disse fluebure, de 40 har været i drift siden september måned, og de sidste 40 er sat i drift primo januar 2020. Flueburene bliver bygget hos Enorm af eget personale. Der er i perioden i øvrigt blevet foretaget yderligere test og eksperimenter til videre udvikling af fluebure og optimering af ægproduktion. De helt gamle fluebure er nu blevet pensioneret og vi drifter og tester fortsat ”de store bure” samt de 80 nye fluebure. Det forventes at der skal bygges 120 bure mere for at få nok flueæg til at drive teststaldene, og producere de 1,5 ton levende larver per dag. Vi vil fortsat arbejde videre med at optimere burene og processen for reproduktion. Dette vil bl.a. omfatte udvikling og test af nye prototyper af fluebure i større dimensioner, samt ny metode til forsyning af vand i burene.

Vi er i 2. halvår begyndt at fodre larverne med restbiomasser og har i denne sammenhæng fokus på at anvende substrater, som ikke er i konkurrence med foder til øvrige dyregrupper, enten fordi de indeholder for meget vand, salt eller andet uønsket indhold. Det er bl.a. restbiomasser fra Arla, KMC og Tripple A. Vi har udført en række indledende forsøg med forskellige fodersubstrater, som har givet inputs til foderoptimeringer. Vi har i perioden tilpasset foderet 3 gange og har derved testet Enorm mix 1 – 2 – 3 og 4. Ift. foderoptimering vil vi fortsætte med at lave mindre kontrollerede forsøg hvor der foretages målinger og analyser. Der indledes pt foderforsøg der viser aminosyre profilens indflydelse på larvernes vækst. Vi har udviklet små inkubatorer som pga. startvanskeligheder ikke er taget i brug endnu. Disse vil blive taget i brug i Q1 2020, hvilket gør at vi kan begynde at måle ammoniak, co₂ og øvrige parametre. Efterhånden som vi får ny viden om vores ingredienser og recepter gennem kontrollerede forsøg og observationer i staldene, vil vi optimere Enorm Mix foderrecepten, der anvendes i staldene. Den kontrollerede foderforsøg udarbejdes og analyseres i samarbejde med Nanna Løjborg, som er Master studerende på bioingeniørstudiet på Aarhus Universitet.

Den hæmmende faktor for skalering og optimering af produktionen af larver er fortsat at ventilationen og kravene til styring af denne, endnu ikke lever op til forventningerne. Vi har af den årsag afsluttet samarbejdet med den tidligere leverandør og har opstartet samarbejde med en ny leverandør (Weng). Inden udgangen af februar, vil vi have testet et nyt ventilationssystem. Systemet vil give en bedre homogenisering af luften i

staldene, samt en bedre styring og kontrol af fugt og co2. Vi forventer positive resultater af dette system, som efterfølgende kan implementeres i de øvrige stalde.

Ekspirerimenter med reproduktion og fluebure i perioden

Ekspireriment	Formål med forsøg	Resultat
3 forskellige forsøg med vand. Ekstra vand / tilsat sukker	Vi testede om tilførsel af ekstra vand, flere kilder til vand eller tilsat sukker påvirkede ægproduktionen. Om tilførsel af sukker kunne forlænge holdbarheden af vandet og om ekstra vand kunne sikre at fluernes vandkilde er konstant våd.	Den lille mængde sukker var ikke nok til at forlænge holdbarheden af vandet. Tilførsel af ekstra vand indikerede bedre adgang til vand og øget ægproduktion. Der arbejdes videre med validering af effekten af vand.
En række eksperimenter med variationer i størrelse af ægopsamler, type lokkemad og lufthuller / lukket rum til opbevaring af lokkemad	Formålet med forsøgene var at teste en ny metode hvor ægopsamling foregår udenfor buret og høst derved er nemmere og hurtigere at håndtere.	Ekspirerimenterne førte til udvikling til ny metode til ægopsamling. Denne metode er implementeret i de 80 nye fluebure – SOP V9.
Placering af emerging bokse	Vi testede forskellige placeringer af emerging bokse, for at finde den placering som gør det lettest for fluerne at finde vej til buret efter udklækning.	Ekspirerimenterne viste at fluerne ikke var specielt følsomme overfor placering. Men den foretrukne placering er implementeret i de 80 nye bure.
Ekspirerimenter m. høstfrekvens	Vi testede om vi kunne høste hver anden dag for at minimere håndtering af høst og opnå samme mængde æg. Samt høst hver dag inkl. lørdag og søndag.	Ved høst hver anden dag blev der høstet færre æg per dag, og variation i størrelsen på de udklækkede larver blev større, hvilket gav en ekstra håndtering. Høst hver dag, gav et større udbytte og lettere håndtering. På sigt vil det derfor være gavnligt at implementere æghøst på alle ugedage.
Test af ægproduktion per ”par”	Indsigt i reproduktion og avl	Se afsnit om forsøget

--	--	--

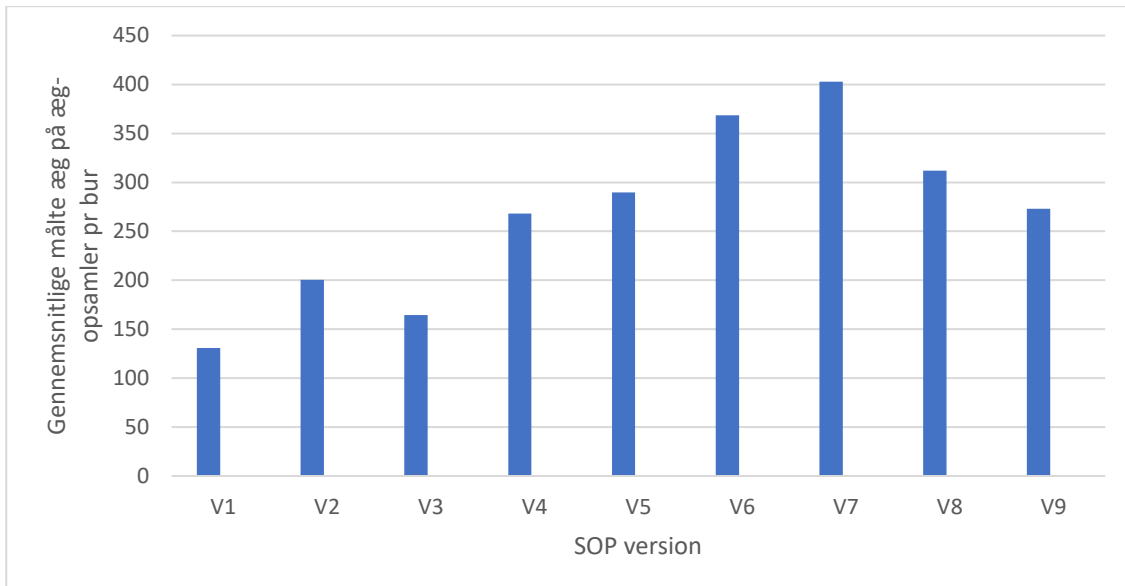
Ny SOP version sammenlignet med tidligere SOP

I 2. halvår er SOP versionen blevet ændret to gange. V8 med ny placering af vand, ægopsamling og lokkemad, samt reduceret mængde pupper per m³. V9 er det nye fluebursdesign (de 80 bure) med ny placering af vand, lokkemad og emerging boks, samt ny metode til at åbne og rengøre burene. Ændringer i SOP versioner er primært med henblik på at lette håndtering af burene ved skalering.

Indsamling af æg per batch i V8 og V9 er faldende sammenlignet med V7.

Den faldende produktion per m³ skyldes bl.a. at vi i de nye versioner indsætter færre pupper per m³, for at opnå større stabilitet i produktionen. Vi har skiftet lokationen fra det gamle laboratorium til de store nye stalde og nye typer bure. Der må derfor forventes en periode med indkøring, før vi ser en stabil ægproduktion i SOP burene. Den faldende æg indsamling per m³ skyldes desuden variationer af størrelsen på fluer og fodring i larvestadiet. Fluerne der anvendes til avl får fortsat det gamle referencefoder (kyllingefoder), for at vi kan blive ved at sammenligne produktionsdata. Dog har vi ændret fermenteringen af foderet, og fodring af larver er ligeledes er flyttet ind i de nye stalde, hvor ventilationen har drillet. Dette har betydet at foderet er udtørret for tidligt i nogle batches, og gjort foderet utilgængeligt for larverne. Samtidig er der endnu ikke fundet en præcis måde at optælle seedlarver, hvorfor antallet af larver per vækstkasse kan variere, og betyde at mængden af foder per larver varierer fra batch til batch. Der er behov for flere forsøg der viser foderet i larvestadiets indflydelse på fluernes reproduktion. Dette kan give årsag til at lave bestemte foderrecepter til larver som opdrættes til avl.

Vi forventer, baseret på nogle af de bedste resultater fra SOP, at de nye bure kan levere ligeså effektiv ægindsamling som v7, når fodring og klima stabiliseres.

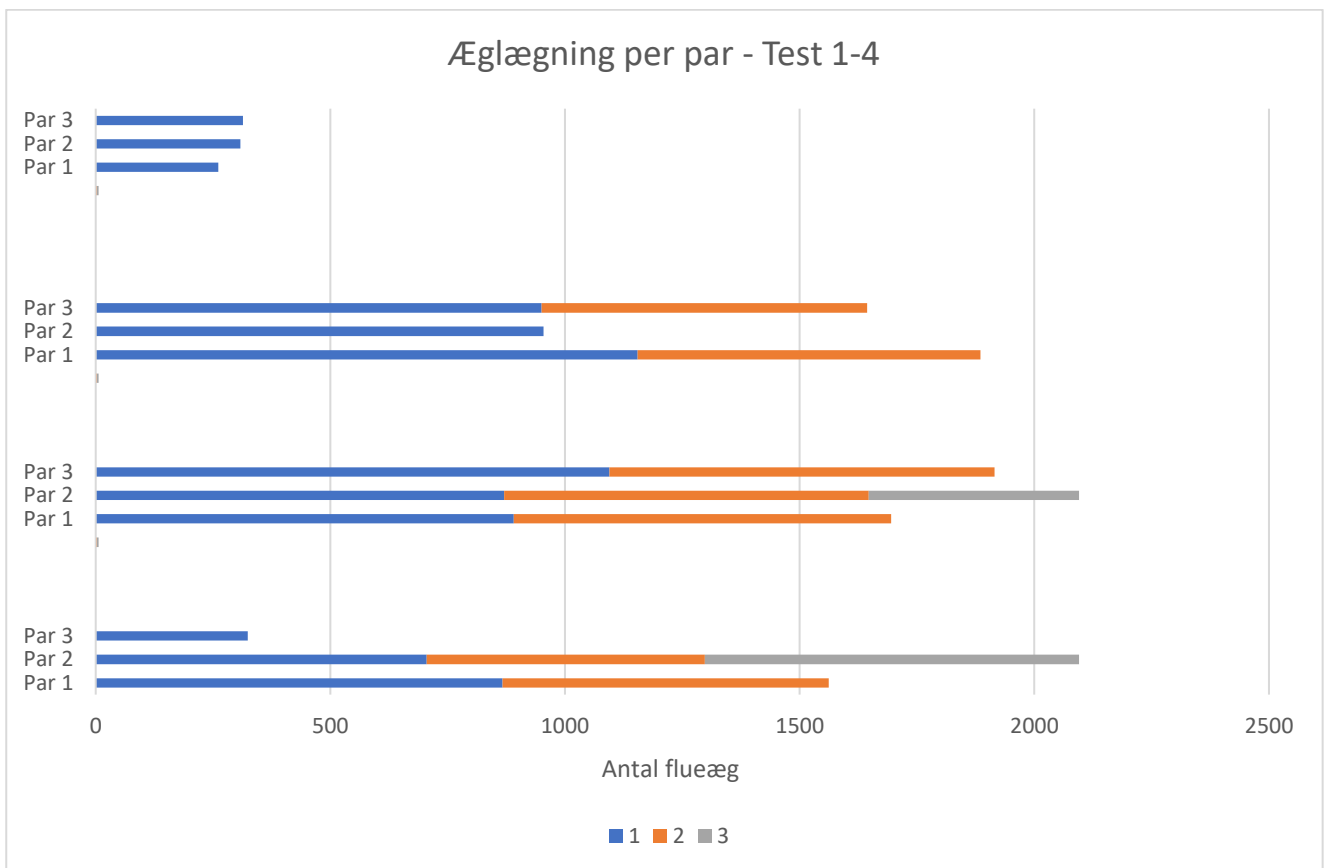


Eksempel på test – Ægproduktion per fluepar

Diverse fagartikler beskriver at BSF han og hunfluer parrer sig én gang og at soldaterfluehunnen lægger 700-900 æg i ”et kuld”. Vi har haft en mistanke om at dette ikke var gældende for vores fluer, men har ikke kunne bevise dette, da vi har flere tusind fluer per bur. Vi har derfor udført et forsøg hvor vi har isoleret nogle fluepar.

Vi isolerede 3 fluepar fra samme batch i 3 små fluebure og optalte æggene løbende. Vi gentog forsøget 4 gang med forskellige batches. Af disse forsøg kan vi konkludere:

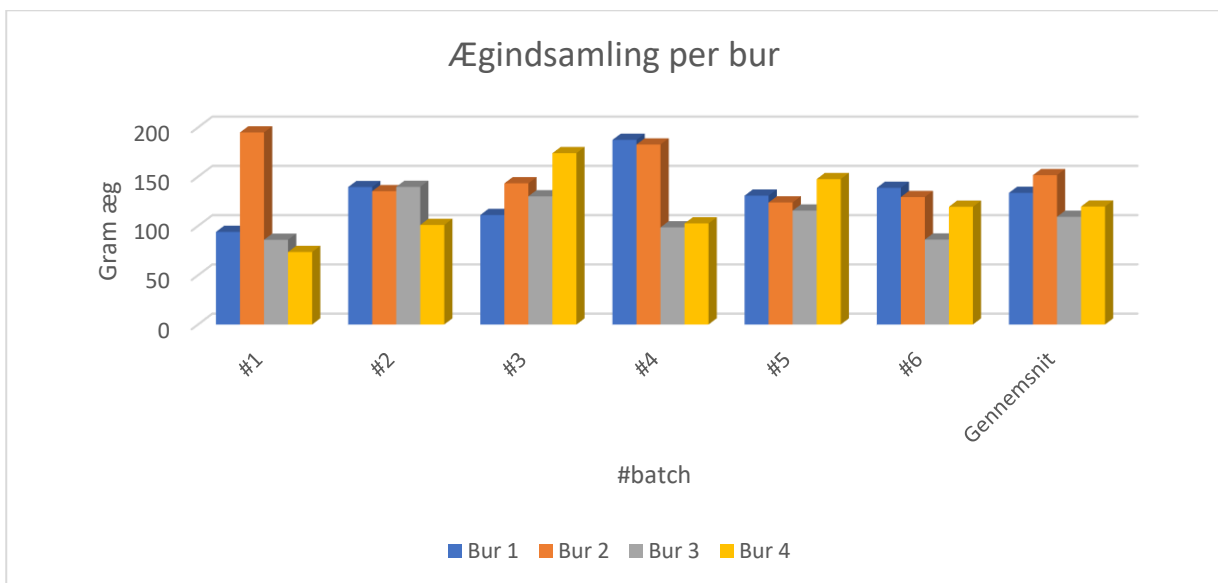
- Soldaterfluehunnen kan lægge æg op til 3 gange
- Én soldaterfluehun kan lægge over 2000 æg i alt.
- Det højeste antal æg i et kuld var par nr. 3 i test nr. 2 (nr. 2 nedefra i grafen). Her lagde hunfluen 1155 æg i første kuld.
- I testen illustreret øverst i grafen var fluerne fra dette batch signifikant mindre, hvilket indikerer at små fluer lægger færre æg.



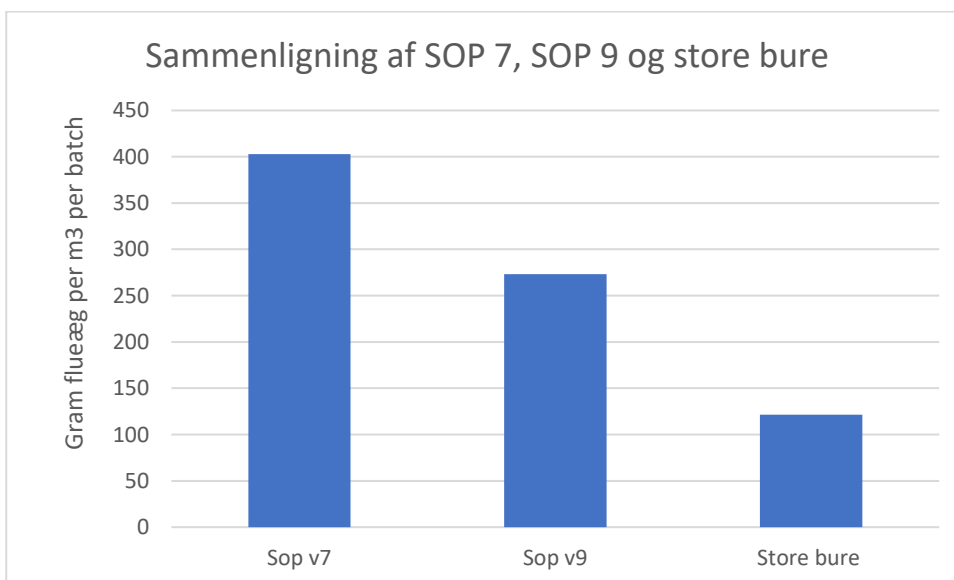
De blå søjler er 1. æglægning, orange 2. æglægning og grå den 3. æglægning.

Produktion i store bure

I Q3 og Q4 har vi testet bure som er ca. 4 gange større end de øvrige SOP bure. Vi har produceret 4 prototyper af disse bure. Formålet har været at teste om de nye dimensioner ville ændre fluernes adfærd og æglægning. Hvis vi kan opnå samme gram indsamlede æg per m3 i de store bure, ville vi i fremtiden skulle håndtere færre bure for at opnå samme produktion. Der er i efteråret kørt 6 batches af 14 dage i de fire bure. I nedenstående ses ægindsamling for hvert bur i hvert batch, samt et gennemsnit for alle batches. Det samlede gennemsnit for et bur i et batch er 128,6 gram æg.



Ved sammenligning af det gennemsnitlige gram æg per m3 per batch i de store bure med SOP v7 i de gamle bure og SOP v9. Ses en tydelig forringelse af ægindsamling per m3. Dette kan skyldes flere forhold, bl.a. at fluerne ofte sidder på de vertikale flader, og at forholdet mellem m3 og vertikale flader bliver ændret i de store bure.

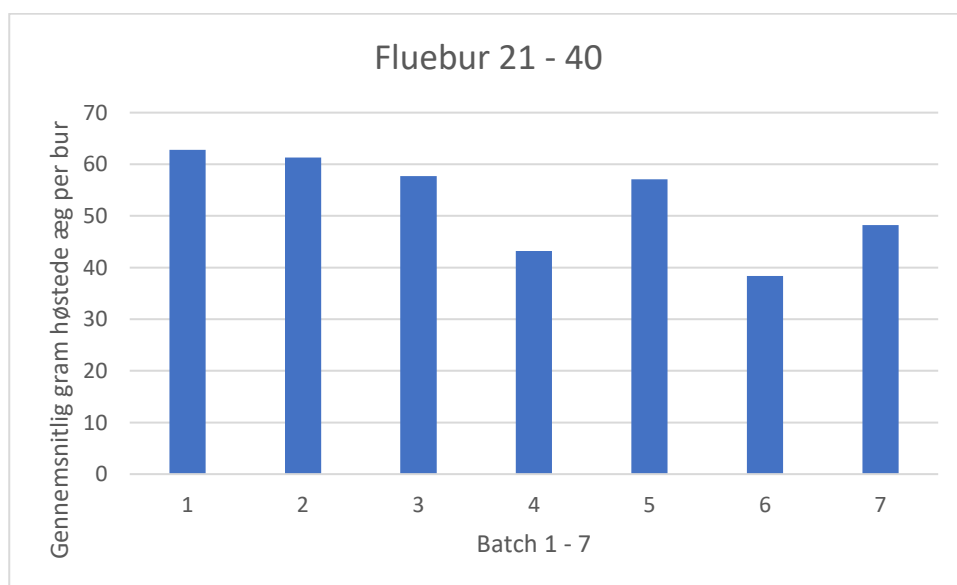
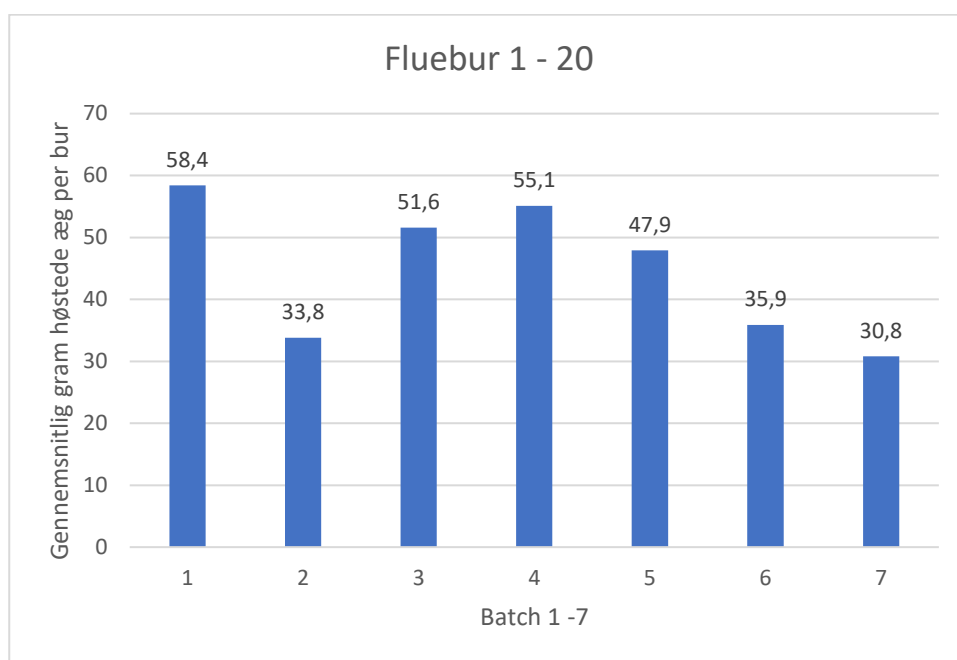


Høst af æg i nye bure

I de første 40 nye bure er der i perioden september – ultimo december kørt 7 batches. Hvert batch kører i 14 dage. Fluebure 1-20 og 21-40 kører forskudt, hvorfor data for disse er adskilt. Der er indsamlet og vejet æg mandag til fredag i alle bure, hvilket har givet et samlet antal gram æg per batch per bur.

I nedenstående tabeller er der beregnet et gennemsnit for gram høstede æg i en hel batch (over 14 dage) for 20 bure.

I de 40 bure er der i alt i perioden indsamlet 13.644 gram flueæg. Udvokset ville disse æg kunne udgøre 85 ton levende larver.



Indledende foderforsøg – Larvefoder

Der er blevet foretaget en række indledende foderforsøg. Vi har målt den akkumulerede vækstrate for larverne når de fodres med forskellige variationer af foderrecepter – enkelte ingredienser og kyllingefoder som referencefoder.

Vi har i perioden lavet tests som viser betydningen af:

- Den enkelte ingrediens
- Indholdet af protein
- Indholdet af kulhydrater

Konklusioner af de 3 indledende foderforsøg

Forsøg 1 - Den enkelte ingrediens:

- Forskellige ingredienser har stor betydning for foderet reologiske egenskaber
- De reologiske egenskaber er en variabel der har stor indflydelse på larvernes vækst
- Ingrediens 4 har en negativ indflydelse på foderrecepten
- Ingrediens 1 lader ikke til at have nogen positiv indflydelse på foderrecepten
- Referencefoderet giver en markant hurtigere vækst og højere total vægt end Enorm mix 1

Forsøg 2 - Indholdet af protein:

I forsøget blev der målt akkumuleret vækst af larver fodret med variationer af Enorm Mix 1, som var justeret efter varierende proteinindhold.

- Der er ingen signifikant forskel mellem væksten af larverne ved forskellige koncentrationer af protein i Enorm Mix 1.
- Referencefoderet som har et højere indhold af protein, er mere effektivt end Enorm Mix 1. Denne forskel forventes at skyldes øvrige forhold end proteinindhold (forsøg 3).

Forsøg 3 - Indholdet af kalorier:

I forsøget blev der målt akkumuleret vækst af larver fodret med referencefoderet – kyllingefoder i forskellige variationer ved at tilsætte sukker. Jo mere sukker tilsat – jo højere energitæthed og jo lavere proteinindhold.

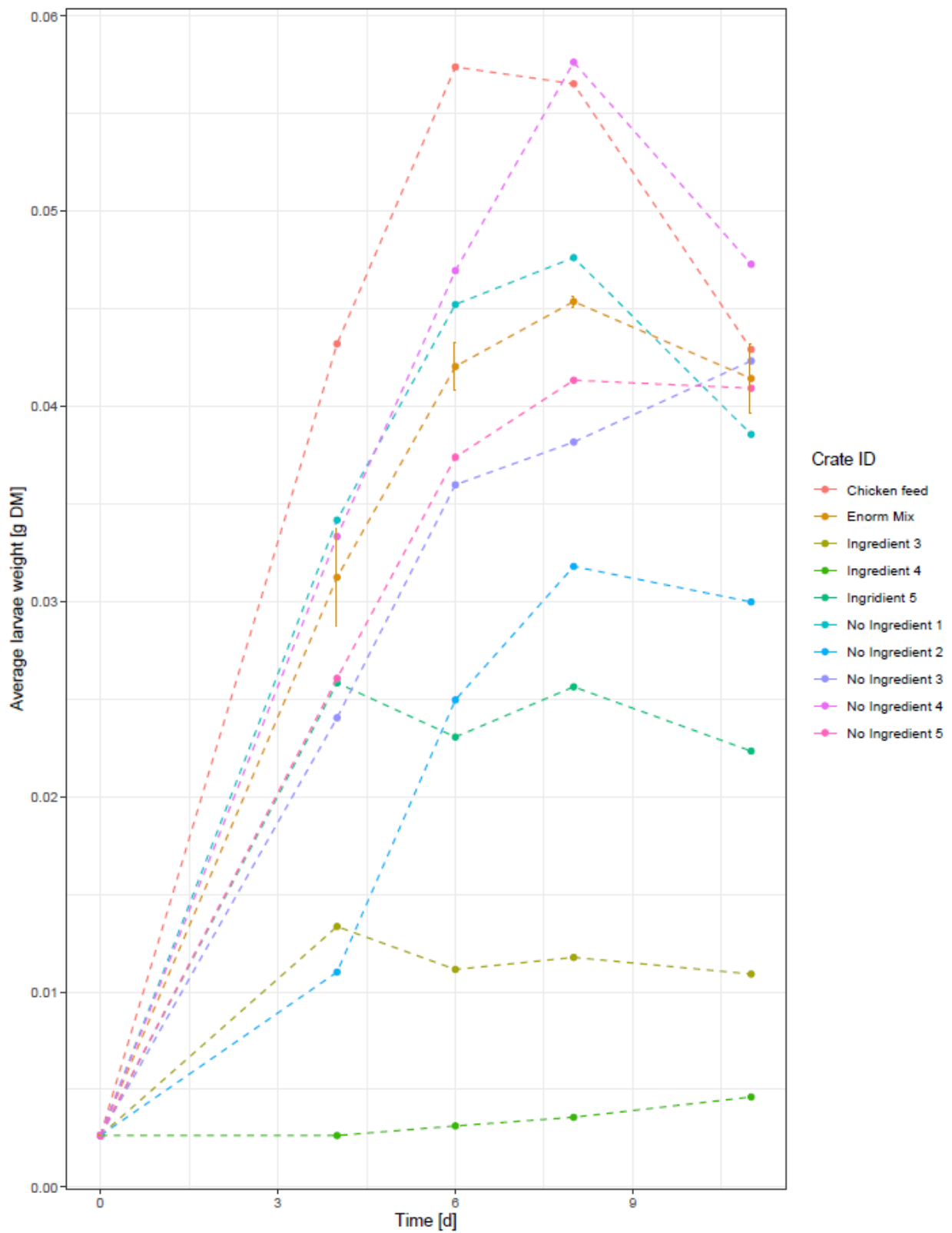
- Et højt energiindhold lader til at have større indflydelse på larvernes vækst end et højt proteinindhold
- Forsøget indikerer at proteinindholdet i kyllingefoderet er i overflod ift. larvernes behov

Uddybning og indledende foderforsøg 1 – Ingredienser

Figur 1 viser kumulativ vækst opnået i forsøg 1, hvor sammensætning af Enorm mix 1 blev varieret ved at udelade én ingrediens ad gangen. Forsøget blev også udført på referencefoderet – fermenteret kyllingefoder. Enorm mix 1 er Enorms første foderecept bestående primært af restbiomasser på nær ingrediens #3 og #5, som er gængse fodermidler. I dette afsnit beskrives ingredienserne som #1 - #5.

De 3 af biomasserne – ingrediens 3, 4 og 5 - blev også testet individuelt, hvor dette blev fodret som den eneste ingrediens. Ingrediens 1 og 2 blev ikke testet individuelt pga. for højt vandindhold.

For at validere at den akkumulerede vækst var konsekvent ved foderforsøgene, blev der målt akkumuleret vækst på 3 kasser med Enorm mix. Den relativt lille standardafvigelse på 0,0002-0,0025 svarende til ca. 0,7-8,0% mellem triplikaterne validerer datas troværdighed.



Figur 1: Akkumulert vækst i gram over tid.

For alle variationerne af recepten peaker den akkumulerede vækst på dag 8 på nær referencefoderet hvor den akkumulerede vækst peaker på dag 6. Larverne der fik kyllingefoder, opnåede også den højeste vægt, hvilket indikerer at kyllingefoderet er lettere for larverne af nedbryde end variationerne af Enorm mix.

At vægten falder i sidste del af perioden, skyldes bl.a. at larverne stopper med at spise og tømmer tarmen når de går ind i præpuppestadiet.

Den akkumulerede vækst af larverne fodret med én ingrediens viste de dårligste effekter. For ingrediens #3 formoder vi, at det til dels skyldes en høj viskositet, hvilket ifølge litteraturen kan gøre det svært for larverne at fordøje foderet. Fodring med ingrediens 4 alene viste den dårligste vækst. Elementaranalyse af denne ingrediens viste et højt indhold af svovl. Enorm mix 1 uden ingrediens 4 er den recept der viser den næsthøjeste vækst – efter kyllingefoder. Dette indikerer at ingrediens 4 har en hæmmende effekt på larvernes vækst. Desuden viste analyser af tørstof og aske at ingrediens 1 og ingrediens 4 havde en signifikant højere andel aske og dermed mindre organisk tørstof. Tidligere studier har vist at indholdet af organiske tørstof har stor indflydelse på BSF larvers vækst. Dette kunne også forklare den negative effekt som ingrediens 1 og 4 tilsyneladende har på foderrecepten.

At referencefoderet opnår en bedre vækstrate og totalvægt end Enorm Mix – også uden ingrediens #1 og #4 - tyder på at der i Enorm Mix ikke opfylder larvernes næringsbehov optimalt.

Optimering af foder baseret på restbiomasser

I 2. halvår er foderrecepten i den daglige produktion ændret 3 gange. Effektiviteten af fodringen har været præget af den manglende styring af ventilationen, men vi har dog gjort de første vigtige erfaringer. Optimeringerne er således lavet på baggrund af de indledende foderforsøg, samt de observationer vi har gjort i staldene.

Enorm mix 1: Recepten består af 5 ingredienser. Samme recept, der er anvendt i foderforsøg 1.

Enorm mix 2: På baggrund af det indledende foderforsøg tilpassede vi foderet ved at udelade ingrediens # 4.

Enorm mix 3: På baggrund af forsøg og observationer havde vi et mål om at opnå en bedre binding af vandet i foderet, og at undgå at foderet lagdelte sig. Vi tilsatte derfor en ny ingrediens bestående primært af ufordøjelige fibre (ingrediens 6). Vi undlod desuden ingrediens 5 og 3. Disse to ingredienser indgik i forrige recept, på trods af at de ikke var restbiomasser, men gængse fodermidler. De er erstattet med to nye ingredienser 7 og 8, som består af restprodukter fra fødevarerindustrien.

Enorm mix 4: Da den nye ingrediens 6 i Enorm mix 3 besværliggjorde separationen af larver og frass, er denne ingrediens i mix 4 erstattet med ingrediens 9, som indeholder en stor andel fordøjelige fibre. Ingrediens 9 er også et restprodukt.

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

I arbejdsplanen 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 logisk af BSF larvevækststalde
4. Udvikling af prototype til dosering af baby larver

Sammenfatning af udførte opgaver i AP 2 - 2. halvår 2019 og ventede opgaver 1. halvår 2020

Til afklaring af udviklingsforløbet med forskellige automatiserede processer har vi i efteråret udført en FTO (freedom to operate) analyse. Analysen har givet indblik i hvilke designs og teknologier, der i forvejen er søgt eller givet patenter på, og hvordan disse overlapper og adskiller sig fra egne teknologier. Processen har samtidig givet ny inspiration til metoder til forarbejdning, logistik og projektering af fabrikken.

I løbet af efteråret har vi haft flere møder med leverandører, hvor vi til dels har arbejdet med at finde løsninger til skalering af projektet. Der er indledt et forløb med en ny rådgiver – WH-Planaction - bl.a. til beregning af eventuelle miljøgener i lokalområdet ved projektering af fabrikken med daglig produktion af 100 ton levende larver.

CFD modelleringen har i perioden været fokuseret på at digitalisere og definere parametrene for ”diffuserummet” og ”kaosrummet”, som er de to ventilationssystemer der er blevet testet - og ikke har fungeret optimalt hos Enorm. Når det nye Weng system er testet og forhåbentlig har leveret positive resultater, vil dette system blive anvendt i CFD modellen. Det er hensigten af geometrien skal være variabel, for at vi kan dimensionere larvestaldene til skaleringen.

Der er foretaget udvikling af doseringsenhed samt test og programmering af visionsystem til optælling af seedlarver. Systemet vil være klar til test i løbet af 1. halvår 2020.

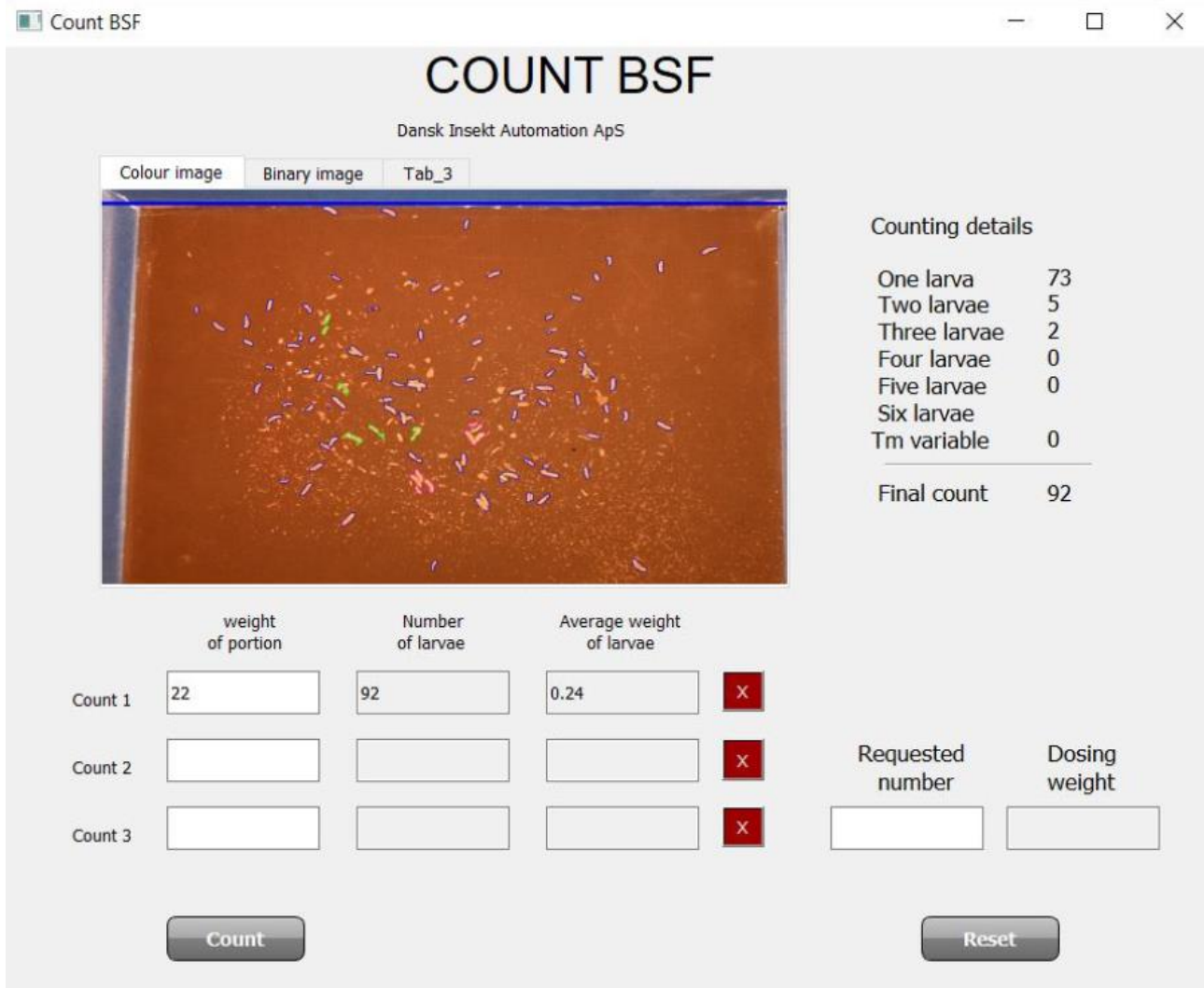
Der blev i december udført de første forarbejdningstest, for at se hvordan udstyret generelt præsterede, justere indstillingerne og for at se forskellen mellem to forskellige typer af dekantere. Processerne fungerede bedre end håbet, og vi opnåede en god separation af olie, tørstof og vand. Der blev ved testen forarbejdet godt 2 tons BSF larver. Ved testen deltog repræsentanter fra GEA og Haarslev, som samtidig oplærte Enorms medarbejdere i brugen af udstyret. Vi forventer i løbet af 1. halvår 2020 at have udviklet et insektmel, som er klar til at blive anvendt som foderingsrediens. Dog vil vi fortsat arbejde med optimering og produktudvikling.

Et af de øvrige fokusområder i foråret vil være at udvikle en ny metode til separation af larver og frass, for at opnå en renere larvefraktion (aktivitet 2.10).

I 2020 vil der være stor fokus på at samle alle trådene fra arbejdspakkerne til projektering af en kommerciel fabrik.

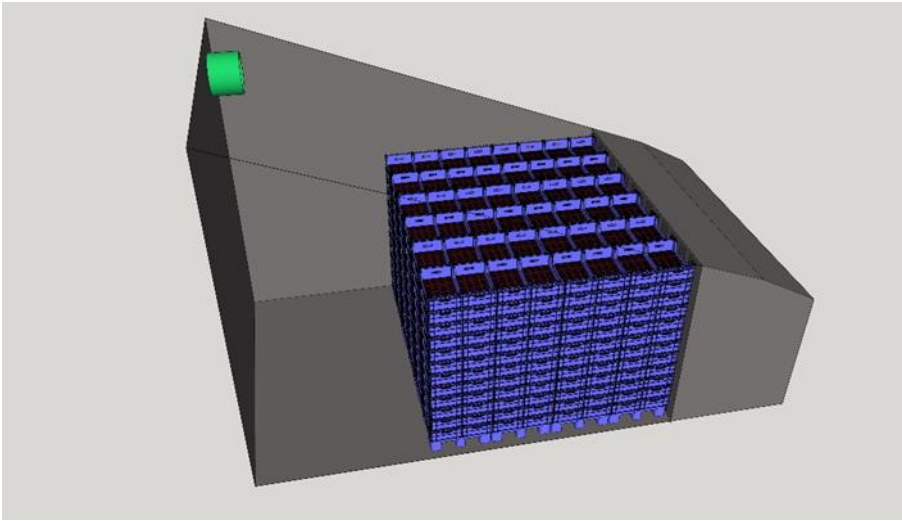
Dosering af seedlarver

Screenshot af interface til visionsystem. Præcision på nuværende løsning er 94%

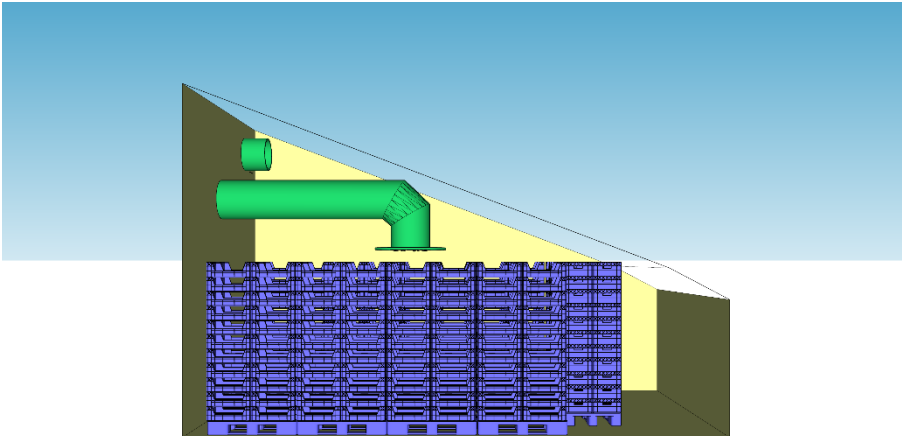


CFD modellering

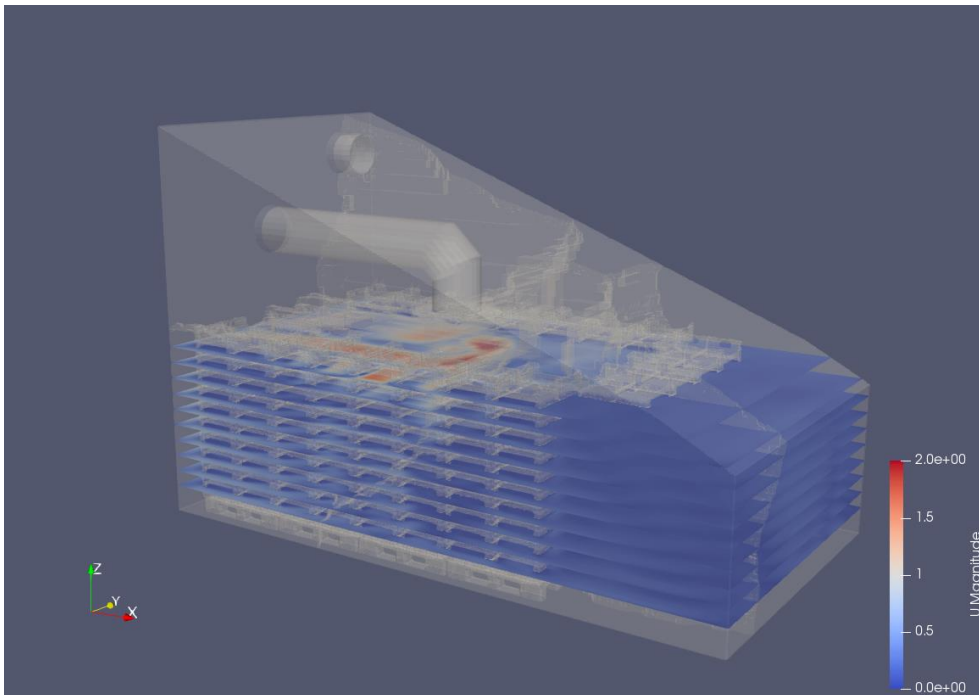
Det primære fokus i 2. halvår har ligget på at digitalisere og definere parametrene for diffuserrummet (Figur 2) og kaosrummet (Figur 3).



Figur 2 Digitalisering af diffuserrummet



Figur 3 Digitalisering af kaosrummet



Figur 4 – 3D af data fra kaosrummet.

Der er blevet analyseret data fra kaosrummet efter modelkørselens afslutning (Figur 4). Data fra kaosrummet viser helt generelt at der er luftudskiftning i alle kasserne og systemet overordnet set virker. Der er dog meget store forskelle i hvor meget luften udskiftes fra kasse til kasse og det vil være kasser hvor luftudskiftningen er så høj der vil afdampe meget væske fra larver og medie mens andre kasser potentielt vil opleve ikke at kunne komme af med varmen.

Erfaringer og resultater af forarbejdningsstesten

- Første separation af fibre fungerede ok med nuværende udstyr, men vi vil teste en anden type udstyr i foråret 2020.
- I 2. halvår 2019 har vi arbejdet med at konservere larverne, for at kunne forarbejde larver fra en længere periode på samme dag. Vi har ved tilsætning af syre opnået en lang holdbarhed af larverne. Denne konservering kan dog have indflydelse på effektiviteten af den efterfølgende separation. Vi vil teste hvilken effekt konserveringen har på separationen i Q1 2020.
- Vi identificerede den bedste af to typer dekantere til separation af fibre og væske og opnåede en tilfredsstillende separation. De fine partikler er svære at få med i den faste fraktion, hvilket der skal optimeres yderligere på.
- Separationen af vand og fedt fungerer optimalt og giver en flot og ren insektolie.
- Tørreudstyret virkede ikke optimalt og gav årsag til skeling i tørremaskinen. I løbet af 1. halvår 2020 vil vi lave forsøg med andre typer af tørreudstyr.
- Vi opnåede en tilfredsstillende proteinkoncentration i insektmelet på 66,2%. Indholdet af fedt var meget lavt – hvilket er meget godt – på 4,0%

Billeder og illustrationer af forarbejdningsstest



Arne og Carsten beundrer insektolien - in the making



Fast fraktion (Det der bliver til insektmel)



Væskefraktion



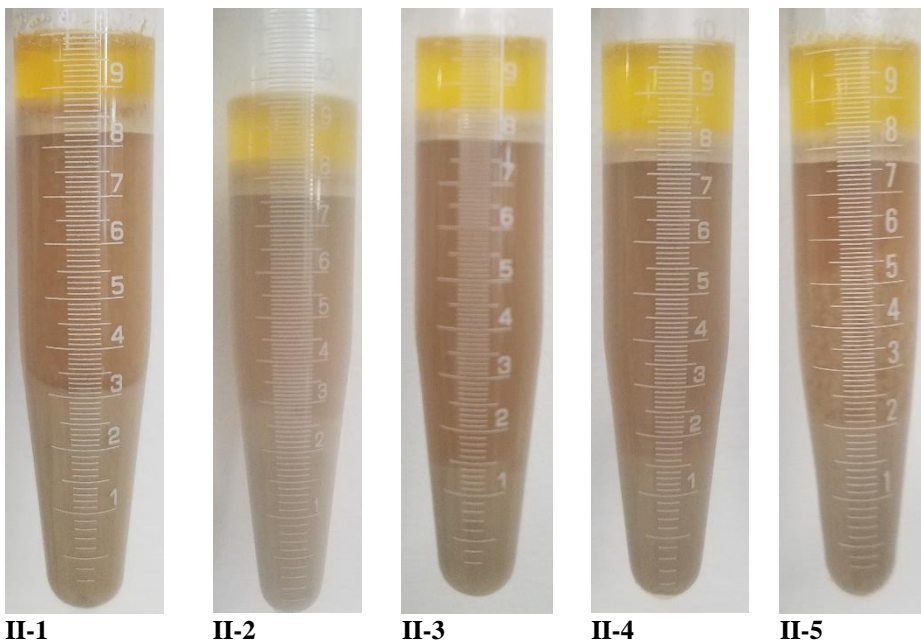
Insektolie



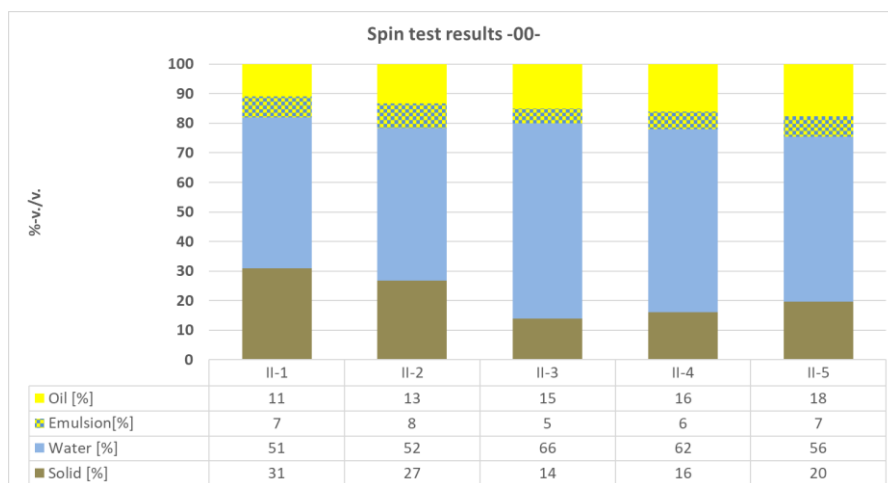
Spintest af råmateriale - efter fiberseparation



Spintest af fastfraktion – før tørring



Spintest af væskefraktion ved forskellige indstillinger af dekanter



Grafisk illustration af spintest af væskefraktion ved forskellige indstillinger af dekanter

		Insektmel (fast fraktion efter tørring)
Tørstof	%	84,9
Fedt	%	4,0
Protein	%	66,2



Slutprodukter: Olie, insektmel, fibre og hele tørrede larver.

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

I arbejdsplan 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 arbejdsplan:

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 affedt insektmel, 80 kg insektolie og 680 kg gødning – udgang af Q4

Arbejdsplan 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

Sammenfatning af udførte opgaver i AP 3 - 2. halvår 2019

I 2. halvår har der været stor fokus på montage og indkøring af udstyr til testproduktionen. At teste og indkøre udstyret, har krævet at vi havde larver på stald som vi kunne flytte med robotten og fodre med vådfodringsanlægget mv. Som fortalt (under AP 1) er vi stadig bagud med at finde den rigtige løsning til

ventilation og styring i staldene. Dette har betydet at vi i to af staldene har installeret en interimistisk ventilationsløsning. Larverne har ikke vækset optimalt under disse forhold, men det har betydet at vi har haft larver, til indkøring af øvrigt udstyr, og tidsplanen for dette er således ikke blevet påvirket mærkbart.

Vådfodringsanlægget fungerer tilfredsstillende. Der er fortsat behov for tilpasninger og justeringer for at opnå den bedste foderdosering i væstkasserne.

Robotten og logistikanlægget har haft en del indkøringssværligheder. Der er fortsat behov for tilpasninger af kassevenderen, som har givet en del problemer. Vi vil i foråret 2020 desuden arbejde med tilpasninger af vaskemaskinen, for at reducere vandforbruget ved vask.

Vådfodringsanlæg og logistikanlæg er pt i drift 2-3 dage i ugen.

Ifølge tidsplanen for arbejdsplan 3, som oprindeligt var forventet afsluttet ultimo Q2 2020, er vi ca. 4-5 måneder bagud tidsplanen.

Billeder fra testproduktionen





AP 4 - Etablering af fuldskala anlæg

Ifølge ansøgningen 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 ton 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 forventes fortsat afklaring om budget og aktiviteter for AP 4 medio 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, men også laks og tilapia vil muligvis blive overvejet afhængig af de opnåede resultater. ENORM søger at optimere råvaren til fiskenes 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 insektsmel indgår som ingrediens (Aller Aqua)
4. Der gennemføres rentabilitetsberegninger på insektproduktionen, som demonstrerer hvorvidt produktionsomkostningen på insektsmel er konkurrencedygtig i forhold til øvrige råvarer (ENORM)

Status AP 5

Aktiviteterne i AP 5 er ikke i gang sat endnu, men forventes at starte i slutningen af Q1 2020. Enorm skal nå et par skridt længere mht. produktudvikling inden produkterne er klar til at blive testet. I den forbindelse har Enorm og DTU Aqua været i dialog og aftalt af DTU vil hjælpe med at kvantificere effektiviteten af ekstraheringen af exoskeller. Der findes ikke en anerkendt analysemetode for indhold af kitin, og DTU vil derfor søge at identificere den bedste analysemetode.

AP 6 - Udvikling af koncept til værdiskabelse af insekt frass

Målet med arbejdsplanen 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 køkkenaffald) 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 udspecificeret. 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.

Sammenfatning af udførte opgaver i AP 6 - 2. halvår 2019

I 2. halvår er en rapport til karakterisering af frass blevet færdiggjort (se bilag 1). Rapporten har lagt til grund for en udmelding fra departementet omkring anvendelse af frass ift gældende lovgivning.

Lovmæssigt er der endnu uafklarede punkter. Bl.a. er det pt gældende at frassen ikke kan anvendes som husdyrgødning, da insektfrass ikke er omfattet af husdyrgødningsbekendtgørelsen. Vi har diskuteret muligheden for at få lovgivningen ændret med bl.a repræsentanter fra Landbrug og Fødevarer, som har indsigt i alle relevante forordninger og bekendtgørelser. Det vurderes at selvom lovgivning potentielt kan ændres, vil det tage lang tid før dette vil kunne vedtages og gøres operationelt og en sådan proces vil tage for lang tid ift Enorms tidsplan for skalering. Vi er pt i dialog med kommunen omkring dette, og ser evt. en mulighed i at anvende frassen som biomasse til biogasanlæg. Næste skridt i processen er at fortage udrådningstest for at afklare biogaspotentialt i frassen. Fødevarestyrelsen har i efteråret afklaret at man ift den animalske biproduktsforordning kan anerkende ”teknisk frass” som husdyrgødning, hvilket gør at man kan undgå tryksterilisering af frassen, inden videre forarbejdning. Selvom dette er positivt, har vi endnu ikke opgivet håbet om at FVST kan fravige kravet om tryksterilisering af frassen inkl larverester. Dette skal derfor også nærmere afklares, før vi vil arbejde med udvikle en optimal separationsproces af frassen.

Da der endnu er brug for afklaring, er ”fase 2” i arbejdsplanen 6 endnu ikke defineret. Vi vil arbejde videre med dette i 1. halvår 2020.