

Hermetia illucens som klimavenlig lipid- og proteinkilde gennem cirkularitet i materialeflowet hos Herslev Bryghus

Hermetia illucens as a climate-friendly lipid and protein source through circularity in the material flow at Herslev Bryghus



Kimie Packert Schubert-Suellstudienr.: 65221
Magnus Riber Mygind.....studienr.: 65203
Naja Bech.....studienr.: 65197

Vejleder: Rikke Lybæk
Bachelorprojekt, 6. semester, foråret 2021
Antal anslag: 146.591 (min. 24.000 max. 192.000)



Abstract

The population of the Earth is growing, which leads to more mouths to feed. Already, protein-rich food is scarce in the World, and demand will only increase with population growth. Innovation in the utilization of resources and protein production is required. Particularly in the production of animal protein is reform required. Husbandry has turned out to be one of the big sinners in greenhouse gas emissions, water and energy consumptions, and land use. In solving the climate crisis, means of production and resource utilization will be of great importance.

This project examines the insect *Hermetia illucens*' potential for utilizing waste products in an Industrial Ecological way, in a Circular Bioeconomic system with a local brewery, Herslev Brewery, at its core. The brewery is a part of the production collective 'En del af Herslev', around which the analysis of waste stream utilization is centered.

During the project, *H. illucens* larvae were reared on feed composed of spent brewers' grains and an organic self-composed fraction called 'Mix', of both coarse and fine textures for a duration of 14 days. The total lipid and protein content of the larvae was determined alongside growth and mortality rates.

Through the established production collective 'En del af Herslev', material flows of organic waste streams were identified. Potential for the increased value of the resource utilization and added cascade usage was recognized. Additionally, the potential for decreased water consumption in the production of protein was made apparent.

Through various feed compositions, the protein percentage may be optimized, but the total protein content does not vary. Lipid content was not affected by variation in composition or texture of feed.

Resumé

Jordens befolkning bliver større, hvilket medfører, at der bliver flere munde at mætte. Allerede nu er der mangel på proteinholdige fødevarer i verden, hvilket med den kommende befolkningstilvækst, genererer et endnu større behov. Der må tænkes anderledes i måden hvorpå der anvendes ressourcer og produceres protein på. Specielt ved produktion af animalsk protein er nytænkningen en nødvendighed. Husdyrproduktion har vist sig at være en af de store syndere ved udledning af CO₂, vand- og energiforbrug, samt storforbrugere af landareal. Klimakrisen skal minimeres og gerne elimineres, derfor har produktionsformen og ressourceudnyttelsen en stor betydning.

Projektet undersøger insektet *Hermetia illucens* potentiale for at udnytte restprodukterne i en industriel økologisk sammenhæng, i et cirkulært bioøkonomisk system med et lokalt bryggeri, Herslev Bryghus, som hovedaktør. Bryggeriet er med i produktionsfællesskabet 'En del af Herslev', som i projektets undersøgelse af, om restproduktstrømmene kan udnyttes bedre, drejer sig om.

Projektet har dyrket *H. illucens* larver i 14 dage på forskellige foderblandingsforhold af mask med en organisk selvkomponeret fraktion, 'Mix', i to forskellige strukturer, fin og grov. Totalt lipid- og proteinindhold, samt vækst- og mortalitetsrater for larverne blev efterfølgende målt.

Gennem det, i forvejen, etablerede produktionsfællesskab 'En del af Herslev' er der identificeret materialeflows for de organiske restprodukter. Et potentiale for højere værdiniveau i anvendelsen, samt yderligere kaskadeudnyttelse er identificeret. Ligeledes er et potentiale for besparelse af vand i produktionen af protein identificeret.

Gennem forskellige fodersammensætninger kan proteinindholdet optimeres, men den totale produktion af protein påvirkes ikke af fodersammensætningen. Lipidindholdet påvirkes ikke af hverken fodersammensætningen eller –teksturen.

Forord

Denne projektrapport er udført som et 15 ECTS bachelorprojekt ved Institut for Naturvidenskab og Miljø, samt Institut for Mennesker og Teknologi, RUC - Roskilde Universitet. Den litterære samt eksperimentelle del er udført i og omkring Trekroner, Gundsømagle og København og der er ligeledes aflagt flere besøg hos Herslev Bryghus i Herslev i forbindelse med research og afhentning af mask.

Grundet COVID-19 og regeringens restriktioner i forbindelse hermed, har den eksperimentelle del af projektet, måttet opstartes i et privat hjem (og ikke et klimarum) under ugunstige forhold for larveproduktionen og selve vækstens tidsperiode. Derfor er hele eksperimentet og laboratoriearbejdet blevet forskudt betydeligt undervejs og har forhindret den oprindelige plan med egen produktion af "2. generationslarver", som skulle have dannet grundlaget for lipid- og proteinindholds-analysen. I stedet blev der indkøbt endnu en portion "1. generationslarver", som således blev anvendt til eksperimentet.

Endeligt ønskes der at udvise stor taknemmelighed til alle, som, på en hvilken som helst måde, har bidraget til projektets og rapportens tilblivelse. En særlig stor tak skal lyde til:

- Rikke Lybæk, lektor, bachelorprojektvejleder
- Herslev Bryghus, case-virksomhed samt donation af mask fra virksomhedens ølbrygning
- En del af Herslev, case-virksomhed
- Opponentvejledere, samt opponentgrupper
- Gitte Katrine Bøg, laboratorietekniker - hjælp til udførsel af CHN-analyser
- Rikke Guttessen, laborant - hjælp til eksperimentopstilling i klimarum m.m.
- Anne Busk Faarborg, laborant - hjælp til eksperiment, praktisk udstyr og lipidanalysen
- Torben Brandt Knudsen, Kemiker på INM, hjælp til lipidanalysen
- Per Meyer Jepsen, Lektor – naturvidenskabelig, samt matematisk sparring
- Thomas Allan Rayner, postdoc & konsulent hos Pisco ApS - sparring ift. lipidindholds-beregninger

Indholdsfortegnelse

Abstract.....	2
Resumé	2
Forord	3
1 INTRODUKTION	6
1.1 Indledning	6
1.2 Problemformulering	8
1.3 Arbejdsspørgsmål.....	8
1.4 Målgruppe.....	8
1.5 Afgrænsning	8
1.6 Projektdesign	9
2 TEORI	11
2.1 <i>Hermetia illucens</i>	11
2.2 <i>Bos taurus</i>	14
2.3 Industriel Økologi	15
2.4 Cirkulær bioøkonomi	19
3 CASE-ANALYSE.....	21
3.1 Virksomheden ‘Herslev Bryghus’	21
3.2 Produktionsfællesskabet ‘En del af Herslev’	21
3.3 Organisk materialeudveksling og -udnyttelse i ‘En del af Herslev’	23
3.4 Analyse af case & systemdesign	25
4 EKSPERIMENTEL METODE.....	31
HJEMME-SETUP	31
CAMPUS-SETUP – 2. GEN.....	35
CAMPUS-SETUP – 1. GEN.....	35
LIPID-ANALYSE	43
PROTEIN-ANALYSE	43
5 EKSPERIMENTELLE RESULTATER	46
5.1 Præsentation af eksperimentelle data.....	46
6 DISKUSSION	58
6.1 Diskussion.....	58
6.2 Eksperimentelle fejlkilder	61
7 KONKLUSION	63
8 REFLEKSIONER / PERSPEKTIVERING.....	64

9 REFERENCELISTE	66
10 BILAG	70
<i>Bilag A – Resultater for vækst</i>	<i>70</i>
<i>Bilag B – Resultater for proteinanalysen.....</i>	<i>71</i>
<i>Bilag C – Resultater for lipidanalysen</i>	<i>72</i>
<i>Bilag D – Indholdsfordelingen i Hermetia illucens.....</i>	<i>73</i>

1 INTRODUKTION

I dette kapitel introduceres den forudgående inspiration til forfatterens interesse for emnet. Ligeledes sættes rammen for det specifikke problemfelt og selve indledningen klæder læseren på til at kunne fordybe sig alle i projektets facetter og vinkler. I forlængelse af indledningen, beskrives projektets problemformulering og dennes relaterede arbejds spørgsmål, som afdækker, hvad projektet undersøger. Afsnit 1.5 Afgrænsning, behøver hvilke emner, der kunne være relevante at inddrage, men som ligger udenfor projektets scope. Afsnit 1.6 Projekt design oplyser læseren om, hvordan projektet udføres - både eksperimentelt og litterært. Kapitlet består af i alt seks afsnit, som tilsammen udgør introduktionen til projektet:

1.1 Indledning

1.2 Problemformulering

1.3 Arbejds spørgsmål

1.4 Målgruppe og læserguide

1.5 Afgrænsning

1.6 Projekt design

1.1 Indledning

Mennesket er blevet markant dygtigere til eksempelvis at forebygge, opdage og behandle sygdomme (Devita and Chu, 2008; Spada and Vegni, 2018) og den gennemsnitlige levealder er højere end nogensinde (United Nations, 2015). Derfor er befolkningstilvæksten på verdensplan stødt stigende. Samtidigt med den stigende globale befolkningstilvækst oplever store nationer som Kina og Rusland m.m. øget velstand og selv i udviklingslande verden over ses også en stigende velstand (Desjardins, 2020). Den stigende befolkningstilvækst, samt øgede velstand i udviklingslande medfører således et større behov for flere og bedre fødevarer (Brown *et al.*, 2014). Ydermere sker der et kulturelt skift, hvor udviklingslande, der oplever ny velstand, ønsker at simulere Vestens spisevaner, for at kunne vise velstand frem, hvilket viser sig ved en markant større efterspørgsel på proteinholdige fødevarer som kød og fisk (Smil, 2002; FAO, 2013). Det forudses, at der vil opstå mangel på proteinholdige fødevarer (Dietz, Rob & O'Neill, 2013). Derved bliver det svært ved at generere mad nok på kloden til hele den fremtidige verdensbefolkning på den tilgængelige plads og med den mængde ressourcer, som er til rådighed (Dietz, Rob & O'Neill, 2013; 17 United Nations, 2015; FAO, IFAD, UNICEF, WFP, 2020).

Blot for at imødekomme det nuværende, samt stigende behov for proteinholdige fødevarer, produceres der i dag så store mængder, at naturens ressourcer har svært ved at regenerere sig. Der opstår dermed en overbelastning på både økosystemer, miljø og klimaet, som i mange år har været udfordret og stadig forandres konstant (Lintsen *et al.*, 2018). Derfor har de Forenede Nationer beskrevet 17 Verdensmål, som alle lande skal stræbe mod at nå (17 United Nations, 2015). Med eksempelvis stort vandforbrug, kunstgødning med store energiomkostninger og anvendelse af pesticider, produceres der foder til landbrugsdyr, på marker med monokultur, ved hjælp af store landbrugsmaskiner og derigennem ødelægges habitater for både flora og fauna i lokalområdet. Mange arter er uddøde på grund af menneskelige aktiviteter og mindst lige så mange er i fare for at uddø, hvilket kan medføre yderlige tab af biodiversitet. Derfor er der indført en liste, "Den Danske Rødliste", hvor ca. 13.300 arter bliver overvåget (Moeslund, J.E., 2019; Bueno and Peres, 2020). Påvirkes et biologisk økosystem, kan det eksempelvis have konsekvenser for alle eller store dele af fødekæden, hvis påvirkningen er vedvarende og stor nok (UNECE, 2018).

Samtidigt ryddes der hver dag regnskov i verdensdele som Asien og Sydamerika, til fordel for produktion af eksempelvis sojabønner til dyrefoder, som fragtes i containere med skib til et landbrugsland som Danmark, meget langt fra oprindelseslandene (Forest, 2020). Dette er ineffektivt og miljøbelastende at

rydde regnskoven, både hvad angår energi i form af transport, naturressourcer i form af ferskvand til vanding og ligeledes arealanvendelse og hvad produktets endelige formål er.

Menneskets adfærd og aktiviteter på jordkloden, herunder især aktiviteter relateret til fødevarerproduktion er under skarp bevågenhed af FN, hvis endelige mål er at eliminere sult (FAO, IFAD, UNICEF, WFP, 2020). Menneskets adfærd har sat sit tydelige aftryk på miljøet og ikke mindst til ændringen af klimaet, hvor især temperaturen, havoverfladen og CO₂-indeholdet i atmosfæren stiger, mens endnu mere ekstremt og omskifteligt vejr forventes i fremtiden (FAO, 2017; FAO, IFAD, UNICEF, WFP, 2020). Nye tiltag og løsninger er nødvendige, for at kunne brødføde verdens stigende befolkning. Derfor forskes der hele tiden i at udvikle bæredygtige og fremtidssikrede løsninger indenfor eksempelvis landbrug, transport, fødevarerproduktion, med et ønske om at optimere ressourceeffektiviteten, hvad end det angår anvendelse af areal, plads, vand, foder, lys, temperatur, tid, samtidig med anvendelse af restprodukter fra allerede eksisterende produktion (Van Huis, 2013; FAO, IFAD, UNICEF, WFP, 2020).

Et eksempel på et aktivt forskningsfelt er udvikling af mere bæredygtige og ressourceeffektive alternative proteinkilder til produktion af kødkvæg, som er en af de særligt tunge miljømæssige belastning (Van Huis, 2013; Asem-Hiablie *et al.*, 2019). Der kigges på både vegetabiliske, samt mindre miljøbelastende animalske alternativer, hvor nogle er bevist mere lovende end andre (FAO, 2013), afhængigt af hvilke egenskaber og træk, der undersøges.

Insekter har i mange år været et omdiskuteret og lovende alternativ til andre miljøbelastende proteinkilder, da utallige undersøgelser har vist, at insekterne har mange af tidligere nævnte egenskaber som eksempelvis arealeffektivitet, lav foderkonverteringsfaktor og kan leve udelukkende af organiske restprodukter fra en anden allerede eksisterende produktion (FAO, 2013; Van Huis, 2013; Sogari and Mora, 2019).

Historisk set har insekter været en fast del af den proteinholdige kost i mange dele af verden og måske som opdræt (Van Itterbeeck and van Huis, 2012), for at sikre en fast næringskilde. Det er primært i den vestlige verden, at insekter anses som ulækkert eller tilmed uspiseligt og kun i de seneste årtier er de blevet anset som en kuriøs 'novelty delicacy' (Offenberg, 2011; Collins, Vaskou and Kountouris, 2019). Da animalsk protein generelt anses for en kostbar fødevarer, konsumeres størstedelen af verdens samlede mængde producerede oksekød i Vesten (Roser, Max & Ritchie, 2017), hvor folk er mere velhavende, end i andre dele af verden. På trods af den vestlige verdens spisevaner og manglende lyst til at konsumere insekter som hverdagsmad, er der alligevel god grund til at undersøge netop lipid- og proteinindhold i insekter, da der ligger et stort potentiale i at introducere disse på nye konsumentmarkeder som alternativ animalsk proteinkilde til oksekød, hvilket er et vigtigt led til at nedbringe miljøbelastning og klimaafttrykket væsentligt (FAO, 2013; Van Huis, 2013).

Dette projekt har to primære formål. Det ene formål er at undersøge lipid- og proteinindhold i egenopdrættede 2. generationslarver af arten *Hermetia illucens* (Linnaeus 1758) fodret udelukkende med mask, restprodukt fra øleproduktion, samt bioaffald fra virksomheden Herslev Bryghus i forskellige blandingsforhold. Det undersøges hvilken foderblanding, ud af fire forskellige blandingsforhold og to forskellige teksturer (grov/fin), som resulterer i det højeste lipid- og proteinindhold. Dette gøres med henblik på at finde en mere klimavenlig protein- og lipidkilde, som alternativ til kød fra køer, *Bos taurus*, til hvilket masken i dag bruges som foder.

Insektet *H. illucens* er valgt, idet det har vist lovende resultater i mange videnskabelige forsøg (Wang and Shelomi, 2017; Firmansyah and Abduh, 2019) og samtidigt er let tilgængelig, samt nem og ufarlig at udføre eksperimenter med i Danmark (Joosten *et al.*, 2020). Den agerer dog således i projektet blot som eksempel for andre insektarter med lignende klimavenligt produktionspotentiale og resultaterne fra denne

undersøgelse bør anses for at skabe præcedens for lignende undersøgelser med andre arter. Det andet formål er, at der, via en teoretisk gennemgang af begreberne 'Industriel Økologi - IØ' og 'Cirkulær Økonomi - CØ', laves en case-analyse af Herslev Bryghus, samt produktionsfællesskabet 'En del af Herslev', som virksomheden er en del af. Case-analysen belyser virksomhedens og produktionsfællesskabets nuværende materialeflows og dernæst gives der et omfattende billede af, hvorledes et mere klimavenligt cirkulært systemdesign ser ud, ved implementering af insektopdræt og -konsum af *H. illucens* eller en tilsvarende art i materialeflowet hos Herslev Bryghus (Stegmann, Londo and Junginger, 2020).

Systemet designes og udarbejdes af projektets forfattere selv og baseres på en omfattende research og dermed indsigt i samtlige strømme af organiske restprodukter hos 'En del af Herslev'. De opnåede værdier for lipid- og proteinindhold i *H. illucens* sammenholdes afslutningsvis med systemdesignet, for at kunne belyse, hvorledes en implementering af et opdræt med denne art kan bidrage til et mere klimavenligt cirkulært system hos Herslev Bryghus og de øvrige partnere i produktionsfællesskabet 'En del af Herslev'.

1.2 Problemformulering

Hvorledes kan et mere klimavenligt cirkulært system etableres hos Herslev Bryghus med opdræt af *Hermetia illucens* til konsum og hvilken foder-sammensætning og -tekstur resulterer i det højeste lipid- og proteinindhold i *Hermetia illucens*?

1.3 Arbejdsspørgsmål

1. Hvordan kan en larveproduktion integreres i det eksisterende materialeflow hos virksomheden Herslev Bryghus, samt i produktionsfællesskabet "En del af Herslev"? (besvares i kapitel 3)
2. Hvordan påvirker sammensætningen af foderet larvernes vækst, samt lipid- og proteinindhold? (besvares i kapitel 5)
3. Hvordan påvirker tekturen af foderet (grov/fin) larvernes vækst, samt lipid- og proteinindhold? (besvares i kapitel 5)
4. Hvad er forskellen på lipid- og proteinindholdet mellem larver (*H.illucens*) og køer (*B. taurus*)? (besvares i kapitel 6)

1.4 Målgruppe

Rapporten henvender sig til 6. semesterstuderende på tilsvarende fagområder og med tilsvarende erfaring og akademisk niveau, samt andre interessenter/aktører, som måtte have interesse i larveproduktion samt implementering af samme i en virksomheds værdikæde, for at opnå større cirkularitet.

1.5 Afgrænsning

Dette afsnit belyser kortfattet hvilke emner, der ville være relevante at inddrage, men som ikke berøres og undersøges yderligere, idet det ligger udenfor projektets scope. Der er utallige relevante aspekter, emner og overvejelser at inddrage i et projekt som dette. Til dels grundet tværfagligheden i både teori, forsøg og analyse, som indeholder både naturvidenskabelige

og samfundsagligt orienterede vinkler. Emnerne nævnes således, for at informere læseren om forfatterens kendskab til dem og for at afgrænse rapportens indhold til projektets kerne og hovedformål.

Det kan eksempelvis være relevant at undersøge og sammenligne lipid- og proteinindhold på tværs af en række insektarter, i et forsøg på at finde den bedst egnede art, som alternativ kilde til andre animalske proteinkilder. Der er ligeledes muligvis andre arter, som allerede er undersøgt med samme formål og har vist sig bedre egnede med hensyn til lipid- og proteinindhold. I denne rapport fokuseres der udelukkende på arten *H. illucens*. Dette skyldes at arten eksisterer i det sydlige Europa og er ikke artsforurenende eller invasiv i Skandinavien, samt sygdomsfremkaldende hos mennesker. Ligeledes er der nem tilgængelighed til køb af larverne via internettet hos forhandlere. Endvidere er der også udført mange videnskabelige forsøg med *H. illucens*, hvorfor der er masser af materiale at sammenligne med indenfor denne art.

Adskillige andre arter (udover *H. illucens*) vil givetvis være relevante at benytte som led i en virksomheds cirkularitet og være med til at nedbringe de negative klima- og miljøpåvirkninger, men grundet tidsbegrænsninger og de begrænsede muligheder for eksperimentelt opdræt, er det valgt kun at arbejde med denne specifikke art.

Der kan, efter sigende (DeFoliart, 1992), forekomme negative ernæringseffekter ved indtagelsen af *H. illucens*, grundet et muligt højt indhold af transfedtsyrer. Dette undersøges ikke eksperimentelt i dette projekt, da fokuset her ligger i totalt lipid- og proteinindhold, samt det tværfaglige perspektiv på cirkularitet.

H. illucens anvendes allerede nu, først og fremmest til dyrefoder (Abd El-Hack *et al.*, 2020; Mahmud *et al.*, 2020). Der kan være relevans i at undersøge, hvorvidt der er større potentiale i at opdrætte larverne, med henblik på at implementere dem i en virksomheds cirkularitet som dyrefoder. Heller ikke dette vil blive undersøgt i dette projekt. Fokus for dette projekt er at erstatte animalsk protein til humant konsum og dyrefoder falder udenfor disse rammer.

Da Herslev Bryghus ikke har haft mulighed for at dele nærmere information om deres materialeflow, vil en egentlig materialeflowanalyse. Ikke blive udført. I stedet opstilles en mere abstrakt analyse af det industrielle system på baggrund af de informationer, der er redeligt tilgængelige på virksomhedens website.

Slutteligt belyser projektet ikke de kulturelle barrierer, der kan forekomme ved indtagelsen af insekter som humant konsum i Danmark. En gennemgående antagelse for rapporten er, at insektproteinet vil blive spist af mennesker og det må være op til fremtidige undersøgelser og tiltag, for at nedbryde sådanne barrierer/spisevaner/madkultur.

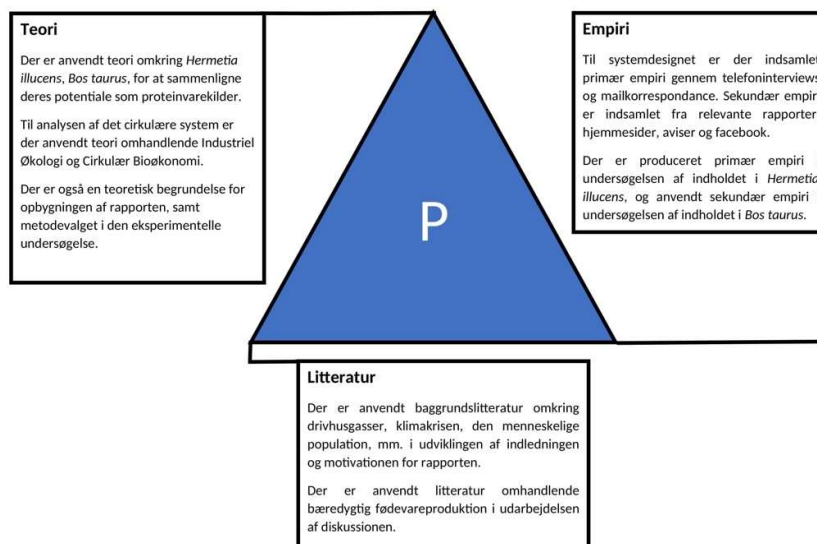
1.6 Projektdesign

Dette afsnit oplyser læseren om, hvordan projektet både litterært og eksperimentelt udføres. Det er således en beskrivelse af hvordan og via hvilke værktøjer og midler, at problemformuleringen besvares og konklusionen herefter findes. Afslutningsvis overskueliggøres projektdesignet med en hertil visualiseret figur.

I dette projekt er det valgt at fokusere på produktionsfællesskabet 'En del af Herslev', da fællesskabet præsenterer en unik mulighed for en innovativ produktion af bæredygtige fødevarer. En barriere for IØ er typisk vidensdeling omkring materiale flow og produktionsprocesser. Som samarbejdspartner i 'En del af Herslev' forpligter en virksomhed sig til at realisere fællesskabets manifest. En del af dette manifest er "Samarbejde – synergi om produktudvikling, ideer og afsætning" (Unger, 2021). Der er derfor

allerede etableret en konsensus om at dele viden og produktudvikling. 'En del af Herslev' udmærker sig også ved at promovere innovativ fødevarerproduktion. Insektprotein falder, i Danmark, i sandhed indenfor denne kategori.

Nedenstående trekant, figur 1.1, er en visualisering af hvordan følgende elementer; Teori, Empiri og Litteratur, samt problemformuleringen, P, i midten, tilsammen udgør tilblivelsen af projektet. Trekantfiguren skal fungere som en visuel vejviser igennem projektet, fra problemformuleringen - gennem casen og eksperimentet, med analysen af resultaterne, videre i konklusionen og helt til konklusionen.



Figur 1.1 De tre elementer; Teori, empiri og litteratur, som tilsammen anvendes til besvarelse af problemformulering og arbejds spørgsmål i projektet.

Herunder beskrives kort, hvad der i projektet anvendes, for at besvare problemformuleringen ved hjælp af besvarelse af de 3 arbejds spørgsmål.

1. Hvordan kan en larveproduktion integreres i det eksisterende materialeflow hos virksomheden Herslev Bryghus, samt i produktionsfællesskabet "En del af Herslev"?

For at kunne besvare arbejds spørgsmål 1, anvendes teori, litteratur og empiri på følgende måde i projektet:

- Virksomheden, Herslev Bryghus's materialeflow undersøges, specielt med hensyn til restaffald, både gennem direkte kontakt med bryghuset, mails, telefonsamtaler, gamle avisartikler, samt ved gennemgang af virksomhedens hjemmeside.
- Der tages kontakt til samarbejdspartnere i "En del af Herslev", for at se på mulige brugte og ubrugte ressourcer eller restprodukter, som kan genanvendes til insektproduktion.
- Udvekslingen af ressourcerne imellem parterne i 'En del af Herslev', bryghuset inklusive, kortlægges.
- Teorien studeres om cirkulær bioøkonomi og industriel økologi, samt værditrappen for ressourcer.
- Teorien og litteraturen anvendes også, for at undersøge om evt. restprodukter eller ubrugte ressourcer kan anvendes eller genanvendes til insektproduktion.

- Til slut laves et nyt systemdesign for materialeudveksling for virksomheden, Herslev Bryghus, nu med en larveproduktion, hvor “En del af Herslev” indgår flowet.
2. Hvordan påvirker sammensætningen af foderet larvernes vækst, samt lipid- og proteinindhold?

Arbejdsspørgsmål 2 besvares på følgende måde:

- Primær empiri inddeles i to grupper; analyseresultater for larver 50% af larverne opdrættet på foder med grov tekstur, samt 50% opdrættet på foder med fin tekstur.
- Der sammenlignes med både væksten, samt protein- og lipidindholdet, for at undersøge tendenser eller fællestræk og om dette er signifikant gældende via statistiske undersøgelser.
- Sammenligning af primær og sekundær empiri.

3. Hvordan påvirker teksturen af foderet (grov/fin) larvernes vækst, samt lipid- og proteinindhold?

Arbejdsspørgsmål 3 besvares ved:

- Eksperimentet udføres som ved arbejdsspørgsmål 2, samt laboratorieanalyser.
 - Ingen litteratur har her været mulig til en direkte sammenligning af primær empiri.
4. Hvad er forskellen på lipid- og proteinindholdet mellem larver (*H. illucens*) og køer (*B. taurus*)?

Arbejdsspørgsmål 4 besvares ved:

- Sekundær empiri for *B. taurus* indhentes og sammenlignes med primær empiri for *H. illucens*.

2 TEORI

*Dette kapitel belyser den nødvendige teori, som undersøgelsen kræver, at læseren har kendskab til, forud for både den eksperimentelle, den analytiske og diskuterende del. For at kunne opdrætte *H. illucens* og kende dennes livscyklus, præsenterer første afsnit arten, som er hele projektets omdrejningspunkt. Efterfølgende introduceres læseren kortfattet til arten *B. taurus* (tamkoen), for at der senere kan sammenlignes nøgleværdier for begge arter. Dernæst præsenteres teorien bag henholdsvis industriel økologi og cirkulær bioøkonomi, som begge er begreber, der bruges for at kunne analysere undersøgelsens udvalgte cases. Kapitlet består af fire afsnit:*

- 2.1 *Hermetia illucens*
- 2.2 *Bos taurus*
- 2.3 Industriel økologi
- 2.4 Cirkulær bioøkonomi

2.1 *Hermetia illucens*

*Dette afsnit præsenterer arten *H. illucens*, for at skabe kendskab til dennes livscyklus m.m., med henblik på at kunne tilegne den nødvendige baggrundsviden, for at opdrætte larven og fluen, samt kunne udføre den eksperimentelle del af projektet.*

H. illucens, er en hvepselignende flue (Diptera, Stratiomyidae-familien) med en total længde på 13-20 mm (figur 2.1). De to antenner (længden svarer til 2 gange hovedets længde) anterior på hovedet. Hovedet, som er smallere end thorax og abdomen delen, har et stort sammensat øje på hver lateral side. *H. illucens* har ingen mund, men en svampelignende munddel, som anvendes til at suge vand med, da den intet spiser i fluestadiet (Sheppard *et al.*, 2002).



Et sæt veludviklede brunlige for-vinger er fæstet på thoraxdelen af kroppen og lige under dem, gemmer der sig et par små hvidlige hind-vinger. De 3 par ben er alle fæstet på hver sin thoraxsektion. Yderst på benene er tarsus hvidlige/gullige. Abdomen er inddelt i fem sektioner med små sort/hvide hår på (Caruso *et al.*, 2014).

Hannen er en smule mindre end hunnen, figur 2.1, (Sheppard *et al.*, 2002) og kan kendes på at have to bagudrettede kroge posterior på sidste abdome segment, som anvendes til at fastholde hunnens posterior abdomen del mod hannens under parring. Hunnens forplantningsorgan er et retraktilt tubilart ovidukt på sidste abdomen segment (Caruso *et al.*, 2014).



Figur 2.1 *H. illucens* flue med en længde fra 13-20 mm og to antenner (længden svarer til 2 gange hovedets længde) anterior på hovedet. Hovedet, som er smallere end thorax og abdomen delen, har et stort sammensat øje på hver lateral side. Et par veludviklede brune for-vinger på thorax-delen, med hvidlige næsten gemte små hind-vinger længere nede og tre par sorte ben, placeret med et par på hver thorax-sektion. Yderst på benene er tarsus hvidlige/gullige. Abdomen har fem sektioner med små sort/hvide hår på (Sheppard *et al.*, 2002; Caruso *et al.*, 2014). Billederne har projektets forfattere selv produceret.

Æggene lægges lidt skjult, gemt væk fra rovdyr, i tætte rækker/klynger (figur 2.3), i nærheden af næringskilden og klækkes efter 3-4 dage ved 27-30 °C. De små benløse larver er ca. 0,66 mm lange og begynder straks at tage føde til (Nguyen, Tomberlin and Vanlaerhoven, 2013; Duzell, 2017) sig. Hovedkapslen af larven er adskilt fra larvens segmenteret krop. De stærke munddele med veludviklet labrum og mandibular-maxillary kompleks, hvis primære funktion er næringsrelateret, men bidrager også til bevægelsen af larven. Kroppen består af 11 segmenter, som er dækket med små hår og børster, som støtter bevægelsen af larven.

Larverne lever i og ernærer sig af organisk materiale, som er under nedbrydning, både fra planter eller dyr (Nguyen, Tomberlin and Vanlaerhoven, 2013).

Der er i alt fem forskellige larvestadier (figur 2.2), men de kan være svære at skelne fra hinanden. I det sidste og 5. stadie (præ pub-stadie) skifter larverne farve fra cremefarvet til brun (mellem. 3. og 4. larve fra højre, på figur 2.2).

Larverne kan være i præ pub-stadiet fra 28 dage til 140 dage i alt, hvilket tilgængeligheden af føde har indflydelse på. Larverne måler slutteligt op til 20 mm i længde og 6 mm i diameter. Det er larver i dette stadie, som i projektet, tilsigtes at høste til humant konsum. Larven i præ pub-stadiet vil søge opad mod et tørt område, for at forpuppe sig (Caruso *et al.*, 2014).



Figur 2.2 Oversigt over *H. illucens* larver i forskellige farver og størrelser igennem vækstperioden fra 0,6 mm til ca 20 mm og yderst til højre ses pubben (Caruso *et al.*, 2014)

Pubberne er 12-25 mm lange og er uden bevægelse. Det ydre brune hylster er blevet stift og er meget calcium-holdigt. Pubberne klækker efter ca. 14 dage, hvilket hanfluer gør, før hunnerne (Caruso *et al.*, 2014).

De nyudklækkede fluer flyver allerede efter et par minutter og på anden dag begynder de parringen. Fluerne er eurygamous, hvilket vil sige, at de har brug for plads til parringen, da denne starter i luften (figur 2.3). Desuden kræves der sollys i processen, for at parringen vil lykkes. Cirka to dage efter parringen lægger hunnen æggene i revner og sprækker, tæt på larvernes første fødekilde. De kønsmodne fluer lever imellem 5-14 dage og denne livslængde afhænger af deres opsparede energidepoter, da fluerne ikke tager næring til sig, kun vand, hvilket således skal være tilgængeligt (Sheppard *et al.*, 2002; Nguyen, Tomberlin and Vanlaerhoven, 2013).



Figur 2.3 Fem forskellige vigtige hændelser i *H. illucens*' livscyklus med tidsangivelser ud for hvert stadie: På øverste foto er æggene i klynger; Rundt til højre ses de forskellige størrelser og farver af larver; videre ned ses pupperne; derefter, når transformeringen er gennemført, er fluen på vej ud af sin puppe; parringen på et grønt blad i solen og slutte ligt igen i toppen, hvor æggene er blevet lagt (Caruso et al., 2014).

Abiotisk påvirkning af livscyklus for *H. illucens*, som biogenerator, er i projektet valgt til biokonvertering med fokus på samlet lipid- og proteinindhold, fordi *H. illucens* er et insekt, der lever naturligt i den sydlige europæiske natur, fra 40 grader sydlig til 46 grader nordlig breddegrad, hvormed sandsynligheden for fauna kontamination er mindsket ved naturlig spredning i Danmark, da der er for koldt i den danske natur for fluen (Martínez-Sánchez *et al.*, 2011; Caruso et al., 2014; Lalander *et al.*, 2014).

H. illucens er et insekt, hvis hele livscyklus kan dyrkes ved stuetemperatur (fra 20 –30°C) (Tomberlin, Adler and Myers, 2009), altså hjemme i stuen i afskærmet bur eller i et klimarum/afdeling ved en restaurant eller i et bryggeri. Dog er det ikke optimal væksttemperatur og -fugtighed, som er omkring 27-30 °C, gerne varmere under parringen, med en luftfugtighed på 30-90 %, så der må ikke forventes optimalt udbytte. *H. illucens* kan med relativt lidt udstyr, i hele livscyklussen, opdrættes af alle. Varigheden af hvert livsstadie er kortere ved høje og optimale temperaturer og modsat ved lavere temperatur forlænget (Sheppard et al., 2002; Duzell, 2017). Der stilles dog krav om både sollys og god plads til fluerne under parringen, da denne begynder i luften og afsluttes på fast grund (Sheppard et al., 2002).

Der er ingen farer for spredning af sygdomme med *H. illucens*, da fluen betragtes som "non-pests" og ikke overfører sygdomme, så den fremkommer ikke på listen over sygdomsbærende organismer eller af patogene vektorer. *H. illucens* har ingen mund og kan derfor ikke spise noget, men kan drikke vand i fluestadiet. Den opsøger kun andre *H. illucens* for at parre sig og dør efterfølgende (Caruso et al., 2014).

2.2 Bos taurus

I dette afsnit belyses tamkoens, *B. Taurus*, protein- og lipidindhold, idet tallene anvendes som sammenligningsgrundlag med eksperimentets resultater for *H. illucens*.

I den vestlige verden er der et stort forbrug af oksekød og et generelt stigende proteinbehov hos hele jordens befolkning, hvilket Vaclav Smil allerede i 2002 beskrev (Smil, 2002). Produktionen af oksekød har et markant klimaaftryk og er derfor en kostbar og energikrævende proteinkilde til humant konsum (FAO, 2013a). Vaclav Smil beskriver i bogen, "Should We Eat Meat?" at i USA bliver 30% af den slagtede okse anvendt til humankonsum, mens tallet i Frankrig er højere, nemlig 41 %, hvilket kan skyldes forskellige måder at gøre det op på. Men fælles er dog, at størstedelen af den slagtede okse ikke bliver anvendt til humankonsum (Smil, 2013).

Der anvendes meget foder, vand og landareal for at producere et kilo oksekød, som hovedsagligt består af protein og lipid og ca 1% udgør kulhydrat.

Da der findes forskellige værdier i litteraturen for både protein- og lipidindholdet i oksekød, er der i projektet valgt data fra (Kehlet *et al.*, 2016), som har analyseret 69 udskæringer af oksekød, i hver af 8 okser, hvilket i projektet er beregnet som gennemsnitsværdier til sammenligning med *H. illucens*.

B. taurus' totale lipidindhold er 10,95 g/100g vådvægt og det totale proteinindhold er på 20,33 g/100g vådvægt.

Energimængden og -fordelingen ser således ud for de tre energiholdige komponenter i foder og fødevarer:

- Fedt: 37 kJ/g eller 9 kcal/g
- Protein: 17 kJ/g eller 4 kcal/g
- Kulhydrat: 17 kJ/g eller 4 kcal/g

Af dette kan udledes, at der er mere end dobbelt så meget energi i et gram fedt i forhold til et gram protein eller kulhydrat.

2.3 Industriel Økologi

Dette afsnit beskriver begrebet Industriel Økologi og teorien bag. Læseren gives relevant baggrundsviden, for efterfølgende at kunne have indsigt i case-analyserne i kapitel 3. I afsnittet beskrives forskellige strategier og værktøjer, der er anvendt i kapitel 3, når cirkulariteten i 'En del af Herslen' forsøges højnet i henhold til arbejds spørgsmål 1. Afsnittet anvendes senere i samspil med afsnit 2.4 Cirkulær Bioøkonomi.

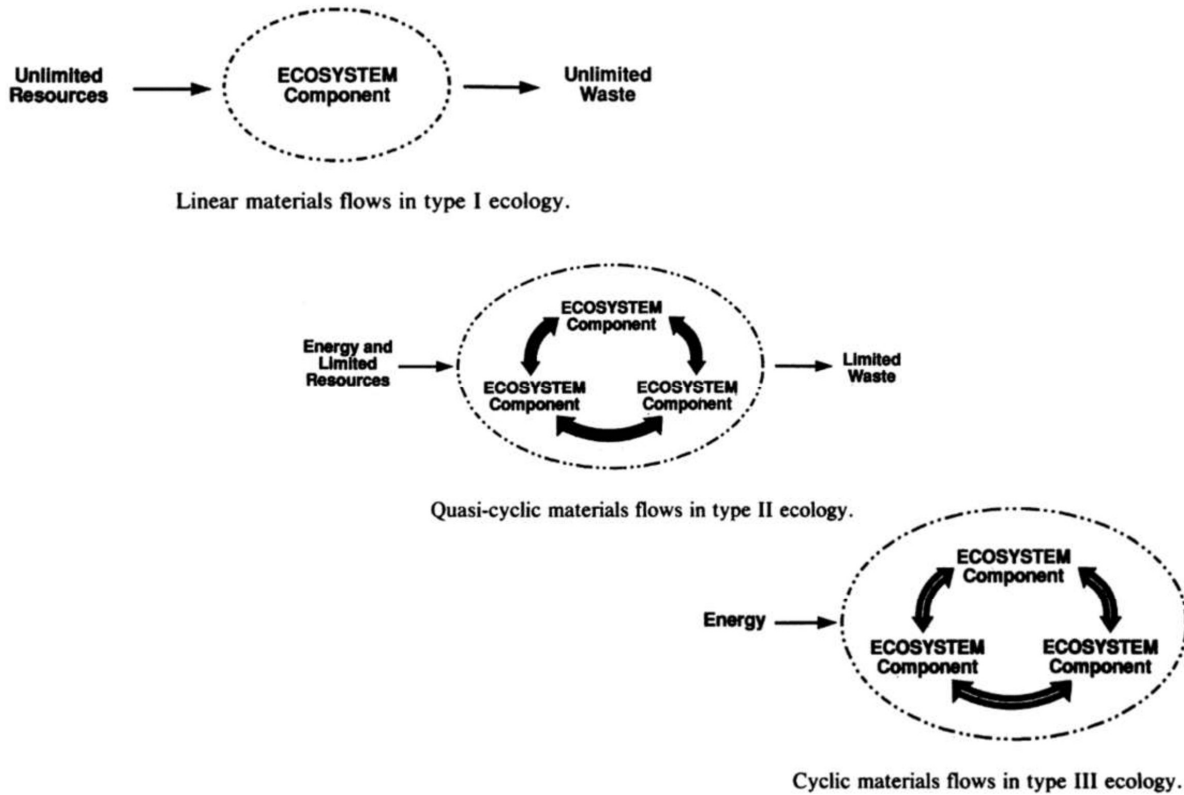
I Industriel Økologi (IØ) anses industrielle systemer, som en del af et økosystem. En række ressourcer er til rådighed og forskellige dele af systemet udnytter disse. Der er derfor tale om en industriel metabolisme; forbrændingen af de tilgængelige ressourcer.

IØ kan defineres som:

"the study of the flows of materials and energy in industrial and consumer activities, of the effects of these flows on the environment, and of the influences of economic, political, regulatory, and social factors on the flow, use, and transformation of resources" (Lifset and Graedel, 2015) side 843.

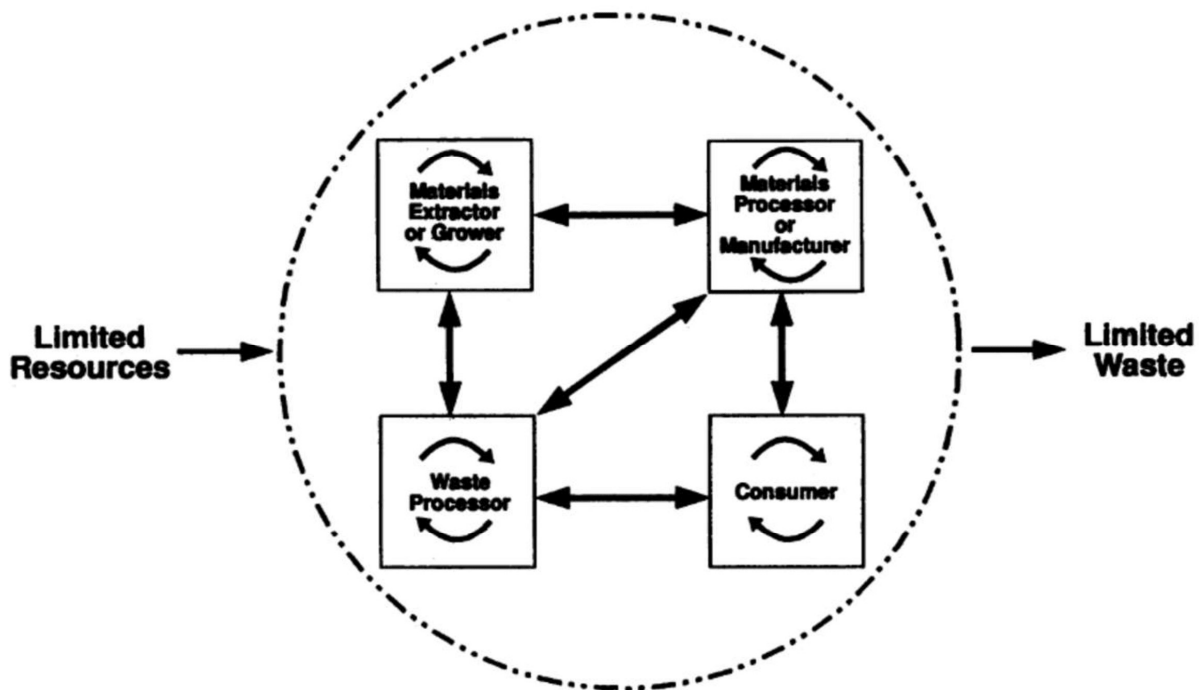
Industrielle systemer falder i en af tre kategorier: lineære, quasi-cirkulære og cirkulære (Lifset and Graedel, 2015). Lineære industrielle systemer er de mere konventionelle model for den moderne industri. I et lineært system antages ressourcer som værende ubegrænsede og systemet er udelukkende afhængig af en ekstern tilføjelse af ressource. Restprodukter kan uhindret afskaffes og udnyttes ikke i systemet. I et cirkulært system er produktionen kun i en lille grad afhængig af en ekstern tilføjelse af ressourcer, og hvad

der måtte være af restprodukter recirkuleres i produktionen. Et quasi-cirkulært system ligger imellem disse to ekstremer.



Figur 2.4 Oversigt over lineære, quasi-cirkulære og cirkulære industrielle systemer. Egen figur baseret på (Jelenski *et al.*, 1991).

IØ stræber mod en cirkulær model. Det skal dog gøres klart, at dette er et utopisk mål. Et fuldstændigt cirkulært system strider mod termodynamikkens 2. lov, da en andel energi altid vil gå tabt ved transformering (Gallaud and Laperche, 2016). Hvis systemerne ses på et spektrum fra ægte lineært til ægte cirkulært, tilstræber IØ at skabe et quasi-cirkulært system, der ligger så tæt på det cirkulære som muligt. Figur 2.5 illustrerer hvordan et quasi-cirkulært system ville se ud i et industrielt økosystem. Her ses det, hvordan de fire aktører (producent af råmaterialer, producent af forarbejdede varer, forbruger og affaldsbearbejder) samarbejder om at recirkulere ressourcerne både internt og imellem hinanden.



Figur 2.5 Oversigt over hvordan et industrielt økosystem opnår et quasi-cirkulært system (Jelenski *et al.*, 1991).

For at opnå dette system, anvendes i Industriel Økologi de følgende fire strategier (Brings Jacobsen, 2009):

1. Dematerialisering
2. Materiel substitution
3. Genbrug/genanvendelse
4. Waste mining

Dematerialisering har til formål at udnytte færre ressourcer, for at opnå det samme produkt.

Materiel substitution er processen hvormed en ressource erstattes med en anden, med en mindre negativ miljøeffekt.

Genbrug og genanvendelse er udnyttelsen af bi- og tidligere brugte produkter i produktionen.

Waste mining er udnyttelsen af affaldsprodukter, ved at reintroducere dem i produktionskæden, for at erstatte jomfruelige ressourcer.

Ved implementeringen af IØ bør systemet og gældende lovgivning for det specifikke system identificeres. (Li, 2018) beskriver fem analytiske værktøjer, der kan anvendes under implementering:

- Afgør grænserne for og kortlæg systemet
- Identificer potentielle flows for materiale- og energiudveksling på tværs af de involverede parter.

- Udbyg symbiotiske forhold mellem de involverede parter.
- Forbedre effektiviteten af udnyttelsen af ressourcer, og forlæng deres opholdstid i produktions-loopet.
- Identificer pågældende lovgivning der er aktuel for alle involverede interessenter

Et system kan afgrænses enten for et materiale (f.eks. bygkorn), et produkt (f.eks. øl) eller geografisk (f.eks. Lejre kommune). Hver tilgang kan have sine fordele og ulemper og blotlægge forskellige muligheder for innovativ produktion.

De involverede parter i et IØ-system kan udbygge deres symbiotiske forhold ved blandt andet at dele viden omkring deres egen produktion. På denne måde tydeliggøres mulighederne for samarbejde. Gennem regulære workshops, møder og evt. en fælles organisation, kan samarbejdet styrkes og synergien i systemet kan styrkes.

Effektiviteten af udnyttelsen af ressourcer, kan analyseres ved at undersøge IØ-systemets 'metabolisme'. Med dette menes i hvilken grad et system er afhængig af eksterne ressourcer, genanvendelsen af restprodukter, hvor stor en andel af produkter der reintroduceres i produktionen efter brug, samt hvor meget der ikke kan genanvendes/-bruges.

Endelig bør et IØ-system orientere sig om eventuelle juridiske barriere, der står i vejen for udveksling af ressourcer.

2.4 Cirkulær bioøkonomi

Dette afsnit beskriver begrebet Cirkulær Bioøkonomi og teorien bag begrebet. Læseren gives relevant baggrundsviden, for efterfølgende at kunne have indsigt i case-analysen i kapitel 3. I afsnittet klargøres det først hvorledes bioøkonomi forstås af forfatterne. Herefter beskrives to modeller, der anvendes til at vurdere værdien af cirkularitet, så et alternativt cirkulært system for 'En del af Herslev' kan kvantificeres i forhold til det eksisterende i kapitel 3. Ydermere præsenterer afsnittet en række idealer, som forsøges tilstræbt i besvarelsen på arbejds spørgsmål 1. Afsnittet anvendes senere i samspil med afsnit 2.3 Industriel Bioøkonomi.

Klitkou, Fevolden and Capasso (2019) anerkender at bioøkonomi (BØ) er et bredt begreb, der anvendes på mange måder. Dog omfatter alle disse begreber “an exploration and exploitation of bio- resources” (Klitkou, Fevolden and Capasso, 2019). Efter et omfattende litteratur-review, har Klitkou, Fevolden and Capasso (2019) konkluderet at bioøkonomi, kan forstås med tre forskellige tilgange, her kaldet visioner: Bio-teknologi visionen, Bio-ressource visionen og Bio-økologi visionen. For en gennemgang af Bio-teknologi og –ressource visionen, se (Klitkou, Fevolden and Capasso, 2019). I denne rapport forstås BØ ud fra Bio-økologi, hvilket vil blive uddybet i dette afsnit. Herefter kobles den cirkulære økonomi (CØ) til BØ, for at give et klart billede af, hvordan cirkulær bioøkonomi (CBØ) forstås og anvendes i denne rapport.

På det Globale Bioøkonomi Topmøde 2020, definerede International Advisory Council on Global Bioeconomy (IACGB) bioøkonomien på følgende måde:

“The bioeconomy is the production, utilization, conservation, and regeneration of biological resources, including related knowledge, science, technology, and innovation, to provide sustainable solutions (information, products, processes and services) within and across all economic sectors and enable a transformation to a sustainable economy.” (IACGB), (2020) side 14.

BØ skal dermed ikke blot forstås som produktionen og anvendelsen af biologiske ressourcer, men som en holistisk enhed, der også tager højde for de faktorer der påvirker denne produktion og anvendelse. Centralt for den Bio-økologiske forståelse er bevaringen af biologiske ressourcer. Økosystemer skal beskyttes og udpining af jorden undgås. Det er også essentielt at anvende egne affaldsstrømme for at reducere eksterne input (Klitkou, Fevolden and Capasso, 2019). Recirkulering af næringsstoffer er en naturlig følge af disse to punkter. Restprodukter fra en biologisk nedbrydning bør derfor føres tilbage til marker og andre dyrkningsområder. Dog skal det påpeges at med den Bio-økologiske tilgang, er anvendelsen af biologiske ressourcer vurderet til forskellige værdi-niveauer, se figur 2.7.

Med den Bio-økologiske vision skal der oprettes lokale agro-økologiske fællesskaber (Klitkou, Fevolden and Capasso, 2019). Sådanne fællesskaber vil naturligt have rurale beliggenheder, grundet pladskravet for agrikultur. Med et sådant fællesskab kan eksterne input forstås som uden for det lokale samarbejde. En enkelt virksomhed behøver derfor ikke udnytte sine egne affaldsstrømme, men kan dele med lokale aktører hvor udnyttelsen kan give bedre mening. Et sådant fællesskab kan lede til en *terroir*-identitet (Charters, Spielmann and Babin, 2017), der kan øge markedsværdien for produktionen, samt modvirke urbaniseringen, der kan have negative effekter for social bæredygtighed (Zhang, 2016).

De tre grundlæggende principper for cirkulær økonomi er som følger:

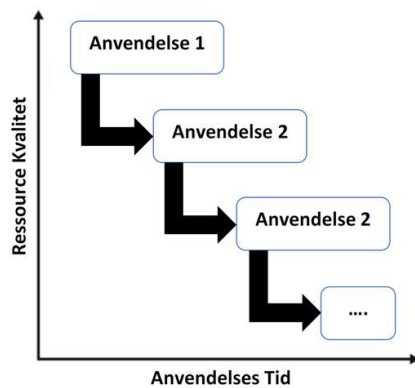
1. Design ud af affald og forurening
2. Behold produkter og materialer i brug

3. Regenerer naturlige systemer

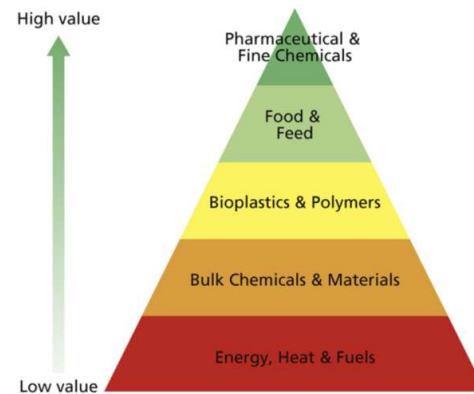
(Ellen MacArthur Foundation, 2017)

I en BØ-kontekst vil punkt 1. og 3. være nært forbundne. Organisk affald og dermed dets næringsstoffer, skal recirkuleres på deres oprindelige dyrkningsområder, som tidligere beskrevet.

Med hensyn til at beholder produkter og materialer i brug, anvendes kaskadeudnyttelse ofte i CBØ-strategier. Kaskadeudnyttelse, betyder at et materiale/ressource anvendes i flere på hinanden følgende produktioner, se figur 2.6. For hver gang ressourcen anvendes, forventes kvaliteten af denne at falde. Kvaliteten af en ressource, er i denne forstand en kvalitativ enhed, vurderet ud fra ressourcens anvendelsesmuligheder. Et overblik over værdien af bio-baserede ressourcers anvendelses muligheder er givet i værdipyramiden i figur 2.7. Bemærk at en anvendelse i kaskadeudnyttelsen ikke nødvendigvis betyder at ressourcen falder et niveau i værdipyramiden.



Figur 2.6 Illustration af kaskadeudnyttelse. Bemærk, at anvendes ressourcen ofte, falder kvaliteten af denne. Egen figur adapteret fra (Stegmann, Londo and Junginger, 2020).



Figur 2.7 Den bio-baserede værdipyramide. Hvert niveau repræsenterer værdien af en anvendelsesmulighed, med den højeste værdi øverst. Egen figur adapteret fra (Stegmann, Londo and Junginger, 2020).

Cirkulær bioøkonomi beskriver resultatet, når principperne bag cirkulær økonomi anvendes for bioøkonomi.

3 CASE-ANALYSE

Dette kapitel præsenterer i de to første afsnit, profiler af henholdsvis virksomheden 'Herslev Bryghus', samt produktionsfællesskabet 'En del af Herslev', som tilsammen er udvalgt til at udgøre fundamentet for den case-baserede analyse. I afsnit 3.3 Organisk materialeudveksling og -udnyttelse i 'En del af Herslev' gives en gennemgang af materialeflowet for de organiske restprodukter fra både virksomheden og produktionsfællesskabet med henblik på i afsnit 3.4 Analyse af case og systemdesign at implementere H. illucens som art i materialeflowet, for at opnå cirkularitet i disses bioøkonomi. I dette kapitel besvares arbejds spørgsmål 1: "Hvordan kan en larveproduktion integreres i det eksisterende materialeflow hos virksomheden Herslev Bryghus, samt i produktionsfællesskabet "En del af Herslev". Kapitlet består af fire afsnit:

3.1 Virksomheden 'Herslev Bryghus'

3.2 Produktionsfællesskabet 'En del af Herslev'

3.3 Organisk materialeudveksling og -udnyttelse i 'En del af Herslev'

3.4 Analyse af case & systemdesign

3.1 Virksomheden 'Herslev Bryghus'

Dette afsnit er en beskrivende profil af virksomheden 'Herslev Bryghus', som er med til at skabe et overordnet billede af virksomhedens materialeflow i case-analysen.

Det økologiske mikro-gårdbryggeri Herslev Bryghus er beliggende i den lille landsby Herslev, tæt på Roskilde og Fjordlandet, samt er et af de få gårdbryggerier, der findes i Danmark. At være et gårdbryggeri indebærer, at de omkringliggende dyrkningsarealer anvendes til at dyrke malten, som bruges til ølbrygningen. Dyrkningsarealerne omkring Herslev Bryghus tilhører Østagergård, som forsyner dem med de økologiske korn. Foruden korn indgår også lokalt produceret honning, diverse frugter fra lokal plantage og en række mere kuriøse ingredienser som eksempelvis hø, asparges og birk i produktionen. De anvendte ingredienser produceres enten af bryghuset selv, eller af andre lokale landmænd. Foruden selve brygge-enheden findes der ligeledes en gårdbutik, en lagerhal med lagersalg og en café, som alle hører under samme virksomhed og adresse (Bryghus, 2021).

Virksomheden indgår i et cirkulært produktionsfællesskab, 'En del af Herslev' (se afsnit 3.2 Produktionsfællesskabet 'En del af Herslev'), som de selv har været med til at grundlægge i partnerskab med Friis-Holm Chokolade og Østagergård. Caféen serverer, ikke overraskende, frisktappet øl fra egen produktion, samt lokale varer og råvarer fra Fjordlandet omkring, som så vidt muligt stammer fra leverandører, som ligeledes er partnere i 'En del af Herslev'.

Den overskydende mask fra ølbrygningen hos Herslev Bryghus anvendes i dag som supplerende i foderet til køerne på Østagergårds (Olsen, 2021) og udgør årligt, ifølge brygmester Mads Olsen, en estimeret mængde på ca. 100 tons (Olsen, 2021).

3.2 Produktionsfællesskabet 'En del af Herslev'

Dette afsnit er en beskrivende profil af produktionsfællesskabet 'En del af Herslev' og dets partnere. Afsnittet er med til at skabe et overordnet billede af materialeflowet for hele produktionsfællesskabet i case-analysen.

‘En del af Herslev’ er et privatejet, socialøkonomisk, professionelt, tværgående og cirkulært produktionsfællesskab beliggende på Midsjælland i og omkring landsbyen Herslev i Lejre Kommune. Produktionsfællesskabet blev stiftet af virksomhederne Herslev Bryghus, Østagergård og Friis-Holm Chokolade i 2018 med et ønske om at skabe en fødevarerproduktion, der har fokus på cirkulær økonomi og bæredygtig anvendelse af nærmiljøet ved Fjordlandet. Siden er flere partnere kommet til, for at bidrage til det cirkulære fællesskab og den innovative fødevarerproduktion. Visionen er at inddrage så mange af hinandens produkter, samt restprodukter i fællesskabets samlede værdikæde/materialeflow som muligt og på den måde skabe cirkularitet (Unger, 2021).

I nedenstående tabel 3.1 ses en oversigt over de nuværende samarbejdspartnere, som indgår i produktionsfællesskabet og deres primære produktkategorier:

Virksomhed	Produkt
Kattinge Kraut	Økologiske lacto-fermenterede grøntsager
Birthesminde	Økologisk svinekød
Friis-Holm chokolade	Økologisk chokolade
Østagergård	Økologisk kødkvæg, korn, mel og brød
Herslev Bryghus	Økologisk øl
Herslev Grønvirke	Økologisk svinekød, øleddike og syltevarer
Hanebjerggård	Økologisk lammekød
Lejre Mikropøsemageri	Økologiske pølser
Vintre Møller destilleri og tapperi	Økologisk gin og whiskey
Mørk kaffe	Økologisk kaffe
Countryside Break	Oplevelsesarrangementer

Tabel 3.1 Oversigt over de virksomheder, som indgår som partnere i produktionsfællesskabet ‘En del af Herslev’, samt deres primære produktkategorier.

Virksomhederne i fællesskabet sætter alle en ære i økologisk og lokal produktion, vidensdeling, samt udnyttelse af hinandens restprodukter, med undtagelse af Countryside Break, da de ikke er en produktionsvirksomhed og dermed ikke har restprodukter (Dorte Kiilerich, 2021).

Herslev Bryghus er, som en af grundlæggerne, en del af de centrale partnere i ‘En del af Herslev’ (se afsnit 3.1). I bryggeriets tilhørende gårdbutik sælges produkter fra de andre partners produktsortimenter (Bryghus, 2021).

Østagergård, en anden af grundlæggerne, lægger stor vægt på både en bæredygtig produktion, samt social bæredygtighed. Virksomheden tilbyder uddannelse i forskellige håndværk til udsatte unge, der har svært ved at overskue hverdagen. De studerende bidrager både til driften af gården og virksomheden. Østagergård opdrætter økologisk kødkvæg, har deres eget mølteri, deres egen hesteskolet og tilbyder catering, samt anlæggelse og drift af grønne anlæg. De studerende bor på stedet og driver et industrikøkken, der laver mad til alle i virksomheden (Antvorskov, 2021).

Friis-Holm chokolade er den sidste af de tre grundlæggervirksomheder. Virksomheden importerer økologiske kakaobønner fra Nicaragua, hvor de forhandler direkte med de lokale bønder. Den sociale bæredygtighed, står i høj fokus hos Friis-Holm chokolade (Friis-Holm, 2021).

Kattinge Kraut producerer økologiske lacto-fermenterede grøntsager. Lacto-fermentering er en anaerob nedbrydning, der foregår med *lactobacillus spp.* bakterier. Fermenteringen er en naturlig konserveringsproces, som Kattinge Kraut håber, kan hjælpe med at nedbringe udledningen af drivhusgasser, da deres produkter blandt andet ikke behøver nedkøling (Arnmark, 2021).

Birthesminde opdrætter økologiske grise på den traditionelle gammeldags måde. Smågrisene går så længe hos deres moder, som de kan og hverken næsering eller insemination anvendes. Birthesminde prøver, så vidt muligt, at være miljøbevidste i deres produktion. Grisene får lov at gå på store områder af forskellige typer landskab og en stor del af deres føde er restprodukter fra 'En del af Herslev', ligesom at deres gårdbutik forhandler adskillige af de andre partners produkter (Bojsen, 2021).

Herslev Grønvirke producerer ølledike af øl fra Herslev Bryghus. Eddiken bruges også til produktion af syltevarer med grøntsager fra lokale landmænd (Grønvirke, 2021).

Hanebjerggård opdrætter økologiske får af racen Dorset, som er et stort og kødfuldt får med gode moderegenskaber. Det særlige ved denne race er, at det kan komme i brunst hver 8. måned og derved lægge 3 gange på 2 år. Kødet er smagfuldt, dog meget mildt i smagen. Der slagtes lam ca. 4 gange om året (Eslau and Eslau, 2021).

Lejre Mikropølsemakeri er et pølsemakeri beliggende i Kirke Såby. Virksomheden producerer økologiske pølser af okse- og svineköd fra lokale økologiske producenter (Rasmussen, 2021).

Vintre Møller destilleri og tapperi producerer gin og anden spiritus i Kirke Såby. Råvarerne dyrkes og høstes på eget land, er økologiske og virksomheden praktiserer, hvad de selv kalder, holistisk agrikultur for at fremme biodiversiteten i deres nærområde (Hammer, 2021). Byg dyrkes og maltes af virksomheden selv til produktionen af whisky. Spiritus til gin-produktionen importeres fra Oldbury, England. Til Vintre Møllers slåen-gin sankes slåen-bærerne hos Birthesminde. (Kristinsdóttir, 2020)

Mørk Kaffe er et økologisk kafferisteri beliggende i Roskilde. Mørk Kaffe samarbejder direkte med kaffebønder i Peru og samarbejder kun med partnere, der lever op til virksomhedens egen etos, som omfatter kvalitet, miljø og jordbundsforhold (Riiskjær, 2021).

Countryside Break er den eneste virksomhed i 'En del af Herslev', der ikke er producent af fødevarer. Countryside Break arrangerer oplevelsesture på Midtjylland og arbejder tæt med ovenstående virksomheder. Virksomheden skaber derfor opmærksomhed omkring 'En del af Herslev' og hjælper med at formidle produktionsfællesskabets værdier til de besøgende (Kiilerich, 2021).

3.3 Organisk materialeudveksling og -udnyttelse i 'En del af Herslev'

Dette afsnit illustrerer den nuværende organiske materialeudveksling og -udnyttelse for de organiske produkter og produktfraktioner for samtlige partnere i produktionsfællesskabet 'En del af Herslev'. Afsnittet har til formål at belyse de organiske materialeflows og blotlægge et eventuelt potentiale for opdræt af H. illucens, med henblik på at udbygge cirkulariteten. Til at belyse og illustrere disse strømme, er der anvendt telefoninterviews samt e-mailkorrespondancer med virksomhederne. I denne proces er Countryside Break ikke blevet inkluderet, da virksomheden ikke har nogen produktion og ligeledes har det ikke været muligt at kontakte Hanebjerggård.

Herslev Bryghus organiske affald består af brugt mask, brugt ølgær og frugtaffald. Affaldet fra bryggeriet aftages af Østagergård og Birthesminde og anvendes, som supplerende dyrefoder i deres produktioner. Ydermere har Herslev Bryghus en café koblet til deres gårdbutik, der producerer en mindre mængde madaffald. Dette madaffald indsamles med den kommunale henteordning (Herslev Bryghus, 2021; Jensen, 2021; Kardung *et al.*, 2021).

Østagergård genanvender det meste af deres organiske affald. Deres væsentligste produktion af organisk affald kommer fra deres eget mølteri. Af det malede korn, er det eneste der ikke anvendes til melproduktionen, kornets (primært hvede) aks og klid. Kliddet bliver brugt som supplement til hestefoder på gården, og kornets aks gives til en lokal tømrer der udnytter dem til varme (Antvorskov, 2021).

Friis-Holm chokolades organiske affald er primært bestående af skallerne fra kakaobønnerne. Disse sælges som bunddække til havebrug (Friis-Holm, 2021), samt anvendes af Vintre Møller destilleri og tapperi til likør (Hammer, 2021).

Kattinge Kraut har intet nævneværdigt organisk affald. De køber deres grøntsager klar til brug udefra og kun i de nødvendige mængder. Hvad der måtte være af sporadiske fejlproduktioner, gives til grisene på Birthesminde (Arnmark, 2021).

Birthesminde har heller ikke nogen nævneværdig restproduktion. Afføring fra grisene bliver liggende hvor de falder på marken. Af grisene selv, er det eneste der i øjeblikket ikke bliver udnyttet, er fødderne og dele af grisens hud og fedt. Birthesminde er i en proces for at finde måder at udnytte denne ressource på (Bojsen, 2021).

Herslev Grønvirke har ikke været tilgængelige for svar. Det forventes, at de, som Kattinge Kraut, har minimeret deres restprodukter fra grøntsager og hvad der kunne opstå anvendes som dyrefoder.

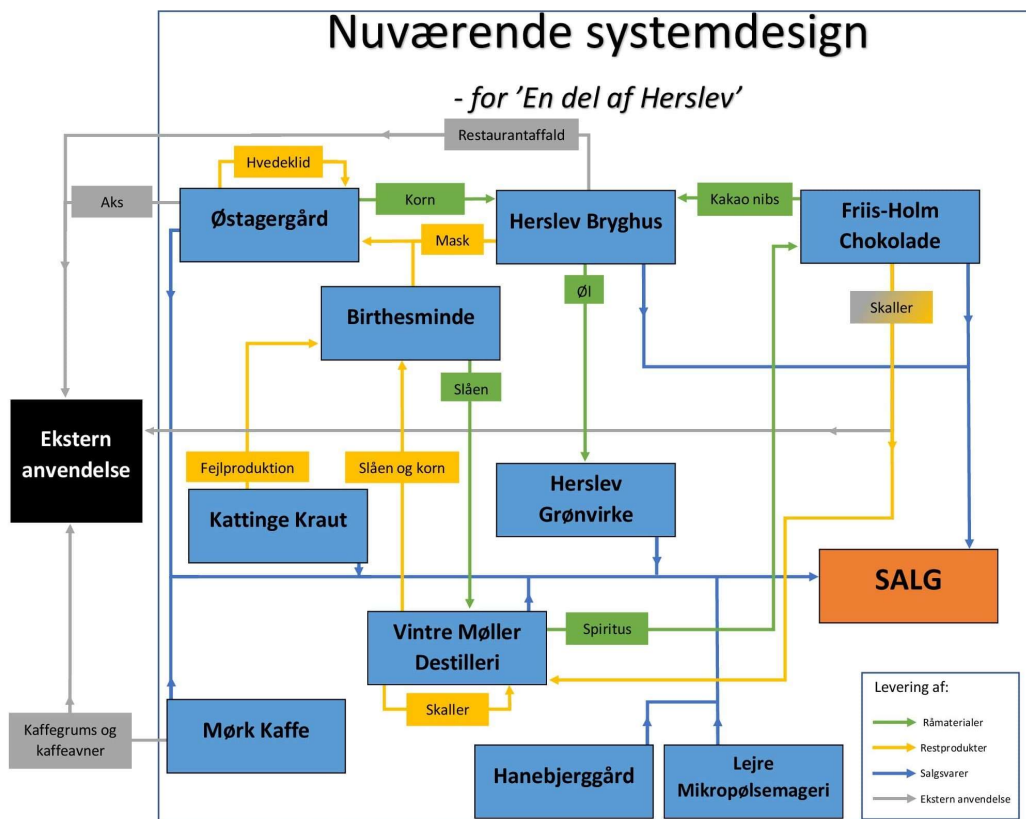
Hanebjerggård har ikke været mulige at kontakte. Da deres produktion er centreret omkring kreaturer, som Birthesminde og kvægopdrættet på Østagergård, forventes det ikke, at der er nogen nævneværdig restproduktion.

Lejre Mikropølsemakeri køber, som Kattinge Kraut, kun de nødvendige råvarer ind til deres produktion. Deres organiske affald er dermed også minimalt (Rasmussen, 2021).

Vintre Møller destilleri og tapperi anvender, så vidt muligt, alt deres organiske affald. Slåen fra ginproduktionen og korn fra whisky-produktionen bruges som tilskud til foder til grisene på Birthesminde. Skaller fra kakaobønnerne fra Friis-Holm chokolade komposteres, efter de er blevet brugt til likør (Kristinsdóttir, 2020; Hammer, 2021).

Mørk Kaffe anvender avnerne fra kafferistningen, til dels som pudemateriale og dels strøelse i køkkenhaver. Kaffegrums fra virksomhedens egen café gives til en lokal bondemand. Det er ikke videre klart, hvordan det anvendes her, men det antages at bruges som gødning i jorden. (Riiskjær, 2021) nævner også selv muligheden for at indsamle kaffegrums på samme måde som det gøres af Beyond Coffee (Nielsen, 2016).

Med et overblik over de anvendte organiske ressourcer i 'En del af Herslev' kan (Li, 2018) første analytiske værktøj (afgør grænserne for og kortlæg systemet) anvendes. Systemet er blevet afgrænset til kun at inkludere medlemsvirksomhedernes materiale flow. Materialer betragtes, som have forladt systemet, når de sælges, eller når en anden aktør end medlemmerne af 'En del af Herslev' anvender ressourcen. En kortlægning af systemet kan ses på figur 3.1.



Figur 3.1 Nuværende systemdesign med oversigt over materialeflowet i 'En del af Herslev'. Figuren indeholder ikke virksomhedernes salgsvare og beskriver ikke ekstern anvendelse. Egen figur udarbejdet på baggrund af (Kristinsdóttir, 2020; Antvorskov, 2021; Arnmark, 2021; Bojsen, 2021; Friis-Holm, 2021; Grønvirke, 2021; Hammer, 2021; Herslev Bryghus, 2021; Jensen, 2021; Riiskjær, 2021).

3.4 Analyse af case & systemdesign

Dette afsnit skildrer materialeflowet hos 'Herslev Bryghus', som det kan se ud i fremtiden ved implementering af H. illucens. Afsnittet er en analyse af virksomhedens potentielt fremtidige materialeflow, ved implementering af H. illucens, som et led i at gøre virksomhedens materialeflow mere cirkulært. Afsnittet præsenterer således et nyt systemdesign for virksomheden.

Efter materiale-strømmene er blevet kortlagt i afsnit 3.3, er det nu muligt at give et bud på hvorledes en larveproduktion kan integreres i det eksisterende materialeflow hos virksomheden Herslev Bryghus, samt i Produktionsfællesskabet "En del af Herslev"? (Arbejdsspørgsmål 1)

Da opdræt af larver ikke skal påvirke det eksisterende salg af produkter, vil der i integrationen kun blive anvendt restprodukter samt ressourcer der anvendes eksternt (gule og grå pile i figur 3.1). I tabel 3.2, ses en oversigt over disse, samt hvilken virksomhed restproduktet/ressourcen kommer fra. Et restprodukt der ikke fremgår af figur 3.1, er kaffegrums**. Her er der tale om kaffegrums, der muligvis kan indsamles fra Mørk kaffes erhvervskunder efter brug (Morten, 2021).

Restprodukt	Oprindelsesvirksomhed
Mask	Herslev Bryghus
Restaurationsaffald	Herslev Bryghus
Hvedeklid	Østagergård

Aks	Østagergård
Skaller	Friis-Holm chokolade
Skaller*	Vintre Møller destilleri og tapperi
Slåen	Vintre Møller destilleri og tapperi
Korn	Vintre Møller destilleri og tapperi
Kaffeavner	Mørk Kaffe
Kaffegrums	Mørk Kaffe
Kaffegrums**	Mørk Kaffe
Fejlproduktion	Kattinge Kraut

Tabel 3.2 Oversigt over restprodukter og produkter der anvendes udenfor produktionsfællesskabet 'En del af Herslev'. Egen tabel baseret på (Kristinsdóttir, 2020; Antvorskov, 2021; Armark, 2021; Bojsen, 2021; Friis-Holm, 2021; Grønvirke, 2021; Hammer, 2021; Herslev Bryghus, 2021; Jensen, 2021; Riiskjær, 2021). *Skaller efter likørproduktion. **Kaffegrums, der potentielt kan aftages fra Mørk Kaffes erhvervskunder.

Med en oversigt over de tilgængelige organiske ressourcer, må det afgøres individuelt, om de egner sig som foder for *H. Illucens*. Denne afgørelse baseres på den tilgængelige litteratur på området.

Mask er, igennem mange studier, bevist egnet som næringskilde for *H. illucens* (Fischer et al., 2018; Meneguz et al., 2018; Jucker et al., 2019). Meneguz et al. (2018) sammenligner restprodukter fra et vineri og et bryggeri, hvilket resulter i, at restproduktet fra et bryggeri, som foder, opdrætter de største larver, hurtigst, samt med et bedre lipidindhold end fra vinproduktionen, som er mest frugt- og lidt plantebaseret foder.

Korn fra Vintre Møller destilleri og tapperi er maltet og mæsket, så det er lignende masken fra Herslev Bryghus. Selvom sammensætningen af denne fraktion er anderledes end fra bryghusets mask, er et afgørende punkt, om kornet/masken er iblandet andet, som eksempelvis strandopskyl i Fischers artikel (Fischer et al., 2018).

Hvedeklid er et organisk restprodukt fra Østagergård, som kan anvendes til at opdrætte *H. illucens*. (Gao et al., 2019) har anvendt hvedeklid, som kontrolfoder i sit eksperiment, mens de øvrige larvre i eksperimentet fik fermenterede majsstrå (Gao et al., 2019). Eksperimentet viste, at der var lidt større tilvækst i masse og kortere tid i larvestadiet med hvedeklid, end med majsstrå som foder. Majsstråene, som foder, gav en større lipidandel af mono- og polyumættet lipider, end hvedeklid som foder.

Kaffegrums kan anvendes, hvilket Fischer, Romano and Sinha (2021) viser i sit eksperiment med kaffegrums i blandede doughnut-rester). Niveaue af protein i *H. illucens* kommer fint op på niveau med sojabønner. Permana anvender kun kaffegrums, som foder til larverne, hvilket sagtens kan anvendes, men gør vækstraten langsommere, men alle andre parameter for larverne er fine (Permana and Ramadhani Eka Putra, 2018).

Kaffeavner kan ifølge Rosmiati et al. (2017) anvendes som kompost, efter omsætning af *H. illucens* larver, til dyrkning af salat. Larverne anvendes efterfølgende som lipid og proteinrigt foder. Resultatet viser også, at den største effekt i jorden er en væsentlig forøgelse af fosfor og kaliumniveaue. Denne komposttype er specielt relevant til jordforbering, hvor der er mangel på fosfor og kalium i jorden, som hvor Rosmiati et al. (2017) har skrevet artiklen, nemlig i Indonesien.

Kakao skaller/bælg er anvendt af Rahman et al. (2021), hvor *H. illucens* larver omsætter kakaoskallerne til larveprotein, samt et organisk restprodukt, som begge fodres i forskellige fraktioner til får, i stedet for

sojaprotein. Forsøget konkluderer, at det er lige så anvendeligt protein fra *H. illucens*, som fra sojaprotein, samt at fårene fint spiser restproduktet af de omsatte kakaoskaller. Kakaoskaller fra likørproduktionen på Vintre Møller destilleri og tapperi vil sandsynligvis indeholde en høj alkoholprocent, som kan være for kraftig for larverne. Dette vil skulle undersøges yderligere.

Slåen findes der ikke direkte forsøg med, men Jucker *et al.* (2017) udfører forsøg med en frugtbling af pære, æble og appelsin, 100%, holdt op imod 50%/50% af frugt og grønsager og 100% grøntsager. Her viser lipidindholdet sig højere i 100% frugtblingen end i de to andre fraktioner. Meneguz *et al.* (2018) har et godt resultat af larveopdræt på rester af vindruer fra vinproduktionen, dog var larvevæksten bedre på rester fra ølproduktionen. Den fraktion med slåen, som *H. illucens* vil få tilbudt fra Vintre Møller destilleri og tapperi, vil formentlig indeholde en høj alkoholprocent, som kan være for kraftig for larverne. Dette vil skulle undersøges yderligere.

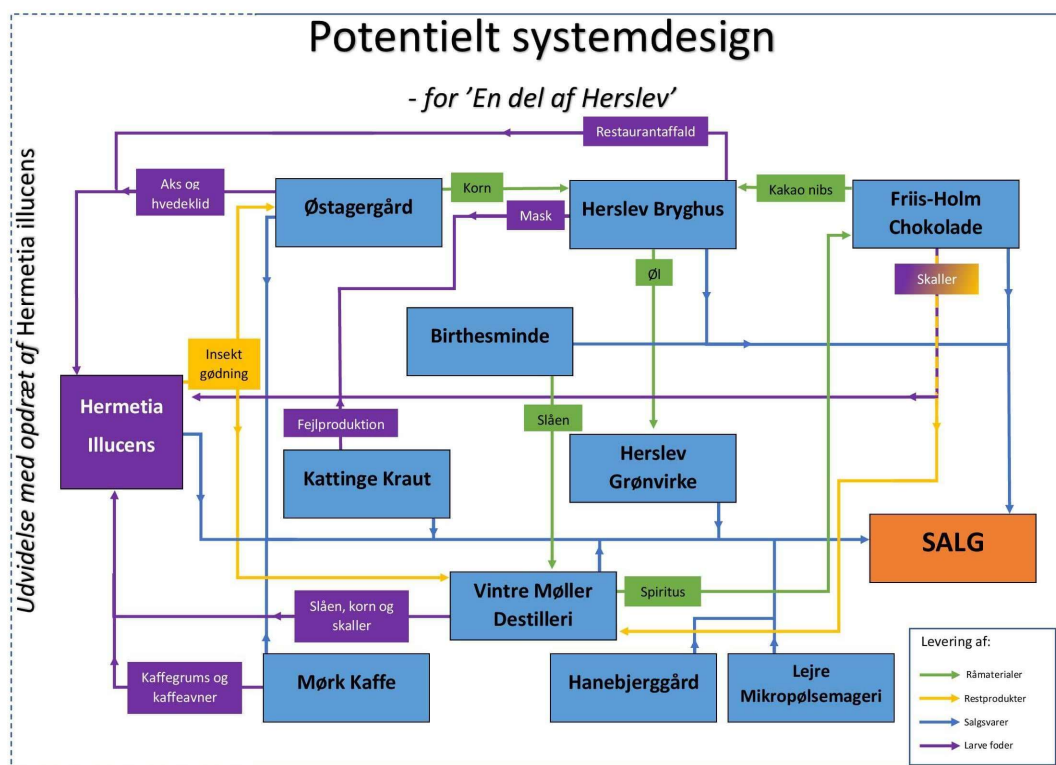
Aks, som foder, forefindes ikke i forsøg med *H. illucens*, men indholdsmæssig må det tomme aks-hylster være tæt på halmstrået og på hvedeklid (Gao *et al.*, 2019), så mon ikke, aks kan anvendes som foder til *H. illucens* eller bare som en andel af foderet.

Fejlproduktion hos Kattinge Kraut vil resultere i fermenterede grøntsager, som næringskilde til *H. illucens*. Zhenghui anvender fermenteret majsstrå til sit forsøg, hvilket derved bekræftes, at *H. illucens* kan opdrættes på fermenteret organisk materiale (Gao *et al.*, 2019)

Restaurationsaffald er af Spranghers *et al.* (2017) blevet anvendt som næringskilde til *H. illucens*. Undersøgelsen viste både rimelig vækst og proteinindhold sammenlignet med de andre anvendte foderkilder. Restaurationsaffaldet resulterede i et lavere askeindhold, men eftersom målet for denne rapport er produktion af protein, opfattes restaurationsaffald som en potentiel næringskilde.

På baggrund af ovenstående undersøgelse, er det klart at alle de tilgængelige restprodukter i 'En del af Herslev' er anvendelige som foder for *H. illucens*. Det skal undersøges hvorvidt et indhold af ethanol i foderet vil påvirke larvernes vækst, men dette vil højst sandsynligt være afhængigt af koncentrationen i den endelige foderbling der anvendes.

Med denne viden udarbejdes et forslag til et systemdesign (figur 3.2) for 'En del af Herslev', hvor *H. illucens* opdrættes med så mange af de tilgængelige organiske ressourcer som muligt. I udarbejdelsen af dette systemdesign, er det forsøgt ikke at påvirke produktionen af andre produkter end animalsk protein i systemet. Eksempelvis ændres ikke på mængden af kakaoskaller, som Friis-Holm Chokolade sender til Vintre Møller destilleri og tapperi, da disse stadig kan anvendes som foder, efter de er blevet anvendt til produktion af likør.



Figur 3.2 Potentielt systemdesign med oversigt over hvorledes organiske restprodukter kan anvendes til opdræt af Hermetia illucens. Egen figur.

Det nye system i figur 3.2 er udarbejdet med (Li, 2018)'s fem analytiske værktøjer. Systemet har de samme grænser som i afsnit 3.3, dog er *H. illucens* blevet inkluderet som en separat "virksomhed". De potentielle flows blev identificeret i den ovenstående gennemgang af de tilgængelige organiske ressourcer. Tilgængeligheden af disse ressourcer, opnås gennem waste mining. Der arbejdes stadigvæk ikke med energiudveksling i systemet.

De symbiotiske forhold er blevet udbygget for henholdsvis Mørk Kaffe, Østagergård, Herslev Bryghus, Vintre Møller destilleri og tapperi og Friis-Holm chokolade. Dette er blevet gjort i første omgang ved at eliminere ekstern anvendelse af organiske ressourcer. De virksomheder der før lækkede ressourcer ud af systemet vil nu levere dem til et larveopdræt, der retur leverer kompost tilbage til Østagergård og Vintre Møller destilleri og tapperi. Kettinge Krauts symbiotiske forhold forbliver uændret. Dog er de symbiotiske forhold blevet forringet for Birthesminde og Østagergård, men kun på de områder, der omhandler produktion af animalsk protein. Her understreges det, at formålet med det nye systemdesign er at bevæge sig væk fra husdyrproduktion af protein og over til insektproduktion af protein, som er mere klimavenlig.

Effektiviteten af udnyttelsen af ressourcerne, vurderes på, om der er blevet tilføjet flere niveauer i kaskadeudnyttelsen. De ressourcer, der før blev anvendt som ko- og svinefoder, anvendes nu som larvefoder. Værdien af den anvendelse er altså den samme i henhold til figur 2.7. Til gengæld vil larverestproduktet (ekskrementerne + resterende foder) kunne indsamles efter larverne og anvendes som gødning på markerne. Dette er ikke i øjeblikket tilfældet for kvæg- og svineekskrementer. Her er dermed tilføjet et niveau i kaskadeudnyttelsen. Det samme er tilfældet for hvedeklid, der før blev anvendt som hestefoder. De ressourcer, der før blev sendt til "Ekstern anvendelse", får ligeså et niveau tilført deres kaskade. Ydermere bliver anvendelsen af disse ressourcer løftet til et højere værdi-niveau, fra materialeudnyttelse og energiudnyttelse (niveau fire og fem i figur 2.7) til foderudnyttelse (niveau to i

figur 2.7). Effektiviteten iht. produktionen af protein, vil blive yderligere undersøgt i kapitel 5. Denne undersøgelse vil også belyse, om der er opnået en dematerialisering i proteinproduktionen.

I denne analyse af case- og system design er relevant lovgivning for systemdesignet ikke blevet undersøgt.

Der er ikke opnået nogen materialesubstitution i produktionen gennem det nye systemdesign figur 3.2. Salget, samt indtagelsen af larverne kan dog lede til en materiel substitution hos forbrugeren af animalsk husdyr-protein, der ellers har et højt klimaaftryk (FAO, IFAD, UNICEF, WFP, 2020). Hvorvidt *H. illucens* i produktionskæden hos 'En del af Herslev' kan reducere klimaaftrykket for indtaget af protein vil blive diskuteret i kapitel 6.

Som belyst tidligere i kapitlet, kan alle de tilgængelige organiske ressourcer i 'En del af Herslev' anvendes som foder til *H. illucens*. Det ville efterfølgende være relevant at undersøge mængden af de tilgængelige ressourcer. Det var dog i dette projekt ikke muligt at bestemme de præcise mængder af disse ressourcer. Derfor er følgende gruppering baseret på formodninger omkring mængden af ressourcer, ved at estimere hvor mange råmaterialer, der indgår i de respektive produktioner, samt hvor afhængige disse er af de skiftende årstider. Overordnet kan restprodukterne inddeles i tre grupper; ressourcer med høj forsyningssikkerhed, de sæsonbetingede ressourcer og ressourcer med lav forsyningssikkerhed. Forsyningssikkerhed er her kvalitativt vurderet ud fra mængden af tilgængelige ressourcer og frekvensen af deres produktion.

Ressourcer med høj forsyningssikkerhed

Mask fra Herslev bryghus forventes at være en af de største mængder ressourcer. Mængden af mask fra bryghuset er den eneste, det har været muligt at skaffe et estimat på. Herslev bryghus producerer ca. 100 tons brugt mask om året (Olsen, 2021). Denne produktion formodes at være jævnt fordelt over et år, da korn/malt er langtidsholdbart og produktionen har en relativt høj frekvens. Forsyningssikkerheden for mask er således rigtig god.

Korn fra Vintre Møller destilleri og tapperi, formodes at følge et lignende mønster, om end i mindre mængder, da både destilleriet og bryghuset producerer et tilnærmelsesvist identisk produkt. Da denne ressource stammer fra destilleriets whiskyproduktion (Kristinsdóttir, 2020), er den heller ikke følsom overfor årstiderne.

Kaffegrums anvendt hos Mørk Kaffes café forventes ligeledes at være tilgængeligt hele året rundt som en ressource med høj forsyningssikkerhed, da der forventes at blive kværnet og brygget kaffe dagligt eller som minimum alle åbningsdage. Ydermere er de åbne for muligheden for også at kunne indsamle kaffegrums fra deres erhvervskunder, som givetvis aftager og anvender større mængder kaffe, end virksomhedens egen café.

Kaffeavner og kakaoskaller vil begge være tilgængelige jævnligt fra henholdsvis Mørk Kaffe og Friis-Holm Chokolade, da der hos begge virksomheder må forventes en kontinuerlig produktion. Om end mængder anses for meget mindre end eksempelvis kaffegrums, anses forsyningssikkerheden for høj på baggrund af frekvensen.

Hvedekli antages at blive produceret adskillige gange om året, men med en relativt lav frekvens.

De sæsonbetingede ressourcer

Aks høstes én gang om året og ville kræve plads til opbevaring, hvis det skulle anvendes jævnt over året. Derfor anses det for at være en sæsonbetinget ressource.

Slåen anvendes til slåen-gin hos Vintre Møller destilleri og tapperi og først derefter vil den kunne blive anvendt til larveopdræt. Da det antages at der kun produceres slåen-gin nogle få gange årligt, anses det her for at være en sæsonbetinget ressource.

Ressourcer med lav forsyningssikkerhed

Fejlproduktion hos Kattinge Kraut sker udelukkende utilsigtet og lejlighedsvis (Arnmark, 2021) og derfor må der forventes en ressource herfra, når fejlene sker. Fejlproduktion er selvsagt ikke planlagt og derfor anses denne ressource for at have lav forsyningssikkerhed.

Restaurationsaffald fra caféen vil variere, afhængigt af årstid, samt vejr m.m., sammenholdt med Mariannes udtalelse om, at de genererer en meget lille mængde biologisk restaurationsaffald i cafeen (Jensen, 2021).

4 EKSPERIMENTEL METODE

Dette kapitel beskriver detaljeret, hvordan opdræts-eksperimentet er udført, samt overskueliggør fremgangsmåden visuelt, ved at præsentere foto-serier undervejs i beskrivelsen. Kapitlet beskriver således metoden anvendt til også at besvare arbejds spørgsmål 2 og 3: "Hvordan påvirker sammensætningen af foderet larvernes mortalitet, vækst, samt lipid- og proteinindhold?" og "Hvordan påvirker teksturen af foderet (grov/fine) larvernes mortalitet, vækst, samt lipid- og proteinindhold?"

Grundet COVID-19 og nedlukning af RUC's campus, var der ikke adgang til hverken klimarum, udstyr eller laboratorier før d. 20/4-21, hvorfor eksperimentet er delvist udført i en privat bolig ("HJEMME-SETUP") og senere på RUC's campus ("CAMPUS-SETUP"). Inspiration og tips til praktisk setup af fluehabitatet, opdræts teknikker og lignende er fundet via forskellige relaterede videoklip på www.youtube.com, som ikke nødvendigvis har videnskabelig og/eller naturvidenskabelig karakter og overholder gængs videnskabelig conduit, men foregår på hobbyniveau i privat regi (Cornett, 2018).

HJEMME-SETUP

(D. 11/3 - 19/4 2021, estimeret temp.: ca. 24°C (gennemsnitlig), lys ukontrolleret)

Til opstart af projektets eksperiment, blev der indkøbt en kasse med 250 stk. *H. illucens* larver og en sort plastbeholder med transparent låg og lufthuller. Larverne blev købt online på www.monisskildpadder.dk, en butik, specialiseret i krybdyr, samt udstyr og tilbehør hertil. Senere viste det sig, efter nøje optælling, at pakken indeholdt 1.096 stk. larver - fire gange så mange, som beskrevet.

De indkøbte larver skulle udgøre 1. generation af larver (se foto 1), som var planlagt senere at skulle forpuppe sig, klække til fluer og derefter lægge æg, som skulle blive til 2. generation af larver. Larverne af 2. generation udgjorde således de faktiske forsøgsdyr. Årsagen til at anvende 2. generations-larverne var, at have så stor indflydelse samt kontrol over larvens levetid, føde og andre vækstparametre. Ved at kende larvens fulde levetid og samtidig dens totale fødeindtag, kan der blandt andet dannes grundlag for sammenligning af resultaterne for lipid/proteinindholdet i larverne med den fodersammensætning, som den har indtaget.



Foto 1 Venstre: Larverne af *H. illucens* i botten ved ankomst. Højre: 1. generationslarver med medfølgende foder fra www.monisskildpadder.dk.

Efter modtagelse af larverne blev de lagt i den sorte plast-beholder i en relativt fugtig havregrød lavet på økologiske grov-valsede havregryn og vand i forholdet 2-3 i masse. Der blev tilføjet en halv gulerod, for at teste hvor hurtigt (og om) de begyndte at spise af føde med hårdere konsistens og overflade (se foto 2). Denne gulerod var delvist/fuldstændigt spist efter ca. 7 dage (se foto 3).



Foto 2 Opstart af larveopdræt i "Hjemme-setup'et". Fra venstre: Sort plastkasse med transparent plastlag, hvor larverne blev opbevaret og fodret med havregrød, frisk gulerod tilføjet. Havregrøden fremstod lys beige og med grove fraktioner.



Foto 3 Delvist spist gulerod.

I løbet af 7 dage havde larverne spist en stor andel af havregrøden, hvilket kunne ses på farven af havregrøden, som nu havde ændret sig fra lys beige til en mere grålig tone og fra groft til fint fraktioneret og ensartet konsistens. Den grålige farve ansås som et udtryk for at være blandet med ekskrementer fra larverne.

Forud for at larverne begyndte at migrere fra havregrøden, for at forpuppe sig, blev der bygget et fluehabitat. Habitatet blev bygget af en sort plast-murerkasse på ca. 70 x 40 x 50 cm som bund, et stormasket, hvidt myggenet og kraftige naturgrene til at udgøre skelettet til at opretholde myggenettet og skabe et "rum", som fuldstændigt omkranser habitatet (se foto 4).

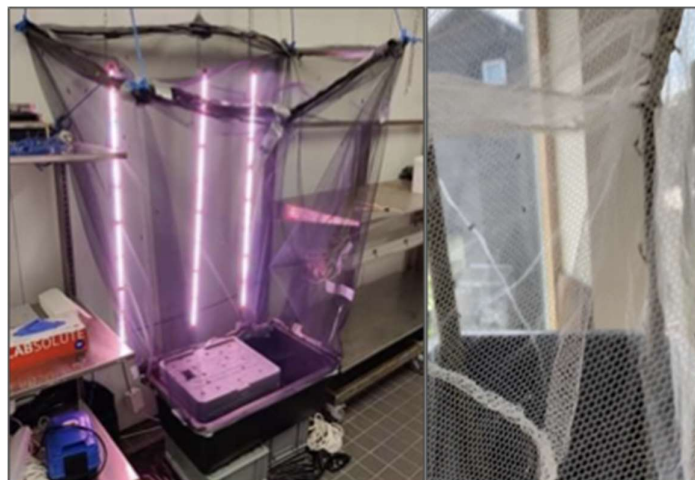


Foto 4 Venstre: Eksempel på opstillingen af fluehabitatet i hjemme-setup'et. Habitatet på fotoet er med lys og placeret i temperaturkontrolleret klimarum på RUC's campus, hvilket ikke først var tilfældet ved hjemme-setup'et. Volumen af habitatet var ligeledes mindre ved hjemme-setup'et, sammenlignet med campus-setup'et på fotoet. Højre: Det hvide net, som blev anvendt ved hjemme-setup'et. I baggrunden anes naturgrenene, som blev brugt til skelettet.

I bunden af habitatet blev der udlagt en flad flamingobakke med et fladt papstykke ovenpå, så larverne havde mulighed for at søge til mørke og rolige kroge uden forstyrrelser, for at forpuppe sig. Imens larverne stadig voksede og ernærede sig i havregrøden, viste der sig tegn på gærsvamp på overfladen af grøden og samtidigt observeredes nogle steder meget lav (hvis ingen) tegn på bevægelse og aktivitet i nogle områder af grøden (se foto 5). Derfor testedes det efter en grundig vask og ny fodring, om larverne havde brug for mørkere forhold, ved at stille den sorte plastkasse med larver og havregrød i en helt mørk flamingokasse med låg. Der placeredes et plastlåg ovenpå havregrøden, samt migrationspinde, dels for at dække noget af den fugtige overflade og dels for at larverne nemmere kunne søge væk fra fugten ved behov at forpuppe sig (se foto 5).



Foto 5 Venstre: Tegn på gærsvamp i havregrøden og samtidigt meget lav larve-aktivitet. Højre: Sort plastkasse med larver og havregrød placeret i en flamingokasse (med låg), for at skærme helt af fra lys. Plastplade placeret ovenpå havregrøden, samt migrationspinde til forpupning.

Med en testperiode på blot et par timer kunne det konstateres, at lyset (fraværet af lys) havde stor betydning for larvernes aktivitet. Der var nu fuld aktivitet i plastkassen og de syntes, at trives i mørket. Der blev tilføjet et glas vand i siden for bevaring af fugt. Senere tilføjedes en metal-”element”, som umiddelbart havde en form, larverne burde kunne migrere bedre til, idet det viste sig undervejs, at de ikke benyttede pindene (se foto 6).



Foto 6 Metal-”element” til migration fra havregrøden.

Til fluernes æglægning blev der lavet 7 “aggregater” af tynde madpinde i træ og små firkanter af bølgepap “stabled” ovenpå hinanden, som skabte en masse lag (se foto 7).

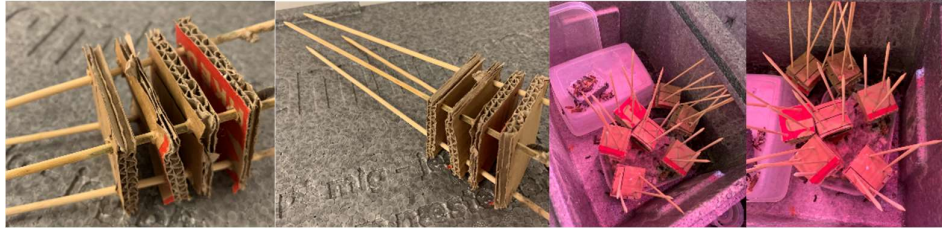


Foto 7 “Aggregater” fremstillet til æglægning. Fra venstre: Close-up af æglægnings-”aggregat”, æglægnings-”aggregat”, æglægnings-”aggregater” placeret i flamingokasse, Close-up af æglægnings-”aggregater” placeret i flamingokasse.

I hele vækstperioden for 1. generation, tilsås larverne dagligt op til flere gange, for at holde øje med overlevelse, aktivitet, foder, livsstadier og vækst generelt. Der fyldtes løbende op med frisk havregrod (3-4 gange) undervejs i vækstperioden.

Efterhånden som det forventedes, at larverne kom tættere på puppestadiet, fordi farve og størrelse ændrede sig betydeligt (se figur 2.2), blev flamingokassen med larverne flyttet ind i habitatet, så låget senere kunne åbnes og larverne kunne migrere til et tørt og roligt sted i habitatet, hvor de kunne forpuppe sig (foto 8).

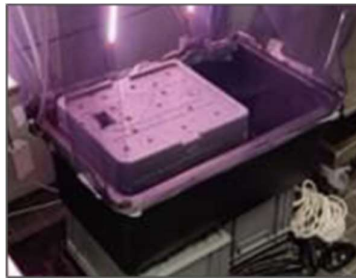


Foto 8 Eksempel på placering af flamingokassen i fluehabitatet indenfor fluenettet. Habitatet på fotoet er med lys og placeret i temperaturkontrolleret klimarum på RUC's campus, hvilket ikke var tilfældet ved hjemme-setup'et.

Efter ca. 14 dage senere end forventet, udklækkede den første flue (se foto 9) og flere kom hurtigt til (se foto 10), hvilket gjorde, at habitatet snart ville være for lille og blev derfor transporteret til et klimarum på RUC's campus i en bil.



Foto 9 Venstre og højre: Første udklækkede flue i habitatet i hjemme-setup'et.



Foto 10 Mange udklækkede fluer i habitatet i hjemme-setup'et.

CAMPUS-SETUP – 2. GEN.

(D. 20/4 - 2/5 2021, temp.: ca. 30 grader celsius (konstant), lys: 12/12, 2. generationslarver)
I klimarummet blev temperaturen indstillet til konstant at være 30 grader celsius og lyset (kunstig dagslyssimulation med lampe: "PHILIPS GP LED production DR//W 120") blev indstillet til 12/12 (12 mørketimer og 12 lystimer). Habitatet fik nu indbygget mere plads med et tættere og stivere sort myggenet, som blev holdt oppe af snore (se foto 4). Forventningen var nu, at fluerne hurtigt ville begynde at parre sig og derefter lægge æg i de dertil byggede aggregater, som blev placeret i flamingokassen ved siden af havregrøden. Med et konservativt estimat forventedes det, at der ville blive lagt ca. 50.000 æg.

Efter ca. 8 dage var der masser af fluer i habitatet (gerne ca. 25-30 stk. samtidig), men stadig ingen tegn på æg i aggregaterne (se foto 7), som blev tjekket under lup med ca. 2 dages intervaller. Ingen fluer blev på noget tidspunkt set parre sig.

D. 30/4 2021 måtte det endeligt konstateres, at der ikke var observeret et eneste æg og at, hvis der havde været observeret æg på nuværende tidspunkt, ville de ikke have kunnet nå at vokse sig til larver og udvikle sig nok til at lave protein- og fedtanalyser på. Derfor blev der genindkøbt 3500 stk. nye *H. illucens* larver hos www.monisskildpadder.dk, som skulle substituere og simulere de 2. generationslarver, som eksperimentets fluer ikke selv fik lagt æg til. Hensigten, som tidligere havde været at kontrollere fodringen fuldstændigt på 2. generationslarver i hele levetiden, var nu at kontrollere fodringen fuldstændigt på de nye 1. generationslarver i de sidste 14 dage af levetiden.

CAMPUS-SETUP – 1. GEN.

(D. 3/5-21, temp.: ca. 30 grader celsius (konstant), konstant mørke, 1. generationslarver)

Til opstart af eksperimentet med de nye 1. generationslarver, blev der d. 22/4-21 hentet 10 L brugt mask hos Herslev Bryghus, samt indkøbt økologiske rugbrødsboller, hvedeklid, kaffegrums, spinat, æbler og grønkål, som alle skulle indgå som komponenter i de forskellige foderblandinger (se foto 11).



Foto 11 Foto af varedeklaration for samtlige komponenter i hovedkomponenten 'Mix'. Fra venstre: Kohberg Rugbrødsboller, Valsemøllen Økologiske hvedekliid, Frellsen Økologiske kaffe, Änglamark Økologiske spinat, Änglamark Økologiske æbler og Änglamark Økologiske grønkål.

De indkøbte komponenter blev udvalgt, for at simulere de biologiske fraktioner, som kan forventes at komme fra eksempelvis Herslev Bryghus' café eller en anden af virksomhederne i 'En del af Herslev'-fællesskabet, dog uden brug af animalske komponenter. Den brugte mask var den ene hovedkomponent (kaldet '**mask**') og en blanding af de resterende indkøbte delkomponenter var den anden hovedkomponent (kaldet '**mix**') (se tabel 4.1).

Produkt	Masse	Producent
Hvedekliid	1000 g	Valsemøllen
Kaffegrums	1000 g	Frellsen
Rugboller	1000 g	Kohberg
Æbler	1000 g	Änglamark
Grønkål	600 g	Änglamark
Spinat	400 g	Änglamark

Tabel 4.1 Oversigt over blandingsforholdet af de forskellige delkomponenter i '**Mix**'-hovedkomponenten. Alt blev jævnt blandet sammen og derefter distribueret ud til hvert replikat i de dertil beregnede mængder.

Det var ikke muligt at skaffe information om sammensætningen af den anvendte mask, samt næringsindholdet, idet Herslev Bryghus ikke kunne oplyse herom. Derfor blev der anvendt data om mask i et mere generelt perspektiv via andre kilder. Næringsindholdet i mask varierer, alt efter hvilken type øl, der brygges og hvilke råvarer, der anvendes, betydende at masken ikke kan anses for at være et homogent foderprodukt. Ifølge (HedeDanmark, 2021), indeholder mask 20-25% proteiner, hvilket svarer godt overens med (Rachwal *et al.*, 2020), som skriver, at proteinindholdet er 20 og 30 %. Ligeledes indeholder masken et højt, varierende indhold af fibre (30-70%), vitaminer og mineraler, samt lipid. Fischer *et al.* (Fischer *et al.*, 2018) beskriver lipidindholdet i mask til at være 9,8 % og et proteinindhold på 24,2 %, hvilket placerer proteinindholdet mellem de to forrige kilder.

Hovedkomponenterne '**mask**' og '**mix**' blev derefter sammensat med forskellige blandingsforhold og forskellige teksturer (se tabel 4.2); '**grov**' -grofthakket manuelt med kniv (se foto 12) og '**fin**' -blendet på foodprocessor: BOSCH MCM3110W på højeste hastighed, til det ikke kunne blendes mere (se foto 13).

Indhold	Tekstur	Replikatnr.	Indhold	Tekstur	Replikatnr.
100 % mask	Grov	1	50 % mask / 50 % mix	Grov	1
100 % mask	Grov	2	50 % mask / 50 % mix	Grov	2
100 % mask	Grov	3	50 % mask / 50 % mix	Grov	3
100 % mask	Grov	4	50 % mask / 50 % mix	Grov	4
100 % mask	Fin	1	50 % mask / 50 % mix	Fin	1
100 % mask	Fin	2	50 % mask / 50 % mix	Fin	2
100 % mask	Fin	3	50 % mask / 50 % mix	Fin	3

100 % mask	Fin	4	50 % mask / 50 % mix	Fin	4
75 % mask / 25 % mix	Grov	1	25 % mask / 75 % mix	Grov	1
75 % mask / 25 % mix	Grov	2	25 % mask / 75 % mix	Grov	2
75 % mask / 25 % mix	Grov	3	25 % mask / 75 % mix	Grov	3
75 % mask / 25 % mix	Grov	4	25 % mask / 75 % mix	Grov	4
75 % mask / 25 % mix	Fin	1	25 % mask / 75 % mix	Fin	1
75 % mask / 25 % mix	Fin	2	25 % mask / 75 % mix	Fin	2
75 % mask / 25 % mix	Fin	3	25 % mask / 75 % mix	Fin	3
75 % mask / 25 % mix	Fin	4	25 % mask / 75 % mix	Fin	4

Tabel 4.2 Oversigt over eksperimentets 32 replikater (habitater); Replikatnavn (fodersammensætning og tekstur), samt farve.

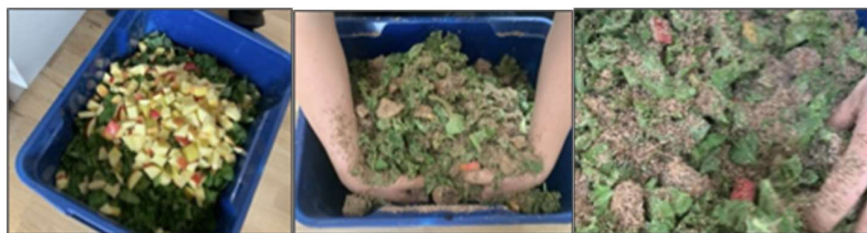


Foto 12 Grov 'Mix' skåret manuelt med kniv og derefter blandet grundigt sammen. Fra venstre: Ublandet grov 'Mix', blanding af grov 'Mix', færdigblandet grov 'Mix'.



Foto 13 Fin 'Mix' blendet på foodprocessor: BOSCH MCM3110W på højeste hastighed, til det ikke kunne blendes mere. Fra venstre: grov 'Mix' klar til at blive blendet og blive til fin 'Mix', færdigblendet fin 'Mix'.

De forskellige foderblandinger blev sammensat af nøje afvejede 'Mask' og 'Mix' i de planlagte forhold (se tabel 4.1) og pakket i fryseposer à ca. 500 g, mærket af med den korrekte navneregistrering (se foto 14) og frosset ned til senere brug ved opstart af eksperimentet 'CAMPUS-SETUP – 1.GEN.'.



Foto 14 Klargøring af foderblandinger. Fra venstre: Nedpakning af færdigblandet foder, eksempel på navneregistrering af foderblandinger og samlede mængde fryseklare foderblandinger.

Da larverne var ankommet d. 30/4-21, forblev de i deres ankomst-beholder i tre dage uden hverken lys eller forstyrrelser og ved en ca. gennemsnitlig temperatur på 24 grader celsius. Det medfølgende foder

blev ved opstart af eksperimentet d. 3/5-21 frasorteret og nedfrosset til senere analyse. Herefter blev de korrekte foderblandinger (se tabel 4.2) samt -mængder tøet op og fordelt i habitater (ca. 20 cm høje cylinderformede plastikbeholdere med låg og lufthuller – se foto 15), således at hver beholder indeholdt $100,00 \text{ g} \pm 0,05 \text{ g}$.

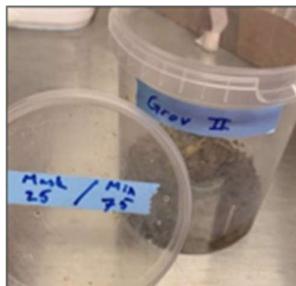


Foto 15 Eksempel på larvehabitat (nr.26): cylinderformet plastikbeholder med låg og lufthuller, samt navneregistrering.

Der blev lavet fire replikater af hver kombination af fodersammensætning og tekstur, som tilsammen udgjorde 32 habitater (se tabel 4.2). Det præcise afvejede indhold af foder d. 3/5-21 i hvert enkelt habitat ses i tabel 4.3 herunder. Der blev tilføjet 30 ml vand til foderet i hvert replikat.

Fodring af <i>H.illucens</i> d. 3/5 2021				
100/0				
Grov	I	II	III	IV
	100,00 g	100,03 g	99,98 g	100,02 g
Fin	I	II	III	IV
	100,02 g	100,02 g	100,02 g	100,02 g
75/25				
Grov	I	II	III	IV
	99,98 g	99,99 g	100,02 g	100,02 g
Fin	I	II	III	IV
	100,01 g	100,04 g	100,00 g	100,04 g
50/50				
Grov	I	II	III	IV
	99,97 g	99,95 g	100,02 g	99,97 g
Fin	I	II	III	IV
	100,01 g	99,98 g	99,98 g	100,04 g
25/75				
Grov	I	II	III	IV
	100,00 g	100,05 g	99,99 g	99,95 g
Fin	I	II	III	IV
	100,02 g	99,95 g	100,00 g	99,96 g

Tabel 4.3 Oversigt over afvejede fodermasse til samtlige replikater ved opstart af eksperimentet d. 3/5-21.

Larverne var i varierende længde (3 – 19 mm), sandsynligvis i forskelligt livsstadie, derfor blev et udsnit målt, og en median længde på 14 mm blev fastlagt. Larverne blev fordelt i to grupper: $\leq 14 \text{ mm}$ og $> 14 \text{ mm}$. 100 larver fra hver gruppe blev talt op (se foto 16), vejede tilsat i et habitat.



Foto 16 Opmåling af levende larver til fordeling i habitater. Påtegnede, afmålte streger inddelte længden af larverne i 'små' eller 'store'.

Den totale larvemasse tildelt hvert habitat kan læses i tabel 4.4, hvilket er ca $100 \text{ g} \pm 0,05 \text{ g}$. De sidste resterende larver fra leveringen blev nedfrosset til senere kontrol-reference i tre lige store andele, hvis individuelle masse ligeledes blev registreret (se tabel 4.4).

Total masse af 100 stk <i>H. illuscens</i> ved start d. 3/5 2021				
100/0				
Grov	I	II	III	IV
	9,36 g	9,26 g	9,08 g	8,87 g
Fin	I	II	III	IV
	9,07 g	8,72 g	9,10 g	9,29 g
75/25				
Grov	I	II	III	IV
	9,16 g	9,44 g	8,99 g	9,89 g
Fin	I	II	III	IV
	9,61 g	9,71 g	8,98 g	9,71 g
50/50				
Grov	I	II	III	IV
	9,34 g	9,02 g	9,09 g	8,69 g
Fin	I	II	III	IV
	8,92 g	9,07 g	8,68 g	9,29 g
25/75				
Grov	I	II	III	IV
	8,64 g	9,16 g	8,40 g	8,17 g
Fin	I	II	III	IV
	8,45 g	8,26 g	9,15 g	8,45 g
Resterende larver som kontrol-reference inden fodring				
	I	II	III	
	7,77 g	7,91 g	8,61 g	

Tabel 4.4 Total larve-biomasse i samtlige replikater/ habitater med 100 stk larver (inkl. de tre nedfrosede kontrolprøver ved opstart af 'CAMPUS-SETUP – 1. GEN.-eksperimentet).

De 32 habitater blev stillet i store, mørke papkasser i et klimarum med 30 grader celsius konstant (se foto 17), for at opnå total mørke (undtagen ved dagligt vækst/trivsels-kontrol og fodring).

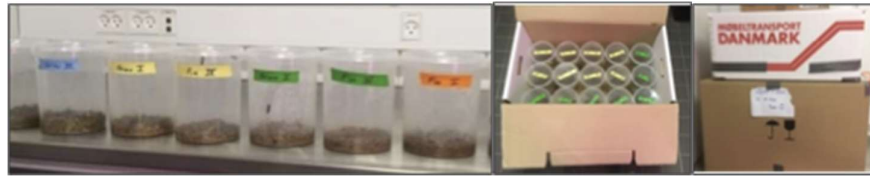


Foto 17 'CAMPUS-SETUP -1.GEN.' eksperimentets opstilling i klimarum. Fra venstre: Uddrag af larvehabitaterne, larvehabitaterne i papkasse, lysaflukkede papkasser med larvehabitater.

'CAMPUS-SETUP -1.GEN.' eksperimentet forløb 14 dage fra opstartsdatoen (d. 3/5-21-d. 17/5-21). I løbet af de 14 dage blev larverne fodret tre gange. Afvejning af foder foregik på selve lågene til habitaterne, så foderet blot kunne hældes direkte i habitaterne efterfølgende (se foto 18).



Foto 18 Fodring af larver. Foderet blev afvejet ovenpå lågene af habitaterne, som stod på en vægt. Fra venstre: habitat på vægt med foder på låget, foder på lågene af habitaterne.

Herunder ses oversigter over registrering af fodermassen for de efterfølgende to fodringer d. 7/5-21, samt d. 14/5-21 (tabel 4.5 og 4.6). D. 7/5-21 blev der tilføjet 30 ml vand til foderet i hvert replikat. Der blev ikke tilføjet vand til den sidste fodring d. 14/5-21, idet fodermassen vurderedes at være fugtigt nok.

Fodring af <i>H. illucens</i> d. 7/5 2021				
100/0				
Grov	I	II	III	IV
	100,08 g	100,03 g	100,01 g	100,04 g
Fin	I	II	III	IV

	100,04 g	100,06 g	100,08 g	100,04 g
75/25				
Grov	I	II	III	IV
	100,06 g	100,25 g	100,10 g	100,17 g
Fin	I	II	III	IV

	100,40 g	100,09 g	100,17 g	100,25 g
50/50				
Grov	I	II	III	IV
	100,66 g	100,06 g	100,05 g	100,75 g
Fin	I	II	III	IV
	100,03 g	100,13 g	100,13 g	100,28 g
25/75				
Grov	I	II	III	IV
	100,16 g	100,76 g	100,69 g	100,55 g
Fin	I	II	III	IV
	100,53 g	100,73 g	100,30 g	100,11 g

Tabel 4.5 Oversigt over afvejede fodermasse til samtlige replikater d. 7/5-21.

Fodring af <i>H. illucens</i> d. 14/5 2021				
100/0				
Grov	I	II	III	IV
	50,12 g	49,95 g	50,12 g	49,93 g
Fin	I	II	III	IV

	50,56 g	50,00 g	50,73 g	50,14 g
75/25				
Grov	I	II	III	IV
	50,43 g	50,04 g	50,38 g	50,35 g
Fin	I	II	III	IV
	50,40 g	50,40 g	50,05 g	50,21 g
50/50				
Grov	I	II	III	IV
	50,16 g	50,02 g	50,39 g	49,95 g
Fin	I	II	III	IV
	49,86 g	50,33 g	50,53 g	50,28 g
25/75				
Grov	I	II	III	IV
	50,13 g	50,51 g	50,22 g	50,04 g
Fin	I	II	III	IV
	50,05 g	50,51 g	50,52 g	50,03 g

Tabel 4.6 Oversigt over afvejede fodermasse til samtlige replikater d. 14/5-21.

Forud for høsten blev der, på høstdagen d. 17/5-21, udtaget en prøve af det organiske materiale, uden larver i hvert habitat (dvs. overskudsfoder, larveekskremer o.lign.) i et plastikbæger (se foto 19), som efterfølgende blev nedfrosset.



Foto 19 Plastikbægere med prøver af organisk materiale fra larvehabitaterne.

Hensigten med de organiske prøver var, at muliggøre en senere analyse af eksempelvis Nitrogen-, Phosphor- og Kalium-sammensætningen, hvis det ønskes at belyse gødningspotentialet i materialet, med henblik på at fuldende cirkularitet i implementeringen af larve-opdrættet. Denne undersøgelse blev desværre ikke gjort, grundet tidsbegrænsning.

Selve høsten af larverne foregik således, at hvert habitats indhold blev skyllet grundigt gennem en feltsigte (se foto 20), så larverne og de allerstørste madfraktioner fra habitatene med grov tekstur, lagde sig på sigtenettet og derefter blev hver enkelt larve sorteret fra og anbragt i det tomme habitat igen. Næsten alle larver (af de oprindelige 100 stk) blev fundet igen og dermed høstet.



Foto 20 Fellsigte, som blev brugt til at skylle habitater og sortere larver fra.

Fra de tomme habitater, kun indeholdende de høstede larver, blev larverne hældt ud i en bakke, skyllet, tørret med papir, talt op og derefter blev deres totale masse vejnet i en petriskål. Endeligt kom der låg på petriskålen med larver fra hvert enkelt habitat, som blev markeret med habitat-/replikatnavn, samt kode, antal og total larvemasse i gram (se foto 21).



Foto 21 Optælling og registrering af larver. Fra venstre: Levende larver tørres forsigtigt med papir, levende larver tælles op og gøres klar til vejning, levende larver i petriskål og tilhørende låg med markering af antal, total masse og replikatnavn.

Alle petriskåle med levende larver blev slutteligt tapet sammen med lågene, så larverne kunne efterlades uden opsyn. Derefter blev der tilfældigt optalt 2 x 43 stk larver fra hvert habitat (fordi det mindste antal larver i et habitat var 86 og skulle deles i to); 43 stk til lipid-analyse og 43 stk til protein-analyse. De overskydende larver fra hvert habitat 1-16 stk blev kasseret. Den totale masse af vådvægten fra de 43 stk larver til lipid-analyse blev derefter vejnet og derefter blev larverne aflivet ved at blive klippet over med to klip (se foto 22).



Foto 22 Larver optalt, vejnet og aflivet ved klipping. Fra venstre: Larver optælles i 2 x 43 stk., 43 stk. larver klippes over til lipid-analyse, 43 stk. larver klippes over til protein-analyse, larver sættes i ovn ved 105 grader celsius i ca. 23 timer.

De 43 stk larver til protein-analysen blev ligeledes aflivet ved at blive klippet over med to klip, totalmassen vejnet og derefter sat i varmeovn ved 105 grader celsius i ca. 23 timer, for at opnå en fuldstændig dehydreret tørmasse til protein-analyse den efterfølgende dag (se foto 22).

LIPID-ANALYSE

(D. 18/5-21, vådvægt af 43 stk. 1. generationslarver)

Anvendt metode: "A **single extraction method for total lipid determination in fish tissue**" (Lee, Trevino and Chaiyawat, 1996). (se fremgangsmåde i bilag E)

Metoden er valgt til bestemmelse af totalt lipid-indhold i eksperimentets larver, idet den er anbefalet af en professor Benni Winding Hansen til formålet og altså sagtens kan anvendes til andet end fiske-væv, hvilket titlen indikerer. Selve fremgangsmåden er fulgt, så nøjagtigt, som muligt. I det følgende beskrives blot afvigelserne fra denne metode (se bilag E):

Punkt 2.: I stedet for at anvende en blender til homogenisering, blev der i stedet anvendt en agat-morter (se foto 23). Årsagen til ikke at anvende en blender var, at den blender, som var til stede på RUC's campus var for lille og dermed ikke havde nogen effekt på materialet. En almindelig blender ville være for stor. Prøven blev vurderet til at være tilstrækkeligt homogeniseret til formålet efter mortning.



Foto 23 Mortning af larver i agat-morter. Fra venstre: mortning startes efter at larverne er klippet i tre stykker, der mottes til en jævn pasta-lignende masse, færdigmortet homogeniseret larvemasse klar til analyse.

Punkt 4.: En enkelt prøve (Replikat "Kontrol 1") var på kun ca. 2 gram, hvorfor mængden af opløsningen her blev tilsvarende nedjusteret, som vejledningen foreskrev.

Punkt 5.: Heller ikke her kunne RUC's blender anvendes, hvorfor glassene med opløsning blev rystet grundigt i hånden i et minut i stedet for, hvilket kemiker Torben Brandt Knudsen mente var lige så fint med henblik på at opløse alle lipiderne i opløsningen.

Punkt 8.: I stedet for at anvende en 10 ml pipette, blev der anvendt en 1 ml pipette x 3, da selve sugefunktionen her virkede bedre og mere præcist.

Punkt 10.: Ved gennemgang af formelen for beregning af det totale lipidindhold i %, var der tvivl om "(chloroform layer + amounts lost) (ml)", fordi den tabte mængde af chloroform ikke blev målt ved udførelsen af eksperimentet (jf. punkt 6) og dermed ikke kunne trækkes fra den oprindelige anvendte mængde chloroform, som formelen foreskrev. Derfor blev formelen og beregningsmetoden drøftet med lektor Per Meyer Jepsen, samt postdoc og konsulent hos Pisco ApS Thomas Allan Rayner og i samråd var der enighed om, at udelade spildet af chloroform i formelen.

PROTEIN-ANALYSE

(D. 19/5-20/5 2021, tørvægt af 43 stk. 1. generationslarver)

Anvendt metode: **"The Dumas method"**

Metoden blev valgt til bestemmelse af relativt protein-indhold i eksperimentets larver, idet den, ifølge Dr. D. Julian Mc Clements, er forholdsvis hurtig og præcis, sammenlignet med andre metoder (People.umass.edu, 1990). I det følgende beskrives de trin i fremgangsmåden, som metoden ikke specifikt beskriver:

Til protein-analysen i CHN-analysemaskinen "Flash 2000 – Organic Elemental Analyzer" af mærket "Thermo Scientific" (se foto 24) blev der klargjort 71 prøver til analyse efter The Dumas method (People.umass.edu, 1990).



Foto 24 CHN-analysemaskinen "Flash 2000 – Organic Elemental Analyzer, NCS Analyzer" af mærket "Thermo Scientific". Maskinen afbrænder ved 950°C (sammenlignet med Dumas-metoden, som afbrænder ved 900°C)

En kolonne kan maksimalt køre ca. 100 prøver, hvoraf de ca. 20 af dem er "reserveret" til standarder og tests. Derfor blev de 71 prøver valgt således, at de ville skabe den største repræsentation af resultater på tværs af replikaterne. Et tilfældigt replikat blev udvalgt som test-replikat (prøve 18) til at teste/kalibrere CHN-analysemaskinens kapacitet, nøjagtighed og målevaliditet og replikeret tre gange i stedet for to.

Af hver portion af replikaternes tørvægt blev der afvejet mellem 2,5-3,0 mg $\pm$ 0,0005 mg til selve analyseprøven (se foto 25). Denne masse blev herefter lagt i små tinbægere (se foto 25) og omhyggeligt pakket og formet til små tinkugler, klar til at komme i CHN-analysemaskinens auto-sampler, som løbende tilføjede en tin-kugle.



Foto 25 Afvejning af CHN-prøver i tinbægere på mellem 2,5-3,0 mg $\pm$ 0,0005 mg. Fra venstre: Vægt af mærket "Mettler Toledo" (Range 1.0-5000 mg), tinbægere og holder til fyldning af tinbægere, afvejning af prøver i tinbægere inden pakning til kugler.

Efter endt CHN-analyse på samtlige 81 prøver, blev der angivet resultater for både Carbon (C), Hydrogen (H) og Nitrogen (N) i %. For at finde det relative proteinindhold (i %) i prøven, blev Nitrogenindholdet omregnet med en omregningsfaktor på 6,25, som anses for at være en anvendelig omregningsfaktor, når der ikke tages højde for eksempelvis aminosyre-sammensætning (Boisen, Sigurd; Bech-Andersen, Steen; Eggum, 1987).

5 EKSPERIMENTELLE RESULTATER

Dette kapitel præsenterer resultaterne fra eksperimentet med opdræt af H. illucens beskrevet i Kapitel 4. Resultaterne betragtes som projektets primære empiri. Kapitlet besvarer ligeledes arbejds spørgsmål 2 og 3: "Hvordan påvirker sammensætningen af foderet larvernes mortalitet, vækst, samt lipid- og proteinindhold?" og "Hvordan påvirker teksturen af foderet (grov/fin) larvernes mortalitet, vækst, samt lipid- og proteinindhold?" og er dermed også med til at besvare problemformuleringen. Kapitlet består af fire afsnit:

5.1 Præsentation af eksperimentelle data

5.2 Forskellen på lipid- og proteinindholdet i hhv. H. illucens og B. taurus

5.3 Foderblandingsforholdets påvirkning på H. illucens

5.4 Foderteksturens påvirkning på H. illucens

5.1 Præsentation af eksperimentelle data

Dette afsnit præsenterer og visualiserer resultaterne fra eksperimentet med opdræt af H. illucens. Alle rådata kan findes i bilag A-D.

Mortalitet

Som en første indikator for eksperimentel succes, målt mortaliteten. Mortaliteten var generelt lav med en mortalitetsrate på min. **0%** og max. **13%** og en gennemsnitlig mortalitetsrate på **4,8%**, hvilket ansås som acceptabelt og en indikation for larvernes trivsel og en høj eksperimentel succes. Replikat-kode nr. 13 viste sig at indeholde 103 larver ved høst, hvorfor denne ikke er medregnet i den gennemsnitlige mortalitetsrate, idet den ikke ansås for at være valid.

Ved den grove fodertekstur var den gennemsnitlige mortalitetsrate 5,4%, sammenlignet med den fine fodertekstur, hvor den var 4,2%.

Ved fodersammensætning "100% mask / 0% mix" var den gennemsnitlige mortalitetsrate 3,3%, sammenlignet med henholdsvis "75% mask / 25% mix" på 3,9%, "50% mask / 50% mix" på 6,4% og slutteligt "25% mask / 75% mix" på 5,6%. Den højeste mortalitetsrate sås ved "50% mask / 50% mix" på 6,4% og den laveste sås således ved "100% mask / 0% mix" på 3,3%.

Vækst

Dernæst sås der på væksten hos larverne ved høst. En gennemsnitsvægt for de fire replikater er præsenteret i tabel 5.1 for hver opstilling, sammen med en gennemsnitsmasse for alle opstillingerne og gennemsnitsmassen ved eksperimentets start.

Sammensætning	Tekstur	Masse pr. 100 larver (g)
100 % mask	Grov	15,82
100 % mask	Fin	15,83
75 % mask / 25 % mix	Grov	15,99

75 % mask / 25 % mix	Fin	16,79
50 % mask / 50 % mix	Grov	17,08
50 % mask / 50 % mix	Fin	17,39
25 % mask / 75 % mix	Grov	18,63
25 % mask / 75 % mix	Fin	16,67
Gennemsnitligt masse		16,78
Kontrol		8,10

Tabel 5.1 Oversigt over masseforøgelsen pr. 100 larver for de forskellige eksperimentopstillinger samt startvægten "Kontrol" ved eksperimentets opstart.

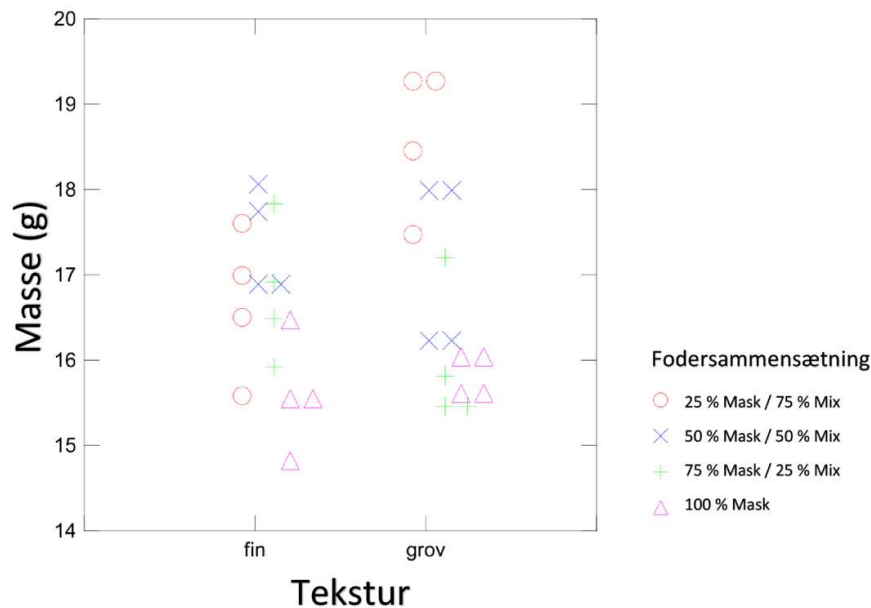
Den største vækst i masse var observeret for "25% mask / 75% mix" (grov), og den mindste vækst i masse for "100% mask" (grov). Alle opstillinger havde dog næsten fordoblet deres masse gennem eksperimentets 14 dage.

For at undersøge om der er nogen statistisk signifikant forskel på væksten af larverne ud fra hhv. Fodersammensætning og tekstur, blev der udarbejdet en two-way ANOVA for resultaterne. For at udarbejde en two-way ANOVA, skal det først sikres at der er en homogenitet for varianserne og at resultaterne er normalfordelt. Disse blev hhv. undersøgt med en Levene's test og en Kolmogorov-Smirnov test (se tabel 5.2). Signifikansen blev sat til $p = 0,05$, så $p < 0,05$ ville indikere en signifikant forskel. Denne metode er gennemgående for statistiske undersøgelser gennem hele kapitlet.

Test	Frihedsgrader	p-værdi
Kolmogorov-Smirnov	17	0,400
Levene's test Sammensætning	3	0,376
Levene's test Tekstur	1	0,043

Tabel 5.2 Kontrol af normalfordeling af resultaterne og homogenitet for varianserne for masseforøgelsen af larverne gennem eksperimentet.

Det observeres først og fremmest at der ikke er homogenitet af variansen for massen ift. tekturen. Fordelingen af massen ift. tekturen vises på figur 5.1. Der kan heller ikke visuelt observeres nogen sammenhæng mellem tekstur og masse.



Figur 5.1 Fordeling af massefordelingen i forhold til tekturen. De forskellige fodersammensætninger er repræsenteret med symboler, som kan aflæses af figuren.

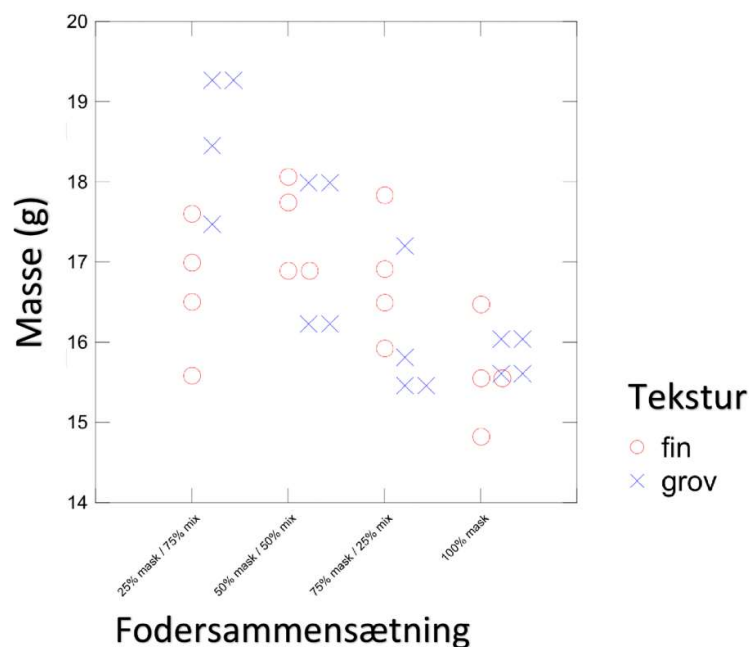
Da sammenhængen mellem tekstur og larvemassen ikke lever op til kravene for en two-way ANOVA, udføres der i stedet en one-way ANOVA for sammensætningen af foderblandingen.

Der observeres en signifikant forskel på larvemassen iht. fodersammensætningen, da $p = 0,001 < 0,05$ med 3 frihedsgrader i en ANOVA-test. Denne forskel undersøges videre med Tukey's test for parvis sammenligning.

Sammensætning A	Sammensætning B	Forskel	p-Værdi
25% mask / 75% mix	50% mask / 50% mix	0,416	0,798
25% mask / 75% mix	75% mask / 25% mix	1,261	<u>0,046</u>
25% mask / 75% mix	100% mask	1,949	<u>0,001</u>
50% mask / 50% mix	75% mask / 25% mix	0,845	0,271
50% mask / 50% mix	100% mask	1,533	<u>0,011</u>
75% mask / 25% mix	100% mask	0,688	0,446

Tabel 5.3 Oversigt over parvis sammenligning med Tukey's test for massefordelingen på baggrund af fodersammensætningen. $p < 0,05$ er understreget.

Af tabel 5.3 observeres det at fodersammensætningen med det laveste maskindhold, er signifikant forskellig fra de to sammensætninger med højest maskindhold og mellem fodersammensætningen med 50 % mask og 100% mask. Som vist på figur 5.2 kan det ses at massen af larverne er højest for det laveste indhold af mask i fodersammensætningen og at en lavere masse følger som resultat af et højt maskindhold generelt.



Figur 5.2 Fordeling af masseforøgelsen i forhold til fodersammensætningen. De forskellige teksturer er repræsenteret med symboler, som kan aflases af figuren.

Lipid-indhold

Ud af 13 lipid-analyseresultater blev der beregnet et gennemsnit for lipidindholdet i % i begge grove foderteksturer (se bilag C) for hver fodersammensætning. Derfor er der efterfølgende 8 lipid-analyseresultater, foruden “Kontrol 1”. Det samme blev gjort for det absolutte indhold af lipid pr. 100 larver. Herunder ses en tabel over det relative og absolutte lipid-indhold i samtlige replikat-typer:

Sammensætning	Tekstur	Relativt lipidindhold (%)	Absolut lipidindhold pr. 100 larver (g)
100 % mask / 0% mix	Grov	11,09	1,76
100 % mask / 0% mix	Fin	10,35	1,53
75 % mask / 25 % mix	Grov	5,98	0,98
75 % mask / 25 % mix	Fin	4,78	0,79
50 % mask / 50 % mix	Grov	8,95	1,45
50 % mask / 50 % mix	Fin	4,86	0,82
25 % mask / 75 % mix	Grov	7,16	1,35
25 % mask / 75 % mix	Fin	12,12	2,13
Gennemsnitligt lipidindhold		8,16	1,35
Kontrol 1		4,96	0,39

Tabel 5.4 Oversigt over det relative og absolutte lipid-indhold i *H. illucens* for samtlige replikat-typer, “Kontrol 1”, samt det gennemsnitlige relative og absolutte lipid-indhold for de 8 lipid-analyseresultater.

Det gennemsnitlige relative lipid-indhold for de 8 lipid-analyseresultater var 8,16%. Det laveste relative lipid-indhold på 4,78% blev fundet i “75% mask / 25% mix” (grov), sammenlignet med det højeste relative lipid-indhold på 12,12%, som blev fundet i “25% mask / 75% mix” (fin). I “Kontrol 1” var det relative lipid-indhold 4,96%. Der er altså observeret en gennemsnitlig stigning i relativt lipidindhold gennem eksperimentet.

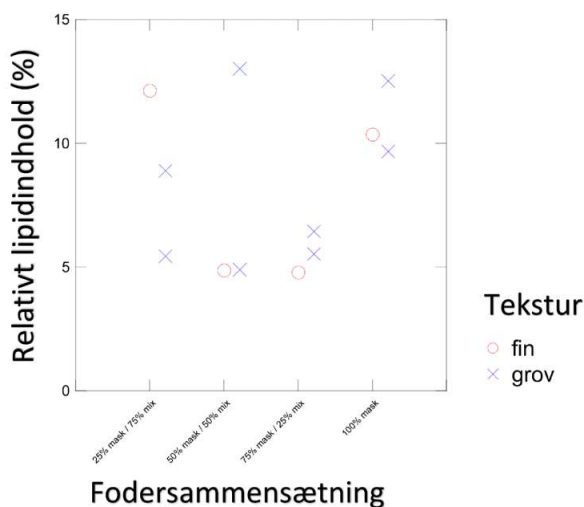
Det gennemsnitlige absolutte lipidindhold for de 8 lipid-analyseresultater var 1,35 g. Det laveste absolutte lipidindhold var på 0,82 g og blev fundet i “50% mask / 50% mix” (fin), sammenlignet med det højeste absolutte lipidindhold på 2,13 g, som blev fundet i “25% mask / 75% mix” (fin). I “Kontrol 1” var det absolutte lipidindhold 0,39 g. Der blev således observeret en stigning på det absolutte lipidindhold gennem eksperimentet.

For at undersøge om der er nogen signifikant statistisk sammenhæng mellem det relative lipidindhold og fodersammensætningen og dets tekstur, udsættes resultaterne for de samme statistiske tests, som beskrevet for massen af larverne.

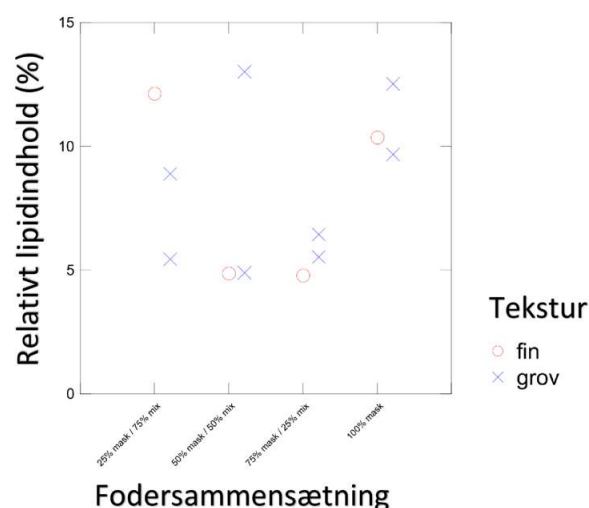
Test	Frihedsgrader	p-værdi
Kolmogorov-Smirnov	-	0,222
Levene's Sammensætning	3	0,545
Levene's Tekstur	1	0,539
ANOVA Sammensætning	3	0,347
ANOVA Tekstur	1	0,899
ANOVA Sammensætning*Tekstur	3	0,522

Tabel 5.5: Oversigt over resultaterne for test af normalfordeling af resultaterne og homogenitet for varianserne for det relative lipidindhold, samt resultat af two-way ANOVA-test.

Det observeres i tabel 5.5, at resultaterne for det relative lipidindhold lever op til kravene for en two-way ANOVA. Ydermere ses det af resultaterne, at der ikke er nogen signifikant forskel på det relative lipidindhold uanset sammenligningsparametre. Der observeres heller ikke nogen visuel sammenhæng for lipidindholdet på figur 5.3 og 5.4.



Figur 5.3: Fordeling af det relative lipidindhold i forhold til fodersammensætningen. De forskellige teksturer er repræsenteret med symboler, som kan aflæses af figuren.



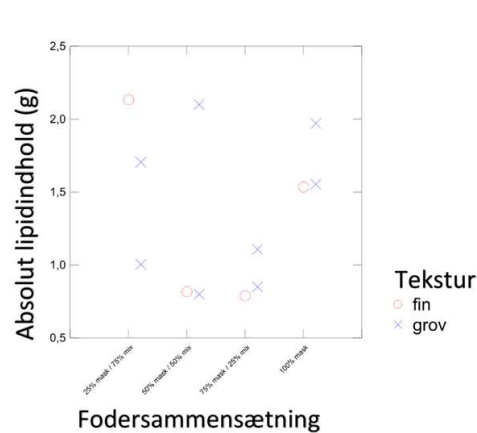
Figur 5.4: Fordeling af det relative lipidindhold i forhold til tekturen. De forskellige fodersammensætninger er repræsenteret med symboler, som kan aflæses af figuren.

Da der er observeret en signifikant forskel for massen af larverne, undersøges det absolutte indhold af lipid også.

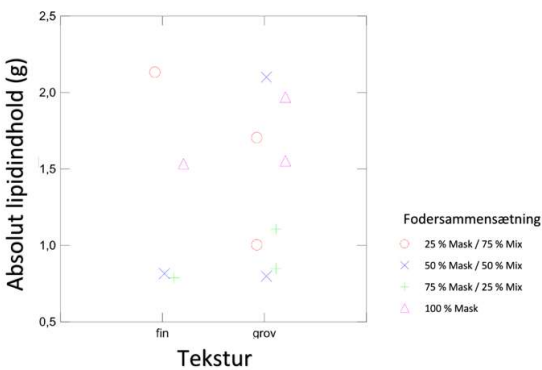
Test	Frihedsgrader	p-værdi
Kolmogorov-Smirnov	-	0,193
Levene's Sammensætning	3	0,298
Levene's Tekstur	1	0,594
ANOVA Sammensætning	3	0,345
ANOVA Tekstur	1	0,850
ANOVA Sammensætning*Tekstur	3	0,560

Tabel 5.6 Oversigt over resultaterne for test af normalfordeling af resultaterne og homogenitet for varianserne for det absolutte lipidindhold, samt resultat af two-way ANOVA-test.

Der observeres heller ikke nogen statistisk signifikant forskel på det absolutte indhold af lipid (se tabel 5.6). Dette er også præsenteret visuelt på figur 5.5 og 5.6.



Figur 5.5 Fordeling af det absolutte lipidindhold i forhold til fodersammensætningen. De forskellige teksturer er repræsenteret med symboler, som kan aflæses af figuren.



Figur 5.6: Fordeling af det absolutte lipidindhold i forhold til tekturen. De forskellige fodersammensætninger er repræsenteret med symboler, som kan aflæses af figuren.

Protein-indhold

Proteinindholdet blev undersøgt på 35 prøver. Proteinindholdet i de 35 prøver blev dobbeltbestemt iht. metoden beskrevet i kapitel 4. Både det relative og absolutte indhold af protein blev undersøgt. Herunder ses en tabel over det relative og absolutte proteinindhold i samtlige replikat-typer:

Sammensætning	Tekstur	Relativt proteinindhold (%)	Absolut proteinindhold pr. 100 larve (g)
---------------	---------	-----------------------------	--

100 % mask	Grov	17,05	7,58
100 % mask	Fin	17,13	7,75
75 % mask / 25 % mix	Grov	16,68	7,48
75 % mask / 25 % mix	Fin	16,64	7,91
50 % mask / 50 % mix	Grov	16,04	7,60
50 % mask / 50 % mix	Fin	16,51	7,93
25 % mask / 75 % mix	Grov	14,74	8,04
25 % mask / 75 % mix	Fin	14,63	7,00
Gennemsnitligt proteinindhold		16,18	7,66
Kontrol		15,39	1,24

Tabel 5.7 Oversigt over det relative og absolutte proteinindhold i *H. illucens* for samtlige replikat-typer, "Kontrol", samt det gennemsnitlige relative og absolutte proteinindhold for de 35 protein-analyseresultater.

Det gennemsnitlige relative proteinindhold for de 35 protein-analyseresultater var 16,18%. Det laveste relative proteinindhold var på 14,63% og blev fundet i "25% mask / 75% mix" (fin), sammenlignet med det højeste relative proteinindhold på 17,13%, som blev fundet i "100% mask" (fin). I "Kontrol" var det relative proteinindhold 15,39%. Der er altså ikke blevet observeret nogen nævneværdig stigning i det relative proteinindhold.

Det gennemsnitlige absolutte proteinindhold for de 35 protein-analyseresultater var 7,66 g. Det laveste absolutte proteinindhold var på 7,00 g og blev fundet i "25% mask / 75% mix" (fin), sammenlignet med det højeste absolutte proteinindhold på 8,04 g, som blev fundet i "25% mask / 75% mix" (grov). I "Kontrol" var det absolutte proteinindhold 1,34 g. Der er altså blevet observeret en stor stigning på det absolutte proteinindhold gennem eksperimentet.

For at undersøge om der er nogen signifikant statistisk sammenhæng mellem det relative og absolutte proteinindhold og fodersammensætningen og dets tekstur, udsættes resultaterne for de samme statistiske tests som beskrevet for massen af larverne.

Test	Frihedsgrader	p-værdi
Kolmogorov-Smirnov	16	0,374
Levene's Sammensætning	3	0,785
Levene's Tekstur	1	0,457
ANOVA Sammensætning	3	0,000
ANOVA Tekstur	1	0,738
ANOVA Sammensætning*Tekstur	3	0,852

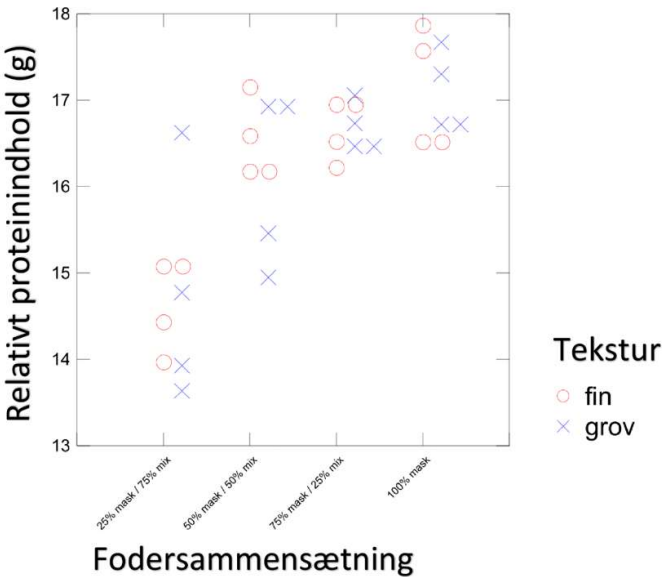
Tabel 5.8 Oversigt over resultaterne for test af normalfordeling af resultaterne og homogenitet for varianserne for det relative proteinindhold, samt resultat af two-way ANOVA-test. $p < 0,05$ er understreget.

Det observeres at resultaterne for det relative proteinindhold lever op til kravene for en two-way ANOVA. Ydermere ses det (se tabel 5.8) af resultaterne, at der er en statistisk signifikant forskel på det relative proteinindhold iht. fodersammensætningen, da $p = 0,000 < 0,05$. Denne forskel undersøges videre med Tukey's test for parvis sammenligning.

Sammensætning A	Sammensætning B	Forskel	p-Værdi
100% mask	25% mask / 75% mix	2,429	<u>0,000</u>
100% mask	50% mask / 50% mix	0,844	0,119
100% mask	75% mask / 25% mix	0,456	0,596
25% mask / 75% mix	50% mask / 50% mix	-1,585	<u>0,001</u>
25% mask / 75% mix	75% mask / 25% mix	-1,973	<u>0,000</u>
50% mask / 50% mix	75% mask / 25% mix	-0,388	0,710

Tabel 5.9 Oversigt over parvis sammenligning med Tukey’s test for det relative proteinindhold på baggrund af fodersammensætningen. $p < 0,05$ er understreget.

Af tabel 5.9 observeres det, at fodersammensætningen med det laveste maskindhold er signifikant forskellig fra de tre andre sammensætninger og som vist på figur 5.7 kan det ses, at det relative proteinindhold i larverne er lavest for det laveste indhold af mask i fodersammensætningen.



Figur 5.7 Fordeling af det relative proteinindhold i forhold til fodersammensætningen. De forskellige teksturer er repræsenteret med symboler, som kan aflæses af figuren.

Da der er observeret en signifikant forskel for massen af larverne, undersøges det absolutte indhold af lipid også.

Test	Frihedsgrader	p-værdi
Kolmogorov-Smirnov	-	0,117
Levene’s Sammensætning	3	0,053
Levene’s Tekstur	1	0,738
ANOVA Sammensætning	3	0,514
ANOVA Tekstur	1	0,838
ANOVA	3	<u>0,000</u>

Sammensætning*Tekstur

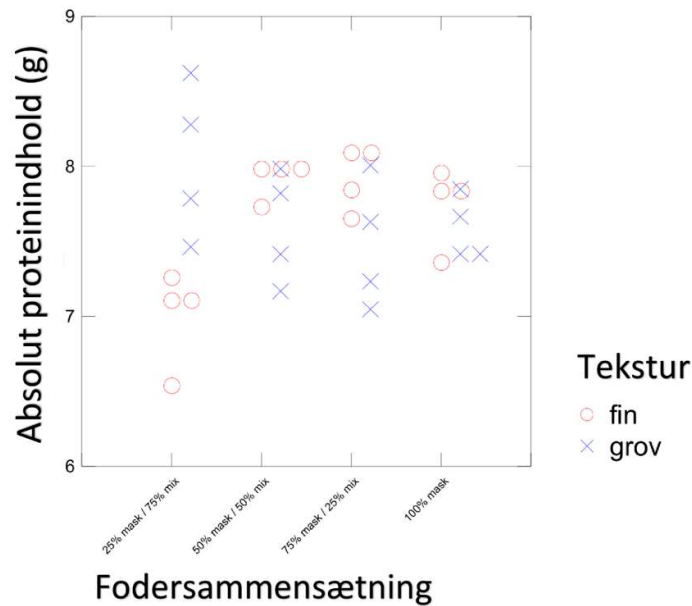
Tabel 5.10 Oversigt over resultaterne for test af normalfordeling af resultaterne og homogenitet for varianser for det absolutte proteinindhold, samt resultat af two-way ANOVA-test. $p < 0,05$ er understreget.

Det observeres i tabel 5.10, at resultaterne for det absolutte proteinindhold lever op til kravene for en two-way ANOVA. Ydermere ses det af resultaterne, at der er en statistisk signifikant forskel på det absolutte proteinindhold iht. fodersammensætningen kombineret med tekturen, da $p = 0,000 < 0,05$. Denne forskel undersøges videre med Tukey's test for parvis sammenligning (se tabel 5.11).

Sammensætning A	Sammensætning B	Forskel	p-Værdi
25% mask / 75% mix*fin	25% mask / 75% mix*grov	-1,036	0,004
25% mask / 75% mix*fin	50% mask / 50% mix*fin	-0,933	<u>0,011</u>
25% mask / 75% mix*fin	50% mask / 50% mix*grov	-0,595	0,223
25% mask / 75% mix*fin	75% mask / 25% mix*fin	-0,906	<u>0,014</u>
25% mask / 75% mix*fin	75% mask / 25% mix*grov	-0,477	0,476
25% mask / 75% mix*fin	100% mask*fin	-0,747	0,064
25% mask / 75% mix*fin	100% mask*grov	-0,575	0,259
25% mask / 75% mix*grov	50% mask / 50% mix*fin	0,102	1,000
25% mask / 75% mix*grov	50% mask / 50% mix*grov	0,440	0,573
25% mask / 75% mix*grov	75% mask / 25% mix*fin	0,130	0,999
25% mask / 75% mix*grov	75% mask / 25% mix*grov	0,558	0,290
25% mask / 75% mix*grov	100% mask*fin	0,288	0,913
25% mask / 75% mix*grov	100% mask*grov	0,461	0,519
50% mask / 50% mix*fin	50% mask / 50% mix*grov	0,338	0,826
50% mask / 50% mix*fin	75% mask / 25% mix*fin	0,028	1,000
50% mask / 50% mix*fin	75% mask / 25% mix*grov	0,456	0,531
50% mask / 50% mix*fin	100% mask*fin	0,186	0,992
50% mask / 50% mix*fin	100% mask*grov	0,358	0,782
50% mask / 50% mix*grov	75% mask / 25% mix*fin	-0,311	0,879
50% mask / 50% mix*grov	75% mask / 25% mix*grov	0,118	1,000
50% mask / 50% mix*grov	100% mask*fin	-0,152	0,998
50% mask / 50% mix*grov	100% mask*grov	0,020	1,000
75% mask / 25% mix*fin	75% mask / 25% mix*grov	0,429	0,604
75% mask / 25% mix*fin	100% mask*fin	0,159	0,997
75% mask / 25% mix*fin	100% mask*grov	0,331	0,841
75% mask / 25% mix*grov	100% mask*fin	-0,270	0,937
75% mask / 25% mix*grov	100% mask*grov	-0,098	1,000
100% mask*fin	100% mask*grov	0,172	0,995

Tabel 5.11 Oversigt over parvis sammenligning med Tukey's test for det absolutte proteinindhold på baggrund af fodersammensætningen i forhold til tekturen. $p < 0,05$ er understreget.

Af tabel 5.11 observeres det at de eneste resultater af det absolutte proteinindhold der skiller sig ud som værende signifikant forskellige fra noget indeholder alle "25% mask / 75% mix*fin". På figur 5.8 kan det ses, at netop denne kombination af fodersammensætning og tekstur indeholder den laveste absolutte mængde af protein.

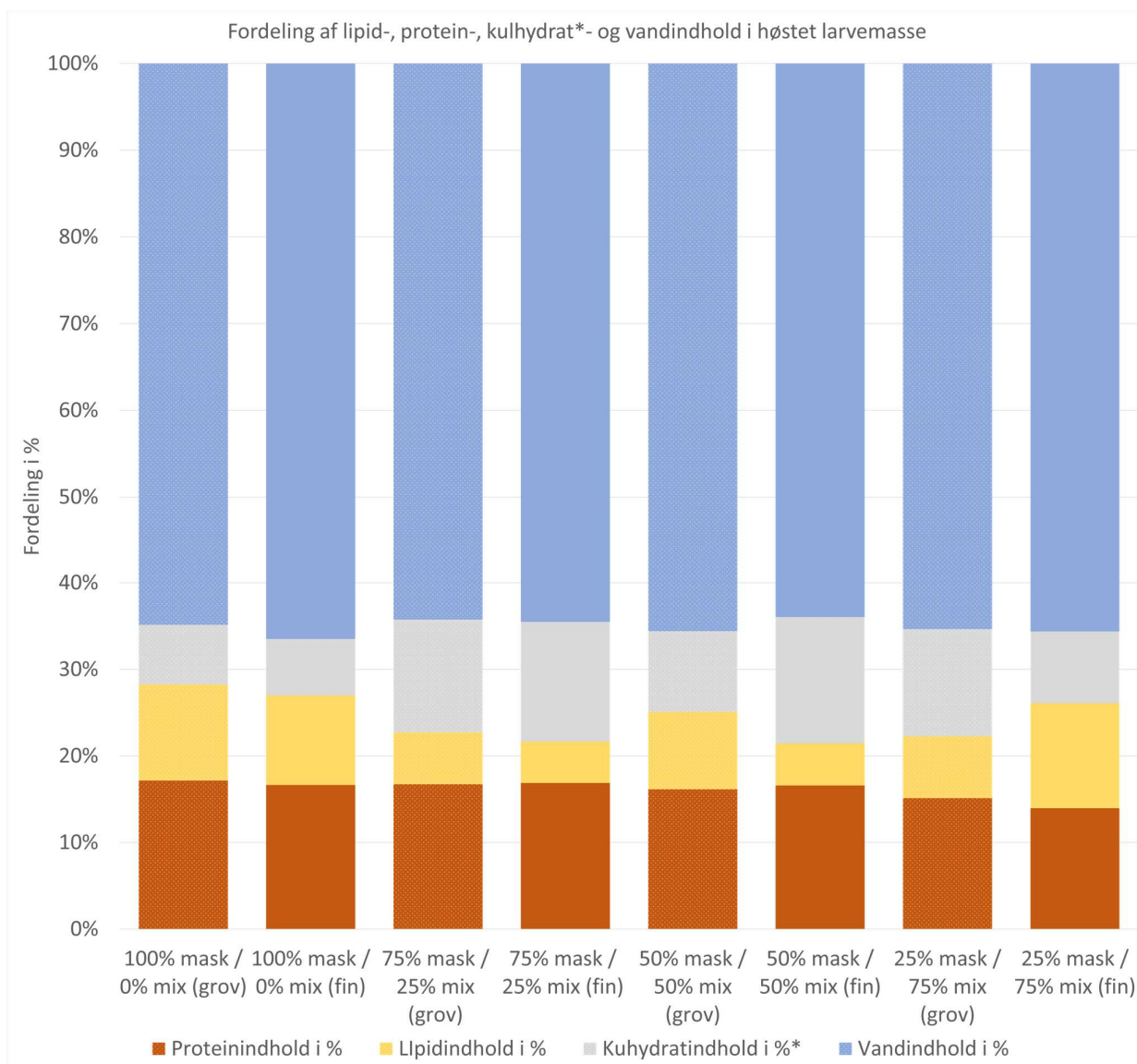


Figur 5.8 Fordeling af det absolutte proteinindhold i forhold til fodersammensætningen.
De forskellige teksturer er repræsenteret med symboler, som kan aflæses af figuren.

Indholdsfordelingen af *H. illucens*

Indholdsstofferne i *H. illucens* antages som værende fordelt i fire fraktioner: Lipider, proteiner, vand og kulhydrater*. Indholdet af vand determineres ved at trække tørvægten fra vådvægten som følge af undersøgelsen af proteinindhold. Indholdet af kulhydrater* beregnes som værende den resterende fraktion, efter at lipider, proteiner og vand er trukket fra. Denne fraktion vil derfor også indeholde andre stoffer, som eksempelvis mineraler, men mængden af disse antages som værende så lille, at den ikke beregnes her. Derfor benævnes kulhydrater også altid med * for at gøre læseren opmærksom på dette indhold.

Med indholdet af den enkelte larve klargjort, præsenteres en fordelingsoversigt for de fire ovennævnte fraktioner i figur 5.9.



Figur 5.9 Den relative fordeling af indholdsstofferne i H. illucens, fordelt på de fire fraktioner lipid, protein, vand og kulhydrat*, hvor kulhydrat* er kulhydrater og andre indholdsstoffer, der optræder i meget små mængder.

Opsummering

På baggrund af ovenstående statistiske analyse og figur 5.9, kan følgende væsentlige resultater fremhæves:

- Massen af larverne stiger med et lavt indhold af 'mask' og et middel til højt indhold af 'mix' i fodersammensætningen.
- Hverken den relative eller absolutte mængde af lipider i larverne synes påvirket ved ændring af fodersammensætning eller tekstur.
- Den relative mængde af protein i larven øges ved opdræt med en fodersammensætning med et højt maskindhold og et lavt indhold af 'mix'.
- Den absolutte mængde af protein, der produceres er ens, uanset fodersammensætningen og tekturen, med undtagelse af "25% mask / 75% mix" (fin)" der leverede signifikant mindre protein.
- Mængden af vandindholdet i *H. illucens* synes uændret, uanset fodersammensætning og tekstur.

6 DISKUSSION

*Dette kapitel inddrager de præsenterede resultater fra kapitel 5, sammenligner dem med hinanden samt andre projekters resultater. Der inddrager relevant teori, for at understrege eventuelle sammenhænge eller mangel på samme. I dette kapitel besvares endvidere arbejds spørgsmål 4: "Hvad er forskellen på lipid- og proteinindholdet mellem larver (*H. illucens*) og køer (*B. taurus*)?", samt problemformuleringen, ved inddragelse af primær og sekundær empiri, litteratur og teori. Afslutningsvis behandles de mulige fejlkilder, der måtte forekomme ved tilblivelsen og udarbejdelsen af projektet og som derfor bør inddrages i den samlede diskussion efterfølgende. Kapitlet består af to afsnit:*

6.1 Diskussion

6.2 Eksperimentelle fejlkilder

6.1 Diskussion

Dette afsnit indeholder hele projektets diskussion og er med til at danne grundlag og belæg for den efterfølgende endelige konklusion i Kapitel 7.

I forlængelse af det potentielle systemdesign, præsenteret i kapitel 3, figur 3.2, er det tydeligt, at implementeringen af opdræt af *H. illucens* i 'En del af Herslev' har en påvirkning på nogle af de eksisterende materialeflows hos partnerne i produktionsfællesskabet. Figuren illustrerer, eksempelvis de organiske fraktioner, som i dag ender hos Birthesminde (fx slåen og korn fra Vintre Møller destilleri og tapperi, mask fra Herslev Bryghus og fejlproduktion fra Kattinge Kraut), som med det nye systemdesign, nu ender som ressourcer til den nyetablerede produktion af *H. illucens*. Set med isoleret forretningsperspektiv, er dette en forringelse af Birthesmindes forretningsgrundlag, idet virksomheden taber produktionsressourcer, som hidtil har været leveret af partnere fra 'En del af Herslev'. På nuværende tidspunkt vides det ikke, om der er en monetær udveksling, som følge af materialeudvekslingen. Betydningen af dette tab kan derfor variere meget. Dette kan anskues således, hvis larveproduktionsvirksomheden etableres af uafhængige eller eksterne ejere. Der vil derimod være nye forretningsmuligheder ved at give afkald på eksisterende produktionsressourcer, samt samtidigt etablere larveproduktionen som et andelsselskab ejet af partnerne i 'En del af Herslev'. På denne måde vil virksomheder, der lider et økonomisk tab som følge af omstruktureringen, blive økonomisk kompenseret gennem deres andel i larveproduktionen.

Foruden en åbenlys forretningsforøgelse i tilføjelsen af larveproduktion i 'En del af Herslev', kan tilføjelsen ligeledes være med til at skabe signalværdi for produktionsfællesskabet, idet en larveproduktion er mere klimavenlig (FAO, 2013) end eksempelvis kvægproduktion, hvilket mange af ressourcerne i dag anvendes til. Ligeledes kan en terroir-identitet for virksomhedernes produkter opnås, ved at manifestere deres rolle som firstmovers indenfor cirkulær, klimavenlig produktion. Dette stemmer overens med produktionsfællesskabets visioner om eksempelvis at bidrage til bæredygtig produktion og udnyttelse af hinandens restprodukter og samtidigt sigter det mod en mere klimavenlig animalsk proteinproduktion.

Der er mange faktorer at tage hensyn til i forbindelse med implementering af et larveopdræt i 'En del af Herslev'. De væsentligste faktorer at fremhæve i udførelsen af projektets eksperiment, er larvernes og fluernes behov for varme, samt en hurtig udvikling af ubehagelig lugt omkring selve opdrættet. Det erfarede, at larvernes og fluernes vækst foregik betydeligt hurtigere ved 30°C, sammenlignet med de ca. 24°C i "Hjemme-setup'et". Dette understøttes af (Tomberlin, Adler and Myers, 2009), hvor 30°C var den optimale temperatur for larvernes vækst. Det ville være relevant at udnytte overskudsvarme fra en eksisterende produktion hos Herslev Bryghus ved nedkølingen af urten eller hos en af de andre partnere i 'En del af Herslev'. Eksempelvis Mørk Kaffe, som rister kaffe og dermed genererer varme, som kan

genanvendes til andre formål eller hos Vintre Møller destilleri og tapperi, som ligeledes mæsker korn til alkohol og derved genererer overskudsvarme ligesom Herslev Bryghus. Overskudsvarmen fra ovennævnte produktioner er ikke nødvendigvis konstante varmekilder, men fluktuerer, afhængigt af produktionen i den pågældende virksomhed, hvorfor konventionelle varmekilder givetvis også må indtænkes i systemet.

Den ubehagelig lugt i og omkring larveopdrættet, kan beskrives som både sur, kvalmende, sød, gæret, rådden m.m. Denne meget ubehagelige lugt må konstateres at have en stor betydning for opdrættets placering eller tekniske beskaffenhed, i forhold til anden produktion eller eksempelvis en café. I projektets eksperiment har der udelukkende været arbejdet med mere end tilstrækkelige mængder larvefoder, hvorfor det har måttet forventes, at overskudsfoderet gik i forrådnelse undervejs ved den høje temperatur og foder-fugtighed. Der kan således argumenteres for, at lugten ville være mindre udtalt ved opdræt, hvor fodringen foregår mere præcist, med højere fodringsfrekvens og mængden er tilpas i forhold til, hvad larverne kan konsumere inden næste fodring.

Fodringsfrekvensen, samt fodermængden pr. fodring har ligeledes indflydelse på kravet til forsyningssikkerhed. Det skal forstås således, at fodres der med en høj frekvens, forventes der også at være ressourcer til rådighed med en høj frekvens, med mindre at der er mulighed for korrekt opbevaring af ressourcerne. Fodres der derimod med en lavere frekvens, eksempelvis én gang i opdrætsperioden, falder kravet til forsyningssikkerheden for ressourcen ligeledes. Det vil derfor være relevant, forud for opstart af et larveopdræt, at gøre sig overvejelser omkring grupperingen af ressourcerne med de tre forskellige niveauer af forsyningssikkerhed (se afsnit 3.4).

I forbindelse med etableringen af produktion af *H. illucens*, bør vandforbruget sammenlignes med det for husdyropdræt, jf. 'En del af Herslev's bæredygtighedsvisioner. Vandforbruget til insektopdræt er signifikant lavere end ved eksempelvis svine- og kvægproduktion, idet (FAO, 2013) skriver, at 1 kg oksekød kræver 22.000 liter vand og 1 kg svinekød kræver 3.500 liter vand. For at illustrere hvor lidt vand, der anvendes til produktionen af et kilogram larvemasse, er følgende eksempel opstillet:

Gennem eksperimentet udført for denne rapport har larverne i gennemsnit forøget deres masse 8,68 g pr. 100 larver, se tabel 5.1. Gennem denne periode er larverne blevet tildelt 60 ml vand pr. 100 larver. Derfor kan en vækstrate som funktion af vand udregnes som

$$\Delta M = \frac{8,68 \text{ g}/100 \text{ larver}}{60 \text{ ml}/100 \text{ larver}} = \frac{217 \text{ g}}{1500 \text{ ml}}$$

For denne vækstrate, ΔM , er det antaget, at *H. illucens* bruger den samme mængde vand til at tage et gram på gennem hele sit livsforløb. Derudover ligger det også implicit i denne ligning at alle 60 ml vand i eksperimentet blev optaget i larvemassen. Dette er ikke tilfældet, men denne vækstrate vil give en øvre grænse for vandforbruget. Vandforbruget nødvendigt for produktionen af 1 kg larvemasse estimeres derfor som,

$$1.000 \text{ g} \cdot \left(\frac{217 \text{ g}}{1.500 \text{ ml}} \right)^{-1} \approx 6.912 \text{ ml}$$

Der rundes op til 7 liter, for simplicitetens skyld. For alligevel at give et konservativt estimat på vandforbrug inkl. håndtering, rengøring og lignende, vælges det her at runde op til 20 L pr kg. larver. Sammenlignet med de 22.000 liter og 3.500 liter vand til henholdsvis produktion af 1 kg oksekød og

svinekød, er det utvetydigt at produktion af *H. illucens* er særdeles vandforbrugs-effektiv. Larverne lever udelukkende af restprodukter, hvorfor der heller ikke tages højde for vandforbrug til dyrkning af foderet hertil.

Den biobaserede værdipyramide (se figur 2.7) illustrerer, at fødevarer, sammen med foder, har den næsthøjeste værdi. Dette understreger fordelene ved at opdrætte larver frem for kvægproduktion, idet 100% af larven spises. Sammenlignet med tal fra (van Huis, 2013), hvor ca. 40% af kvæget anvendes til konsum. Det må således forventes, at ca. 60% af kvæget ikke anvendes til konsum og derfor har en lavere biobaseret værdi. Afhængigt af hvor stor en andel af de resterende 60%, der anvendes til dyrefoder, vil den biobaserede værdi være lavere.

Delkomponenterne til hovedkomponenten 'Mix' i fodersammensætningen, anvendt i projektets eksperiment, ses i tabel 4.2. Disse delkomponenter har i eksperimentet repræsenteret en simulation af, hvad der kunne formodes at være tilgængeligt af ressourcer i 'En del af Herslev'. Efter eksperimentets opstart, har case-analysen, samt systemdesignet klarlagt de faktisk tilgængelige ressourcer til larvefoder i produktionsfællesskabet. Nogle af disse faktisk tilgængelige ressourcer afviger fra de simulerede ressourcer. Her er tale om spinat og grønkål, som kan sammenlignes med fraktioner fra restaurationsaffald, samt Kattinge Krauts fejlproduktion. Dog er begge disse ressourcer grupperet med lav forsyningssikkerhed (se afsnit 3.4), hvorfor spinat eller grønkål er delvist repræsentative som larvefoder. Hvedeklid, kaffegrums, rugboller, samt æbler er alle sammenlignelige med faktisk tilgængelige larvefoder-ressourcer i det potentielle systemdesign for 'En del af Herslev' (se figur 3.2). Det forventes derfor, at disse fire delkomponenter i 'Mix' kan erstattes med tilsvarende faktisk tilgængelige ressourcer uden at påvirke indholdsfordelingen vist på figur 5.9.

Valg af fodersammensætning afhænger af, hvad der ønskes af larveproduktionen. Ønskes der maximal proteinproduktion, viser resultaterne fra eksperimentet, at fodersammensætningen ikke spiller nogen væsentlig rolle. Ønskes der derimod, en larve med høj koncentration af protein, bør fodersammensætningen indeholde $\geq 75\%$ mask. Årsagen til den høje koncentration af protein i netop fodersammensætninger med $\geq 75\%$ mask, kan skyldes næringsværdien eller andre egenskaber i masken. Eksempelvis vandindholdet i selve masken, som ikke kendes og kan være anderledes end vandindholdet i 'Mix', som heller ikke kendes. Da mask er den største faktisk tilgængelige ressource, stemmer den mest hensigtsmæssige fodersammensætning belejligt overens med den høje forsyningssikkerhed af mask.

Ønskes der blot størst muligt udbytte af larveproduktion, bør en fodersammensætning indeholde $\leq 50\%$ mask. Årsagen til den største vækst i netop fodersammensætninger $\leq 50\%$ mask, kan skyldes næringsværdien i foderet. Eksempelvis indholdet af kulhydrater i form af sukkerstoffer eller vandindholdet i foderet.

Valg af fodertekstur viste sig, ikke at have nogen signifikant betydning for hverken vækst, lipidindhold eller proteinindhold, med undtagelse af "25% mask / 75% mix" (fin), der resulterede i et signifikant mindre absolut proteinindhold, sammenlignet med de andre fodersammensætninger. Der er ikke fundet nogle forklaringer til netop denne fodersammensætnings afvigende resultat. Årsagen til at foderteksturen ikke har betydning for samtlige måleparametre, skyldes sandsynligvis larvernes evne til at bevæge sig lige godt rundt i begge foderteksturer og ikke er besvaret af fraktionernes størrelse.

Det gennemsnitlige relative proteinindhold i *H. illucens* lå på 16,18%. Det er her valgt at anvende gennemsnitsværdien, da der vil være varierende fodersammensætning tilgængelig, afhængigt af sæsoner og derfor tages der ikke hensyn til den førnævnte optimale fodersammensætning. Denne værdi sammenlignes med det gennemsnitlige indhold i *B. taurus*, som lå på 20,33%, hvilket udgjorde en forskel

på 4,15 procentpoint. Der var dermed ca. 4/5 protein pr. kg i en larve, i forhold til en ko. Koen var derfor en mere dens proteinkilde, hvis der ikke tages højde for den andel af koen, som ikke konsumeres (60% (van Huis, 2013). Betragtes koens samlede masse, inkl. de andele, som ikke anvendes til konsum, var det kun ca. 8,13% af denne, der blev omsat til spiseligt protein. Dette kan således, mere reelt, sammenlignes med de 16,18% for *H. illucens*, hvilket er ca. dobbelt så meget som koens spiselige protein.

Det gennemsnitlige relative lipidindhold i *H. illucens* lå på 8,16%, sammenlignet med indholdet i *B. taurus*, som lå på 10,95%, hvilket udgjorde en forskel på 2,79 procentpoint. Der var dermed ligeledes ca. 4/5 lipid pr. kg i en larve, i forhold til en ko. Omskrives koens lipidindhold på tilsvarende vis, som for proteinindholdet, er det spiselige lipidindhold på 4,38%. Såvel som for proteinindholdet, ses et næsten dobbelt så stort lipidindhold i *H. illucens*, sammenlignet med *B. taurus*.

Resultaterne ovenfor er alene et incitament for opstart af larveproduktion. Endvidere er der adskillige andre væsentlige fordele, ved at producere larver i stedet for kvæg. Larveproduktion er, som nævnt betydeligt mindre vandforbrugende, mere arealeffektivt, samt mindre klimabelastende (FAO, 2013). Ydermere er der et stort gødningspotentiale i restproduktet fra larveproduktionen (Fischer et al., 2018). Ressourcerne kaffegrums, kaffeavner, kakaoskaller, aks og restaurationsaffald vil alle blive opgraderet 1-2 niveauer i den biobaserede værdipyramide (se figur 2.7). Samtidigt får alle ressourcer, med undtagelse af restaurationsaffaldet, tilføjet et niveau i deres kaskadeudnyttelse. Dette niveau tilføjes, da larvernes restprodukt kan anvendes som gødning (Fischer et al., 2018). Da restaurationsaffaldet for nuværende udnyttes til bioforgasning og slam fra bioforgasning også anvendes som gødning.

6.2 Eksperimentelle fejlkilder

Dette afsnit belyser de metodiske overvejelser, der er gjort under udførelsen af eksperimentet og laboratorieanalyserne, og kan anses som mulige fejlkilder til de opnåede resultater.

Til opstillingen af fluehabitatet er der ikke kunnet rekvireres nogen egentlig videnskabelig standardmetode, hvorfor der er indhentet inspiration og tips online fra private opdrætsentusiaster (Cornett, 2018). Efterfølgende er dette sammenholdt med teoriafsnittet om *H. illucens*, for at bygge habitatet mest hensigtsmæssigt. Der kan have været væsentlige faktorer (såsom plads, placering m.m.), der her har spillet ind, i forhold til manglende æglægning.

I udførelsen af 'HJEMME-SETUP' blev ingen vækstparametre (tidsintervaller for lys/mørke, temperatur, fugtighed i foder) kontrolleret, idet det foregik i et privat hjem.

Da der i 'CAMPUS-SETUP – 1. GEN.' er anvendt 1. generations-larver i stedet for 2. generations-larver og der ikke hos producenten har kunnet opnås viden om fodersammensætningen forud for modtagelse, vides det ikke om sammensætningen har haft indflydelse på larvernes mortalitet, vækst, lipid- og proteinindhold.

Sammenlignet med Tomberlin, Adler and Myers (2009) og Spranghers *et al.* (2017), som begge anvender larver fra videnskabeligt eksperimentelt egnede kolonier, anvendes der i dette forsøg larver, som er købt på en e-shop for reptiler og dertilhørende foder og udstyr. Der kan således være andre uovervejede vækstforhold forud for modtagelse, der ligeledes har haft indflydelse på de opnåede værdier for mortalitet, vækst, lipid- og proteinindhold.

Det vurderedes ved modtagelse, på baggrund af larvernes meget forskelligartede størrelse, samt farve (se figur 2.2), at larverne var i adskillige forskellige livsstadier, hvilket kan have haft betydning for fødeindtag, vækst, væskebehov, bevægelsesmønster, tyggeevne og lignende.

Ved nærmere undersøgelse af den anvendte dagslys-simulator (PHILIPS GP LED production DR//W 120) i klimarummet, stod det klart, at lampen er beregnet til plantevækst. Hvorvidt modellen kan anvendes til animalsk opdræt vides ikke, men dette kunne være en forklaring på den fejlslåede æglægning, fordi trivslen eller andet lysrelateret var påvirket af det kunstige lys.

Lipidanalysen i projektet er en analyseform, som hverken forfatterne af dette projekt, laborant eller kemiker Torben Brandt Knudsen tidligere har anvendt Lee, Trevino and Chaiyawat (1996). Der var derfor flere usikkerheder omkring selve udførelsen af metoden. Som nævnt i kapitel 4 er der flere afvigelser fra metoden. Både at udskifte blender med morter og senere at udskifte blanding med rystning. Her sås det tydeligt, at den mortede larvemasse ikke nødvendigvis blev tilstrækkeligt homogeniseret forud for blanding med opløsning, samt senere selve blandingen med opløsningen, som efterfølgende fremstod med store klumper i. Derfor antages det, at ikke al lipid er fremkommet i opløsningen, hvilket kan have resulteret i en lavere målt lipidandel. Dog er disse trin i metoden udført ens ved alle 13 prøver og kan derfor sammenlignes indbyrdes.

7 KONKLUSION

Dette kapitel er projektets endelige konklusion og anses således for at være besvarelsen på projektets problemformulering.

Gennem det, i forvejen, etablerede produktionsfællesskab 'En del af Herslev' er der identificeret materialeflows for de organiske restprodukter. Der vurderes, at der er potentiale for et mere cirkulært system. Dette system opnås ved at højne værdiniveauet for anvendelsen af de organiske materialestrømme af restprodukter. Cirkulariteten øges yderligere, da der for de fleste materialeflows tilføjes et niveau i kaskadeudnyttelsen. Ethvert niveau, der tilføjes i kaskadeudnyttelsen, bidrager til et mere klimavenligt cirkulært system, da ressourcerne anvendes en gang mere. Ved opdræt af *H. illucens* anvendes der kun ca. 1 ‰ af vandforbruget, sammenlignet med kvægopdræt, hvilket understøtter, at insektproduktion er betydeligt mere miljøvenligt.

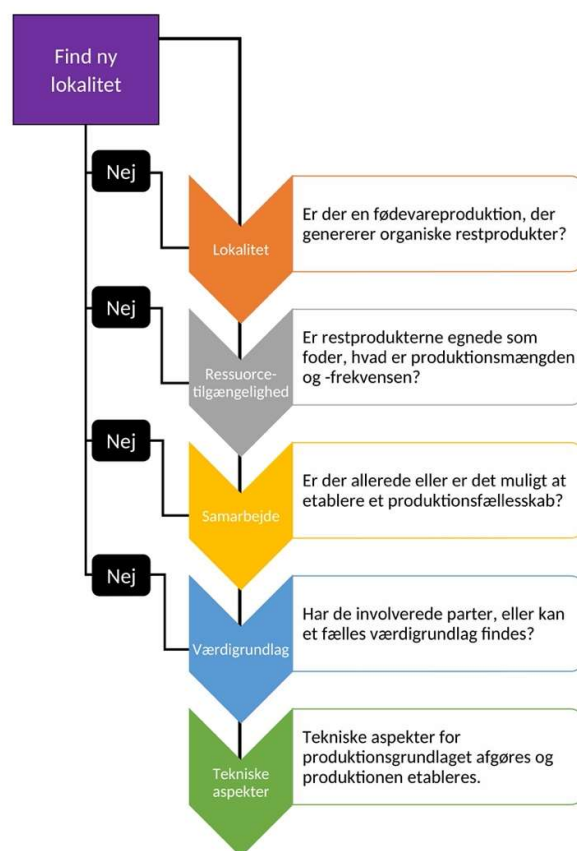
Lipidindholdet i *H. illucens* påvirkes ikke af hverken fodersammensætningen eller -teksturen. En fodersammensætning bestående af $\geq 75\%$ mask resulterer i det højeste relative proteinindhold i *H. illucens*. Den absolutte producerede proteinmængde påvirkes ikke af fodersammensætningen. Proteinindholdet, samt -mængden påvirkes ikke af foderteksturen, med undtagelse af "25% mask / 75% mix" (fin), der resulterer i en signifikant mindre mængde protein.

8 REFLEKSIONER / PERSPEKTIVERING

Dette kapitel belyser nogle refleksioner, som er opstået under tilblivelsen af projektet og som har givet anledning til diskussion og eftertanke.

Refleksionerne ligger dog udenfor projektets scope og er derfor ikke inddraget i rapportens egentlige hovedindhold. Alligevel er de fundet relevante at nævne, i et forsøg på at skildre nogle af problemstillingerne i et bredere perspektiv. Refleksionerne betragtes således som emner, der ville være relevante, at undersøge i forlængelse af denne undersøgelses konklusion.

Afslutningsvis kigges der på, hvorvidt projektets systemdesign kan implementeres andre steder i samfundet og i hvilken grad generaliserbarheden af løsningen kan applikeres til lignende virksomheder, produktionsfællesskaber eller lokalområder. For at overskueliggøre og illustrere forløbet i etableringen af en lignende larveproduktion, er der udarbejdet et flowdiagram (se figur 8.1).



Figur 8.1 Algoritme for etablering af et produktionsfællesskab, der er egnet til at udnytte restprodukter som insektfoder.

Forud for opstart af en tilsvarende larveproduktion, vil det være relevant at indlede med at udvælge en lokalitet, hvor der forefindes flere virksomheder, der producerer fødevarer, som genererer organiske restprodukter.

Dernæst kigges der på ressourcernes beskaffenhed. Det vurderes, om ressourcerne er egnede som larvefoder. *H. illucens* er ikke særlig selektive i sit fodervalg, hvilket er blevet demonstreret i kapitel 3. Indholdsstofferne i larverne, vil givetvis variere på baggrund af sammensætningen, men det er størrelsen af mængden af ressourcer, der er til rådighed og hvor ofte de er tilgængelige, der spiller en større rolle i

produktionen. Denne forsyningssikkerhed er nødvendig for skaleringen og kontinuiteten af produktionen.

Hvis der allerede i det udvalgte område er et brugbart fællesskab, lokalråd eller andet (en høj social kapital (Aldrich and Meyer, 2015)) kan der nemt skabes kontakt. Alternativt må hver produktionsvirksomhed der kunne være en potentiel partner, kontaktes individuelt. Det er i dette forløb at restproduktstrømme kortlægges, og udnyttelsen af disse diskuteres.

Når produktionsvirksomhederne er på plads, er det vigtigt at få afstemt værdigrundlaget, så alle trækker i den samme retning, hvilket vil minimere fremtidige uoverensstemmelser.

Er alle forudgående etaper afklaret, så kan de tekniske aspekter komme i spil, hvilket kan være rentabel placering af produktionen i forhold til leverandørerne af ressourcer og kan restvarme eller andet udnyttes og indtænkes fra anden produktionsvirksomhed - relevant lovgivning undersøges, og eventuelle ansøgninger godkendes - produktionslokaliteten gøres klar og larveproduktionen kan begynde.

9 REFERENCELISTE

- Abd El-Hack, M. E. *et al.* (2020) "Black soldier fly (*Hermetia illucens*) meal as a promising feed ingredient for poultry: A comprehensive review," *Agriculture (Switzerland)*, 10(8), pp. 1–31. doi: 10.3390/agriculture10080339.
- Aldrich, D. P. and Meyer, M. A. (2015) "Social Capital and Community Resilience," *American Behavioral Scientist*, 59(2), pp. 254–269. doi: 10.1177/0002764214550299.
- Antvorskov, J. (2021) "Telefoninterview med Jacob Antvorskov."
- Arnmark, P. (2021) "Telefoninterview med Per Arnmark."
- Asem-Hiablie, S. *et al.* (2019) "A life cycle assessment of the environmental impacts of a beef system in the USA," *International Journal of Life Cycle Assessment*, 24(3), pp. 441–455. doi: 10.1007/s11367-018-1464-6.
- Boisen, Sigurd; Bech-Andersen, Steen; Eggum, B. O. (1987) "Omregningsfaktorer fra kvælstof til protein i foderstoffer," *Seges Svineproduktion*, 667, p. 4.
- Bojsen, M. (2021) "Telefoninterview med Maria Bojsen."
- Brings Jacobsen, Noel. (2009) "Industrial symbiosis : a potential model for creating more sustainable industrial districts? ," *Industrial symbiosis : a potential model for creating more sustainable industrial districts? /*. Roskilde: Roskilde University, Department of Environmental, Social and Spatial Change.
- Brown, J. H. *et al.* (2014) "Macroecology meets macroeconomics: Resource scarcity and global sustainability," *Ecological Engineering*, 65, pp. 24–32. doi: 10.1016/j.ecoleng.2013.07.071.
- Bryghus, H. (2021) *Herslev Bryghus*.
- Bueno, A. S. and Peres, C. A. (2020) "The role of baseline suitability in assessing the impacts of land-use change on biodiversity," *Biological Conservation*, 243, p. 108396. doi: 10.1016/j.biocon.2019.108396.
- Caruso, D. *et al.* (2014) *Technical handbook of domestication and production of diptera Black Soldier Fly (BSF)*.
- Charters, S., Spielmann, N. and Babin, B. J. (2017) "The nature and value of terroir products," *European Journal of Marketing*, 51(4), pp. 748–771. doi: 10.1108/EJM-06-2015-0330.
- Collins, C. M., Vaskou, P. and Kountouris, Y. (2019) "Insect Food Products in the Western World: Assessing the Potential of a New 'Green' Market," *Annals of the Entomological Society of America*, 112(6), pp. 518–528. doi: 10.1093/aesa/saz015.
- Cornett, S. (2018) *How to Start a Black Soldier Fly Bin: Food, Care, Design*.
- DeFoliart, G. (1992) "Insects as human food," *Economic and Ecological Significance of Arthropods in Diversified Ecosystems: Sustaining Regulatory Mechanisms*, 11(October), pp. 133–146. doi: 10.1007/978-981-10-1524-3_7.
- Desjardins, J. (2020) *Ranked_ The Wealth of Nations - Visual Capitalist*.
- Devita, V. T. and Chu, E. (2008) "A History of Cancer Chemotherapy," *AACR Centennial Series*, 68(21), pp. 8643–8653. doi: 10.1158/0008-5472.CAN-07-6611.
- Dietz, Rob & O'Neill, D. (2013) *Enough is Enough Building a Sustainable Economy in a World of Finite Resources*. 1st edn. Berett-Koehler Publishers, Inc. San Francisco.
- Dorte Külerich (2021) *Countryside Break*.
- Duzell, M. (2017) *Hermetia illucens*, University of Michigan Museum of Zoology.
- Ellen MacArthur Foundation (2017) *What is a Circular Economy?*, <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/concept>.
- Eslau, A. and Eslau, J. (2021) *Hanebjerggaard*.
- FAO (2013) *Edible insects. Future prospects for food and feed security*, Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO (2017) "FAO strategy on climate change," FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), p. 48.

- FAO, IFAD, UNICEF, WFP, W. (2020) *Food Security and Nutrition in the World, IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*. Rome: FAO.
- Firmansyah, M. and Abduh, M. Y. (2019) "Production of protein hydrolysate containing antioxidant activity from *Hermetia illucens*," *Heliyon*, 5(6), p. e02005. doi: 10.1016/j.heliyon.2019.e02005.
- Fischer, C. H. *et al.* (2018) *Biokonvertering af strandopskyl med black soldier fly-larver*. Aarhus.
- Fischer, H., Romano, N. and Sinha, A. K. (2021) "Conversion of Spent Coffee and Donuts by Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Larvae into Potential Resources for Animal and Plant Farming," *Insects*, 12(4), p. 332. doi: 10.3390/insects12040332.
- Forest, F. (2020) "Food and agriculture organization," *Global Forest Resources Assessment*, p. 16. doi: 10.1163/157180808X353939.
- Friis-Holm, M. (2021) *Friis-Holm Chokolade*.
- Gallaud, D. and Laperche, B. (2016) *Circular economy, industrial ecology and short supply chain*. London, England ; ISTE (Innovation, Entrepreneurship, Management Series - Smart Innovation Set ; Volume 4).
- Gao, Z. *et al.* (2019) "Bioconversion performance and life table of black soldier fly (*Hermetia illucens*) on fermented maize straw," *Journal of Cleaner Production*, 230, pp. 974–980. doi: 10.1016/j.jclepro.2019.05.074.
- Grønvirke, K. (2021) *Herslev Grønvirke*.
- Hammer, H. (2021) "Telefoninterview med Henrik Hammer."
- HedeDanmark (2021) *HedeDanmark*.
- Herslev Bryghus (2021) *Herslev Bryghus*.
- Van Huis, A. (2013) "Potential of insects as food and feed in assuring food security," *Annual Review of Entomology*, 58, pp. 563–583. doi: 10.1146/annurev-ento-120811-153704.
- van Huis, A. (2013) "Potential of insects as food and feed in assuring food security," *Annual Review of Entomology*, 58, pp. 563–583. doi: 10.1146/annurev-ento-120811-153704.
- (IACGB), T. I. A. C. on G. B. (2020) *Expanding the Sustainable Bioeconomy-Vision and Way Forward. Communiqué of the Global Bioeconomy Summit 2020 Sustainable Economy Sustainable solutions and consumption BIOECONOMY Nature provides Natural systems and processes Self organizing Self-replication Adaptive Circular Regenerative Self-Repair Nature provides-Renewable energy and materials-Biodiversity*.
- Van Itterbeeck, J. and van Huis, A. (2012) "Environmental manipulation for edible insect procurement: A historical perspective," *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 8, pp. 1–7. doi: 10.1186/1746-4269-8-3.
- Jelenski, L. W. *et al.* (1991) "Industrial ecology: Concepts and approaches," *Proceedings to the National Academy of Sciences*, 89, pp. 793–797.
- Jensen, M. D. (2021) "Telefoninterview med Marianne Dalsgaard Jensen."
- Joosten, L. *et al.* (2020) "Review of insect pathogen risks for the black soldier fly (*Hermetia illucens*) and guidelines for reliable production," *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 168(6–7), pp. 432–447. doi: 10.1111/eea.12916.
- Jucker, C. *et al.* (2017) "Assessment of Vegetable and Fruit Substrates as Potential Rearing Media for *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) Larvae," *Environmental Entomology*, 46(6), pp. 1415–1423. doi: 10.1093/ee/nvx154.
- Jucker, C. *et al.* (2019) "Brewery's waste streams as a valuable substrate for Black Soldier Fly *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae)," *Journal of Entomological and Acarological Research*, 51(2), pp. 87–94. doi: 10.4081/JEAR.2019.8876.
- Kardung, M. *et al.* (2021) "Development of the circular bioeconomy: Drivers and indicators," *Sustainability (Switzerland)*, 13(1), pp. 1–24. doi: 10.3390/su13010413.
- Kehlet, U. *et al.* (2016) "Næringsindhold i udskæringer af dansk okse- og kalvekød," (august 2012), pp. 1–14.
- Küllerich, D. (2021) *Countryside Break*.

- Klitkou, A., Fevolden, A. M. and Capasso, M. (2019) *From Waste to Value: Valorisation Pathways for Organic Waste Streams in Circular Bioeconomies*. 1st edn. Routledge (Routledge studies in waste management and policy). doi: 10.4324/9780429460289.
- Kristinsdóttir, S. (2020) *Sustainability Report 2020*. Kirke Saby.
- Lalander, C. H. *et al.* (2014) "High waste-to-biomass conversion and efficient *Salmonella* spp. reduction using black soldier fly for waste recycling," *INRA science and impact*, 35, pp. 261–271. doi: 10.1007/s13593-014-0235-4.
- Lee, C. M., Trevino, B. and Chaiyawat, M. (1996) "A Simple and Rapid Solvent Extraction Method for Determining Total Lipids in Fish Tissue," *Journal of AOAC International*, 79(2), pp. 487–492. doi: 10.1093/jaoac/79.2.487.
- Li, X. (2018) *Industrial Ecology and Industry Symbiosis for Environmental Sustainability Definitions, Frameworks and Applications*. 1st ed. 2018. Cham: Springer International Publishing. doi: 10.1007/978-3-319-67501-5.
- Lifset, R. and Graedel, T. E. (2015) "Industrial Ecology." Elsevier Ltd, pp. 843–853. doi: 10.1016/B978-0-08-097086-8.91023-7.
- Lintsen, H. *et al.* (2018) "Well-being, sustainability and social development: The Netherlands 1850–2050," *Well-Being, Sustainability and Social Development: The Netherlands 1850–2050*, chap. 18, pp. 398–415. doi: 10.1007/978-3-319-76696-6.
- Mahmud, A. T. B. A. *et al.* (2020) "The nutritional value of black soldier flies (*Hermetia illucen*) as poultry feed," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 492(1). doi: 10.1088/1755-1315/492/1/012129.
- Martínez-Sánchez, A. *et al.* (2011) "First record of *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) on human corpses in Iberian Peninsula," *Forensic Science International*, 206(1–3), pp. 76–79. doi: 10.1016/j.forsciint.2010.10.021.
- Meneguz, M. *et al.* (2018) "Effect of rearing substrate on growth performance, waste reduction efficiency and chemical composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae," *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(15), pp. 5776–5784. doi: 10.1002/jsfa.9127.
- Moeslund, J.E., *et al.* (2019) *Den Danske Rødliste, Aarhus University*.
- Morten, M. (2021) *Mørk Kaffe*.
- Nguyen, T. T. X., Tomberlin, J. K. and Vanlaerhoven, S. (2013) "Influence of resources on *hermetia illucens*. (diptera: Stratiomyidae) larval development," *Journal of Medical Entomology*, 50(4), pp. 898–906. doi: 10.1603/ME12260.
- Nielsen, J. S. (2016) "»Det mest interessante ved svampe er det, man ikke ser«,” *Information*, 16 November.
- Offenberg, J. (2011) "Oecophylla smaragdina food conversion efficiency: Prospects for ant farming," *Journal of Applied Entomology*, 135(8), pp. 575–581. doi: 10.1111/j.1439-0418.2010.01588.x.
- Olsen, M. (2021) *Herslev Bryghus*.
- People.umass.edu (1990) *The Dumas Method*.
- Permana, A. D. and Ramadhani Eka Putra, J. E. N. (2018) "Growth of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Larvae Fed on Spent Coffee Ground," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 187(1). doi: 10.1088/1755-1315/187/1/012070.
- Rachwał, K. *et al.* (2020) "Utilization of brewery wastes in food industry," *PeerJ*, 8, pp. 1–28. doi: 10.7717/peerj.9427.
- Rahman, R. *et al.* (2021) "Effect of dietary black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) and bioconversion product of cocoa pod husk on performance and hematological profile of sheep," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1098(6), p. 062058. doi: 10.1088/1757-899x/1098/6/062058.
- Rasmussen, H. (2021) "Telefoninterview med Henrik Rasmussen."
- Riiskjær, M. (2021) "E-mailkorrespondance med Morten Riiskjær."
- Roser, Max & Ritchie, H. (2017) *Meat and Dairy Production, Our World in Data*.

- Rosmiati, M. *et al.* (2017) "Application of Compost Produced by Bioconversion of Coffee Husk by Black Soldier Fly Larvae (*Hermetia Illucens*) as Solid Fertilizer to Lettuce (*Lactuca Sativa* Var . *Crispa*) : Impact to Growth," *Proceedings of International Conference on Green Technology*, 8(1), pp. 38–44.
- Sheppard, D. C. *et al.* (2002) "Rearing methods for the black soldier fly (diptera: Stratiomyidae)," *Journal of Medical Entomology*, 39(4), pp. 695–698. doi: 10.1603/0022-2585-39.4.695.
- Smil, V. (2002) "Worldwide transformation of diets, burdens of meat production and opportunities for novel food proteins," *Enzyme and Microbial Technology*, 30(3), pp. 305–311. doi: 10.1016/S0141-0229(01)00504-X.
- Smil, V. (2013) *Should We Eat Meat? Evolution and Consequences of Modern Carnivory*. 1st edn. John Wiley & Sons, Incorporated.
- Sogari, G. and Mora, C. (2019) *Edible Insects in the Food Sector, Edible Insects in the Food Sector*. doi: 10.1007/978-3-030-22522-3.
- Spada, L. la and Vegni, L. (2018) "materials Electromagnetic Nanoparticles for Sensing and Medical Diagnostic Applications," 11(603), p. 21. doi: 10.3390/ma11040603.
- Sprangers, T. *et al.* (2017) "Nutritional composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) prepupae reared on different organic waste substrates," *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(8), pp. 2594–2600. doi: 10.1002/jsfa.8081.
- Stegmann, P., Londo, M. and Junginger, M. (2020) "The circular bioeconomy: Its elements and role in European bioeconomy clusters," *Resources, Conservation and Recycling: X*. Elsevier B.V. doi: 10.1016/j.rcrx.2019.100029.
- Tomberlin, J. K., Adler, P. H. and Myers, H. M. (2009) "Development of the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) in relation to temperature," *Environmental Entomology*, 38(3), pp. 930–934. doi: 10.1603/022.038.0347.
- UNECE (2018) "Working Group on Effects, Convention on Long-range Transboundary Air Pollution."
- Unger, T. (2021) *En Del Af Herslev*.
- United Nations (2015) "Popoulation Facts, World Population Ageing 2015," pp. 1–2.
- United Nations, 17 (2015) *17 Sustainable Development Goals, United Nations*.
- Wang, Y.-S. and Shelomi, M. (2017) "Review of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as Animal Feed and Human Food," *Foods*, 6(91), p. 23. doi: 10.3390/foods6100091.
- Zhang, X. Q. (2016) "The trends, promises and challenges of urbanisation in the world," *Habitat International*, 54, pp. 241–252. doi: 10.1016/j.habitatint.2015.11.018.

10 BILAG

Bilag A – Resultater for vækst

Indhold	Tekstur	Replikatnr.	Antal v. start	Antal v. høst	Mortalitet	Initial larvemasse (g)	Endelig larvemasse (g)	Massevækst (g)
100 % mask	Grov	1	100	98	2	9,36	15,74	6,38
100 % mask	Grov	2	100	97	3	9,26	16,05	6,79
100 % mask	Grov	3	100	94	6	9,08	15,52	6,44
100 % mask	Grov	4	100	99	1	8,81	15,95	7,14
100 % mask	Fin	1	100	98	2	9,07	14,82	5,75
100 % mask	Fin	2	100	96	4	8,72	15,46	6,74
100 % mask	Fin	3	100	98	2	9,1	16,47	7,37
100 % mask	Fin	4	100	94	6	9,29	15,58	6,29
75 % mask / 25 % mix	Grov	1	100	90	10	9,16	15,37	6,21
75 % mask / 25 % mix	Grov	2	100	96	4	9,44	17,2	7,76
75 % mask / 25 % mix	Grov	3	100	94	6	8,99	15,56	6,57
75 % mask / 25 % mix	Grov	4	100	95	5	8,89	15,81	5,92
75 % mask / 25 % mix	Fin	1	100	103	-3	9,61	16,49	6,88
75 % mask / 25 % mix	Fin	2	100	100	0	9,71	16,91	7,2
75 % mask / 25 % mix	Fin	3	100	99	1	8,98	17,83	8,85
75 % mask / 25 % mix	Fin	4	100	99	1	9,71	15,92	6,21
50 % mask / 50 % mix	Grov	1	100	90	10	9,34	16,33	6,99
50 % mask / 50 % mix	Grov	2	100	92	8	9,02	16,14	7,12
50 % mask / 50 % mix	Grov	3	100	91	9	9,09	17,9	8,81
50 % mask / 50 % mix	Grov	4	100	92	8	8,69	17,94	9,25
50 % mask / 50 % mix	Fin	1	100	94	6	8,92	16,8	7,88
50 % mask / 50 % mix	Fin	2	100	98	2	9,07	18,06	8,99
50 % mask / 50 % mix	Fin	3	100	94	6	8,68	16,94	8,26
50 % mask / 50 % mix	Fin	4	100	98	2	9,29	17,74	8,45
25 % mask / 75 % mix	Grov	1	100	96	4	8,64	18,45	9,81
25 % mask / 75 % mix	Grov	2	100	98	2	9,16	19,18	10,02
25 % mask / 75 % mix	Grov	3	100	95	5	8,4	19,41	11,01
25 % mask / 75 % mix	Grov	4	100	97	3	8,17	17,47	9,3
25 % mask / 75 % mix	Fin	1	100	97	3	8,45	17,6	9,15
25 % mask / 75 % mix	Fin	2	100	92	8	8,26	16,99	8,73
25 % mask / 75 % mix	Fin	3	100	93	7	9,15	16,5	7,35
25 % mask / 75 % mix	Fin	4	100	87	13	8,45	15,58	7,13
Kontrol	-	1	100	-	-	7,77	-	-
Kontrol	-	2	100	-	-	7,91	-	-
Kontrol	-	3	100	-	-	8,61	-	-

Bilag B – Resultater for proteinanalysen

Indhold	Tekstur	Replikatnr.	Masse w/w (g)	Tørvægt d/w (g)	[N] 1 (%)	[C] 1 (%)	[H] 1 (%)	[N] 2 (%)	[C] 2 (%)	[H] 2 (%)	Gennemsnit protein (%)
100 % mask	Grov	1	6,49	2,30	7,92	55,68	8,14	8,03	55,57	8,12	49,86
100 % mask	Grov	2	7	2,44	7,76	56,41	8,29	7,52	55,04	8,13	47,75
100 % mask	Grov	3	7,24	2,62	7,64	56,96	8,39	7,66	56,47	8,31	47,81
100 % mask	Grov	4	7,51	2,73	7,23	57,61	8,50	7,56	57,03	8,39	46,22
100 % mask	Fin	1	5,58	1,87	7,91	56,60	8,30	7,98	56,63	8,30	49,64
100 % mask	Fin	2	7,17	2,50	7,83	55,06	8,12	8,30	54,90	8,05	50,38
100 % mask	Fin	3	6,53	2,24	7,79	56,77	8,36	7,54	56,11	8,26	47,92
100 % mask	Fin	4	7,46	2,61	8,46	56,48	8,21	7,87	57,95	8,54	51,05
75 % mask / 25 % mix	Grov	1	7,67	2,78	7,40	58,06	8,59	7,66	57,57	8,50	47,05
75 % mask / 25 % mix	Grov	2	7,98	2,81	7,45	58,94	8,72	7,45	58,21	8,56	46,55
75 % mask / 25 % mix	Grov	3	7,42	2,71	7,36	58,10	8,55	7,13	58,20	8,60	45,28
75 % mask / 25 % mix	Grov	4	6,95	2,41	7,75	57,20	8,45	7,69	57,08	8,44	48,25
75 % mask / 25 % mix	Fin	1	6,2	2,20	7,63	58,39	8,63	7,59	58,29	8,60	47,55
75 % mask / 25 % mix	Fin	2	7,69	2,74	7,64	57,41	8,42	7,58	57,66	8,46	47,58
75 % mask / 25 % mix	Fin	3	8,2	2,93	7,53	57,47	8,50	6,99	58,82	8,76	45,38
75 % mask / 25 % mix	Fin	4	6,75	2,32	8,14	56,31	8,21	7,24	57,73	8,53	48,05
50 % mask / 50 % mix	Grov	1	7,46	2,54	7,06	57,53	8,53	7,47	57,93	8,56	45,40
50 % mask / 50 % mix	Grov	2	7,13	2,48	7,42	56,25	8,24	8,08	64,18	9,48	48,45
50 % mask / 50 % mix	Grov	3	8,19	3,10	7,01	58,55	8,66	7,27	56,61	8,28	44,60
50 % mask / 50 % mix	Grov	4	9,14	3,42	6,00	53,00	7,86	6,79	58,52	8,68	39,95
50 % mask / 50 % mix	Fin	1	7,6	2,74	7,35	58,10	8,60	7,37	58,11	8,61	46,00
50 % mask / 50 % mix	Fin	2	7,83	2,84	7,13	58,35	8,66	7,07	58,54	8,68	44,38
50 % mask / 50 % mix	Fin	3	7,87	2,88	7,71	56,66	8,38	7,28	55,53	8,18	46,86
50 % mask / 50 % mix	Fin	4	7,71	2,75	7,15	57,59	8,58	7,39	54,67	8,05	45,42
25 % mask / 75 % mix	Grov	1	7,83	2,53	6,83	56,67	8,38	6,67	57,15	8,46	42,20
25 % mask / 75 % mix	Grov	2	8,22	3,04	7,22	58,21	8,63	7,16	57,11	8,39	44,95
25 % mask / 75 % mix	Grov	3	8,66	3,00	6,75	57,70	8,54	6,90	58,27	8,64	42,64
25 % mask / 75 % mix	Grov	4	8,22	2,68	6,57	58,28	8,67	7,11	57,65	8,50	42,72
25 % mask / 75 % mix	Fin	1	7,71	2,65	6,50	56,61	8,40	6,86	57,43	8,58	40,63
25 % mask / 75 % mix	Fin	2	8,52	3,02	6,83	58,63	8,54	6,75	57,26	8,46	42,71
25 % mask / 75 % mix	Fin	3	7,36	2,58	6,85	58,02	8,61	7,12	57,57	8,52	42,79
25 % mask / 75 % mix	Fin	4	7,88	2,71	6,71	58,60	8,73	6,81	57,83	8,61	41,95
Kontrol	-	1	3,46*	0,88	8,02	51,72	7,46	8,13	52,47	7,63	50,45
Kontrol	-	2	2,04*	0,81	8,23	52,10	7,57	8,05	51,81	7,54	50,87
Kontrol	-	3	3,39*	0,91	7,89	53,61	7,73	7,76	53,56	7,76	48,91

* Larverne var af lettere indtørret karakter.

Bilag C – Resultater for lipidanalysen

Indhold	Tekstur	Replikatnr.	Total masse (g)	Lipidmasse (g)	Lipidindhold (%)
100 % mask	Grov	1	3,036	0,057	12,516
100 % mask	Grov	2	3,033	0,044	9,671
100 % mask	Fin	1	3,028	0,047	10,348
75 % mask / 25 % mix	Grov	1	3,017	0,025	5,524
75 % mask / 25 % mix	Grov	2	3,004	0,029	6,436
75 % mask / 25 % mix	Fin	1	3,071	0,022	4,776
50 % mask / 50 % mix	Grov	1	3,000	0,022	4,889
50 % mask / 50 % mix	Grov	2	3,023	0,059	13,011
50 % mask / 50 % mix	Fin	1	3,019	0,022	4,858
25 % mask / 75 % mix	Grov	1	3,064	0,025	5,440
25 % mask / 75 % mix	Grov	2	3,001	0,040	8,886
25 % mask / 75 % mix	Fin	1	3,026	0,055	12,117
Kontrol	-	1	2,017	0,015	4,958

Bilag D – Indholdsfordelingen i *Hermetia illucens*

Indhold	Tekstur	Proteinindhold (%)	Lipidindhold (%)	Kulhydratindhold* (%)	Vandindhold (%)
100 % mask	Grov	17,16	11,09	6,90	64,85
100 % mask	Fin	16,64	10,35	6,53	66,49
75 % mask / 25 % mix	Grov	16,72	5,98	13,03	64,27
75 % mask / 25 % mix	Fin	16,87	4,78	13,84	64,52
50 % mask / 50 % mix	Grov	16,16	8,95	9,31	65,58
50 % mask / 50 % mix	Fin	16,58	4,86	14,61	63,95
25 % mask / 75 % mix	Grov	15,13	7,16	12,36	65,35
25 % mask / 75 % mix	Fin	13,97	12,12	8,29	65,63

* Indeholder kulhydrater og andre stoffer i små mængder ikke determineret.

Bilag E – Metode for lipidanalyse

A single extraction method for total lipid determination in fish tissue

(CM Lee, B Trevino, M Chaiyawat. 1996. A simple, rapid solvent (CHCl₃-MeOH) extraction method for determination of total lipids in fish tissue. J.AOAC International 79:487-492)



1. Cut the sample into small pieces or grind if large.
 2. Homogenize in a blender.
 3. Weigh out the paste (3.0 – 3.1 g; Record the exact amount) and place it into Eberbach blending jar (E8580) with a press fit cover (www.eberbachlabtools.com) (250 ml max working capacity) (Its narrow stem prevents any spilling out. The Waring blender jar is not recommended unless it comes with a narrow stem).
 4. Add 30 mL solvent*
(20 ml for 2 g sample)
- 2 CHCl₃-1 MeOH (for high fat fish pelagic > 6%; lipid composed of mostly triacylglycerols)
 1 CHCl₃-1 MeOH (for median fat fish 2-5%)
 1 CHCl₃-2 MeOH (for low fat fish demersal, arthropods, and mollusks < 2%; lipid composed of mostly phospholipids)
- Each solvent mix must be prepared at a correct ratio of CHCl₃-MeOH by measuring out accurately each solvent.*
5. Blend for 1 min at a moderate speed (use a rheostat to control the speed)
 6. Filter the homogenate through a coarse filter paper (fast speed), and funnel into an 50 mL glass graduated cylinder with stopper (toward the end of draining, no need to squeeze out the remaining solvent from the cake since there is no need to measure the chloroform layer in this method)
 7. Add 10 mL 0.5% NaCl solution (to prevent emulsion formation) (8 ml for 20 ml-2 g sample) and gently shake by tilting 5 times, and stand until a visible separation occurs (takes 30 min or longer)
 8. Using a 10 mL pipet, remove an aliquot of more than 3 mL of chloroform (lower) layer and transfer an exact 3 mL into a preweighed (to one mg) 20 mL beaker.
 9. Evaporate off the solvent on a hot plate at the setting between low – 2, avoiding excessive heating and drying (approximately 20-30 min required; leave in a 110 °C oven for 30 min for complete dryness – optional) or with nitrogen gas in a 40 °C water bath for fatty acid analysis.
 10. Weigh the beaker and obtain the weight gain as a weight of lipid extracted.

$$\text{Lipid content (\%)} = \frac{[\text{Lipid extracted (g)} / \text{Sample weight (g)}] \times [(\text{chloroform layer} + \text{amounts lost}) (\text{ml})^* / 3 \text{ ml}]}{100}$$

* should be close to the theoretical calculated volume (20, 15 and 10 ml for 2:1, 1:1 and 1:2 CHCl₃: MeOH, respectively) (13.33, 10 and 6.66 for 20 ml solvent used)