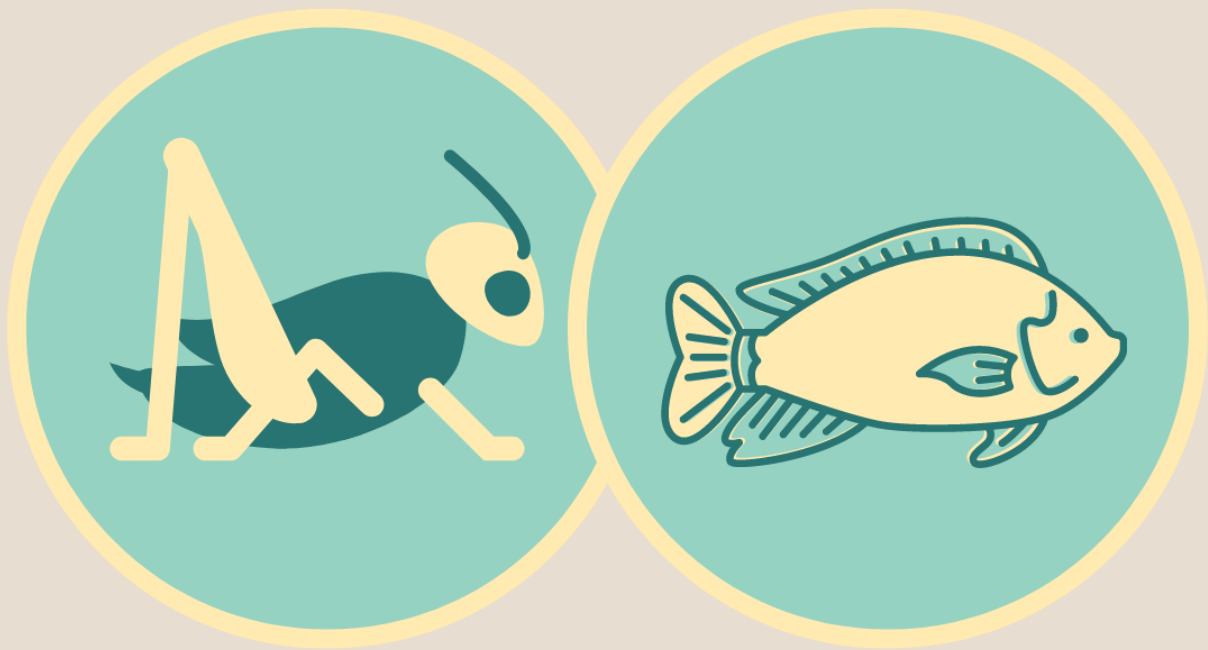


Det Entomo Akvaponiske system

Et løsningsforslag på fremtidens madproblemer



Humanistisk-teknologisk semesterprojekt på Roskilde
Universitet

Semesterrapport

2. semester - forår 2022

Eksamensgruppenr: S2224791056
Projekt(arbejds)tittel: Fremtidens Mad
Gruppens medlemmer: Mads Bou Gøttrup Kristensen, Mathias Holt Jensen, Nikolaj Halberg Funder & Sebastian Marley Taagaard
Vejleder: Tina-Henriette Kristiansen
Hold: Hum-Tek A
Dato: 10/06/2022

Abstract

This paper seeks to analyze alternative protein farming systems, in order to present an idea of a different combined farming system, than what are being used today. The focus of the paper is mainly on the current area usage of the conventional animal protein farming, and the feed conversation rate of these.

This will be done by comparative analyses through already established knowledge from around the world, combined with visual models created to show the idea of an Entomo Aquaponics System, which combines the use of insect farming and aquaponics.

The paper does not seek to analyze the economic or environmental problems that may occur, but solely focuses on the possibility of a combined alternative farming system, occupying a minimal amount of space, with an output of food for human populations. This study shows that in theory the Entomo Aquaponics System works, but that further studies are required on the practical use of the system.

Indholdsfortegnelse

Begrebsafklaring	6
1. Indledning	8
1.1 Problemfelt	8
1.2 Problemformulering.....	10
1.3 Afgrænsning	10
1.4 Semesterbinding	11
2. Metode.....	11
2.1 Dataindsamling	11
2.2 TRIN-Modellen	12
2.3 Datavisualisering.....	13
2.4 Komparativ analyse.....	14
2.5 Paper prototyping	15
3. Teori.....	15
3.1 Proteinkvalitet.....	16
3.2 Insektfarme	17
3.3 Kvælstofs kredsløbet.....	18
3.4 Akvaponik.....	19
4. Substantielle kapitel.....	20
4.1 Insektfarme	20
4.1.1 Efterbehandling.....	21
4.2 Akvaponiske systemer	22
5. Analyse.....	23
5.1 Insektfarme	23
5.1.1 Fårekylinger.....	24
5.1.1.1 Teknologiers indre mekanismer og processer	24
5.1.1.2 Teknologiske artefakter	26
5.1.2 Melorme.....	27
5.1.2.1 Teknologiske indre mekanismer og processer.....	27
5.1.2.2 Teknologiske artefakter	28
5.1.3 Utilsigtede effekter	29
5.1.4 Modeller af teknologier	29
5.2 Akvaponiske systemer	30
5.2.1 Teknologiers indre mekanismer og processer	30
5.2.1.1 Media Bed Technique	30
5.2.1.2 Deep Water Culture Technique	31

5.2.1.3	Tilapia	32
5.2.1.4	Regnbueørred	33
5.2.2	Teknologiske artefakter	33
5.2.3	Utilsigtede effekter	34
5.2.4	Modeller af teknologier	35
5.3	Komparative analyser	36
5.3.1	Insektarter.....	37
5.3.2	Akvaponiske systemer	37
5.3.3	Fiskearter	38
5.4	Det Entomo Akvaponiske System	38
5.4.1	Teknologiers indre mekanismer og processer	39
5.4.2	Teknologiske artefakter	40
5.4.3	Utilsigtede effekter	41
5.4.4	Modeller af teknologier	42
6.	Designrationale	44
6.1	Designproces.....	46
7.	Diskussion	48
8.	Konklusion.....	50
9.	Perspektivering	50
10.	Litteraturliste	52

Begrebsafklaring

Akvaponik: Et samlet teknologisk system som indebærer fisk, bakterier og planter i et lukket kredsløb. Systemet er en sammensætning af hydroponik, hvilket indebærer at gro planter i et lukket kredsløb og akvakultur, som er fiskeopdræt.

Ammoniak (NH₃): Er en kemisk forbindelse mellem kvælstof og brint. Når fisk f.eks. udskiller ekskrementer, omdannes det til ammoniak. Det er en giftig, basisk og ætsende gasart, som generelt er skadelig overfor dyr og planter.

Biotilgængelighed: Biotilgængelighed er et begreb der anvendes indenfor farmakologi og angiver den del af næring i fødevarer, som menneskekroppen kan optage, i procent.

Cellesignalering: En celles evne til at modtage, behandle og transmittere signaler i det miljø den befinder sig i, og med sig selv. Celler kommunikerer med hinanden via signaler på tværs af kredsløb inde i f.eks. en plante.

Dissolved Oxygen (DO): Mængde af opløst ilt i vand. Mængden af ilt i vand er vigtig for næsten alle levende organismers overlevelse.

Entomo: Insekter på latin.

Ekstruderet foder: Ekstruderet foder kan enten være vådt eller tørt alt efter om damp er brugt i processen eller ej. Den minimerer nedbrydningen af næringstofferne i foderet og bidrager til en nemmere fordøjelse.

FCR (Feed Conversion Rate): Beskriver hvor stort et input af foder der skal tilføres et avlsdyr eller insekter, for at få ét kilo menneskeføde.

Kaskadeblander: Maskine der står for at blande foderprodukter, under processen tilføjes damp til blanding der sørger for at massen klumper sammen.

Kvælstof (N₂): Er et vigtigt næringstof for planter. Bruges ofte i konventionelt landbrug når markerne bliver gødet med kunstgødning eller husdyrgødning.

Kvælstofkredsløb: Kvælstoffets kredsløb eller nitrogens kredsløb er meget afgørende for alt liv på jorden. Stoffet skal bruges af alle organismer, men er kun tilgængeligt i små mængder.

Nitrat (NO₃-): Et næringstof som planter kan optage efter at det er blevet omdannet af bakterier fra det giftige stof nitrit.

Nitrit (NO₂-): Et giftigt stof som omdannes af bakterier fra ammoniak.

Omnivore: Er et altædende dyr, som lever af både planter og andre dyr som fødekilde.

Pelleret foder: Er en proces hvor små partikler bliver komprimeret til en større fast form og tekstur under fugtighed, varme og tryk. Disse pellets er tætte og synker hurtigere til bunds i vand.

Peptide: En peptid er en organisk kemisk forbindelse som består af små kæder af aminosyrer bundet sammen af peptidbindinger.

Polystyrenplader: Ekspanderet polystyren, EPS, er en opskummet polymer fremstillet af styren. Materialet bruges som isoleringsmateriale og støddabsorber i bl.a. cykelhelme og diverse emballager. Er en form for flamingo.

Respiration: Er de biokemiske processer hvorved levende celler udvinder kemisk energi fra ilt og organiske forbindelser.

Vækstmedie: Bruges til at fastholde rødderne fra planterne og forankre optimalt med ilt, samtidig med at det optager og frigiver vand og næringstoffer.

1. Indledning

I takt med at der bliver flere mennesker i Danmark (Danmarks Statistik, n.d.), bliver behovet for at lave proteinholdig mad til mennesker i fremtiden mere presset. Dette skyldes at den nuværende produktion af specielt animalsk protein, benytter store områder af areal, og derfor vil kunne have udfordringer med at levere mad. Dermed vil der i fremtiden opstå et behov for, at der kommer alternative måder hvorpå der kan produceres proteinholdige fødevarer, på et mindre areal end hvad der gøres nu.

På nuværende tidspunkt benyttes arealet primært på produktion af foder til kvæg og grise, samt de store græsarealer dyrene skal have til rådighed, for at bevæge sig rundt på. Dette resulterer i at store arealer som tidligere har været vild natur, er omlagt til produktionen af bl.a. okse- og svinekød (Danmarks Naturfredningsforening og Dyrenes Beskyttelse, 2018).

Udover den problematik der finder sted i forhold til arealanvendelse ved kødproduktion i Danmark, er det også væsentligt at se på hvor meget foder der reelt skal bruges for at producere spiselige fødevarer til et menneske. Dette kaldes også foderomdannelsesforhold, eller forkortet på engelsk til FCR. Nedenstående formel bruges til at udregne FCR:

$$FCR = \frac{\text{Total vægt af føde konsumeret}}{\text{Total vægt af produceret føde}}$$

(Elem, O., 2021)

Det er derfor fordelagtigt at opnå en FCR der er så tæt på 1,0 som muligt, da der dermed ikke er et spild i det foder man tilføjer. Det står altså klart at der er store udfordringer forbundet med den nuværende animalske proteinproduktion. Problemer som skal ændres eller løses hvis fremtidige generationers fødevarer skal opfyldes.

1.1 Problemfelt

Kigges der konkret på Danmark, så udgør landets samlede areal 4.292.000 ha. Af dette areal bliver 61% af landet benyttet til landbrug. Omkring 80% af de 61% bliver benyttet til at dyrke foder til dyreproduktionen herhjemme, og kun 10% bliver benyttet til at dyrke fødevarer direkte til mennesker (Danmarks Naturfredningsforening og Dyrenes Beskyttelse, 2018).

Dette er et stort problem ved den animalske proteinproduktion, der omhandler især okse- og svinekød, hvor FCR-værdien langt fra er fordelagtig. Dette viser sig i en amerikansk undersøgelse,

hvor FCR-værdien for svinekød er på 4,04 og 23,5 for oksekød (Mekonnen et al., 2019). Dette betyder altså, at når man giver et af sine kvæg 23,5 kg. foder, så får man ét kg. føde tilbage til mennesker. Ud fra denne data danner der sig et billede af, at der i Danmark benyttes rigtigt store områder til både at dyrke foder til dyr, samt til opdræt.

Altså benyttes der i dansk landbrug i høj grad dyr med en høj FCR-værdi, hvilket resulterer i en ujævn fordeling af foder i forhold til den endelige mængde føde der er tilgængelig.

Projektet søger at have fokus på animalsk protein som erstatnings mulighed, da undersøgelser understøtter at animalsk protein som f.eks. fisk, mælkeprodukter, oksekød, svinekød, æg, kylling, insekter m.m. indeholder alle ni essentielle aminosyrer som mennesker har brug for. Yderligere indeholder animalske proteiner flere proteiner pr. 100 kalorier end veganske, samt er mere biotilgængelige for kroppen, hvilke betyder at færre mængder mad skal indtages (Kubala, J., 2021) (Oibiokpa, F. I., et al 2018).

Projektet søger altså at undersøge hvorvidt det er muligt at producere proteiner til mennesker på en alternativ måde, med mindre spild, og på et mindre areal, end den nuværende produktion af animalsk protein. Der er derfor lagt fokus på insektfarme og akvaponik, som i symbiose muligvis vil kunne producere alternative proteiner, som er mere effektive end den nuværende animalske proteinproduktion. Intentionen er her at bruge insekter og fisk som det færdige protein produkt til mennesker.

1.2 Problemformulering

Hvordan kan man designe et alternativ til den konventionelle animalske proteinproduktion, med henblik på at reducere den nuværende arealanvendelse?

Arbejdsspørgsmål

- Hvordan fungerer akvaponiske systemer og hvilke fordele og ulemper er der ved disse?
- Hvordan fungerer insektfarme og hvilket insekt passer overordnet bedst til det samlede system?
- Hvordan kan man igennem analyse af teknologierne bag akvaponik og insektfarme skabe en synergi?
- Hvilke utilsigtede effekter kan opstå ved anvendelse af det samlede system?

1.3 Afgrænsning

Projektet er afgrænset til at se bort fra økonomien der er indlejret i opsættelsen, vedligeholdelsen og driften af det samlede system, samt den økonomiske værdi af de færdige produkter der produceres. Grunden til dette er, at de teknologier som indgår i det samlede system, er relativt nye og ikke på nuværende tidspunkt kommercielt tilgængelige i Danmark. Ydermere vil projektet ikke have fokus på de miljømæssige aspekter forbundet med den nuværende animalske proteinproduktion, såsom forurening og biodiversitet. Der fokuseres altså kun på at skabe et system, med så lidt input, og så lidt spild, som muligt, som samtidig optager en begrænset mængde areal. Grunden til at dette valg er taget er grundet projektets idé om, at der på nuværende tidspunkt i den animalske proteinproduktion benyttes et for stort areal, som resulterer i et stort spild af plads. Det er altså fokuspunktet for gruppen at se på om det er muligt at effektivisere udnyttelsen af areal, samt det spild der opstår under produktionen, af specielt oksekød, ved konstruktionen af et nyt samlet system.

1.4 Semesterbinding

Dimensionen Teknologiske Systemer & Artefakter (TSA) vil med inddragelse af TRIN-Modellen bruges til at beskrive og karakterisere teknologierne insektfarme og akvaponik ud fra en række udvalgte trin i modellen. Dermed bliver teknologierne udfoldet og analyseret, for dernæst at kunne sammensættes og bruges til et samlet teknologisk system med henblik på animalsk proteinproduktion til mennesker. Yderligere er projektet forankret i en sekundær dimension: Design og Konstruktion (D&K). Projektet har valgt at inddrage D&K som den sekundære dimension da projektet gør brug af paper prototyping, der benyttes iterativt, til at modellere det endelige samlede system. Dermed anses den sekundære dimension som værende et supplement til udarbejdelsen af modeller til det færdige Entomo Akvaponiske system.

2. Metode

I følgende afsnit vil de forskellige metoder projektet har gjort brug af blive redegjort for og beskrevet. Dette gøres for at give belæg for hvordan projektet har nået frem til det endelige Entomo Akvaponiske system. Følgende metoder udfoldes i afsnittet nedenfor: dataindsamling, TRIN-Modellen, datavisualisering, komparativ analyse samt paper prototyping.

2.1 Dataindsamling

Der findes mange former for dataindsamling. En af disse kaldes for *secondary data collection*, og indebærer søgninger og læsning af en bred vifte af akademiske artikler, fagbøger, journaler samt videnskabelige tekster. Det er en god form at benytte, når man søger en større viden indenfor bestemte felter man ikke på forhånd har kendskab til. Dermed gør man brug af dataindsamling til at få etableret en fyldestgørende viden om sit valgte emne, fra flere forskellige kilder. Yderligere spørger man for, ved en bred indsamling af data, at validiteten af den data man indsamler og undersøger bliver opretholdt. F.eks. ved at de tekster og bøger man benytter, er citeret og valideret af andre forskere rundt omkring i verden. Ofte vil dataindsamling kræve meget arbejde og tid i form af søgning, læsning og forståelse af det valgte materiale man indsamler. Der vil derfor naturligvis også opstå en proces hvorved man skal vurdere og sortere mellem hvilke data og empiri der er mest relevant for ens projekt (Formplus Blog, 2021).

Dataindsamlingen bruges konkret i projektet til indsamling af empiri fra akademiske journaler, håndbøger samt virksomheder, som arbejder indenfor insektfarme og akvaponik. Dette vil kunne

give en underbyggende viden om hvordan systemerne generelt fungerer, samt hvilke inputs og outputs de har, og yderligere mulighederne i at kombinere de individuelle systemer til et samlet system. Ydermere vil data fra den nuværende animalske proteinproduktions arealanvendelse samt føde konversion raten (FCR) for de valgte dyr blive indsamlet. Det er nemlig tanken at man ved brug af disse data kan foretage komparative analyser som vil kunne give belæg for de valgte komponenter i systemet.

2.2 TRIN-Modellen

TRIN-Modellen benyttes til at analysere og beskrive teknologier gennem 6 trin, der hver især fokuserer på forskellige aspekter af den pågældende teknologi. Det bør understreges at TRIN-Modellen ikke er en international anerkendt metode, men at den benyttes som metode på RUC i forbindelse med faget Teknologiske Systemer og Artefakter. Der er i dette projekt blevet fokuseret på punkterne 1, 2, 3 og 5.

Trin 1

Det første trin "Teknologiers indre mekanismer og processer" bruges til at analysere de essentielle mekanismer og processer der muliggøre at teknologien kan opfylde dets formål. (Jørgensen, N., 2018).

Dette trin vil blive brugt med henblik på at analysere processerne i de to systemer akvaponik og insektfarme. Systemerne der analyseres, har gennemgående mange processer i og med at der er mange led inden der nås frem til et slutprodukt, derfor er det vigtigt at danne sig en grundlæggende forståelse for disse.

Trin 2

"Teknologiers artefakter" anvendes til at analysere de individuelle artefakter der indgår i teknologiske systemer. Her bliver der undersøgt hvilke teknologiske funktioner artefaktet har, og hvordan de benyttes til at opfylde forskellige behov i det teknologiske system (Jørgensen, N., 2018).

Ved gennemgang af teknologiers artefakter, vil der blive undersøgt hvilke essentielle teknologiske artefakter der anvendes i akvaponik og insektfarme, og hvilken funktion de udfylder i de samlede systemer.

Trin 3

I teknologiske systemer opstår der ofte "utilsigtede effekter", disse kendetegnes som værende egenskaber af en negativ karakter. Disse egenskaber kan manifestere sig på forskellige måder, hvor nogle er permanente og andre kun forekommer i form af risici. Omfanget af utilsigtede effekters alvorlighed kan variere fra mindre udfordringer til større problemer, der går imod hensigten med systemets anvendelse (Jørgensen, N., 2018).

I takt med at et teknologisk system bliver mere kompliceret, kan hyppigheden og graden af utilsigtede effekter altså antages at stige. Det er derfor vigtigt at tage højde for disse, ved analyse af akvaponik og insektfarme, da der i så fald er mulighed for at komme problemer i forkøbet eller være klar over risici ved sådanne systemer.

Trin 5

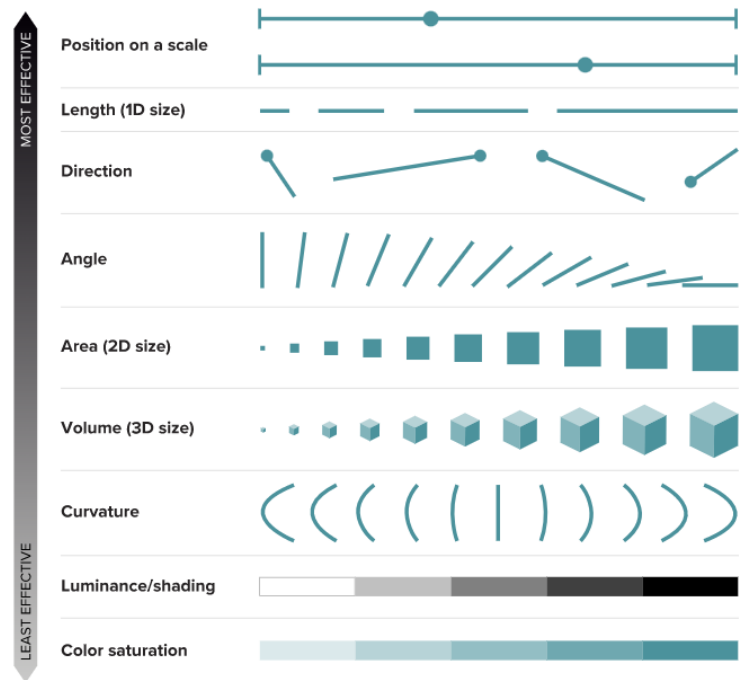
Med "Modeller af teknologier" ser man på særligt udvalgte egenskaber for en teknologi som kan formidles ved visualiseringer i form af grafer og billeder, fysiske modeller, eller ved matematiske udregninger. Her er formålet at formilde data og design på en mere overskuelig måde for læseren (Jørgensen, N., 2018).

Under den komparative analyse af insektfarme og akvaponiske systemer, vil dette trin blive benyttet til gennemgå udregninger i delsystemerne. Senere vil dette trin også bruges til udregninger af Det Entomo Akvaponiske Systems udbytte af produktion.

2.3 Datavisualisering

Datavisualisering er omdannelsen af rå data, til figurer eller grafer, med det formål at kommunikere ellers besværlig information. Datavisualisering blev først brugt til lave kort, mens det i nyere tid oftere bliver anvendt til at fremvise komplicerede former af data på en overskuelig måde (Dundas BI, 2019). Datavisualisering kan foregå ved at lave former der er forbundet med data og har forskellige størrelser alt efter hvor meget eller lidt værdi de har, eller lave diagrammer med varierende længder. Grunden til at data visualisering i de fleste tilfælde er at foretrække frem for rå data er, at mennesker har hurtigere og lettere ved at forstå visualiseringer end de kan overskue tekster og tal. I 1984 blev en videnskabelig journal offentliggjort der rangerer hvilke former for visualiseringer der er bedst til at beskrive kvalitative data. Af disse var de tre øverste: Positioner på en skala, 1-dimensionelle størrelser og retninger. Dette ses på Figur 1.

Når man arbejder med data visualisering er det vigtigt at bruge den rigtige form for visualisering til den rigtige data. Arbejder man f.eks. med data med store forskelle imellem, er det okay at bruge størrelser på cirkler til at repræsentere forskellen. Arbejder man derimod med data hvor forskellen er meget lille, vil denne form for visualisering være forvirrende da det kan være svært for modtageren at veksle imellem størrelserne.



Figur 1 (Mason, B., 2019)

I projektet vil datavisualisering blive brugt til at fremvise den indsamlede data på en nem og overskuelig måde for læseren. Dette vil komme til udtryk ved, at der laves nogle skemaer som f.eks. præsenterer hvorfor der netop er valgt at bruge én fisk fremfor en anden, eller hvorfor der er valgt, netop en bestemt insektart fremfor en anden (Mason, B., 2019).

2.4 Komparativ analyse

Den komparative metode er en anerkendt videnskabelig metode, som blandt andet bliver benyttet indenfor samfundsvidenskab og biologi. Den komparative metode bruges ofte, når man skal finde forskelle eller ligheder mellem det som undersøges. Den komparative metode bliver ofte benyttet som grundlag, når man skal udvikle modeller eller afprøve hypoteser (Boje, 2021).

Den komparative metode vil i dette projekt blive brugt til at kigge på hvilke fisk, insekter, planter samt akvaponisk system der skal bruges i det samlede system. Der vil blive indsamlet data om de ovenstående komponenter, for derefter at kunne kigge på hvilke fordele og ulemper disse måtte have. Efter der er blevet kigget på de forskellige fordele og ulemper, vil der blive udvalgt en plante, fisk, insekt og et akvaponisk system, som vil blive benyttet i det samlede Entomo akvaponiskesystem (Boje, 2021).

2.5 Paper prototyping

Paper prototyping er en proces, som ofte benyttes af designere af digitale programmer, som hjælper med at visualisere et system, og dermed give et bedre overblik. I praksis betyder det, at man udarbejder forskellige visualiseringer, ved f.eks. at tegne på papir, som man herefter kan vurdere iterativt. Fordelene ved at benytte denne metode er mange, og inkluderer blandt andet en hurtigt iterativ proces, billig implementering samt let tilgængelighed for alle gruppens medlemmer (Interaction Design Foundation, n.d.). Paper prototyping blev først brugt i starten af 1990'erne, men fik først rigtig anerkendelse i midten af 1990'erne, hvor firmaer som IBM og Microsoft begyndte at benytte sig af den (Snyder, C., 2003).

Under projektet vil paper prototyping primært blive anvendt til at designe det endelige kombinerede system af insektfarm og akvaponik. Dette vil foregå ved at lave visuelle flow charts og tabeller der repræsenterer det endelige system. Metoden vil her ikke blive brugt til design af de fysiske rammer af systemet, men i stedet fokusere på de indre mekanismer. Denne metode vil blive kombineret med datavisualisering, for på den måde at sammensætte data om systemet med et flow chart der visualiserer de forskellige komponenter og aktører i det endelige kombinerede system.

Der vil i projektet også blive udarbejdet forskellige visuelle modeller, som har til formål at overskueliggøre de enkelte komponenter i hhv. insektfarme og akvaponik. I løbet af design udviklingen vil der løbende blive lavet forbedringer af de visuelle modeller af de enkelte systemer, såvel som det samlede system. I takt med at der findes ud af hvilke komponenter der fungerer bedst som visuelle præsentationer, vil forbedringerne blive indarbejdet løbende.

3. Teori

I nedenstående kapitel vil proteinkvalitet blive udfoldet og beskrevet. Der vil blive gået i dybden med hvordan man måler på kvaliteten af henholdsvis animalsk og vegansk protein. Dette gøres for at skabe belæg for valget om at producere animalsk protein fremfor vegansk protein i det samlede Entomo Akvaponiske system. Derudover vil der også blive beskrevet hvad kvælstof kredsløbet går ud på og hvorfor det er et væsentligt element i det akvaponiske system. Der vil ligeledes blive skabt et kort overblik over hvad akvaponik og insektfarme er.

3.1 Proteinkvalitet

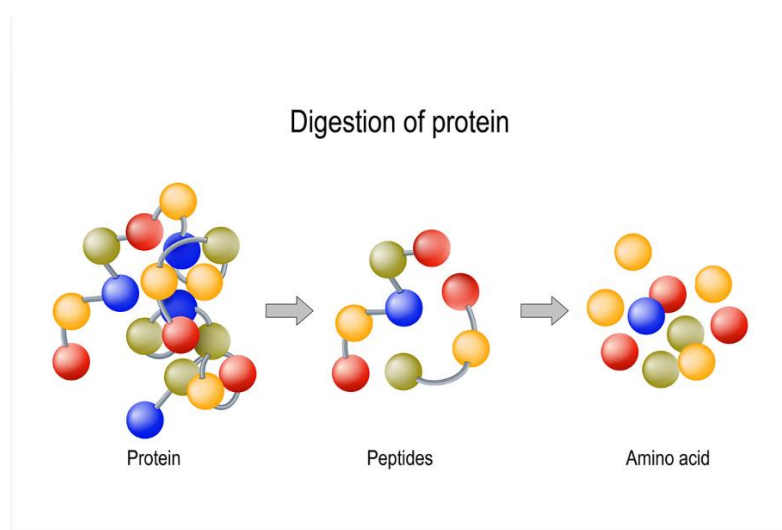
Protein er sammen med kulhydrater og fedt en af tre makronæringsstoffer som er livsnødvendige for mennesker. Mennesker har dagligt brug for større mængder proteiner for at underbygge essentielle processer i kroppen, som opbygning af muskler, regulering af immunforsvar, regulering af fordøjelsessystem samt opbygning af nerveceller (Kubala, J., 2021).

Animalske proteiner, og få veganske proteiner, anses som værende komplette proteiner, da de indeholder alle de essentielle aminosyrer et menneske har brug for. Der eksisterer i alt 20 forskellige aminosyrer som er byggestenene for de proteiner som mennesker konsumerer. Menneskekroppen producerer en række af disse aminosyrer selv, men 9 ud af de 20 skal komme fra diæten. Disse kaldes de essentielle aminosyrer. De består af følgende: *Leucine, Isoleucine, Valine, Tryptophan, Lysine, Methionine, Histidine, Phenylalanine og Threonine* (Kubala, J., 2021)

Komplette proteiner anses som værende de proteiner der indeholder alle disse ni essentielle aminosyrer, som oftest forekommer i animalske produkter, men også i få veganske. Eksempler på komplette proteiner er følgende: *Mælkeprodukter, kylling, oksekød, grisekød, fisk, æg, insekter, quinoa og soja* (Kubala, J., 2021) (Oibiokpa, F. I., et al 2018).

Proteinkvaliteten måles ud fra to primære parametre:

1. Mængden af tilgængelige aminosyrer i proteinerne
2. Fordøjelsesmulighederne og biotilgængeligheden i proteinerne. Altså hvor stor en procentdel af det protein som indtages, bliver omdannet til aminosyre og optaget i kroppen (Ingredient Optimized, 2022).



Figur 2 (Ingredient Optimized, 2022)

Som det ses på Figur 2 så skal den indtagende protein først reduceres til aminosyrer før den kan optages i kroppen. Processen starter i maven hvor peptide forbindelser som holder proteinerne sammen bliver nedbrudt. En procentdel af de resulterede aminosyrer bliver derefter absorberet igennem tyndtarmen, for derefter at blive ført videre ind i blodbanen, og dernæst videre rundt til de steder i kroppen, hvor der er brug for dem. Igennem protein syntese bliver aminosyrerne genkombineret til andre proteiner som så konkret kan bruges i kroppen til f.eks. opbygning og reparation af muskler (Ingredient Optimized, 2022).

Biotilgængeligheden indikerer overordnet hvor stor en procentdel af aminosyrerne fra proteinerne som absorberes i kroppen efter de er blevet spist. Det skal nævnes at nogle proteiner bliver nedbrudt og optaget nemmere og hurtigere end andre. F.eks. er soja og æg begge rige på protein, men æg er i sig selv mere biotilgængeligt end soja da en større procentdel af proteinet som indtages, er tilgængelig til optagelse og brug i kroppen. Biotilgængeligheden af det pågældende spiste produkt kan direkte måles ved at teste mængden af aminosyrer i blodbanen (Ingredient Optimized, 2022).

Insekter som fødevarer er ikke særlig udbredt i de vestlige lande. Grundet insekters høje protein indhold er man dog begyndt at undersøge proteinkvaliteten af spiselige insekter. I et forsøg hvor man har fodret rotter med fire forskellige insektarter, herunder fårekylinger, græshopper, termitter og møl, har man efterfølgende undersøgt hvor stor en mængde af aminosyrer disse indeholder. Det viser sig at de fire insektarter alle indeholder 20 aminosyrer, hvilket vil sige at de både indeholder alle de essentielle og ikke essentielle aminosyrer. Herunder havde en diæt af fårekylinger den højeste proteinkvalitet, og blev anset som værende en glimrende erstatning for animalsk protein (Oibiokpa, F. I., et al 2018).

3.2 Insektfarme

Insektfarme er et teknologisk system og indebærer opdræt af insekter til foder og fødevarer, under kontrollerede forhold. Der er to hovedgrene af opdræt inden for insektfarme, hvilke er høstning af vilde insekter fra naturen, eller opdræt i farme hvor insekterne opdrættes fra æg op til de er høstklar, hvorefter de bliver efterbehandlet til færdige produkter. Projektet vil tage udgangspunkt i opdræt fra æg til høst, grundet den større kontrol med faktorer, som sanitet og tilføring af foder. Da det ikke er udbredt at spise insekter i de vestlige lande, er der blevet kigget på studier fra steder som Afrika og Thailand, hvor indtagelse af insekter i højere grad er indlejret i kulturen. I det substantielle kapitel vil der blive gået mere i dybden med hvorledes systemet fungerer.

3.3 Kvælstofs kredsløbet

I dette kapitel vil der blive beskrevet en gennemgang af de mest væsentlige dele af kvælstofkredsløbet som har relevans for det akvaponiskesystem. Altså helt lavpraktisk de dele af kvælstofkredsløbet som ses i naturen om som genskabes inde i det akvaponiskesystem.

Kvælstof er et grundstof, som er livsbetingende for dyr, planter og mennesker på jorden. Kvælstof er nemlig til stede i alle aminosyrer, som udgør alle proteiner og som er essentielle for mange biologiske processer for dyr og planter, som f.eks. celle signalering, regulering af enzymer samt opbygning af strukturer. I naturen udgør kvælstof i gasform ca. 80% af den atmosfæriske luft, hvor de resterende ca. 20% er oxygen (ilt). Selvom der er meget kvælstof til stede i atmosfæren, er problemet, at planter og dyr ikke kan optage denne kvælstof, da den kun er tilgængeligt i form af molekylær kvælstof N_2 som er en tredobbelbinding af atomer. Dette betyder altså at kvælstofgassen først bliver tilgængelig for planter og dyr gennem biologisk kvæstoffiksering af kvælstofforbindende bakterier eller ved industriel energikrævende processer (Sommerville et al., 2014). Det er forskelligt hvordan bakterier, dyr, planter og mennesker får opfyldt deres kvælstofbehov. Alle disse processer bidrager med en vigtig rolle til det komplekse kvælstofkredsløb. Kvælstof optræder i en række af tre forskellige former igennem hele kredsløbet:

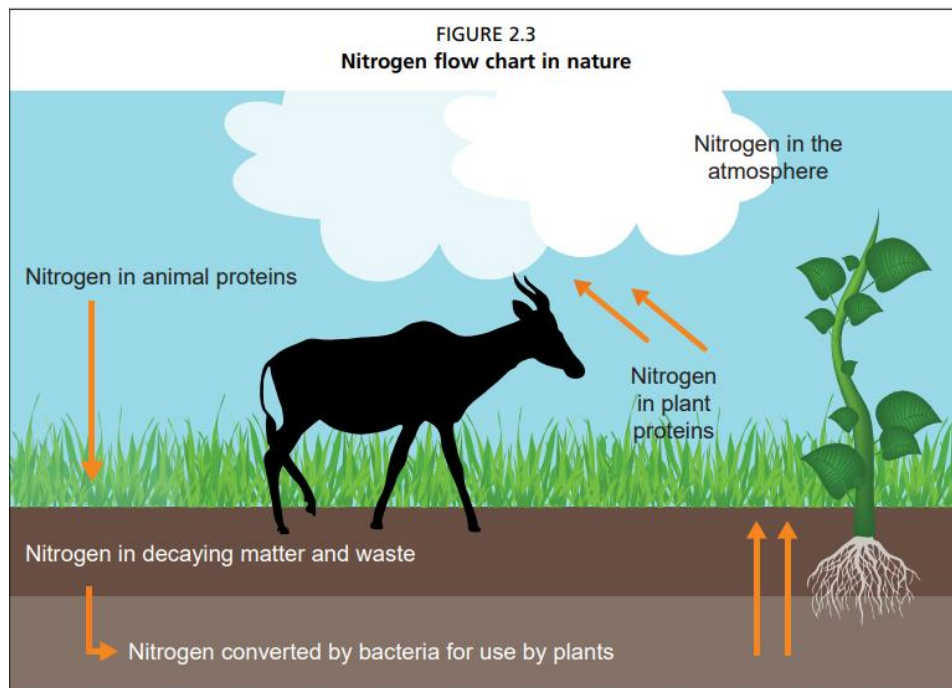
1. Bundet i levende og døde planter og dyr som organiske forbindelser
2. Som uorganiske næringssalte i jord og vand
3. Som atmosfærens store lager af luftformigt kvælstof (Christensen, P., 2020).

Mineralisering beskriver processen når dyr og planter bliver spist eller rådner bort. Her omsættes det organisk bundne kvælstof til uorganisk kvælstof gennem nedbrydningstrin. Det væsentligste trin i processen kaldes ammonifikation. Organismer som orme, insekter, snegle, bakterier m.m. deltager i processen om omdannelse af kvælstoffet som derefter bliver frigivet som ammonium (NH_4^+). Planter er dybt afhængige af mineraliserings processen, og det er derfor nødvendigt at den leverer den nødvendige uorganiske kvælstof til planterne (Christensen, P., 2020).

Når ammonium dannes ved kvælstofmineraliseringen, kan en gruppe af bestemte bakterier udnytte det i deres stofskifte. Disse bakterier kaldes de nitrificerende bakterier, som ilter ammonium til nitrit (NO_2^-) og derefter videre til nitrat (NO_3^-) ved processen som kaldes nitrifikation (Christensen, P., 2020).

Planterne kan både optage ammonium og nitrat. Denne proces kaldes assimilering. Når planterne har optaget det uorganiske kvælstof, kan de opbygge organiske kvælstofforbindelser i plantevævet. Når planterne optager nitrat, må de først reducere det til ammonium, før de kan bruge kvælstoffet som byggestenen. Dette foregår inde i plantecellerne og der bruges mængder af energi til at udføre dette. Det er derfor energimæssigt billigere for dem at optage ammonium (Christensen, P., 2020).

Dette kredsløb er illustreret i Figur 3.



Figur 3 (Sommerville et al., 2014)

3.4 Akvaponik

Akvaponik er overordnet integrationen af hydroponik og akvakultur i et lukket kontrolleret system. Teknologien går ud på at man minimerer sit samlede spild i systemet ved at kombinere fiskeopdræt og plantedyrkning i en symbiose, og dermed recirkulerer næringsstoffer mellem de to forskellige led i systemet. Fiskene fodres hvorefter deres vand løber til plantebede hvor grøntsager dyrkes. Her optager planterne den vigtige næring samt renser vandet og det cirkulerer derefter tilbage igen til fiskene. Derved opnås der et system hvor vand og næringsstoffer ikke bliver spildt men recirkulerer tilbage i system. Dette er blot en kort simpel beskrivelse af det akvaponiske system, og en yderligere dybere karakterisering vil blive udfoldet i det substantielle kapitel.

4. Substantielle kapitel

I dette afsnit vil insektfarme og akvaponik blive beskrevet mere i dybden. Der vil blive beskrevet hvorvidt insekter kan bruges som føde til mennesker og fisk. Yderligere vil der blive kigget på FCR-værdierne ved de forskellige insekter og fisk, samt efterbehandlingen af insekterne. Afslutningsvist vil det akvaponiske system, samt processerne i den, blive udfoldet.

4.1 Insektfarme

I et fødevarereproduktionssystem bestående af insekter og fisk som proteinkilde, er det interessant at kigge på om insekter, udover at være fødevarer til mennesker, også vil kunne benyttes som foder til fiskebestanden i det akvaponiske system. Der er mange insektarter og derfor har det været nødvendigt at indskrænke arterne til de mest udbredte indenfor foderproduktion. Dernæst vil der blive analyseret på hvilken art der egner sig bedst til det endelige system. Insekter har generelt et højt proteinindhold og kræver ikke stor vedligeholdelse, og derfor vil det være interessant at kigge nærmere på hvordan insektproduktionssystemet virker, og hvilke artefakter der indgår i det.

I dette projekt bliver der kigget på hhv. fårekylinger og melorme, som i mange henseender har en sammenlignelig proces, men som også har forskelle. Grunden til at disse er valgt er, at fårekylinger og melorme har en stor mængde af empiri tilgængeligt, og derfor må formodes at være blandt de mest benyttede.

Ifølge bogen *Edible Insects in Sustainable Food Systems* kan man ud fra en udarbejdet tabel se indholdet af fedt og protein i forskellige insektarter. Herunder kan det ses at fårekylinger indeholder henholdsvis 60-75% protein og 7-20% fedt, hvorimod melormen indeholder 45-55% protein og 25-35% fedt. Kigges der på den næringsmæssige kvalitet af både fedt, proteiner, vitaminer og mineraler, indeholder insekter generelt omega fedtsyrer i en ratio af 3:1, med hhv. omega 6 og omega 3. Omega 3 fedtsyrer forekommer ofte ikke i plantebaserede diæter og det er derfor vigtig at få igennem kød, så kroppen ikke kommer i underskud. Det er blevet bevist, at der i fårekylinger er en bedre ratio af fedtsyrer end hvad man finder i kødet på det fleste landbrugsavlsdyr. Da insekter oftest bliver spist hele, så optages der generelt flere vitaminer og mineraler end der optages gennem dyrekød. Udover dette er insekter især rige på zink og jern som er vigtige grundstoffer for kroppen (Halloran et al., 2018).

Der er foretaget undersøgelser om de forskellige insekters FCR, som er et vigtigt input i forhold til, at vurdere hvilket insekt der er mest relevant at benytte i det ønskede system.

Ved fårekullinger viser en undersøgelse, at forskellige typer foder giver forskellige resultater af FCR, dog med et forholdsvis lille udsving. Ved foder bestående af 22% protein, samt frugtkød fra græskar, opnåede man en FCR på 1,50. Ved en kost bestående af kun 22% proteinbaseret foder, opnåede man derimod en FCR på 1,51. Der blev i andre forsøg også målt på en kost bestående af en blanding af 22% proteinbaseret foder blandet med 16% proteinbaseret foder, hvilket resulterede i en FCR på 1,73. Derefter blev der målt på en kost bestående af kun 16% proteinbaseret foder, hvilket resulterede i en FCR på 1,81 (Bawa et al., 2020).

I undersøgelser vedrørende melorme, hvor der også er blevet lavet forsøg med forskellige fodertyper, resulterede det ligeledes i varierende FCR-målinger. Ved brug af kyllingefoder, som er en proteinbaseret kost, opnår man en FCR på 1,57, og ved brug af hvedeklid opnår man en FCR på 2,0. Der er i denne undersøgelse også foretaget forsøg hvor man har blandet de forskellige fodertyper, som bl.a. inkluderer rapsmel. Disse giver alle resultater som varierer inden for spekteret 1,57 til 2,08 (Bordiean et al., 2020).

4.1.1 Efterbehandling

Når insekterne er fuldvoksne, bliver de høstet og efterfølgende bearbejdet. Der er mange forskellige industrielle teknikker der bliver taget i brug til denne proces, alle med det formål at sørge for, at insekterne lever op til de krav der er til fødevarer sikkerheden. Den første del i bearbejdningen af hele insekter, er aflivningen af insekterne, som oftest sker ved nedfrysning, kogning eller kvælning. Næste stadie i processen indebærer dekontamination af insekterne. Her er de to mest udbredte metoder blanchering, der enten kan efterfølges af nedkøling, nedfrysning eller marinering. Et alternativ er nedfrysning efterfulgt af frysetørring. Metoderne nævnt ovenfor er med til at sikre sig at man får dræbt uønskede organismer i insekterne, som kan være skadelige for mennesker og dyr. En anden måde at bearbejde Insekterne på, er ved at male tørrede insekter til mel, eller vådmale dem til mos, efter de er blevet blancheret. Her resulterer tørmalingen især i en længere holdbarhed af det færdige produkt (Ojha, S. et al., 2021).

4.2 Akvaponiske systemer

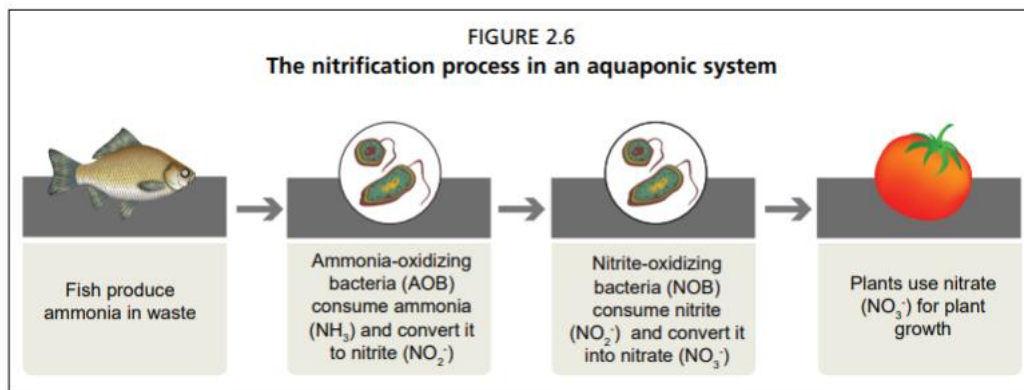
Akvaponik er overordnet set integrationen af akvakultur og hydroponik, i et sammensat teknologisk system (Sommerville et al., 2014). Der bruges ikke jord til dyrkning af planterne i systemet hvilket gør det unikt.

Systemet fungerer på den måde at fiskefoder tilføjes til en tank med fisk. Fiskene spiser fiskefoderet og udleder derefter ekskrementer, som er en vigtig næringkilde til den næste del af processen. Vandet med fiskeekskrementer cirkulerer videre igennem to filtre, først et mekanisk filter som filtrerer de største rester af ekskrementer fra. Derefter føres vandet videre til et biofilter, hvor bakterier igangsætter nitrifikations processen. Ved denne proces katalyserer bakterierne de giftige stoffer, ammonium og ammoniak, fra fiskeafføringen, som omdannes først til nitrit og derefter til nitrat. Dette muliggør at planterne efterfølgende kan optage nitrat, som er et af de essentielle næringstoffer for planternes vækst. Bakterievæksten og mængden af bakterier der er tilgængelige for at kunne omdanne de giftige stoffer, afhænger af hvor stort et overfladeareal der er tilgængeligt, samt tilføring af den rette mængde ilt til vandet fra den tilknyttede luftpumpe. Afslutningsvis i processen løber det filtrerede vand ned igennem plantebede, hvor planterne optager de vigtige næringstoffer og herefter løber vandet ned til en sumptank i bunden af systemet. Herefter cirkulerer vandet tilbage som rensset vand til fiskene. De store mængder elektricitet der bruges i systemet, er nødvendige for at luftpumper, ventilation, lys og opvarmning og nedkøling af vand kan fungere. Det akvaponiske system faciliterer altså overordnet set, at fisk, bakterier og planter kan fungere sammen i en symbiose, hvor de kan bidrage til at understøtte gode vækstbetingelser for hinanden, så længe at alt er balanceret korrekt (Sommerville et al., 2014).

I det følgende afsnit vil der blive dykket ned i, og beskrevet, hvordan selve nitrifikations processen i biofiltret fungerer inde i det akvaponiske system. Den proces som kort blev berørt tidligere, kaldes nitrifikations processen. Det er en essentiel proces som finder sted ude i naturen og som bliver genskabt inde i det akvaponiske system. Dermed kan det siges at akvaponik er en kontrolleret efterligning af naturen selv (Sommerville et al., 2014).

Grundlæggende er der to store grupper af bakterier som faciliterer nitrifikations-processen. Ammoniak-oxiderende bakterier (AOB) og Nitrit-oxiderende bakterier (NOB). Disse bakterier er essentielle og bærende elementer i det akvaponiske system. Hele systemet kan kun fungere, så længe bakteriernes betingelser opretholdes. Hvis dette ikke gøres, resultere det i at mængderne af ammoniak i vandet stiger og fiskene vil med tiden blive kvalt og dø og det samme vil resten af systemet (Sommerville et al., 2014).

I Figur 4 er nitrifikations processen blevet visualiseret for at give et bedre overblik over hvordan de forskellige trin fungerer fra fiske ekskrementer til planternes optagning af næringsstofferne (Sommerville et al., 2014).



Figur 4 (Sommerville et al., 2014)

5. Analyse

5.1 Insektfarme

Der er flere måder hvorpå man kan holde insekter. I Thailand, hvor de har stor erfaring med fårekylinger, bruges der ofte store åbne bure af beton, da beton er godt til at absorbere varmen. På den måde sikrer man sig, at fårekylingerne ikke overopheder og dermed bliver syge og dør (Hanboonsong et al., 2020).

I Danmark, hvor dette projekt tager sit udgangspunkt, vil der dog i stedet være behov for at opvarme insekternes opdrætsområde, og der vil her fokuseres på at opdrætte insekterne i plastikkasser i vertikale systemer. Disse vil være placeret i et rum der bliver opvarmet til den nødvendige temperatur.

Opdrætsområdet skal være dækket således, at insekterne er i læ for både sol og regn. Væggene skal sørge for, at der ikke er adgang til opdrætsområdet for andre insekter, og der skal gerne være ventilation igennem rummet. Rummet hvori insekterne lever skal være varmet op til mellem 28°C og 32°C, og rummet skal have en luftfugtighed mellem 40-70% (Hanboonsong et al., 2020) (Andersen et al., 2018).

5.1.1 Fårekylinger

5.1.1.1 Teknologiers indre mekanismer og processer

Når det ønskes at opbygge en fårekylingefarm til kommercielt brug, så er det bedst at placere den i et landdistrikt, da fårekylingerne i få tilfælde kan slippe ud. Derudover larmer hannerne i længere perioder når de opdrættes, hvilket kan være et problem i beboelsesområder. Det er yderligere vigtigt at risikoen for pesticidforurening minimeres, og derfor skal nærliggende industri eller landbrug undersøges inden en evt. farm opsættes (Hanboonsong et al., 2020).

Til opstart erhverves fårekylingæg fra en anden opdrætter, som skal bruges til at starte farmen.

Det er vigtigt at dokumentere oprindelsen af disse æg, samt sikre sig imod sygdomme ved at undersøge historikken for stedet, hvorved man køber sine æg (Hanboonsong et al., 2020).

Før æggene placeres i deres kasse skal de udruges. Dette kan gøres ved at sætte de forskellige beholdere med æg tæt sammen, og sørge for at de holdes varme. For at holde varmen kan de enten dækkes af plastikposer, forskellige typer stof eller have en varmelampe over sig. Så snart de første æg begynder at udklække skal æggebeholderne flyttes over til deres opdrætsområde, altså den plastikkasse de skal leve i. Man kan som fingerregel regne med, at man kan have to beholdere med æg pr. m², hvis æggebeholderen har en diameter på 15 cm. (Hanboonsong et al., 2020). Fårekylingen starter sit liv i et af de omtalte æg, hvor de udklækkes efter 7-14 dage (Hanboonsong et al., 2020). Herefter lever de unge fårekylinger i deres nymfe stadie i op til 14 dage. Her har de behov for blød og fin føde med et højt proteinindhold. Det høje proteinindhold sikrer at de vokser hurtigt, og indholdet skal gerne være op mod 20% proteinholdig. Føden skal serveres i bakker med lav højde, så de små nymfer nemt kan få adgang til maden. Da de har stor risiko for at drukne i dette stadie af deres



Figur 5 (Egen produktion)

liv, bør væske gives ved at sprøjte vand ud over beholderen. Det er vigtigt at holde beholderen fugtig igennem hele perioden, men ikke så meget at det kan lede til fugtskader og forrådnelse (Hanboonsong et al., 2020).

Herefter overgår fårekyllingen til sit voksne stadie. I dette stadie af fårekylningens liv, er det vigtigt at have fokus på den føde de får. Her kan man skære lidt ned på proteinindholdet og tilføje flere grøntsager, frugter eller andet bladgrønt. En varieret kost, med bl.a. grøntsager, sikrer en bedre smag, men fårekyllingen vokser til gengæld hurtigere på en kost baseret på koncentreret protein. Af grøntsager og bladgrønt er det anbefalet at fodre dem med enten grønne cassava blade, morning glory, vandhyacinter, papaya blade, forskellige typer af græs eller græskar, men også andre typer kan benyttes (Hanboonsong et al., 2020). Fårekylningens livscyklus er visualiseret i Figur 5.

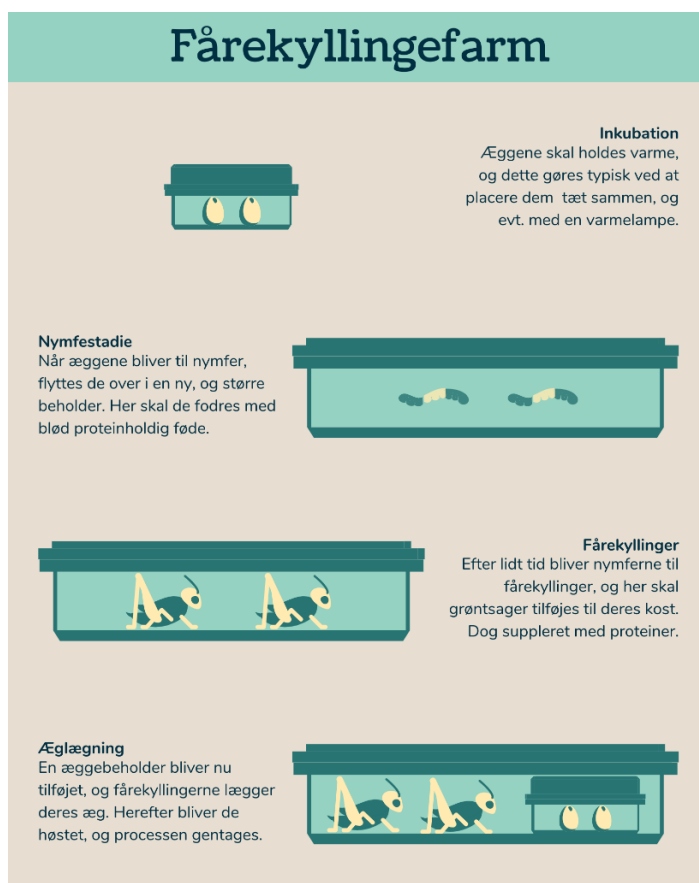
Når de er omkring halvanden måned gamle, så når de parringstadiet. Her sættes nye skåle til æglægning ned i plastikkassen i ca. seks til otte timer, hvorefter hunnerne begynder at lægge deres æg. Disse skåle kan blive skiftet ud op til tre gange over en periode på tre dage, hvorefter de placeres sammen til udrugning. Disse skåle skal være fyldt med et substrat som f.eks. jord, som hunnerne kan lægge deres æg i. Dette skal være dækket af et net, så det ikke er muligt at komme ned til æggene og spise dem (Hanboonsong et al., 2020).

Når æggene er lagt, og fårekylningerne altså er omkring seks uger gamle, er de voksne fårekylninger klar til at blive høstet. Dette gøres ved at ryste dem ud og ned i en beholder brugt til indsamling. Det er en god idé at ændre fårekylningens kost til 100% græskar de sidste tre dage før de bliver høstet, da dette sikrer en bedre smag for slutbrugeren.

5.1.1.2 Teknologiske artefakter

Ved brug af fårekylinger vil de kasser der benyttes have låg på toppen, hvori man skærer et hul, som herefter dækkes af et gitter, som forhindrer fårekylingerne i at slippe ud, men samtidig sørger for udluftning. Først og fremmest bør bunden af kasserne være dækket af små træpinde eller PVC-rør, som er placeret med afstand imellem sig, og dernæst placeres rækker af æggebakker ovenpå. Træpindene, eller PVC-rørene, sørger for ventilation i bunden af kassen, samt sørger for at mindre fugt samler sig i æggebakkerne. Æggebakkerne fungerer som ophold for fårekylingerne, som naturligt ønsker at gemme sig, og som også her kan være i sikkerhed når de skifter ham (Hanboonsong et al., 2020). Vandsystemerne varierer fra farm til farm, men ved store produktioner er mange af processerne automatiserede, så effektiviteten faciliteres. I Thailand bruges der blandt andet en løsning hvor vandet ligger i PVC-rør med lukkede ender, med en revne skåret igennem røret, hvori man indsætter en stofvæge, som fårekylingerne kan suge vand ud af. Dette stof skal skiftes og rengøres ofte, for at undgå kontaminering. Det er nødvendigt at begrænse adgangen til direkte vand, da især de unge fårekylinger risikerer at drukne i åbent vand (Hanboonsong et al., 2020).

Normalt fodres fårekylinger ved, at man placerer tallerkener med føde ovenpå æggebakkerne. Tallerkener, eller andre genstande som bruges til at fodre fårekylingerne med, skal have en rug overflade, for at sikre sig at fårekylingerne kan gå på overfladen (Hanboonsong et al., 2020). Fårekylingefarmen er visualiseret i Figur 6.



Figur 6 (Egen produktion)

5.1.2 Melorme

5.1.2.1 Teknologiske indre mekanismer og processer

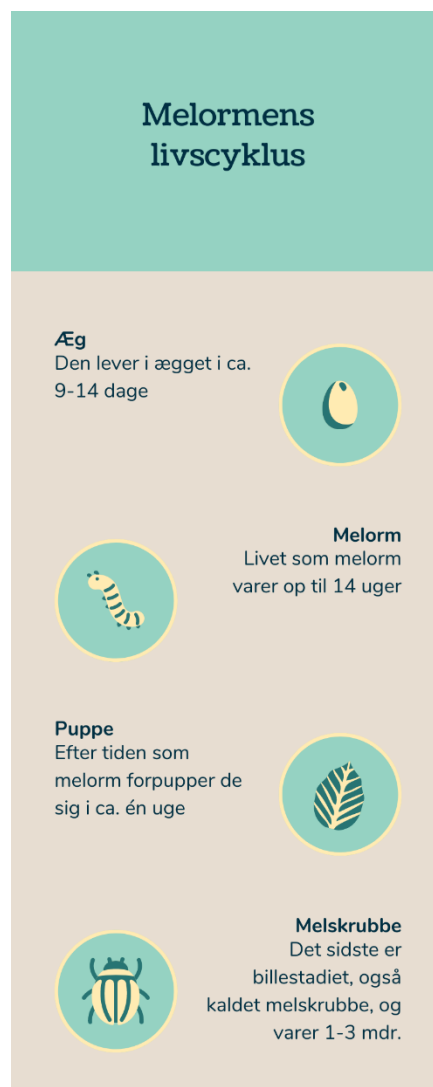
Melormen er larvestadiet af en bille kaldet melskrubben. Et produktionssystem af melorme, starter oftest med en periode på to uger hvor melskrubberne lægger æg.

En hunbille kan lægge mellem 5-8 æg om dagen og op til 300 æg over hele deres levetid, som er 1-3 måneder (Andersen et al., 2018). Æggene og billerne frasorteres efterfølgende i to forskellige kasser, hvor billerne forsat lægger æg til et nyt kuld.

Herfra tager det 9-14 dage før æggene klækkes til små melormelarver. Larverne lever i kassen indtil de efter syv uger, skal overflyttes til en større kasse. Her vokser larverne hurtigt hvis de ligger tæt sammen i et forhold der hedder ti larver pr. cm². De sidste fire uger går på at fede de store larver op så de er klar til at blive høstet, inden de når puppestadiet, her kommer de store melormelarver op på en vægt mellem 150-200 mg. 10% af de store larver tages fra, for på den måde at kunne lægge æg til det næste kuld. Her tager det ca. en uge afhængig af temperaturen, før melskrubberne kommer ud af deres pupper. (Halloran et al., 2018) (Andersen et al., 2018). Melormens livscyklus er visualiseret i Figur 7.

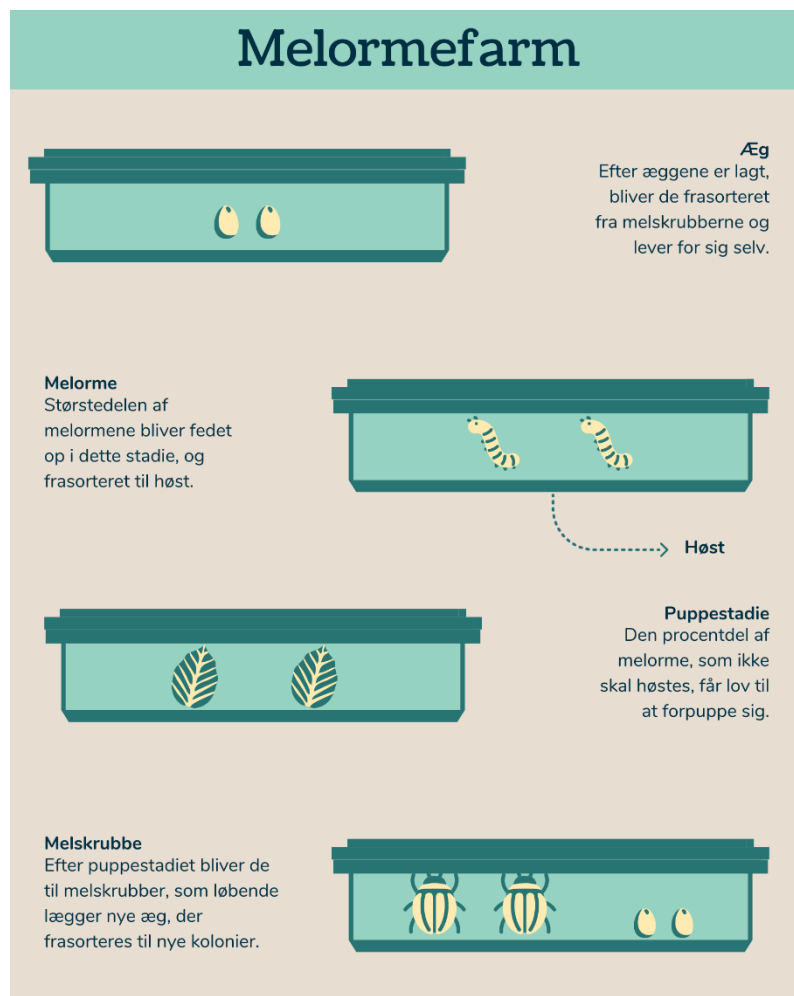
Selvom melorme foretrækker frugt og korn, er de omnivorer og lever oftest af restprodukter som f.eks. klid og andre konsorter, når de avles til fødevareproduktion. Både i voksen- og larvestadiet har melormen behov for vådfoder i form af grøntsager, da vandholdigheden af disse bidrager til at larverne vokser hurtigere og at de voksne melorme, kaldet melskrubber, lægger flere æg (Andersen et al., 2018).

I produktionen af melorme på industrielt niveau, kan det være fordelagtigt at dele produktionen op i tre stadier, med hver deres områder. Dermed adskiller man æggene fra billerne efter de er blevet lagt, og efterfølgende de små larver fra de store. Dette gør man dels for at optimere pladsen bedre i hvert område, og dels for at undgå konsekvenserne af et potentielt udbrud af smitte blandt



Figur 7 (Egen produktion)

insekterne. Områderne har hver deres funktion, den første står for selve æglægningen, den anden for opdræt af de små larver og den sidste for opfedningen af de store larver. Alternativt benytter mindre industrielle farme sig af at hente deres æg fra andre farme, der specialiserer sig i æglægningsprocessen. Høsten af de fuldvoksne larver foregår som regel ved at larverne sies fra det substrat de lever i (Halloran et al., 2018). Melormefarmen er visualiseret i Figur 8.



Figur 8 (Egen produktion)

5.1.2.2 Teknologiske artefakter

Produktionen af melorme er forholdsvis simpel, og kigger man på de individuelle artefakter, så er de vigtigste kasserne til opbevaring, samt et system som kan opretholde idealtemperaturen og beholdere til foder.

Når melskrubberne skal lægge æg, opbevares de i plastikkasser med glatte overflader, der forhindrer dem i at kravle op. En æggebakke med foder stilles ned til melskrubberne, hvorfra de fordeler deres æg ud i plastikkassen og når de er færdige med æglægningen, sorteres melskrubberne fra æggene ved at tage æggebakkerne med foderet og melskrubberne op. Melskrubberne puttes i en kasse for sig selv, og starter herefter æglægningen på ny. Kassen med æggene tilføres foder, og på den måde har larverne adgang til mad når de klækkes. Når laverne er store nok, overføres de til en større kasse, indtil de er klar til at blive høstet (Andersen et al., 2018).

5.1.3 Utilsigtede effekter

Når man arbejder med store mængder insekter på mindre arealer, bør man være opmærksom på risikoen for smitteudbrud blandt insekterne. Smitte kan spredes hurtigt imellem kolonier og er besværlig at håndtere når den opstår (Halloran et al., 2018). Det er derfor vigtigt at opretholde så rent et miljø som muligt, da dette kan bidrage til mindre sandsynlighed for at smitte kan opstå. Sanitet spiller også en stor rolle når man arbejder med fødevarer, da der er strenge regler og lovgivning for kvaliteten af fødevarer i Danmark, samt fødevarer sikkerheden (Hanboonsong et al., 2020).

Fårekylinger kan finde på at spise hinanden, eller deres æg, hvis der opstår mangel på foder. Derfor kan man komme problemet i forkøbet ved at sørge for, at de får rigeligt med foder og at de voksne fårekylingerne bliver adskilt fra æggene, efter de er blevet lagt (Hanboonsong et al., 2020).

Fårekylingerne kan også drukne hvis der er adgang til åbne vandkilder i deres habitat. Derfor skal der tages højde for dette ved, at lave anordninger der sørger for, at de har mulighed for at have adgang til vand uden risiko for at de drukner.

5.1.4 Modeller af teknologier

Det er ved en undersøgelse i Thailand vist, at man kan opnå et udbytte på omkring 90 kg. pr. 15 m² ved en høst af fårekylinger. Da fårekylingerne har en levetid på omkring seks uger, svarer det til omkring fire kg. pr. m² hver måned. Her lever fårekylingerne ikke stablet vertikalt, som det vil gøres i det Entomo Akvaponiske system, men i åbne systemer (Hanboonsong et al., 2020).

Ved produktion af melorme er det blevet undersøgt, hvor stort et udbytte der kan opnås, på en farm, hvor der er blevet benyttet kasser af 60*40*12 cm. Her opnåede man et udbytte på

gennemsnitligt 1,45 kg. pr. kasse. Dette svarer til 4,166667 kg. pr. m², som hver måned vil give et udbytte på 1,73 kg. pr. m² (BreedingInsects.com., n.d.).

5.2 Akvaponiske systemer

I det følgende afsnit vil akvaponik blive beskrevet og karakteriseret, for at give et bedre indblik i hvordan selve teknologien fungerer. De indre mekanismer og processer i systemet vil blive beskrevet, samt de artefakter der er tilknyttet dem. Yderligere vil der blive redegjort for, hvilke utilsigtede effekter dette system kan have, når det er opsat og i drift. Med inddragelsen af akvaponik forventes det, at det vil være muligt at producere proteiner til mennesker, på et langt mindre areal end det der bruges i den nuværende konventionelle animalske proteinproduktion. Yderligere tænkes der at inddrage insekter som foder til fiskene, for at skabe et system der er mere cirkulært og som kan fungere som en reel erstatning for det foder der normalt ville bruges som fiskeføde.

5.2.1 Teknologiers indre mekanismer og processer

Indenfor akvaponik beskrives der tre overordnede måder hvorpå systemerne kan konstrueres på. Som det udfoldes nedenfor, har projektet valgt at indsnævre og fokusere på to af systemerne. Disse to systemer er Media Bed Technique og Deep Water Culture Technique. Systemerne er på en del områder meget ens, der er dog en væsentlig forskel i forhold til den måde planterne dyrkes på. Disse to systemer vil blive beskrevet nedenfor (Sommerville et al., 2014).

Fiskene udgør et led af de processer der foregår i selve systemet og er sammen med planterne og biofiltret med til at understøtte en række processer der omdanner vand med fiskeekskremitter om til rent vand som fiskene kan leve i.

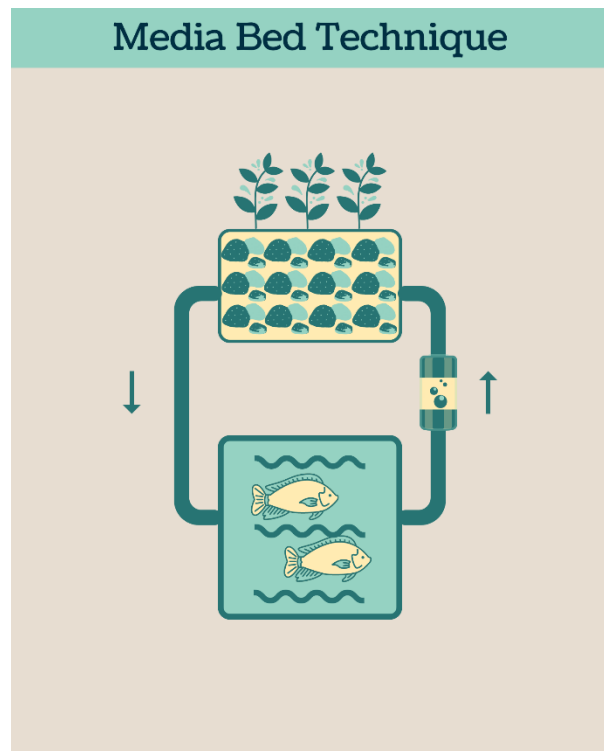
5.2.1.1 Media Bed Technique

Dette system er det mest populære blandt mindre akvaponiske systemer. Det bruges ofte steder som er under udvikling, som f.eks. ulande og hvor ressourcer og materialer ikke er så let tilgængelige. Grunden til dette er, at systemet er relativt billigt at opsætte, kombineret med at det er effektivt i forhold til brug af areal. Denne teknik er velegnet for begyndere, da systemet er mere simpelt at forstå i forhold til andre systemer. Yderligere bruges der et oversvømmelses- og dræningssystem hos planterne. Der er dermed bedre mulighed for at skabe variation blandt de

grøntsager som kan dyrkes. Vækstbeholderne som planterne gror i, bliver jævnligt fyldt og tømt med vand, hvilke skaber god tilføjelse af ilt til rødderne i planterne. Det er f.eks. muligt at dyrke både gulerødder, agurker, tomater, kål, m.m. Disse grøntsager kræver dog tilføjelse af flere næringstoffer, hvilket er ensbetydende med anvendelse af en større mængde af foder samt en større bestand af fisk, for at disse grøntsager kan produceres (Sommerville et al., 2014).

Det vækstmedie som oftest benyttes i dette system, er vulkansksten, men kalksten eller ler-piller kan også benyttes. På baggrund af, at vækstmediet både fungerer som støtte til groning af planterne, samt til filtrering af både det mekaniske og biologiske filter, er systemet i sig selv mere simpelt at forstå og operere.

Systemet er visualiseret i Figur 9.



Figur 9 (Egen produktion)

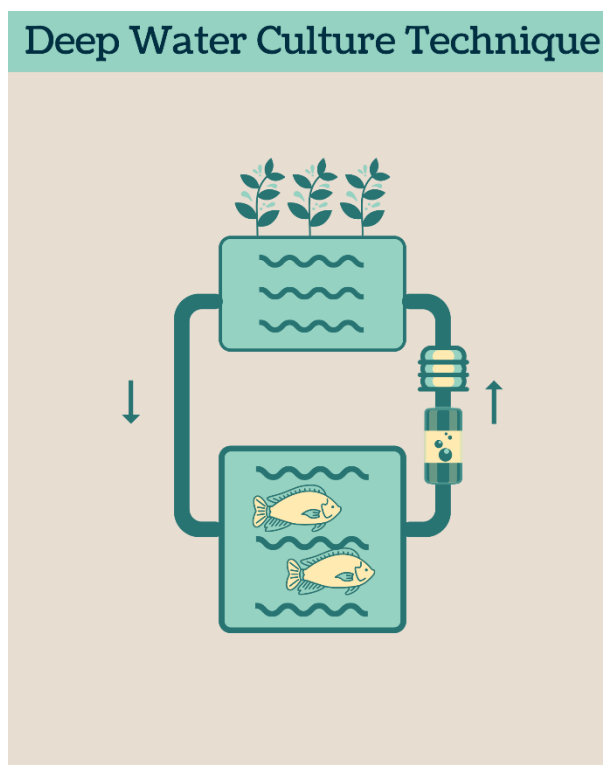
5.2.1.2 Deep Water Culture Technique

Dette system er konstrueret ved at polystyrenplader med huller i placeres således, at planter flyder oven på en vandbeholder, mens planternes rødder ligger under vand, som oplever en konstant strøm. Denne måde at dyrke på, er den mest almindelige indenfor kommercielt akvaponik. Her dyrkes ofte kun en specifik afgrøde som typisk er salat, salatblade eller basilikum, da disse egner sig særdeles godt til denne type akvaponik. Der ligger dog en begrænsning i, at rødderne konstant er under vand. Det er nemlig ikke alle planter og grøntsager som kan tåle konstant at have våde rødder. Det er derfor relevant, inden opsætning af dette Akvaponiske system, at man har styr på, om de grøntsager man ønsker at dyrke, kan tåle dette system. I dette system er der modsat Media Bed Technique to separate filtreringstanke, ét mekanisk og ét biologisk. Disse filtreringstanke skal tjekkes

jævnligt således at størrelsen på overfladearealet er dimensioneret rigtigt i forhold til bakterievæksten, for at sikre at systemet er i balance (Sommerville et al., 2014).

Denne måde at dyrke akvaponik på, er bedre tilpasset til en større skala operation som typisk også vil være mekaniseret. Her kan planter altså gro hurtigere og mere effektivt, hvilke giver mere udbytte samlet set. Hvis systemet laves i mindre skala, vil der være flere udfordringer forbundet hermed, da systemet i sig selv er mere kompliceret end f.eks. Media Bed Technique systemet (Sommerville et al., 2014).

Systemet er visualiseret i Figur 10.



Figur 10 (Egen produktion)

5.2.1.3 Tilapia

I forbindelse med de fisk som der umiddelbart bedst kan betale sig at bruges i et akvaponisk system, er det værd at kigge på tilapia fisken. Tilapiaen fungerer godt i et akvaponisk system, fordi den kan tåle store variationer i PH-værdier, da den kan leve i vand der har en PH-værdi mellem 5 og 10 (Sallenave, 2016). Tilapiaen lever bedst i vandtemperaturer på omkring 26°C, dette vil sige at der er behov for en stabil varmetilslutning til det bassin fiskene lever i. Tilapien vokser og formerer sig hurtigt, hvilket er vigtigt at tage højde for og holde regelmæssig kontrol med bestanden (Advising, P, 2022). Arten er omnivorer, hvilket er en fordel med hensyn til den ønskede symbiose, og den skal fodres tre gange om dagen. Tilapia indeholder 26,2 g protein og 3 gram fedt pr. 100 g., og er derfor en god kilde til protein og har et lavt indhold af fedt (U.S. Department of Agriculture, 2019) (Pearson, 2017). I undersøgelser der kigger på FCR-værdien for tilapia fisk, har man fodret dem med 28-32% proteinbaseret foder, og opnået et FCR-resultat på 1,3. Det noteres dog at dette resultat kun opnås hvis fisken lever under perfekte forhold, og derfor oftere har en FCR-værdi mellem 1,5 og 1,8 (Rakocy & McGinty, 2005).

5.2.1.4 Regnbueørred

En anden mulig fisk, som egner sig godt til brug i et akvaponisk system, er regnbueørreden. Ligesom med tilapia fisken, så kan regnbueørreden leve af at spise insekter, hvilket vil være passende for det ønskede system (Miljøstyrelsen, n.d.). Derudover er regnbueørreden også hurtigt voksende, og kan klare at leve tæt sammen med andre regnbueørreder (Editorial Staff, 2019). Regnbueørreden kan leve i forholdsvis lave temperaturer, som veksler mellem 10-18°C (Editorial Staff, 2019), og har derudover et protein- og fedtindhold på 18,4 g. og 6 g. pr. 100 g. (Maddata, n.d.) (Rapsol, n.d.). For at trives bedst har den desuden behov for vand med en PH-værdi på mellem 7-8 (Aqueon, n.d.). Derudover bør man være opmærksom på at selvom regnbueørreden kan leve tætpakket, så vil det kræve en regulær tilstrømning af vand, og derfor vil det være bedre at have dem på et større område (Brooke, n.d.). I forhold til regnbueørreden så har en undersøgelse vist, at hvis man fodrer den med foder som indeholder 36% eller 43% protein, kan man opnå en FCR-værdi som ligger på henholdsvis 1,3 og 1,17 (Murathan et al., 2007). En anden undersøgelse har vist, at regnbueørreder der har levet i en dam, hvor de er fodret med ekstruderet foder, kan opnå en FCR-værdi på 0,98. Hvis de i stedet fodres med pelleteret foder, så opnår man en FCR-værdi på 1,43 (Pirali Kheyraadi et al., 2013). Som det også er beskrevet ovenfor, så kræver disse FCR-målinger at regnbueørreden lever under de bedst mulige forhold.

5.2.2 Teknologiske artefakter

Fysiske rør og pumper indgår mellem forskellige led og dele af det akvaponiske system. De bruges helt lavpraktisk til at transportere ilt, vand og næringstoffer rundt mellem de forskellige komponenter i systemet. Plantebokse, plantebede og vækstmedier bruges til at understøtte planternes vækstbetingelser. Disse artefakter er ofte konstrueret af hård plast, PVC-rør eller polystyrenplader, med huller store nok til at et rodnet fra planterne kan vokse. Her er der også rigelig plads til at vandet, der tilføres, kan løbe igennem og drænes fra. Uden disse artefakter ville det ikke være muligt at dyrke planter, da de i så fald ikke ville kunne optage de vigtige næringstoffer fra fiskene og dermed bidrage til processen, med at rense vandet så det kan cirkuleres tilbage til fiskene (Sommerville et al., 2014).

Yderligere er der overordnet to filtre der indgår i systemet: et mekanisk og et biologisk. Det mekaniske filter er et stort filter som har til formål at fjerne alle større ekskrementer fra det vand der løber fra fisketanken til plantebedene. Det biologiske filter er et mindre filter som vandet

efterfølgende løber igennem. Her lever en række bakterier, som omdanner de giftige stoffer fra fiskeekskrementerne til vigtige næringstoffer for planterne. Overfladearealet i filtret bestemmer hvor mange bakterier det er muligt at have og dermed også hvor stor fisketanken kan være, da flere bakterier gør det muligt at omdanne mere ammoniak (Sommerville et al., 2014).

Det skal dog nævnes, at hvis man bruger Media Bed Technique, så indgår de to filtre ikke separat som i ovenstående, men er en del af selve vækstmediet, som også bruges til at dyrkning af planterne.

Det foder system der ofte bruges i et akvaponisksystem, sørger for at fiskene på faste tidspunkter bliver fodret med den korrekte mængde foder. Dermed kan det rent matematisk kalkuleres hvor meget fiskene skal have, så fiskene får den præcise mængde foder og dermed kan det sikres, at de resterende komponenter i systemet ikke bringes ud af balance.

Fisketanken er det største artefakt i systemet. Den er normalt konstrueret af solidt materiale, og ofte bruges hård plast eller fiberglas grundet deres holdbarhed og lange levetid. Mange forskellige typer og forme af tanke kan benyttes, men oftest vil det være fordelagtigt at bruge en rund tank med en flad bund, da en rund tank vil sikre at der sker en naturlig cirkulation af både fiskene og de fiskeekskrementer som udledes. Dermed er der en minimeret risiko for tilstoppelse af giftige stoffer i tanken (Sommerville et al., 2014).

Fisketanken, som fiskene lever i, skal konstant opretholdes og være i balance. Det vil sige at vandet og fiskene i tanken løbende skal tjekkes ud fra en række parametre. Herunder at ammoniak niveauet ikke bliver for højt, PH-værdien skal ligge stabilt, og temperaturen af vandet må hverken blive for høj, eller for lav. Yderligere skal iltindholdet, samt mængden af positive ioner i vandet som f.eks. mængden af magnesium, calcium og jern være balanceret korrekt.

De fysiske artefakter i systemet faciliterer altså flere forskellige biologiske processer, som tilsammen udgør det lukkede økosystem (Sommerville et al., 2014).

5.2.3 Utilsigtede effekter

Ved anvendelsen og opsættelse af et akvaponisk system, kan der opstå en række utilsigtede effekter. Først og fremmest kræver det en del baggrundsviden om hvordan systemet fungerer, inden det kan opsættes. Udover det er der også risiko for at, der kan opstå problemer undervejs efter opsættelse. Løsningen af disse problemer kræver en stor viden om selve systemet, for at de kan løses på en hensigtsmæssig måde (Goddek et al., 2014).

En utilsigtet effekt ved at det kræver stor viden at igangsætte, og ikke mindst vedligeholde, systemet, vil derfor være risiko for en lang implementeringstid. Der vil med høj sandsynlighed skulle

bruges tid på at uddanne folk i hvordan man opererer et akvaponisk system, før en igangsættelse kan finde sted.

Elektricitet er desuden et bærende og livsnødvendigt element for hele systemet, og skulle strømsvigt forekomme kan det medføre store konsekvenser for alle komponenter i systemet.

Der skal yderligere være styr på den PH-værdi vandet har, da forskellige fiskearter har bestemte PH-værdier som de lever bedst i (Goddek et al., 2014). Hvis PH-værdien skulle begynde at afvige fra fiskenes optimale PH-værdi, så kan det resultere i at fiskene dør. Derudover skal man også sikre sig, at det vand som fiskene lever i, indeholder de rigtige elementer for at den optimale trivsel kan sikres. Herunder skal der måles på temperaturen i vandet, mængden af nitrogen og ammoniak og fiskene skal observeres, med henblik på at fjerne syge eller døde fisk fra resten af stimen (Sommerville et al., 2014). Dette kræver at vandet bliver tjekket på en daglig basis for at sikre, at der ikke kommer for stor ubalance i systemet (Sommerville et al., 2014). I forbindelse med det førnævnte, kan det også ske det, at fiskene eller planterne kan blive syge i løbet af natten, når der ikke bliver ført tilsyn. Hvis der først opstår sygdom hos enten planterne eller fiskene, kan det medføre at hele systemet bliver påvirket negativt (Sommerville et al., 2014).

Generelt set taber et akvaponisk system ca. 1-3% af den totale vandmængde i systemet pr. dag, alt efter hvilke planter der dyrkes i systemet, samt hvor det er placeret i forhold til klimazoner. Dette sker ved at vandet suges op af planterne igennem naturlige processer, hvorefter de f.eks. begynder at producere grøntsager. Udover dette forsvinder noget af vandet til fordampning samt ved diverse arbejdsprocesser som udskiftning af planter, fisk eller andet teknik (Sommerville et al., 2014).

Det skal yderligere nævnes at grøntsager som producerer frugter, heriblandt græskar, kræver større mængder næring end f.eks. grøntsager der producerer blad grønt, herunder basilikum eller salat. Det vil derfor være væsentligt at skulle tilføre mere foder til fiskene samt sørge for at bestanden er stor nok til at dette kan faciliteres. Denne faktor er dog ikke væsentlig, da projektet ikke estimerer det som værende problematisk at skulle tilføre mere føde til fiskene (Sommerville, et. al., 2014).

5.2.4 Modeller af teknologier

Tilapiaen skal bruge omkring 11,3-18,9 liter vand for at kunne leve optimalt, hvilket betyder, at hvis man har omtrent 30 tilapiaer, så har de behov for en tank på 500 liter. Tilapiaen har let ved at formere sig og vokser hurtigt. Den skal bruge omkring seks måneder på at blive fuldvoksen og ender

med at veje mellem 453 gram-907 gram. Hvis en tilapia i gennemsnit vejer omkring 680 gram, svarer det altså til 40,8 kg udbytte pr. m³, og 6,8 kg. udbytte pr. m³ hver måned (Advising, P, 2022).

For en regnbueørred som vejer 453 g., anbefales det at den skal bruge 11,3 liter vand for at kunne leve optimalt. Det tager 10-12 måneder før den er fuldvoksen, og det anbefales at hvis man har en tank på 3,78 tusind liter, så kan man have 100 regnbueørred i tanken (Barth b 2017). Dette betyder at man kan have 26,4 regnbueørred pr. m³, hvilket over 11 måneder svarer til 1,08 kg. udbytte månedligt pr. m³.

Der er som plantetype blevet lagt fokus på græskartypen Cinderella Pumpkin, som gennemsnitligt har en vægt på 13 kg. for hver frugt. Planten gror i gennemsnit 5 græskar pr. plante, og bruger omkring 2 m² for en plante. Man får altså omkring 2,5 græskar pr. m². Det tager omkring 4 måneder for planten at blive klar til høst, så i et system med én Cinderella Pumpkin plantet hver måned, vil man kunne opnå et udbytte på 32,5 kg. pr. m² hver måned (Wildrose Heritage Company, n.d.).

5.3 Komparative analyser

I dette kapitel, vil tal og data blive sammenlignet for at få en bedre forståelse af kvaliteterne fra de enkelte hovedaktører i systemet, altså akvaponiske systemer, fisk og insekter. Aktørerne vil blive bedømt og vægtet ud fra tre primære punkter som er proteinindhold, FCR-værdi og arealanvendelse. Her vil proteinindhold være den vigtigste faktor, med FCR-værdi og arealanvendelse som værende sekundære. Andre faktorer vil også blive fremført her, men er tiltænkt som uddybende information og har derfor ikke den store vægt for en endelig bedømmelse. I slutningen af kapitlet vil der blive udvalgt et akvaponisk system, en fiskeart og en insektart, som delelementer af det samlede teknologiske system, som bliver kaldt et Entomo Akvaponisk system.

5.3.1 Insektarter

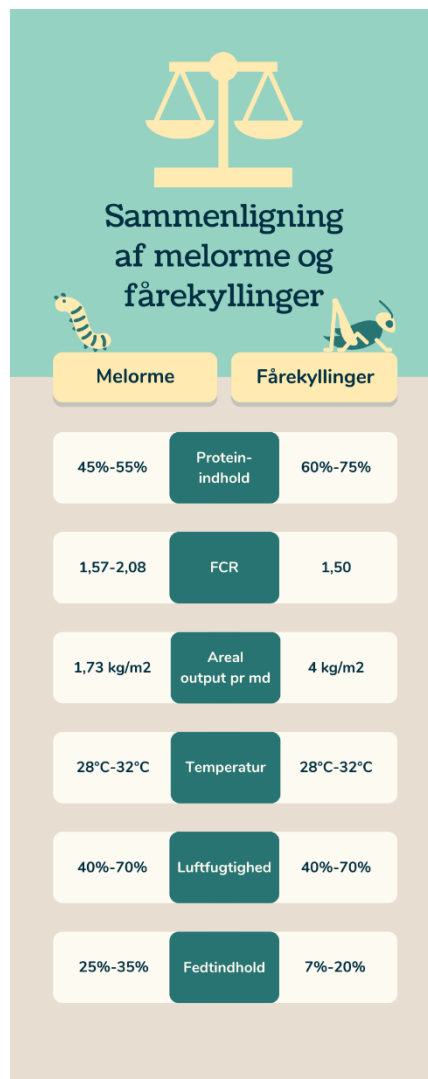
Ud fra den empiri der er blevet indsamlet, er fårekyllingen den bedste kandidat hovedsageligt grundet dens høje protein indhold, større månedligt output, samt den lave FCR-værdi. Udover disse to parametre er der ikke store forskelle på de to insektarter. Melorme går også igennem et ekstra stadie i form af pubbe- og melskrubbestadiet. Dette kan gøre opstarten af en melormefarm mere kompliceret, sammenlignet med en fårekylingefarm. Det længere stadie resulterer i, at det vil tage længere til at opdrætte melorme, end den tid det vil tage at opdrætte fårekylinger fra æg til færdigt produkt.

Se Figur 11 for sammenligning af data.

5.3.2 Akvaponiske systemer

Projektet har valgt Media Bed Technique til det Entomo Akvaponiske system, da dette system vil kunne imødekomme projektets behov i forhold til dyrkning af den valgte plante. Græskar er den plante projektet har tiltænkt at dyrke i systemet og bruge som foder til insekterne. Det er dermed altafgørende at det valgte Akvaponiske system skal kunne facilitere vækstbetingelser for denne plante. Flexibiliteten ved at bruge Media Bed Technique er, at det er muligt at dyrke lige præcis den plante man har lyst til, heriblandt græskar. Havde man valgt DWC-Technique istedet, ville man være begrænset til færre mulige planter, da planterne i systemets rødder konstant ligger i rindende vand, samt at dybden til rødderne er begrænset, da smalle PVC-rør benyttes. Yderligere er Media Bed Technique simplet med henhold til filtrering. I Media Bed Technique fungerer vækstmediet både til dyrkning af planterne samt filtrering, hvorimod man ved DWC-Technique bruger to separate filtre udover det medie man har til at understøtte planterne. Da disse ovennævnte faktorer vægtede højt for det endelige Entomo Akvaponiske system, blev Media Bed Technique udvalgt.

I forhold til at finde frem til valget af hvilken plante der vil blive brugt i det Akvaponiske system, er der blevet kigget på fårekyllingens behov. Dette skyldes at plantens primære funktion i det Entomo Akvaponiske system, vil være som føde til fårekylingerne. Derfor er valget faldet på græskar, da den



Figur 11 (Egen produktion)

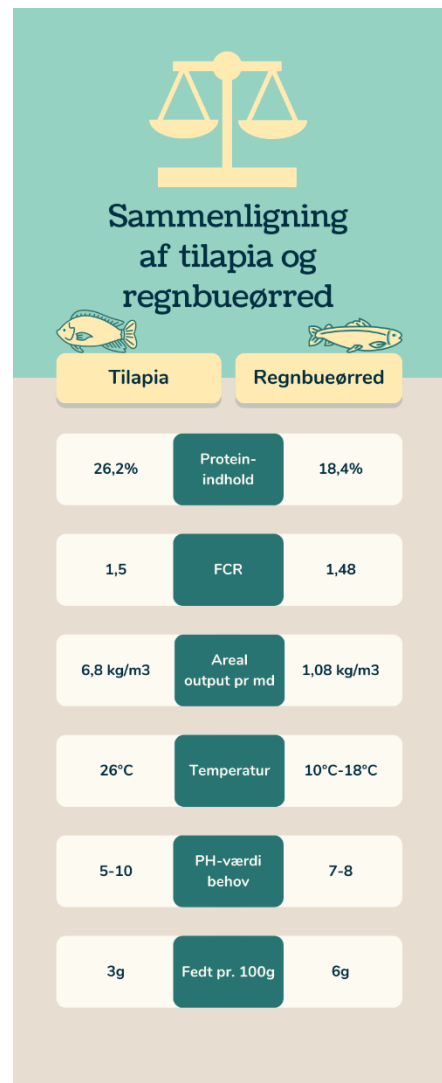
giver fårekyllingen en god smag, når den spises af mennesker. Det viser sig også at fårekyllinger har en bedre FCR-værdi, når de fodres med en blanding af proteinbaseret kost og græskar. Valget af græskar som plante understøttes yderligere af en undersøgelse som har vist, at det vil være muligt at have både græskar og tilapia fisk i et akvaponisk system (Gichana et al., 2019).

5.3.3 Fiskearter

Da protein er det primære fokus for dette projekt, er beslutningen faldet på tilapiaen grundet dets høje indhold af protein. Derudover kan tilapiaen bedre tåle at leve i mindre områder. Dette er ideelt for projektet, som gerne vil benytte et akvaponisk system som har den mindst mulige arealanvendelse. Tilapiaen kan også tåle et større udsving i vandets PH-værdi, som resulterer i et system der er mere modstandsdygtigt overfor utilsigtede PH-svingninger.

Det er værd at bemærke at FCR-værdien for tilapiaen, som er 1,5, er højere end regnbueørredens, som er 1,48. Derudover taler vandtemperaturen for regnbueørreden, som en bedre kandidat til systemet. Dog anses disse fokuspunkter som værende sekundære i projektet, og derfor er tilapiaen blevet udvalgt til det Entomo Akvaponiske system.

Se Figur 12 for sammenligning af data.



Figur 12 (Egen produktion)

5.4 Det Entomo Akvaponiske System

Det Entomo Akvaponiske system, som tager udgangspunkt i den komparative analyse, kombinerer et akvaponisk system med en insektfarm. Med denne sammensætning estimeres det, at det samlede system kan understøtte sig selv med henblik på foder, samtidigt med at fisk og insekter kan tages ud af systemet. Herfra kan de sælges som proteinholdige fødevarer til slutbrugeren.

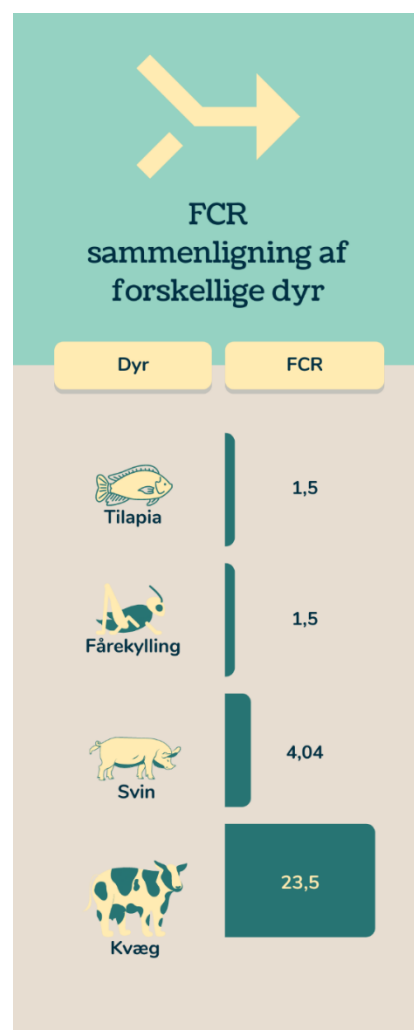
5.4.1 Teknologiers indre mekanismer og processer

I dette kapitel vil der blive dykket ned de dele af systemet, som er unikke ved det Entomo Akvaponiske system, der vil kunne producere animalsk protein med en lavere FCR-værdi end i dag. Se Figur 13 for en sammenligning med den nuværende animalske proteinproduktion.

Dykker man ned i det Entomo Akvaponiske systems indre processer og mekanismer, vil det ses at systemet bruger udbytte fra forskellige processer på tværs af systemet, og anvender dem som føde til de fisk og insekter der lever i systemet.

Tager man udgangspunkt i det akvaponiske system anvendes Media Bed Technique. Græskar bruges som plante i det Entomo Akvaponiske system, og de opbevares i et drivhus separat fra tilapia fiskene mens de modnes. Drivhuset sørger for at græskarrene har adgang til sollys og afskærmer dem fra vind og vejr. Hvis der ikke er sol, vil LED lamper sørge for at græskarrene får det UV lys de har behov for. Når de er modne, bliver de høstet og overført som foder til fårekyllingerne. Tilapia fiskene holdes i et rum for sig selv, der er afskærmet fra solen, hvor de fodres med proteinbaseret foder lavet af fårekyllingemel. Dette produceres med fårekyllinger fra systemets insektproduktion, som administreres af et automatisk fodersystem, der sørger for at fiskene fodres tre gange om dagen. På denne måde sparer man arbejdskraft og kan dermed bruge mere tid på monitorering af tilapiaernes helbred og trivsel. Når tilapiaerne efter ca. seks måneder er fuldvoksne, så bliver de høstet og leveres videre til kommercielt forbrug.

Insektdelen af systemet er baseret på en industriel fårekyllingefarm. Fårekyllingerne lever i rum separate fra resten af produktionen, hvor de kan stables i kasser, for på den måde at benytte mindst muligt areal. Fårekyllingerne fodres dagligt med græskar, samt proteinbaseret foder lavet på fårekyllingemel. En andel af de fuldvoksne fårekyllinger høstes til foder og resten til kommercielt forbrug. Før de er klar til at blive efterbehandlet skal de først aflives, og dette gøres ved at nedfryse dem, hvorefter fårekyllingerne langsomt går i hi og til sidst dør. Efter nedfrysning bliver fårekyllingerne frysetørret, for på den måde at få dræbt uønskede organismer og bakterier,



Figur 13 (Egen produktion)

samt at øge holdbarheden. Fårekylingerne til kommercielt brug er klar efter denne del af processen. Efter dette stadie er fårekylingerne, som skal bruges til foder, klar til at blive malet til mel og bliver hældt på en kværn, der kværner de hele fårekylinger til proteinmel. En del af dette mel bliver brugt som foder til fårekylingerne, hvor en anden del af melet bliver omdannet til pelleteret foder gennem en opvarmningsproces, hvor det bliver sammenpresset til pille lignende foder, der bruges som fiskefoder.

5.4.2 Teknologiske artefakter

Fodersystemet til tilapiaerne består af en beholder med det pelleterede foder. En sluse i bunden af beholderen, der kan åbnes og lukkes mekanisk, sørger for at der kan leveres foder til fiskene på bestemte tidspunkter i løbet af dagen. Der kan tilføres foder fra toppen af beholderen gennem et lufttæt låg der sikrer at der ikke kommer andet end foder ind i beholderen.

Drivhuset der huser plantedelen af det akvaponiske system, er udformet så der er plads til at græskarrene kan vokse på hver sin side af det vækstmedie der tilfører næringen til selve roden. Græskarrene fylder en del, og det er derfor vigtigt at de har nok plads, samt at de har adgang til naturligt sollys, eller UV-lys.

Kasserne fårekylingerne opbevares i er 100x100x40 cm., hvor æggebakkerne er 30x30 cm. Æggebakkerne, som insekterne gemmer sig i, vil fylde omtrent halvdelen af plastikkassens areal. Plastikkasserne stables i otte lag ovenpå hinanden, for på den måde at udnytte pladsen mest effektivt. Kasserne har et låg der kan åbnes ovenfra, hvor foderet kan tilføres, og ventilation kan komme i gennem. Det vil være nødvendigt at have et varmesystem, som en del af insektfarmen. Systemet skal kunne regulere varmen i rummet og dermed sørge for, at insekterne ikke har det for koldt eller varmt. En anden vigtig faktor for insekternes trivsel er luftfugtigheden som systemet ligeledes skal kunne regulere, for at opretholde det optimale indeklima.

Med den mængde af fårekylinger der skal nedfryses, vil det være nødvendigt at have et rum dedikeret til nedfrysningprocessen. Her vil der blive benyttet en stor industri fryser, så der er mulighed for at fryse mange fårekylinger ned på én gang. Når fårekylingerne er færdige med nedfrysningen, skal de igennem frysetørningsprocessen. Frysetørring benyttes til efterbehandlingen af fårekylingerne, og ved denne proces bliver de allerede frosne fårekylinger placeret på bakker inde i et frysetørrekammer. Herfra tændes der for en vakuumpumpe der skaber negativt tryk i selve kammeret. Fårekylingerne bliver opvarmet ved høj varme, hvilket resulterer i at isen der normalt ville smelte og blive til vand, i stedet direkte bliver omdannet til damp. Processen kræver to kamre,

frysetøringskammeret og et kammer der er designet til at oplagre det vand, der bliver frysetørret fra fårekylingerne. Trykket i frysetøringskammeret er lavere end trykket i vandoplagringskammeret, hvilket resulterer i at den is der bliver omdannet til damp, vil blive suget ind i kammeret og efterfølgende frosset til is igen. Efter denne proces er ca. 93% af vandet i fårekylingerne blevet fjernet, og derefter vil de være klar til at blive kværnet til mel eller solgt hele til slutbrugeren (Hilgedick, A. 2020).

En industrikværn bruges til at male de frysetørrede fårekylinger, som skal bruges til foder, til mel. Når fårekylingerne skal kværnes, hældes de ned i et kammer med rotorblade, der kan sættes i gang ved et tryk på en knap. Her er det vigtigt, at låget til kammeret er blevet sikkert forseglet af sikkerhedsmæssige årsager. Efterfølgende kan melet i kammeret hældes over i kasser, for på den måde at blive transporteret videre til pelletering eller fodring.

For at melet kan omdannes til fiskefoder, skal det igennem pelleteringsprocessen der omdanner melet til faste pellets. Processen indebærer fire trin, den første del værende presningen af melet, hvor melet bliver tilført fugt og varme i en kaskadeblender. Efter blandingsprocessen bliver melet presset sammen, og på denne måde klæber melet sig sammen til større stykker. Næste del er nedkøling, og her køles de pressede melstykker ned, og på den måde hærder massen sig til en fast form. Køleenheden er indrettet så de hærdede stykker påføres øverst i enheden og bliver fordelt af maskinen, for at sikre at nedkølingen forekommer jævnt. Efterfølgende bliver de hærdede melstykker sendt direkte fra nedkølingsenheden over til granulering mellem to rillede valser, denne proces sørger for at foderet får en størrelse der er hængsigtmæssig for konsumering af fisk. Sidste step er sigtning, hvor smuld og stykker der er for store sorteres fra det endelige foder. De stykker der er for store til at blive brugt som fiskefoder køres igennem pelleteringsprocessen endnu en gang, indtil de har den rigtige størrelse (Skiold, n.d.).

5.4.3 Utilsigtede effekter

Systemet drager fordel af at kunne producere foder til både fisk og insekter, hvilket under normale omstændigheder skal indkøbes udefra. Systemet er dog til en vis grad skrøbeligt og kræver en del viden og erfaring inden for akvaponik og insektfarme. Systemet, der er meget anderledes fra den konventionelle animalske proteinproduktion, er tiltænkt som et alternativ til dette. Det er derfor vigtigt at forstå, at det vil blive svært for landmændene at skulle omstille sig til et system der er så komplekst. Derfor kræver det som minimum, at de landmænd som skal omstille deres landbrug, går gennem grundig oplæring før de sætter systemet i brug.

Desuden er systemet yderst afhængig af elektricitet, da både akvaponik, insektfarm og efterbehandling ikke fungerer uden adgang til strøm. Derfor er det vigtigt at tage højde for strømafbrudelser, der potentielt set kunne ødelægge hele systemet. En nødgenerator kunne afhjælpe dette problem, skulle en strømafbrudelse opstå. Der er derudover utilsigtede effekter i både det akvaponiske system, samt ved insektfarme, som er blevet nævnt i gennemgangen af disse systemer tidligere.

5.4.4 Modeller af teknologier

For at få en idé om effektiviteten ved brug af det Entomo Akvaponiske system, så har det været nødvendigt at fortage udregninger på det udbytte man vil opnå. Dette er blevet udregnet med fokus på arealet, og tallene afspejler derfor hvor mange kg. græskar, tilapia- eller fårekillingekød man opnår pr. m² eller m³.

Der er hovedsageligt blevet benyttet gennemsnitberegninger, der er opnået ved andre forsøg, og som er blevet redegjort for tidligere i dette projekt. *Foderbehovet* for hhv. tilapiafiskene og fårekillingerne er udregnet ud fra deres månedlige udbytte ved høst, ganget med deres udregnede FCR. Disse tal er alle repræsenteret i Figur 14, som er blevet brugt til de efterfølgende udregninger. Udbyttet af tilapiaer er udregnet ud fra en gennemsnitsvægt ved høsten.

Produktions overblik	
Fårekylinger	
<i>Udbytte i kg. pr. m2 pr. md</i>	<i>Vertikale kassers størrelse i cm</i>
4	100*100*40
<i>FCR</i>	<i>Foderbehov i kg. pr. m2 pr. md</i>
1,5	6
<i>Proteinbaseret insektmelskost</i>	<i>Græskarbaseret kost</i>
50%	50%
Tilapiaer	
<i>Udbytte i kg. pr. m3 pr. md</i>	<i>Tanke pr. m3</i>
6,8	1
<i>FCR</i>	<i>Foderbehov i kg. pr. m3 pr. md</i>
1,5	10,2
<i>Proteinbaseret insektmelskost</i>	
100%	
Græskar	
<i>Udbytte i kg. pr. m2 pr. md</i>	<i>Planter pr. m2</i>
32,5	2,5

Figur 14 (Egen produktion)

Da fårekylingerne benyttes som foder til både dem selv, men også til tilapiaerne, så har det været vigtigt at undersøge, om det er muligt at have en stor nok bestand til, at kunne fodre hele systemet. Det har derfor været nødvendigt at foretage udregninger på hver af de forskellige dele af systemet, hvilket er blevet gjort ved at opskalere de forskellige dele hver for sig. Dette kan ses i Figur 15. Værdierne for *Kg. foder pr. md.*, *Kg. udbytte pr. md.* og *Areal* tager alle udgangspunkt i deres værdier for én måned. Derfor forstås der ved *Opskalering af m²/m³*, at værdierne for f.eks. *Fårekylinger* i Figur 14 er blevet ganget med 43.

	Opskalering af m2/m3	Produktion				
		Kg foder pr. md.		Kg udbytte pr. md	Areal	
		Protein	Græskar		m2	m3
Fårekylinger	43	129	129	172	17	
Tilapiaer	2	20,4		13,6	2	
Græskar	4			130	10	

Figur 15 (Egen produktion)

Her ses det, at der ved et system hvor fårekylingerne lever i kasser af størrelsen 100x100x40 cm., stablet med otte kasser i højden, vil kunne opnås et udbytte på 172 kg. fårekylinger, på 17 m³, hver måned. Det kræver dog, at man har tilpasset sin population af fårekylinger således, at man har et kuld der er klar til høst hver måned.

Dette gælder også ved kig på *Tilapiaer*. Da en tilapia i gennemsnit bruger seks måneder på at nå sit endelige stadie, så kræves der god kontrol, og et tilpasset system, så det kan lade sig gøre at have udbytte hver måned.

Opskaleringen af *Fårekylinger*, *Tilapiaer* og *Græskar* er beregnet ud fra et behov om at ende med et overskud af udbytte. Dette gælder især ved *Fårekylinger* og *Græskar*, da disse benyttes til foder i det Entomo Akvaponiske system, og derfor er essentielle for funktionaliteten.

I Figur 16 er de udregnede resultater repræsenteret. Her ses det, at der ud af de 172 kg. fårekylinger, som er blevet opnået ved høsten, er 22,6 kg. tilbage. Dette skyldes at der hver måned benyttes 129 kg. til at fodre fårekylinger, og 20,4 kg. til at fodre tilapiaer. Det ses også at 129 kg. græskar benyttes til at fodre fårekylingerne, hvilket resultere i et overskud på 1 kg.

Udbytte				
Overskud af føde i kg. pr. md.			Totalt udbytte i kg. pr. md.	
<i>Fårekyling</i>	<i>Tilapia</i>	<i>Græskar</i>	36,2	
22,6	13,6	1,0	Totalt areal benyttet	
			<i>m2</i>	<i>m3</i>
			10,0	19,2

Figur 16 (Egen produktion)

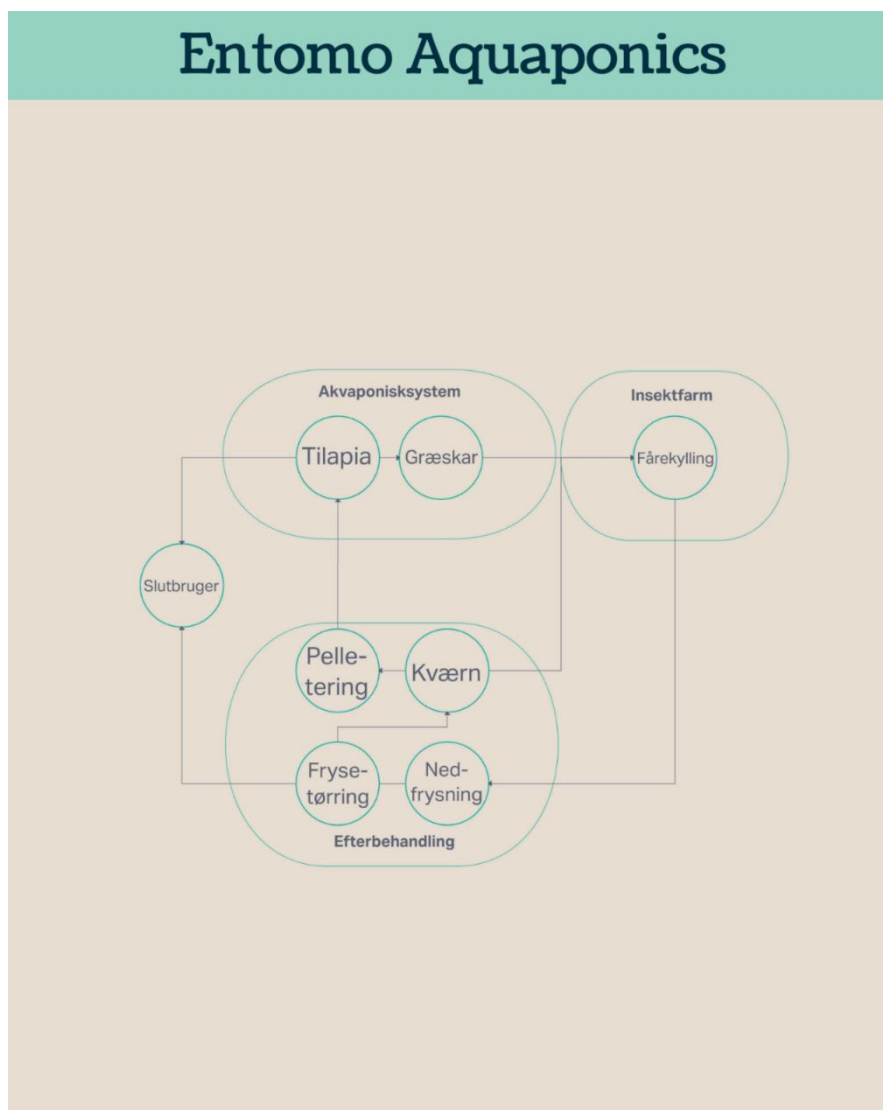
Derfor har systemet et udbytte på 36,2 kg. mad pr. måned, men da græskarrene ikke anses som værende et produkt til videresalg i systemet, så er det reelle udbytte til slutbrugeren på 35,6 kg. Den animalske proteinproduktion fylder 19,2 m³, og græskar produktionen fylder 10 m². Fårekylingerne bliver, modsat det thailandske system, udregnet som m³, da de huses i vertikale systemer, hvor kasserne er stablet ovenpå hinanden. Dette betyder altså, at man opnår et udbytte af *Fårekyling* og *Tilapia* på 1,83 kg. pr. m³ hver måned.

6. Designrationale

Efter at have lavet komparative analyser af de forskellige komponenter som udgør det Entomo Akvaponiske system, kan man i Figur 17 se hvordan det forestilles at det endelige system kommer til at hænge sammen. Det illustrerede flow chart af det Entomo Akvaponiske system er konstrueret for at give et mere overskueligt blik på hvordan processen helt lavpraktisk kommer til fungere. Her visualiseres de forskellige individuelle processer i systemet samt hvordan de i sammenspil udgør det Entomo Akvaponiske system. Øverst på billedet ses de to individuelle systemer akvaponik og

insektfarme. Her bruges insekter til produktionen af foder til fiskene samt til proteinslutproduktet til mennesker. I det akvaponiske system dyrkes græskar som bruges til foder til insekterne, og yderligere opdrættes fisk der ender som slutprodukt til mennesker. I midten af billedet ses forarbejdningsprocesserne i systemet, i det der kaldes efterbehandling. Her skal insekterne nedfryses, frysetørres, kværnes og pelleteres inden de kan benyttes som foder til fiskene. Ydermere vil en del af insekterne efter frysetørring ende som færdigt produkt hos slutbrugeren.

Det tænkes at det Entomo Akvaponiske system som udgangspunkt bedst ville egne sig til at blive placeret ude for byområderne i landlige forhold, hvor produktionen kan foregå med minimal risiko fra udefrakommende kilder. Det vil dog ikke være umuligt at opsætte systemet i byer med industri kvarterer, her skal der dog være opmærksomhed på risiko for eventuelle forureningskilder fra nærliggende industri.



Figur 17 (Egen produktion)

6.1 Designproces

Projektet tog sit udgangspunkt i at søge efter et alternativ til den nuværende fødevareproduktion. Først var ønsket at sammensætte forskellige alternative fødevareproduktioner til et samlet cirkulært system, som kunne opfylde et menneskes behov. Samtidig var der fokus på, at det samlede system skulle benytte så lidt areal som muligt, da store dele af Danmarks areal benyttes til landbrug.

Hurtigt blev der lagt fokus på at undersøge insektfarme, akvaponik og vertikale farme. Disse tre skulle kunne passe ind i et cirkulært system, som kunne tilføre hinanden de nødvendige input, og samtidig producere føde til mennesker.

Efter samtaler med vejleder, og længere tids undersøgelser, blev det besluttet at indskrænke projektet til at fokusere på at skabe et alternativ til den animalske proteinproduktion, på et mindre areal end i dag. Der blev derfor også indskrænket mængden af alternative fødevareproduktioner, så der ikke længere blev kigget på vertikale farme. Projektet bestod derfor nu af to fokusområder, som begge har mulighed for at producere føde der indeholder store mængder af protein, samt har mulighed for at give input til hinanden, og derfor begrænse tilføjelse af føde udefra.

For at forstå de to valgte systemer, blev der ved hjælp af udvalgte trin fra TRIN-modellen, undersøgt hvordan de fungerer i sig selv. Dette skabte et overblik over de forskellige indre mekanismer, og hvilke utilsigtede effekter der kunne opstå i det endelige system. Da insektfarme kan benyttes med mange forskellige typer insekter, og akvaponik findes i forskellige typer systemer, med forskellige typer fisk, så var det nødvendigt at foretage komparative analyser. Disse hjalp med at danne et overblik, og også med at udvælge hvad der passede bedst til det endelige system. Ved hjælp af blandt andet paper prototyping, har der været udarbejdet forskellige flow charts, som hjalp med at danne et overblik over det ønskede system. Der er blevet arbejdet iterativt med disse flow charts, da der er tale om et system med mange aktører, som er knyttet til hinanden på kryds og tværs, og derfor har der skulle analyseres og vurderes hvad der er mest effektivt for det ønskede system.

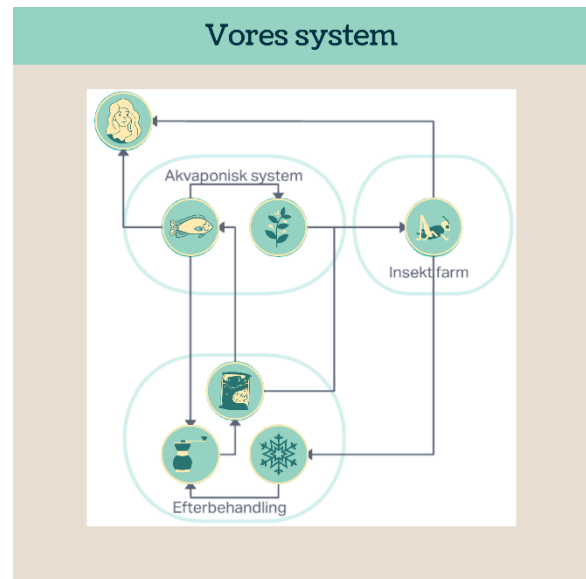


Figur 18 (Egen produktion)

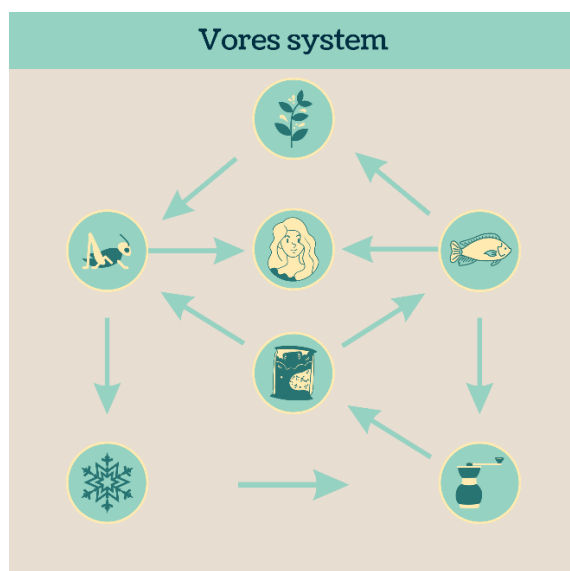
Det endelige system er også blevet analyseret ud fra udvalgte trin fra TRIN-modellen, så det har været nemmere at danne sig et overblik over de indre mekanismer og utilsigtede effekter, men også implementeringen af dette system, som er relevant for dets endelige brug. Figur 18 er et eksempel på en del af den iterative proces, der er blevet gennemgået i forbindelse med udarbejdelsen af de visuelle modeller. Her ønskedes det at visualisere forskellen i FCR-værdier på tilapiaer, fårekylinger, svin og kvæg.

Denne visualisering er dog problematisk at bruge, da cirklernes størrelse ikke viser den store forskel mellem værdierne. I stedet er Figur 13 blevet brugt, da Figur 1 der er brugt som metode, beretter om bedre visualisering ved brug af *Length (1D size)* end *Area (2D size)*.

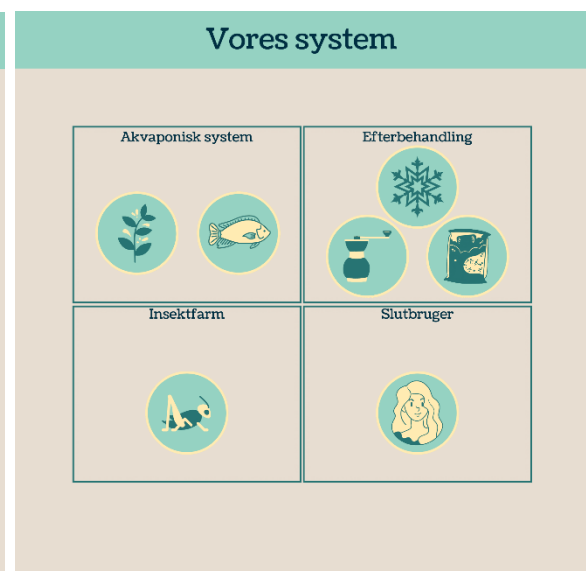
Figur 19, Figur 20 og Figur 21 er eksempler på den iterative proces der er gennemgået for at lave en visuel model for det Entomo Akvaponiske system. På dette tidspunkt i processen var der ikke givet et navn til systemet, og modellerne blev ligeledes benyttet til at danne et overblik over de forskellige aktører i systemet.



Figur 19 (Egen produktion)



Figur 20 (Egen produktion)



Figur 21 (Egen produktion)

7. Diskussion

Projektet kunne have draget fordel af at komme ud og interviewe eksperter indenfor akvaponik og insektfarme i Danmark. Dermed kunne der skabes et overblik over hvilke fisk, systemer, planter og insekter der kunne have været relevante at bruge i det danske klima. Desværre, på trods af flere henvendelser til firmaer og uddannelsesinstitutioner, har det ikke været muligt at komme ud og besøge disse grundet afvisninger eller mangel på tilbagemeldinger. Dette har været en væsentlig barriere og har resulteret i at empirien i opgaven udelukkende er baseret på videnskabelige journaler og fagbøger.

Systemerne, som projektet er bygget op på, er stadig nicher indenfor fødevarereproduktionssektoren, så selvom der nu findes en del viden om emnet, er der stadig mange områder, som der ikke er meget empiri på. Derfor har det været vanskeligt at finde forsøg der belyser effekten på menneskers helbred ved længerevarende indtagelse af insekter. Yderligere er der lovgivning i Danmark med henhold til brug af insekter i fødevarer, og det må derfor formodes at dette har bidraget til at systemerne stadig i stor grad er nicher.

I takt med at disse alternative fødevarer systemer bliver optimeret mere, og bliver mindre omkostningsfulde, igennem nye innovationer, kan det tænkes at flere undersøgelser om disse systemer vil blive igangsat.

Et problem der kan opstå ved, at der i projektet ikke er medregnet økonomi er, at systemet kan vise sig at være mere omkostningsfyldt end den værdi det producerer. Her kan vand og elektricitet især være et problem, da priserne på begge ressourcer kan variere i perioder og være forskellige alt efter hvilket land man befinder sig i. Det må derfor formodes at der vil være mange omkostninger forbundet med opsættelse, drift, vedligeholdelse, samt salg af det færdige produkt, og at det derfor kan vise sig ikke at være økonomisk rentabelt.

Entomo Akvaponik er et komplekst system, som kræver en høj faglighed, hvilket sætter en begrænsning for muligheden af brug for den almene landmand. Alternativt kunne det tænkes at der ansættes en tekniker, der har viden og erfaringer med hvordan akvaponiske systemer opererer. Dermed kunne landmanden tænkes at passe insektdelen af systemet, da det kræver en del mindre erfaring med pumpe systemer og vandsanitet. Da fårekylningeproduktionen skal opereres meget manuelt, kan man med fordel kigge nærmere på teknologiske løsninger der kunne lempe på det manuelle arbejde og derved nedbringe eventuelle omkostninger, samt effektivisere processen.

I forhold til udregningerne om udbytte fra det Entomo Akvaponiske system, så er det vigtigt at forholde sig til, at der er benyttet gennemsnitlige udregninger fra forskellige undersøgelser, og man derfor ikke kan være sikker på, at udbyttet i virkeligheden står til måls med udregningerne.

Ved tallene for græskar kræves det at der plantes en plante hver fjerde måned, for på den måde at have et udbytte til foder hver måned. Her er det nødvendigt, at planterne altid har minimum fem græskar på sig, som har en gennemsnitsvægt på 13 kg. Der er altså stor risiko for, at der ikke opnås det nødvendige udbytte, hvilket er problematisk for fårekylningerne, som er afhængige af græskarrene som foder. Derudover er græskarrene, som bliver benyttet i det Entomo Akvaponiske system, meget vandholdige, hvilket vil sige at græskarrene suger mere vand end andre planter, som f.eks. timian og almindeligt bladgrønt. Derfor vil det være nødvendigt, som følge af dette, at tilføre mere vand til systemet end hvad der skulle gøres under andre omstændigheder.

Fårekylningernes produktion er også udregnet månedligt, men har en levetid på seks måneder. Det betyder, at hvis man ønsker at have et udbytte hver måned, så skal man have forskellige kolonier i gang, på forskellige tidspunkter. Der kunne med fordel være ugentligt planlagte kolonier, så der er et konstant flow af udbytte, men det skal også sikres, at man har mulighed for at blande kolonierne, så man undgår incest.

Tilapiaerne møder samme udfordring ved at have en levetid på omkring seks måneder inden høsten, og derfor skal man sørge for forskellige tidspunkter for tilføjelsen af nye fisk, så man kan sikre sig et mere regulært udbytte.

Grundet at systemet er bygget på biologiske processer, kan det ved opstart af systemet være svært at få et regulært flow, da græskarrene måske ikke får nok næring, grundet mangel på fisk og at insektbestanden ikke for opfyldt deres tilsvarende behov af græskar. Der er altså her tale om en hårfin balance, hvor der må formodes at være et stort besvær ved opstart, hvis ikke foder tilføres udefra indtil der er balance mellem de forskellige dele i systemet. Det antages, ud fra produktionstiden på henholdsvis græskar og fisk, at det som minimum vil tage fire måneder, før systemet er i stand til at fodre sig selv, og herudover seks måneder før der vil komme et salgbart udbytte.

8. Konklusion

Ud fra projektets problemformulering: *Hvordan kan man designe et alternativ til den konventionelle animalske proteinproduktion, med henblik på at reducere den nuværende arealanvendelse?* Kan det konkluderes at projektets løsning med det Entomo Akvaponiske system teoretisk set vil kunne bidrage til en løsning, eller ændring, på problematikkerne omkring den nuværende animalske proteinproduktion. Dette er muligt, grundet den lavere FCR-værdi for dyrene og insekterne der anvendes i systemet, hvilket bidrager til mindre areal anvendt på foder til disse.

Med udfoldelsen af de ovennævnte udregninger og modeller valideres muligheden i at lave et system der kan producere alternative proteiner i form af fisk og insekter til mennesker.

Forudsætningen for dette er selvfølgelig, at der ikke er nogle udsving i forhold til den mængde udbytte, som projektet har estimeret systemet vil kunne producere månedligt. Ser man kritisk på projektet, vil det kun kunne fungere optimalt hvis alle dele og parametre er balanceret korrekt. Der er altså mange forskellige uforudsete hændelser som kan opstå undervejs. Derudover vil det i startfasen af det Entomo Akvaponiske system tage noget tid for systemet at producere brugbart udbytte, det er først når denne startfase er overstået at systemet vil producere et udbytte, som man vil kunne sælge videre til forbrugeren.

9. Perspektivering

Skulle projektet videreføres, kunne det være interessant at sætte systemet op for at teste om det virker i praksis, da systemet indtil nu kun er blevet testet indenfor teoretiske rammer. Her kunne det tænkes, at der vil være en mulighed for at danne ny viden og forståelse for systemets mekanismer. Gennem test af det Entomo Akvaponiske system kan der dannes førstehånds data på hvordan systemets delelementer fungerer sammen og hvorledes der kan itereres på systemet i sin helhed. Systemet ville kunne drage fordel af at blive kvalificeret af eksperter indenfor områder der dækker landbrug, akvaponik og insektfarme, da dette kunne medvirke til større accept af systemet som et bud til et alternativt proteinproduktionssystem.

Miljø- og fødevarerministeriet har lavet en målsætning om at skabe flere naturområder inden århundredeskiftet, derfor kunne det være relevant at snakke med politikere der beskæftiger sig med miljøområdet, da det Entomo Akvaponiske system kunne tænkes at bidrage til at begrænse arealet der bliver brugt til protein produktion (Miljø- og fødevarerministeriet., 2018).

Systemet kunne ligeledes testes i ulande for på den måde at bidrage til mindre hungersnød i fattige områder. Systemet kunne tænkes at blive opført i områder hvor der er begrænset adgang til store mængder vand og landområder f.eks. krigsramte områder i Mellemøsten, Afrika eller lignende. Grundet en højere temperatur i de sydlige lande ville der yderligere ikke være et lige så stort elektricitetsbehov i forhold til insekter og fisks levebetingelser.

Da projektet har været afholdt fra at se på de økonomiske og miljømæssige aspekter af det Entomologiske system, kunne det gennem implementering af systemet også være væsentligt at indsamle data om disse. Dette kunne gøres ved hjælp af sponsorer fra enten universiteter eller andre aktører der kunne have interesse i systemet. Det miljømæssige aftryk kunne udregnes ved forskellige test af systemet i praksis, hvor den indsamlede data om miljøaftrykket kunne sammenlignes med data fra konventionelt landbrug i Danmark.

Det kunne yderligere være interessant at se på hvordan insekter i fremtiden i højere grad vil kunne blive accepteret af EU landenes lovgivning til brug som fødevarer til mennesker. Nye fødevarer der ikke har været konsumeret i nævneværdigt omfang i EU før 15. maj 1997, skal ifølge EU's Novel Food forordning nemlig risikovurderes og godkendes inden markedsføring i EU kan tillades. Dette sikrer at forbrugerne ikke udsættes for unødige sundhedsmæssige risikoer. Som det ser ud pt., så opfylder ingen insekter dette ovennævnte kriterie om at være konsumeret i nævneværdigt omfang og de vil derfor skulle vurderes og godkendes inden de kan markedsføres i EU. I fremtiden, når mere erfaring er opnået ved brug af insekter som fødevarer, kunne det tænkes at disse krav kunne lempes eller helt fjernes. Dette ville kunne resultere i at insekter bliver en mere udbredt og normal spise (Fødevarestyrelsen, 2021).

10. Litteraturliste

Bøger

Halloran, A., Flore, R., Vantomme, P., & Roos, N. (2018). *Edible Insects in Sustainable Food Systems*. Springer Publishing.

Jørgensen, N., 2018. Digital signatur. En eksemplarisk analyse af en teknologisk indre mekanismer og processer.

Snyder, C., 2003. Paper Prototyping: The Fast and Easy Way to Design and Refine User Interfaces.

Withgott, J. & Laposata, H.M., 2014. *Essential Environment: The Science behind the Stories* 4th ed., Pearson.

Webartikler

Advising, P. (2022, March 18). *How to Raise Tilapia in Aquaponics*. Gogreenaquaponics.

<https://gogreenaquaponics.com/blogs/news/how-to-raise-tilapia-in-aquaponics>

Aqueon. (n.d.). *Rainbowfish Care Guide*. <https://www.aqueon.com/resources/care-guides/rainbowfish>

Barth, B. (2022, January 24). *The Best Fish Species for Backyard Aquaculture & How to Source Them*. Modern Farmer. <https://modernfarmer.com/2017/09/best-fish-species-backyard-aquaculture-source-fingerlings-fry/>

Boje, T. (2021, February 3). *komparativ metode*. Den Store Danske.

https://denstoredanske.lex.dk/komparativ_metode

Bordiean, A., Stolarski, M. J., Krzyzaniak, M. & Peni, D. (2020, December). *Growth Potential of Yellow Mealworm Reared on Industrial Residues*.

BreedingInsects.com. (n.d.). *Mealworm Production Rates*. Your Insect Breeding Learning Centre.

Retrieved June 1, 2022, from <https://www.breedinginsects.com/mealworm-production-rates/>

Brooke, N. (n.d.). *Rainbow Trout in Aquaponics*. Howtoaquaponic.

<https://www.howtoaquaponic.com/fish/rainbow-trout-aquaponics/>

Danmarks statistik. (n.d.). *Befolkningsfremskrivning*.

<https://www.dst.dk/da/Statistik/emner/borgere/befolkning/befolkningsfremskrivning>

Dundas BI. (2019, September). A Brief History of Data Visualization. Dundas.
<https://www.dundas.com/resources/blogs/introduction-to-business-intelligence/brief-history-data-visualization>

Eawag aquatic research. (n.d.). *Fractioning of Black Soldier Fly Larvae into protein meal and fat*.
Eawag.Ch.

https://www.eawag.ch/fileadmin/Domain1/Abteilungen/sandec/schwerpunkte/swm/Practical_knowhow_on_BSF/bsf_factsheet_fractioning.pdf

Elem, O. (2021, November 30). *Feed Conversion Rate Calculator*. Omniculator.
[https://www.omniculator.com/biology/fcr#:~:text=The%20Feed%20conversion%20ratio%20\(FCR\)%20is%3A,starting%20weight%20of%20the%20product](https://www.omniculator.com/biology/fcr#:~:text=The%20Feed%20conversion%20ratio%20(FCR)%20is%3A,starting%20weight%20of%20the%20product)

Editorial Staff. (2019, May 12). *Growing Rainbow Trout in an Aquaponic System*. Leaffin.
<https://www.leaffin.com/trout-aquaponics/>

Formplus Blog. (2021, September 6). 7 Data Collection Methods & Tools For Research. Formplus.
<https://www.formpl.us/blog/data-collection-method>

Goddek, S., Adelaide, B., Mankasingh, U., Ragnarsdottir, K., Jijakli, H., & Thorarinsdottir, R. (2015, April 10). *Challenges of Sustainable and Commercial Aquaponics*. Mdpi.
<https://www.mdpi.com/2071-1050/7/4/4199/htm>

Gichana, Z., Liti, D., Wakibia, J., Ogello, E., Drexler, S., Meulenbroek, P., Ondiba, R., Zollitsch, W., & Waidbacher, H. (2019, August 28). *Efficiency of pumpkin (Cucurbita pepo), sweet wormwood (Artemisia annua) and amaranth (Amaranthus dubius) in removing nutrients from a smallscale recirculating aquaponic system*. Springer. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10499-019-00442-x>

Hanboonsong, A., & Durst, P. (2020). *Guidance on sustainable cricket farming - A practical manual*. Bangkok, FAO. <https://doi.org/10.4060/cb2446en>

Interaction Design Foundation, (n.d.) *What is Paper Prototyping*.
<https://www.interaction-design.org/literature/topics/paper-prototyping>

Landbrug & Fødevarer, 2016a. *EU's fælles landbrugspolitik*. Landbrug og Fødevarer.
<http://www.lf.dk/om-os/vores-holdning/eus-faelles-landbrugspolitik>

Landbrug & Fødevarer, 2016b. *Lars Holdensen*. Landbrug og Fødevarer.
<http://www.lf.dk/adressebog/l/lars-holdensen>

- Maddata. (n.d.). *Ernæring i Ørred, regnbue-, rå*. <https://maddata.dk/ernaering-i/orred-regnbuera/1005>
- Mason, B. (2019, December 11). *Why scientists need to be better at data visualization*. Knowable Magazine.
<https://knowablemagazine.org/article/mind/2019/science-data-visualization>
- Miljøministeriet. (n.d.). *Regnbueørred*. Mst.Dk.
<https://mst.dk/natur-vand/natur/artsleksikon/fisk/regnbueoerred/>
- Murathan, K., Suiçmez, M., Yusuf, G., & Tülay, S. (2007). *Growth of Rainbow Trout (Oncorhynchus mykiss, W. 1792) in Net Cages in Almus Dam Lake (Tokat)*. Science Alert.
<https://scialert.net/fulltext/?doi=pjbs.2007.964.967>
- Pearson, K. (2017, October 11). *Tilapia Fish: Benefits and Dangers*. Healthline.
<https://www.healthline.com/nutrition/tilapia-fish>
- Pivot Advising, 2022, *The Different Types Of Aquaponic Systems*, Tilgængelig på:
<https://gogreenaquaponics.com/blogs/news/the-different-types-of-aquaponics-system>
- Rakocy, J. E., & McGinty, A. S. (2005, November 1). *Cage culture of tilapia*. Thefishsite.
<https://thefishsite.com/articles/cage-culture-of-tilapia>
- rapsoL. (n.d.). *Rainbow trout, raw*. <https://www.rapsol.dk/En/0886.php>
- Salleneave, R. (2016, October). *Important Water Quality Parameters in Aquaponics Systems*. Nmsu.
<https://pubs.nmsu.edu/circulars/CR680/>
- Small-scale aquaponic food production. Integrated fish and plant farming*. (n.d.), 2014,
<http://www.lf.dk/om-os/vores-holdning/eus-faelles-landbrugspolitik>
- U.S. Department of Agriculture. (2019, April 1). *Fish, tilapia, cooked, dry heat*. Usda.
<https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/175177/nutrient>
- Vergeer, A. (2022, March 19). *The Best Fish for Aquaponics*. Gogreenaquaponics.
<https://gogreenaquaponics.com/blogs/news/what-are-the-best-fish-for-aquaponics>

Wildrose Heritage Company, (n.d.), Pumpkin – Cinderella,
[https://www.wildroseheritage.com/store/p70/Pumpkin_-
_Cinderella.html#:~:text=Days%20to%20Maturity%3A%20100%2D120,Pumpkin%20only%20requires
%20moderate%20watering](https://www.wildroseheritage.com/store/p70/Pumpkin_-_Cinderella.html#:~:text=Days%20to%20Maturity%3A%20100%2D120,Pumpkin%20only%20requires%20moderate%20watering)

Rapport

Miljø- og fødevarerministeriet. (2018, June). Danmarks nationale skovprogram.

[https://mfvm.dk/fileadmin/user_upload/MFVM/Nyheder/Danmarks_nationale_skovprogram_2018.
pdf](https://mfvm.dk/fileadmin/user_upload/MFVM/Nyheder/Danmarks_nationale_skovprogram_2018.pdf)

Manual

Andersen, J. L., Bergreen, I. E., & Heckmann, L. L. (2018, Juni). Anbefalinger til opdræt og hold af almindelig melorm, *Tenebrio molitor*. Teknologisk institut

Skiold. (n.d.). Pelletering af dyrefoder til fjerkræ, svin og kæledyr. Skiold.Dk. Retrieved May 30, 2022, from <https://skiold.dk/foder/produkter/pelletering>

Hilgedick, A. (2020, February 25). Introduction to freeze drying. Labconco. Retrieved May 26, 2022, from <https://www.labconco.com/articles/introduction-to-freeze-drying>

Journal

Bawa, M., Kaewtapee, C., Songsermpong, S. & Chanput, W. (2020, Marts). Effect of Diet on the Growth Performance, Feed Conversion, and Nutrient Content of the House Cricket

Christensen, P., 21 februar 2020, Den store danske: Kvælstofkredsløbet
<https://denstoredanske.lex.dk/kv%C3%A6lstofkredsl%C3%B8bet>

Danmarks naturfredningsforening og dyrenes beskyttelse (Ed.). (2018, January). Sådan ligger landet – tal om landbruget 2017

Ingredient Optimized, 2022, Protein-Bioavailability,
<https://www.becomeio.com/blog/protein-bioavailability/>

Kubala, J., February 3, (2022), Nutrition: Essential-amino-acids
<https://www.healthline.com/nutrition/essential-amino-acids#what-they-are>

Mekonnen, M. M., Ray, C., Erickson, G. E. & Neale, C. M. U., (2019, August) *Water productivity in meat and milk production in the US from 1960 to 2016*

Murathan Kayim, Menderes Suiçmez, Yusuf Güner and Tülay Suiçmez, 2007. Growth of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*, W. 1792) in Net Cages in Almus Dam Lake (Tokat). *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 10: 964-967. <https://scialert.net/fulltext/?doi=pjbs.2007.964.967>

Oibiokpa, F. I., Akanya, H. O., Jigam, A. A., Saidu, A. N., & Egwim, E. C. (2018). Protein quality of four indigenous edible insect species in Nigeria. *Food Science and Human Wellness*, 7(2), 175–183. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2018.05.003>

Ojha, S., Bußler, S., Psarianos, M., Rossi, G., & Schlüter, O. (2021). Edible insect processing pathways and implementation of emerging technologies. *Journal of Insects as Food and Feed*, 7(5), 877–900. <https://doi.org/10.3920/jiff2020.0121>

Pirali Kheyraadi, E., Salehi Farsani, A., & Samadi Kuchaksaraei, B. (2013). A Comparison on FCR in fishponds of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed by extruder food and pellete food. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*. <https://jifro.ir/article-1-1520-en.pdf>