



**DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE**

Afrapportering

ENORM Biofactory

Forberedt af
Teknologisk Institut
Kongsvang Allé 29
8000 Aarhus C
Bioengineering and Environmental Technology

Januar 2021
Authors: Lasse Nielsen, Jonas Andersen

Indholdsfortegnelse

Bidrag til halvårsrapportering i MUDP Fyrtårnsprojektet Enorm Biofactory	3
Arbejdspakke 2: Teknologiske gennemførlighedsundersøgelser	3
Numerisk model.....	3
Simulering af luftopblanding bag diffusionsvæg	7
Vækstbegrænsende gas koncentrationer (næste skridt)	8

Bidrag til halvårsrapportering i MUDP Fyrtårnsprojektet Enorm Biofactory

Periode: Jan-2020 til Jan-2021

Partner: Teknologisk Institut

Arbejdsplan 2: Teknologiske gennemførlighedsundersøgelser

Aktivitet 2.3 Udvikling af CFD model til simulering og optimering af vækstvilkår for fluer og larver

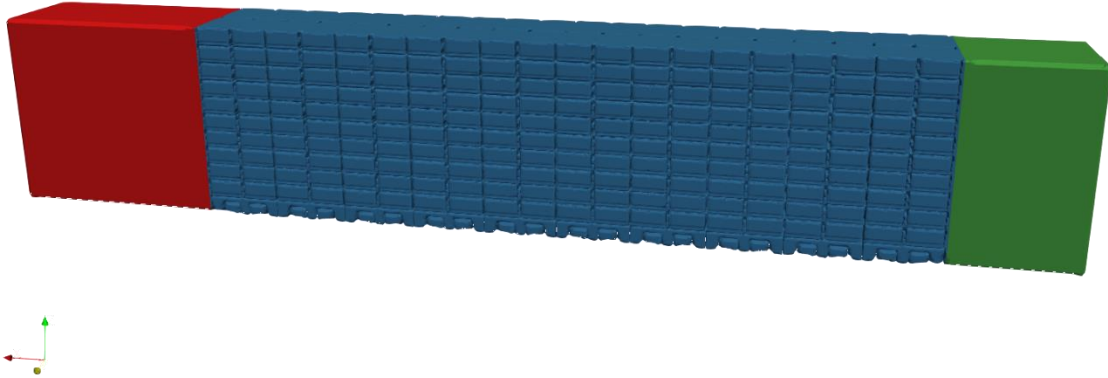
Der er foretaget to aktiviteter i arbejdsplan 2.

1. Udviklingen af en numerisk model, der skal hjælpe Enorm BioFactory med at dimensionere deres væksthaller, med henblik på fjernelse af CO₂.
2. Simulering af luftopblending og diffusion igennem diffusionsvæg.

Numerisk model

For at Enorm BioFactory aktivt kan benytte CFD simuleringer til design af deres væksthaller har TI udviklet en numerisk model, der kan bestemme CO₂ koncentrationen i en given væstkasse for et givent luftflow, CO₂ produktion fra larverne og inlet koncentration. Modellen er baseret på 135 CFD simuleringer og implementeret i et excel dokument, så Enorm BioFactory nemt kan benytte den til at dimensionere luftflow, og bestemme hvor mange vækstkasser, der kan stilles i en række.

På baggrund af opbygningen af væksthaller ved Enorm Biofactory er der opbygget en CAD model af en række af 10 paller med 10 lag af 2x2 vækstkasser. – i alt 400 vækstkasser. Rækken af paller er placeret efter en diffus væg, der skal sikre et jævnt luftflow. Luftflowet bliver presset igennem de 10 efterfølgende paller. På baggrund af CAD tegningen er benyttet som baggrund for CFD simuleringerne. Figur 1 viser det mesh (den 3D model) der er brugt til simuleringer. Det blå område dækker vækstkasserne, mens det grønne og røde er henholdsvis inlet og outlet. Inlettet og outlettet er tilføjet for at minimere randeffekter.



Figur 1. Mesh for 10 paller med 10 lag af 2x2 vækstkasser. Området med vækstkasser er markeret med blå, mens det grønne og røde område er henholdsvis inlet og outlet. Luftflowet går fra højre mod venstre.

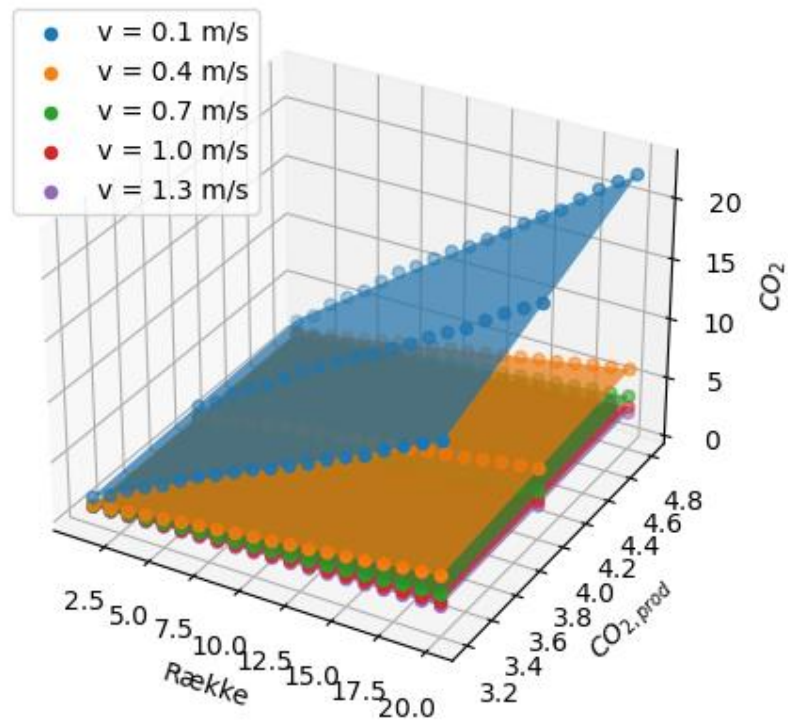
Med meshet ovenfor er der kørt simuleringer, hvor luftflow, larvernes CO₂ produktion og inlet koncentrationen er varieret. Der har løbende været en dialog med Enorm BioFactory, for at køre simuleringer i et repræsentativt interval. Den endelige model er baseret på 135 CFD simuleringer, hvor luftflowet er varieret fra 0,1 m/s, til 1,5 m/s. De lave luftflows har givet udfordringer, da hastigheds-komponententen i modellen i nogle tilfælde endte med at være vinkelret på det overordnede flow (fra højre mode venstre i Figur 1). Problemet blev løst ved at raffinere meshet, på bekostning af lidt længere beregningstid.

Udover luftflowet, er larvernes CO₂ produktion og inlet koncentrationen også medtaget i den endelige model. Variation af inlet koncentrationen er medtaget i den seneste udgave, da Enorm BioFactory benytter et recirkuleringssystem i deres stalde og CO₂ i inlet vil derfor naturligvis variere.

Ved at tage vægtet et gennemsnit af cellerne, der repræsenterer luften over larverne, i hver vækstkasse kan er CO₂ koncentrationen i hver vækstkasse bestemt. Ligeledes er den tilhørende lufthastighed, inlet koncentration og CO₂ produktion medtaget som datapunkt i den numeriske model. De 135 simuleringer er bundet sammen med multivariant analyse til en enkelt ligning, der giver CO₂ koncentrationen i en given kasse for et frit luftflow, inlet koncentration, og CO₂ produktion. Nedefor ses udvalgte fits, benyttet til udleningen af den endelige ligning.

CO₂ koncentration vs række, CO_{2,prod} for CO_{2,in} = 0.775g/m³

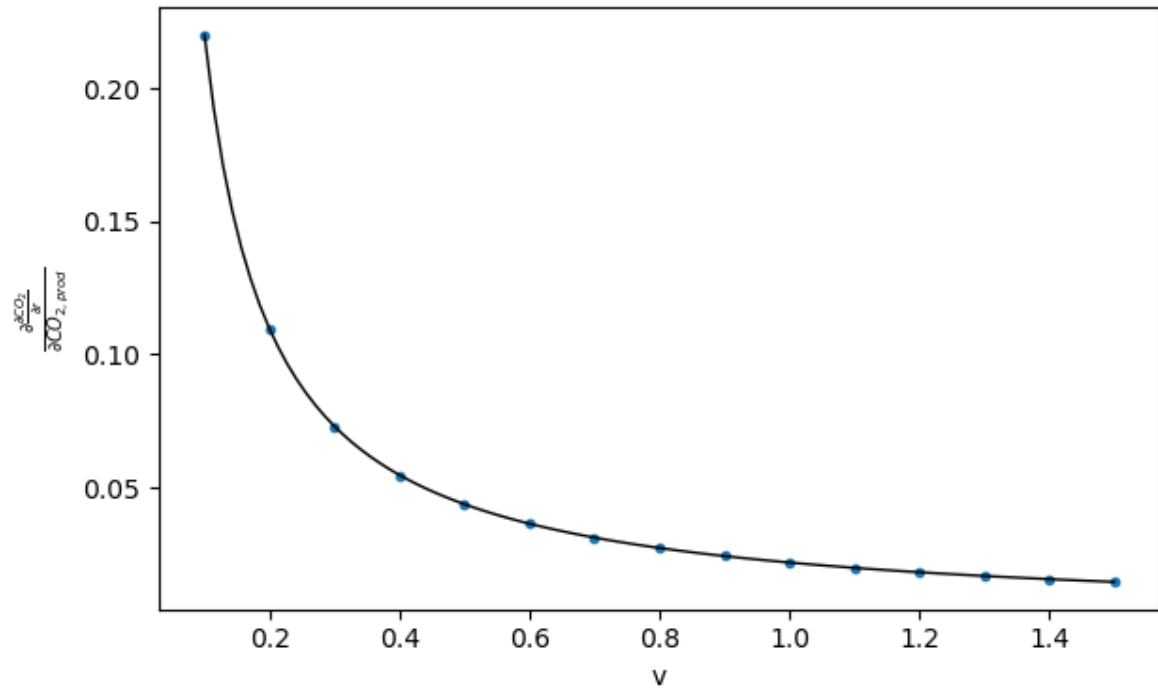
$$CO_2 = \frac{\partial CO_2}{\partial CO_{2,prod}} CO_{2,prod} \cdot r + CO_{2,in} + \frac{\partial b}{\partial CO_{2,prod}} CO_{2,prod}$$



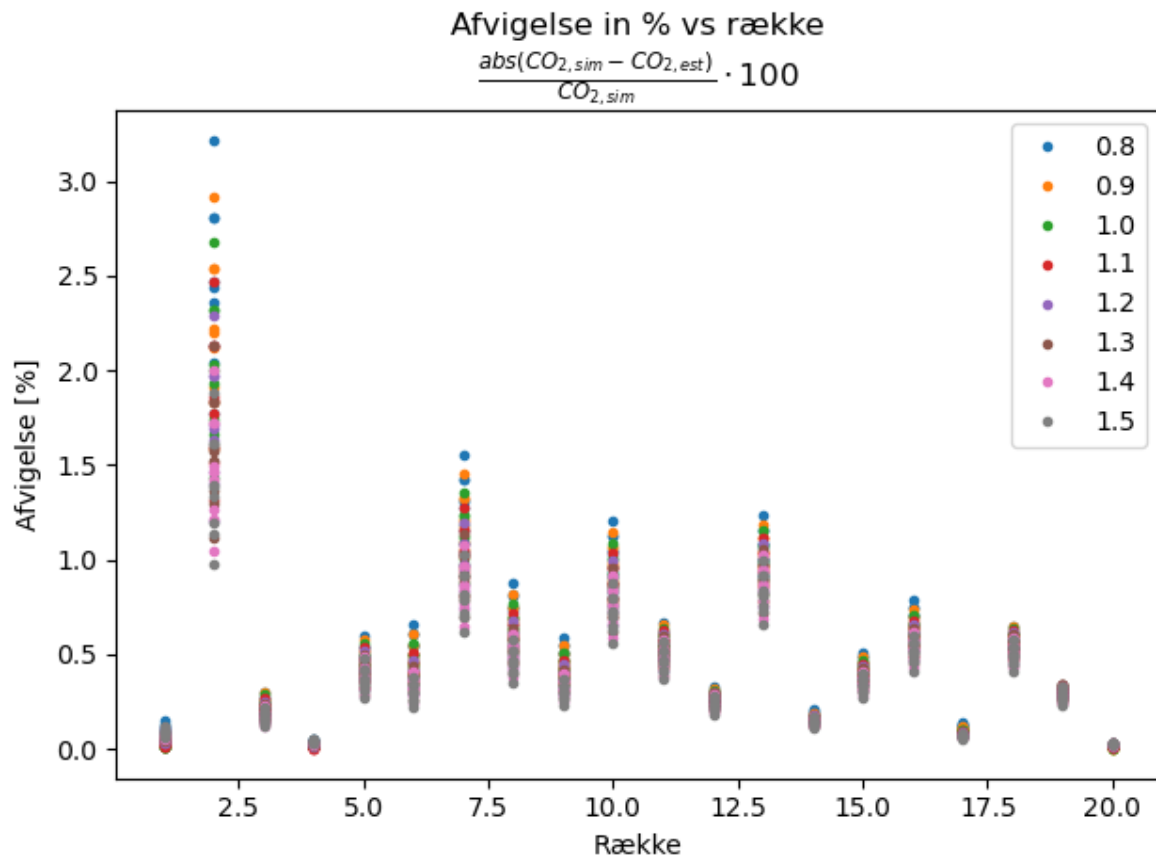
Figur 2 CO₂ koncentrationens afhængighed af larvernes CO₂ produktion og vækstkassens placering i rækken.

$CO_{2,prod}$ fit $\frac{\partial^2 CO_2}{\partial r^2}$ vs v

$$\frac{\partial^2 CO_2}{\partial r^2} = a_1 v^{a_2}$$



Figur 3. Koefficients afhængighed af lufthastighed



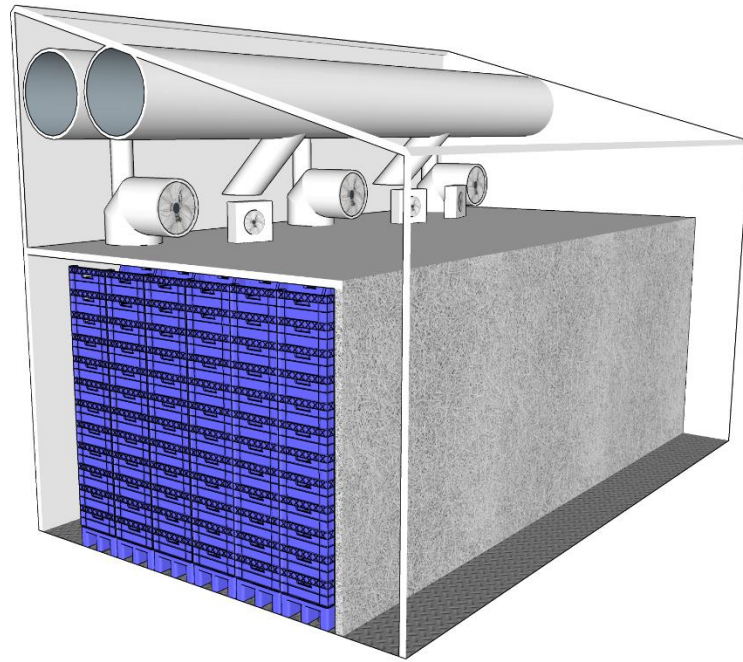
Figur 4. Den numeriske models afvigelse fra de simulerede resultater, som funktion af række, i procent. Afvigelsen fra den numeriske model i Excel til de tunge CFD modeller er kun i få tilfælde (i de forreste kasser) afvigende mere end 1,5% dog stadig maksimalt kun omkring 3%.

Den numeriske model er overleveret til Arne Blok Lauridsen pr. e-mail og der er sat et møde op til en mundtlig overlevering og gennemgang af modellen.

Simulering af luftopblanding bag diffusionsvæg

Denne aktivitet er påbegyndt men sat i stå, da Enorm BioFactory har skiftet leverandør af ventilationssystem.

Ved Enorm BioFactory var den oprindelige plan at luften skulle cirkuleret fra væksthallen til et opblandingsrum, videre igennem en diffus væg, for at sikre et mere laminært flow, og igennem rækker af vækstkasser (Figur 5). Inden arbejdets ophør blev der lavet CAD tegning, og det er undersøgt, hvordan CAD tegningen bedst kunne omdannes til et mesh til brug i simuleringer. Dertil er der lavet litteratur studie og prøve simuleringer til at bestemme den bedste metode til at simulere den diffuse væg.



Figur 5. CAD tegning af den oprindelige plan for væksthale og opblandingsrum.

Vækstbegrænsende gas koncentrationer (næste skridt)

Efter endt arbejde med den numeriske model har Enorm Biofactory efterspurgt en undersøgelse af eventuelle begrænsninger der er for normal vækst i forhold til CO₂ og Ammoniak koncentrationen. For at kende de begrænsninger der skal sættes for disse gasser i produktionshallerne for at sikre uhæmmet vækst. Denne aktivitet er i opstartsfasen og der er fra TI's side taget stilling til eventuelle opstillinger og udfordringer, fordele og ulemper med disse.