

Kan kød erstattes af luft?



Gruppenummer: S2224791552

Janus Mohr Hovgaard, Jia Hao Liang & Sofie Louise Dupont

Fischer

15/06/2022

Abstract

This paper examines the possibilities of using air and electricity to create protein through a fermentation process, which is referred to as “air protein”. It’s a necessity to find new forms of protein sources as most of the world currently achieves a protein-rich diet by eating meat, which is a burden to our climate. Meat is a stable part of the human diet and a lot of barriers within food culture hold meat alternatives back. This paper analyses the internal mechanisms and processes of the fermentation process. The paper then compares air protein to our current meat production by analysing various climate footprints of air protein against beef production. The data is then presented through an infographic, which compares and presents the climate footprint of air protein to meat production in an easily comprehensible way. Multiple barriers to changing peoples’ current meat consumption are also identified. This is done through a literature review, which found two relevant studies on humans’ relation to their meat consumption and its effect on climate change. The results of the two studies are presented and then analysed against each other to pinpoint the barriers. The paper closes in on how protein can be made through fermentation of air, while looking into which barriers must be overcome to normalise such proteins in the human diet.

Abstract	1
1. Indledning	4
1.1 Problemformulering	5
1.2 Arbejdsspørgsmål	5
2. Semesterbinding	6
2.1 Teknologiske Systemer og Artefakter	6
2.2 Subjektivitet, Teknologi og Samfund	6
3. Afgrænsning	7
3.1 Økonomi	7
3.2 Smag	7
3.3 Verdenskriser	7
3.4 Markedsføring	7
3.5 Madspild	8
3.6 Proteinkilder	8
4. Metode og teori	8
4.1 Tilvalg af metode og teori	8
4.1.1 Litteraturstudie	8
4.1.2 Komparativ metode	10
4.1.3 TRIN-modellen	10
4.1.4 Infographic	12
4.2 Fravalg af metode og teori	13
4.2.1 Kvalitativt forskningsinterview	13
4.2.2 Spørgeskemaundersøgelse	13
5. Proteiner	14
6. Luftproteiner	14
7. Fermentering	18
7.1 Celler	19
7.2 Fermenteringsproces	20
7.3 Opsætning	21
7.3.1 Batchfermentering:	21
7.3.2 Kontinuerlig fermentering:	22
7.3.3 Fed-batchfermentering	22
7.4 Mål og kontrol	22
8. Solar Foods	24
8.1 Men er det muligt?	27
9. Menneskets forhold til deres kødforbrug og klimaforandringer	28

9.1 Undersøgelse A	30
9.1.1 Lack of awareness of the association between meat consumption and climate change	32
9.1.2 Perceptions of personal meat consumption playing a minimal role in a global context ...	32
9.1.3 Resistance to the idea of eating less meat.....	33
9.2 Undersøgelse B.....	34
10. Analyse.....	35
10.1 Bioreaktor.....	36
10.1.2 Analyse af en bioreaktors indre mekanismer og processer	36
10.2 Komparativ analyse af klimaaftryk	38
10.2.1 Vandforbrug.....	39
10.2.2 Arealanvendelse af landjord	40
10.2.3 Drivhusgasemissioner.....	43
10.2.4 Delkonklusion.....	44
10.3 Undersøgelser.....	44
10.3.1 Komparativ analyse af undersøgelse A og B.....	45
11. Visuelt produkt.....	46
12. Diskussion.....	47
13. Konklusion	50
14. Litteraturliste.....	51

1. Indledning

Proteiner spiller en nødvendig rolle for menneskets helbred og måden som det ofte indgår i menneskets diæt, er igennem kød. Kød ligger dybt i vores mad -vaner og -kultur, hvor det opfattes som en essentiel del af et ”rigtigt” måltid.¹ Dette er i midlertidigt ved at ændres, da der er kommet stort fokus på klimaet på grund af tydelige klimaforandringer de seneste par år, eksempelvis temperaturstigningerne som er forårsaget af CO₂ drivhusgas udledning. Kød er en af de største klimasyndere både i udledning af CO₂, brug af naturressourcer hovedsageligt i form af vand, brug af landbrugsjord samt den forurening af miljøet der er i forbindelse med produktionen.² Det er nu der skal ske ændringer i den måde vi producerer og konsumerer fødevarer på i dag, ellers vil klimaforandringerne resultere i fatale konsekvenser. Verdenen skal derfor kigge imod nye former for proteinkilder, når kød engang skal erstattes med et klimavenligt alternativ.

Danmark har tilsluttet sig Parisaftalen og besluttet at vi i Danmark vil have et mål om at sænke vores CO₂-udledninger med 39% inden 2030. Det er dog blevet vurderet af Kommissionen, at Danmark med de planer der er fremsat, kun vil nå at sænke udledningen af CO₂ med 23% i 2030.³ Da CO₂ udledningen forårsager den globale opvarmning, er det nødvendigt at sænke udledningen hurtigst muligt og i bedste scenarie få det reduceret til netto-nul.⁴

Desuden er verdenens befolkningstal konstant stigende, det forventes at ramme 9.3 milliarder mennesker frem mod 2050.⁵ For at kunne følge med i fødevarereproduktionen til det stigende befolkningstal, vokser landbrugsproduktionen verdenen over. For at landbruget skal kunne følge med tilvæksten, kræves det at der produceres 110% mere protein fra afgrøder i 2050 sammenlignet med 2005.⁶ Landbruget dækker i øjeblikket over 43% af verdenens frodige landareal, altså land som ikke er dækket af is eller ørken.⁷ Dette tal må forventes at stige, hvis den voksende verdensbefolkning skal brødfødes. På trods af landbrugets ellers store forbrug af jordens ressourcer, så vurderer IPCC at 821 millioner mennesker på nuværende tidspunkt er underernærede, hvilket svarer til mere end 10% af verdensbefolkningen i 2022.⁸

¹ (Macdiarmid et al., 2016, S. 491)

² (Djekic, 2015, S. 63-64)

³ (Folketingets EU-Oplysning, n.d.)

⁴ (Climate Neutral Group, 2021)

⁵ (IPCC, n.d.)

⁶ (Sillman et al., 2019, S. 25)

⁷ (Sillman et al., 2019, S. 25)

⁸ (IPCC, n.d.)

Kødproduktionen er ikke en effektiv måde at anvende landbrugsarealerne, ift. den vækst der skal ske, men på trods af at mange forbrugere godt ved at kød er klimabelastende, bliver kødet ikke fravalgt. Der er derfor ikke en holdbar løsning at håbe på forbrugere omstiller deres madvaner og bliver vegetarer. Mange forbrugere har en negativ holdning til plantebaseret alternativer og madvaner er utroligt svære at ændre.⁹ Konsumering af kød ligger dybt indlejret i vores kultur, hvilket gør det vanskeligt at omstille til mindre klimabelastende alternativer hvis ændringen i madvaner er for stor.¹⁰ Der findes forskellige plantebaserede alternativer til kød i dag, men mange af dem har ikke den samme mængde protein som kød og er dækker derfor ikke behovet for protein.¹¹ Der skal noget drastisk til at komme på rette kurs og få ændret nok på de vaner vi har som forbrugere.

Derfor skal der udtænkes alternativer til den gængse oksekødsproduktion som det er i dag og der er behov for nogle innovative løsninger og teknologier. Vi skal sikre at alle har mulighed for at få den næring og proteiner, der er behov for med et stadig sigende befolkningstal. Det skal ske uden at ændre for meget på den madkultur vi har i dag og på den mindst klimabelastende måde. Et lovende bud på en løsning er luftproteiner, men er det bare varm luft?

1.1 Problemformulering

Hvordan fungerer teknologien bag produktionen af luftproteiner og hvilke barrierer findes der hos forbrugeren for udbredelsen af dette?

1.2 Arbejdsspørgsmål

- **Arbejdsspørgsmål 1:** Hvori ligger problemet i vores nuværende produktion af protein, mere specifikt oksekød?
- **Arbejdsspørgsmål 2:** Hvordan fungerer produktionen af luftproteiner?
- **Arbejdsspørgsmål 3:** Hvilke madkulturelle udfordringer findes der i udbredelsen af luftprotein i fødevare?
- **Arbejdsspørgsmål 4:** Hvilke forskelle findes der i klimaaftrykket fra henholdsvis produktion af luft proteiner kontra oksekød?

⁹ (Michel et al., 2021, S. 1)

¹⁰ (Macdiarmid et al., 2016, S.492)

¹¹ (Air Protein, n.d.)

2. Semesterbinding

I dette afsnit vil vi beskrive de overvejelser vi har gjort os om hvordan faget Teknologiske Systemer og Artefakter skal forankret i vores projekt, og hvordan vi vil inddrage Subjektivitet, Teknologi og Samfunds-dimensionen.

2.1 Teknologiske Systemer og Artefakter

For at forstå hvordan man producerer luftproteiner er det vigtig at forstå teknologien bag. Derfor er det oplagt at skrive i dimensionen Teknologiske Systemer og Artefakter (TSA). For at få indblik i den teknologi det kræver for at dyrke luftprotein, vil nogle af trinene fra TRIN-Modellen, som er blevet præsenteret igennem pensum fra Teknologiske Systemer og Artefakter være gode til at besvare vores problemformulering. Vi vil se på trin 1 og trin 2: *indre mekanismer og processer* og *Teknologiers artefakter*. Vi vil også undersøge trin 6: *Teknologier som innovation*, men det bliver besvaret i et STS perspektiv. TSA- dimensionen vil give et godt grundlag for at diskutere hvorvidt dyrkning af luftproteiner er et mere klimavenligt alternativ til oksekød.

I Teknologiske Systemer og Artefakter er der fokus på de teknologiske systemer og artefakters funktion, materialitet og livscyklus. Det er relevant for vores projekt, da vi vil undersøge teknologi samt se på potentialet til en proteinproduktion med et mindre ressourceforbrug/ mindre klimabelastende.

2.2 Subjektivitet, Teknologi og Samfund

Den anden dimension vi vil inddrage, er Subjektivitet, Teknologi og Samfund (STS), her vil vi inddrage de humanvidenskabelige metoder. Der er i STS meget fokus på grøn omstilling. Der er mange udfordringer i den fødevareproduktion vi har i dag, oksekødproduktion er en af de mere klimabelastende dele af fødevareproduktionen. Derfor vil vi undersøge menneskets madvaner samt holdninger til kød og sætte det op imod omstillingsparathed til nye innovativ fødevareproduktion: luftproteiner. Her vil vi som sagt bruge trin 6 i trin-modellen som framework for at se på hvilke madkulturelle drivkræfter og barrierer der er i udbredelsen af teknologien.

Vi inddrager to undersøgelser den ene er kvalitativ og den anden er kvantitativ metode. Dem sætter vi op mod hinanden og bruger dermed komparativ metode. STS vinklen kan give indblik i udfordringer der er i omstilling af madvaner og madkultur. STS - dimensionen vil give os mulighed for at diskutere hvorvidt omstilling til mad med luftproteiner er et realiserbart alternativ til oksekød.

3. Afgrænsning

I vores projekt har vi løbende lavet afgrænsninger, som ellers kunne have relevans for vores emne. Vores afgrænsninger er baseret på en prioritering af de enkelte underemner, samt tidspres. Vi vil nu gennemgå de væsentlige af disse.

3.1 Økonomi

Økonomi spiller en stor rolle for udbredelsen af et produkt som Solein, derfor havde det været relevant at undersøge, hvor meget et produkt med Solein tilsat, ville koste på hylderne i supermarkederne. Dertil kunne man kigge på, hvor meget det koster at producere for at finde en sammenhæng. Disse kunne sammenlignes med priserne på oksekød i dag. Dette har dog ikke været muligt at undersøge, da der lige nu ikke findes produkter med Solein tilsat på markedet og der findes ligeledes ingen offentlige tal på produktionspriser på produktet.

3.2 Smag

Vi har i vores opgave ikke undersøgt, hvorvidt Solein kan komme nær almindeligt oksekøds smag og tekstur. Det ville desuden have været spændende at kigge ind i smags betydning for mennesket, da dette formentligt har stor indvirkning på hvorvidt produktet kan blive udbredt.

3.3 Verdenskriser

Vi har ikke overvejet nuværende og fremtidige verdenskriser, såsom Covid-19, krigskonflikter, osv. som kan have en kæmpe indvirkning på økonomien og import af fødevarer.

3.4 Markedsføring

Markedsføring af produktet kan have en stor betydning for at få investorer i Solar Foods og udbredt Solein. Det kunne have være interessant at undersøge, for at se på hvilke strategier der skal til for at

ændre forbrugeres madvaner og få dem til at vælge produkter med Solein. Den måde produktet bliver præsenteret herunder placering af produkter i supermarkedet vil have en betydning for om forbruger ville vælge produktet.

3.5 Madspild

Madspild kunne have været en spændende vinkel at inddrage i opgaven, der spildes nemlig store mængde mad hvert år. Hvis den mad ikke gik til spilde, ville det spare en masse ressourcer og energi vi bruger på mad og affaldshåndtering. Madproduktionen er meget klimabelastende så hvis man kunne begrænse madspildet, ville det uden tvivl have en stor effekt. Vi har dog valgt at afgrænse os fra madspild fordi det giver mulighed for besparelser på området men ikke en løsning på den klimabelastning der er i fødevarerproduktionen.

3.6 Proteinkilder

Vi har valgt at fokusere på oksekød, da det er den er en af de mest klimabelastende fødevarer at producere.¹² Det er også det kød som Solar Foods bruger til at sammenligne i deres figurer det er derfor interessant at sammenligne deres tal med andre kilder. Hvis vi havde haft mere tid, kunne det have været interessant at sammenligne luftproteiner med mange forskellige andre alternativer. Det har vi dog været nødsaget til at afgrænse os fra da det ville være for omfattende.

4. Metode og teori

4.1 Tilvalg af metode og teori

Vi vil i dette afsnit redegøre og begrunde den metode, som vi har inddraget i vores projekt.

4.1.1 Litteraturstudie

Vi har valgt at anvende litteraturstudie som metode i vores opgave. Dette har vi gjort for at afgrænse vores empiri og gå i dybden med allerede eksisterende studier som er relevante indenfor vores problemfelt. Vi fastsatte os på denne metode da vi tog en beslutning om ikke selv at udføre et ekspertinterview eller spørgeskemaundersøgelse. Gennem et litteraturstudie kan vi i stedet stå på

¹² (Dunne, n.d.)

skuldrende af allerede eksisterende undersøgelser indenfor vores problemfelt, som kunne give os et godt grundlag for besvarelsen af vores problemformulering.

Vi har taget udgangspunkt i ”Literature review as a research methodology: *An overview and guidelines*” for at strukturere vores litteraturstudie. I artiklen inddrages metoden i følgende 4 faser:

- 1. Designing the review**
- 2. Conducting the review**
- 3. Analysis**
- 4. Writing the review**

Vores fremgangsmåde til metoden kan inddrages i følgende iterationer:

1. Litteratursøgning

Under første iteration udbygges det arbejdsspørgsmål, som ønskes besvaret. Når dette er fastlagt, er det muligt at bestemme de specifikke søgekriterier for at opnå relevante søgeresultater. Vi brugte denne metode til arbejdsspørgsmål 3, som lyder: ”*Hvilke madkulturelle udfordringer findes der i udbredelsen af luftprotein i fødevarer?*”. Vi brugte blandt andet søgeord som: ”*food culture*”, ”*food sociology*”, ”*meat*”, ”*meat culture*”. Ligesom det anbefales i ”Literature review as a research methodology: *An overview and guidelines*”, så foretog vi os gentagende søgninger med forskellige søgeord og søgestreng for at løbende gøre vores søgninger mere specifikke.¹³ Dette gjorde at antallet søgeresultater faldt i takt med vores søgestreng blev mere specifikke. Derefter fortsatte vi til at udvælge den primære litteratur, som skulle være grundlaget for vores analyse.

2. Valg af primær litteratur

Ifølge ”Literature review as a research methodology: *An overview and guidelines*” kan udvælgelsen af litteratur gøres på flere måder. Det er en mulighed at læse al fundet litteratur igennem fra ende til anden, hvilket er en meget grundig metode, men også ekstremt tidskrævende.¹⁴ En anden metode er at kigge på en undersøgelses metodebrug og resultater, for at vurdere dens relevans.¹⁵ Den sidste mulighed er at gennemlæse abstracts fra sin søgeresultater og derefter sortere den litteratur fra som kunne virke relevant. Den fraserterede litteratur læses i sit fulde og til sidst tages der stilling til, hvilken litteratur som

¹³ (Snyder, 2019, S.337)

¹⁴ (Snyder, 2019, S.337)

¹⁵ (Snyder, 2019, S.337)

virker mest relevant.¹⁶ Vi valgte at bruge den sidste metode og endte med at fokusere primært på “Eating like there's no tomorrow: *Public awareness of the environmental impact of food and reluctance to eat less meat as part of a sustainable diet*” og “Reducing meat consumption in meat-loving Denmark: *Exploring willingness, behavior, barriers and drivers*”, som er henholdsvis en kvalitativ undersøgelse og en kvantitativ undersøgelse af menneskets forhold til deres kødforbrug og dets indvirkning på klimaet.

3. Analyse og behandling af valgt litteratur

Til sidst har vi behandlet og analyseret vores primære litteratur. Vi introducerer nu litteraturen og redegøre for dens resultater og sætter disse i kontekst af vores opgave. Derefter analyserer vi den primære litteratur, hvor vi har taget brug af den komparative analyse, som introduceres i næste afsnit.

4.1.2 Komparativ metode

I vores analyse af de to overnævnte studier har vi brugt den komparative metode. Ved hjælp af den komparative metode er det muligt at beskrive blandt andet sociale sammenhænge og kulturer igennem ligheder og uligheder.¹⁷ Vi har sammenlignet resultaterne fra de to studier, som indgår i vores litteratur studie, og fremhævet deres ligheder, uligheder og mulige årsager hertil. Vi har igennem analysen identificeret de kulturelle barrierer som er gennemgående i begge undersøgelser og derved kunne danne et grundlag for de udfordringer som er forbundet med udbredelsen af alternative proteinkilder.

4.1.3 TRIN-modellen

TRIN-modellen er et begreb og redskab anvendt på den humanistiske-teknologiske bacheloruddannelse (HumTek) på RUC.¹⁸ Formålet med modellen er at lave et framework for at analysere teknologier, med primært teknisk-videnskabelige karakterer af teknologierne i fokus.¹⁹ Akronymet TRIN står for **T**eknologi og **R**adikalt **I**nkrementelt design i **N**etværk.²⁰

TRIN-modellen består af 6 trin

¹⁶ (Snyder, 2019, S.337)

¹⁷ (den Store Danske, n.d.-g)

¹⁸ (Jørgensen, 2020, S. 2-3)

¹⁹ (Jørgensen, 2020, S. 2-3)

²⁰ (Jørgensen, 2020, S. 3)

1. Teknologiers indre mekanismer og processer.
2. Teknologiers artefakter.
3. Teknologiers utilsigtede effekter.
4. Teknologiske systemer.
5. Modeller af teknologier
6. Teknologier som innovation.

Vi har valgt at inddrage trin 1,2 og 6 i vores opgave og de bruges således:

Trin 1: Teknologiers indre mekanismer og processer.

Trin 1 i TRIN-modellen omfatter analysering af de essentielle mekanismer og processer i en teknologi, som hjælper med at opfylde teknologiens intenderet formål.²¹

Dette trin er blevet anvendt til at identificere og analysere de indre mekanismer og processer bag dannelsen af luftproteiner, som sker igennem en fermenteringsprocessen i en bioreaktor. Der kommer en grundig gennemgang af disse mekanismer og processer i afsnit 5 ”Luftproteiner” og 6 ”Fermentering”, samt vores analyse af de indre mekanismer og processer i en bioreaktor under afsnit 10.1

Trin 2: Teknologiers artefakter.

Trin 2 i TRIN-modellen omfatter en analyse af teknologiske artefakter. Artefakter er genstande som er skabt af mennesker og de adskiller sig fra genstande frembragt af naturlige processer.²² Et teknologisk artefakt besidder en teknologisk funktion, som har formålet at opfylde det menneskelige behov.²³ Vha. omformning af natur (stoffer og energi) under anvendelse af sociale og naturlige ressourcer, samt viden, information og praktisk anvendelse kan det menneskelige behov opfyldes af det teknologiske artefakt.²⁴

Da de foregående trin omfattede de indre mekanismer og processer for en given teknologi, så har vi anvendt trin 2 til at identificere og redegøre for de artefakter som indgår i en bioreaktor. Vi har

²¹ (Jørgensen, 2020, S. 6)

²² (Jørgensen, 2020, S. 7)

²³ (Jørgensen, 2020, S. 7)

²⁴ (Jørgensen, 2020, S. 7)

derefter kigget på, hvordan deres funktionalitet er sammenhængende for den biokemiske proces fermentering.

Trin 6: Teknologier som innovation.

Trin 6 i TRIN-modellen omfatter teknologi som innovation og relaterede teorier. Innovation er implementering af nye eller forbedret produkter, produktionsprocesser eller organisationsformer.²⁵ Innovationsteori indebærer hvilke forhold, som bringer en ny teknologi frem og de forhold der sætter sig som barriere for at en ny teknologi udbredes.²⁶

Vi har anvendt dette trin til at undersøge hvilke drivkræfter og barrierer der opstår i udbredelsen af innovativ teknologi som luftproteiner. Her har vi primært haft fokus på de madkulturelle barrierer som passer i et STS perspektiv, dog har vi også undersøgt enkelte teknologiske barrierer der hører under TSA dimensionen.

4.1.4 Infographic

Infographics er en metode hvorpå data bliver visualiseret på en let forståelig måde og dermed tilgængeligt for folk der ikke er sat ind i stoffet. Det skal gøre tallene mere håndgribelige, let forståelige og være et middel til at kommunikere information.²⁷ Dette er også grunden til at vi har valgt netop Infographic, da vi med denne metode kan koge luftproteiners indflydelse på klimaet ned til let forståelige illustrationer. Vi har valgt at lave vores infographics gennem ”*Subjective: Creative Elements*”, det vil sige at vi fokuserer på at bruge nogle billeder der kan fungere som en reference, analogi eller metafor for de tal vi vil fremhæve. Det vil sætte tallene i perspektiv samt hjælpe med at få understreget pointen hurtigt.²⁸

Vi har brugt de første 4 trin til at designe og udforme vores infographics.

1. **Idea** – her undersøgte og besluttede vi os for, hvad vi ville have ud af at lave infographics, og hvilken data vi ville fremhæve.²⁹
2. **Design** – Her brugte vi et stykke papir til at skitsere vores ideer, og lave en brainstorm for hvilket emne og hvilken kontekst vi ville bruge for at det skulle være så intuitivt som muligt.

²⁵ (Jørgensen, 2020, S. 10)

²⁶ (Jørgensen, 2020, S. 10)

²⁷ (Murphy, 2018, S. 9)

²⁸ (Murphy, 2018, S. 36)

²⁹ (Murphy, 2018, S. 36)

Her snakkede vi om at bruge genstande til at beskrive: CO₂ -udledning, vandforbrug og landareal, og så sammenligne tallene fra oksekød op mod luftproteiner.³⁰

3. **Discover** – Vi har lavet et par iterationer, og brugt trial-and-error for at se, om vores ideer giver mening og sætter vores viden i perspektiv. Vi vil omregne data, så det bliver til mængden af CO₂ -udledning, vandforbrug og landareal det kræver for en forbruger på et år at spise oksekød op imod hvad det ville kræve af ressourcer hvis det var luftproteiner. Ved at lave den dataanalyse vil det gøre det nemmere at forstå, for en almen forbruger hvad der kan spares i ressourcer og hvor stort en indvirkning den enkelte person kan gøre.³¹
4. **Deliver** – her snakkede vi om hvordan vi skulle levere vores infographics, for at få den ønskede kommunikation. Vi vil udforme den som en flyer så den kan bruges til at informere om hvorfor forbrugerne, skal vælge produkter med luftprotein frem for kød.³²

4.2 Fravalg af metode og teori

I dette afsnit vil vi gennemgå og reflektere over fravalg af metode og teori, som kunne have været relevant at inddrage i vores projekt.

4.2.1 Kvalitativt forskningsinterview

I starten af vores projekt havde vi planer om at eksekverer et kvalitativt forskningsinterview, som skulle ligge til bund for vores analyse. Vi har under projektet forsøgt at skabe kontakt til samtlige aktører, først indenfor ”luftproteiner”, senere inden for alger. Vi kontaktede heriblandt; Solar Foods, Air Protein, European Space Agency (EAC). Dette blev gjort tidligt i projektet, men vores forespørgsler blev desværre ikke besvaret. Derefter kontaktede vi Michael Bo Rasmussen, som arbejder ved Institut for Ecoscience med marinbiologi. På daværende tidspunkt havde vi i sinde at undersøge flere proteinkilder og derefter sammenligne deres potentiale. Vi blev dog presset på tid og valgte derfor at vi hellere ville fokusere på at udvide vores litteratur og empiri, som indgår i opgaven.

4.2.2 Spørgeskemaundersøgelse

Vi havde tidligere planer om at udføre en spørgeskemaundersøgelse, som skulle vinkles på forbrugerens madvaner og deres parathed til omskiftning til en mere klimavenlig kost. Dette har vi

³⁰ (Murphy, 2018. S. 36)

³¹ (Murphy, 2018. S. 36)

³² (Murphy, 2018. S. 36)

også fravalgt, da vi besluttede at vi ikke kunne finde nok respondenter til at foretage nogle former for gyldige konklusioner eller antagelser. Vi led igen af tidspres, hvilket fik os til at kigge ind i allerede eksisterende spørgeskemaundersøgelser. Igennem vores litteraturstudier fandt vi en eksisterende spørgeskemaundersøgelse, som vi har taget brug af. Vi mente samtidig at vi på denne måde kunne skabe et bedre grundlag for vores besvarelse af problemformuleringen.

5. Proteiner

Proteiner er en vigtig del af menneskets kost. Den menneskelige krop besidder nemlig ikke et depot for proteiner, i modsætning til mange andre makronæringsstoffer som kulhydrater og fedt. Derfor har mennesker brug for at indtage en bestemt mængde proteiner regelmæssigt, for undgå nedbrydning af kroppens egne proteiner.³³ Her vil muskelvævet blive nedbrudt som noget af det første og det resultere i at funktionaliteten af muskelcellerne svækkes. Proteinmangel har desuden en negativ påvirkning af immunsystemets funktionalitet, hvor cellerne i systemet skal kunne dele sig hurtigt og danne antistoffer. Cellerne påvirkes hvis der er mangel på aminosyrer.³⁴

Proteiner består af aminosyrer, og de er essentielle for mange processer i kroppen.³⁵ Visse aminosyrer, er kategoriseret som livsnødvendige aminosyrer. Disse aminosyrer skal mennesker have tilføjet via kosten fra proteinkilder, fordi kroppen ikke selv kan producere dem.³⁶

Proteinkilder findes normalt i både animalske og planteprodukter såsom kød fra kvæg, gris og fjerkræ samt fisk, mælk, ost, bønner, linser, frø, nødder, korn og ris.³⁷ Proteiner bliver nedbrudt til aminosyrer af enzymer, men optagelsens effektivitet er afhængig af hvilken proteinkilde, der bliver omsat af enzymerne. Det betyder at omdannelsen af proteinerne til aminosyrer afhænger af proteinkilden.³⁸

6. Luftproteiner

Luftproteiner er en videreudvikling af en teknologi fra NASA, som er beskrevet i den undersøgende rapport ”*Study of Life Support System for Space Missions Exceeding One Year in Duration*” Phase IA. I rapporten sammenlignes biologiske og kemiske systemer for bearbejdelse af fødevarer i

³³ (den Store Danske, n.d.-h)

³⁴ (den Store Danske, n.d.-i)

³⁵ (den Store Danske, n.d.-a)

³⁶ (den Store Danske, n.d.-i)

³⁷ (den Store Danske, n.d.-i)

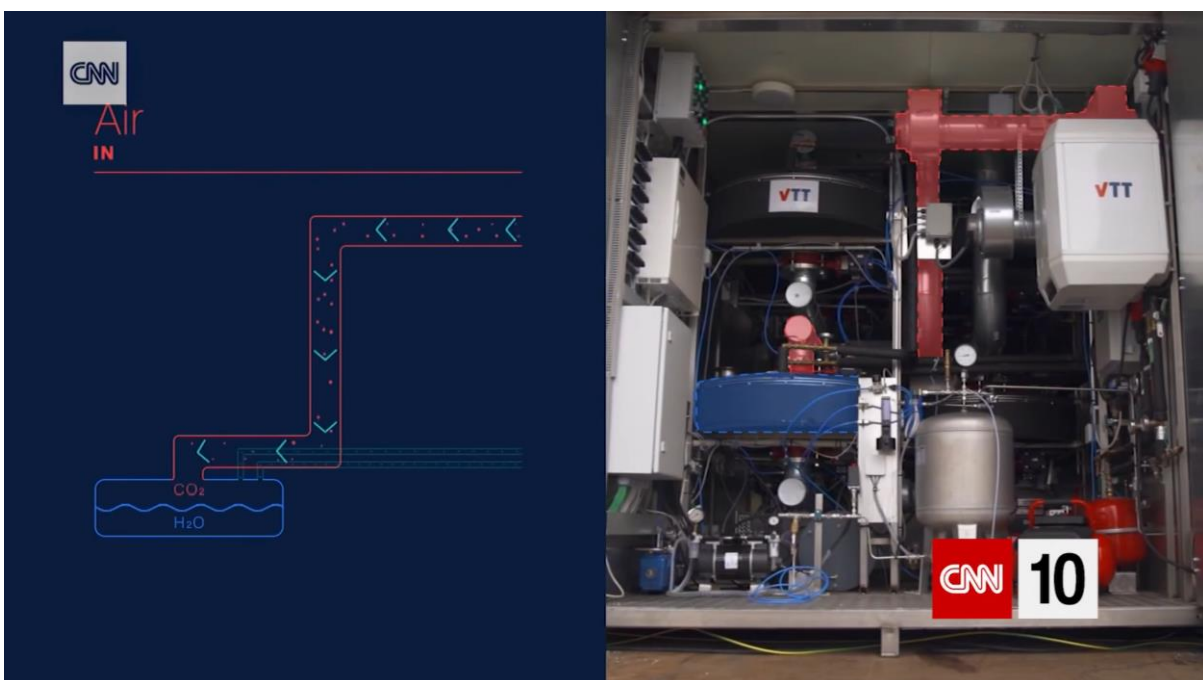
³⁸ (den Store Danske, n.d.-i)

rummet for et gruppe på mellem 10-100 mennesker i en tidsperiode på 1-3 år³⁹. Formålet er at undersøge nye koncepter for affaldshåndtering og madproduktion i et holdbart cirkulært lukket system.⁴⁰ Mere specifikt bliver luftproteiner produceret af hydrogenotrofe bakterier (Hydrogenotrophic Bacteria).⁴¹ NASA refererer til dem som Hydrogenomonas i deres *Life Support System* studie.⁴²

Der er dog ikke blevet arbejdet meget med det siden NASA skrev om dem tilbage i 1960'erne. I det seneste årti er denne form for proteinproduktion dog kommet i fokus igen, hvilket skyldes den stigende efterspørgsel på alternative proteiner.

Hydrogenotrofer er organismer som besidder egenskaben at kunne metabolisere hydrogen (H_2) molekyler som en energiresource ved at anvende kulstof (CO_2) til at producere metan (CH_4)⁴³.

Vi vil trods begrænsede kilder forsøge at gå i dybden med teknologien, samt processerne bag produktionen af luftprotein. I et interview mellem Solar Foods, en finsk virksomhed som producerer luftproteiner, og The Cable News Network (CNN), bliver processen forklaret.⁴⁴



Figur 1: viser røret (markeret rød) og beholderen (markeret blå).⁴⁵

³⁹ (Jagow et al., 1967, S 1)

⁴⁰ (Jagow et al., 1967, S 1)

⁴¹ (Girish et al., n.d.)

⁴² (Jagow et al., 1967, S 11)

⁴³ (Girish et al., n.d.)

⁴⁴ (CNN 10, 2021, 1:41)

⁴⁵ (CNN 10, 2021, 1:49)

Selve processen starter med en maskine, som kan opfange luften direkte (CO_2) igennem en ventilator. Ventilatoren er forbundet til et rør, som bringer luften ind i en beholder, der opvarmes for at frigøre vand (H_2O) og luft (CO_2). Samtidig med adskillelsen af vand og luft, foregår der en anden proces kaldet elektrolyse. Formålet med elektrolyse er at lede elektrisk strøm igennem en elektrolyt, for at omdanne kemiske forbindelser til nye stoffer og ofte er det de kemiske grundstoffer.⁴⁶

En elektrolyt er et stof som kan lede elektrisk strøm ved opvarmning, smeltning og/eller opløsning. Stoffet skal derfor indeholde ioner – Elektrisk ladede atomer eller grupper af atomer som kan give stoffet en elektrisk ledningsevne.⁴⁷

I dette tilfælde anvendes hydrogen elektrolyse og processen separerer hydrogen (H_2) og Oxygen (O_2) molekylerne i H_2O . Der er flere metoder for hydrogen elektrolyse, men i luftproteinprocessen anvendes Polymer Electrolyte Membrane (PEM) metoden. Det er på grund af at PEM benytter sig af en membran lavet af bestemte metaller i processen til at effektivisere strømledelse til adskillelsen af hydrogen og oxygen. Membranen befinder sig imellem katode og anode. Katode er den positive pol⁴⁸ som tiltrækker Hydrogen og anode⁴⁹ er den negative pol, som tiltrækker Oxygen. Selve membranen består af adskilte plader lavet fra Iridium, Guld og Platin.⁵⁰ De ligger tæt, men sidder ikke fast til hinanden.

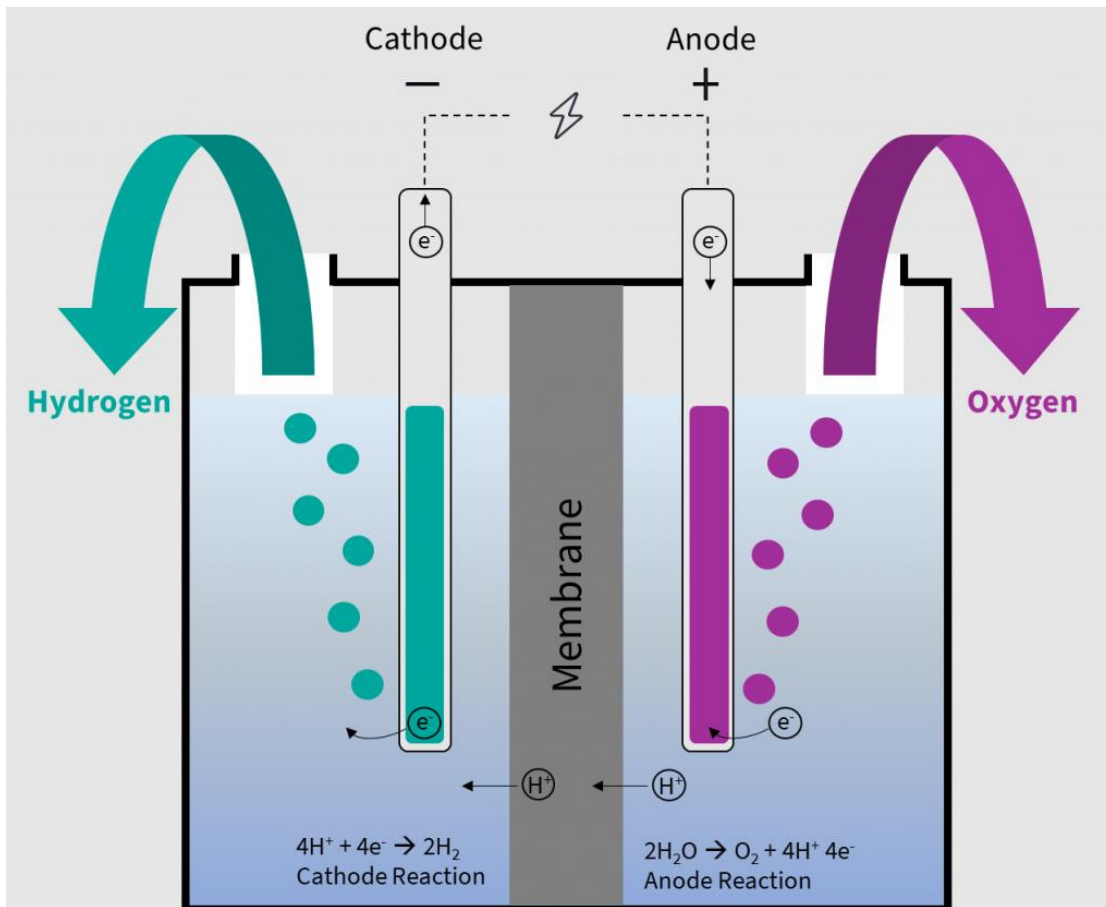
⁴⁶ (den Store Danske, n.d.-c)

⁴⁷ (den Store Danske, n.d.-d)

⁴⁸ (den Store Danske, n.d.-f)

⁴⁹ (den Store Danske, n.d.-b)

⁵⁰ (Phi Suea House Project, 2015, 2:21-2:58)



Figur 2: Viser eksemplet på en elektrolyse proces som deler vand til ilt og brint.⁵¹

Efterfølgende kommer det trin, som er fermentation i en bioreaktor. Følgende gasser kuldioxid (CO₂), oxygen (O) og hydrogen (H) bliver tilsat mikrober og mineraler og næringsstoffer.⁵²

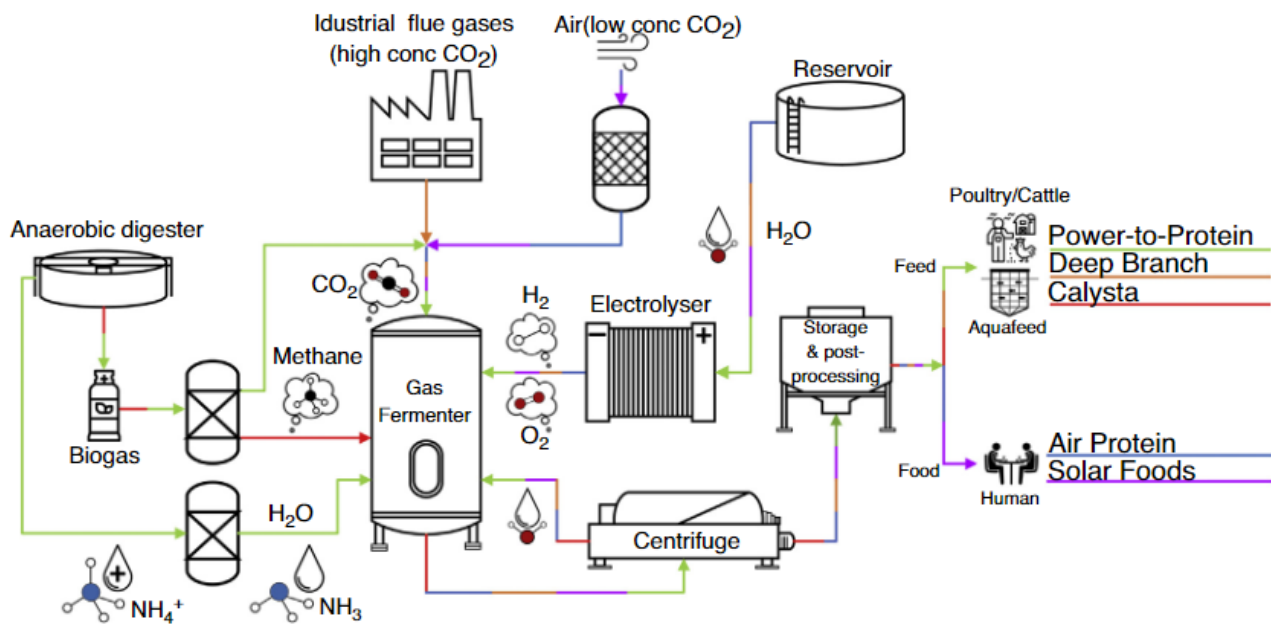
I det sidste trin i produktionen af luftproteiner, bliver væsken fra bioreaktoren udtrukket og sat i en centrifuge, som opvarmes til 140° C. Denne proces omdanner væsken til tørret pulver som Solar Foods kalder Solein.⁵³ Pulveret skal herefter omdannes til et produkt som kan spises, og da pulveret ikke har en mærkbar smag, kan det tilsættes til de fleste ting. Det kan f.eks. bearbejdes så det bliver en erstatning til kød.⁵⁴ Hele processen for produktionen af luftprotein kan desuden ses via den blå og den lilla linje på figur 3. Den lilla linje repræsenterer den proces Solar Foods følger, som er den vi har taget udgangspunkt i.

⁵¹ (Hussy, n.d.)

⁵² (CNN 10, 2021, 1:59)

⁵³ (CNN 10, 2021, 2:38)

⁵⁴ (CNN 10, 2021, 1:20)



Current Opinion in Biotechnology

Figur 3: Processen for dannelse af luftproteiner.⁵⁵

7. Fermentering

Som der nævnes i interviewet mellem CNN og Solar Foods, så sker det ”magiske” og det vigtigste trin ifølge Solar Foods inde i en fermentationstank.⁵⁶ En fermentationstank er en anden betegnelse for en bioreaktor, som er en beholder lavet til biokemiske processer, som fermentering. Formålet med en bioreaktor er at skabe et godt miljø for den biokemiske proces for de anvendte celler og organismer i processen.⁵⁷

Vi vil i det kommende afsnit forklare hvad fermentering er, samt forskellige metoder til fermentation. Under afsnit 10 vil vi analysere de indre mekanismer og processer i en bioreaktor under fermentering.

Fermentering er den biokemiske proces, hvor levende celler som mikroorganismer frigør kemisk energi fra sukkerarter, eller organiske molekyler under anaerobe eller næsten anaerobe forhold.⁵⁸ På

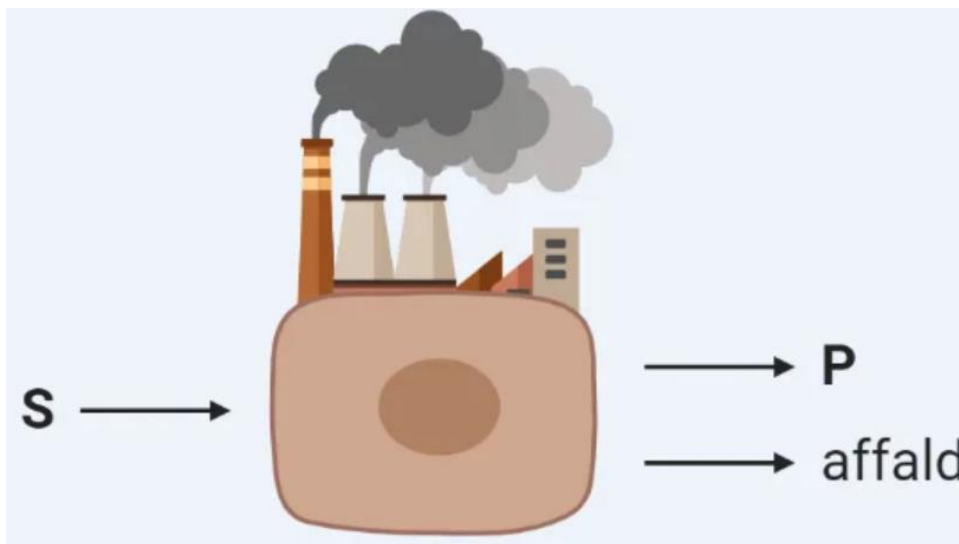
⁵⁵ (Banks et al., 2022, S. 5)

⁵⁶ (CNN 10, 2021, 2:00)

⁵⁷ (Erickson, 2011. S. 653)

⁵⁸ (den Store Danske, n.d.-e)

figur 4 ses en simplificeret forklaring af processen, hvor der først tilføres et substrat (S), også kaldet en kultiveringsstarteren. Derefter tilsættes næringsstoffer i bioreaktoren for at cellerne kan vokse, som efter processen omdannes til produktet (P) samt affaldsstoffer.



Figur 4: Visuel illustration af tilføjelse af substrat til cellekultur, som producerer et produkt og affald som resultat.⁵⁹

7.1 Celler

Cellerne er en gruppe mikroorganismer, som kan inddeles i simple celler såsom bakterie og svampe, samt komplekse såsom dyre- og planteceller.¹⁴

Bakterieceller er simple, billige og effektive i og med at de har en høj vækstrate og produktivitet. De bliver mest anvendt til organiske produkter såsom syre, alkohol og vitaminer.⁶⁰

Svampe celler er encellede og den mest simple svampecelle er gær. Ligesom bakterie celler har svampe cellerne en høj produktivitet, men med en lavere vækstrate. Gæren er den mest brugte blandt svampe cellerne og anvendes til at producere f.eks. ethanol (alkohol/sprit) eller insulin.⁶¹

Dyre-og planterceller er de mest komplekse, de besidder egenskaben til at udføre modificering af proteiner, som gør dem ideel til produktion af lægemidler. De støder ind på udfordringer såsom lav vækstrate og produktivitet, derudover kræver de en række tilpasset forudsætninger inde i bioreaktoren såsom temperatur, pH, tryk, luft og omrøring.⁶²

⁵⁹ (Biotech Academy, n.d.-c)

⁶⁰ (Biotech Academy, n.d.-c)

⁶¹ (Biotech Academy, n.d.-c)

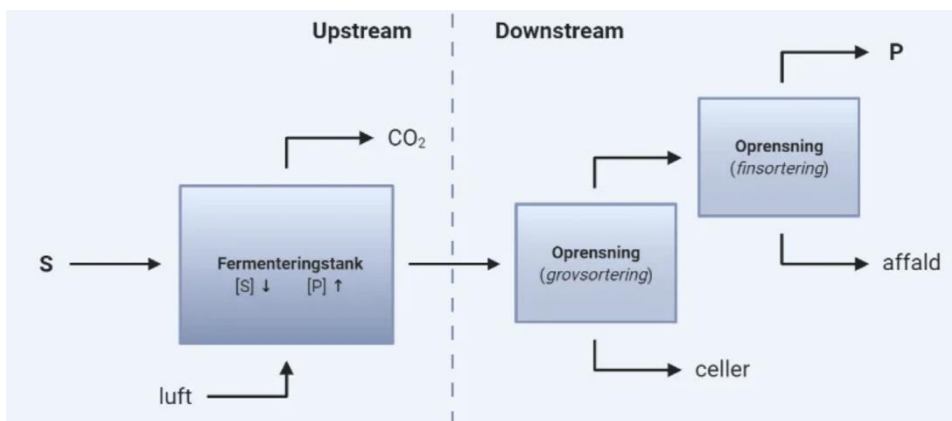
⁶² (Biotech Academy, n.d.-c)

7.2 Fermenteringsproces

Vi vil nu gennemgå og forklare de primære faser, som indgår i fermenteringsprocessen.

Upstream omfatter hele produktions kæden, som vist på figur 5. Alt fra klargøring af cellekulturen til udvikling, sterilisering af udstyr og bioreaktor samt podning.⁶³

Downstream omfatter efter produktionsprocessen, som er oprensning og udtrækning af produktet, samt affaldshåndtering.⁶⁴



Figur 5: Visuel illustration af opdelingen af fermenteringsprocessen ifølge up- og downstream.⁶⁵

I fermenteringsprocessen er der de 6 basale faser som vil blive redegjort kort om nedenstående.

1. Medieforberedelse – Til at starte med skal cellerne til at starte kultivering klargøres. Præcist hvilke substrater som bruges, afhænger af hvilket slutprodukt som ønskes.⁶⁶

2. Sterilisering – Bioreaktoren og resten af udstyret bliver steriliseret sammen med kultiveringsstarteren. Det er for at minimere risikoen for vækst af fremmede mikroorganismer under bioprocessen.⁶⁷

3. Podning – Kultiveringsstarteren bliver dyrket i en podokolbe, derefter bliver de overført til en podetank og til sidst kommer cellerne i bioreaktoren til videre kultivering af cellerne.⁶⁸

⁶³ (Biotech Academy, n.d.-a)

⁶⁴ (Biotech Academy, n.d.-a)

⁶⁵ (Biotech Academy, n.d.-a)

⁶⁶ (Biotech Academy, n.d.-c)

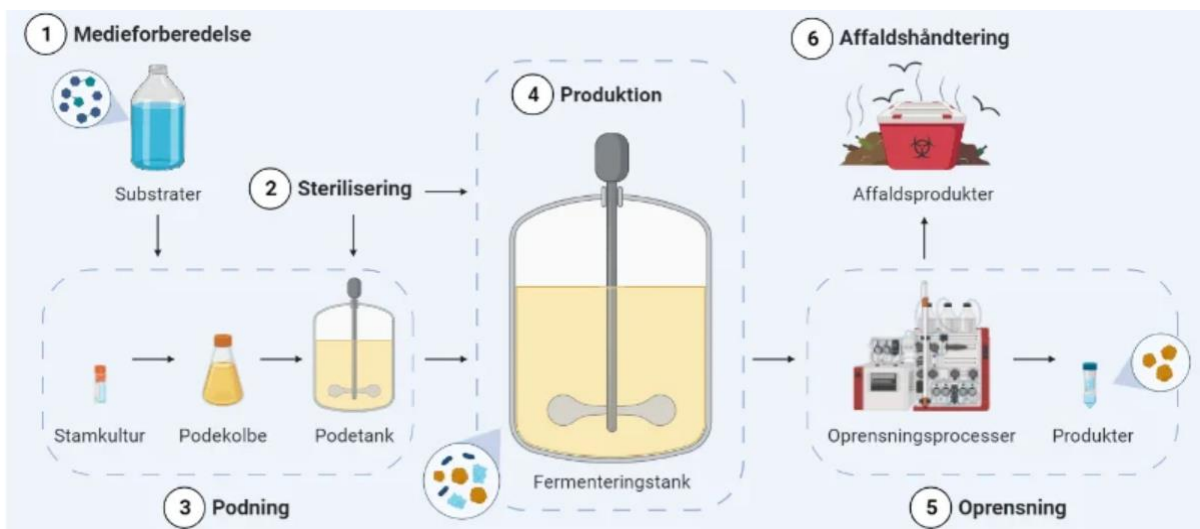
⁶⁷ (Biotech Academy, n.d.-c)

⁶⁸ (Biotech Academy, n.d.-c)

4. Produktion – Cellerne i bioreaktoren er i vækst og frembringer de ønskede produkter fra substraterne i deres optimale forhold. Heriblandt temperatur, pH-værdi og iltkoncentrationen under et kontrolleret miljø inde i bioreaktoren.⁶⁹

5. Oprensning – Når det ønskede produkt er færdig produceret, skal den trækkes ud af bioreaktoren og oprenses for at sikre et rent produkt, som bliver trukket ud.⁷⁰

6. Affaldshåndtering - Affaldsproduktet der forekommer som et resultat af produktet skal fjernes og bioreaktoren afrenses.⁷¹



Figur 6: Visuelt illustration af fermenteringsprocessen i en bioreaktor.⁷²

7.3 Opsætning

Fermenteringsprocessen inddeles i 3 typer: Batchfermentering, kontinuerlig fermentering og fed-batchfermentering. Opsætningen afhænger af metoden for tilsætning af substrater og udtrækning af det ønskede produkter ind og ud af bioreaktoren.⁷³

7.3.1 Batchfermentering:

Denne type fermentering er den mest simple af de 3 og foregår i et lukket system. Vækstmediet podes med mikroorganismen. Der er ingen form for indsættelse eller udtrækning mens fermenteringsprocessen er i gang. Processen slutter efter et bestemt tidsrum, når næringsstofferne er

⁶⁹ (Biotech Academy, n.d.-c)

⁷⁰ (Biotech Academy, n.d.-c)

⁷¹ (Biotech Academy, n.d.-c)

⁷² (Biotech Academy, n.d.-c)

⁷³ (Biotech Academy, n.d.-b)

blevet konsumeret eller affaldsproduktet har akkumuleret sig. Fordi væksten i batchfermentering er eksponentiel og stationær vækst.⁷⁴

7.3.2 Kontinuerlig fermentering:

Denne type af fermentering bruger en lidt mere avanceret opsætning og foregår i et åbent system. Det friske vækstmedie bliver pumpet samtidig med brugt fermenteringsvæske ind til bioreaktoren. Der er en kontinuerlig input og output inde i reaktoren og raten for input og output er lig med hinanden, så vedvares indholdet i reaktoren i en konstant tilstand. Som medfører til at cellerne har en konstant vækstrate og dermed bevarer en eksponentiel vækst.⁷⁵

7.3.3 Fed-batchfermentering

Denne type fermentering ligger imellem Batchfermentering og kontinuerligfermentering. Den foregår i et åbent system, hvor der bliver tilført mere vækstmedie under fermenteringsprocessen. Der er en form for indsættelse, men ingen udtrækning og det betyder at indholdet inde i bioreaktoren er voksende. Vækstmediet bliver også podet sammen med mikroorganismen ved starten af fermenteringsprocessen, dog er forskellen at reaktoren er halvt fyldt fra start af. Fermenteringsprocessen slutter når tanken er blevet fyldt op af vækstmediet. Ved at kontrollere tilføjelsen af vækstmediet, kan væksten af mediet bliver tvunget til at følge forskellige vækstfaser.⁷⁶

Der er både fordele og ulemper ved alle tre opsætninger. Valget er afhængigt af det ønskede produkts muligheder og begrænsninger, i henhold til de processer der er ved fremstillingen. Batch- og Fedbatchfermentering anvendes ofte i forbindelse med industriel produktion, mens den mest avanceret fermenteringsmetode, kontinuerlig fermentering, anvendes i forbindelse med forskning og udvikling.⁷⁷

7.4 Mål og kontrol

Der er forskellige forudsætninger og behov for at opnå et miljø med optimal vækst og produktivitet for mikroorganismer. Således er det vigtigt at paramterne for fermenteringsprocessen måles og

⁷⁴ (Biotech Academy, n.d.-b)

⁷⁵ (Biotech Academy, n.d.-b)

⁷⁶ (Biotech Academy, n.d.-b)

⁷⁷ (Biotech Academy, n.d.-b)

holdes i kontrol af rettelser af mulige fejl. Der er forskellige variabler, som bliver observeret i bioreaktoren og de inddeles i tre forskellige grupper. Der er de fysiske, kemiske og biologiske variabler.⁷⁸

De fysiske variabler – temperatur, tryk, viskositet (konsistens tykkelse), luftnings- og omrøringshastighed samt strømningshastighed for tilsætning af nyt næringsmedie eller dræning af gammelt næringsmedie.⁷⁹

De kemiske variabler – pH og koncentrationen af O₂, CO₂ og N₂.⁸⁰

De biologiske variabler – Koncentrationen af celler, substrater, metabolitter og produkter.

Alle tre grupper af variabler er underlagt af hinanden. Som udgangspunkt er de vigtigste variabler, som skal observeres, er temperatur, pH og cellekoncentrationen, som giver en generel tegn på cellernes vækst og produktivitet af omsætning af substrat til produkt.

Der er tre typer af måling, som foretages i bioreaktoren. De bliver inddelt i offline, at-line og online.⁸¹

Offline målinger omfatter prøvetagning i laboratorier. Prøven bliver taget ud af bioreaktoren og bragt over til laboratoriet, derefter bliver prøven analyseret.⁸²

At-line omfatter også prøvetagning, men adskiller sig fra offline ved at tage prøven og analyserer tæt på processen for at begrænse tidsforsinkelsen.⁸³

Online anvender metoder som direkte forbindes til fermenteringsprocessen dvs. at målinger bliver foretaget med det samme i *real time*, mens der bliver kultiveret et produkt fra substrater af mikroorganismene inde i bioreaktoren. På den måde kan der kontrolleres og rettes op på en registeret fejl så hurtigt som muligt efter en måling.

Der kan angives eksempler på metoden af de forskellige 3 typer af målinger vedtager en måling af biomasse i bioreaktoren. I offline tages der en prøve for at lave en analyse af celleantallet, som

⁷⁸ (Biotech Academy, n.d.-b)

⁷⁹ (Biotech Academy, n.d.-b)

⁸⁰ (Biotech Academy, n.d.-b)

⁸¹ (Biotech Academy, n.d.-b)

⁸² (Biotech Academy, n.d.-b)

⁸³ (Biotech Academy, n.d.-b)

dyrkes på agarplader i laboratoriet. I at-line tages en prøve af celletætheden ved at måle absorption i et spektrometer. I online måles CO₂-udviklingen direkte fra bioreaktoren.⁸⁴

8. Solar Foods

En virksomhed, som arbejder med at producere alternative proteiner, er Solar Foods. Deres fokus er at udvikle innovationer til madproduktion.⁸⁵ En af deres udviklede innovationer er en teknologisk bioprocess, som er en form for fermenteringsproces der sker inde i en bioreaktor.⁸⁶ Processen omfatter at skabe protein vha. Luft og elektricitet i et laboratorium, hvor miljøet er kontrolleret for at formindske potentiale fejl og risiko for kontaminering af fremmede celle vækst.⁸⁷ Det endelige produkt fra Solar Foods bioprocess er navngivet Solein, som er en Single Cell Protein (SCP).⁸⁸ SCP fremstilles ved at tage en enkel celledede mikroorganisme og fodrer den med næringsstoffer såsom nitrogen, calcium, fosfat og kalium inde i bioreaktoren.⁸⁹ Den en celledede mikroorganisme gror og vokser i det vand (H – Hydrogen), som er splejset fra luften (CO₂ - Kuldioxid). Cellen bliver udtrukket fra bioreaktoren i form af et nærringsfyldt og rigt pulver og benyttes som et supplement til et mere klimavenligt protein alternativ.⁹⁰

Det har været vanskeligt at finde konkret informationer om hvordan de indre mekanismer og processer for den teknologiske dannelse af luftproteiner fungerer. De offentlige informationer fra akademiske rapporter og fra virksomhederne, der arbejder med luftproteiner, peger dog i retningen at produktionen via fermentering, som finder sted i en bioreaktor i et laboratorium, som beskrevet tidligere. Den manglende information har fået to amerikanere Julie H. Guthman professor i Social Science/Community Studies⁹¹ og Charlotte Biltekoff assistant professor i American Studies & Food Science and Technology hos Univeristy of California⁹² til at stille sig kritisk til Sillicon Valleys Food Tech startups. Som fremstiller alternative proteinkilder, heriblandt er den amerikanske virksomhed Air Protein. De skriver bl.a. at de meget få informationer virksomhederne præsenterer for det offentlige og investorer er omhyggeligt skrevet på en meget fortyndet, simplificeret og

⁸⁴ (Biotech Academy, n.d.-b)

⁸⁵ (Solar Foods, n.d.-a, slide 2)

⁸⁶ (Solar Foods, n.d.-a, slide 2)

⁸⁷ (Solar Foods, n.d.-a, slide 2)

⁸⁸ (Solar Foods, n.d.-c, slide 2)

⁸⁹ (Solar Foods, n.d.-d, slide 2)

⁹⁰ (Solar Foods, n.d.-d, slide 3)

⁹¹ (Guthman & Biltekoff, 2021, S. 1583)

⁹² (Biltekoff, n.d.)

overfladisk måde. Det samme gælder når virksomhederne bliver spurgt ind til deres kilder, processer og deres ressourcer med henblik på udstyr og infrastruktur til produktion.

“Representations of production processes are carefully curated to provide what companies want publics and investors to see and hear. Indeed, we find that in discussing their sources, processes, and infrastructures, companies consistently engage in simplifications, redirections, and omissions—and the degree to which our recounting above is vague.”⁹³

De konkluder deres kritik med at grunden virksomhedernes intention om at ”forstyrre” den alternative proteinindustri skal de skille sig ud på det moralske, som gælder effekten på klimaet og de fordele deres produkt tilbyder i forhold til kødproduktion eller andre alternative proteiner.

“But because of the nature of the industry they aim to disrupt, theirs is a unique kind of disruption: an aspiration to replace animal protein with substances that are either simulacra of the real thing or that deliver even more protein, while avoiding the environmental impacts of animal production.”⁹⁴

Food Tech startups i Silicon Valley’s overlevelsesstrategi går ud på at være hemmelighedsfulde, da det hæmmer konkurrenterne i at imitere deres produkt, produktion og teknologi. Samt at de drager fuld nytte af at være den ”første” pioner indenfor dette nye vidunder teknologi og derfor tager de brug af patenter for at holde på deres erhvervshemmeligheder.

“From a business standpoint, secrecy is critical to producing and selling the value of these companies. It prevents technological processes from being easily replicated, thereby securing “first mover” advantages which in turn help shore up return on their substantial investments. Therefore, companies make heavy use of patents and trade secret protections, the latter of which do not require disclosure of processes but can be legally replicated through backwards engineering. Secrecy, along with their big promises of disruption, is what makes these companies investable”⁹⁵

I en nylig fundet rapport ” *Industrial production of microbial protein products* ” bliver der skrevet om casestudier omhandlende forskellige virksomheder, som arbejder med SCP. Herunder er en af

⁹³ (Guthman & Biltekoff, 2021, S. 1597)

⁹⁴ (Guthman & Biltekoff, 2021, S. 1597)

⁹⁵ (Guthman & Biltekoff, 2021, S. 1597)

de virksomheder Solar Foods.⁹⁶ Casestudierne undersøger de barrierer og udfordringer der er under produktionsfasen, samt andre faktorer såsom det økonomiske marked og forstyrrelser fra pandemien COVID-19.⁹⁷ Blandt de barrierer som udfordrer produktionen hos Solar Foods omfatter bakterie vækst, omrøring i bioreaktoren og strømledning i hydrogenelektrolyseprocessen.

Den første udfordring er at produktionsvæksten er begrænset af overførslen af hydrogen til bakteriecellerne og derfor ikke opnår det ønskede mængdemål.

“... growth was limited by insufficient mass transfer of hydrogen from microbubbles into the bacteria cells, averaging approximately 29% of the target 1.7 kg m⁻³ day.”⁹⁸

Den anden udfordring er at der sker en yderligere reduktion af udbyttet, grundet at der er en ”dead zone” i dele af bioreaktoren. Hvor der opstår hotspots uden oxygen (anoxiske forhold).

“The yield was reduced further due to insufficient mixing, allowing nitrifiers to develop in anoxic hot spots beneath the gas sparger and at the reactor walls.”⁹⁹

Den tredje udfordring er at under elektrolyseprocessen sker der en ikke ensartet ledelse af strømstyrke, som begrænser overflades areal grundet ohms modstand. Samt læk strøm og vanskeligheder forbundet med omrøring er det ikke optimalt egnet til masseproduktion.

“... water electrolysis using submerged electrodes at lab scale has demonstrated 100% hydrogen utilisation efficiency, but suffers from inhomogeneous current densities, limited surface area due to ohmic resistance, current leakage and mixing difficulties making it unsuitable for large scale use.”¹⁰⁰

Der bliver konkluderet at de nuværende etablerede metoder for optimering af luftprotein forsætter med at være en økonomisk og tids intensive barrierer for produktionen. Dermed har de et lavt ”technical readiness” (TRL) og for at fremme udviklingen af fermentering skal der være en større interesse til at finansiere undersøgelser og videnindsamling.

⁹⁶ (Banks et al., 2022, S. 4)

⁹⁷ (Banks et al., 2022, S. 1)

⁹⁸ (Banks et al., 2022, S. 4)

⁹⁹ (Banks et al., 2022, S. 4)

¹⁰⁰ (Banks et al., 2022, S. 4)

“... optimisation of microbial protein production remains a labourious, costly and time intensive bottleneck to bioprocess design.”¹⁰¹

“However, most are currently at a low TRL and scale-up/scaleout efforts are likely to come in the following years....”¹⁰²

“Advancements in fermentation technologies rely on sufficient availability of funding and expertise”¹⁰³

8.1 Men er det muligt?

Grundet den naturlige hemmelighedsfulde karakter omkring nye Food Tech startups, som har taget patent på de teknologier bag metoderne til produktionen af luftproteiner. Er det svært at finde brugbar og konkret information til analysering, uden at det kommer til at være et gætteri om de helt præcise metoder og ressourceliste samt teknologisk udstyr anvendt.¹⁰⁴

Dermed er det grundlæggende ufremkommeligt at besvare på de fundamentale processer bag dannelsen af luftproteiner og deres teknologiske mekanismer.

Processen er at kuldioxid bliver indsamlet i en beholder forbundet til et luftrør. Ved at opvarme den indsamlet luft frigøres vandet heraf og der bliver anvendt en elektrolyse proces til at adskille vand (H₂) og luft (O) fra hinanden via PEM Elektrolyse. Derefter bliver gasserne tilsat i en bioreaktor sammen med andre mikrober og mineraler til at gro organismer igennem en fermenteringsproces.¹⁰⁵

For at optimerer produktionen af SCP skal de tekniske barrierer igennem produktionsfasen løses, ved at gøre det mere økonomisk effektivt, gennem en fremskridt indenfor fermenterings viden og teknologi, som vurderes til at højst sandsynlig vil komme indenfor de næste par år.¹⁰⁶

¹⁰¹ (Banks et al., 2022, S. 5)

¹⁰² (Banks et al., 2022, S. 5)

¹⁰³ (Banks et al., 2022, S. 5)

¹⁰⁴ (Guthman & Biltekoff, 2021, S. 1596)

¹⁰⁵ (CNN 10, 2021)

¹⁰⁶ (Banks et al., 2022, S. 5)

9. Menneskets forhold til deres kødforbrug og klimaforandringer

I det følgende afsnit vil vi præsentere de to undersøgelser, som vi har valgt igennem vores litteratur studie. De undersøger madvaner og den madkultur som ligger bag, med udgangspunkt i kød, samt hvorfor det er svært at ændre eller udfordre Europas madvaner i dag. Undersøgelserne tager udgangspunkt i menneskets forhold til deres kødforbrug og dets indvirkning på klimaet. Disse to undersøgelser ligger til grund for en komparativ analyse, som præsenteres under afsnit 10.3. Igennem analysen vil vi identificere og redegøre for nogle af de barrierer, der skal tages højde for, før vi kan omstille til en mere klimavenlig løsning.¹⁰⁷

For at finde ud af hvordan man kan ændre kostvaner bliver man nødt til at forstå nogle af de kulturelle barrierer der er bag madkulturen.

Vi lever i et forbrugersamfund, hvor mad ikke længere er en mangelvare, men tvært i mod er mad blevet et nydelsesobjekt. I vores hverdagsliv er det nemt at gå ned og købe det vi har brug for, uden selv at skulle ligge et stort arbejde i. Vi har derfor ikke den samme relation til, eller respekt for maden.¹⁰⁸ Masseproducerede fødevarer betyder at prisen er faldet, og vi kan købe de vi har lyst til at spise frem for det der er til rådighed. Der bliver fløjet fødevarer ind for alle vare skal være tilgængeligt hele året rundt. Vi har fået et forkælet syn på mad og det resulterer i et kæmpe ressourcespild.¹⁰⁹

Mad er en kæmpe del af vores hverdag og er med til at definere vores identitet, selvopfattelse og kultur.¹¹⁰ Madvaner er kompliceret at omlægge og kan variere fra en persons etnicitet, sociale klasse, køn samt vaner fra opvækst.¹¹¹ Der er altså mange faktorer der spiller ind, men ud over disse er mad i høj grad også forbundet med fællesskab, der inkluderer samt giver en følelse af samhørighed.¹¹² Hvis man ændrer sine madvaner, kan man altså risikere ikke i samme grad at være en del af måltidsfællesskabet.¹¹³

¹⁰⁷ (Andersen et al., 2015, S.12)

¹⁰⁸ (Andersen et al., 2015, S. 146)

¹⁰⁹ (Miljø- og Fødevareministeriet, 2017)

¹¹⁰ (Andersen et al., 2015, S. 24)

¹¹¹ (Andersen et al., 2015, S. 12)

¹¹² (Andersen et al., 2015, S.14)

¹¹³ (Andersen et al., 2015, S.22)

Kød, særligt oksekød er dyrt ift. andet og derfor er der stadig luksus forbundet med at spise en god bøf. Der er desuden maskulinitet forbundet med at spise kød. Mænd der spiser kød bliver oftest set som mere maskuline og det er derfor også et spørgsmål om køn. Etnicitet kan spille en rolle ift. kulturen omkring kød, ser man på Indien estimeres det at 31% af befolkningen er vegetarer¹¹⁴ mens tallet i Danmark er noget lavere på ca. 3.5%.¹¹⁵ Vi vil dog i denne opgave primært tage udgangspunkt i den vestlige forbrugskultur.

Kød er i den vestlige kultur i høj grad blevet en del af ”et ordentligt måltid” og det er derfor relevant at sammenligne undersøgelser for vestlige lande og se på hvilke madvaner de har og hvor omstillingsparate de er.¹¹⁶

Maden har gennem tiden haft en stor betydning for hvordan vi definerer os selv. Så for at forstå madkulturen omkring kød i dag samt hvordan det skal omlægges, er det nødvendigt at se på hvad der står bag, altså det historiske perspektiv.

Når man ser på forhøjet forbrug af kød i historien, skulle man tro det var i perioder med vækst og økonomisk opsving at man så en stigning i forbrug. Men flere eksempler viser at det var i krisetider samfundet blev påvirket til at øge kødproduktionen og -forbruget i den vestlige verden. Eks under den sorte død mange døde inden for kort tid og der derfor var en mangel på mennesker til dyrkning af marker. Derfor blev kød, løsningen fordi man ikke skulle passe markerne på samme måde, men alligevel få noget at spise. Det ændrede køds rolle i kosten, hvilket øgede forbruget af primært oksekød i det fjortende århundrede.

Industrialisering gjorde dyrkning af marker langt mere effektivt og det blev derfor mere normalt. Men grundet det faldt kornpriserne i midten af det nittende århundrede. Men på grund af øget produktion og forbedrede transportmetoder, blev kødet igen løsningen på en krise.¹¹⁷ Kødet er altså gået fra at være en løsning for at opnå en økonomisk holdbar fødevarerproduktion til at blive et af de store problemer i dag i forhold til den nuværende klimakrise.¹¹⁸

For at beskrive og analysere udfordringen med at ændre eller udfordre madvaner med henblik på kød i Europa, har vi som sagt valgt at tage udgangspunkt to undersøgelser. Vi vil nu gennemgå og redegøre for deres resultater.

¹¹⁴ (Mogen, n.d.)

¹¹⁵ (Hielkema & Lund, 2021, S. 2)

¹¹⁶ (Macdiarmid et al., 2016, S.491)

¹¹⁷ (Brønnum et al., 2020, S. 85-87)

¹¹⁸ (Brønnum et al., 2020, S. 85-87)

9.1 Undersøgelse A

I 2015 udførte Public Health Nutrition Research Group fra University of Aberdeen en undersøgelse, som havde til hensigt at komme nærmere på folks forståelse for køds indvirkning på klimaet.

Undersøgelsen var baseret på 12 fokusgrupper, som sammenlagt bestod af 83 deltagere, som alle var bosat i Scotland. Derudover, blev der udført 4 individuelle interviews med personer som ikke havde mulighed for at deltage i fokusgrupperne.¹¹⁹ På figur 7 ses aldersfordeling, køn, beskæftigelse, osv. I Storbritannien spises der i gennemsnit næsten dobbelt så meget kød sammenlignet med resten af verdenen, derfor er det et relevant land at undersøge når det kommer til mad og kultur.¹²⁰

¹¹⁹ (Macdiarmid et al., 2016, S.488)

¹²⁰ (Macdiarmid et al., 2016, S.489)

Table 1
Description of the focus group participants.

	n (%)
Age groups	
25–40 yrs	17 (19.5%)
41–55 yrs	26 (29.9%)
>56 yrs	44 (50.6%)
Men	40 (46.0%)
Educational qualifications^a	
No formal qualifications	20 (23.0%)
Secondary school qualifications	16 (18.3%)
Vocational qualification	13 (14.9%)
Degree	35 (40.2%)
Number of people in the household^a	
1	32 (36.8%)
2	31 (35.6%)
3	10 (11.5%)
4	13 (14.9%)
Employment status^a	
Paid employment	46 (52.9%)
Unemployed	13 (14.9%)
Not working	4 (4.6%)
Retired	21 (24.1%)
Meat consumption	
Meat eaters	83 (96.5%)
Ex-vegetarian	3 (3.4%)
Vegetarian	1 (1.1%)
Setting	
Rural	26 (29.9%)
Urban	61 (70.1%)
Deprivation^a	
High (SIMD 1–2)	45 (50.5%)
Low (SIMD 3–5)	40 (47.1%)

^a These categories did not all total 87 due to missing data.

Figur 7: Beskrivelse af deltagerne i fokusgrupperne.¹²¹

Resultaterne af undersøgelsen kunne koges ned til følgende pointer, som dominerede i fokusgrupperne:

1. *“lack of awareness of the association between meat consumption and climate change,*
2. *perceptions of personal meat consumption playing a minimal role in a global context of climate change, and*
3. *resistance to the idea of reducing personal meat consumption.”*¹²²

Vi vil nu gennemgå disse pointer og undersøgelsens resultater og senere redegøre for, hvilke komplikationer disse bringer for udbredelsen af proteinrige alternativer til kød igennem en

¹²¹ (Macdiarmid et al., 2016, S.489)

¹²² (Macdiarmid et al., 2016, S.489)

komparativ analyse, som præsenteres under afsnit 10.3.

9.1.1 Lack of awareness of the association between meat consumption and climate change

Et af de gennemgående træk blandt deltagerne var, at de ikke så en tydelig korrelation mellem kødforbrug og klimaforandringer. Da deltagerne blev præsenteret for sætninger såsom *”some people think that eating less meat would be good for the Environment”*¹²³ blev den modtaget som værende kontroversiel. Flere deltagere var direkte mistroiske overfor ideen om, at nedskæring på indtagelse af kød ville have en positiv indvirkning på klimaet. Et tydeligt eksempel på dette:” ... *they talk about this cows and that I don't know, I mean that's a fairly new theory isn't it and I don't know whether it's been proven or how much it affects the environment.*” Deltagerne manglede altså en forståelse for køds aftryk på klimaet, en forståelse som virkede ikkeeksisterende hos flere deltagere.

9.1.2 Perceptions of personal meat consumption playing a minimal role in a global context

Flere af deltagerne kunne ikke se, hvordan deres eget kødforbrug spillede ind i ”det store klimabillede” og mente at det ingen rolle spillede. To undertemaer dukkede op, hvilket forskerne konkluderede som følgende:

1. Personally unable to make a difference

Deltagerne havde en følelse af ”dem mod resten af verdenen”. De kunne ikke se, hvordan deres personlige kødforbrug skulle ændre noget, hvis alle andre ikke også aktivt lavede en nedskæring. Nogle mente herunder at de store supermarkeds kæder havde del i skylden, da de ifølge deltagerne importerede deres kød frem for at sælge fra lokalt landbrug. På den måde følte deltagerne at deres indkøb blev styret af det sortiment som supermarkederne udbød. En stor del af denne mistillid til supermarkeds kæderne kom fra ”the horsemeat scandal”, som fandt sted under undersøgelsen. Andre deltagere skød skylden på det voksende befolkningstal i blandt andet Indien og Kina. De mente at hvis man kom dette til livs, så ville det slet ikke være nødvendigt at skære ned på sit kødforbrug.

¹²³ (Macdiarmid et al., 2016, S. 490)

2. Bigger environmental issues

Som det fremgår under flere af undertemaerne, så manglede deltagerne generelt en forståelse for den negative indflydelse samfundets kødforbrug har på klimaet. Flere deltagere følte at der var vigtigere problemstillinger at fokusere på frem for menneskets kødforbrug. En af deltagerne sagde blandt andet: ” *I think they should concentrate on far bigger things for the environment [coal fired power plants in other countries] than making people feel guilty about eating a steak now and again.* ”¹²⁴

9.1.3 Resistance to the idea of eating less meat

Da fokusgrupperne blev spurgt om de ville være villige til at skære ned på deres kødforbrug, sås der igen en dominerende tendens; nej, de ville ikke skære ned på deres kødforbrug.¹²⁵ Taget de ovenstående punkter i betragtning, så burde dette ikke komme som en overraskelse. Forskerne bestemte ud fra dette 3 underkategorier, som var de typiske årsager for, hvorfor deltagerne ikke ville skære ned på deres forbrug¹²⁶:

1. Meat is pleasurable, social and traditional.

Flere deltagere italesatte, hvordan de følte at kød var en fast del af et måltid – en del som ikke kunne erstattes. Dette bundede i at kød historisk set altid har været en del af menneskets kost. Nogle deltagere beskrev også, hvordan denne tradition omkring kød kunne få dem til at føle sig socialt-ekskluderet når de valgte at spise vegetarisk i sociale sammenhænge.¹²⁷

2. Only eat small quantities of meat.

Nogle deltagere ville ikke skære ned på deres forbrug af kød da de mente, at de allerede spiste små mængder kød.¹²⁸ Det kan være svært at konkludere noget heraf, da vi ikke kender til deltagerens egentlige kødforbrug.

3. Already reduced meat consumption

Andre mente at de allerede havde skåret ned på deres kødforbrug. Igen er det svært at drage noget konkluderende heraf, da vi ikke kender deltagerens egentlige kødforbrug. De deltager

¹²⁴ (Macdiarmid et al., 2016, S. 490)

¹²⁵ (Macdiarmid et al., 2016, S. 490)

¹²⁶ (Macdiarmid et al., 2016, S. 491)

¹²⁷ (Macdiarmid et al., 2016, S. 491)

¹²⁸ (Macdiarmid et al., 2016, S. 491)

som mente at have mindsket deres forbrug allerede, havde dog ikke klimaet som grundlag for denne nedskæring, de nævnte derimod årsager såsom: *”health concerns, food scares (e.g. CJD, horse meat scandal), the high cost of meat, living with a partner who was vegetarian or changing dietary habits with ageing.”*¹²⁹ Dette understreger igen en tydelig mangel på forståelse for kødproduktionens effekt på klimaet.

9.2 Undersøgelse B

Undersøgelse B er en online spørgeskemaundersøgelse udarbejdet i forbindelse med et forskningsprojekt, der undersøger danskernes kostvaner ift. kød og viljen til at reducere kødindtaget. Undersøgelsen er udarbejdet i 2019, er besvaret af 1005 danskere og er nogenlunde repræsentativ for den danske befolkning ift., område og køn. Dog er der et lidt højere antal kvinder end mænd, der har besvaret undersøgelsen, desuden er der en større andel af personer med en længere uddannelse der har besvaret, og således er undersøgelsen heller ikke repræsentativ ift. den danske befolkning når det kommer til uddannelsesniveau.¹³⁰

Ud af besvarelserne er der 30.9–50.2% som vil spise mindre kød, eller allerede gør det, men da man ved at det er svært at ændre madvaner, er det interessant, hvor mange der sætter handling bag ordene.¹³¹

Der er en række barrierer, der kan gøre at det er svært at ændre vaner. Der bliver beskrevet tre overordnede barrierer.¹³² Der er *”capability”* som betyder manglende viden og færdigheder til at udføre adfærden. Så er der *”opportunities”* som er udformet af sociale normer dvs. manglende social støtte og fysisk tilgængelighed. Til slut er der *”motivation”* som er både reflekterende altså beviste valg blandt andet valg knyttet til identitet og automatisk, som er de vaner og traditioner der er indlejret i hverdagen.¹³³

Det er altså nogle af grundene til at deltagerne ikke har ændret deres vaner endnu.

Der beskrives også 5 faser og de er nødvendige at forstå, da det er på baggrund af dem at spørgeskemaet er blevet udformet og besvaret.

Den første fase forudgående overvejelse: forbrugerne er uvidende eller ikke opmærksomme på at der er et problem med deres adfærd og derfor ikke vil ændre det foreløbigt.

¹²⁹ (Macdiarmid et al., 2016, S. 491)

¹³⁰ (Hielkema & Lund, 2021, S. 3)

¹³¹ (Hielkema & Lund, 2021, S. 1)

¹³² (Hielkema & Lund, 2021, S. 2)

¹³³ (Graça et al., 2019, S. 381)

Den anden kontemplationsfase og tredje forberedelsesfase: får forbrugerne en intention om at ændre deres adfærd uden at ændre sig endnu. I kontemplationsfasen er intentionerne ikke seriøse og konkrete endnu men det bliver de i forberedelsesfasen.

Den fjerde handlingsfase og den femte vedligeholdelsesfase: forbrugerne har implementeret adfærdsændringer i hverdagen. Handlingsfasen er en ændring der er sket fornyelig og vedligeholdelsesfasen refererer til en at der er gået en længere periode, hvor den nye adfærd er blevet vedligeholdt og der derfor er lavere risiko for tilbagefald.¹³⁴

Undersøgelsen viser at 57 % af de adspurgte ikke havde intentioner om at reducere kødindtaget i 2019 her af planlagde 5 % at øge det. Der ses dog også en gradvis stigning af befolkningen der vil reducere kødforbruget, 11,5 % havde til hensigt at reducere kødindtaget, og 27,5 % havde allerede reduceret deres kødindtag.¹³⁵ Undersøgelsen viser, at de kødreducerende i vedligeholdelsesfasen spiser færre varme måltider med kød og derfor bidrager til at reducere det samlede kødforbrug. Undersøgelsen viser også at forbrugere uden hensigt om at reducere kødforbrug var mindre bevidste om klimapåvirkningen af kød. Så at undersøgelsen ser at de vigtigste forudsætninger for kostomlægningen til lavere kødindtag er udbredelse af bevidsthed om klimapåvirkning samt at knytte sociale bånd med andre kødreducerende eller folk der helt undgår kød.¹³⁶ Praktiske, vanemæssige og identitets barrierer forhindrer også mange forbrugere i at gå fra intention til handling.

De forskellige barrierer og drivkræfter kræver strategier og kampagner der er specialiserede til at løse det.¹³⁷ Omgivelserne påvirker altså mennesket, især i de fysiske og praktiske kontekster og det resulterer i at forbrugerne ofte vælger uhensigtsmæssigt.¹³⁸ Derfor ses nudging som en lovende strategi, altså at gøre nemt og mere intuitivt at vælge et mindre klimabelastende alternativ til kød.

139

10. Analyse

I de følgende afsnit vil vi analysere og beskrive de indre mekanismer og processer i en bioreaktor i forbindelse med fermentering. Derefter vil vi foretage en komparativ analyse af klimaaftrykket fra

¹³⁴ (Hielkema & Lund, 2021, S. 2)

¹³⁵ (Hielkema & Lund, 2021, S. 1)

¹³⁶ (Hielkema & Lund, 2021, S. 8-9)

¹³⁷ (Hielkema & Lund, 2021, S. 9)

¹³⁸ (Andersen et al., 2015, S. 102)

¹³⁹ (Hielkema & Lund, 2021 S. 8)

Solar Foods produkt sammenlignet med det samme fra almindelig oksekødsproduktion. Til sidst vil vi foretage endnu en komparativanalyse, denne gang af de to undersøgelser, som er præsenteret i de foregående afsnit.

10.1 Bioreaktor

Vi vil i dette afsnit præsentere de indre mekanismer, som indgår i en bioreaktor under fermentering. Vi vil ligeledes redegøre for de processer, som omfatter mekanismerne under fermentering.

Bioreaktorens formål er at optimere fermenteringsprocessen for væksten af høje koncentrationer af mikroorganismer.¹⁴⁰ Den mest essentielle del for de kemiske processorer er derfor bioreaktoren, hvor de levende celler i kulturstarten omsætter substraterne til et ønskede produkt. Derfor skal bioreaktoren have det rette udstyr til at fremme de mest optimale miljø for væksten af mikroorganismene.¹⁴¹

Den vigtigste formål af en bioreaktor er at mikroorganismer vokser og producere det ønskede produkt i sterile omgivelser, hvor der er minimal risiko for at der opstår kontaminering, altså der sker en vækst af uønskede fremmede mikroorganismer, som kan hæmme eller ødelægge fermenteringsprocessen.¹⁴² Det kan ske hvis der ikke er hygiejnisk og sterilt, når der bliver tilføjet eller udtrukket noget ind og ud af bioreaktoren.¹⁴³

Samt en konstant mulighed for at kontrollere vækstbetingelserne for mikroorganismene såsom temperatur og pH. Derfor skal cellerne være i konstant luftning og omrøring inde i bioreaktoren.¹⁴⁴ Luften kan være enten O₂, CO₂ og N₂. Temperaturen kan kontrolleres ved at varme eller køle cellekulturen. Kontrolleren af pH sker ved enten at tilføje syre eller base til cellekulturen.¹⁴⁵

10.1.2 Analyse af en bioreaktors indre mekanismer og processer

Udstyr: Den mest almene bioreaktor er en type kaldt for stirred tank reactor (STR). Den type beholder er udformet som en cylinder med et målestoksforhold af 3:1 højde/bredde. Der er en række

¹⁴⁰ (Biotech Academy, n.d.-b)

¹⁴¹ (Biotech Academy, n.d.-b)

¹⁴² (Biotech Academy, n.d.-b)

¹⁴³ (Biotech Academy, n.d.-b)

¹⁴⁴ (Biotech Academy, n.d.-b)

¹⁴⁵ (Biotech Academy, n.d.-b)

forudsætninger af krav til bioreaktoren og dens udstyr som vist på figur 8, samt en mindre beskrivelse af hver enkel komponents rolle i tanken.¹⁴⁶

Materiale: Først og fremmest skal selve reaktoren være bygget af materialer som kan blive steriliseret og den skal kunne vedvare et sterilt miljø over en længere periode.¹⁴⁷

Motor/Omrører: Oppe i toppen af reaktoren sidder der en motor tilsluttet en omrører, som sørger for at der bliver rørt rundt inde i bioreaktoren.¹⁴⁸

Luftfordeler: I bunden af tanken er der en luftfordeler som sikrer luftning inde i bioreaktoren. Luften bliver tilført via et rør som er forbundet til luftfordeleren inde i reaktoren.¹⁴⁹

Strømbryder: Strømbryderen består af plader, der sidder fast i tanken. Meningen med pladerne er at de skal bryde strømmen og dermed sørger for at der er en strømning i bioreaktoren, så der sker en ordentlig sammenblanding vækstmediet og substrater, som ikke kan opnås med kun omrøring.¹⁵⁰

Varmekappe: Sidder ude i siden og i bunden som et ekstra lag. Varmekappen anvender strøm til at regulere temperaturen via opvarmning eller nedkøling af vand som bliver tilført fra et forbundet rør.¹⁵¹

Prøvetagningsprøjte: Som sidder i toppen af bioreaktoren, sørger for at der kan tages prøver af mikroorganismene inde i tanken.¹⁵²

Syrer/Base rør: Der skal være mulighed for at der tilføres syrer eller base ind til bioreaktoren for at regulere pH-værdien.¹⁵³

Prober: Der skal være samtlige prober, som skal sørge for at der kan foretages real time målinger og kontrollerer fermenteringsprocessen. Der er tale om temperatur, pH og DO prober. Proberne er forbundet til et system der kan regulere og vedligeholde variableerne for væksten af mikroorganismene.¹⁵⁴

¹⁴⁶ (Biotech Academy, n.d.-b)

¹⁴⁷ (Biotech Academy, n.d.-b)

¹⁴⁸ (Biotech Academy, n.d.-b)

¹⁴⁹ (Biotech Academy, n.d.-b)

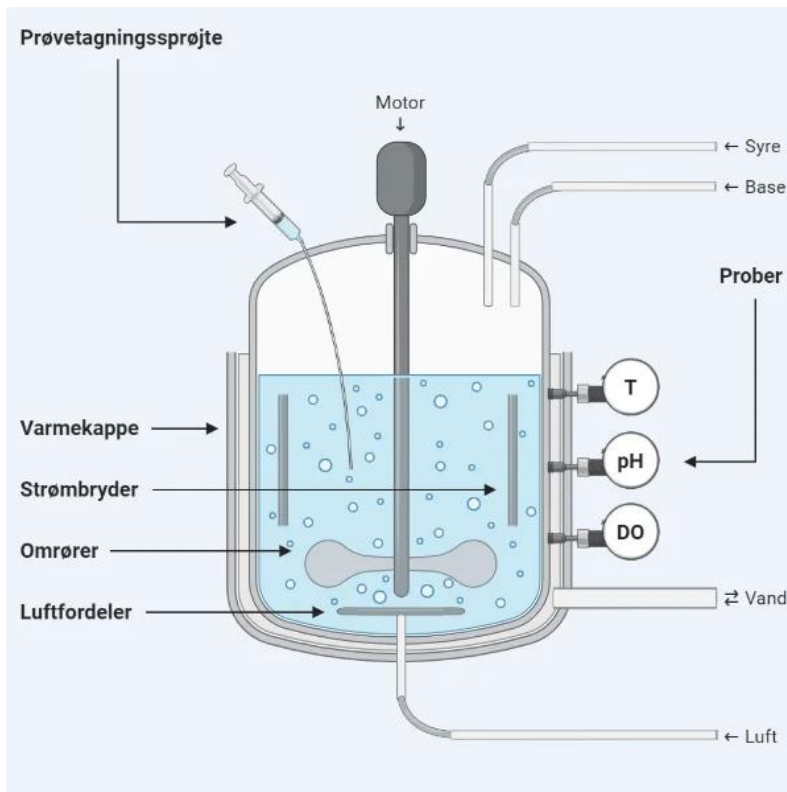
¹⁵⁰ (Biotech Academy, n.d.-b)

¹⁵¹ (Biotech Academy, n.d.-b)

¹⁵² (Biotech Academy, n.d.-b)

¹⁵³ (Biotech Academy, n.d.-b)

¹⁵⁴ (Biotech Academy, n.d.-b)



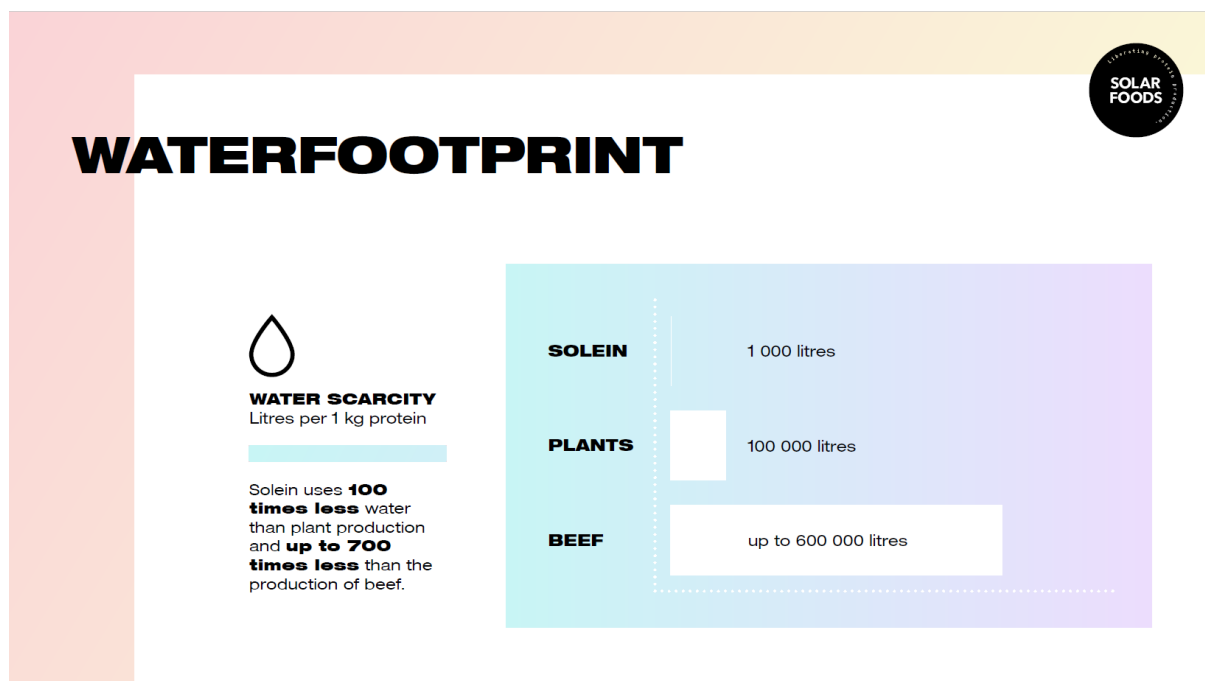
Figur 8: Oversigt af fermentering tankens udstyr.¹⁵⁵

10.2 Komparativ analyse af klimaaftryk

Vi vil i dette afsnit se på hvilke muligheder der er i produktionen af luftproteiner frem for den gængse produktion af oksekød på baggrund af nogle forskellige parametre. Vi har gennem Solarfoods hjemmeside fået adgang til nogle tal der beskriver: vandforbrug, brug af landjord, og drivhusgasemissioner (udledning af CO₂). De tal fra Solarfoods hjemmeside vi tager udgangspunkt i er baseret på deres luftprotein/ produkt Solein. Da Solarfoods er de eneste der har udgivet nogle tal, vil vi fakta tjekke med andre undersøgelser der kan give konkrete tal for oksekød. I de tal Solarfoods har udgivet går vi ud fra at de ikke har indregnet den proces der skal til at omdanne pulveret til mad. Nu vil vi gå i dybden med de væsentlige tal for at beskrive klimaaftrykket.

¹⁵⁵ (Biotech Academy, n.d.-b)

10.2.1 Vandforbrug



Figur 9: Vandforbrug i liter pr. kilogram protein¹⁵⁶

Som det ses på figur 9, så bruger Solar Foods eget produkt, Solein, kun 1.000 liter vand pr. kg. protein under produktion af produktet.¹⁵⁷ De sammenligner dette med en bøf, hvor der bruges op mod 700 gange så meget vand pr. kg. protein, altså op mod 6-700.000 liter vand pr. kg. protein. Det sammenligner derudover med almindelige afgrøder, såsom korn, hvor der bruges 100.000 liter vand pr. kg. protein. Kigger man på rapporten ”*A Global Assessment of the Water Footprint of Farm Animal Products*”, som kigger på vandforbruget fra forskellige dele af landbruget, ser tallene lidt anderledes ud. Her meldes det at der bruges 112 liter vand pr. g. protein fra en bøf lavet af oksekød. Det vil altså sige at der bruges 112.000 liter vand pr. kg. protein fra en bøf lavet af oksekød.¹⁵⁸ Dette er dog stadig mere end 100 gange så meget vand pr. kg. protein, end hvad Solar Foods skal bruge på deres produktion. Derfor er det en tydelig forbedring, hvis man ser det i et klimaperspektiv.

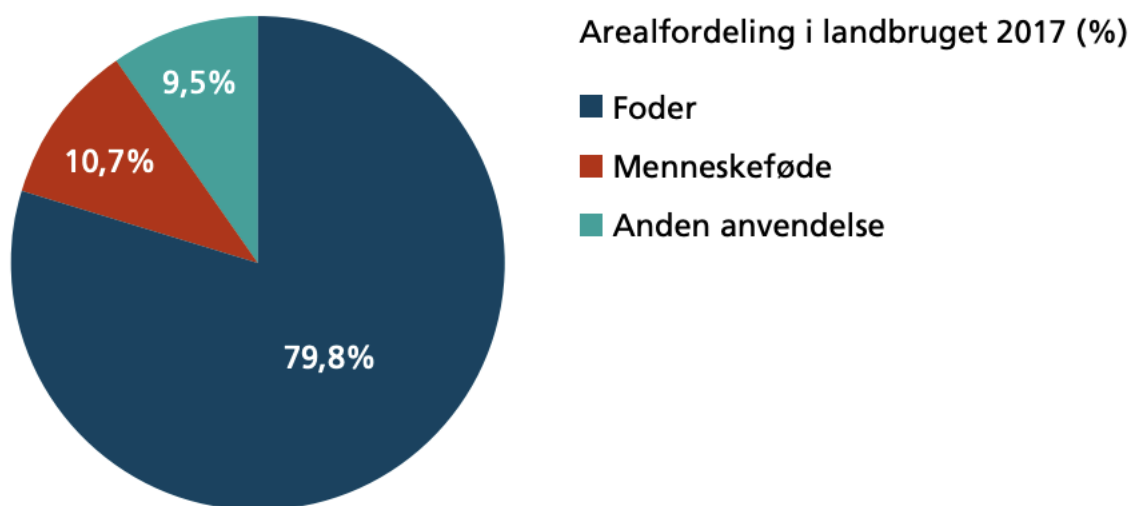
¹⁵⁶ (Solar Foods, n.d. slide 2)

¹⁵⁷ (Solar Foods, n.d. slide 2)

¹⁵⁸ (Mekonnen & Hoekstra, n.d., S. 409)

10.2.2 Arealanvendelse af landjord

Landbrugsarealet udgør 61% af hele Danmarks areal.¹⁵⁹ Ud af det areal går knap 80% af det danske landbrugsareal til dyrkning af foder til husdyr¹⁶⁰ Det kræver omtrent 7 kg korn at producere 1 kg oksekød, derfor vil landbruget kunne række meget længere hvis man dyrkede mad til mennesker i stedet for at dyrke foder til dyr.¹⁶¹



Figur 10: Arealfordeling i landbruget 2017 i procent.¹⁶²

Ifølge Solar Foods kræver produktionen af Solein 1m² land pr kilo protein. Solarfoods har sat det op mod oksekød som ifølge dem kræver 200m² landjord pr kilo protein. Altså er produktionen af

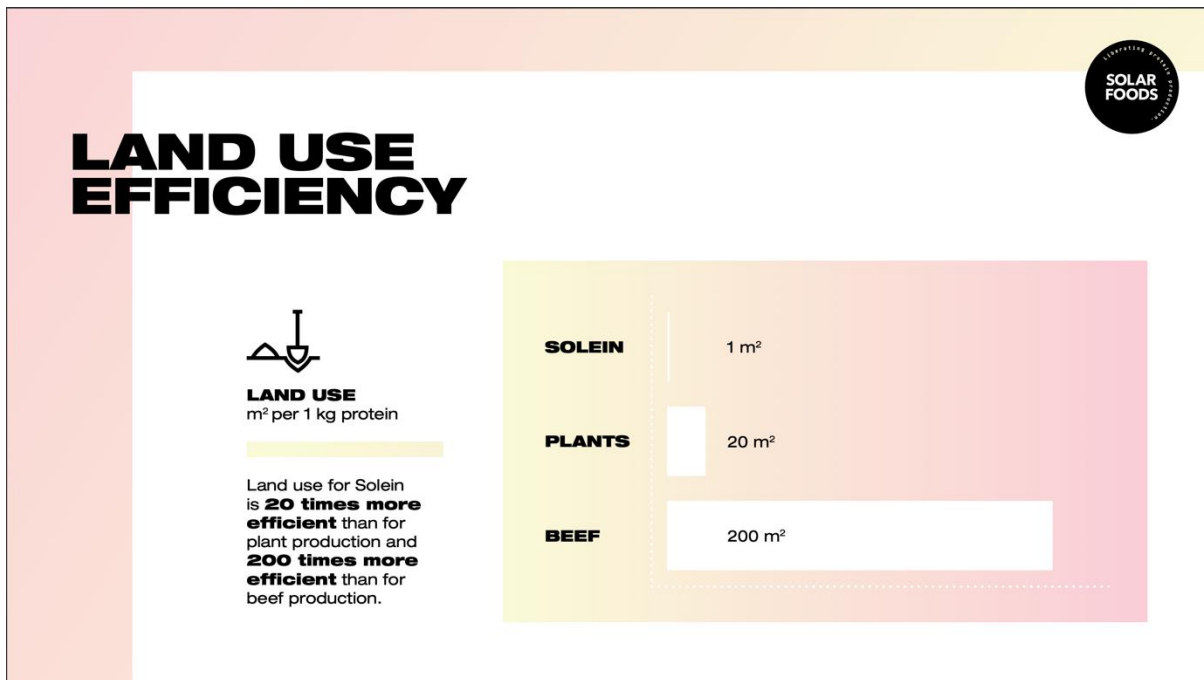
¹⁵⁹ (Danmarks statistik, 2020)

¹⁶⁰ (Miljø- og Fødevareudvalget 2017-18, n.d., S. 7)

¹⁶¹ (Miljø- og Fødevareudvalget 2017-18, n.d., S. 9)

¹⁶² (Miljø- og Fødevareudvalget 2017-18, n.d., S. 8)

luftproteiner 200 gange mere effektiv ifht plads.¹⁶³

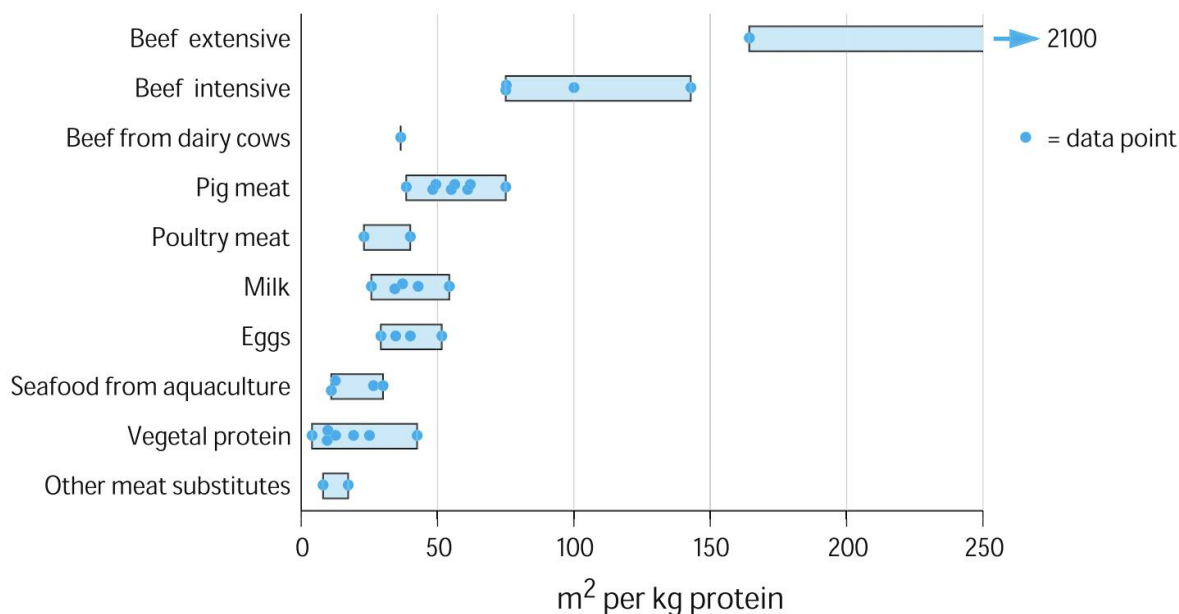


Figur 11 : Jordforbrug i m² pr. kilogram protein¹⁶⁴

Vi har fundet en anden undersøgelse: *"The price of protein: Review of land use and carbon footprints from life cycle assessments of animal food products and their substitutes"* som viser at produktion hvor mange kvadratmeter(m²) det kræver for at få et kg protein i oksekød.

¹⁶³ (Solar Foods, n.d. slide 3)

¹⁶⁴ (Solar Foods, n.d. slide 3)



Figur 12 : Jordforbrug pr. kilogram protein.¹⁶⁵

Grundet meget forskellige systemer til opdræt af kvæg til slagting er oksekød delt op i 3 kategorier: beef from dairy cow, beef intensive, beef extensive.¹⁶⁶ Beef from dairy cows er det der kræver mindst plads da koen aldrig kommer på græs. Beef intensive er den effektive måde hvor man gennem kraftfoder etc. foder koen op hurtigst muligt, dog kommer koen ofte på græs om sommeren og dvs at det kræver mere plads. Den sidste kategori er beef extensive og er den kategori der kræver mest plads, det er da koen går på eng. Det fremgår at halvdelen af Europas oksekødsproduktion kommer fra slagtede malkekøer (dairy cows) og den anden halvdel er produceret i oksekødsystemer. Primært intensive eller semi-ekstensive systemer da køerne bliver fodret med kraftfoder samt kun går lidt eller slet ikke på græs.¹⁶⁷

Derfor vil det for os primært være relevant at se på resultaterne for beef from dairy cows og beef intensive. Vi kan ud fra figur 12 aflæse at beef from dairy cows kræver ca. 40-75m² pr kg protein mens beef intensive kræver ca. 75-145 m² pr kg protein. Det er altså nogle lidt lavere tal end de tal solarfoods fremviser. Det kan dog være at de har set på et system der passer mere på beef ekstensive (170-2100m² pr kg protein). I så fald ville deres tal stemme mere overens, det er dog ikke den gængse måde at producere oksekød i landbruget i dag.¹⁶⁸

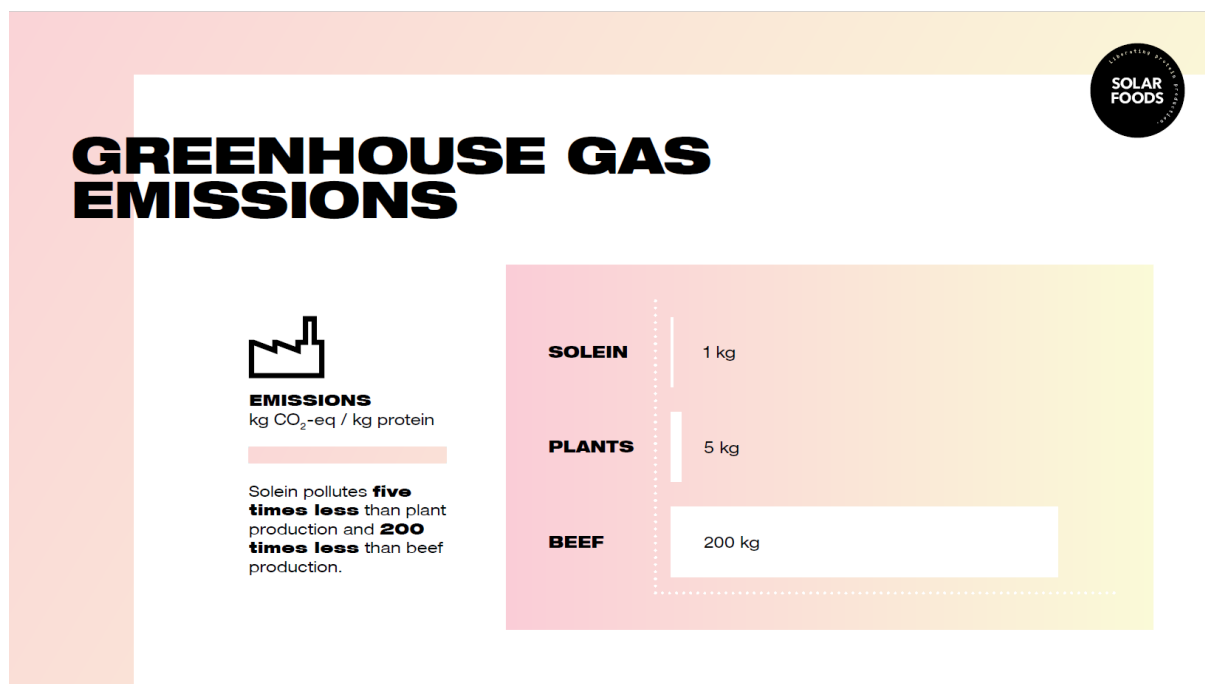
¹⁶⁵ (Nijdam et al., 2012, S. 764)

¹⁶⁶ (Nijdam et al., 2012, S. 763)

¹⁶⁷ (Nijdam et al., 2012, S. 766)

¹⁶⁸ (Nijdam et al., 2012, S. 766)

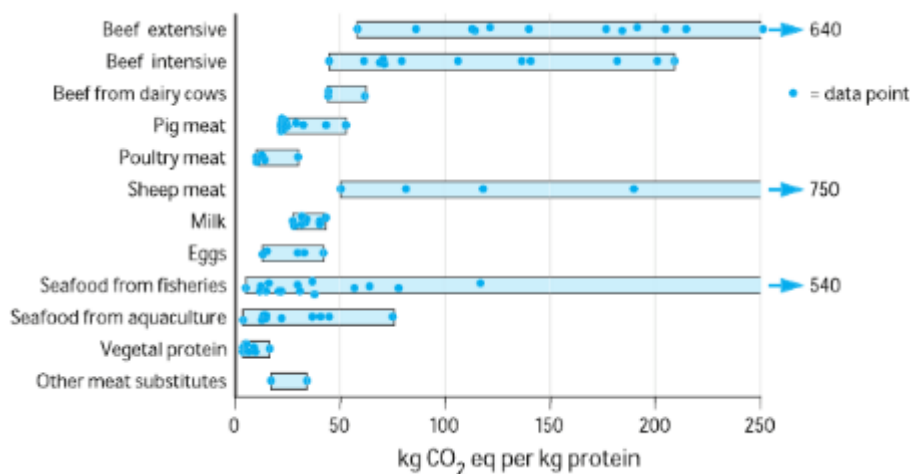
10.2.3 Drivhusgasemissioner



Figur 13: Udledningen af CO₂ målt i kg.¹⁶⁹

På figur 13 ses udledningen af CO₂ målt i kg. på tværs af Solein, afgrøder og oksekød. Her udleder Solein blot 1kg CO₂ pr. kg. protein, sammenlignet med henholdsvis 5kg og 200kg ved afgrøder og oksekød. Ligesom de tidligere tal fra Solar Foods, så er deres produkt Solein langt bedre for klimaet målt på dette parameter. Igen sammenligner vi med tal fra *"The price of protein: Review of land use and carbon footprints from life cycle assessments of animal food products and their substitutes"* for at få et mere præcist billede af de egentlige tal omkring CO₂-udledningen fra oksekøds produktion.

¹⁶⁹ (Solar Foods, n.d.-b, slide 4)



Figur 14 : Udledningen af CO₂ pr. kg protein målt i kg¹⁷⁰

Vi fokuserer igen på ”Beef from dairy cows” og ”Beef intensive”, da det er de gængse former for opdræt af oksekød i Europa. Beef from dairy cows ligger mellem 40 og 60 kg. CO₂ pr. kg protein, hvorimod Beef intensive strækker sig helt fra 40 til 205kg pr. kg. protein. Mens Beef from dairy cows ligger langt fra de tal, som Solar Foods sammenligner sig selv med, så er det ikke helt langt fra Beef Intensives maksimum udledning pr. kg. protein. Derfor kunne det tænkes at de har sammenlignet med tal fra Beef intensive opdræt. Igen scorer Solein langt højere end almindelig proteinproduktion, selv hvis vi kigger på Beef from dairy cows.

10.2.4 Delkonklusion

Ud fra den store variation i de tal Solarfoods fremviser op mod de tal andre undersøgelser viser ville det være interessant at vide hvordan de har udregnet de tal de er kommet frem til. Solarfoods har en agenda da de skal sælge et produkt og da videnskaben/ teknologien er patenteret, har andre forskere ikke har adgang til den kan derfor ikke fakta tjekke de udgivende tal.¹⁷¹ På trods af variationen i tal fremgår det dog at Solein vil være et klimavenligt alternativ til oksekød.

10.3 Undersøgelser

I det følgende afsnit analyserer vi de to undersøgelser [A og B], som er præsenteret tidligere i opgaven. Vi vil sammenligne de to ved hjælp af den komparative metode og på den måde fremhæve

¹⁷⁰ (Nijdam et al., 2012, S. 764)

¹⁷¹ (Guthman & Biltekoff, 2021, S. 1583)

ligheder mellem de to undersøgelser. Vi gør dette med den hensigt at identificere de barrierer som går på tværs af begge undersøgelser.

10.3.1 Komparativ analyse af undersøgelse A og B

I begge undersøgelser fremgår det at størstedelen af forbrugerne ikke havde en intention om at reducere deres kødforbrug. Dog var der i den skotske undersøgelse tydeligt en manglende forståelse for, hvordan menneskets kødforbrug har en indvirkning på klimaet. Deltagerne nærmest modstrider ideen om at en nedskæring på deres kødforbrug ville have en positiv indvirkning på klimaet og skyder i stedet skylden på andre klimasyndere.¹⁷² I den danske undersøgelse er viljen til at ændre vaner gradvist stigende.¹⁷³ Der er mange forbrugere der er bevidste om klimapåvirkningen kød har, og ser det som en af de stærkeste drivkræfter til at reducere kødindtaget.¹⁷⁴ Det kan skyldes mange ting, blandt andet er den danske undersøgelse er nyere end den skotske og der har været et øget fokus på klimaforandringer og køds klimaftryk. Det kan også have en betydning at de to undersøgelser ikke er blevet udformet og udført ens. Der er også en forskel i antallet af deltagere samt fordeling af køn og alder, hvilket også kan være en faktor der spiller ind. Det er to forskellige lande dog begge lokaliseret i vesten men det kan også have en betydning for resultaterne. På trods af dette er der også mange ligheder i de to undersøgelser. Overordnet set er der mange af de samme barrierer der går igen i de to undersøgelser, blandt andet er barrieren traditioner og vaner meget essentiel og gennemgående for de to undersøgelser. I den skotske undersøgelse findes en tydelig tråd mellem de traditioner og vaner, som ligger dybt indlejret i deltagerens bevidsthed. Kød spiller en stor rolle i deres sociale status, som kan føles truet, skulle de lægge kødet på hylden.¹⁷⁵ Det samme ses i den danske undersøgelse men der er dog også et skift, i form af at mange nu også finder et socialt fællesskab i ikke at spise kød eller i at reducere kødforbruget. Det sociale spiller således en stor rolle i at få motivationen til at ændre madvaner.¹⁷⁶

I den danske undersøgelse beskrives der nogle strategier til at kunne ændre madvaner, heraf kampagner til at informere om køds rolle i klimaforandringer og nudging så at det bliver det intuitive valg at reducere kødforbrug.¹⁷⁷ Den skotske undersøgelse fremhæver at kostændringer vil

¹⁷² (Macdiarmid et al., 2016, S. 490)

¹⁷³ (Hielkema & Lund, 2021, S. 8)

¹⁷⁴ (Hielkema & Lund, 2021, S. 7)

¹⁷⁵ (Macdiarmid et al., 2016, S. 491)

¹⁷⁶ (Hielkema & Lund, 2021, S. 3)

¹⁷⁷ (Hielkema & Lund, 2021, S. 8-9)

være vanskelige at opnå uden at tage fat på personlige, sociale og kulturelle værdier og overbevisninger.¹⁷⁸

11. Visuelt produkt

I det følgende afsnit vil vi præsentere en skitse af hvordan vi regner med at vores visuelle produkt skal udformes. Det er en folder med infographics, som skal gøre informationen mere håndgribelig og sætte forbedringerne i omstillingen fra oksekød til luftproteiner i perspektiv. Derfor har vi regnet ud hvilken forskel det ville have i brug af ressourcer hvis en person omstillede til luftproteiner, mere specifikt Solein, frem for oksekød i et år.

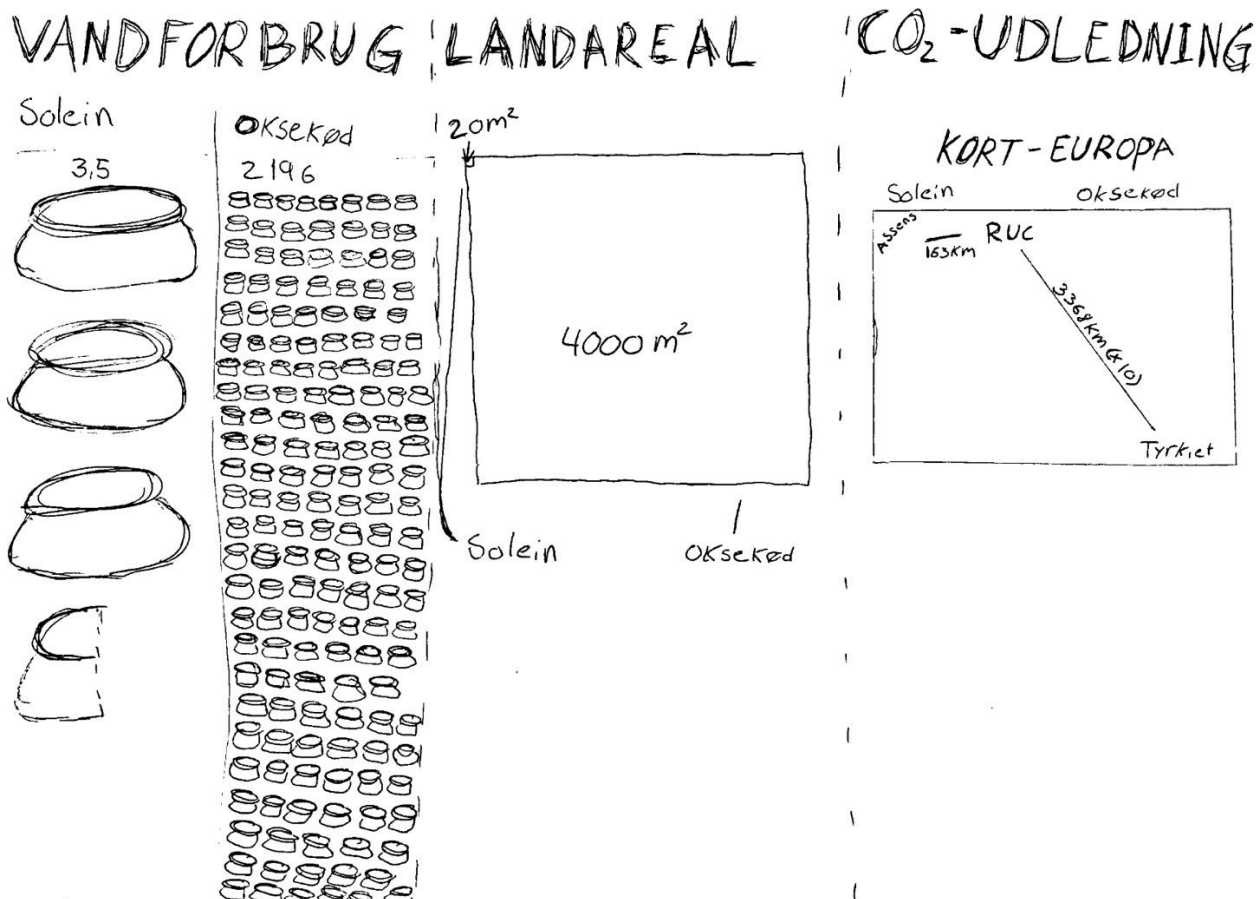
Det anbefales at en sund voksen har en kosttilførsel af protein op mod ca. 0,8 g protein pr kg kropsvægt pr dag.¹⁷⁹ Det vil sige at regnestykket for et helt år ser således ud: $0,8 \times \text{kropsvægt} \times 365$. I vores skitse har vi taget udgangspunkt i en kropsvægt på 70,2 kg, det er dog en faktor der kan ændre sig til det endelige visuelle produkt. Denne vægt er baseret på den gennemsnitlige vægt for en voksen kvinde.¹⁸⁰ Vi har valgt at lave vores infographics ud fra de tal Solar Foods har på deres hjemmeside, heraf: vandforbrug, landareal og CO₂ udledning. Vi har fundet nogle forskellige visuelle måder at gøre det mere klart hvor stor en forskel en enkelt forbruger kan gøre. Som det ses på vores skitse, så viser vi først forskellen i vandforbrug mellem Solein og oksekød. Solein forbruger altså vand nok på et år til at fylde 3 ½ bassin som indeholder 5.600 L, hvorimod kød kan fylde 2.196 bassiner af samme størrelse. Vores næste punkt viser forskellen i landareal brugt mellem de to. Der ses et stort område som svarer til et areal på 4000 m², dette svarer til arealet brugt på et års produktion af oksekød. Inde i det store område findes også et lille areal som dækker 20 m² hvilket repræsenterer Solein. Til sidst vises to bil router på et kort over Europa, den ene kører fra RUC til Assens, mens den anden kører fra RUC til Tyrkiet 10 gange. Dette repræsenterer CO₂ udledningen fra henholdsvis Solein og oksekød sammenlignet med CO₂ udledningen fra en bil kørt pr. kilometer. Det er altså en måde at præsentere stor data i en kontekst, som er lettere at forstå uden at have den store viden om Solein i sig selv.

¹⁷⁸ (Macdiarmid et al., 2016, S. 492)

¹⁷⁹ (Wu, 2016, S. 1251)

¹⁸⁰ (Worlddata, n.d.)

Vi vil lave den endelige folder på computer for at få et flottere visuelt produkt, som man får lyst til at kigge i. Der skal også stå lidt om luftproteiner og nogle forklaringer af figurer i den endelige udgave, dette fremgår dog ikke i skitsen.



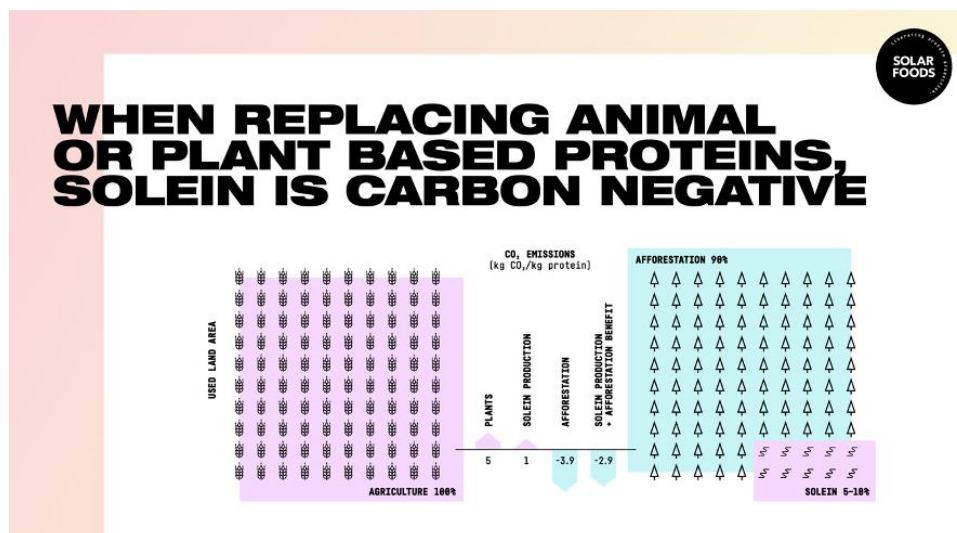
Figur 15 : Skitse til visuelt produkt

12. Diskussion

Vores primære formål med opgaven har været at undersøge hvorvidt luftproteiner kan være en mere klimavenlig løsning til at erstatte animalsk produceret protein, som eksempelvis oksekød. Vi har desuden undersøgt, hvilke barrierer der kan opstå, i forbindelse med at indføre luftproteiner i madkulturen.

Alt tyder på at luftproteiner er et klimavenligt alternativ til oksekød på de parametre der er undersøgt, nemlig CO₂ udledning, vandforbrug og arealanvendelse af landbrugsjord. Men detaljerne i teknologien er hemmeligholdt, så vi kender ikke det faktuelle ressourceforbrug, produktionsomkostninger eller tidshorizonten for at det kan realiseres. Der er dog ingen tvivl om at det vil kunne give en stor gevinst i CO₂ regnskabet, hvis man kan frigøre landbrugsareal til at plante skov.

Ved at ændre arealanvendelsen fra landbrugsjord til skov, og være i stand til at producere proteiner på nye måder, som f.eks. fra luftproteiner, vil man kunne opnå en langt bedre balance, og faktisk opnå at produktionen af luftproteiner kan siges at være karbon negativ.



Figur 16 : Produktion af luftproteiner kan blive karbon negativ.¹⁸¹

På figur 16 ses et eksempel på, hvad det kan betyde for CO₂ regnskabet at kunne ændre arealanvendelsen. I eksemplet regnes der med planter der har en CO₂ udledning på 5 kg CO₂ pr kg protein, sat overfor Solein som har en CO₂ udledning på 1 kg CO₂ pr kg protein og kun kræver meget lidt arealanvendelse. Ved at erstatte landbrugsjord med skov, der kan optage CO₂ kan man fraregne det, så udledningen bliver karbon negativ med et estimat på der bliver optaget yderligere 2,9 kg CO₂ pr kg protein.¹⁸² I eksemplet er der taget udgangspunkt i planter men CO₂ emissionen ved kød ville være langt højere.

Ovenstående er dog baseret på tal fra Solarfood, da der ikke er andre forskere der har adgang til at undersøge teknologien. Man må derfor også tage være forsigtig med at konkludere på den baggrund. Der meget der tyder på at Solein kunne blive et alternativ til den klimatunge kødproduktion, men det er en teknologi der er på et meget tidligt stadie, med meget lukket forskning, da teknologien er patenteret. Dette forsinker udviklingen. Hvis man havde en mere åben deling af teknologi og resultater, kunne man forestille sig en langt hurtigere udvikling.

Deres tal forudsætter jo også at en nedskallering af en hel branche, nemlig landbruget. Danmark er et landbrugsland og det vil være vanskeligt at ændre arealanvendelse og nedlægge

¹⁸¹ (Solar Foods, n.d.-b, slide 6)

¹⁸² (Solar Foods, n.d.-b, slide 6)

kødproduktionen. Det afhænger naturligvis også af efterspørgslen. Dvs. hvor godt et alternativ er Solein til kød? Hvad er prisen sammenlignet med kød? Og er det muligt at ændre forbrugernes vaner?

For at luftproteiner, kan indføres i kosten som et alternativ eller supplement til kød, skal nogle af de opstillede barrierer løses. Der er dels tekniske udfordringer ift. i at luftproteiner skal kunne masseproduceres, men der er i høj grad også madkulturelle barrierer. Undersøgelserne viste at folk overordnet set vil have svært ved at ændre madvaner, men i den danske undersøgelse ses dog en tendens til at flere gradvist får en stigende vilje til at ændre vaner.¹⁸³ Man ved dog at madvaner er vanskelige at ændre, så selvom der er en stigende vilje, kan der være lang vej til at der sker en ændring.

Vi undersøgte de barrierer, som mennesket skal overkomme, hvis luftproteiner skal indgå som erstatning eller supplement til kød. Vi lever i et velfærdssamfund, hvor priser på fødevarer er faldet drastisk ift. indkomstniveau. Vi er vant til at kunne købe alt, hvad vi har lyst til, når vi har lyst til det. Det er vanskeligt at ændre, men vi står i dag med flere kriser, der måske kan tvinge os forbrugere til at ændre forbrugsmønstre, også hvad angår valg af fødevarer. Klimakrisen har øget fokus på CO2 udledning forårsaget af fødevarerproduktion og valg af fødevarer, men trods det øgede fokus, er det stadig svært at ændre vanerne, med henstillinger og nudging. Corona krisen og krigen i Ukraine har fået priserne på fødevarer til at stige. Det er dog en generel stigning på alt, også de klimavenlige fødevarer, men kød er stadig en dyr fødevarer og i moderne madkultur fylder grønsager, bønner, linser mv. mere, så måske vil de forskellige omstændigheder alligevel betyde ændringer i madkulturen. Ser man på fremtidsscenerierne i verden, med en stigende befolkningstilvækst og færre landbrugsareal pga. klimaforandringerne, er det ikke urealistisk at det på tidspunkt ikke længere er et spørgsmål om lyst til at ændre vaner, men at vi nødt til det. Vi kan ikke forudse fremtiden, men det er tydeligt at man ikke kan forandre noget uden at ændre vaner. Der er utallige undersøgelser der viser at der kræves handling nu, hvis vi skal stoppe den globale opvarmning. Men desværre er klimakrisen stadig fjern for den enkelte, det kan være svært at se hvad det betyder -og når vi står i supermarkedet, er vi tilbøjelige til at vælge det vi plejer. Selvom priser på fødevarer stiger, er det stadig ikke nok til at ændre radikalt på forbruget. Måske kan man flytte noget med større afgifter på bl.a. kød, men uanset hvad vil det kræve en indsats og vilje fra den enkelte at ændre madvaner. Det kunne potentielt have en stor miljø- og klimamæssig betydning,

¹⁸³ (Hielkema & Lund, 2021, S. 8)

hvis man kunne skære ned for kødproduktionen, og ændre arealanvendelse, så man etablerer mere skov og i højere grad anvender landbrugsjorden til at producere fødevarer til mennesker. Det kunne måske være lettere at ændre madkulturen, hvis der fandtes et godt alternativ til kød. Der er allerede mange forslag til alternative plantebaserede former for proteinkilder og der arbejdes på forskellige innovative, klimavenlige løsninger. Luftproteiner kan uden tvivl være en af de kommende løsninger, men det er nok ikke et "quick-fix", da teknologien ikke er moden, - og da den store udfordring ligger i at få mennesket til at ændre vaner.

13. Konklusion

Vores problemformulering kan brydes ned i to dele og den lyder således: hvordan fungerer teknologien bag produktionen af luftproteiner og hvilke barrierer findes der hos forbrugeren for udbredelsen af dette? Den første del har vi besvaret igennem vores undersøgelse af Solar Foods som virksomhed og deres produkt Solein, som kan betegnes som luftproteiner. På den begrænsede information som findes omkring Solar Foods har vi ud fra videnskabelige artikler og deres egen offentligt tilgængelige information, kunne konkludere at de producerer Solein ved hjælp af fermentering. Vi har derfor kunne beskrive den bagvedliggende teknologi ved at identificere en bioreaktors indre mekanismer og processer ved fermentering. Vi har igennem den komparative analyse mellem klimaaftryk fra Solein og almindelig oksekødsproduktion desuden kunne redegøre for, hvorfor netop et produkt som Solein kan være en af fremtidens muligheder når det kommer til produktion af proteiner.

Den næste del af vores problemformulering har vi besvaret igennem en komparativ analyse af to undersøgelser, som kigger på menneskets forhold til deres kødforbrug og klimaet. Vi har her undersøgt hvilke barrierer som går på tværs af begge undersøgelser. De har vist at mennesket er tøvende overfor at skulle fralægge sig kød, da det er en fødevarer som ligger os meget nært. Den er en stor del af vores kultur og ses af mange som værende en essentiel del af et måltid. Derudover, kan mennesket føle sig hjælpeløst, da deres egen indsats for at hjælpe klimaet igennem deres kødforbrug kan virke ubetydelig når resten af verdenen ikke følger trop. For at erstatte menneskets nuværende primære proteinkilde, oksekød, kræves det at disse barrierer enten nedbrydes eller at mennesket påtvinges denne ændring grundet ydre faktorer, såsom krig, klimakatastrofer, osv.

14. Litteraturliste

1. Air Protein. (n.d.). *Meat made from Air*. Air Protein. Retrieved April 5, 2022, from <https://airprotein.com/>
2. Andersen, B., Ditlevsen, K., Hansen, B. B., Hedegaard, L., Kristensen, S. T., Køster, A., Larsen, S. N., Larsen, C. S., Mielby, H., Christensen, B. J., & Coff, C. (2015). *Madsociologi* (J. Fuglsang, N. B. Stamer, N. Selberg, & A. S. Steens, Eds.; 1st ed.). Munksgaard.
3. Banks, M., Johnson, R., Giver, L., Bryant, G., & Guo, M. (2022). Industrial production of microbial protein products. *Current Opinion in Biotechnology*, 75. <https://doi.org/10.1016/J.COPBIO.2022.102707>
4. Biltekoff, C. (n.d.). *Charlotte Biltekoff*. Retrieved June 13, 2022, from <https://www.charlottebiltekoff.com/>
5. Biotech Academy. (n.d.-a). *Fermenteringsprocessen - fra upstream til downstream*. Biotech Academy. Retrieved April 28, 2022, from <https://www.biotechacademy.dk/undervisning/gymnasiale-projekter/fermenteringsteknologi/fermenteringsprocessen-fra-upstream-til-downstream/>
6. Biotech Academy. (n.d.-b). *Fermenteringstank og udstyr*. Biotech Academy. Retrieved April 28, 2022, from <https://www.biotechacademy.dk/undervisning/gymnasiale-projekter/fermenteringsteknologi/fermenteringstank-og-udstyr/>
7. Biotech Academy. (n.d.-c). *Introduktion til fermentering - Undervisningsmateriale*. Biotech Academy. Retrieved April 28, 2022, from <https://www.biotechacademy.dk/undervisning/gymnasiale-projekter/fermenteringsteknologi/introduktion-til-fermentering/>

8. Brønnum, L. B., Jensen, A. G., & Schmidt, C. V. (2020). To meat or not to meat? *International Journal of Food Design*, 5(1–2), 83–92.
https://doi.org/10.1386/IJFD_00011_3
9. Climate Neutral Group. (2021). *Five future scenarios' - Climate Report AR6 IPCC 2021*. Climateneutralgroup.Com.
<https://www.climateneutralgroup.com/en/news/five-future-scenarios-ar6-ipcc/>
10. CNN 10. (2021, March 2). *Making Food From Air?* YouTube.
https://www.youtube.com/watch?v=T5xXtOKM6Ps&ab_channel=CNN10
11. Danmarks statistik. (2020, June 16). *NYT: Danmarks landbrugsareal er stort internationalt set*. Danmarks Statistik. <https://www.dst.dk/da/Statistik/nyheder-analyser-publ/nyt/NytHtml?cid=30807>
12. den Store Danske. (n.d.-a). *Aminosyrer*. Lex.Dk. Retrieved June 1, 2022, from <https://denstoredanske.lex.dk/aminosyrer>
13. den Store Danske. (n.d.-b). *Anode*. Lex.Dk. Retrieved June 13, 2022, from <https://denstoredanske.lex.dk/anode>
14. den Store Danske. (n.d.-c). *Elektrolyse*. Lex.Dk. Retrieved June 1, 2022, from <https://denstoredanske.lex.dk/elektrolyse>
15. den Store Danske. (n.d.-d). *Elektrolyt*. Lex.Dk. Retrieved June 1, 2022, from <https://denstoredanske.lex.dk/elektrolyt>
16. den Store Danske. (n.d.-e). *Fermentering*. Lex.Dk. Retrieved June 1, 2022, from <https://denstoredanske.lex.dk/fermentering>
17. den Store Danske. (n.d.-f). *Katode*. Lex.Dk. Retrieved June 13, 2022, from <https://denstoredanske.lex.dk/katode>

18. den Store Danske. (n.d.-g). *Komparativ metode*. Lex.Dk. Retrieved June 7, 2022, from https://denstoredanske.lex.dk/komparativ_metode
19. den Store Danske. (n.d.-h). *Proteiner*. Lex.Dk. Retrieved June 1, 2022, from <https://denstoredanske.lex.dk/proteiner>
20. den Store Danske. (n.d.-i). *Proteiner (ernæring)*. Lex.Dk. Retrieved June 1, 2022, from https://denstoredanske.lex.dk/proteiner_ern%C3%A6ring
21. Djekic, I. (2015). Environmental Impact of Meat Industry – Current Status and Future Perspectives. *Procedia Food Science*, 5, 61–64.
<https://doi.org/10.1016/J.PROFOO.2015.09.025>
22. Dunne, D. (n.d.). *Interactive: What is the climate impact of eating meat and dairy?* Carbon Brief. Retrieved June 11, 2022, from <https://interactive.carbonbrief.org/what-is-the-climate-impact-of-eating-meat-and-dairy/>
23. Erickson, L. E. (2011). Bioreactors for Commodity Products. In *Comprehensive Biotechnology* (pp. 653–658). Elsevier.
24. Folketingets EU-Oplysning. (n.d.). *Klimasparkrav for Danmark*. Eu.Dk. Retrieved April 27, 2022, from <https://www.eu.dk/da/temaer/klima-og-groenomstilling/danmarks-klimamaal>
25. Girish, M., Abirami, S., & Mahalakshmi, V. (n.d.). *EXPLORING THE NUTRITIONAL VALUES OF HYDROGENOTROPHIC BACTERIA AS SPACE FOOD*.
26. Graça, J., Godinho, C. A., & Truninger, M. (2019). Reducing meat consumption and following plant-based diets: Current evidence and future directions to inform integrated transitions. *Trends in Food Science & Technology*, 91, 380–390.

<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S092422441830606X?token=082C9187A7D196E7B3AD46FA4825BEE22C7F12B33D7C392D634A6E3F035F0FB1F683433B6B852C417E7EC179BEF47C70&originRegion=eu-west-1&originCreation=20220603121906>

27. Guthman, J., & Biltekoff, C. (2021). Magical disruption? Alternative protein and the promise of de-materialization. *Environment and Planning E: Nature and Space*, 4(4), 1583–1600. <https://doi.org/10.1177/2514848620963125>
28. Hielkema, M. H., & Lund, T. B. (2021). Reducing meat consumption in meat-loving Denmark: Exploring willingness, behavior, barriers and drivers. *Food Quality and Preference*, 93, 104257. <https://doi.org/10.1016/J.FOODQUAL.2021.104257>
29. Hussy, C. (n.d.). *Water electrolysis explained – the basis for most Power-to-X processes*. PtX Hub. Retrieved June 7, 2022, from <https://ptx-hub.org/water-electrolysis-explained/>
30. IPCC. (n.d.). *Chapter 5 : Food Security — Special Report on Climate Change and Land*. Ipcc. Retrieved April 28, 2022, from <https://www.ipcc.ch/srccl/chapter/chapter-5/>
31. Jagow, R. B., Thomas, R. S., Reed, L. L., Robell, A. J, Jaffe, R. J., Lamparter, R. A., Conner, W. J., Freedman, G. M., & Vuscovich, S. (1967). STUDY OF LIFE SUPPORT SYSTEMS FOR SPACE MISSIONS EXCEEDING ONE YEAR IN DURATION PHASE IA. NASA, 1.
32. Jørgensen, N. (2020). *Digital signatur. En eksemplarisk analyse af enteknologis indre mekanismer og processer*.
33. Macdiarmid, J. I., Douglas, F., & Campbell, J. (2016). Eating like there's no tomorrow: Public awareness of the environmental impact of food and reluctance to

- eat less meat as part of a sustainable diet. *Appetite*, 96, 487–493.
<https://doi.org/10.1016/J.APPET.2015.10.011>
34. Mekonnen, M. M., & Hoekstra, A. Y. (n.d.). *A Global Assessment of the Water Footprint of Farm Animal Products*. <https://doi.org/10.1007/s10021-011-9517-8>
35. Michel, F., Knaapila, A., Hartmann, C., & Siegrist, M. (2021). A multi-national comparison of meat eaters' attitudes and expectations for burgers containing beef, pea or algae protein. *Food Quality and Preference*, 91, 104195.
<https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2021.104195>
36. Miljø- og Fødevareministeriet. (2017, September 19). FOOD Talks 2017: Carolyn Steel, Architect and Author of "Hungry City." In *YouTube*.
https://www.youtube.com/watch?v=IehKtAGBlu4&ab_channel=Milj%C3%B8-ogF%C3%B8devareministeriet
37. Miljø- og Fødevareudvalget 2017-18. (n.d.). SÅDAN LIGGER LANDET... – tal om landbruget 2017. *MOF Alm.Del Bilag 281*. Retrieved May 24, 2022, from <https://www.ft.dk/samling/20171/almdel/MOF/bilag/281/1858307.pdf>
38. Mogen, J. E. (n.d.). *En tredjedel af Indiens befolkning spiser vegetarisk*. Aktion Børnehjælp. Retrieved June 1, 2022, from <https://www.aktionboernehjaelp.dk/en-tredjedel-af-indiens-befolkning-spiser-vegetarisk/?v=dd65ef9a5579>
39. Murphy, T. (2018). *Infographics Powered by SAS : Data Visualization Techniques for Business Reporting*. SAS Institute. <https://ebookcentral-proquest-com.ep.fjernadgang.kb.dk/lib/kbdk/reader.action?docID=5380061>
40. Nijdam, D., Rood, T., & Westhoek, H. (2012). The price of protein: Review of land use and carbon footprints from life cycle assessments of animal food products and their substitutes. *Food Policy*, 37(6), 760–770.
<https://doi.org/10.1016/J.FOODPOL.2012.08.002>

41. Phi Suea House Project. (2015, March 23). *The Hydrogen Electrolyser*. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=WfkNf7kMZPA>
42. Sillman, J., Nygren, L., Kahiluoto, H., Ruuskanen, V., Tamminen, A., Bajamundi, C., Nappa, M., Wuokko, M., Lindh, T., Vainikka, P., Pitkänen, J. P., & Ahola, J. (2019). Bacterial protein for food and feed generated via renewable energy and direct air capture of CO₂: Can it reduce land and water use? *Global Food Security*, 22, 25–32. <https://doi.org/10.1016/J.GFS.2019.09.007>
43. Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 104, 333–339. <https://doi.org/10.1016/J.JBUSRES.2019.07.039>
44. Solar Foods. (n.d.-a). *About us*. Solar Foods. Retrieved April 28, 2022, from <https://solarfoods.fi/about-us/#about-us>
45. Solar Foods. (n.d.-b). *Our impact*. Solar Foods. Retrieved June 2, 2022, from <https://solarfoods.fi/impact/#impact2>
46. Solar Foods. (n.d.-c). *Solein*. Solar Foods. Retrieved April 28, 2022, from <https://solarfoods.fi/solein/>
47. Solar Foods. (n.d.-d). *The Science*. Solar Foods. Retrieved April 28, 2022, from <https://solarfoods.fi/science/>
48. Worlddata. (n.d.). *Average height of men and women worldwide*. Worlddata.Info. Retrieved June 14, 2022, from <https://www.worlddata.info/average-bodyheight.php>
49. Wu, G. (2016). Dietary protein intake and human health. *Food & Function*, 7(3), 1251–1265. <https://doi.org/10.1039/C5FO01530H>

