

Tommy Kvamsø Stenersen  
Nicholas Fraser Ødegård

# Konstruksjon av flytende protein skimmer for redusert bakterievekst og partikkelforekomst i yngelproduksjon av atlantisk torsk (*Gadus morhua*)

Prosjektnummer: BIHAV\_2020\_6

Bacheloroppgave i Havbruksingeniør, bachelor  
Veileder: Rolf Erik Olsen  
Medveileder: Bjørn Egil Asbjørnslett  
Mai 2023



Tommy Kvamsø Stenersen  
Nicholas Fraser Ødegård

# **Konstruksjon av flytende protein skimmer for redusert bakterievekst og partikkelforekomst i yngelproduksjon av atlantisk torsk (*Gadus morhua*)**

Prosjektnummer: BIHAV\_2020\_6

Bacheloroppgave i Havbruksingeniør, bachelor  
Veileder: Rolf Erik Olsen  
Medveileder: Bjørn Egil Asbjørnslett  
Mai 2023

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Fakultet for naturvitenskap  
Institutt for biologi



Kunnskap for en bedre verden



## Forord

Bacheloroppgaven er skrevet som en del av utdanningsløpet mot å bli ferdig utdannet havbruksingeniør ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) i Trondheim.

Oppgaven ble valgt gjennom gruppemedlem Tommy Stenersen sitt ansettelsesforhold hos samarbeidsbedriften Ode Group AS. Gjennom dialog med driftsleder på Ode sitt landbaserte settefiskanlegg på Stadsbygd fikk gruppen utdelt en rekke problemstillinger. Det ble gjennomført et besøk på anlegget, og det var etter dette at gruppen også så andre problemstillinger på anlegget som kunne være verdt å ta tak i.

Det er flere personer som skal takkes for deres bidrag til å hjelpe oss med denne oppgaven. For det første skal det rettes en stor takk til alle ansatte på Ode avdeling Stadsbygd som har latt oss ha svært fritt spillerom for konstruksjon og testing så å si når vi har ønsket det. Spesielt gjelder dette Christian Svarstad, Thomas Ingdal Larsen, Maria Bergvik og ikke minst Geir Ole Bugten. Geir Ole er teknisk leder på anlegget, og har kommet med svært mange gode innspill, bestilt materialer og latt oss bruke det mekaniske verkstedet.

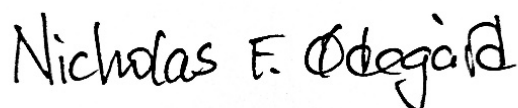
Vi ønsker til slutt å takke veileder Rolf Erik Olsen for gode tilbakemeldinger og innspill som spesielt i starten av prosjektet hjalp gruppen å snevre prosjektets omfang inn til noe svært spennende og lærerikt.

Trondheim, 19. mai 2023

Tommy Kvamsø Stenersen



Nicholas Fraser Ødegård



## Sammendrag

I dette prosjektet har gruppen hatt som oppgave å designe og konstruere en ny flytende protein skimmer for Ode Group AS sitt landbaserte settefiskanlegg lokalisert på Stadsbygd i Trøndelag.

Protein skimmere er i akvakultur brukt for å fjerne organisk materie fra hele vannsøylen. Viktige oppløste organiske stoffer som fjernes inkluderer proteiner, aminosyrer, amin, fosfater, urea, humussyrer og fettsyrer. Partikulære og kolloidale organiske stoffer, inkludert mikroorganismer (bakterier, virus, sopp og alger), avføring og fôravfall, kan også fjernes. Med dette kan en protein skimmer også sees på som en desinfeksjonsmetode.

Høye konsentrasjoner av næringsstoffer og høy tetthet av fisk vil skape gunstige forhold for opportunistiske patogene bakterier. Det er også antatt at stabilt høye nivåer av bakterier fører til en lav tilstedeværelse av opportunister grunnet lavere konkurransedyktighet i høyere populære miljøer hvor det er mer konkurranse om mattilgang.

Overflateskimmeren som opprinnelig er brukt hos samarbeidsbedriften Ode Group dekker ikke hele karetets radius, og røktes manuelt med periodiske mellomrom ved bruk av øsekar. Dette gjøres av driftsteknikere på Ode sitt anlegg. For å finne en enklere prosess på dette ble det av gruppen bestemt å lage en konstruksjon som både dekker hele karetets radius og en forenkling av røkteprosessen. For å sikre best mulig sluttresultat blir det i starten utarbeidet en utviklingsstrategi for at prosjektet blir en gjennomgående effektiv og grundig prosess gjennom fem prosjektfaser. Hver fase ender opp med et resultat som blir tatt med videre inn i neste fases arbeid.

Metoden gjort i prosjektet er grundig beskrevet med stor bruk av bilder og skisser for å vise hele veien fra starten av utvikling til en endelig funksjonell konstruksjon var på plass. All testing og konstruering ble gjort på Ode sitt mekaniske verksted tilhørende settefiskanlegget.

Konstruksjonen som gruppen til slutt fant tilfredsstillende bra nok for oppgaven er bygd i rør av polypropylen, og består av små hull plassert på linje hvor det organiske materialet suges ut ved bruk av våtstøvsuger. Det ble videre funnet at 32 millimeter rør fungerer bedre enn 50 millimeter rør for å skape stort nok vakuum uten at skimmeren ble dratt under vann. Det ble gjennomført to vellykkede utsugninger med et tidsintervall på 15 minutter for oppsamling av organisk materiale. Resultatet viste seg å ikke inneha faren for å suge ut levende fisk. Det er også antatt at valg av runde hull istedenfor tynne slisser gir bedre strukturstabilitet i skimmeren, og at sjansen for sprekker eller andre skader ikke er til stede. Ved bruk av runde hull er det også svært enkelt å kunne adaptere metoden til andre karer med mindre fisk på Ode sitt anlegg på Stadsbygd slik at ikke fisk heller ikke der

blir sugd inn, men organisk materiale blir fjernet. Et viktig punkt gruppen kan finne som problem er at små hull i kombinasjon med svært liten fisk kan føre til at fisken suges mot røret, men ikke nødvendigvis inn. Det vil derfor være viktig ved vurdering av skimmerens bruk for mindre fisk, å finne en nedre størrelsesgrense på fisken hvor den har god nok svømmekapasitet eller at sugeeffekten reduseres for å forhindre stress.

## Abstract

In this project, the group has been tasked with constructing a new floating protein skimmer for a land based hatchery owned by Ode Group located at Stadsbygd in Trøndelag, Norway.

Protein skimmers are used in aquaculture to remove organic matter from the entire water column. Important dissolved organic substances removed include proteins, amino acids, amine, phosphates, urea, humic acids and fatty acids. Particulate and colloidal organic matter, including micro-organisms (bacteria, viruses, fungi and algae), faeces and feed waste, can also be removed. With this, a protein skimmer can also be seen as a disinfection method.

High concentrations of nutrients and high density of fish will create favorable conditions for opportunistic pathogenic bacteria. It is also assumed that stably high levels of bacteria lead to a low presence of opportunists due to lower competitiveness in highly popular environments where there is more competition for access of food.

The surface skimmer originally used by Ode Group does not cover the entire radius of the fish tank, and the organic matter is removed at periodic intervals using a shovel by operating technicians at Ode's facility. In order to find a simpler process for this, the group decided to create a construction that both covers the entire radius of the fish tank and a simplification of the process for removing organic matter. In order to ensure the best possible end result, a development strategy is drawn up at the start so that the project becomes a thoroughly efficient and thorough process through five project phases. Each phase ends up with a result that is taken forward into the next phase's work.

The method used in the project is thoroughly described with extensive use of pictures and sketches to show the whole way from the start of development until a final functional construction was in place. All testing and construction was done at Ode's mechanical workshop belonging to the facility.

The construction that the group finally ended up constructing is built in polypropylene tubes, and consists of small holes placed in a line where the organic material is sucked out using a wet vacuum cleaner. It was also found that 32 millimeter pipes work better than 50 millimeter pipes to create a large enough vacuum so that the skimmer was not dragged under water. Two successful extractions were carried out with a time interval of 15 minutes for the collection of organic material. The result proved not to contain the danger of sucking out live fish. It is also assumed that choosing round holes instead of thin slits provides better structural stability in the skimmer, and that the chance of cracks or other damage is not present. By using round holes, it is also very easy to be able to adapt the method to other vessels with smaller fish at Ode's facility in Stadsbygd, so that fish are not



sucked in, but organic material is removed. An important point the group can find as a problem is that small holes in combination with very small fish can lead to the fish being sucked towards the pipe, but not necessarily into it. It will therefore be important when assessing the skimmer's use for smaller fish, to find a lower size limit for the fish where it has a good enough swimming capacity or that the suction effect is reduced to prevent stress.

# Innhold

Forord .....	i
Sammendrag.....	ii
Abstract .....	iv
1 Innledning.....	1
2 Litteratursøk .....	3
2.1 Ode Group AS.....	3
2.2 Kort om torskeoppdrett fra start til i dag.....	4
2.3 Torskens livvsyklus i oppdrett .....	5
2.3.1 Stamfisk.....	6
2.3.2 Plommesekk- og vekstfasen.....	6
2.3.3 Metamorfose .....	7
2.4 Bakterier og deres interaksjon med fiskeyngel .....	8
2.5 Organiske partikler og materie i landbasert oppdrett.....	9
2.6 Oppbygning og funksjon av protein skimmere .....	10
2.7 Oppbygning og bestanddeler av oppdrettskar i yngelavdeling hos Ode avd. Stadsbygd...	12
2.8 Oppbygning og funksjon av flytende overflateskimmer hos Ode avd. Stadsbygd .....	13
2.9 Relevant lovverk for oppgaven.....	15
2.9.1 Dyrevelferdsloven .....	15
2.9.2 Akvakulturloven .....	15
2.9.3 Norsk Standard 9416:2013 .....	15
2.9.4 Akvakulturdriftsforskriften.....	16
2.10 Materialteknologi.....	16
2.10.1 Materialvalg for konstruksjoner til bruk i oppdrett.....	16
2.10.2 Polyetylen (PE).....	17
2.10.3 Polypropylen (PP) .....	17
3 Utvikling av flytende protein skimmer .....	18
3.1 Utviklingsmetodikk.....	18
3.2 Fase I - Problemdefinering .....	19
3.2.1 Metode (I) .....	19
3.2.2 Resultat (I).....	19
3.3 Fase II - Informasjonsinnhenting .....	20
3.3.1 Metode (II) .....	20
3.3.2 Resultat (II).....	21
3.4 Fase III - Designsondering.....	22
3.4.1 Metode (III) .....	22

3.4.2	Resultat (III).....	22
3.5	Fase IV - Utvikling prototype .....	26
3.5.1	Metode (IV).....	26
3.5.2	Resultat (IV).....	28
3.6	Fase V - Utvikling sluttprodukt .....	31
3.6.1	Metode (V).....	31
3.6.2	Resultat (V).....	32
4	Diskusjon.....	34
4.1	Generelt om hele utviklingsfasen.....	34
4.2	Prototypetesting .....	35
4.3	Metoder for måling av resultat .....	37
4.4	Arbeidsomfang .....	37
4.5	Sluttresultatet .....	38
5	Konklusjon .....	41
6	Videre arbeid .....	42
7	Referanseliste .....	43
8	Vedlegg .....	46
	Vedlegg A: Materiallister .....	46
	Vedlegg B: Verktøyliste.....	48

# 1 Innledning

Pelagiske marine larver går i starten av livet sitt gjennom en svært drastisk utvikling av organer, tarmsystem og immunsystem. Dette gjør at de er svært sensitive for spesielt suboptimale fysiokjemiske, næringsmessige og mikrobielle forhold. Nyklekkede pelagiske marine larver har heller ikke noe spesifikt immunsystem som i starten er funksjonelt, og må med dette bekjempe eventuelle infeksjoner gjennom det generelle immunsystemet (Attramadal, 2011).

I akvakultursystem vil det finnes autotrofe og heterotrofe bakterier og disse lever enten planktonisk eller festet på partikkeloverflater (Davey & O'toole, 2000). De heterotrofe bakteriene livnærer seg på organisk materiale og oksygen, og enkelte av disse bakteriene vil være patogener som kan forårsake sykdom hos fisken (Attramadal, 2011). For å senke fiskens trussel fra patogener i vannet er det i landbaserte oppdrettsanlegg flere mekanismer og installasjoner en kan bruke. Én av disse metodene er bruken av protein skimmere, hvor funksjonen er å fjerne organisk materiale fra oppdrettskaret (Lekang, 2020). Dette gjør protein skimmeren gjennom å produsere bobler som det organiske materialet fester seg til, og videre blir ført ut av systemet. Hos settefiskanlegget til samarbeidsbedriften i denne oppgaven, Ode Group AS, bruker de ikke en tradisjonell protein skimmer, men bruker overflateskimmere som flyter på deler av vannoverflaten i oppdrettskaret og samler opp organisk materiale i overflaten. Uttak av det organiske materialet blir deretter manuelt gjennomført av driftsteknikere på anlegget.

Dyrevelferdsloven § 3 sier at «Dyr har egenverdi uavhengig av den nytteverdien de måtte ha for mennesker. Dyr skal behandles godt og beskyttes mot fare for unødige påkjenninger og belastninger» (Dyrevelferdsloven, 2010). Videre lyder samme lov i § 24 første ledd bokstav a at «dyreholder skal sikre at dyr får godt tilsyn og stell, herunder sikre at dyr beskyttes mot skade, sykdom, parasitter og andre farer». Oppdretter er med dette pålagt å sikre at fisken har det så bra som mulig, og at forholdene og miljøet den lever i alltid skal jobbes for slik at fisken ikke lider unødige påkjenninger.

Med biologien, teknologien og det lovverk som omfatter disse temaene ønsker gruppen gjennom denne oppgaven å se på om det er mulig å konstruere en mer effektiv flytende skimmer som i enda større grad øker fiskevelferden på anlegget til Ode på Stadsbygd. Dette skal gjøres gjennom å samle opp organisk materiale langs tilnærmet hele radiusen i vannoverflaten til et oppdrettskar hos Ode. Samtidig som det skal undersøkes og konstrueres en løsning for å enklere kunne gjennomføre uttak av det organiske materialet som over tid blir samlet opp ved skimmeren.

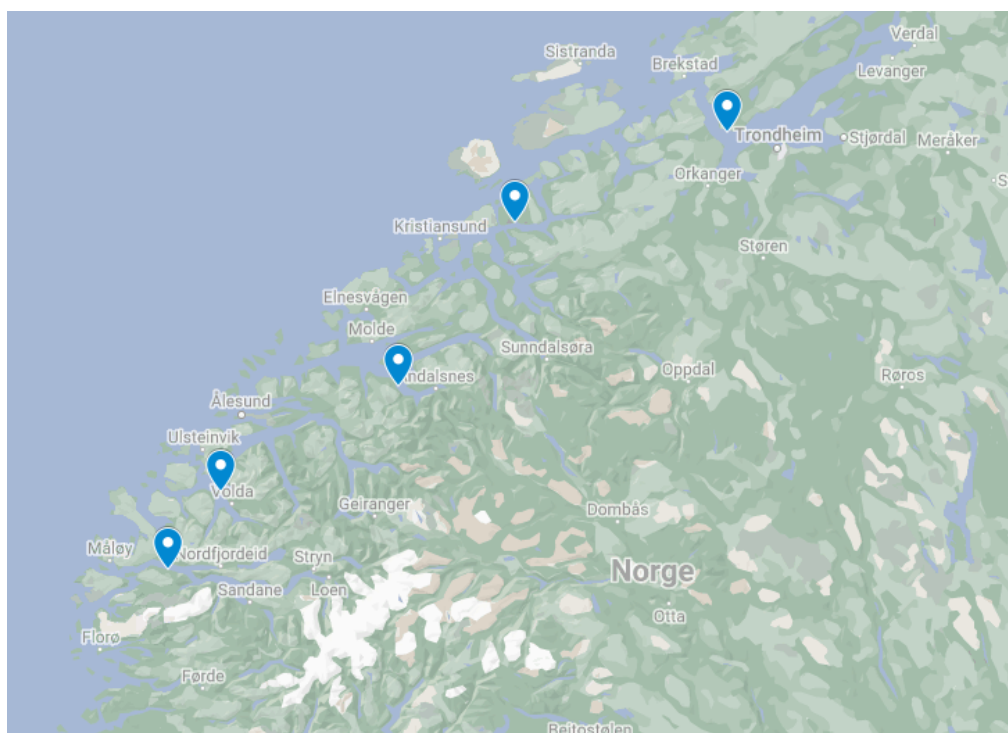
Oppgaven løses gjennom et litteratursøk innen temaer som torskens fysiologi og livsløp i oppdrett, konvensjonelle protein skimmeres virkemåte, virkemåten til Ode sin nåværende overflateskimmer, materialteknologi og relevant lovverk. Videre blir leseren grundig presentert for hele utviklingsprosessen gjennom metodikk og resultat fra start til slutt. Til slutt blir det reflektert rundt gruppens observasjoner, tanker og resultat som er tilegnet i dette prosjektet.

## 2 Litteratursøk

I dette kapittelet vil gruppen presentere teori fra et litteratursøk. Denne teorien er brukt aktivt gjennom hele prosjektets arbeid, og vil også gjøre det enklere for leseren å sette seg inn i prosjektet.

### 2.1 Ode Group AS

Samarbeidsbedriften for denne prosjektrapporten er Ode Group AS, videre omtalt i oppgaven som «Ode». Bedriften driver utelukkende med oppdrett av torsk og startet opp med dette i 2020 under bedriftsnavnet Gadus Group AS. Bedriften skiftet navn fra Gadus Group AS til Ode Group AS februar 2023 (Brønneøysundregistrene, 2023). Hovedkontoret til Ode befinner seg i Ålesund og selskapet har mer enn 85 ansatte fordelt på hovedkontor og oppdrettsanlegg (Ode Group AS, 2023). Selskapet har per mars 2023 20 tillatelser for oppdrett av torsk fordelt på fem lokaliteter som vist i figur 1. Deres settefiskanlegg befinner seg på Rødberg i Indre Fosen, og de resterende anleggene er påvekstanlegg som er fordelt utover fylkene Vestland og Møre og Romsdal (Fiskeridirektoratet, 2023). Selskapets mål er å kunne levere 80 millioner torskemåltider innen 2025, og med dette skape over 600 arbeidsplasser langs Norges kyst (Indre Fosen Satser, 2022).



**Figur 1:** Utsnitt av Norges kart hvor de blå markørene peker på Ode Group AS sine lokaliteter per mars 2023. Den øverste markøren er settefiskanlegget på Stadsbygd hvor oppgaven finner sted. De øvrige markørene er aktive sjøanlegg (Kart: Google Maps)

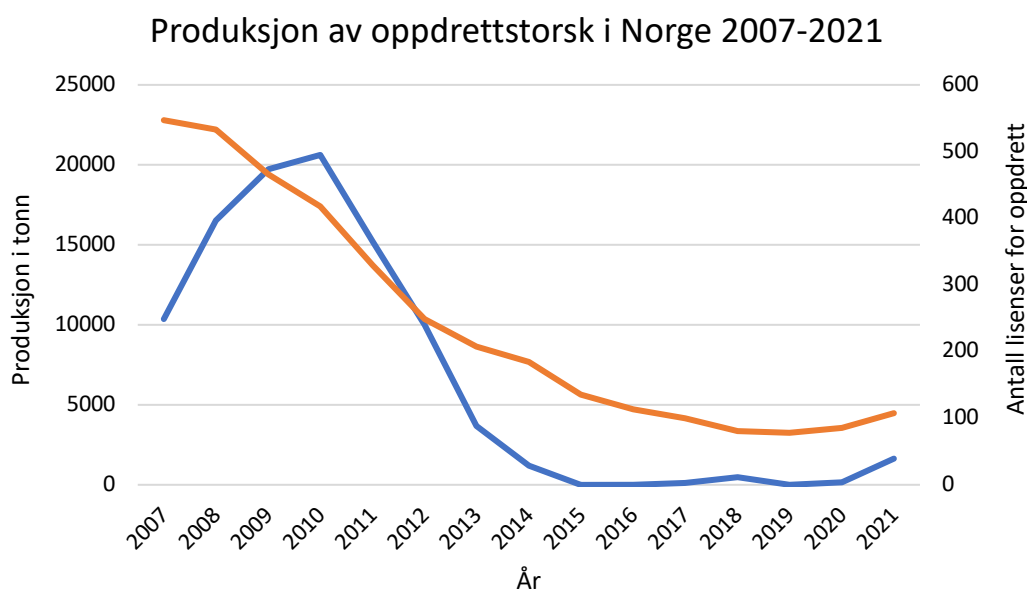
Prosjektoppgaven skal gjennomføres i samarbeid med settefiskanlegget til Ode som befinner seg på Stadsbygd. Dette anlegget ble startet opp i 2002 under navnet «Fosen Aquasenter» med kapasitet for oppdrett av 200.000 torskeyngel (NRK Trøndelag, 2003). I 2007 ble selskapet slått konkurs og anlegget ble kjøpt av Atlantic Cod Farms AS. I 2013 kjøpte Marine Harvest (i dag kjent som Mowi) anlegget på Stadsbygd for produksjon av leppefisk og holdt på med dette frem til januar 2021 når Gadus Group AS kjøpte opp og overtok anlegget for å starte sin nyopprettede satsing på oppdrett av torskeyngel (Fosna-Folket, 2020).

Anlegget på Stadsbygd har til sammen seks avdelinger hvor det i fem av disse foregår produksjon av yngel. Avdelingene består av et lite klekkeri med tilknytting og overføring til det som kalles «larveavdelingen» hvor fisken føres opp til omtrent 2 gram før de transporteres over til «hall 2». I hall 2 føres de videre opp til omtrent 5 gram. Etter dette overføres de til «påvekstavdelingen» som for øyeblikket er siste avdeling før de transporteres via tankbiler ut til sjømerder på andre lokaliteter. «Larveavdelingen», «hall 2» og «påvekst» er alle gjennomstrømsanlegg. De to resterende avdelingene består av et RAS-anlegg og en hall for produksjon av levendefôr hvor sistnevnte kalles for “rotatoriet”. Levendefôret er rotatorier, også kalt «hjuldyr», og dette vil gruppen presentere nærmere i kapittel 2.3.2. RAS-anlegget er nå under oppstart og det er startet med kultivering av biologisk filter. Denne hallen er tiltenkt større torsk opp mot 250-500 gram når det etter hvert blir klart for full produksjon. For øvrig finnes det både et laboratorium, verksted, lager, leiligheter og kontorlokaler på lokaliteten i Stadsbygd.

## 2.2 Kort om torskeoppdrett fra start til i dag

Det ble allerede på slutten av 1880-tallet forsøkt på oppdrett av torsk i Norge og USA. Hensikten med dette var ikke en full produksjonssyklus fra rogn til slakteklar fisk, men for å øke fangstmulighetene i havet ved å slippe ut plommesekeyngel av torsk oppdrettet på naturlig dyreplankton som fôr. Dette varte helt frem til 1971, men ble etter dette stoppet grunnet få bevis for at metoden fungerte som ønsket (Svåsand, 1998). Det var først i 1983-1997 et nytt forsøk ble satt i gang og førte til den første «torskeboomen», men hvor begrenset yngeltilgang, mangel på optimalt fôr og tidlig kjønnsmodning førte til at det stoppet opp (Svåsand, 1998; Björnsson, et al., 2010). Den andre «torskeboomen» startet rundt tusenårsskiftet hvor et norsk stamfisksenter for torsk ble opprettet i 2002 hos Nofima i tillegg til at andre aktører etablerte egne klekkerier og oppdrettsanlegg (Nofima, 2022). Den andre boomen ble hardt rammet av mange av de samme grunnene som ved den første torskeboomen, i tillegg til bakterien Francisellose, rømminger og lav vekst. Med finanskrisen i 2008 og import av rimeligere hvitfisk fra Asia ble med dette torskeoppdrett

i Norge nærmest lagt på is fra 2011-2014 (Havforskningsinstituttet, 2021; Nofima, 2022). Dette vises også fra figur 2 hvor en kan se antall tonn slaktet torsk opp mot antall lisenser for oppdrett av torsk synke gradvis mot et bunnivå i 2015 (Fiskeridirektoratet, 2022). Den «tredje torskeboomen» er nå spådd at er i gang og det fantes per mai 2022 44 godkjente lokaliteter for oppdrett av torsk, samt ytterligere 41 søknader inne til behandling. Samtidig blir det spådd at produksjonstallene for torsk kommer til å mangedoble seg innen 2025 i forhold til toppåret en kan se i 2010 fra figur 2 hvor det ble produsert litt over 20.000 tonn torsk. Den overordnede grunnen til dette begrunnes med en stamlinje for torsk som nå er avlet i 6-7 generasjoner og skal ha mindre rømmingsatferd og økt veksthastighet (Bjørn, et al., 2022).



**Figur 2:** Statistikk hentet fra Fiskeridirektoratet i perioden 2007-2021 (Fiskeridirektoratet, 2022). Blå linje med tilhørende vertikal akse på venstre side viser total mengde solgt torsk fra oppdrett i Norge. Oransje linje med tilhørende vertikal akse på høyre side viser antall lisenser utgitt for produksjon av torsk.

### 2.3 Torskens livssyklus i oppdrett

Dette kapittelets formål er å kunne gi både gruppen og leseren inngående kunnskap i hvordan torskens livssyklus i settefiskfasen av oppdrett fungerer. Med dette kunnskapsgrunnlaget som bakgrunn og ramme vil det være enklere å kunne sette seg inn prosjektarbeidets metode, resultat og diskusjon. I tillegg til larve- og yngelproduksjon, som er oppgavens fokusområder, er det også tatt med noen avsnitt om stamfiskproduksjon for å få med hele verdikjeden fra start samt detaljer som er viktig allerede på dette punktet.



### 2.3.1 Stamfisk

Det er flere aktører som i dag driver med stamfiskproduksjon av torsk. Eksempler på to av disse er Havlandet Marin Yngel og Nofima, hvor sistnevnte driver det nasjonale avlprogrammet for torsk samtidig som de selger rogn til kommersielle aktører. (INC Gruppen, 2016; Nofima, 2022). I naturen er torsken en vårgyter, gjerne fra mars til mai, og påvirkes av både lys og vanntemperatur. Dette gjør at stamfisklokalitetene også bruker kunstig lys og temperaturstyring for å kunne påvirke gyting av torsk i oppdrettssammenheng. Om ikke dette gjøres vil en kunne oppleve dårlig rognkvalitet og med dette også færre rogn som klekker (Puvanendran, et al., 2021).

For å få rogn fra torsk gjøres stryking av hunnfisk når buken ser oppsvulmet ut. Dette gjennomføres ved at fisken tas ut av karet det befinner seg i, og blir lagt på et bord hvor den får dekket til øynene for å redusere stress. Et svakt press blir lagt på anterior ende av buken, og det strykes mot posterior ende slik at rogn forsiktig blir presset ut. Hannfisk er som regel alltid klar for å avgi melke, og kan med dette strykes ut på samme måte når en har analysert rogn til å være av god kvalitet og med dette er klar for å befruktes (Puvanendran, et al., 2021).

En torsk med lengde omkring 100 centimeter kan produsere omkring 4.000.000 egg (Björnsson, et al., 2010), og en kan også observere velvoksen torsk som kan produsere opp mot 10.000.000 rogn (Døving & Reimers, 1992). Eggene har en størrelse på 1,2 – 1.8 millimeter i diameter, og sammenliknet med laks som produserer omkring 5000 rogn per liter, så vil en torsk kunne produsere 400.000 – 500.000 rogn per liter (Björnsson, et al., 2010).

### 2.3.2 Plommesekk- og vekstfasen

Torskerogn klekker 12 – 13 dager etter befruktning om de befinner seg i optimal vanntemperatur på omkring 7 – 8 °C. Etter klekking omtales fisken som «larver» og blir flyttet over til egne larveavdelinger med en tetthet på omkring 100-150 larver per liter. Sammenliknet med laks er pelagiske marine larver nødt til å startfôres langt tidligere grunnet en mindre plommesekk. Dette er samtidig et stadium med svært hurtig utvikling av organer, tarmsystem og immunsystem, hvilket gjør at larvene er spesielt utsatt for ugunstige forhold innen ernæring, fysiokjemiske og mikrobielle forhold (Attramadal, 2011). I starten vil larvene livnære seg på plommesekken, men allerede etter 1-2 «days post hatch» (dph), vil larvene kunne spise planktonalger. Med dette får larvene en gradvis overgang fra næringsopptak via plommesekk til næringsopptak via tarmen (Holm, et al., 1990). Etter 2-3 dph blir larvene for første gang fôret med levendefôr, nærmere bestemt rotatorier (Björnsson, et al., 2010; Puvanendran, et al., 2021). På norsk er rotatorier mer kjent som «hjuldyr», og er små

invertebrater som vil fungere som en levende matpakke for torskeelarvene. Dette gjøres ved at rotatoriene blir matet med de næringsstoffene som torskeelarvene trenger for å vokse og overleve (Øie, et al., 2011). Bruken av levendefôr gjøres grunnet torskeelarvenes mangel på funksjonell magesekk, som gjør at levendefôr hittil er beste ernæringsmulighet (Kjørsvik, et al., 2004). Samtidig som det blir fôret med rotatorier, blir det også tilsatt enten alger eller leire i vannet. Dette for at torskeelarvene skal få en kontrast mot byttet de skal jakte på, i tillegg til at det vil hjelpe å bygge opp immunforsvaret til larvene (Attramadal, 2011; Puvanendran, et al., 2021). Det vil også være avgjørende å ha en overvekt av mye dagslys for å oppnå ønsket vekst og overlevelsessjanse ettersom at dette i stor grad hjelper fisken å lokalisere byttet sitt (Björnsson, et al., 2010). Etter 5-10 dph vil vanntemperaturen ha blitt økt til 10°C, og holdes på dette nivået helt frem til omkring 180 dph (Puvanendran, et al., 2021). Fra 25-29 dph blir larvene matet med *Artemia*, et rekelignende krepsedyr, på norsk kjent som saltsjøkreps (Olsen, 2004; Puvanendran, et al., 2021; Sømme, 2021). I en overgangsfase gjennomføres det fôring med både rotatorier og *Artemia*, hvor til slutt fôring med rotatorier avsluttes ved 30-37 dph.

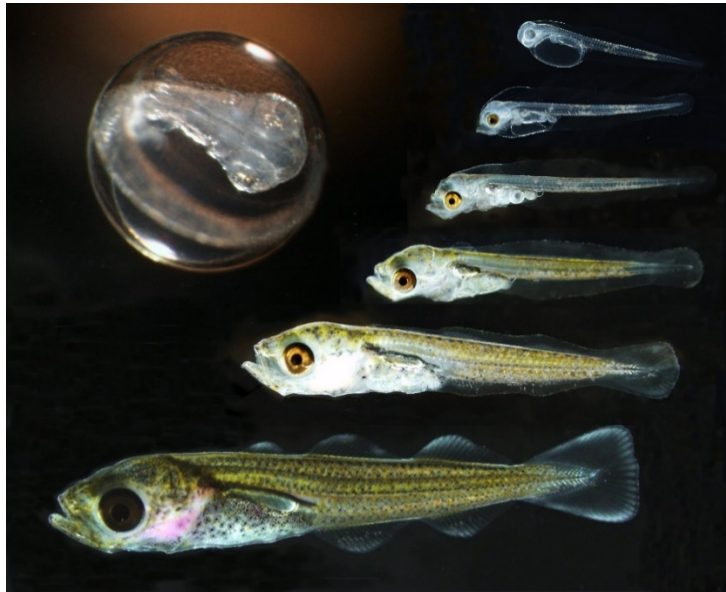
### 2.3.3 Metamorfose

Fra omtrent 40-44 dph blir tørrfôr gitt til larvene samtidig som *Artemia* for å tilvende fisken til tørrfôr. Det er også i denne perioden, 40-60 dph, at metamorfose inntreffer (Björnsson, et al., 2010), og larvene har nå blitt omtrent 12 millimeter lange (Holm, et al., 1990). Det dannes omsider magesekk, alle finner utvikles og torsken tar ikke lenger opp oksygen kun gjennom huden, men også ved hjelp av gjellene (Holm, et al., 1990). Dette er en periode som er svært kritisk, og hvor en også opplever størst dødelighet under hele oppdrettssyklusen (Larsen T.I., personlig kommunikasjon, 20. feb 2023).

Fôring med *Artemia* avsluttes omkring 56 dph og heretter er fisken kun avhengig av fôrpellets. Det vanskelig med fôr til torskeelarver er at larvene kun veier omkring 50 mikrogram i tørrvekt, til sammenlikning med laksen som på samme tidspunkt vil kunne veie 400 ganger mer. Dette gjør at det kreves svært små fôrpellets som torskeelarvene kan innta (Björnsson, et al., 2010). I løpet av perioden fra 0- 50 dph, med optimal vanntemperatur, er det påvist at torskeelarvene kan øke kroppsvekten sin omkring 2000 ganger, så det vil være svært viktig å påse at torskeelarvene har nok fôr for å forhindre sult (Finn, et al., 2002).

Alle stadier fra rogn til ferdig gjennomgått metamorfose er som vist i figur 3. Øverst til venstre kan en se rogn, og øverst på høyresiden vises larvestadiet med full plommesekk. Videre nedover kan en se den gradvise utviklingen av blant annet munn og skjelett samtidig som at hud og finner er i stadig

utvikling. Nederste fisk viser klart hvordan yngelen har utviklet alle finner og gjennomgått metamorfose sammenliknet med fisken over hvor en kan se sammenhengende finner på dorsal og ventral side.



**Figur 3:** Torskens utvikling fra rogn til gjennomført metamorfose. Rogn kan sees øverst til venstre, og deretter vises utviklingsstadiene gradvis fra øverst til høyre og nedover (Foto: Terje van der Meeren / Havforskningsinstituttet)

#### 2.4 Bakterier og deres interaksjon med fiskeyngel

I akvakultursystem vil en finne både autotrofe bakterier og heterotrofe bakterier. Disse vil enten leve planktonisk eller være festet til partikkeloverflater (Davey & O'toole, 2000). De heterotrofe bakteriene livnærer seg på oksygen og organisk materiale (Store norske leksikon, 2021), og enkelte av de heterotrofe bakteriene er patogener som kan forårsake sykdom hos fisk som for eksempel *Vibrio anguillarum* (Attramadal, 2011). Sykdomsutbrudd er antatt at skjer når opportunistiske mikroorganismer blir patogener når vertens motstandsdyktighet er dårligere på grunn av miljømessige stressfaktorer (Vadstein, et al., 2004). Heterotrofe bakterier kan på den annen side også bidra positivt gjennom utvikling av fiskelarvenes sykdomsmotstand og dens generelle ytelse (Fjellheim, 2006).

Bæreevnen er i et miljø det maksimale tallet på bakterier som kan opprettholdes over tid. Oppløst organisk materiale vil typisk være den vekstbestemmende faktoren som definerer bæreevnen for heterotrofe bakterier (Attramadal, 2011). Med økt vekst og fôringsrate vil det organiske innholdet i vannet øke. Høye konsentrasjoner av næringsstoffer og høy tetthet av fisk vil skape gunstige forhold

for opportunistiske patogene bakterier (Vadstein, et al., 2004). Under optimale forhold for fisken ønsker en å ha et godt bakteriemiljø i antall og sammensetning samtidig som en opprettholder redusert smitterisiko. Sammensetningen og antall bakterier i vannet er viktig for det mikrobielle miljøet fisken lever i. Antallet bestemmes av bakterier som kommer med inntaksvannet, organisk materie den kan spise samt hvilke andre organismer som er til stede for å spise bakterier. Sammensetningen reguleres av kildenes sammensetning og seleksjonspresset i systemet (Fjellheim, et al., 2016). Det er antatt at stabilt høye nivåer av bakterier fører til en lav tilstedeværelse av opportunister grunnet lavere konkurransedyktighet i høyere populære miljø hvor det er mer konkurranse om mattilgang (Salvesen, et al., 2000; Fjellheim, et al., 2016). Med dette burde ikke bakterielt fravær bli brukt som en direkte indikasjon på kvaliteten av det mikrobielle miljøet (Attramadal, 2011).

For marine larver vil de første dagene etter klekking være en periode hvor de er svært sensitive og samtidig er i en viktig periode hvor det omkringliggende mikrobielle miljøet vil kolonisere hud og tarmsystem. Med dette vil det være svært viktig å ha fungerende mikrobiell kontroll fra dette stadiet og frem til metamorfose inntreffer. Effektene av et dårlig mikrobielt miljø vil slå mest ut hos fisken når den er stresset eller befinner seg under suboptimale forhold (Vadstein, et al., 1993; Vadstein, et al., 2004).

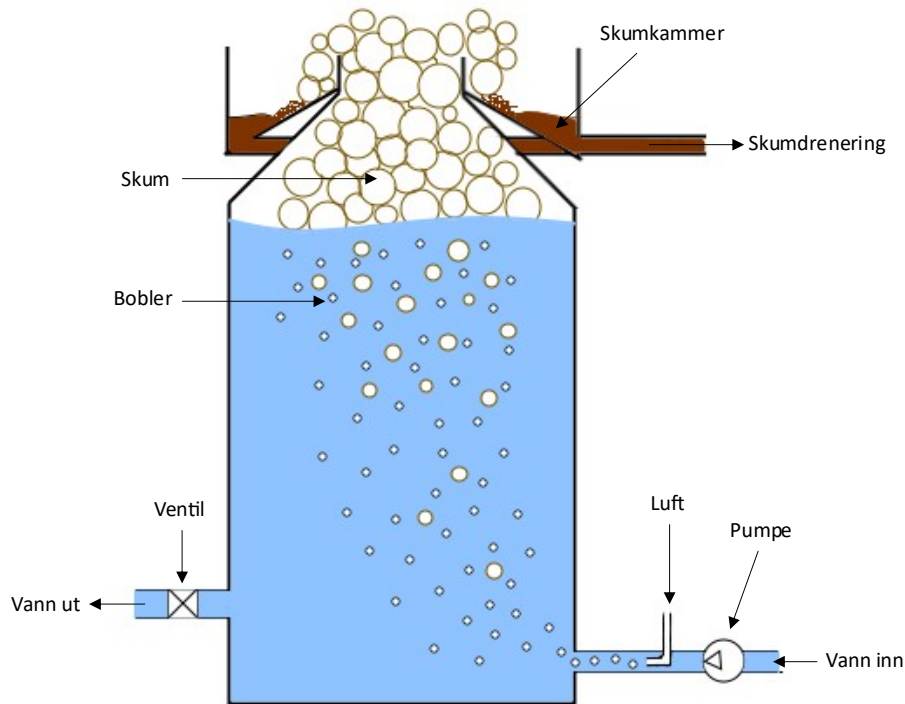
## 2.5 Organiske partikler og materie i landbasert oppdrett

Gjennom avføring fra fisken, dødfisk og fôrspill vil det tilføres organisk materiale i vannet som fisken lever i. Avhengig av størrelse og tyngde vil det organiske materie befinne seg forskjellige steder i vannsøylen. Døde fiskelarver, også kjent som «svimere», vil flyte og befinne seg i vannoverflaten, men når fisken når høyere vekt vil den synke mot bunnen istedenfor. Partikler og oppløst organisk materiale vil kunne synke til bunn, flyte rundt i vannsøylen eller legge seg på vannoverflaten. Det er viktig å fjerne alt unødvendig organisk materie fordi det vil fungere som vekstsubstrat for heterotrofe bakterier og føre til økt oksygenforbruk og avfallsproduksjon av karbondioksid og ammoniakk (Lekang, 2020). Partikler i vannet kan også forårsake stress og gjelleproblemer hos fisken som skaper uønsket redusert fiskevelferd (Fjellheim, et al., 2016)

## 2.6 Oppbygning og funksjon av protein skimmere

Protein skimmere er i akvakultur brukt for å fjerne organisk materie fra hele vannsøylen. Viktige oppløste organiske stoffer som fjernes inkluderer proteiner, aminosyrer, amin, fosfater, urea, humussyrer og fettsyrer. Partikulære og kolloidale organiske stoffer, inkludert mikroorganismer (bakterier, virus, sopp og alger), avføring og fôravfall, kan også fjernes. Med dette kan en protein skimmer også sees på som en desinfeksjonsmetode. Det er derimot vanskelig å teoretisk estimere hva som vil bli fjernet og det krever derfor prøving og feiling ved bruk av protein skimmere. Spesielt baserer dette seg på at hvert enkelt anlegg har forskjellig vannkvalitet gjennom spesielt hvilken fôrtype som brukes og fôrutnyttelse, og med dette gjør at eksperimenter er vanskelig å overføre fra anlegg til anlegg (Lekang, 2020).

En prinsippsskisse av en typisk protein skimmer til bruk i oppdrett er som i figur 4. I bunnen av skimmeren pumpes vann inn fra karet som skal renses. Videre blir vannet tilsatt luft for å skape bobler i vannet. Disse boblene vil skape en overflate for partikler å feste seg til samtidig som de naturlig vil flyte opp mot den frie væskeoverflaten i toppen konstruksjonen. I toppen av konstruksjonen vil det som vist på figur 4 bli en konsentrasjon av bobler, som igjen vil danne et skumlag. Desto flere bobler som flyter opp mot overflaten og danner et skumlag, desto mer vil skumlaget presse seg oppover og til slutt havne i skumkamrene som finnes på siden av skimmerens toppåpning. Her vil noe av skummet fortsatt beholde sin struktur, samtidig som at deler av skummets bobler vil sprekke og synke med gravitasjon mot bunnen av skumkammeret. I skumkammeret føres enten væsken/skummet ut gjennom drenering eller vel manuell rensing. I bunnen av skimmeren vil det også finnes en ventil slik at en om ønskelig kan senke vannivået om det mot formodning stiger til uønskede nivåer (Lekang, 2020).



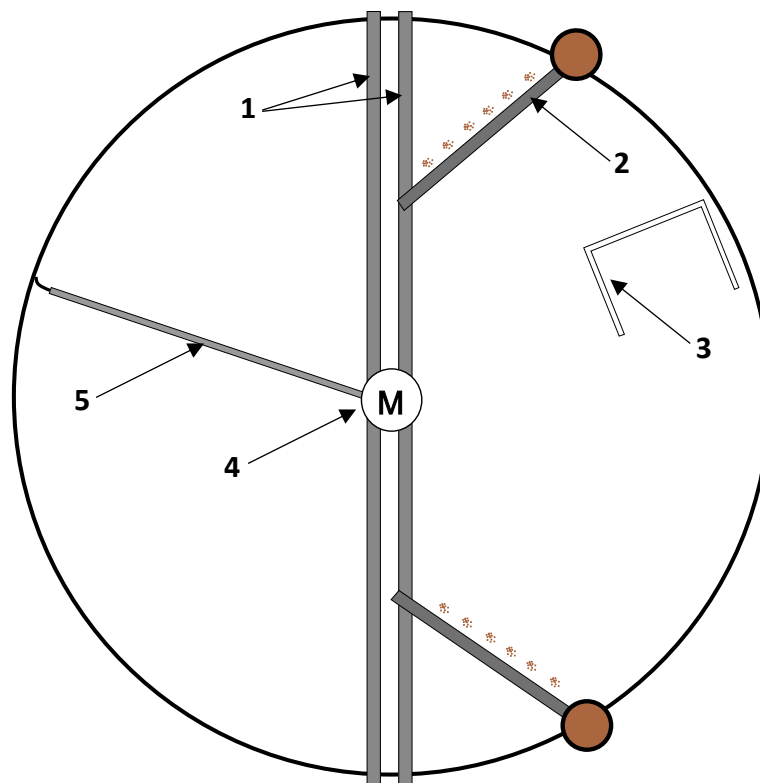
**Figur 4:** Prinsippskisse av virkemåten til en protein skimmer. Vann fra oppdrettskarene kommer inn nederst til venstre og blir tilført luft for å skape bobler i skimmertanken. Boblene stiger videre opp og tar med seg organisk materiale på vei opp i vannsøylen. I toppen vil skummet gå over kanten, inn i skumkamre og dreneres ut av skimmeren. Ventil nederst til venstre brukes for å justere vannhøyde. (Figur: Nicholas F. Ødegård)

Effektiviteten til en protein skimmer er basert på flere faktorer. Vanligvis i akvakultur blir det tilsatt en surfaktant. Dette er et stoff som reduserer overflatespenningen i vannet, og dermed øker skumdannelse i toppen. I tillegg til dette vil boblestørrelse og -mengde en greier å generere i inntaket avgjøre hvor optimalt systemet kan fungere. Generelt vil en boblestørrelse på under 1 mm i diameter være anbefalt (Lekang, 2020).

Konstruksjonen, oppbygning og virkemåte vil fra leverandør til leverandør og anlegg til anlegg kunne være noe forskjellig, men det generelle prinsippet om bobledannelse som hovedmedium for å fjerne partikler fra vannet vil fortsatt være det samme for alle protein skimmere (Lekang, 2020).

## 2.7 Oppbygning og bestanddeler av oppdrettskar i yngelavdeling hos Ode avd. Stadsbygd

Det er totalt åtte kar i yngelavdelingen hos Ode avdeling Stadsbygd. Alle karene har ikke samme størrelse, men enhetene og deres funksjon er fortsatt det samme. I figur 5 kan en se en skisse av hvordan karet er oppbygd, og hvor de viktigste enhetene relevant for denne oppgaven er nummerert. Karets radius er på 2500 mm og er 1500 mm dypt, bygd i glassfiber. Enhet 1 viser til to rektangulære tverrstag som ligger over hele karetets diameter. Hovedfunksjonen til disse tverrstagene er å kunne bære motoren med markering 4. Denne motoren driver en aksling hvor en røktearm, enhet 5, er festet. Røktearmen går med en svært sakte fart for å rengjøre og løse organisk materiale som fester seg til karveggene. Enhet 2 viser fôringsautomatene. Den brune sirkelen symboliserer beholderen med fôr, som dytter dette videre ut i et rør som strekker seg over vannoverflaten. I røret er det innboret hull hvor fôret detter ut og ned i vannmassene. På ett kar vil det finnes to slike fôringsautomater som vist i samme figur. Gjenstående er enhet 3, hvilket er den flytende protein skimmeren som benyttes av anlegget for å fjerne organisk materiale i vannoverflaten. Det kan leses mer om denne i neste kapittel, 2.8.



**Figur 5:** Skisse over oppdrettskar i yngelavdelingen hos Ode sitt settefiskanlegg.

- 1: Tverrstag. 2: Fôringsautomat med tilhørende fôringsarm. 3: Flytende protein skimmer. 4: Motor med tilhørende aksling (aksling ikke synlig i figur).
- 5: Røktearm festet til motoraksling (Figur: Nicholas F. Ødegård)

## 2.8 Oppbygning og funksjon av flytende overflateskimmer hos Ode avd. Stadsbygd

Dette kapitlets informasjon er innhentet etter flere samtaler med ansatte på anlegget til Ode Group på Stadsbygd, i tillegg til gruppens egne observasjoner ved besøk på anlegget.

Hos Ode blir det ikke tatt i bruk konvensjonelle protein skimmere som beskrevet i kapittel 2.6, men heller en til to flytende overflateskimmere i hvert kar som inneholder fisk. Figur 6 viser konstruksjonen Ode frem til oppgavestart har benyttet i avdeling for torskelarver. Denne ble designet og satt i bruk for flere år siden av Arne Kjøsnes, nåværende senioringeniør ved NTNU Sealab. Konstruksjonen består av speilsveidede rør med 50 mm i diameter av plasttypen PE100. Den blå slangen som kommer inn på høyre side av figuren blåser med svak styrke luft inn mot skimmerens indre med hensikt å dra med seg partikler, organisk materiale og dødfisk som ligger i vannoverflaten. Åpningen inn mot skimmerens indre står mot strømrretningen i karet.

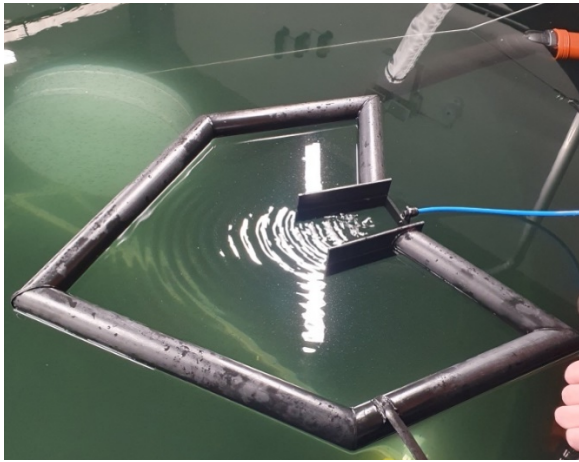
Overflateskimmeren ligger med omtrent halve konstruksjonens flate nedsenket i vannsøylen, uten noen form for annen oppsamler enn rørveggene. Med dette kan levende torskelarver som eventuelt måtte bli ført inn i overflateskimmeren også ha muligheten til å komme seg ut igjen.

Overflateskimmeren som vises i figur 7 blir tatt i bruk når torskelarvene er overført til «Hall 2» og videre skal føres med fôrpellets. Her er strømhastigheten i karet økt i forhold til larveavdelingen. Denne konstruksjonen består av rør og rørdeler av PP-plast med 32 millimeter. Overflateskimmeren samler kun opp partikler og organisk materiale ved hjelp av strømmen i karet, ingen luft er brukt for å føre det inn mot skimmeren. I starten, etter torsken er flyttet hit, vil en del fôrrester flyte på væskeoverflaten og skimmerens oppgave er å fange opp dette for å deretter bli fjernet. Når fisken blir større øker fôrstørrelsen, og vil i større grad synke istedenfor å flyte. En utfordring med skimmeren er at det samles organisk materiale svært hurtig i skimmeren og krever hyppig rensing. I en produksjonssyklus med åtte fulle kar med biomasse er dette en svært repetitiv prosess som samlet krever mye tid. Om ikke rensingen av skimmeren gjøres vil det organiske materialet samle seg opp i så stor grad at det etter hvert, grunnet tyngde og strømhastighet, vil presses nedover og videre under skimmeren hvor det organiske materialet «unnslipper». Det skal også legges til at ingen av de ovennevnte konstruksjonene dekker hele radiusen til karet de befinner seg i.

Overflateskimmeren tømmes manuelt av driftsteknikere på Ode sitt anlegg med periodiske mellomrom, eventuelt oftere om ansamling av partikler skjer raskere enn forventet. Metoden dette gjøres på er ved at driftstekniker på anlegget bruker et øsekar og manuelt samler opp skummet som er oppsamlet i skimmeren. Når æsekaret er full, blir innholdet tømt i et dørs slag som er satt over en bømte. Dette skal sikre at larver eller yngel som eventuelt blir tatt med i røktingen kan bli overført



tilbake til karet som ble røktet. Tiden dette tar for en ansatt er rundt 15 minutter, og gjøres under normale omstendigheter 6-10 ganger per døgn. I figur 8 kan det observeres hvordan røktingen skjer med spade for å fjerne proteinskummet. Figur 9 viser hvordan skimmeren og vannoverflaten ser ut etter uttaket gjort i figur 8.



**Figur 6:** Eksisterende flytende protein skimmer brukt i larveavdelingen hos Ode sitt settefiskanlegg. (Foto: Nicholas F. Ødegård)



**Figur 7:** Eksisterende flytende protein skimmer brukt i yngelavdelingen hos Ode sitt settefiskanlegg. (Foto: Nicholas F. Ødegård)



**Figur 8:** Uttak av organisk materiale fra eksisterende protein skimmer utført med spade (Foto: Nicholas F. Ødegård)



**Figur 9:** Vannoverflaten og skimmeren etter uttak av organisk materiale. (Foto: Nicholas F. Ødegård)

## 2.9 Relevant lovverk for oppgaven

Fiskeoppdrett er omfattet av flere lover og forskrifter for å regulere ulike aspekt ved næringen. Videre i dette delkapittelet blir relevante lover, forskrifter og standarder for oppgavens omfang beskrevet i korthet. Dette gir leseren et overblikk over det en må forholde seg til ved drift av landbaserte oppdrettsanlegg og produktutvikling innenfor oppdrettsnæringen.

### 2.9.1 Dyrevelferdsloven

Dyrevelferdsloven har som formål å fremme god dyrevelferd og respekt for dyr, hvilket også innebefatter fisk i oppdrettsanlegg. Den setter videre krav til at dyr skal behandles på en så god måte som mulig og med dette også kunne ha tilfredsstillende livsvilkår (Dyrevelferdsloven, 2010).

### 2.9.2 Akvakulturloven

Akvakulturloven (Akvakulturloven, 2006) skal sikre at både lønnsomhet og konkurransekraft ikke skal gå på bekostning av bærekraftig utvikling og verdiskapning langs kysten ved sjøbaserte og landbaserte oppdrettsanlegg. Spesielt tar den for seg akvakulturtillatelser, miljøhensyn og arealutnyttelse, men for denne oppgaven er spesielt §12, ledd 2 aktuelt: «Innretninger og utstyr som nyttes til aktiviteter som omfattes av denne lov skal være forsvarlig utformet, ha forsvarlige egenskaper og brukes med nødvendig aktsomhet.»

### 2.9.3 Norsk Standard 9416:2013

Forskrift om krav til teknisk standard for landbaserte akvakulturanlegg for fisk har hjemmel i akvakulturloven, og formålet er å forebygge at rømming av fisk skjer ved landbaserte akvakulturanlegg gjennom forsvarlig teknisk standard (Forskrift om teknisk standard for landbaserte akvakulturanlegg for fisk, 2018). Det meste av innholdet i denne forskriften støtter seg på innholdet i NS9416:2013, hvilket er en norsk standard for landbasert oppdrett av fisk utviklet i samarbeid med oppdrettsnæringen, myndigheter og andre relevante aktører i næringen (Standard Norge, 2013). Formålet til standarden er å redusere risiko for rømming av fisk fra landbaserte anlegg, og gir næringen retningslinjer og krav til utforming samt drift og vedlikehold. Komponenter, beskrevet som deler som er relevant for rømming av fisk, er i standarden definert å gjelde kar, sil, rør, slange, dødfisksystem, hovedavløpssperre, alarmsystem og leverings- og fortøyningsystem. Punkt 10.4 i standarden handler om endringer i det landbaserte akvakulturanlegget som kan øke faren for rømming. Det skal ikke gjøres endringer på eller i nær tilknytning til kar hvor det kan medføre et rømmingstilfelle uten at produsent av utstyret har godkjent det gjennom vurdering av foreliggende

dokumentasjon. Dette gjelder også utstyr som monteres på et kar og kan ha effekt på karetts virkende laster. Krav om brukerhåndbok for komponenter gjelder for kar, dødfisksystem, alarmsystem og hovedavløpssperre.

#### 2.9.4 Akvakulturdriftsforskriften

Akvakulturdriftsforskriften har hjemmel iblant annet akvakulturloven og dyrevelferdsloven som er beskrevet tidligere i dette kapittelet (Akvakulturdriftsforskriften, 2008). Formålet i forskriften er som følge av dette også helt identisk med akvakulturloven sitt formål som er å «fremme akvakulturnæringens lønnsomhet og konkurransekraft innenfor rammene av en bærekraftig utvikling, og bidra til verdiskapning på kysten» (Akvakulturloven, 2006, p. § 1 første ledd). Forskriften stiller krav til at driften skal være teknisk, biologisk og miljømessig forsvarlig, samtidig som den er helsemessig og fiskevelferdsmessig forsvarlig. Om installasjoner og utstyr til bruk i produksjon av fisk er det et krav om at utstyret ikke skal ha skarpe kanter eller fremspring, og at materialet ikke kan være skadelig for fisken. Videre skal det være tilrettelagt for godt renhold. Vannkvaliteten skal ut ifra fiskens art, alder, utviklingstrinn, vekt, fysiologiske og atferdsmessige behov være god for å kunne opprettholde gode levekår for fisken.

#### 2.10 Materialteknologi

##### 2.10.1 Materialvalg for konstruksjoner til bruk i oppdrett

En rekke forskjellige materialer er tatt i bruk ved konstruksjon av infrastruktur for akvakultur. Termoplast, herdeplast, betong, jern og stål er alle eksempler på dette. Til vanntransport og vannbehandling er plast det aller mest brukte materialet. Tidligere ble både stål, betong og jern brukt, men er i dag minimalt i bruk grunnet materialpris, levetid og kostnader knyttet til fremstilling og installasjon (Lekang, 2020). Plastmaterialenes korrosjonsfaste egenskaper, fraværende utslipp av skadelige stoffer under normale forhold, at de er lette å arbeide med og lette å montere gjør at dette i dag utgjør store deler av konstruksjoners materialer (Tvenning, 1990). Spesielt termoplast som polyetylen (PE) og polyvinylklorid (PVC) er stoffer som er brukt hyppig. Plast er også et materiale som er tilpasset temperaturene vi finner i akvakultur (Tvenning, 1990). Skal det brukes andre stoffer må en være sikker på at dette er stoffer som ikke er giftige for fisken (Lekang & Fjæra, 1997). For eksempel kobber er som blir brukt i rørsystemer i bolighus er et materiale som ikke er anbefalt innen akvakultur grunnet giftigheten kobber har for fisk (Lekang, 2020).

### 2.10.2 Polyetylen (PE)

Polyetylen er det plastmaterialet som er brukt aller mest både i Norge og resten av verden (Vannes, 1991; Husø, 2000). Det er samtidig det plastmaterialet som brukes aller mest innen akvakultur (Tvenning, 1990; Lekang & Fjæra, 1997), og trenden viser mer bruk av PE i akvakultur (Lekang, 2020). Materialet har lav absorpsjon av vann, kan brukes i kontakt med næringsmiddel og tåler temperaturer fra  $-90^{\circ}\text{C}$  til  $140^{\circ}\text{C}$ . Det er samtidig uløselig i alle organiske løsemidler i temperaturer under  $60^{\circ}\text{C}$  og materialet kan kjøpes til en svært lav pris (Vannes, 1991). Polyetylen er delt opp i tre forskjellige varianter, bestemt av hvilken tetthet platen er fremstilt med: lav tetthet (PEL), middels tetthet (PEM) og høy tetthet (PEH). I dette avsnittet vil det fokuseres på PEL og PEH. Ofte skilles disse to stoffene ved å definere de etter massetetthet på over eller under  $0,93\text{ g/cm}^3$  hvor PEL ligger under og PEH ligger over (Vannes, 1991). Et eksempel på kjent bruksområde av PEL er i plastposer vi finner i dagligvarehandler, hvor PEL sin lave molekylære tetthet gjør det svært elastisk. PEH er det som er mest aktuelt og mest brukt i oppdrett. Dette fordi det i motsetning til PEL har tettere molekylstruktur og med dette blir mindre elastisk (Vannes, 1991; Lekang & Fjæra, 1997).

### 2.10.3 Polypropylen (PP)

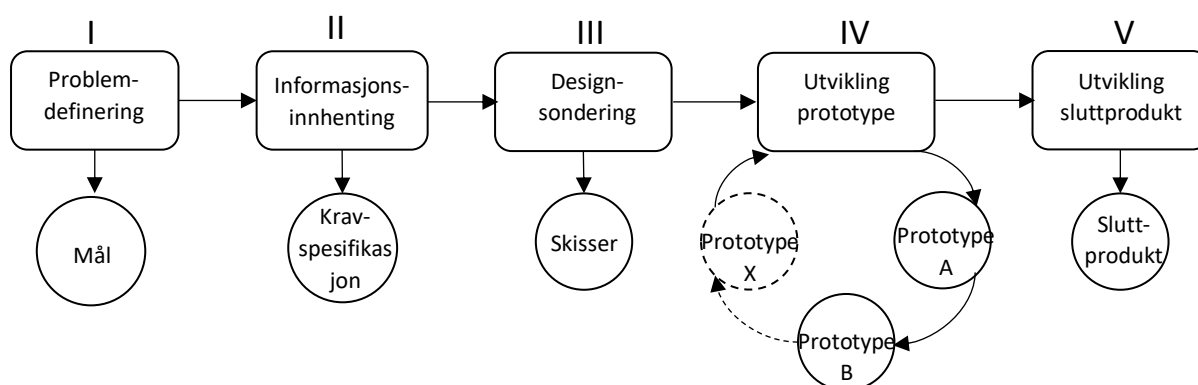
Det er svært mange likheter mellom polypropylen og polyetylen, blant annet ved at materialet er hardt og stivt. Polypropylen har lav massetetthet med  $0,90 - 0,91\text{ g/cm}^3$ , og er med dette lettest av de mest brukte plasttypene (Husø, 2000). Fordelene med plast lagd av PP er dets mekaniske egenskaper ved relativt høye temperaturer, lavt opptak av vann, har høy motstandsdyktighet mot kjemikalier og kan anskaffes til en lav pris. Muligheten for å bli utsatt for høye temperaturer gjør at det også kan bli utsatt for dampsterilisering i næringer hvor dette er aktuelt. Blant de negative sidene ved dette materialet er at det blir tæret vekk når det blir utsatt for oksiderende syrer og at materialet blir sprøtt ved temperaturer under  $-10^{\circ}\text{C}$ . Det kan også bli brutt ned av ultrafiolette (UV) stråler om det ikke er tilsatt UV-stabilisator i materialet (Vannes, 1991).

### 3 Utvikling av flytende protein skimmer

Følgende kapittel beskriver utviklingsperioden gjennom fem faser, og hvordan gruppen har gått frem for å løse prosjektet i sin helhet. Kapittelet er delt opp i fem delkapitler, ett for hver fase, hvor hvert delkapittel har både metode og resultat for tilhørende fase. Dette er et noe utradisjonelt oppsett, men er gjort for at leseren enklere skal kunne følge fremgangsmåten som har blitt gjort med metode og tilhørende resultat fra start til slutt av utviklingsprosessen.

#### 3.1 Utviklingsmetodikk

For å sikre best mulig sluttresultat ble det i starten utarbeidet en utviklingsstrategi for at prosjektet blir en gjennomgående effektiv og grundig prosess. Det ble definert fem prosjektfaser: (I) Problemdefinering, (II) Informasjonsinnhenting, (III) Designsondering, (IV) Utvikling prototype, (V) Utvikling sluttprodukt. Hver fase vil ende opp med et resultat som vil bli tatt med videre inn i neste fases arbeid. De fem prosjektfasene er illustrert i figur 10 hvor fasene er i rektangler og fasenes resultat er illustrert som sirkler.



**Figur 10:** Utviklingsmetodikk for prosjektet. Hver prosjektfase er illustrert som rektangler med tilhørende romertall. Hver prosjektfase fører til et resultat, illustrert som underliggende sirkler. I fase IV bygger resultatene på hverandre, og er med dette illustrert som resultat i sirkelformasjon. (Figur: Nicholas F. Ødegård)

## 3.2 Fase I - Problemdefinering

### 3.2.1 Metode (I)

I denne fasen var fokuset å kunne snevre oppgavens omfang inn mot noe som var overkommelig med de ressurser gruppen hadde tilgjengelig. Ressursene dette gjaldt var økonomisk kostnad, tid, egen kunnskap og ferdigheter samt mulighet til hjelp fra andre parter som veiledere og samarbeidsbedrift. Det ville være viktig å ikke skape seg et prosjekt hvor en tar på seg en arbeidsoppgave som gjør prosjektets omfang for stort. Dette ville kunne senke resultatets kvalitet og gruppens motivasjon til å nå målet. Det ville samtidig være fornuftig å danne seg et prosjekt hvor gruppen må strekke seg noe slik at læringsutbyttet ble størst mulig, og samarbeidsbedriften fikk størst utbytte av det arbeidet som ble gjennomført.

For at dette punktet skulle gjennomføres på en god måte ble det naturlig å snakke og besøke kommende samarbeidsbedrift for å høre deres tanker og meninger om de problemer som finnes å løse. Det var også viktig å snakke med professorer og kommende veiledere for å finne ut om prosjektet var gjennomførbart som prosjektoppgave for et bachelorstudie.

### 3.2.2 Resultat (I)

Denne fasens sluttresultat ble oppgavebegrensninger som er videre presentert nedenfor. Det ble samtidig også opprettet hovedmål og effektmål som gruppen kontinuerlig skulle arbeide mot gjennom å løse målene som var satt.

Oppgavens hovedfokus ble satt til at det skulle lages en flytende protein skimmer som i større og bedre grad enn tidligere greier å samle opp organisk materiale. Det skulle også gjøres et forsøk på å lage oppsugningsfunksjon på skimmeren.

Prosjektets resultatmål:

1. Konstruere en fungerende flytende protein skimmer som bedrer det mikrobiologiske miljøet yngelen lever i
2. Konstruere et produkt som gjør at tidsbruk på røkting per ansatt går ned
3. Konstruere et produkt som er lett å vedlikehold og lett å rengjøre for de som skal røkte

Effektmålene er gruppens personlige gevinst av å gjennomføre prosjektet og som kan måles opp mot det arbeidet som er utført gjennom prosjektet.

1. Bli bedre kjent med forskjeller og likheter for oppdrett av yngel av torsk opp mot laks
2. Kunne bruke en kombinasjon av de emnene vi har lært til å komme frem til et produkt
3. Få bedre innsikt i krav og metoder for utvikling av produkter til bruk i oppdrett
4. Skrive en rapport som vil være like nyttig for Ode Group som for oss
5. Mestresamarbeid med prosjekt som arbeidsform over en lengre tidsperiode

### 3.3 Fase II - Informasjonsinnhenting

#### 3.3.1 Metode (II)

For å løse de satte resultat- og effektmål, var det et behov for inngående informasjon om hvordan problemet kan løses og hvilke rammer som finnes både teknisk og biologisk, og hvilken forskning som er gjort på feltet fra før av.

I prosessen med å finne forskning og annen litteratur for oppgavens omfang ble det bestemt å se spesielt nærmere på temaer som torskens fysiologi og biologiske premisser fra rogn og hele perioden som yngel, relevante lover og forskrifter, mer teknisk rundt protein skimmere og materialteknologi. For torskens biologi og fysiologi ble det forespurt om artikler fra professorer som kunne ha innspill til gode startpunkt. Videre søken ble gjort etter fagfelleverderte forskningsartikler på internett. Spesielt ble doktorgraden til Kari Attramadal (Attramadal, 2011) viktig som kilde, og også avhandlingens referanseliste hvor svært mange relevante artikler har blitt brukt. Innen materialteknologi har Nasjonalbibliotekets database blitt brukt, hvor noe eldre lærebøker omkring plast og materialteknikk ble funnet.

Gruppen fant det essensielt å snakke med flere av de som jobbet hos samarbeidsbedriften, i tillegg til veiledere, for å høre om erfaringer og tanker rundt den eksisterende overflateskimmeren som ble brukt på anlegget. Hos Ode Group ble det viktig å få både innspill fra røktere, biologiske og tekniske ledere, slik at alle aspekter rundt eksisterende bruk og kommende konstruksjon kunne bli belyst. Ett siste viktig aspekt var samtale med assisterende driftsleder og biologisk leder for å høre om anleggets produksjonssyklus og -planer slik at gruppen videre kunne fastsette en tidsplan for når innkjøp av materialer, konstruksjon og testing kunne utføres.

Det ble ut fra litteraturstudiet og samtalene bestemt at det skulle lages en kravspesifikasjon og videre skisser for det gruppen ønsket å teste ut. Kravspesifikasjonen er en enkel punktliste med de

funksjonskrav vi har satt til det som skal utvikles og konstrueres. Denne listen skal også hjelpe gruppen å nå de resultat- og effektmål som ble satt. Punktene som er i kravspesifikasjonen er noe som har blitt diskutert med ansatte hos Ode på Stadsbygd for å høre om det er overkommelige og fornuftige krav til konstruksjonens virkemåte. Kravspesifikasjonen kan finnes i dette stadiets resultatdel. Skisser var noe som først ble utarbeidet i fase III og kan finnes i dets respektive delkapittel.

### 3.3.2 Resultat (II)

Kapittel 4, litteratursøk, er resultatet av all informasjonsinnhenting fra forskningsartikler og bøker som er skrevet omkring de temaene gruppen ønsket å finne ut mer om for å danne prosjektets grunnlag mot design- og konstruksjonsfasene.

Etter samtaler med ansatte på settefiskanlegget ble det bestemt å bygge prototype i rør og deler av polypropylen. Hvis gruppen til slutt hadde nok tid skulle også den endelige versjonen av skimmeren bygges med speilsveidede rør i polyetylen.

Hele konstruksjonens kravspesifikasjon er som følger:

Konstruksjonen skal ...

- Følge krav som følger av relevant lovverk
- Konstrueres i plasttypen polypropylen.
- Dekke tilnærmet hele radiusen til karet
- Ha muligheten til å suge opp proteinskummet som ansamler seg ved skimmeren
- Ha en form og funksjon som sikrer at så lite organisk materiale som mulig slipper unna enten på sidene eller ved å bli presset under skimmeren
- Ha tynne horisontale slisser, eller hull, rett over vannoverflaten som skummet bruker for å trenge inn i røret
- Om mulig ha automatisk og syklisk utsugning
- Sikre at konstruksjonens styrke tåler kraften fra utsugning av organisk materiale
- Kunne flyte også ved større ansamlinger av proteinskum
- I så liten grad som mulig kunne suge ut levende fisk
- Ha muligheten til å kunne kontrollere om levende fisk har blitt sugd ut
- Ha muligheten til å kunne kontrollere antall dødfisk som er sugd ut
- Være enkel å håndtere for driftsteknikere både ved montering og rengjøring



### 3.4 Fase III - Designsondering

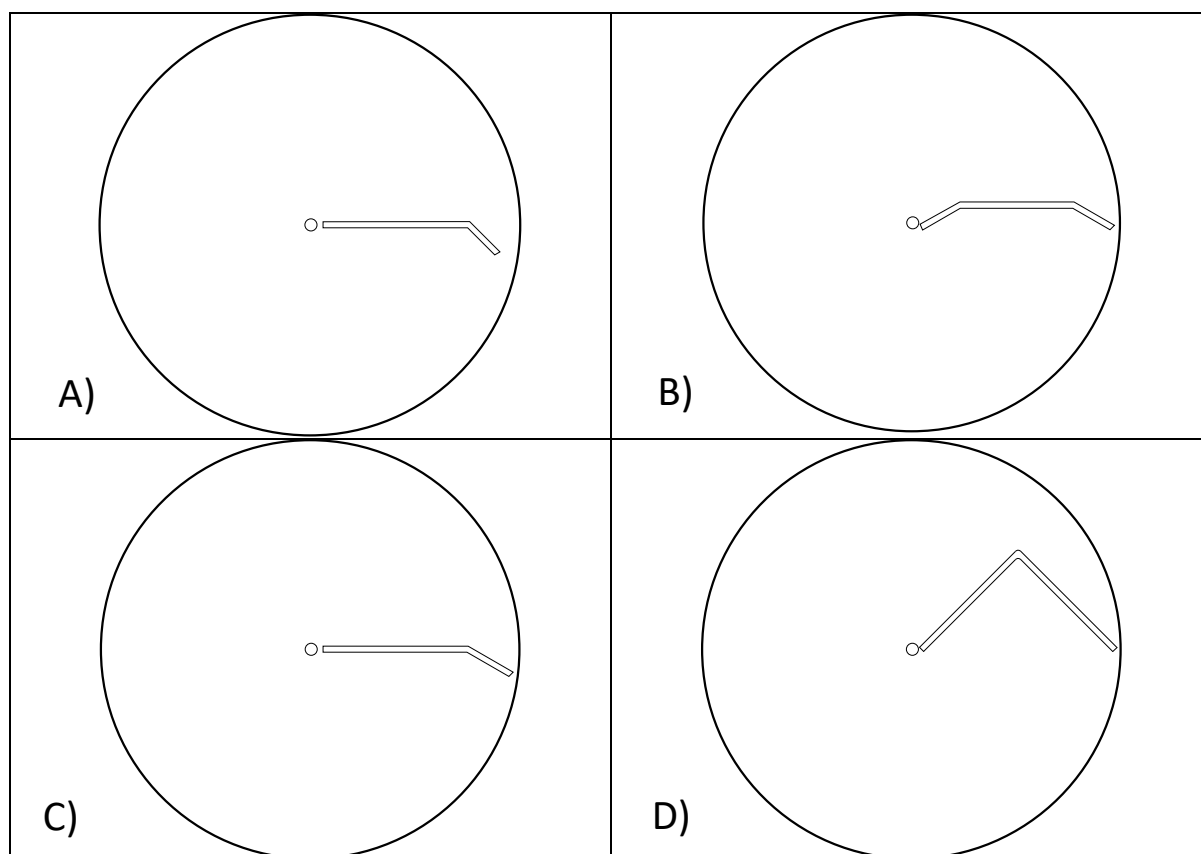
#### 3.4.1 Metode (III)

Gruppen hadde allerede etter første besøk på anlegget til Stadsbygd tenkt mye over design og hvordan en ny flytende protein skimmer kunne konstrueres. Det ble gjort et forsøk på å finne informasjon om lignende eller eksisterende flytende protein skimmere som gruppen kunne ta inspirasjon fra. Med få til ingen nyttige kilder ble samtalene med både veileder og ansatte hos Ode lagt mest vekt på når skissene skulle utformes. Skissene ble først tegnet på papir og deretter enkelt rekonstruert med digitale verktøy.

#### 3.4.2 Resultat (III)

##### Form

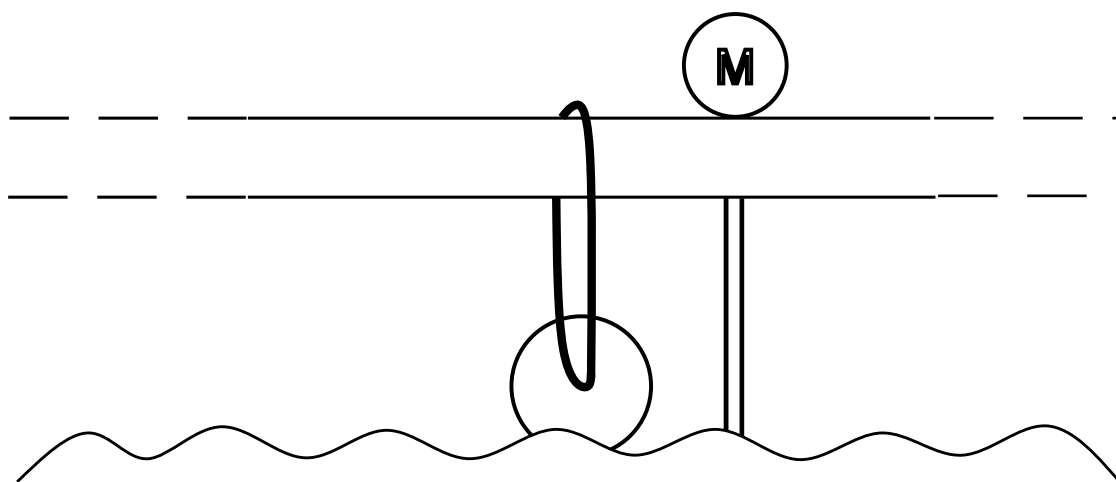
Det ble utviklet fire forskjellige skisser av ønskede former gruppen hadde som mål å teste ut. Disse skissene kan finnes i figur 11, merket med hver sin bokstav fra A - D. Skissene er ikke i noen bestemt målestokk, og er kun konseptskisser for videre fysisk utprøving.



**Figur 11:** Skisser av konstruksjonsformer. A) Horisontalt ut fra midten av karet med 45 grader knekk. B) Horisontal midtdel med 30 grader knekk inn mot midten og 30 grader knekk på slutten. C) Horisontalt ut fra midten av karet med 30 grader knekk. D) Likebent trekant med 90 grader knekk i toppen. (Figur: Nicholas F. Ødegård)

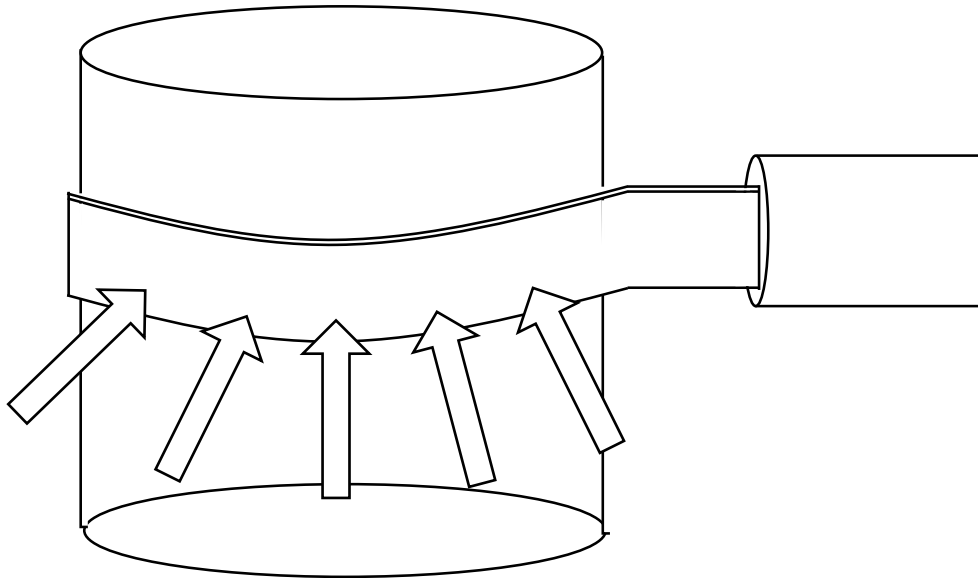
### Festemetode for flytende protein skimmer

Det ble utarbeidet to måter å feste den flytende skimmeren til origo av oppdrettskaret. Første metoden kan sees i figur 12. Skimmeren er i figuren sirkelen som flyter på vannet. Tverrstaget som ligger over hele oppdrettskaret er det horisontale rektangelet. Motor med merking «M», samt tilhørende aksling, kan observeres til høyre for skimmeren. Et tau er innfestet i skimmerens flate endepunkt og er samtidig festet til tverrbjelken.



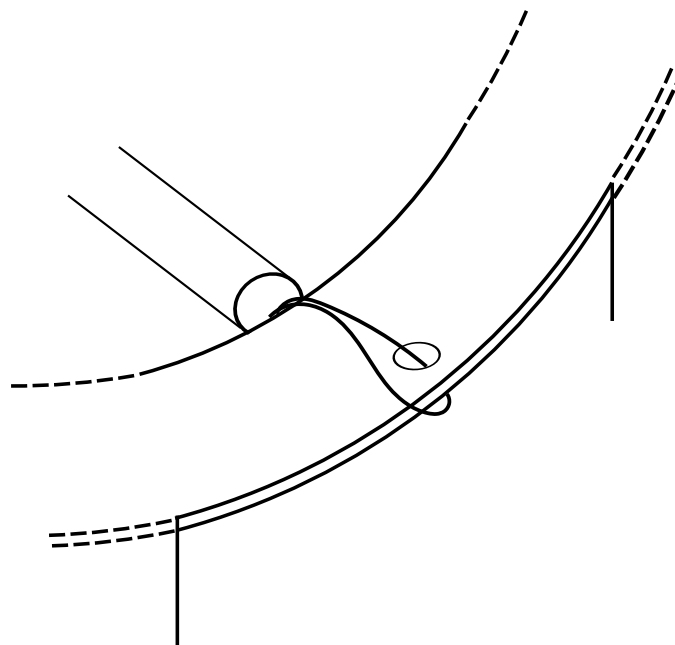
**Figur 12:** Prinsippskisse av første metode for å feste flytende protein skimmer i midten av karet. Et tau festet rundt tverrstaget over karet som igjen er festet i skimmeren. (Figur: Nicholas F. Ødegård)

Den andre festemåten til den flytende protein skimmeren er skissert i figur 13. Den liggende sylindren på høyre side i figuren representerer selve skimmeren, og den stående representerer oppdrettskarets aksling som er plassert i origo av oppdrettskarene. En bøyle er tenkt festet til enden av skimmeren som presses mot midtakselen ved hjelp av strømkreftene som befinner seg i oppdrettskaret, illustrert ved hjelp av piler i figuren.



**Figur 13:** Prinsippskisse av andre metode for å feste flytende protein skimmer i midten av karet. Bøyle festet i enden av skimmeren (til venstre i figuren) som presses inn mot motorakslingen ved hjelp av strømkreftene i karet. (Figur: Nicholas F. Ødegård)

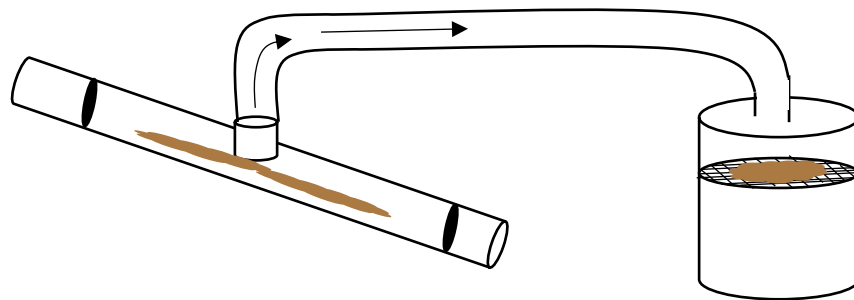
Protein skimmeren må også festes i karkanten. Metoden gruppen kom frem til er som vist i figur 14. Her er et tau tredd gjennom eksisterende hull på oppdrettskarets kant, og deretter festet inn i egnet festeanheng på skimmerens flate ende.



**Figur 14:** Prinsippskisse tiltenkt metode for å feste flytende protein skimmer i karkanten. En bøyle er festet i protein skimmerens flate ende. I bøylene er det festet et tau som knytes fast i eksisterende hull på karetts kant (Figur: Nicholas F. Ødegård)

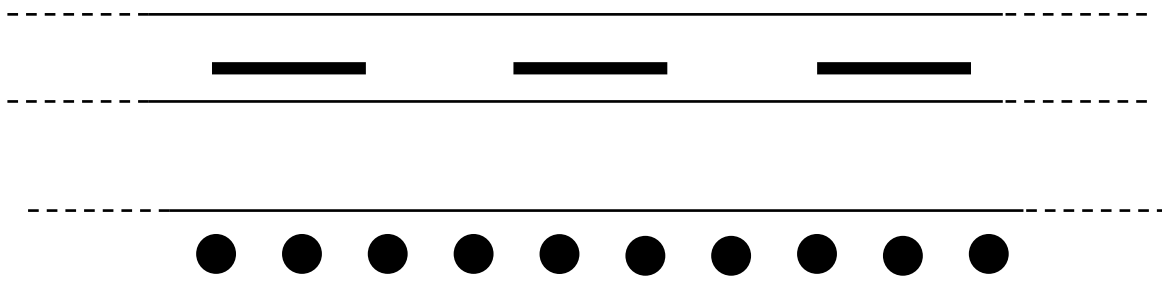
## Utsugning av organisk materiale

I figur 15 vises konseptet gruppen kom frem til for å fjerne det organiske materiale. I den flytende skimmeren er et mindre rør fastmontert på oversiden for å kunne kobles til en enhet som suger ut det organiske materiale. I sugeenheten er det tiltenkt et gitter som tar imot eventuell levende og død fisk. Inne i røret hvor det organiske materialet samler seg er det med to helsvarte ringer indikert et lukket område hvor det organiske materialet skal samles opp gjennom bruk av slisser.



**Figur 15:** Prinsippskisse tiltenkt metode for å suge ut det organiske oppsamlede materialet. En seksjon av røret er avlukket for å øke vakuumeffekt. Et rør er koblet på oversiden av røret hvor det organiske materialet suges ut til en beholder med et gitter for å skille organisk materiale og eventuell fisk som blir med under avsug. (Figur: Nicholas F. Ødegård)

Konseptet bak muligheten til å suge det organiske materialet inn i skimmeren er som vist nedenfor i figur 16. Øverste del viser konseptskisse av et tenkt rør hvor de svarte horisontale rektanglene representerer slisser det organiske materialet går gjennom. Nederste del viser konseptskisse av tenkt rør hvor de svarte, runde hullene er hull som skal bores inn i røret på en rett linje. Begge varianter skulle testes ut.



**Figur 16:** Prinsippskisse av hull i skimmeren for å suge ut oppsamlet organisk materiale. Øverste del av figuren viser et rør med tynne slisser på linje. Nederste del av figuren viser et rør bestående av sirkler på linje. (Figur: Nicholas F. Ødegård)

### 3.5 Fase IV - Utvikling prototype

Følgende kapittel beskriver fremgangsmetode samt materialer og utstyr brukt for konstruksjon av ny flytende protein skimmer i lokalene til Ode Group.

#### 3.5.1 Metode (IV)

Utvikling av prototype tok utgangspunkt i kravspesifikasjon og skisser som kom frem fra fase III.

Under konstruksjon av prototyper ble verkstedet til Ode Group på Stadsbygd tatt i bruk. Materialer ble også bestilt gjennom Ode. I tabell 1 i vedlegg A finnes en oversikt over de konstruksjonsmaterialer som har blitt brukt for bygging av prototype, og i tabell 3 i vedlegg B er det listet opp de verktøy som har blitt benyttet under konstruksjon.

Det ble valgt en bestemt rekkefølge for konstruksjon og funksjonstesting av skimmeren bestående av to hovedsteg:

1. Test av alle fire designede former samt innfestingsmetode for å teste flyteevne og evne til å fange opp organisk materiale
2. Test av avsug med slisser og hull på valgt form

#### **Metode for punkt 1: «Test av alle fire designede former (...)»**

Ut fra skissene som ble utviklet og målet på oppdrettskaret, ble det målt opp ønsket lengde på rør av polypropylen. Røret ble deretter kuttet med fintannet håndsag og kuttenden ble slipt ned med fil og kniv for å få en jevn overflate. Når alle rør var kuttet opp i riktig lengde ble tilkoblingsdeler som bend, muffe og ters innsmurt med smøremiddel for å enklere kunne feste disse. Ters nærmest origo av karet ble boret med elektrisk drill og bor. Deretter ble festet for midtaksling festet med maskinskrue hvor skrua på innsiden av tersen ble skrudd fast med skive og mutter ved hjelp av skralle. For ters nærmest karkanten ble samme fremgangsmåte brukt, men med to hull for å feste syrefast bøyler. Nylontau ble knytt fast i denne bøylene, for å senere kunne bli festet til karkanten. Alle deler ble til slutt satt sammen til ønsket form ettersom hvilken prototype som skulle testes ut. En siste sjekk med målebånd ble gjort for å sikre at lengden og beregninger til skisse var gjort riktig, og at konstruksjonens lengde fra ende til ende ikke ville overgå testkarets radius.

Før konstruksjonen kunne testes blant levende fisk måtte den vaskes og desinfiseres. Dette ble gjort med Aqua Clean, et skummende og desinfiserende rengjøringsmiddel. Hele konstruksjonen ble skummet ned og fikk deretter virke i fem minutter. Skummet ble så spylt av med springvann.

Når konstruksjonen skulle testes ble den forsiktig klipset fast i karetts midtaksel og lagt ned i vannet. Nylontauet ble festet til opprinnelige hull som er laget i oppdrettskarets glassfiberkonstruksjon. Når konstruksjonen var sikkert festet ble det satt på en tidtaker på ti minutter slik at hver konstruksjons testtid kunne bli sammenlignet. Det ble etter dette observert kontinuerlig gjennom hele tidsperioden hvordan konstruksjonen oppførte seg i vannet og evnen til å samle opp samt holde på organisk materiale. Når prøvetiden var utgått, ble organisk materiale samlet opp manuelt med en spade for å deretter puttes i et dørslag plassert over en bøtte. Slik ville en se om fisk eventuelt ble med i uttaket.

Metoden ovenfor ble gjennomført for testing av alle fire former.

### **Metode for punkt 2: «Test av avsug med slisser og hull på valgt form»**

Når ønsket form på skimmeren hadde blitt valgt ut ble det testet ut hva som fungerte best av slisser eller runde hull. Ved test av slisser ble lengden på hver slisse målt opp med målebånd og markert med sprittusj. Uthuling av slisser ble gjort med vinkelsliper og kappeskive til slissehøyden var på 2 mm. Det ble målt med skyvelære etter uthuling at alle slisser hadde samme lengde og høyde. Eventuell justering ble gjort med kniv om dette var nødvendig. Samme metode ble brukt for de runde hullene, men med drill og fastmontert bor for å bore hull i skimmeren.

For å installere avsug ble et grenrør satt på skimmeren ved siden av rørbendet nærmest karkanten. I åpen horisontal retning mot karkanten ble det avstengt på grenrøret med ters for at ikke væske skulle flyte videre inn i skimmeren. I vertikal åpen ende ble en overgang fra 50 mm til 32 mm rør påkoblet. Videre fra enden med 32 mm åpning ble det påsatt 40 mm slange som videre gikk til munnstykket til våtstøvsugeren av typen Nilfisk Aero 26.

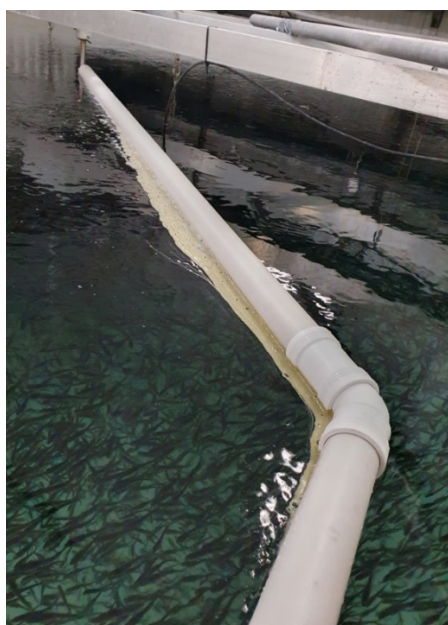
Ved testing av slisser og avsug ble prototypen desinfisert og lagt forsiktig i vannet som tidligere. Rørdelen med slisser/hull ble vridd ned mot vannoverflaten slik at det ble så liten avstand mellom vannet og hullene som mulig. Etter ti minutters oppsamling av organisk materiale ble våtsugeren påskrudd til alt organisk materiale var oppsamlet, og deretter avskrudd. I tilfelle skimmeren skulle bli dratt under vann grunnet sugeseffekten stod ett av gruppe-medlemmene klar til å ta tak i skimmeren. Etter det organiske materialet var sugd ut ble skimmerens innside visuelt inspisert for å se hvor mye rester som eventuelt ble igjen. Det ble også gjort visuell inspeksjon av innholdet i våtstøvsugeren for å se på innholdet som ble sugd ut.

### 3.5.2 Resultat (IV)

#### Resultat for punkt 1: «Test av alle fire designede former»

Konstruksjonen av prototype A med rett rør og 45° vinkel kan sees i figur 17. Prototype B kan sees i figur 18 hvor bendene skimmeren består av er 30° bend. Prototype C som vist i figur 19 er svært lik prototype A men med et rett rør og 30° bend. Den siste prototypen, D, er vist i figur 20 og består av to rette rør formet som en likebeint trekant med 90° vinkel i «toppen».

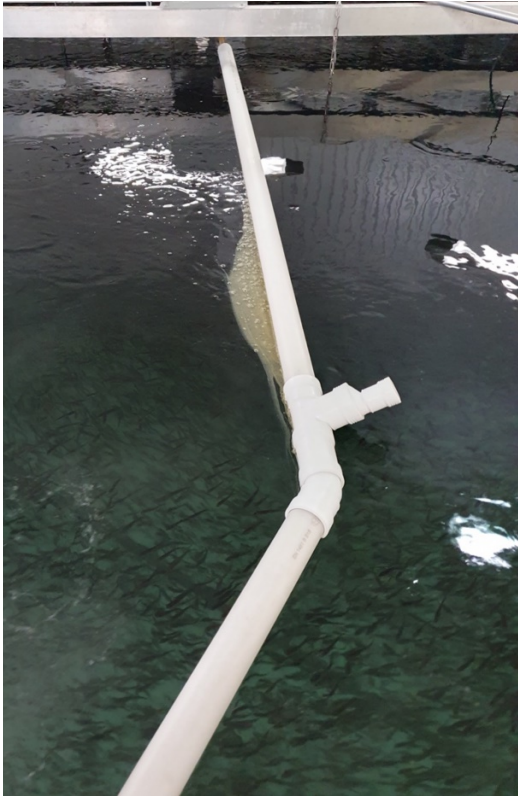
Alle prototypers flyteevne var gode, og alle samlet opp organisk materiale. Det ble observert at oppsamlingen av organisk materiale hovedsakelig ikke skjedde langs kanten av karet, men ved omtrent 2/3 av karetets radius med origo som nullpunkt. Dette diskuteres nærmere i kapittel 4. Prototype B sin evne til å samle opp organisk materiale var noe mer svekket enn de andre ved at noe av det organiske materialet ble ført inn mot origo av karet og «unnslett» skimmeren. Resterende prototyper hadde ingen negative bemerkninger vedrørende oppsamling av organisk materiale. Det ble observert at dødfisk unnslett samtlige former ved å bli presset under røret, men det ble ikke observert at dette skjedde med noe av skummet. Etter testing av alle prototyper ble det besluttet å gå videre med form A i arbeidet hvor slisser og hull skulle testes. Det ble også bestemt å gå videre med festemetode nummer to ved origo av karet samt bruk av tau ved karkant. Begge metodene holdt skimmeren stabilt i vannet og var enkle å håndtere ved inn- og utsett av protein skimmeren.



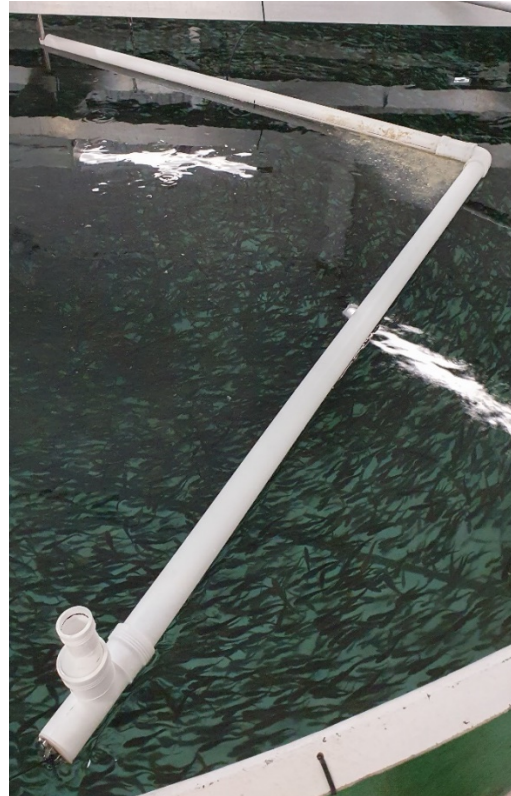
**Figur 17:** Prototype av form A. Bygd av rørdeler i polypropylen. En kan se organisk materiale samle seg opp inntil skimmeren. (Foto: Nicholas F. Ødegård)



**Figur 18:** Prototype av form B. Bygd av rørdeler i polypropylen. En kan også se opplegg for avsug installert der organisk materiale er samlet (Foto: Nicholas F. Ødegård)



**Figur 19:** Prototype av form C. Bygd av rørdeler i polypropylen. En kan også se opplegg for avsug installert der organisk materiale er samlet (Foto: Nicholas F. Ødegård)



**Figur 20:** Prototype av form D. Bygd av rørdeler i polypropylen. En kan også se opplegg for avsug installert i skimmeren nærmeste endepunkt. (Foto: Nicholas F. Ødegård)

## Resultat for punkt 2: «Test av avsug med slisser og hull på valgt form»

I figur 21 kan en se skimmeren liggende i testkaret hvor slissene som ble kuttet inn ligger over vannoverflaten. Merk at slissenes avstand til vannoverflaten i denne figuren enda ikke er justert. Det ble under første test med slisser og avsug erfart at våtsugeren hadde svært god sugeevne. Alt oppsamlet organisk materiale ved skimmeren ble sugd ut på rundt fem sekunder. Under testing kunne det ikke observeres at fisk ble sugd inn mot eller inn i skimmeren. Det ble observert at slissene trakk seg noe sammen ved bruk av våtsugeren, men det kunne ikke observeres at dette ga nevneverdig dårlig effekt. Det ble heller ikke observert sprekker eller andre strukturskader på røret som følge av dette.

Når gruppen testet skimmer med runde hull istedenfor slisser ble det observert at rørets struktur var sterkere og sugde seg ikke like mye sammen som ved bruk av slisser. I figur 22 kan en se hvordan



hullene er utformet på en rett linje på røret. Sugeevnen ble ansett å være like god som ved bruk av slisser.



**Figur 21:** Bildet viser skimmeren etter testing av slisser. Slissene er horisontale med en høyde på 2 mm og kan observeres på skimmeren rett over vannoverflaten. (Foto: Nicholas F. Ødegård)



**Figur 22:** Skimmer med hull på linje klar før testing. Hullene er 3 mm i diameter og er spredt utover en lengde på 60 cm. (Foto: Nicholas F. Ødegård)

I figur 23 vises en bildeserie klippet ut fra en video som ble tatt opp når avsugget ble startet og trakk det organiske materialet gjennom hullene. Første bilde i figuren er i det våtsugeren blir påskrudd og siste bilde når våtsugeren blir avskrudd etter omkring fem sekunder. Her kan en se at stort sett alt av organisk materiale hvor hullene befant seg ble sugd ut. På siste bilde kan det observeres at noe organisk materiale ligger igjen, hvilket er der hullene ikke befant seg. Det ble etter dette besluttet at runde hull skulle bli brukt for å suge ut det organiske materialet.



Start avsug: t = 0s



Pågående avsug: t = 2s



Avsluttet avsug: t = 5s

**Figur 23:** Bildeserie av test med avsug med runde hull. Første bilde er i det avsug skrus på. Neste bilde er etter 2 sekunder under operasjonen. Siste bilde er ved avsluttet avsug etter 5 sekunder. (Foto: Nicholas F. Ødegård)

## 3.6 Fase V - Utvikling sluttprodukt

### 3.6.1 Metode (V)

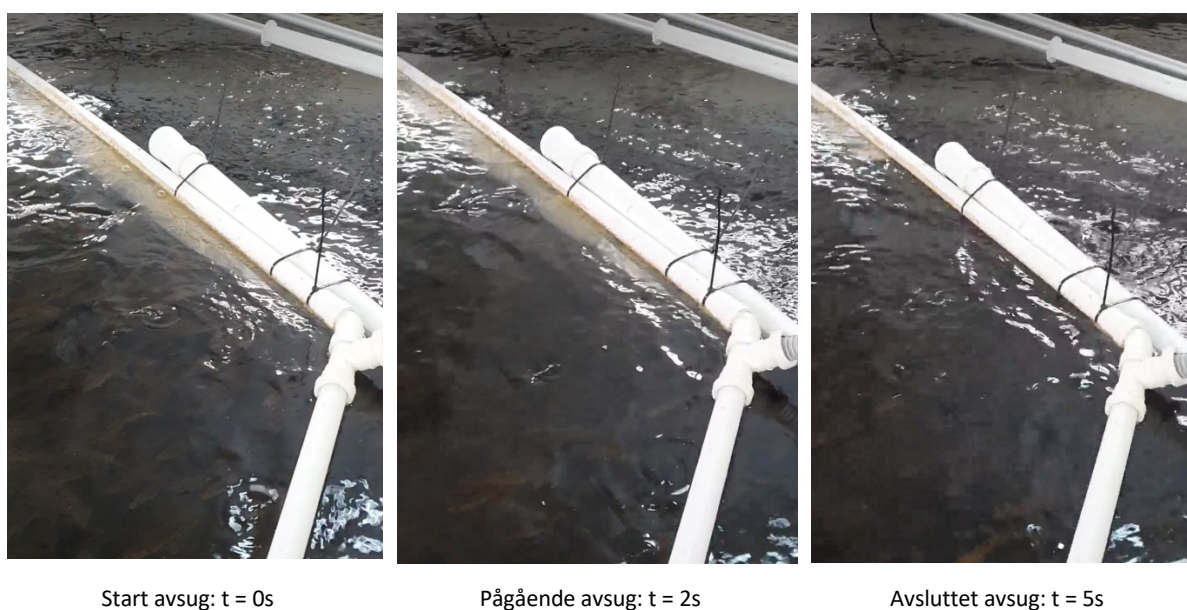
Gruppen bestemte seg for å gå ned til 32 millimeter i rørstørrelse for å skape større vakuumpress, men med samme lengdemål som i forrige fase. Det ble konstruert en pontong av 50 millimeter rør, lukket i begge ender, med lengde 600 millimeter. Denne ble stripset til skimmeren for å hjelpe konstruksjonen med å holde seg flytende og nivåmessig stabil i forhold til vannlinjen under forsøket. Metode og utvikling av prototype tok ellers utgangspunkt i kravspesifikasjon og skisser som kom frem fra fase (IV), kun dimensjon ble endret. Verkstedet til Ode Group på Stadsbygd ble også her tatt i bruk, og materialer ble fortsatt bestilt gjennom Ode. I tabell 2 i vedlegg A finnes en oversikt over de konstruksjonsmaterialer som har blitt brukt for bygging av endelig konstruksjon, og i tabell 3 i vedlegg B er det listet opp de verktøy som har blitt benyttet under konstruksjon. Det fysiske oppsettet under testing er som vist i figur 24.



**Figur 24:** Oppsett under testing. Våtsugeren er koblet til slange som i andre enden er koblet til skimmeren plassert i oppdrettskaret. (Foto: Nicholas F. Ødegård)

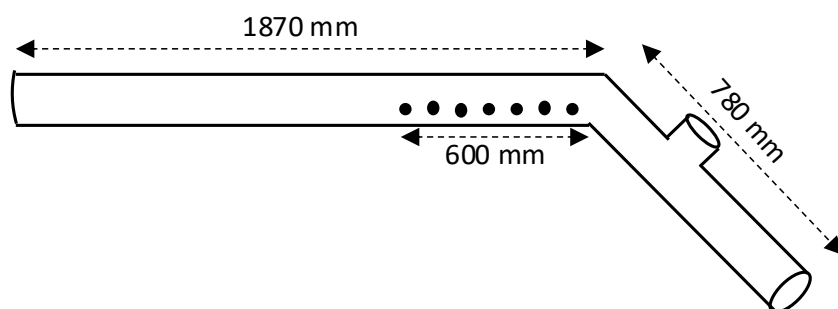
### 3.6.2 Resultat (V)

Det ble observert at det ble et større vakuum i røret med mindre rørdiameter og det aller meste av slamrester ble sugd ut av røret. Gruppen unngikk da problemet med at røret ble tyngre og presser hullene under vannlinjen slik at røret suger seg fullt av vann og konstruksjonen kolliderer. Det ble forsøkt utsugning to ganger i samme intervall med 15 minutters mellomrom og dette var vellykket. Gruppen bestemte da at den riktige dimensjonen for konstruksjonen vil være 32 millimeter når man bruker våtsuger for å opprette avsug. I figur 25 kan en se bildeserie utklippet fra video tatt av testseansen. Denne testen foregikk i et kar hvor det i produksjonszyklusen ble brukt fôr som i større grad synker enn ved tidligere tester, men resultatet var vellykket til tross for mindre organisk materiale å suge opp.



**Figur 25:** Bildeserie av test med avsug med runde hull samt pontong for bedre stabilitet. Første bilde er i det avsug skrues på. Neste bilde er etter 2 sekunder under operasjonen. Siste bilde er ved avsluttet avsug etter 5 sekunder. (Foto: Nicholas F. Ødegård)

De endelige konstruksjonsmålene gruppen resulterte i å bruke er som vist i figur 26. Tegningen er uten noen målestokk, men lengdemålene som er blitt brukt for avkapping av rør kan sees på tilhørende stiplede linjestykker. Det samme gjelder også lengden for utsugningsområdet.



**Figur 26:** Tegning av slik den endelige versjonens lengdemål ble tilkuttet. De stiplede linjestykkene viser til hvilket området lengdemålet tilhører. (Figur: Nicholas F. Ødegård)

Med dette endelige resultatet for prosjektet kunne gruppen gå tilbake til kravspesifikasjon som ble lagd i fase II for å krysse av på de punkter som har blitt vellykkede og ikke. Listen med tilhørende avkryssninger kan finnes på neste side. Her kan en se at alle unntatt ett krav er oppfylt. Videre drøfting omkring dette kan en finne i kapittel 4.5.

Konstruksjonen skal ...

- |  |   |   |   |
|--|---|---|---|
| • Følge krav som følger av relevant lovverk  | ✓ | • Om mulig ha automatisk og syklisk utsugning                                       | X |
| • Konstrueres i plasttypen polypropylen  | ✓ | • Sikre at konstruksjonens styrke tåler kraften fra utsugning av organisk materiale | ✓ |
| • Dekke tilnærmet hele radiusen til karet  | ✓ | • Kunne flyte også ved større ansamlinger av proteinskum                            | ✓ |
| • Ha muligheten til å suge opp proteinskummet som ansamler seg ved skimmeren   | ✓ | • I så liten grad som mulig kunne suge ut levende fisk                              | ✓ |
| • Ha en form og funksjon som sikrer at så lite organisk materiale som mulig slipper unna enten på sidene eller ved å bli presset under skimmeren | ✓ | • Ha muligheten til å kunne kontrollere antall dødfisk som er sugd ut               | ✓ |
| • Ha tynne horisontale slisser, eller hull, rett over vannoverflaten som skummet bruker for å trenge inn i røret                                 | ✓ | • Være enkel å håndtere for driftsteknikere både ved montering og rengjøring        | ✓ |

## 4 Diskusjon

### 4.1 Generelt om hele utviklingsfasen

Det har vært viktig for gruppen å sette seg inn i et bredt omfang av temaer for denne oppgaven slik at et større bilde og et høyere kunnskapsnivå var mulig å danne seg for oppgaven som skulle løses. Torskeoppdrett i Norge har vært en næring svært lenge, men en næring som har møtt på mange «skjær i sjøen». Dette har ført til at det fortsatt prøves ut svært mange nye løsninger, og næringen holder fortsatt på å snevre seg mer og mer inn mot de løsningene som fungerer for at fisken skal kunne ha det så helsemessig optimalt som mulig, samtidig som at det skal kunne være en lønnsom næring. Bedrifter innen oppdrett av torsk har i dag tatt i bruk svært mye teknologi utviklet for lakseoppdrett. En overvekt av disse løsningene er noe som også fungerer for torsken, men med torskens forskjell fra atlantisk laks i fysiologi, anatomi og oppførsel vil det fortsatt være behov for nye løsninger for å sørge for at så god fiskevelferd som mulig blir ivaretatt. Dette er derfor gruppen fikk oppgaven hos Ode Group, i et forsøk på å hjelpe bedriften med å utvikle nye løsninger i en ellers hektisk arbeidshverdag og høyt produksjonstempo.

Når gruppen satt seg ned for å se på lignende tekniske løsninger av flytende protein skimmer slik gruppen i denne oppgaven har konstruert, var det lite å finne av litteratur, både fysisk og digitalt. Dette gjorde at gruppen måtte prøve seg mye frem for å finne de mest effektive løsningene. I ettertid ser gruppen at det kunne vært høyst aktuelt å gjennomføre ringerunder til aktuelle landbaserte oppdrettsanlegg rundt om i landet som kan ha brukt eller bruker lignende løsninger, men dette ble altså ikke gjennomført. Flere av kildene brukt i denne rapporten kan også anses å være noe gamle, men det er i disse tilfellene tatt en avveining på at det ikke har skjedd mye nytt på feltet, som for eksempel torskens fysiologi og livsløp, og at det med dette gikk bra å benytte seg av kildene til oppgaven.

Som nevnt tidligere har det vært viktig for gruppen å sette seg godt inn i både det teknologiske og biologiske. Det å kunne sette seg nøye inn i hvordan torsken har det fra den klekkes eller settes inn i settefiskanlegget til den skal ut igjen har bidratt til at gruppen har tatt flere avgjørelser som anses som viktige for oppgaven. I starten av oppgavens arbeid ble det først bestemt at utvikling og testing skulle gjøres i forbindelse med larveavdelingen på settefiskanlegget til Ode Group. Ved å ha blitt nærmere kjent med torskelarvenes størrelse, oppførsel og sensitivitet i tidlig larvefase ble det til slutt besluttet, i enighet med driftsleder, at utvikling og testing heller skulle gjøres på anleggets

yngeavdeling. Her er fisken større, tåler mer, og størrelsen på fôrpelletsen som brukes er noe større. Spesielt baktanken om størrelsen på fisken og størrelsen på fôret ble i senere tid avgjort som en svært viktig avgjørelse for oppgavens resultat.

Det var under hele utviklingsperioden viktig at gruppen gikk stegvis frem under testing, og kun endret én og én parameter for hver testing slik at eventuelle feil eller uønskede hendelser kunne reverseres ved å gå tilbake til et punkt i utviklingen hvor alt fungerte som det skulle. Dette viste seg å være en god metode, spesielt ved at valg av form og funksjon for utsugning ble to egne testfaser. Ved å ha lagd en kravspesifikasjon under prosessen, gjorde dette at det ble enklere for gruppen å kunne holde seg til spesifikke krav, ønsker og mål for produktet, uten å spore av mot andre ting som ikke nødvendigvis var like essensielt for konstruksjonen.

Syklisk, automatisk utsugning som nevnt i kravspesifikasjonen ble etterhvert ansett for å være en arbeidsoppgave som ville kreve høyere ressursbruk enn hva gruppen hadde disponibelt for å kunne finne riktig form og metode for resultatet som er presentert i denne oppgaven. Gruppen ser på den annen side ikke dette punktet som uløselig, og er noe gruppen selv til slutt ville kunne greid å gjennomføre med besittelse av riktige komponenter. Dette vil også kort beskrives nærmere i kapittel 6 om videre arbeid.

## 4.2 Prototypetesting

Under testing av prototype A var første bemerkning at skummet i oppdrettskaret ikke var konsentrert så nærme karkanten som gruppen opprinnelig trodde det skulle være. Om en deler opp karets radius i fem deler med start i origo, samlet det mest av skummet seg opp ved tredje og fjerde femtedel av radiusen. Dette tok gruppen som en indikasjon på at skimmeren Ode i dag bruker kanskje er plassert noe feil i karet med tanke på å kunne samle opp så effektivt som mulig. Grunnen bak observasjonen som ble gjort var vanskelig å fastslå, men den sterkeste antakelsen fant gruppen i strømmen som skapes av inntaksvannet. Denne strømmen peker noe inn mot midten og fører til mer turbulent strømming lenger inn mot midten enn ved kanten av karet. Trolig vil dette gjøre at mer organisk materiale samles opp av virvelstrømmene som dannes og sinker transporthastigheten av det organiske materialet.

I forkant av fysisk testing av alle fire uttenkte former var det antatt at enten B eller D var de som skulle fungere best til å holde på organisk materiale. Dette fordi de har en form som ser ut til å skulle kunne greie å «holde» på mer organisk materiale. Dette viste overraskende å ikke være tilfellet.

Gruppen greide ikke helt å fastslå grunnen til at dette var tilfellet, men antar at A og C sin form ble mer påvirket av vannstrømmen i karet, og med dette førte det organiske materialet mer ut mot siden. Det skal legges til at det også ble sett positive sider ved at deler av det organiske materialet fikk muligheten til å «slippe unna» skimmeren. Dette fordi det ble antatt at det oppsamlede skummet har en høyere bestanddel av fôr som enda ikke har blitt spist, og at dette får sjansen til å gå en ny runde i karet før det eventuelt blir fanget opp på nytt. Alt i alt ble det besluttet at det var bedre å ha muligheten til å fange opp alt slik at avføring, ufordøyd fôr og annet organisk materiale på best mulig måte kunne transporteres ut av karet. Fiskens velferd og målet om minst mulig dødelighet telte til slutt høyere enn de eventuelle ekstrakostnadene ved å måtte bruke noe ekstra fôr.

Én av de største utfordringene gruppen kunne se under testing av den flytende protein skimmeren omhandlet også fôr og noe av samme tematikk som beskrevet i forrige avsnitt. Mye av fôret som ble liggende i overflaten fikk ikke sjansen til å bli spist av fisken. Mye av fôret som kom fra spesielt fôringsautomaten *fôr* skimmeren, traff først vannoverflaten, ble bløtt, tungt og ville deretter synke lenger ned i vannsøylen. Det var derimot ikke alt fôr dette skjedde med, og det kunne observeres at enkelte fôrpartikler så vidt fikk tatt en kvart runde i karet før det ble fanget opp av protein skimmeren. Prototype D, formet som en likebeint trekant, ville kunne ha løst dette problemet delvis ved at fôret fikk lenger transporttid i karet, men utfordringen ved at fôret ble presset inn mot midten av karet gjorde at gruppen valgte å ikke gå videre med denne løsningen.

Det ble også observert at enkelte fisk fortsatt spiste fra overflaten til tross for at mye av fôrintaket til vanlig skjer dypere i vannsøylen. For å forhindre at uberørt fôr skulle bli fanget opp tidlig av skimmeren ble det testet ut flere forskjellige mulige plasseringer av skimmeren i karet. Dette var dessverre et vanskelig aspekt å løse på en god måte fordi det er svært trangt i hallen der oppdrettskarene er plassert, og det ble til slutt besluttet at plasseringen måtte bli der også den opprinnelige skimmeren var plassert. Om skimmeren skulle blitt plassert på en av de mer trangere posisjonene i hallen ville dette også til slutt kunne bli en byrde mer enn lettelse for de ansatte på anlegget som skal drifte og vedlikeholde skimmeren. Gruppen så det dermed til slutt som en mulighet for at det over tid kan observeres at fôrfaktoren per produsert fisk kan gå opp fordi mer fôr fanges opp uten å bli spist, men dette er kun antakelser. Det skal også påpekes at fôr er én av de høyeste kostnadene ved oppdrett av fisk, så dette vil være et viktig punkt for å over tid kunne fastslå om den flytende skimmeren kan konkluderes som en suksess.

### 4.3 Metoder for måling av resultat

Det ble svært tidlig i prosjektets oppstartsfas diskutert flere metoder en kunne bruke for å måle resultatet av det som har blitt utviklet i prosjektet. Metoder gruppen hadde inne til vurdering var bakteriemålinger, partikkeltelling og bruk av undervannskamera. Det gruppen til slutt endte med var observasjon av konstruksjonens virkemåte og oppførsel i oppdrettskaret i kombinasjon med samtaler med ansatte på anlegget for å fastslå suksessgraden til den nye skimmeren. Det ble også laget en kravspesifikasjon som kunne brukes for å krysse av de funksjonskrav en hadde satt seg ved prosjektets start. Grunnen til at det var dette som ble valgt er fordi gruppen halvveis inn i prosjektet innså at spesielt bakteriemålinger og partikkeltelling var noe som kom til å trenge en lenger tidsperiode enn hva prosjektets varighet var. Skulle dette blitt brukt måtte målinger ha blitt tatt i en periode med den gamle overflateskimmeren, og deretter i en like lang periode med den nye overflateskimmeren i samme miljøparametre som den gamle. Grunnet den lange tiden og ressursbruken det tok å utvikle skimmeren steg for steg ble dette altså dessverre ikke gjort. Det ville uansett vært høyst interessant for oppgaven å faktisk gjennomføre begge disse målingene for å se om bruken av skimmeren over tid ville ha noen utbedrende effekt på partikkel- og bakterieforekomst.

Baktanken med å bruke undervannskamera som målemetode for å finne resultater var å kunne se på hvordan partiklene gikk inn i skimmeren, og samtidig se på fiskens oppførsel og hvordan vannstrømmen under røret så ut. Her ble det igjen innsett av gruppen at arbeidsomfanget måtte holdes til å kunne få nok tid til å finne de riktige løsningene for at skimmeren skulle operere som ønsket. Det ble med dette som tidligere nevnt observasjon og samtaler med ansatte som til slutt utgjorde resultatenes holdepunkt for dette prosjektet. Gruppen er tilfredsstillt med disse to metodene, og at dette var nok til å kunne svare på gruppens hovedmål satt for prosjektet.

En siste målemetode som kunne blitt utført i dette prosjektet var å analysere skummet som blir fanget opp og sugd ut av oppdrettskaret. Med dette kunne en sett på hva det organiske materialet består av og om det eventuelt kunne blitt utført tiltak for å minske dette. Dette er et punkt som også vil komme frem i kapittel 6 om videre arbeid.

### 4.4 Arbeidsomfang

Gjennom prosjektperiodens tidsspenn og oppgavens utvikling innså gruppen hvor tidkrevende en utviklingsprosess av et nytt, velfungerende produkt kan være til tross for at det «kun» består av enkle rørdeler som skal settes sammen til å samle opp og suge ut skum fra et landbasert



oppdrettskar. Totalt ble det tolv turer ut til Ode sitt anlegg på Stadsbygd. Idémyldring, design, konstruksjon, testing og det å måtte vri om hodet for å finne på nye og bedre løsninger når det opprinnelige ikke fungerte som planlagt tok absolutt lenger tid enn det som var antatt. Det var spesielt utsagningsmetoden som tok tid i denne oppgaven, hvor det å finjustere hullene mot vannoverflaten var en prosess som tok lang tid og flere forsøk å finne ut av. Til tross for dette føler gruppen at arbeidet har blitt effektivt utført i samspill med de svært hektiske produksjonsplaner og -operasjoner Ode har på sitt anlegg for å sikre at torskens miljø og riktige livsløp blir ivaretatt. Gruppen så det dermed som svært fornuftig å ha begrenset oppgaven til å handle om å finne riktig form og riktig metode for å suge ut det organiske materialet fra oppdrettskaret. Et større arbeidsomfang med flere mål enn de som ble satt ville etter all sannsynlighet vært vanskelig å gjennomføre for å til slutt kunne ende opp med et resultat som tilfredsstillende de krav og kvaliteter gruppen, lovgivning, NTNU og Ode forventer.

#### 4.5 Sluttresultatet

Under utvikling og konstruksjon har det vært viktig gjennom hele prosessen å ha kjennskap til de lover og regler som er gjeldende innen fiskeoppdrett og landbasert oppdrett. En av de store grunnene til å utvikle en ny og bedre protein skimmer vil være fulgt av dyrevelferdsloven som setter krav til at alle dyr skal behandles på så god måte som mulig og ha tilfredsstillende livsvilkår. Ved å utvikle en bedre skimmer finnes antakelsen fra gruppen om at miljøet i karet vil bli bedre og at det dermed også bedrer fiskens livsvilkår under oppdrett slik akvakulturdriftsforskriften krever. Det har videre under arbeidet vært viktig å velge materialer som ikke er skadelig for fisken samtidig som at utstyret vi utviklet ikke har skarpe kanter som kan være skadelig for fisken slik som beskrevet i akvakulturdriftsforskriften. Materialet vi endte på ble med dette polyetylen som er et materiale næringen i dag har en utstrakt bruk av, og som det ikke er funnet dokumentasjon på at avgir helseskadelige stoffer for fisken slik som for eksempel kobber. Rør og rørdeler i polypropylen er også svært billig, og gjør at konstruksjonen kan bygges for kun noen få hundre kroner ekskludert våtsugeren. Når det kommer til NS9416:2013 sitt fokus på å forhindre rømming av fisk kan ikke gruppen finne grunner til at sluttproduktet vil kunne utgjøre en risiko for at rømming skal finne sted. Det finnes ingen betydelige farer som utsetter oppdrettskarene for laster det ikke tåler. På ett tidspunkt under arbeidet ble det diskutert å bore hull i oppdrettskaret til utsug av organisk materiale som en løsning, men det ble vurdert at dette ville skape en konflikt med NS9416 sine krav om

godkjenning fra produsent om å foreta endringer på karetets struktur. Med dette fant til slutt gruppen en løsning som unnlot at dette skulle bli et problem.

Med konstruksjonen og dens funksjoner som fremstilt i denne oppgaven, vil det hjelpe karmiljøet og samtidig lette de ansattes arbeidshverdag. For karmiljøet vil det være viktig å fjerne det unødvendige organiske materialet som ligger i vannoverflaten. Den flytende protein skimmeren som ble utviklet i oppgaven vil holde konkurransen om næring blant mikroorganismene i karet høyt ved å gjøre det vanskeligere å spise og feste seg på organisk materiale. Som det kommer frem av litteratursøket vil det å øke konkurransen hindre at patogener kan utvikle seg i tilstrekkelig grad til å svekke fisken og dens immunforsvar. Det ble også sett under forsøk at vannoverflaten på baksiden av skimmeren var langt klarere, og det var lettere å se nedover i vannsøylen. I et optimalt forsøk hvor et lengre tidsrom hadde vært tilgjengelig ville gruppen håpt på å kunne se et renere karmiljø og klarere vann.

Konstruksjonen som gruppen til slutt endte med som resultat viste seg å ikke inneha faren for å kunne suge ut levende fisk gjennom å bruke hull som er så små at det fysisk ikke er mulig. Dette gjorde at gruppen ikke trengte å tenke på en rist som måtte settes ned i våtsugeren for å ha kontroll på eventuell biomasse som ble med i sugeprosessen. Det er også antatt at valg av runde hull istedenfor tynne slisser gir bedre strukturstabilitet i skimmeren, og at sjansen for sprekker eller andre skader ikke er til stede. Ved bruk av runde hull er det også svært enkelt å kunne adaptere metoden til andre kar med mindre fisk på Ode sitt anlegg på Stadsbygd slik at ikke fisk blir sugd inn, men organisk materiale blir fjernet. Konstruksjonen er også modulær slik at kun én enkelt del, røret med hull, kan byttes ut slik at skimmeren kan passe gjennom hele fiskens vekst fra larve til ferdig utviklet settefisk. Ett viktig punkt gruppen kan finne som problem er at små hull i kombinasjon med svært liten fisk kan føre til at fisken suges mot røret, men ikke nødvendigvis inn. Dette vil påføre unødvendig stress på fisken, og skal etter lovgivning unngås. Det vil derfor være viktig ved vurdering av skimmerens bruk for mindre fisk, å finne en nedre størrelsesgrense på fisken hvor den har god nok svømmekapasitet, eller at sugeeffekten reduseres, for å forhindre stress.

Sluttkonstruksjonen anses å være noe som driftsteknikerne på Ode sitt anlegg kunne kortet ned tidsbruken med. Som tidligere nevnt i oppgaven er tidsbruken på å røkte ett kar anslagsvis rundt 15 minutter, og gjennomføres omtrent 6-10 ganger i døgnet. Med åtte kar på avdelingen hvor konstruksjonen ble testet, åtte røktinger per døgn, vil det med et enkelt regnestykke kunne kalkuleres at det brukes totalt 16 timer per døgn for å røkte karene. Det skal legges til at dette vil være et maksimumstilfelle som ikke inntreffer så ofte ettersom at de respektive oppdrettskarene kan ha fisk i forskjellige utviklingsstadier. Regner en på røktetid for skimmeren gruppen har

konstruert med et overslag på 6 minutter per røkting per kar (inkluderer utsugning og rengjøring av skimmer) med samme antall ganger per dag som dagens skimmer, vil dette utgjøre i underkant av 6,5 time, hvilket er omtrent 60% mindre tid brukt enn dagens protein skimmer. Et viktig aspekt med den nye skimmeren er at det antas den vil samle opp mer organisk materiale enn den gamle, og at med dette vil det kunne bli nødvendig å foreta røkting noe hyppigere enn tidligere. Det er også antatt at noe lenger tid må brukes på å daglig rengjøre skimmeren, men dette er heller ikke noe som vil ta betydelig lengre tid enn den opprinnelige ettersom at den er bygd i samme materiale, er lett å håndtere og organisk materiale lett kan bli spylt vekk.

## 5 Konklusjon

Prosjektet konkluderes som en suksess ved at alle resultatmål og effektmål anses som oppnådd. Gruppen har greid å konstruere en flytende protein skimmer som både dekker en større radius av oppdrettskaret og har muligheten til å gjøre røkteprosessen enklere ved å suge ut det oppsamlede organiske materialet i en svært hurtig prosess. Med dette er det vist at konseptet som ble utviklet i starten er mulig å gjennomføre i praksis.

Det kunne ikke konkluderes med biologiske målinger om partikkelforekomst og bakterienivåer sank som følge av bruk ved ny skimmer, men det finnes en sterk antakelse om at begge disse parameterne vil synke over lengre tids bruk.

Ved utsugning av organisk materiale ble det vist at det ikke finnes fare for at fisk kan suges ut av skimmeren. Det må derimot settes en nedre størrelsesgrense på yngel for bruk av skimmeren slik at fisken ikke suges mot røret uten å ha evnen til å kunne unnslippe og påføres unødvendig stress.

Det er vist at tidsbruk på røkting per ansatt ved bruk av den nye konstruksjonen kan senkes betydelig, og at total røktetid i døgnet er 60% lavere med den nye konstruksjonen.

Skimmeren er lett å rengjøre ved at den er bygget i rør og rørdeler av materialet polypropylen. Med de materialeegenskaper polypropylen innehar vil den være lett å håndtere. Det finnes også svært få dødsoner og steder i den nye protein skimmeren hvor det kan samle seg opp organisk materiale som over tid vil skape grobunn for økt bakterievekst.

## 6 Videre arbeid

Gruppen har flere idéer om hvordan den utviklede protein skimmeren kan forbedres. Det finnes også flere forsøk en med fordel kan utføre for å på en bedre vitenskapelig måte kunne fastslå effekten av skimmeren.

Konstruksjonsmessig kan pontongen som til slutt ble festet til skimmeren justeres mer nøyaktig og bli festet på en bedre måte. Videre er det antatt at det kan være en god idé å sette på en del som stopper det organiske materialet fra å kunne unnslippe ut mot origo av karet. Det ville også vært aktuelt å se på en metode for å fange opp dødfisk som unnslipper under skimmeren.

Når alt dette er på plass ville det vært naturlig å få til en syklisk, automatisk fjerning av det organiske materialet istedenfor at en sugefunksjon skrur manuelt av og på. Dette kan enkelt gjennomføres med en mikrokontroller som programmeres i kombinasjon med en pumpe. Her ville det vært svært viktig å velge komponenter som tåler sjøvann, og innkapsle elektroniske komponenter for å forhindre at fukt trenger inn.

Det er høyst aktuelt å kunne gjennomføre målinger over tid av spesielt bakterie- og partikkelforekomst ved bruk av gammel og nyutviklet skimmer. Med dette ville det vært svært mye enklere å konkludere kort- og langtidseffekt av begge skimmere.

Å analysere skummet som samles opp av protein skimmeren er aktuelt for denne oppgaven, og eventuelt en annen parallell oppgave, for å se på skummets bestanddeler og om Ode på sitt anlegg eventuelt også kan gjøre andre tiltak enn å kun installere en ny protein skimmer. En antakelse fra gruppen er at det kan gjøres forbedringer på fôringsautomatene som gjør at mindre fôr flyter på vannoverflaten og at det vil bli mindre organisk materiale å samle opp.

## 7 Referanseliste

Akvakulturdriftsforskriften, 2008. *Forskrift om drift av akvakulturanlegg*. [Internett]

Available at: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2008-06-17-822>

[Funnet 12 mars 2023].

Akvakulturloven, 2006. *Lov om akvakultur*. [Internett]

Available at: <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2005-06-17-79>

[Funnet 12 mars 2023].

Attramadal, K. J. K., 2011. *Water treatment as an approach to increase microbial control in the culture of cold water marine larvae*, Trondheim: NTNU.

Björnsson, B., Litvak, M., Trippel, E. A. & Suquet, M., 2010. The Codfishes (Family: Gadidae). I: *Finfish Aquaculture Diversification*. s.l.:CABI, pp. 290-322.

Bjørn, P. A. et al., 2022. Effekter av torskeoppdrett i åpne merder på ville torskebestander. *Rapport fra havforskningen 2022 - kunnskapsstatus*, 4 mai, Issue 13, pp. 314-358.

Brønnøysundregistrene, 2023. *Kunngjøringer*. [Internett]

Available at:

[https://w2.brreg.no/kunngjoring/hent\\_en.jsp?kid=20230000066717&sokeverdi=925795488](https://w2.brreg.no/kunngjoring/hent_en.jsp?kid=20230000066717&sokeverdi=925795488)

[Funnet 13 mars 2023].

Davey, M. E. & O'toole, G. A., 2000. Microbial Biofilms: from Ecology to Molecular Genetics. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 1 desember, 64(4), pp. 847-867.

Døving, K. & Reimers, E., 1992. *Fiskens fysiologi*. 1 red. Stavanger: John Grieg Forlag AS.

Dyrevelferdsloven, 2010. *Lov om dyrevelferd*. [Internett]

Available at: <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2009-06-19-97>

[Funnet 12 mars 2023].

Finn, R. N., Rønnestad, I., van der Meeren, T. & Fyhn, H. J., 2002. Fuel and metabolic scaling during the early life stages of Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Marine Ecology Progress Series*, 13 november, pp. 217-234.

Fiskeridirektoratet, 2022. *Akvakulturstatistikk: andre fiskearter*. [Internett]

Available at: [https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tall-og-analyse/Akvakulturstatistikk-tidsserier/Andre-fiskearter/\\_attachment/download/f4660198-64d4-4fd4-b0a0-d40f10e0f52d:18263fff46b0cdf3d6c21f4063e5383eaf43c4cf/sta-andr-05-salg.xlsx](https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tall-og-analyse/Akvakulturstatistikk-tidsserier/Andre-fiskearter/_attachment/download/f4660198-64d4-4fd4-b0a0-d40f10e0f52d:18263fff46b0cdf3d6c21f4063e5383eaf43c4cf/sta-andr-05-salg.xlsx)

[Funnet 18 februar 2023].

Fiskeridirektoratet, 2023. *Akvakulturregisteret*. [Internett]

Available at:

<https://sikker.fiskeridir.no/akvakulturregisteret/web/legalEntities/E6B39AD4DD1F330E7B97A64E39F8F482#fane=Lokaliteter>

[Funnet 13 mars 2023].

Fjellheim, A. J., 2006. *Selection and administration of probiotic bacteria to marine fish larvae*, Trondheim: Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet.

Fjellheim, A. J., Hess-Erga, O.-K., Attramadal, K. & Vadstein, O., 2016. *Resirkulering av vann i settefiskproduksjon*. 2 red. s.l.:NIVA, SINTEF, Scottish Sea Farms, NTNU, Marine Harvest.

Forskrift om teknisk standard for landbaserte akvakulturanlegg for fisk , 2018. *Forskrift om krav til teknisk standard for landbaserte akvakulturanlegg for fisk*. [Internett]  
Available at: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2017-06-19-941>  
[Funnet 12 mars 2023].

Fosna-Folket, 2020. *Her skal de skape verdens største anlegg i sitt slag*. [Internett]  
Available at: <https://www.fosna-folket.no/nyheter/i/049jvG/her-skal-de-skape-verdens-storste-anlegg-i-sitt-slag>  
[Funnet 13 mars 2023].

Grefsrud, E. S. et al., 2021. *Risikorapport norsk fiskeoppdrett 2021 - kunnskapsstatus*, s.l.: Havforskningsinstituttet.

Havforskningsinstituttet, 2021. *Tema: Torskeoppdrett*. [Internett]  
Available at: <https://www.hi.no/hi/temasider/akvakultur/torskeoppdrett>  
[Funnet 18 februar 2023].

Holm, J. C., Svåsand, T. & Wennevik, V., 1990. *Håndbok i torskeoppdrett - Stamfiskhold og yngelproduksjon*. Bergen: Havforskningsinstituttet, senter for havbruk.

Husø, Ø., 2000. *Tekniske Materialer*. 1. utgave red. Oslo: Gyldendal Norsk Forlag AS.

INC Gruppen, 2016. *Havlandet torsk*. [Internett]  
Available at: <https://www.incgruppen.no/torsk/>  
[Funnet 3 mars 2023].

Indre Fosen Satser, 2022. *Gadus på Stadsbygda: – Torsken kommer nå!*. [Internett]  
Available at: <https://www.visatser.no/gadus-pa-stadsbygda-torsken-kommer-na/>  
[Funnet 13 mars 2023].

Kjørsvik, E., Pittman, K. & Pavlov, D., 2004. From fertilization to the end of metamorphosis - Functional development. I: E. Moksness, E. Kjørsvik & Y. Olsen, red. *Culture of cold-water marine fish*. Oxford: Blackwell Publishing Ltd, pp. 204-278.

Lekang, O.-I., 2020. *Aquaculture Engineering*. 2 red. s.l.:Wiley Blackwell.

Lekang, O.-I. & Fjæra, S. O., 1997. *Teknologi for akvakultur*. 1. utgave red. Oslo: Landbruksforlaget.

Nofima, 2022. *Torskeavlsprogrammet*. [Internett]  
Available at: <https://nofima.no/prosjekt/torskeavlsprogrammet/>  
[Funnet 18 februar 2023].

NRK Trøndelag, 2003. *Klart for torskeyngel*. [Internett]  
Available at: <https://www.nrk.no/trondelag/klart-for-torskeyngel-1.128144>  
[Funnet 13 mars 2023].

Ode Group AS, 2023. *About Us*. [Internett]  
Available at: <https://www.ode.no/about-us>  
[Funnet 13 mars 2023].

Olsen, Y., 2004. Live Food Technology of Cold-Water Marine Fish Larvae. I: E. Moksness, E. Kjørsvik & Y. Olsen, red. *Culture of Cold-Water Marine Fish*. Bath: Blackwell Publishing Ltd, pp. 73-128.

Puvanendran, V. et al., 2021. Development of cod farming in Norway: Past and current biological and market status and future prospects and directions. *Aquaculture*, 22 juli, pp. 308-342.

Salvesen, I., Reitan, K. I., Skjermo, J. & Øie, G., 2000. Microbial environments in marine larviculture: Impacts of algal growth rates on the bacterial load in six microalgae. *Aquaculture International*, juli, pp. 275-287.

Sømme, L. S., 2021. *Store norske leksikon*. [Internett]  
Available at: <https://snl.no/saltsj%C3%B8kreps>  
[Funnet 23 mars 2023].

Standard Norge, 2013. *NS 9416:2013 Landbaserte akvakulturanlegg for fisk — Krav til risikoanalyse, prosjektering, utførelse, drift, brukerhåndbok og produktdatablad*. [Internett]  
Available at:  
<https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=606800>  
[Funnet 12 mars 2023].

Store norske leksikon, 2021. *Heterotrofe organismer*. [Internett]  
Available at: [http://snl.no/heterotrofe\\_organismer](http://snl.no/heterotrofe_organismer)  
[Funnet 24 februar 2023].

Svåsand, T., 1998. Cod Enhancement Studies in Norway - Background and Results with Emphasis on Release in the Period 1983-1990. *Bulletin of Marine Science*, mars, pp. 313-324.

Tvenning, H., 1990. *Akvateknikk 1*. 1. utgave red. Oslo: Universitetsforlaget AS.

Vadstein, O., Mo, T. & Berg, Ø., 2004. Microbial interactions, prophylaxis and diseases. I: E. Moksness, E. Kjørsvik & Y. Olsen, red. *Culture of Cold-Water Marine Fish*. s.l.:Blackwell Publishing Ltd, pp. 28-72.

Vadstein, O. et al., 1993. A strategy to obtain microbial control during larval development of marine fish. I: *Fish Farming Technology*. Rotterdam: Balkema, pp. 69-75.

Vannes, J., 1991. *Plast*. 1. utgave red. Oslo: Yrkesopplæring i.s.

Øie, G. et al., 2011. *Rotatorier som levendefôr til torskeyngel*, Trondheim: SINTEF Fiskeri og havbruk AS.



## 8 Vedlegg

### Vedlegg A: Materiallister

**Tabell 1:** Liste over materialer brukt ved konstruksjon av protein skimmer i fase IV. Det er listet opp materialer, materialets dimensjoner og antall. Legg merke til at denne tabellen er en samlet tabell for alle fire former samt funksjon for avsug.

<b>Materiale</b>	<b>Dimensjoner</b>	<b>Antall [stk]</b>
Rør uten muffe, polypropylen	Ytre rørdiameter: 50 mm Lengde: 3 m Vekktykkelse: 1.8 mm	3
Bend 45°, polypropylen	Ytre rørdiameter: 50 mm	1
Bend 30°, polypropylen	Ytre rørdiameter: 50 mm	2
Bend 90°, polypropylen	Ytre rørdiameter: 50 mm	
Muffe med indre pakning, polypropylen	Ytre rørdiameter: 50 mm	1
Ters med pakning, polypropylen	For 50 mm rør	2
Grenrør 90°, polypropylen	Ytre rørdiameter: 50 mm	1
Overgang, polypropylen	50 mm til 32 mm	1
Nylontau	Diameter: 3 mm Lengde: 250 mm	1
Maskinskrue, syrefast	M4 x 20 mm	3
Mutter, syrefast	M4	3
Skive, syrefast	M4 x 8 mm	3
Bøyle, syrefast, 2 skruehull	M6	1
Fleksibel slange for avsug	Diameter: 40 mm Lengde: 1,5 meter	1

**Tabell 2:** Liste over materialer brukt ved konstruksjon av endelig konstruksjon i fase V. Det er listet opp materialer, materialets spesifikasjoner og antall/lengde.

<b>Materiale</b>	<b>Dimensjoner</b>	<b>Antall [stk]/ lengde [m]</b>
Rør uten muffe, polypropylen	Ytre rørdiameter: 32 mm Vekktykkelse: 1.8 mm	2,65 m
Bend 45°, polypropylen	Ytre rørdiameter: 32 mm	1 stk
Muffe med indre pakning, polypropylen	Ytre rørdiameter: 32 mm	2 stk
Ters med pakning, polypropylen	For 32 mm rør	2 stk
Grenrør 90°, polypropylen	Ytre rørdiameter: 32 mm	1 stk
Nylontau	Diameter: 3 mm Lengde: 450 mm	1 stk
Maskinskrue, syrefast	M6 x 20 mm	3 stk
Mutter, syrefast	M6	3 stk
Skive, syrefast	M6 x 8 mm	3 stk
Bøyle, syrefast, 2 skruehull	M6	1 stk
Fleksibel, armert slange	Ytre diameter: 32 mm	3 meter

## Vedlegg B: Verktøyliste

**Tabell 3:** Liste over verktøy brukt ved konstruksjon av alle versjoner av skimmeren. Det er listet opp type utstyr samt antall

<b>Utstyr</b>	<b>Antall</b>
Håndsag, fintannet	1
Elektrisk drill	1
Bor, 6 mm	1
Bor, 3mm	1
Skralle	1
Pipe til skralle, 9 mm	1
Fil, fin	1
Smøremiddel	1
Målebånd, 3 m	1
AquaClean - Desinfiserende såpe	1
Tidtaker (mobiltelefon)	1
Øse/spade	1
Bøtte	1
Dørslag	1
Våtstøvsuger – Nilfisk Aero 26	1
Sprittusj	1
Vinkelsliper med kappeskive 125 x 1,6 mm	1
Håndverkskniv	1
Skyvelære	1

