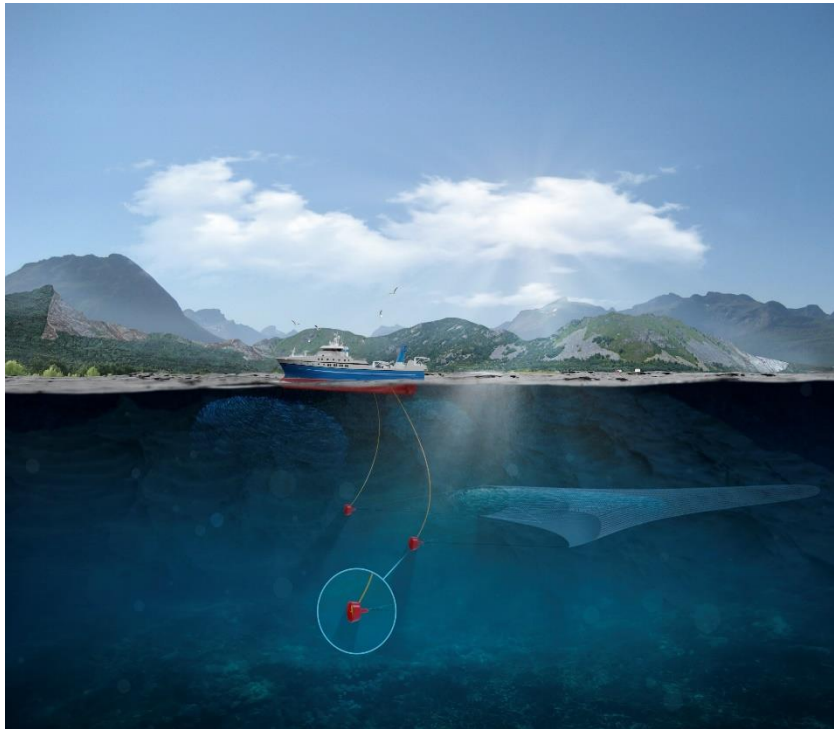


ECOTRAWL

ECO Friendly Trawling



Client		Project	
Internal		ECO Trawl development	
ECO Trawl			
Document Title			
FHF report			
Document Number			
P17-2-002			
No of Pages		Revision	
10		A5	

Revision History

Rev	Reason For Issue	Made By	Checked	Date	Approved
0	Draft	MBJ	ØF	10 Feb 2017	EZA
A2	First Issue	MBJ	ØF	25 May 2020	EZA
A3	First Issue	MBJ	ØF	3 June 2020	EZA
A4	Added signature	MBJ	ØF	26 June 2020	EZA
A5	Removed frontpage text	MBJ	ØF	1 Sept 2020	EZA

Mads Bjørnenak Kristiansand den 1 Sept 2020

Mads Bjørnenak

Table of Contents

1	SAMMENDRAG (SKAL SKRIVES BÅDE PÅ NORSK OG ENGELSK)	4
2	INNLEDNING	5
3	PROBLEMSTILLING OG FORMÅL	6
3.1	HOVEDMÅL	6
3.2	DELMÅL	6
3.3	FORVENTET EFFEKTMÅL	6
3.4	RESULTATMÅL	6
4	PROSJEKTGJENNOMFØRING	6
5	OPPNÅDDE RESULTATER, DISKUSJON OG KONKLUSJON	8
5.1	MASTEROPPGAVE NTNU MARINTEK 2018	9
5.2	ANALYSER UTFØRT AV CFD MARINE 2018-2020.....	12
5.3	RAPPORT NR 1 2018	12
5.3.1	<i>Analyse</i>	12
5.3.2	<i>Resultater</i>	12
5.4	RAPPORT NR 2 2020	13
5.4.1	<i>Analyse</i>	13
5.4.2	<i>Resultater</i>	14
5.5	MÅLOPPNÅELSE	15
5.6	SKALAMODELL.....	16
6	HOVEDFUNN	16
7	UTFORDRINGER	17
8	VIDERE ARBEID	17
9	LEVERANSER	17

1 Sammendrag (skal skrives både på norsk og engelsk)

ECO Trawl AS ble startet i juni 2016 og er basert på en idé om å automatisere tråling ved hjelp av offshore- og marinteknologi. Prosjektets mål var å utføre en forstudie av ECO Trawl-konseptet hvor det skal evalueres miljømessige, teknologiske og markedsmessige muligheter og begrensninger. Analysene viser at enheten er kontrollerbar og at det er potensiale for drivstoffeffektivisering på inntil 30%

Formålet med prosjektet var å undersøke om ECO Trawl konseptet var kontrollerbart stabilt og om det kunne redusere drivstofforbruket.

Det er utført strømningsanalyser av Thrusteren i ett CFD verktøy, det er utført optimalisering av propellergeometri, det er utført stabilitets og kontrollerbarhetsberegninger ved hjelp av manøverkoeffisienter

ECO Trawl thruster er egnet til bruk på pelagiske trålere over hele verden og kan gi mer presis tråling, lavere drivstofforbruk og lavere utslipp av klimagasser.

ECO Trawl thruster er kontrollerbar og stabil som frittstående enhet

ECO Trawl AS was started in June 2016 and is based on an idea to automate trawling using offshore and marine technology. The project's goal was to carry out a pre-study of the ECO Trawl concept where environmental, technological and market opportunities and limitations will be evaluated. The analyses show that the device is stable, controllable and that there is potential for fuel efficiency increase of up to 30%

The purpose of the project was to investigate whether the ECO Trawl concept was controllable stable and whether it could reduce fuel consumption.

Flow analysis of the Thruster in CFD tools has been performed, propeller geometry optimization has been performed, stability and controllability calculations have been performed using maneuver coefficients.

The ECO Trawl thruster is suitable for use on pelagic trawlers around the world and can provide more precise trawling, lower fuel consumption and lower greenhouse gas emissions.

The ECO trawl thruster is found to be controllable and stable as a separate vessel

2 Innledning

Bakgrunnen for prosjektet er at dagens tråling har noen utfordringer: Høyt drivstofforbruk, skader på havbunn, skader på trål, utfordringer med kontroll av trålens kurs og dybde, samt at trålerens trekraft bestemmer trålens størrelse og bifangst. Samtidig bruker trålerbransjen stadig mer teknologi og er mer åpen for automatisering.

ECO Trawl AS ble startet i juni 2016 og er basert på en idé om å automatisere tråling ved hjelp av offshore- og marinteknologi.

Idéen går ut på å plassere kraftige elektriske propellenheter (thruster) der hvor tråldørene er i dag på en trål. Propellenhetene erstatter trekraften fra trålerens propell og propellenhetene får elektrisk kraft fra en generator på tråleren. Propellenhetene kan styres i vannet med side- og dybderor. Et kontrollsystem på tråleren samler inn sensordata og styrer propellenhetene og dermed trålens kurs og dybde i vannet. En slik løsning vil kunne gi en langt mer miljøvennlig og effektiv tråling. Foreløpige konseptstudier viser at man på en gjennomsnittstråler kan øke fangstvolumet med inntil 30 %, spare en betydelig mengde drivstoff i tillegg til å redusere skader på havbunnen. Et slikt prosjekt kan ha et stort verdiskapingspotensiale nasjonalt og internasjonalt

Prosjektgruppe:

Mads Bjørnenak; daglig leder ECO Trawl AS, mads.bjornenak@ecotrawl.no
tlfnr: 91798316

Yngvar Salthaug; medeier av tråleren Sille Marie, yngsa@frisurf.no
tlfnr: 92822397

Einar Øyvind Jølle Frøyntland; Eier av reketråleren Jølle, froyntland@live.no
tlfnr: 41906000

Hans Jørgen Bjelke Mørch; daglig leder CFD Marine, hjm@cfmarine.com
tlfnr: 90510536

styringsgruppe

Roar Pedersen FHF (Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond), roar.pedersen@fhf.no
tlfnr: 480 77 688

Svein Løkkeborg, Fish Capture Division, Institute of Marine Research,
svein.loekkeborg@imr.no
tlfnr: 94137809

Sverre Steen, NTNU, sverre.steen@ntnu.no
tlfnr: 93406429

3 Problemstilling og formål

3.1 Hovedmål

Å utføre en forstudie av ECO Trawl-konseptet hvor det skal evalueres miljømessige, teknologiske og markedsmessige muligheter og begrensninger.

3.2 Delmål

- Å lage 3D-modeller av konseptet.
- Å utarbeide en spesifisering.
- Å lage en matematisk modell og strømningsanalyser for konseptet med vekt på statisk/dynamisk stabilitet og kontrollerbarhet.
- Å utarbeide ytelsessammenligning mellom ECO Trawl og et referansefartøy (tråleren Sille Marie) for et gitt trålfiske og kvantifisere betydningen av ECO Trawl for fangsteffektivitet.
- Å utføre kostnad-nytte-analyse sammenlignet med tradisjonell tråling.

3.3 Forventet effektmål

Bruk av ECO Trawl kan medføre:

- at man kan ha større trål enn tidligere, og kan fiske raskere og mer effektivt
- mindre drivstofforbruk
- mindre risiko for skader på trål
- at produktkvaliteten blir bedre fordi mer presis kjøring av trål i dybde og kurs gir raskere tråling og mindre bifangst
- bedre HMS (helse, miljø og sikkerhet) i og med at det ikke er direkte kraft fra trål til tråler. Det er slakke kabler fra pod til tråler og hvis tråleren setter seg fast er det tid til å reagere
- miljøeffekter som redusert drivstofforbruk, redusert bunnkontakt ved bunntråling, redusert bifangst, reduserte klimagassutslipp og reduserte havbunnskader

3.4 Resultatmål

- Resultatene fra prosjektet er at thrusterene er stabile og kontrollerbare
- Det er mulig å redusere effektbehovet under tråling med inntil 30%
- Det er utført markedsanalyser som viser en oversikt over verdens trålermarked

4 Prosjektgjennomføring

Prosjektet er utført som et verifikasjonsprosjekt for å verifisere thruster teknologien.

Det er utført CFD analyser hos eksterne firma og interne CFD analyser. Det er utført 1 masteroppgave ved NTNU og det har vært 1 prosjektoppgave med studenter fra UiA i Kristiansand.

Client internal
Project ECO trawl Thruster
Product ECO Trawl
Doc Name FHF rapport
Doc No P17-2-002

Page 7 of 17

Rev A5

ECO Trawl har satt ut CFD analyser til firmaet CFD Marine som har brukt programvaren Star CCM og MSC CFD

5 Oppnådde resultater, diskusjon og konklusjon

De oppnådde resultatene er at det er utarbeidet en markedsrapport som tar for seg markedet i Norge og Danmark i detalj, og en mer generell oversikt over verdensmarkedet. Det er identifisert 56 fartøy som kan være brukere av thrusterteknologien. Det er etablert et samarbeid med tråleren Sille Marie i Søgne.

Det er laget en rekke 3d modeller av thrusteren.

Det er utført 1 masteroppgave våren 2018 med Marintek ved NTNU

Det er utført strømningsanalyser hos CFD marine for å verifisere krefter og styrbarhet. Analysene viser at enheten er kontrollerbar og thrusterberegningene er verifisert.

Det er utført beregninger som viser hvor mye mer effektiv en slik propell kan være sammenlignet med andre propellere.

Det er utført beregninger som viser hvor mye mer effektiv et slikt system kan være sammenlignet med konvensjonell tråling.

5.1 Masteroppgave NTNU Marintek 2018

Det er utført en masteroppgave våren 2018 med Marintek ved NTNU.

“Feasibility Study of the Ecotrawl concept” av Vegard Arnetveit Liland

“The main objective is to make a preliminary design of the thruster and evaluate it’s performance and thereby investigate the feasibility of the EcoTrawl concept.

To reach the main objective, it is foreseen that a preliminary design must be made, and the following aspects of the design studied:

- *Propeller design, including choice of type of propeller*
- *Overall design, dimensions etc.*
- *Concept for power supply and control signals – by preliminary design of umbilical or by other means*

Then, the following performance features of the design should be evaluated as far as possible:

- *Propulsion and required power*
- *Stability*
- *Weight and buoyancy*
- *Manoeuvring”*

Beregningene viser at det er store besparelser bare på virkningsgrad. Dette kommer av designfriheten et slikt konsept gir. En thruster som ligger fritt i vannet trenger ikke ta hensyn til skrog interaksjon og er mindre utsatt for kavitasjon.

Table 3.4: Comparison of contra-rotating ducted propulsor (CRDP), contra-rotating propulsor (CRP), ducted single propeller (DP), and single propeller.

Type	Name	RPM	T [kN]	ΔT [%]	η_0	$\Delta\eta_0$ [%]
Single Propeller	P01	197.6	71.165	0	0.4107	0
DP	DP04	197.6	80.703	13.40	0.4561	11.05
CRP	CRP01	99.6	76.397	7.35	0.4523	10.13
CRDP	CRDP3014	99.6	85.218	19.75	0.5109	24.40

Figur 1 tabell fra masteroppgave

Resultatene viser at det er potensiale for å øke virkningsgraden med 24% for en dobbel kontraroterende propell i dyse sammenlignet med en god enkel propell uten dyse

Abstract

The objective of this thesis is a preliminary feasibility study of the ECO Trawl Concept, proposed by ECO Trawl AS. The concept aims at replacing the traditional trawl door solution commonly used in trawling, and instead use two submarine thrusters (ECO Trawlers), powered by a mother ship. This will increase the efficiency of trawling by both reducing the drag forces on the system and by increasing the maneuvering capabilities of the trawl. The ECO Trawl concept is referenced against traditional trawling vessel Sille Marie.

To determine the feasibility a design procedure is carried out, where two main categories are studied, propulsion and maneuvering. With regards to the first category a propulsion system using contra-rotating propellers and duct is presented as the best alternative for the concept. Then the two propellers operating in said propulsion system is designed using numerical propeller design program, AKPD, in close cooperation with numerical propeller analysis program, AKPA.

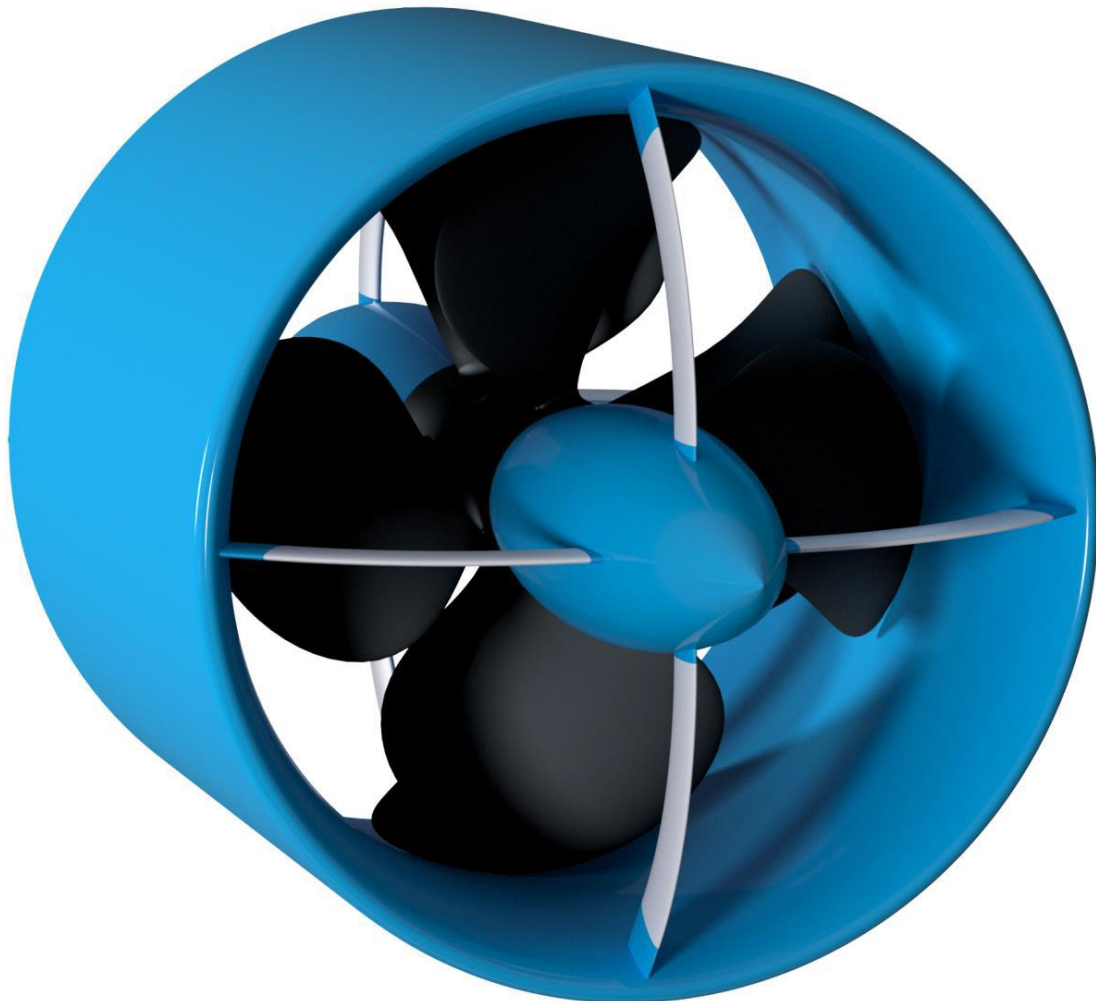
The final design is a propulsors producing a total of 85.22 kN of thrust using 343.4 kW of power; an efficiency of 0.511. The thrust is below the benchmark of the reference vehicle, but allows for the utilization of the more common 200 kW electrical motor. Due to the design program not being built to take ducts into account it's believed that even better performance can be achieved, and a proposal for further propeller design is included in the further work section.

Within the maneuvering part of the design process resources has been allocated to defining the forces that acts on the system with the ultimate goal of studying the static balance and stability of the ECO Trawler using a bridle control system to steer. The duct lift force is identified as a potential problem to the system stability, the lift force that occur when the ECO Trawler travels with oblique angle on inflow is established based on experimental work. The umbilical drag force is found numerically using the cross-flow drag equations, with adequate safety factors to account for possible vibrations. Design considerations regarding the umbilical diameter and shape is presented, but no conclusion is made.

The gravitational and buoyancy forces are determine to not be of importance at this point, and instead a requirement of 100 kg net positive buoyancy is made. The balance point was intended to be found using a code which altered a set of input variables connected to inflow angle and propeller thrust to make the forces and moments sum zero. However due to errors the balance point was not found in this thesis.

The system was however found to be unstable. The feasibility of the concept, with main focus on the hydrodynamics, relies heavily on finding a solution to the instability problem.*

**Merknad til sammendraget ble rapporten laget i 2018 og funnet at konseptet var ustabil, siden da ble enheten redesignet og en løsning ble funnet å være stabil.*



Figur 2 2,5 m thruster fra masteroppgave

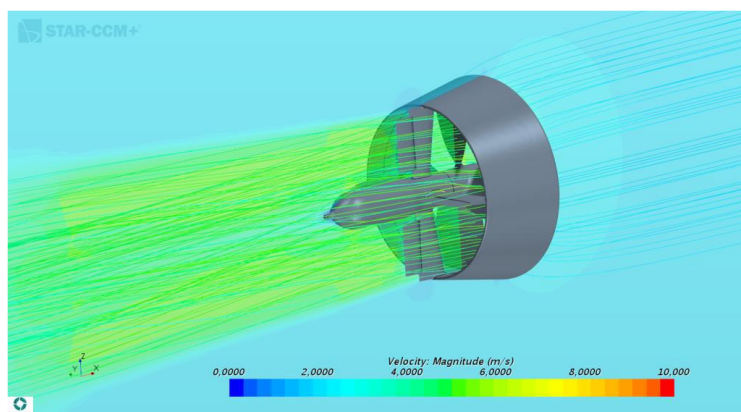
5.2 Analyser utført av CFD Marine 2018-2020

CFD marine utførte analyser av stabilitet og kontrollerbarhet av ECO Trawl konseptet i 2018-2020

5.3 Rapport nr 1 2018

“CFD Marine has performed CFD-simulations of the ECO Trawl with different geometry modifications to investigate the behavior and stability. The forces and moment have been investigated to be able to find a functional geometry that is also able to control the ECO Trawl translation while running.”

Utgangspunktet for analysene var en thruster med enkelpropell med styrbare kontrollflater, kontrollflatene kompenserte for propellmoment og ble brukt som dybde og sideror



Figur 3 fristrømsanalyse

5.3.1 Analyse

En thruster ble modellert og satt inn i en CFD fristrømsanalyse med et tau, flere forskjellige konfigurasjoner ble kjørt

5.3.2 Resultater

Det ble funnet en best mulig propeller diameter og dysegeometri. Det ble funnet at rorene kunne kompensere for moment fra propell. Thrusteren ble ikke funnet til å være stabil og kontrollerbar.

Konklusjon;

Based on the simulations described in this report some conclusions can be made:

- *By modifying original geometry, it is possible to have a geometry with neutral total moment*
- *By rotating the wings, it is possible to control the ECO Trawl translation*
- *The current design has little distance between the propeller and the struts and wings. This distance generates limited moment for controlling the vertical and*

horizontal translation. It is anticipated that a longer distance would make the control of the ECO Trawl easier because smaller wing rotation would be needed

- The spring force representing the trawl can be more optimized to simulate a more accurate behavior. Also the trawl should be connected to the geometry closest possible to the geometry center of gravity to limit the moment this force will create.

5.4 Rapport nr 2 2020

@The ECO Trawl, a self-propelled unit to replace conventional trawl doors, has been optimized with respect to efficiency under trawling conditions, using CFD-analysis. A parametric 3D cad-model was developed, using two contra-rotating propellers inside a duct. The propeller diameter, number of blades, blade area ratio and pitch could be varied.

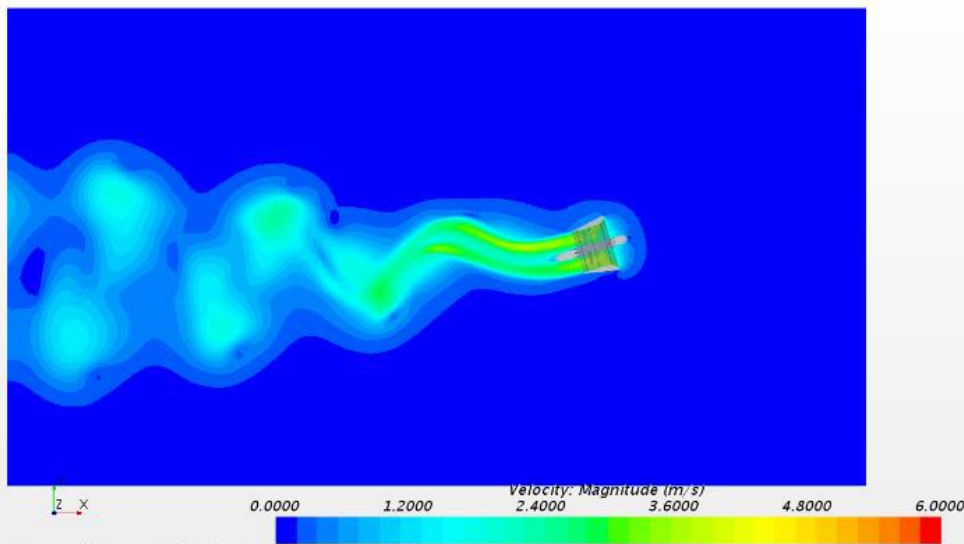
For the chosen configuration hydrodynamic derivatives determined were through numerical Planar Motion Motions tests, in order to assess and controllability of the unit. The system show straight line stability for a moderately sized rudder.

A conventional trawl door was investigated under the same trawling conditions for comparison of necessary power. Power saving of 30 % during trawling can be expected.

5.4.1 Analyse

Manøverkoeffisienter ble brukt til å vurdere stabilitet, CFD analyser ble brukt til å vurdere virkningsgrad og kavitasjon

STAR-CCM+

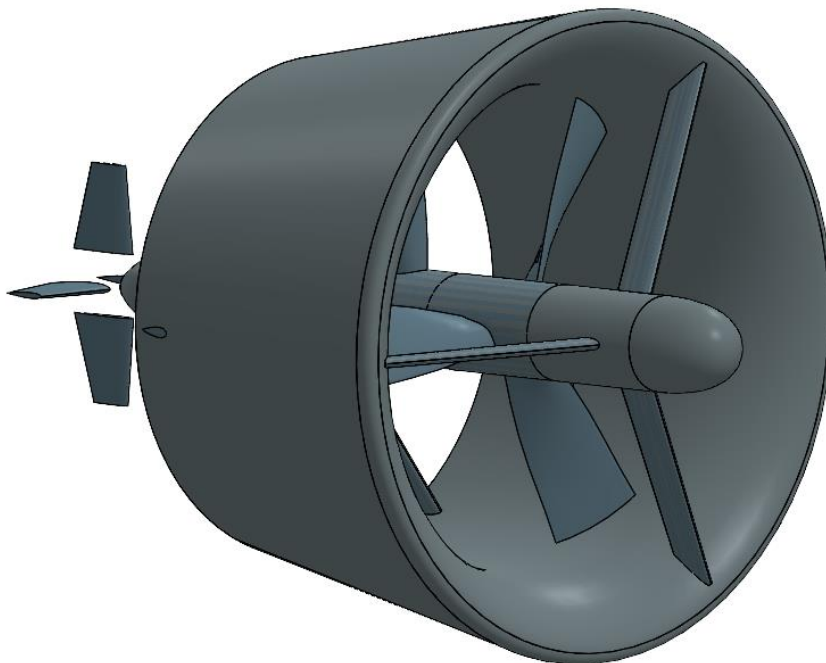


Figur 4 stabilitetsanalyse

En thruster ble modellert og satt inn i en CFD analyse, flere forskjellige konfigurasjoner ble kjørt

5.4.2 Resultater

- *By using a combination of speed and torque control, the contra rotating propellers the heel moment on the EcoTrawl is eliminated.*
- *Straight line stability is achieved with a rudder of moderate size.*
- *A power saving of about 30 % can be expected during trawling when using the EcoTrawl units instead of conventional trawl doors.*



Figur 5 3d modell fra CFD Marine

5.5 Måloppnåelse

Delmålene

- Å utarbeide ytelsessammenligning mellom ECO Trawl og et referansefartøy (tråleren Sille Marie) for et gitt trålfiske og kvantifisere betydningen av ECO Trawl for fangsteffektivitet.
- Å utføre kostnad-nytte-analyse sammenlignet med tradisjonell tråling.

Viste seg bli for usikre til at målene kunne sies å bli oppfylt 100%, spesielt kost nytte er vanskelig å vurdere på dette stadiet, men analysene viser at en tilbakebetalingstid på prosjektet være ca 7,3 år basert på drivstofforbruk alene. Da er ikke økt fangst og andre fordeler ikke tatt med.

Siden effektforbruket er redusert med 30% så kan man hevde at for at en gitt tråler så kan trålstørrelsen økes med 30% med samme motorkraft. Dvs installasjon av et ECO Trawl system kan gjøres i stedet for å kjøpe en større tråler i enkelte tilfeller.

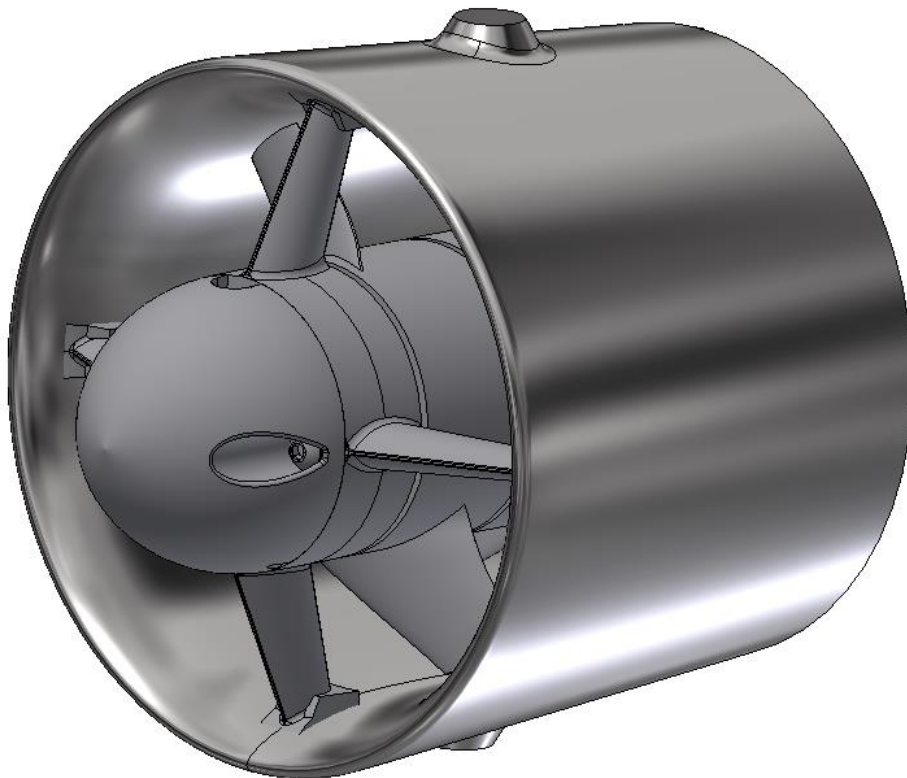
Funnene er kommet fram via CFD analyser av anerkjente eksperter og ved bruk av anerkjent programvare ved CFD Marine og NTNU.

Videre bruk av resultatene avhenger av kundeaksept for løsningen, det er en stor investering for et fartøy å installere et ECO Trawl system.

Det er etablert et nytt prosjekt i kjølvannet av dette prosjektet, ECO Trawl skal utvikle styrbare tråldører med integrert kontrollsystem. Dette kontrollsystemet kan gjenbrukes til styring av thrusteren i fremtiden.

5.6 Skalamodell

Det er laget flere skalamodeller, disse er laget med ROV motorer og kontraroterende propellere



Figur 5 skalamodell

6 Hovedfunn

- Thrusteren er kontrollerbar* og stabil
- Thruster teknologien kan redusere effektforbruket med inntil 30%, Dette skyldes flere faktorer:
 - Propellere som designes for større havdyp kan lages med mindre bladareal og fremdeles unngå kavitasjon pga trykket
 - Kraften fra thrusteren går i en rett linje, i motsetning til en tråldør som må motvirke kreftene som prøver å lukke trålen
- Større trålpose kan brukes på eksisterende trålere med samme motoreffekt
- Eller redusert energiforbruk, kostnad og utslipp

**Thrusteren i seg selv er kontrollerbar, trekk i tau er ikke sjekket, men en potensiell patentsøkt løsning er på plass.*

7 Utfordringer

Markedsaksept - er potensielle kunder klare for å ta i bruk en slik løsning?
Økonomi - nedbetalingstid
Praktisk bruk

8 Videre arbeid

Vurdering av stabilitet med trekk fra tau CFD analyse
Tråloptak
Utsetting og opptak av thruster
Brukerundersøkelser
Modellforsøk

9 Leveranser

Detaljert oversikt over leveranser i prosjekt

1. CFD marine rapport 001-2018.
2. CFD marine rapport 001-2020.
3. kundepresentasjon 2020