



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Fakultet for realfag og teknologi
Masteroppgave 2017
30 stp.

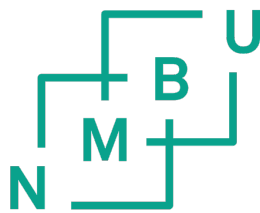
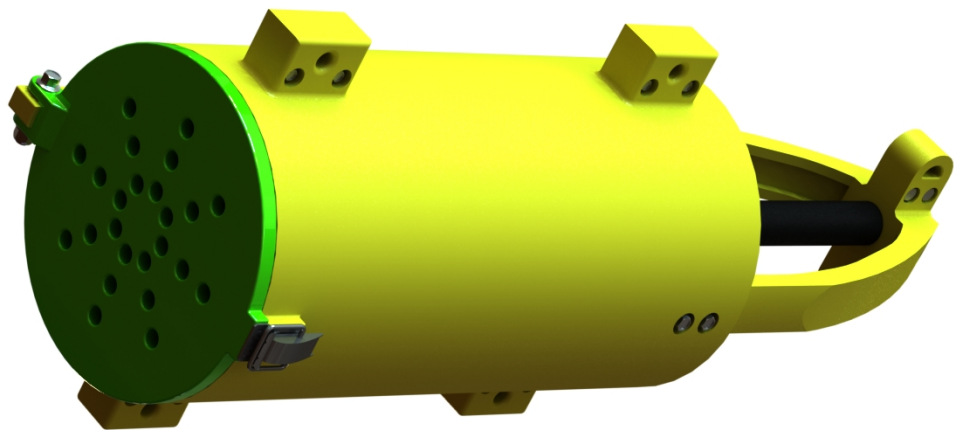
Utvikling av anordning for reduksjon av agnforbruk ved snøkrabbefiske

Development of a device for reduction of bait consumption in
snow crab fishing

Magne Vikingsdal Seland
Master i maskin, prosess- og produktutvikling

Utvikling av anordning for reduksjon av agnforbruk ved snøkrabbefiske

Magne Vikingsdal Seland



Mastergradsarbeid i Maskin, prosess og produktutvikling
Norges miljø- og biovitenskapelige universitet
Fakultet for realfag og teknologi
Våren 2017

Forord

Denne masteroppgaven er gjennomført som en del av det femårige masterprogrammet Maskin, prosess- og produktutvikling ved Fakultet for realfag og teknologi ved NMBU. Oppgaven er initiert av Inventas ved siv.ing Torgeir Bråtane og Innomar ved gründer Tore Halvorsen. Masteroppgaven er skrevet av Magne V. Seland våren 2017.

Motivasjonen for å skrive denne oppgaven har vært å få kjennskap til, og kunnskap om gjennomføringen av utviklingsprosjekter tett knyttet til industri. Jeg har vokst opp med båtliv og alltid hatt en stor interesse for sjøen, i tillegg har tjenestegjort i Kystvakten. En masteroppgave som kombinerer produktviklingsfaget med sjøen har derfor vært midt i blinken for meg. Teknologi og problemløsning har jeg alltid interessert meg for, og jeg setter stor pris på at oppgaven har gitt meg en anledning til å utvikle løsninger direkte knyttet til et pågående utviklingsprosjekt.

Jeg vil rette en stor takk til mine to veiledere, førsteamanuensis Odd-Ivar Lekang og førsteamanuensis Jan Kåre Bøe. Odd-Ivar, din kunnskap på akvakulturell engineering har vært til stor hjelp for meg! Jan Kåre, takk for samtaler og veiledning, din entusiasme for produktutvikling er til stor inspirasjon!

Videre vil jeg også rette en takk til siv.ing Torgeir Bråtane og Inventas i Kristiansand for å ha satt av tid, og for god veiledning gjennom hele semesteret. En takk går også til yrkesfisker Erling Haugan som har tatt meg ut på krabbefiske i Bugøyenes, gründer Tore Halvorsen i Innomar som har bidratt med markedsaspekter og forskningsassistent Gunhild S. Johansen som vist meg pågående forskning på Havbruksstasjonen i Tromsø. Jeg vil også rette en takk til min tålmodige og omsorgsfulle kone, Ingrid, samt venner og familie for support og støtte.

Ås, 12-5-2017

Magne Vikingsdal Seland

Sammendrag

Snøkrabbe (*C. opilio*) er en ny art i Barentshavet, og fisket etter snøkrabbe er sterkt voksende. Det er knyttet store forventninger til fangst og utbytte fra snøkrabbefiske i årene som kommer, og det pågår i dag mye forskning og utvikling tilknyttet moderne fangstmetoder og prosessering av snøkrabber. En stor utgift ved dagens fiske er knyttet til innkjøp av agn, og målsettingen for denne masteroppgaven er å utrede, utvikle og designe en anordning for å redusere forbruket av agn ved snøkrabbefiske.

I denne masteroppgaven er det utført et bakgrunnsstudium som kartlegger snøkrabbens fysiologi, dagens snøkrabbefiske og markedspotensialet for snøkrabbe. Prosjektet er gjennomført med integrert produktutvikling (IPD), en utviklingsmetodikk som fletter sammen elementer fra alle fasene i produktutviklingen. Seleksjoner i utviklingsarbeidet er gjennomført med Pughs metode, hvor alternativer rangeres opp mot hverandre basert på en poengscore fra ulike vurderingskriterier. I hele oppgaven er SCAMPER benyttet for å sikre kreativitet og nytenkning i utviklingsarbeidet. Det er redegjort for terminologi, aktuelle begreper og prosesstrinn i oppgaven, i tillegg er avgrensninger for arbeidet er stadfestet.

Mekanismer for spredning av luktstoffer fra agn er undersøkt, og diffusjonsmekanismer som beskriver hvordan attraktanter diffunderer fra agn til omliggende sjøvann er beskrevet.

Konseptutviklingen har startet med en produktspesifisering, hvor viktige produktegenskaper er fastslått. Funksjonsanalyse er utført, og konkurrerende løsninger er undersøkt. Videre i er det utarbeidet funksjonsalternativer, og gjennom Pughs metode, er det utført en seleksjon av konsept for videre arbeid. Gjennom ekstern produkttesting er det innhentet innspill og veiledning for det valgte konseptet fra en ekspertgruppe med bred fagkompetanse.

Produktet er DAK-modellert, og produktarkitekturen er presentert med komponenter i sammenstillingstegninger og illustrasjoner av enkeltkomponenter. Det er utført en avgrenset strukturoptimering på utvalgte komponenter for å kontrollere spenninger og deformasjoner.

Prosjektet har resultert i en agndispenser utviklet for å redusere forbruket av agn ved snøkrabbefiske. Agndispenseren er sylindrerformet, med en bredde på 380 mm, en lengde på 930 mm og vekten er 15 kg. Hovedkomponentene i produktet er et sylinderskall, en gassfjær med påmontert stempel og en belg. Produktets funksjon baserer seg på at gassfjæren over tid presser belgen mot agnet, og på den måten frigjøres agn og attraktanter gjennom et perforert lokk.

Det er utført en enkel kostnadskalkyle for produksjonskostnader ved prototype og serieproduksjon, og hovedkomponentene skal sprøyttestøpes i nylon PA6. En markedspresentasjon med rendrerte fremstillinger av agndispenseren er utarbeidet, og det er utarbeidet en testlayout hvor forslag til fysiske tester av produktet er beskrevet. Avslutningsvis i rapporten er prosessen og resultatet evaluert, arbeidet konkludert og videre arbeid med agndispenseren er foreslått.

English summary

Snow crab (*C. opilio*) is a new species in the Barents Sea, and fishing for snow crabs is rapidly increasing. There are great expectations to the catch and income of snow crabs in the future, and therefore current research is focussing on modern and innovative catching- and processing methods of snow crabs. Since one of the largest expenses with fishing snow crabs today is the bait, the aim of this thesis is to design and develop a device to reduce the consumption of bait in snow crab fishing.

For this master's thesis a background study was done to examine snow crabs' physiology. Snow crabs' market potential in the near future, and current methods used in snow crab fishing, was also researched. The methodology used to combine elements from every phase of the product development was integrated product development (IPD). Pugh's method, a method where alternatives are ranked and compared based on scores from different criteria, was used for selection. SCAMPER was used to ensure creativity and innovative thinking in the product development. The different steps of the process, terminology, expressions and demarcations of the thesis are explained.

Mechanisms for spreading the smell and flavour of the bait are examined, as well as diffusion mechanisms that describe how attractants diffuse from the bait to surrounding seawater.

The concept development started with a product specification, where important product characteristics were ranged. Function analysis was conducted, and competing solutions were examined. Functional alternatives were generated, and through Pugh's matrix a selection of concepts for further work were settled. External product tests were performed to gather information and guidance from an expert group with a wide expertise.

CAD-software was used to model the product, and the product's architecture is presented with assembly drawings and illustrations of single components. Selected components have been examined with structural optimization to control tensions and deformations.

The result from this project is a device designed to reduce the consumption of bait in snow crab fishing. The device is cylindrically shaped with a maximum width of 380 mm, a maximum length of 930 mm and a weight of 15 kg. The main components of the product are a cylinder, a gas spring with a mounted piston and a bellows. The function of the product is based on the slow movement of the gas spring, that over time pushes the bellows towards the bait. The bait releases attractants when it is compressed towards a cap in the end of the cylinder.

The costs of making a prototype, and the costs of series of productions, have been estimated. A market presentation with rendered illustrations of the bait dispenser is presented, and a layout for physical tests is proposed. Finally the process and results are evaluated, the work is concluded and further development of the bait dispenser is suggested.

Innhold i oppgaven

Side:

1	Innledning	1
1.1	Idéprosess	1
1.2	Bakgrunn	1
1.2.1	Historisk blikk på fiskeri i Norge	1
1.2.2	Snøkrabbe (<i>Chionoecetes opilio</i>)	2
1.2.3	Fôr i oppdrettsindustrien	4
1.2.4	Dagens agnforbruk og kunstig agn	5
1.2.5	Pågående forskning på snøkrabbe	6
1.2.6	Krabbefiske i Norge	6
1.2.7	Markedspotensiale	10
1.3	Oppdragsbeskrivelse	11
1.4	Problemtillinger og teknologiske flaskehalsar	11
2	Prosjektplan	12
2.1	Målsettinger	12
2.2	Fremdriftsplan og milepæler	12
2.3	Avgrensninger	13
3	Metodebeskrivelser	14
3.1	Terminologi og begreper	14
3.2	Metodebruk og løsningsverktøy	16
3.2.1	Integrert produktutvikling(IPD)	17
3.2.2	Pughs metode	19
3.2.3	SCAMPER	21
3.3	Programvare	23
3.4	Kildebruk	23
3.5	Kvalitetssikring	23
3.6	Prosesstrinn	23
4	Grunnlagsteori og teknologiske beskrivelser	25
4.1	Hydrostatikk	25
4.2	Diffusjon	27
4.2.1	Stokes-Einstein likningen	30
4.2.2	Peclets tall	31
4.3	Diffusjonsmekanismer i saltvann	31
4.4	Diffusjonsfaktorer som kan påvirkes i utviklingsarbeidet	34
4.5	Plassering av agn i teine	35
5	Produktspesifisering	36
5.1	Produktmållsetting	36
5.2	Rangering av viktige produkttegenskaper	36
5.3	Tidlige metriske grense- og grovspeifiseringer	37
5.4	Tidlige kostnadsvurderinger	38
5.5	Rammeforutsetninger	38

6	Konseptutvikling	39
6.1	Funksjonsanalyse	39
6.2	Konkurrerende løsninger	40
6.3	Metoder for timing	42
6.4	Metoder for drift	43
6.5	Funksjonsalternativer med skisser	45
6.6	Egenscreening	58
6.7	Konseptvalg	60
6.8	Videreutvikling av valgt konsept	60
6.8.1	Modularisering, modifiseringer og tilpasninger	60
6.8.2	Kombinere og eliminere	62
6.9	Utdypning av prinsipper ved valgt løsning	63
6.9.1	Gassfjær	63
6.9.2	Belg	64
7	Ekstern produkttesting	66
7.1	Målsetting for testen	66
7.2	Valg av testpopulasjon	66
7.3	Innhold og form på spørreskjemaer	66
7.4	Resultater	66
7.5	Resultattolkning	67
8	Produktarkitektur	68
8.1	Sammenstillinger	68
8.2	Utviklede komponenter	72
8.2.1	Sylinder, part: 01 og 02.	72
8.2.2	Bøyle, part: 11	73
8.2.3	Stempel, part: 21	74
8.2.4	Lokk, part 31	74
8.2.5	Belg, Part 41	75
8.3	Øvrige komponenter	75
8.3.1	Gassfjær	75
8.3.2	Bolter, muttere, skiver og kasselås	76
9	Avgrenset strukturoptimering	78
9.1	Begrepsforklaring, FEM-analyse	78
9.2	Analyse av stempel, part: 21	78
9.3	Håndkalkulasjon av spenninger i bøylene	81
9.4	Analyse av bøyle, part: 11	83
10	Materialvalg, vedlikehold og miljøpåkjenning	87
10.1	Materialvalg og brukspåkjenninger	87
10.2	Vedlikehold	89
10.3	Miljøpåkjenning	89
11	Fremstilling og produksjonskostnader	91
11.1	Fremstilling	91
11.2	Produksjonskostnader	92

12 Markedspresentasjon	97
12.1 Rendrerte fremstillingsbilder	97
12.2 Tekniske beskrivelser	98
12.2.1 Montering	99
12.2.2 Bruk	101
13 Praktisk produkttesting	103
13.1 Fokuspunkter for testing	103
13.2 Agndispenserens funksjon	103
13.3 Størrelse på agnbiter	104
13.4 Gassfjær	105
13.5 Andre aspekter som foreslås til videre testing	105
14 Prosessevaluering og diskusjon	107
14.1 Prosessevalueringer	107
14.2 Resultatdiskusjon	108
15 Konklusjon	110
15.1 Resultater	110
15.2 Anbefalinger	110
15.3 Forslag til videre arbeid	111
16 Kilder	112
17 Vedlegg	116

1 Innledning

I rapportens innledning beskrives kort idéprosessen som har ført til denne masteroppgaven og bakgrunnen for arbeidet. Bakgrunnsstudiet kartlegger snøkrabbefiske og markedspotensialet for snøkrabber. I slutten av innledningen presenteres oppdragsbeskrivelsen og aktuelle problemstillinger med teknologiske flaskehalsar.

1.1 Idéprosess

Masteroppgave innen produktutvikling er et arbeid som tar for seg alle steg i produktutviklingen fra idéfase til ferdig produkt. Arbeidet med idéprosessen har pågått over lengre tid og er beskrevet i vedlegg 1. Seleksjonen av produktidé for masteroppgaven er gjennomført med Pughs metode, beskrevet i kapittel 3.2.2. Utfallet av seleksjonsmatrisen ble en produktidé initiert av Innomar og Inventas. Produktidéen er å utvikle en anordning for å redusere forbruket av agn ved snøkrabbefiske.

1.2 Bakgrunn

Den valgte produktidéen medfører et behov for å kartlegge bakgrunn og marked. Bakgrunnsstudiet tar for seg snøkrabber, teiner, agn, snøkrabbefiske, pågående forskning og markedspotensialet.

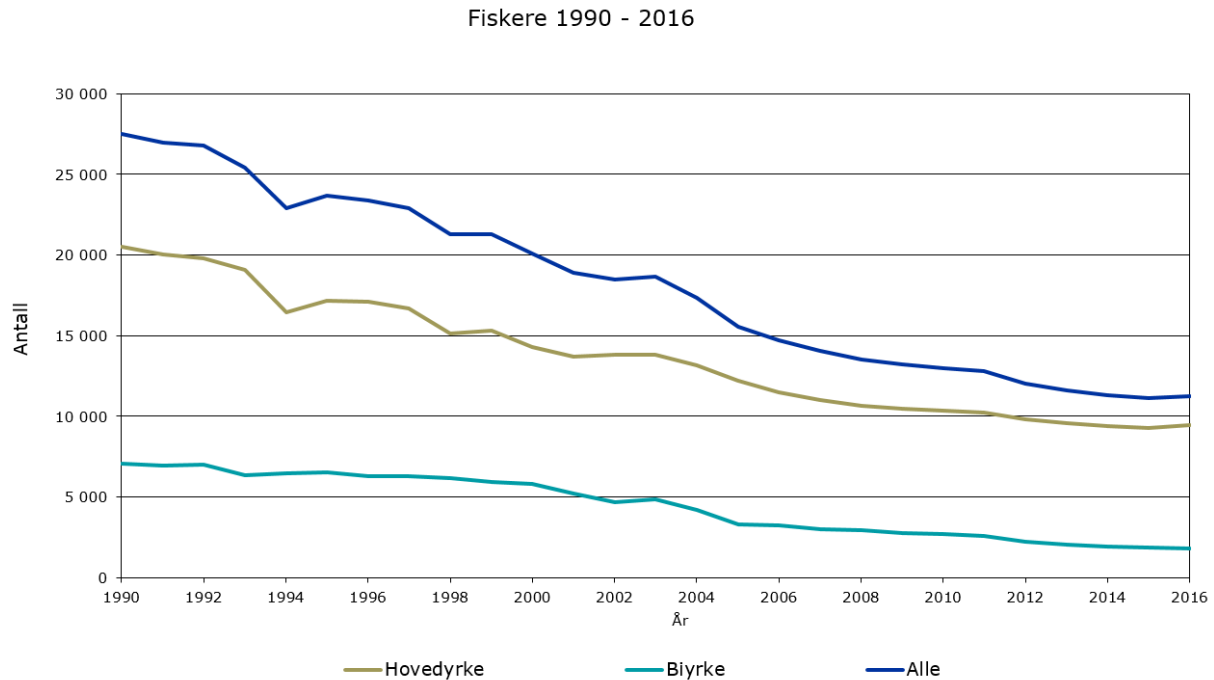
1.2.1 Historisk blikk på fiskeri i Norge

Fra steinalderen (ca.2000-5000 f.kr) vet vi, takket være arkeologiske undersøkelser, at nordmenn holdt til ved kysten. Funn viser også at folket har drevet med sjøfiske og jakt. Beinrester fra en rekke fiskearter er funnet ved bosteder, samt fiskeredskaper av ben og horn. Mye tyder også på at befolkningen brukte båter under fiske, og beinrester av dypvannsfisker som lange og brosme tyder på kunnskaper og utstyr til fiske har holdt høy kvalitet ^[1].

I bronsealderen og tidlig jernalder (ca.1750-500 f.kr) er det lite som tyder på at fiskerimetoder endret seg. Dette kan ha sin forklaring i at jern og bronse var kostbart, og til fiskeredskaper ble det ikke lønnsomt å benytte disse materialene. Først i folkevandringstiden (ca.300-400 e.kr) ble jern mer alminnelig, og folk i Norge begynte å utvinne jern selv ^[2]. Utviklingen av fiskeredskaper, båter og båtutstyr førte til vikingtiden som er spesielt kjent for sjøfartene. Fra gravfunn er en rekke fiskeredskaper som krokar, fiskespyd, snøre og dorg funnet. Dette bevitner om fiskerimetodenes utvikling. Fra 1000-tallet har fangst fra fiske vokst frem som en stor næring med torsk- og sildeeksport til England som en av de første internasjonale handelsvarene av betydning. Tørrfisk og klippfisk har fra norske fiskere blitt levert til hanseatene, og handelsorganisasjonene har vært viktige for veksten av mange byer langs kysten, blant annet Trondheim og Bergen ^[2].

På 1800-tallet vokste eksportverdien av fiske sterkt, men også inflasjon i antall fiskere førte til at hver enkelt fiskers utbytte var lavt. Mange fiskere opplevde økonomisk krise, som presset frem en endring i fiskeriet. Større fartøyer førte til at silde kunne fiskes langt fra kysten. Dette gav fiskere tilgang på ressurser som tidligere hadde vært utenfor rekkevidde. Nye redskaper som garnlenker og snurpenot samt motoriserte fartøyer var viktige ingredienser i den teknologiske revolusjonen som fiskeflåten opplevde i overgangen mellom 1800- og 1900-tallet ^[1].

I dag består den norske fiskeflåten av en et spredt utvalg av farkoster fra små åpne båter til store havgående fabrikkskip. Flåten omfatter omtrent 6000 fartøyer og rundt 11 000 fiskere, men både antall fartøyer og antall fiskere har hatt stor nedgang de siste årene, se figur 1 [3]. Trendene i fiskeindustrien følger samfunnet generelt, hvor teknologi og automatisering fører til redusert bemanning, men økt produksjon [1].



Figur 1: Graf som viser utviklingen i antall fiskere i Norge. Blå linje viser totalt antall fiskere, brun viser heltids-fiskere og grønn viser antall som har fiske som biinntekt [4].

1.2.2 Snøkrabbe (*Chionoecetes opilio*)

Snøkrabbe, figur 2, er en hardfør krabbeart som trives godt i kaldt vann, fortrinnsvis under 3°C . Voksne individer lever på store havdyp ned mot 400 meter, mens unge individer holder til på grunnere vann [5].

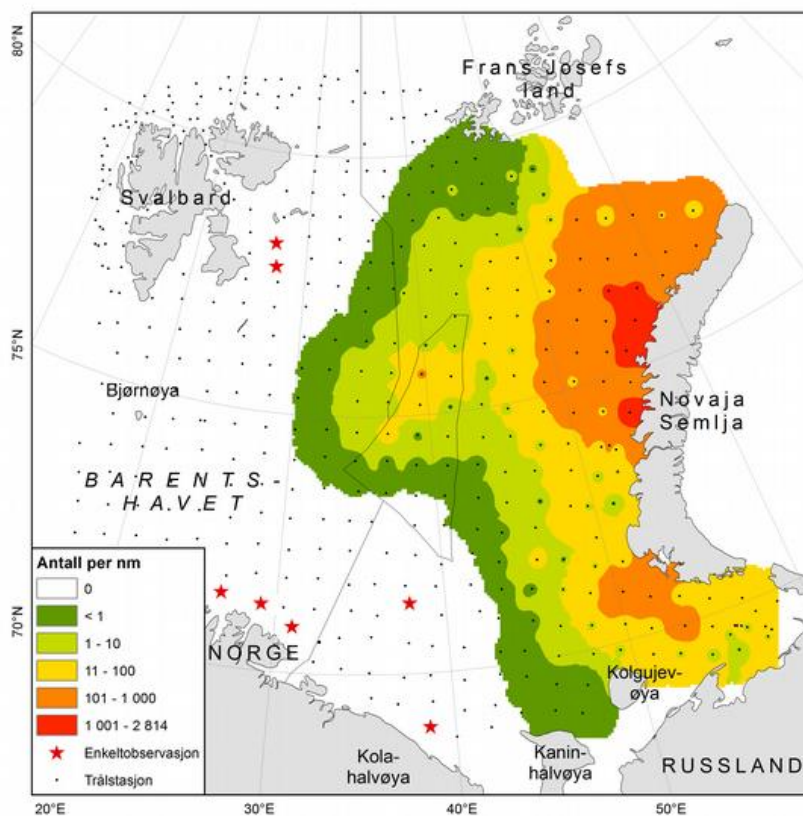


Figur 2: Snøkrabbe (egenfotografert).

Snøkrabben lever på ulike bunntyper, både leire, sand og hardbunn er forhold hvor den trives. Krabbene parrer seg på vinteren eller tidlig på våren, og hunnkrabbene bærer på de befruktede eggene i opp til to år [6]. Mellom april og juni slipper hunnkrabben 6000 til 140 000 befruktede egg, som drifter med vannstrømmer i 2 til 8 måneder. Etter 8 måneder har ryggskjoldet har en bredde på omtrent 3 mm og krabbeyngelet slår seg ned på havbunnen. Krabbene skifter skall etter som de vokser, og det tar tre til seks måneder fra en krabbe skifter skall, til det nye skallet er hardt [7]. I prosessen når en krabbe skifter skall er det nye skallet mykt, og krabben har ingen salgsverdi. Det kan gå opp til to år mellom hvert skallskifte hos voksne krabber, mens unge krabber skifter skall en gang i året. Voksne hannkrabber har en skallstørrelse på mellom 58 og 165 mm, og voksne hunnkrabber har en skallstørrelse på mellom 50 og 100 mm [8]. Det tar åtte til ti år fra krabbene klekkes til de har en størrelse som er av kommersiell interesse. Det er hannkrabbene som utgjør den kommersielle delen av bestanden, og gjennomsnittlig vekt er i underkant av en kilo ved salg [9].

Utbredelse og førstehåndsverdi

I Atlanterhavet er snøkrabben opprinnelig fordelt på den nordvestlige siden mot Canada og Grønland. Arten har først nylig blitt observert i østlige og sørlige deler av Atlanteren. Fra starten av 1990-tallet har fiskere gjort enkeltfunn av snøkrabbe i Barentshavet [10], og i 1996 ble snøkrabber på Gåsebanken i den østlige delen av Barentshavet dokumentert av russiske forskere [11]. I de påfølgende årene har gjentakende funn fra fiskere og forskere vært med på å bekrefte at en snøkrabbebestand er etablert i østlige og sørlige deler av Barentshavet [12], figur 3 viser registrerte snøkrabbefunn under det norsk-russiske økosystemtøktet i 2013.



Figur 3: Registrerte snøkrabber under økosystemtøktet høsten 2013 [12].

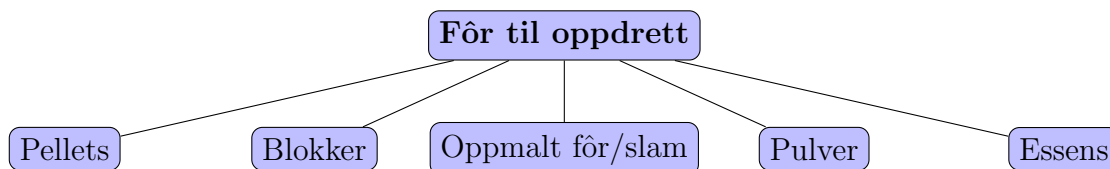
Inntekter fra snøkrabbefiske er en av de viktigste skalldyrressursene i Canada og Alaska, og har en førstehandsverdi på mellom to og tre milliarder kroner. Hvis vi antar at snøkrabbene i Barentshavet stiller tilsvarende krav til leveområder som snøkrabbene i Vest-Atlanteren, kan fremtidig førstehandsverdi på snøkrabber fra Barentshavet årlig ligge på mellom en og fire milliarder kroner ^[13].

Diett og naturlige konkurrenter.

Snøkrabbens diett består av et bredt utvalg av bunndyr som kreps, muslinger, slangestjerner, børstemark, sjøpinnsvin og liknende. Kannibalisme er også vanlig blant snøkrabber og spiller en viktig rolle i den totale dødeligheten ^[14]. Snøkrabbene bruker sine lange, kraftige klør som effektive graveredskaper, og er i stand til å grave flere centimeter ned i mudderet på havbunnen ^[7]. På denne måten plukker snøkrabbene opp energi og næring som andre arter ikke får benyttet seg av. Fordi snøkrabben er en ny art i Barentshavet er det fortsatt vanskelig å forutsi hvordan denne nye arten påvirker resten av økosystemet ^[13]. Snøkrabbe blir også av enkelte forskere ansett som en syklisk ressurs med naturlige intervaller med høyere og lavere forekomst ^[6]. Faktorer som spiller inn på forekomst er endringer i miljø, forhold mellom kjønn og endringer i forholdet mellom predatorer og byttedyr. Snøkrabbens største predatorer er torsk og kveite, som beiter på snøkrabben i dens tidlige stadier i livet ^[15]. Lyr og kutlinger forsyner seg av krabbeyngel, og fordi snøkrabben ikke har skarpe kanter på ryggskjoldet er den spesielt utsatt for å bli spist av fisk ^[6].

1.2.3 Fôr i oppdrettsindustrien

Agn og fiskefôr kan produseres i ulike formater ut fra hva som er mest gunstig i den situasjonen fôret skal brukes, de mest utbredte variantene i oppdrettsindustrien er vist i figur 4. Norge er et land som har kommet langt på håndtering fôr til oppdrett, og ulike formater av fôr og agn er kartlagt å se etter løsninger som kan ha overføringsverdi til agn i teiner.



Figur 4: Ulike varianter av fôr som benyttes ved oppdrett, og alle varianter er beskrevet i påfølgende underkapitler.

Pellets

Pellets er et format hvor agn pakkes i små tørre kuler og dette gir store fordeler ved håndtering. Pellets er mye brukt i fiskeindustrien for å mate fisk i oppdrettsanlegg. Det finnes flere ulike dispensere beregnet for pellets, blant annet basert på roterende plate(/disc feeder) og transportbånd (/conveyor belt feeder). Felles for alle pellets-systemer er at fôret holdes tørt frem til det mates ut. Dette fordi vannet løser opp bindemiddelet og innholdet blir løst opp når det blir vått ^[16].

Blokker

Håndtering av fiskefôr kan også foregå ved at fôret fryses i blokker og dette gjør at batchvis håndtering er enkelt. Ved å fryse blokker med fôr er også lang holdbarhet sikret. Å

fryse fôret i blokker kan også gi fordeler ved stabling og transport.

Oppmalt fôr/slam

Et tredje alternativ er å male opp agnet slik at det ikke består av store biter. Avhengig av vanninnholdet kan densiteten reguleres og det er også mulig å blande ut råmaterialet med fyllmaterialet. Dette formatet tillater å håndtere agnet med pumper og slanger, fordeler med det er at håndtering kan effektiviseres. Eksempelvis kan agn pumpes ombord i tanker, eller fylles i beholdere med fyllestuss.

Pulver

Å tørke og male opp fôr til pulver er også mulig. Både pulver og pellets kan bli blåst ut merder med fôr blåsere(/feed blowers). I denne teknikken er det et transportmedium, normalt vann eller luft, som er med på å sprute fôret ut en dyse ^[16]. Fôret kan bli trukket inn i vann- eller luftstrømmen med vakuum, eller det kan doseres inn fra en beholder. Å benytte dette prinsippet i teiner er ikke umulig, men det vil introdusere store utfordringer rundt det å hindre at vann vasker ut eller løser opp agnet før det skal frigjøres.

Essens

Å redusere vanninnholdet i foret og kun stå igjen med en konsentrert væske brukes i liten grad i industrien. Det finnes en rekke essens-produkter til hobby- og sportsfiskere, men dette er produkter som i liten grad har vitenskapelig dokumentert effekt. Bruken av essens er i liten grad knyttet til å føre fiskene, men inkludert her fordi teknikken kan interessant ved teinefiske. Bruken av essens legger til rette for at både ekte vare og kunstig sammensatte produkter kan anvendes som luktkilder.

1.2.4 Dagens agnforbruk og kunstig agn

I dag er det mest utbredt å benytte sild og akkar som agn ved snøkrabbefiske, og fisket foregår med små koniske teiner. Gjennomsnittlig brukes det 1,5 kg agn hver gang en teine egnes, se tabell 2 for begrepsforklaring. Antall teiner en båt håndterer varierer gjerne fra 5000-10000, og gjennomsnittlig snues ca. 1200 teiner pr. døgn pr. båt, se tabell 2 for begrepsforklaring. For en båt med 250 effektive fiskedøgn vil totalt forbruk ligge på ca. 500 tonn agn pr år. Gjennomsnittsprisen for agn ligger på rundt 12 kr/kg noe som vil føre til at en båt har en utgift på ca. 6 millioner kroner for agn per år ^[17]. Snøkrabbeteinene som utvikles til dette prosjektet har omtrent 10 ganger større bunnflate enn dagens koniske teiner, og det legges opp til at en stor teine skal egnes med 5 kg agn.

Kunstig agn kan produseres fra råstoffkilder som har begrenset alternativ anvendelse, og det kunstige agnet kan produseres ulike formater. Kunstig agn vil redusere den totale utgiften ved snøkrabbefiske da store deler av agnet som i dag brukes kunne vært utnyttet som menneskemat. Flere vitenskapelige tester av kunstig agn til snøkrabbefiske er gjennomført, blant annet har Nofima gjennomført en omfattende test av kunstig agn fra leverandøren Polybait ^[17]. Testen konkluderer med at det er betydelig bedre fangst i teiner med tradisjonelt agn(akkar og sild), enn i teiner med kunstig agn. Det er i denne oppgaven antatt at tradisjonelt agn, som sild og akkar, skal benyttes i agndispenseren.

1.2.5 Pågående forskning på snøkrabbe

CrabTech(Norge)

CrabTech er et pågående prosjekt (2015-2018) finansiert av forskningsrådet, og midler er mottatt via BIA–(Brukerstyrt innovasjonsarena). Prosjektet gjennomføres i samarbeid med Opilio AS og Sintef, og har vært med på å utvikle pilotfartøyet ”Northeastern” som har vært i kommersiell drift i to år. Opilio AS har også investert i fartøyet ”Northguider”, som også skal ombygges til snøkrabbefiske. Fokuspunkter i prosjektet er automatisering av produksjonslinje, nytt design av teiner og nye typer agn ^[18].

Nofima(Norge)

Nofima driver flere forskningsprosjekter mot snøkrabbe. *SnøRest* er et prosjekt hvor Nofima ønsker å finne løsninger for å ta vare på samtlige råstoffer i snøkrabben. Det finnes verdifulle proteiner og oljer i krabbene som i dag ikke utnyttes og Nofima ønsker i dette prosjektet å komme opp med løsninger for å ta vare på råstoffene. Rest-råstoffene kan med riktig håndtering ha store verdier, og prosjektet kan sikre store næringsverdier i nord ^[19]. Nofima har også flere prosjekter hvor de ser på marked for snøkrabbe, prosessering og produksjon, fangst, levende-lagring, transport og kunstig agn ^[7].

Havforskningsinstituttet(Norge)

Med nærmere 750 ansatte er Havforskningsinstituttet den største marine forskningsaktøren i Norge, og har som hovedfunksjon å gi råd til det offentlige Norge om økosystemer og akvakulturen i Barentshavet, Norskehavet, Nordsjøen og den norske kystsonen. Havforskningsinstituttet har mange prosjekter knyttet til snøkrabbe, og beskriver status for snøkrabbens bestand hvert år i den årlige havforskningsrapporten ^[7].

Memorial University of Newfoundland(Canada)

Et universitet som driver mye forskning på snøkrabber er Memorial University of Newfoundland. Universitetet har et senter for bærekraftige akvakulturelle ressurser (The Centre for Sustainable Aquatic Resources) og har publikasjoner på snøkrabber. Mange spennende temaer er under lupen her, blant annet et pågående prosjekt om LED-lys kan forbedre fangst med ulike fisketeknikker, utforming av teiner og utbredelse av arten.

1.2.6 Krabbefiske i Norge

Krabbefiske er en stor aktivitet i Norge og i mange andre land. Både blant hobbyfiskere og yrkesfiskere er krabber en viktig ressurs. Her følger en oversikt over ulike teknikkene som benyttes til krabbefiske.

Fritidsfiske

Blant fritidsfiskere er det primært taskekrabber som fiskes. Det fiskes også litt kongekrabbe av fritidsfiskere, men en husstand kan maksimalt fiske 10 kongekrabber pr år så dette begrenser fisket ^[20]. Snøkrabbe fiskes ikke av fritidsfiskere da snøkrabbene befinner seg så langt fra land til at man må ha store fartøy for å nå ut. Fritidsfiskere har lov til å fiske krabber med maksimalt 20 teiner og alle teinene skal ha blåse/overflatebøye merket med navn og adresse. Både hummere og krabber er populært blant fritidsfiskere langs hele norske-kysten. Hummerfiske kan kun foregå i perioden fra 1. oktober til 31. desember, mens krabbefiske kan foregå hele året. Blant fritidsfiskere er vanlig å sette teinene enkeltvis, men enkelte velger også å feste de sammen i en serie. Det finnes et stort utvalg

teiner beregnet for krabbe, hummer, sjøkreps og fisk. Her følger en beskrivelse av utbredte varianter.

Kasseteiner, figur 5a, brukes til både krabbe og hummerfiske, og består av en trekasse med stein eller betong i bunnen. På kortendene har teinene not som skråner inn mot midtdelen, og det er ofte en luke på toppen. Gjennom luken kan fangst hentes ut, og agn plasseres inn. Kasseteiner er populære, til tross for at treverket gjør dem tunge å håndtere.

Atomteiner, figur 5b, er runde eller eggeformede og består av stålpiler trukket med not. I bunn av teinen er det støpt inn en betongkloss, som sørger for at teinen står stødig på bunnen. Atomteiner brukes både i hummer- og krabbefiske.



(a) Kasseteine



(b) Atomteine



(c) Skotteteine

Figur 5: Vanlige teiner til fritidsfiske [21].

Skotteteine, figur 5c, er også en variant som brukes blant norske fiskere. Den er forholdsvis tung og kostbar, men blir ansett å være en god teine som fisker bra i tillegg har den lang levetid. Skotteteiner brukes både til hummer og krabbefiske. Det finnes også et utvalg av sammenleggbare teiner i ulike størrelser. Mange sammenleggbare teiner er rimelige i innkjøp og har fordelen at de kan flatpakkes når de ikke brukes. En utfordring med sammenleggbare teiner er at de ofte er lette og kan få problemer hvis de settes ut

steder med sterk strøm eller tung sjø [21].

Industrielt snøkrabbefiske

Den mest utbredte metoden for industrielt snøkrabbefiske i dag er å benytte seg av små kjegleformede teiner som vist i figur 6. Diameteren i bunnen av teinen er mellom en og halvannen meter, og den totale høyden er rundt en halv meter [22]. Når teinene ikke er i bruk, kan de stables i tårn og denne utformingen av teinene gjør dermed at den er enkel å transportere ombord i skip. Ved bruk settes teinene i lenker på havbunnen. En lenke kan bestå av opp mot 200 teiner, som er festet sammen i et langt tau. I hver ende av lenken er det en bøye som plukkes opp og trekkes inn når teinene skal snues. Et fartøy håndterer opp mot 10 000 teiner som til en hver tid står ute. Når teinene skal tømmes for fangst og eynes, trekkes en hel lenke opp. Båten har stø kurs og jevn fart fremover, og teinene plukkes opp, tømmes for last, eynes og settes ut igjen fortløpende. Det er vanlig at et fartøy kan snu over 1000 teiner per døgn [17].



Figur 6: En mye brukt teine til snøkrabbefiske. Teinen består av en ramme i svart-/galvanisert stål, og nettet er produsert i PE(polyetylen) og har 70 mm maskestørrelse (egenfotografert).

Kongekrabbefiske

For å kartlegge metoder for snøkrabbefiske er også kongekrabbefiske undersøkt. Kongekrabbe (*Paralithodes camtschaticus*), er vist i figur 7 og kalles også kamtsjatkakrabbe eller red king crab. Dette er en art som har vært registrert i Barentshavet i snart 50 år. Opprinnelig ble arten satt ut i Murmanskfjorden på 1960-tallet av russiske forskere for å etablere en ny ressurs. Den har siden spredt seg langs kystlinjen og ut i det åpne havet i sørlige deler av Barentshavet. Fiske etter kongekrabbe er nå en stor industri, og dette fiske foregår med teiner. Generelt fiskes kongekrabbe med mindre fartøyer, og krabbene fraktes levende inn til land. Det er ikke lov å prosessere kongekrabbe fisket i norsk sone ombord i fartøy [23], formålet med dette forbudet er å ivareta sysselsetting og bosetting langs kysten. Havforskningsinstituttet har utviklet en type firkantet teine, som er den eneste tillatte til kongekrabbefiske i norsk sone. Teinen har fluktåpninger som tillater undermålskrabbe å slippe ut [24]. Norge eksporterte kongekrabbe for 261 millioner kroner i 2016, som er en økning på 90% fra 2015. De største markedene for norsk kongekrabbe er

Sør-Korea, USA og Canada, og levende krabbe står for 49% av kongekrabbeeksporten ^[25].



Figur 7: Kongekrabbe (egenfotografert).

Taskekrabbe

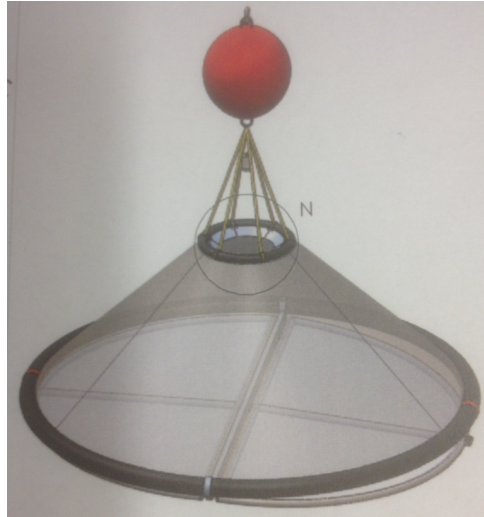
Taskekrabbe (*Cancer pagurus*), figur 8, er en art som det fiskes på både blant kommersielle aktører og fritidsfiskere. Fiske etter taskekrabbe har økt jevnt fra midten av 1990-tallet og frem til rekordåret 2007 med landinger på over 8500 tonn. I årene etter 2007 har fangsten stabilisert seg på rundt 5000 tonn, og fisket foregår med teiner. Typiske fartøy som driver med taskekrabbefiske er 10-15 meter, og fisket etter taskekrabber er ikke regulert av kvoter. Minstemålet for taskekrabbe er 13 cm skallbredde nord for Rogaland, og 11 cm fra Rogaland til svenskegrensen ^[26].



Figur 8: Taskekrabbe ^[27].

Store teiner

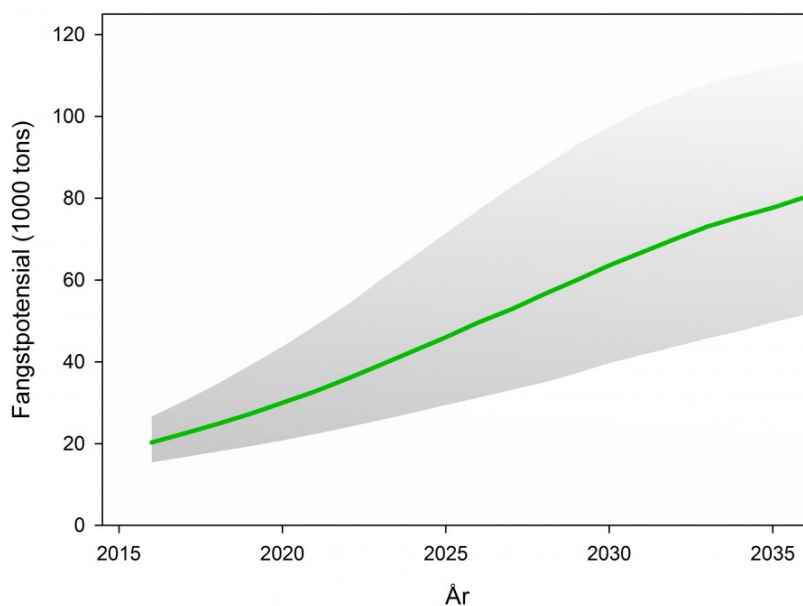
I forbindelse med utviklingsprosjektet Innomar arbeider med, er store sirkulære teiner under utvikling, se figur 9. Hele konseptet munner ut fra tanken om at store teiner vil fange mer krabber, og generere mindre arbeid per krabbe fanget enn små teiner. Teinene skal stå opp mot 10 dager og håndteres mest mulig autonomt. Utviklingen av store teiner og fiske med store teiner setter nye krav til både fartøyer og utstyr, og vil endre hele tankegangen for effektivisering av fiske. I dag er snøkrabbefiske avhengig av en stor andel manuell arbeidskraft, og operasjonene utsetter mannskapet for stor risiko. Intensjonen med de nye store teinene er både å effektivisere fisket og å redusere risiko for personell.



Figur 9: Grov skisse av stor teine utviklet av Innomar for snøkrabbefiske. Bunndiameteren er 4 meter og høyden er 1,7 m. Veggene i teinen består av et nett og en blåse skal holde opp toppen av teinen oppe. Bunnen av teinen er hengslet for enkel tømning av last.

1.2.7 Markedspotensiale

Snøkrabbe er en ressurs som det er knyttet store forventninger til i årene som kommer. Norges Råfisklag rapporterer om både økende landinger fra snøkrabbefiske, i tillegg til en økende etterspørsel i asiatiske land som Sør Korea, Japan og Kina, samt vestlige land som USA og Sverige [28]. Siden 2013 har det vært drevet et kommersielt snøkrabbefiske i Barentshavet, og flåten har bestått av 10-15 fartøyer [29]. Landingene av snøkrabbe til norske fiskemottak var i 2015 i underkant av 10.000 tonn, men etter som bestanden fortsatt er i sterk vekst har Havforskningsinstituttet beregnet et fremtidig fangstpotensial på mellom 50.000 og 150.000 tonn årlig. Den modellerte utviklingen er vist i figur 10 [7].



Figur 10: Modellert fangstpotensial for snøkrabbe i hele Barentshavet [30].

Totalt eksporterte Norge 44.000 tonn skalldyr i 2016 og dette gav salgssinntekter på 1.8 milliarder kroner. Sammenliknet med det tidligere rekordåret 2015 var økningen på 10% i volum, og hele 21% i salgsverdi. Årsaken til den store økningen i salgsverdi er kombinasjonen av økt fangst og økte salgspriser fra 2015 til 2016. For snøkrabbe var salgsverdien 338 millioner kroner i 2016 som tilsvarer en vekst på 75% sammenliknet med 2015. Gjennomsnittlig kiloprispris på snøkrabbe var 83,73 kr i 2016 som viser en kraftig økning fra 61,39 kr som var gjennomsnittlig kilopris i 2015 ^[25]. Primært selges snøkrabbene i kokte frosne seksjoner og 90% av snøkrabbefangsten blir ombordprodusert. Ben og klør selges også enkeltvis, både kokt eller rå, frosne eller kjølte. Salget av levende snøkrabber er også stigende selv om det i 2016 kun hadde en markedsandel på 6 prosent ^[31].

1.3 Oppdragsbeskrivelse

Oppdraget i denne masteroppgaven er å utrede, utvikle og konstruere en anordning etter følgende beskrivelse:

- **Produktet:** Skal tilføre attraktanter til vannet slik at krabber tiltrekkes teiner, produktet skal og basere seg på bruken av tradisjonelt agn som akkar og sild.
- **Viktige mål:** Anordningen skal være enkel i bruk, ha god driftssikkerhet og medføre topp sikkerhet for operatør og annet materiell. Den totale utgiften knyttet til agn skal reduseres ved bruk av produktet.
- **Primære markeder:** Snøkrabbefiske med store teiner.
- **Sekundære markeder:** Snøkrabbefiske med små teiner, kongekrabbefiske, og fiske etter andre arter med teiner. Eksempelvis kan dette være torske, hummer eller taskekrabber.

1.4 Problemtillinger og teknologiske flaskehals

Følgende problemstillinger og teknologiske flaskehals er knyttet til oppdraget:

- **Sjøvannsbestandighet:** Hvordan kan utforming og materialvalg sørge for at produktet tåler å bli eksponert for sjøvann over tid?
- **Is, frost, kulde og sol:** Produktet vil både bli brukt i frost og bitende kulde i tillegg kan det bli lagret i direkte sollys. Hvordan kan produktet ha komponenter som tåler både is og direkte sollys?
- **Store havdyp:** Hvilke mekaniske funksjoner kan utføres i havdyp ned mot 600 meter? Er det mulig å lage en anordning som utnytter seg av det store vanntrykket?
- **Utvasking fra sjøvann:** Hvordan kan agnet oppbevares for å sikre at sjøvann ikke vasker ut luktstoffer fra agnet før agnet skal eksponeres?
- **Hurtig refill:** Hvordan kan agndispenseren være utformet slik at egning går raskt?
- **Innfesting:** Hvordan kan et system for enkel montering i ulike teiner utformes?
- **Spredningsmekanismer:** Hvilke mekanismer er med på å spre lukt og smaksstoffer i vann? I hvilken grad kan spredningen av luktstoffer fra agn påvirkes?
- **Fysiske tester:** På hvilken måte kan fysiske tester være med på bygge opp under produktets troverdighet? Hvilke aspekter ved produktet er det hensiktsmessig undersøke med praktiske tester?

2 Prosjektplan

I dette kapittelet presenteres prosjektets hovedmål og delmål. Det også fremlagt en forenklet prosjektplan med milepæler, samt avgrensninger for arbeidet.

2.1 Målsettinger

Prosjektets målsettinger er definert i et hovedmål med fem delmål.

Hovedmål

Utrede, utvikle og designe en anordning for å redusere forbruket av agn ved snøkrabbefiske, samt å foreslå et praktisk testopplegg av anordningen.

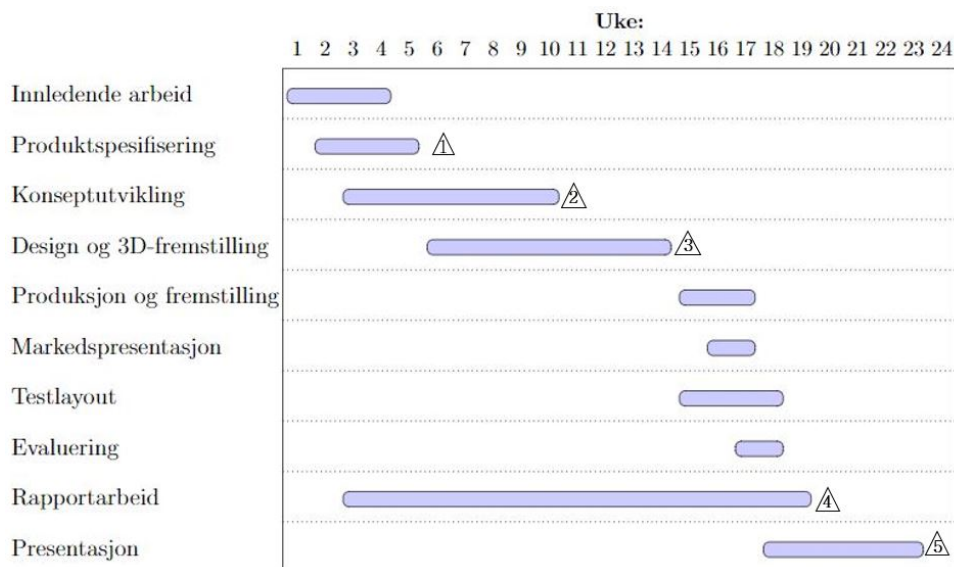
Delmål

Hovedmålet oppfylles gjennom følgende delmål:

- Redegjøre for kundens ønsker og markedets behov, samt definere og stadfeste rammer for en anordning som kan fordele luktstoffer fra agn over tid.
- Kartlegge diffusjonsmekanismer og utføre funksjonsanalyse, utarbeide funksjonsalternativer og gjennomføre seleksjon av konsept for anordningen.
- Utarbeide DAK-design for visualisering av valgt konsept, samt begrunne materialvalg og beskrive produktarkitektur.
- Utrede testlayout for fysiske tester, beskrive fremstilling og produksjonskostnader, samt utforme markedspresentasjon og rapport.
- Presentere arbeidet ved disputas.

2.2 Fremdriftsplan og milepæler

Komplett fremdriftsplan er lagt ved som vedlegg 2. En forenklet versjon av fremdriftsplanen er presentert i figur 11. Planen er utarbeidet for å fordele arbeidstiden på ulike faser av prosjektet og har vært grunnlaget for tidsbruken satt av til ulike oppgaver. Prosjektets milepæler er markert med trekantene i fremdriftsplanen og presentert i tabell 1.



Figur 11: Forenklet fremdriftsplan. Trekantene viser til milepæler gitt i tabell 1.

Tabell 1: Milepæler med ukenummer, dato og en kort beskrivelse.

Nr:	Uke	Dato	Beskrivelse
1	5	03.2.17	Definere produkt
2	11	15.3.17	Konseptvalg
3	14	03.4.17	DAK-fremstille produkt
4	19	10.5.17	Ferdigstille rapport
5	23	08.6.17	Presentasjon med disputas

2.3 Avgrensninger

På grunn av oppgavens begrensede tidsomfang er følgende avgrensninger satt for arbeidet:

- Det vil ikke bli produsert en prototype.
- Produktet skal begrenses til å håndtere én type agn.
- DAK-modellen skal være en konseptmodell, og konstruksjonstegninger skal ikke utarbeides.
- FEM-analyse skal begrenses til et fåtall utvalgte komponenter, og det skal ikke bli gjort simuleringer av dynamiske påkjenninger.
- Det skal ikke bli tatt hensyn til overflatebehandling, og faktorer som påvirker estetikk og markedsføring skal ikke bli vurdert.
- Det skal ikke bli gjort grundig analyse av miljøpåkjenninger.
- Lover og regelverk for snøkrabbefiske skal ikke undersøkes.
- Omfattende økonomiske undersøkelser av produksjon og markedspotensialet skal ikke bli utført.
- Tilgjengelig arbeidstid er 800 timer og leveringsfrist for oppgaven er 15.05.2017.

3 Metodebeskrivelser

I metodebeskrivelser finnes tabeller med formler, begreper og metodikk benyttet i produktutviklingsprosessen. Kapittelet beskriver også programvare, kildebruk, kvalitetssikring og prosessstrinn benyttet i prosjektarbeidet.

3.1 Terminologi og begreper

I utviklingsarbeidet støter man på en rekke faguttrykk og begreper, i tabell 2 er det satt opp en oversikt over aktuelle begreper benyttet i rapporten.

Tabell 2: Aktuelle begreper med forklaringer.

Begrep	Forklaring
Adveksjon	Transport av masse eller energi gjennom strømminger.
Adsorpsjon	Binding av gass eller væskemolekyler til overflaten av et stoff.
Agn	Et medium som brukes for å tiltrekke fisk og sjødyr ved fangst.
Agnboks	En sylindereformet beholder for agn.
Agnpose	En poseformet beholder for agn.
Akter	Bak på båten.
Attraktant	Lukt og smaksstoffer som virker tiltrekkende på krabber eller andre arter.
Aktuator	Komponent som omgjør elektrisk strøm til mekanisk bevegelse.
Autonom	Oppgaver eller prosesser som gjennomføres uten menneskelig interaksjon.
DAK	Dataassistert-konstruksjon, kalles CAD på engelsk.
Diffusjon	Spredning av et stoff i et annet medium.
Dispersjon	Spredning av et stoff omkring en middelverdi.
Egne	Tilføre agn til et fiskeredskap.
FEM	Finite Element Method/elementmetoden, numerisk beregningsmetode.
Fluks	En strøm av lys, væske, partikler eller energi gjennom en flate.
FoU	Forskning og utvikling.
Gåsebanken	Havområdet i den østlige delen av Barentshavet.
IPD	Integrert produktutvikling, utviklingsmetodikk, se kapittel 3.2.1.
Konveksjon	Transporterer masse eller energi gjennom bevegelse av mediets partikler.
Mesh	Masketørrelse, eller størrelse på komponenter ved FEM-analyse.
Mikrokontroller	Programmerbar prosessor i en integrert krets, med ulike funksjoner.
NMBU	Norges miljø- og biovitenskapelige universitet.
Pughs metode	Metode for seleksjon av alternativer, se kapittel 3.2.2.
Render	Fotografisk fremstilling av DAK-modell.
SCAMPER	Utviklingsmetodikk for kreativitet og nytenkning, se kapittel 3.2.3.
Section view	Visualisering hvor deler av modellen er fjernet eller kuttet vekk.
Sikkerhetsfaktor	Forholdet mellom bruddgrense og spenningen et materiale utsettes for.
Snu/Vende teine	Heise opp teine, tømme den for fangst, egne den og sette den ut igjen.
Solenoid	Sylindrisk tettviklet elektrisk spole.
Testlayout	En samling med tester for et produkt.

Symboler benyttet i rapporten er vist i tabell 3, med en kort beskrivelse og SI-enheter.

Tabell 3: Symboler med beskrivelse og enhet.

Symbol	Beskrivelse	SI-enhet
<i>Generelt</i>		
F	Kraft	N
m	Masse	kg
L	Lengde	m
b	Bredde	m
h	Høyde	m
A	Areal	m^2
V	Volum	m^3 [*1]
v	Hastighet	m/s
T	Temperatur	$^{\circ}K$ [*2]
g	Tyngdeakselerasjon	m/s^2
t	Tid	s [*3]
<i>Hydrostatikk</i>		
p	Trykk	MPa [*4]
v	Spesifikt volum	m^3/kg
γ	Spesifikk vekt	N/m^3
ρ	Tetthet	kg/m^3
z	Høyde i et fluid	m
$\delta x, \delta y, \delta z$	Dimensjoner på kontrollvolum	-
$\frac{\partial p}{\partial z}$	Trykkendring i fluid	MPa/m
<i>Diffusjon</i>		
D	Diffusjonskoeffisient	m^2/s
J	Diffusjonsrate	$kg/m^2 \cdot s$
L_d	Diffusjonslengde	m
C	Konsentrasjon ifb. diffusjon	-
x	Avstander normalt på overflate	m
$\frac{dC}{dx}$	Konsentrasjonsgradient	-
η	Dynamisk viskositet	$N \cdot s/m^2$
a	Partikkelradius	mm
u	Lokal strømningshastighet	m/s
\bar{R}	Gasskonstant, 8.31	$J/mol \cdot K$
N_A	Avogadros tall, $6.022 \cdot 10^{23}$	mol^{-1}
Pe	Peclets tall	-
Re_L	Reynolds tall	-
S_c	Schmidts tall	-
<i>Statikk og fasthetslære</i>		
η_F	Sikkerhetsfaktor mot flyt	-
M	Moment	Nm
R	Reaksjonskrefter	N
\bar{x}	Tyngdepunktsakse	-
I	Annet arealmoment	mm^4
σ	Spenninger	MPa
<i>Produksjonskostnader</i>		
x'	Antall produserte enheter	-
y'	Enhetskostnader	-

- [*1] - For volum brukes også liter, hvor $1000 \text{ liter} = 1 \text{ m}^3$
 [*2] - For temperatur brukes også $^{\circ}\text{C}$, hvor $^{\circ}\text{C} = ^{\circ}\text{K} - 273.15$
 [*3] - For tid brukes også, minutter, timer, dager og år.
 [*4] - For trykk brukes også bar , hvor $1 \text{ bar} = 0,1 \text{ MPa}$.

Formler benyttet i arbeidet er listet i tabell 4.

Tabell 4: *Formler med beskrivelse og formelnummer.*

Formel	Beskrivelse	Formelnummer
<i>Hydrostatikk</i>		
$p = \frac{F}{A}$	Trykk	1
$\gamma = \rho \cdot g$	Spesifikk vekt	2
$\frac{dp}{dz} = -\gamma$	Trykkendring i fluid	3
<i>Diffusjon</i>		
$J = \frac{m}{At}$	Diffusjonsrate	4
$J = -D \frac{dC}{dx}$	Ficks første lov	5
$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} (D \frac{\partial C}{\partial x})$	Ficks andre lov	6
$D = \frac{RT}{N_A} \frac{1}{6\pi\eta a}$	Stokes-Einstein likningen	7
$Pe = \frac{Lu}{D} = Re_L Sc$	Peclet tall	8
$D = \frac{(L_d)^2}{4t}$	Diffusjonskoeffisient	9
<i>Statikk og fasthetslære</i>		
$\eta_F = \frac{\sigma_{flyt}}{\sigma_{maks}}$	Sikkerhetsfaktor mot flyt	10
$M = F \cdot L$	Moment	11
$I_x = \frac{bh^3}{12}$	Annet arealmoment	12
$\bar{x} = \frac{\sum \bar{x}A}{\sum A}$	Felles tyngdepunkt	13
$I_x = I_{x'} + Ax^2$	Parallellakse teoremet	14
$\sigma_{normal} = \frac{F}{A}$	Normalspenninger	15
$\sigma_{bøye} = \frac{M \cdot x_{maks}}{I}$	Bøyespenninger	16

3.2 Metodebruk og løsningsverktøy

Det er benyttet ulike modeller og metoder i produktutviklingsarbeidet. Tankekart, skisser og håndberegninger ble benyttet i starten av arbeidet og videre er DAK-programvare. Hele prosjektet er planlagt og gjennomført med integrert produktutvikling (IPD) og beslutninger er tatt med Pughs matrise for seleksjon. I kreative faser av arbeidet er SCAMPER-metoden benyttet for å bryte ned oppgaver og løsninger. Her følger en forklaring av metodene.

3.2.1 Integrert produktutvikling(IPD)

Integrert produktutvikling(IPD) er metode for utvikling av produkter, og metoden sammenstiller elementer fra ideskaping til realisering ^[32]. IPD har sine røtter fra USA og har bakgrunn i store sivile og militære utviklingsprosjekter. Hovedtanken bak IPD er å integrere moderne datateknologi, prosedyrer, arbeidsplanlegging og organisering tidlig i utviklingsprosessen. Hensikten med IPD er å øke effektiviteten ved å i en tidlig fase inkludere produkt, produksjon, økonomi og miljøegenskaper i produktutviklingen. Ved tidlig inkludering av disse aspektene kan man styre produktet inn mot en løsning som har lavere gjennomføringstid, bedre læringseffekt og større utnyttelsesgrad. IPD kan karakteriseres som en huskeliste med punkter som skal inkluderes i planleggingen. Viktige punkter i et prosjekt styrt med IPD er følgende ^[33]:

- Kartlegge kundens og markedets behov.
- Planlegging og styring av produktutviklingsprosessen.
- Involvere leverandører og underleverandører tidlig i prosessen.
- Utvikling av et robust design.
- Integrere relevante dataverktøy for design og produksjon.
- Tidlig økonomisk kartlegging og kostnadsstyring.
- Integrasjon av prosessdesign.
- Datasimulere produktegenskaper og produksjonsprosess.
- Bruke produktutviklingsgrupper med bred fagbredde.
- Tidlige økonomiske analyser, og styring prosjektkostnadene fra starten.
- Kontinuerlig forbedring av utviklingsprosessen.

Noen av punktene i listen over vil bli utdypet her ^[34]:

Kundens behov:

Et godt forhold til kunden er viktig for å forstå kunden og brukerens behov. Kommunikasjon og tilbakemeldinger er viktig i utviklingen og dersom man kan involvere kunden direkte i produktutviklingsprosessen økes sjansene for et vellykket produkt. Metoder for å få input fra brukeren, som markedsundersøkelser eller testing i begrensede grupper, er viktige hjelpemidler for å legge grunnlaget for nye produkter.

Planlegging og styring:

Utviklingsarbeid og forskning bør integreres direkte i bedriftens strategier og forretningsplaner og legges inn som en viktig økonomisk aktivitet. Mange bedrifter i Norge har hatt dårlig kultur for FoU-arbeid, og midlene har ofte vært marginale ^[34]. I planlegging er det viktig at man har klare rammer for tiden det tar før et nytt produkt kan vært på markedet. Ideelt er det også med langsiktige investeringer på forskning og utvikling, da kvaliteten øker med forutsigbarheten som langsiktige prosjekter gir.

Produktutviklingsgrupper:

Erfaringer fra tidligere prosjekter viser at alle utviklingsprosesser er tverrfaglige, og skal derfor tidlig håndteres av grupper bestående av personer med ulik fagbakgrunn. Markedsføring, prosjektadministrasjon, produksjon, material, testing og kvalitet er alle avdelinger som tidlig bør integreres for tverrfaglige innspill. Eksempelvis kan en tverrfaglig produktutviklingsgruppe bidra til funksjonelle valg som unngår produksjonsproblemer, eller design kan gjøres fordelaktig for markedsføring.

Prosessdesign:

Prosessdesign innebærer designmessige hensyn tilknyttet framstilling og viktige elementer i produksjonsprosessen. Dette kan eksempelvis innebære modularisering for optimal produksjon, styringsdata for automatiske produksjonsmaskiner, eller organisering av produksjonssteg for mest mulig effektivitet. Å kartlegge produksjonskapasitet og begrensninger er viktig for å kunne utvide produksjonen ved økt etterspørsel. Dette gjelder både ved egen produksjon og produksjon hos underleverandører.

Kostnadstyring:

I utviklingsprosjekter er det viktig at man har kontroll på betalingsvillighet for å sikre økonomisk vurderingsgrunnlag for prosjektet. Det bør tidlig være fokus på kostnadsbesparelser og kostnads mål bør etableres tidlig i prosjektet. Det kan være gunstig å benytte redskaper for å projisere produktkostnader og livsløpskostnadene, for å kunne bruke prognoser til å aktivt styre beslutninger knyttet til utviklingskostnadene.

Underleverandører:

Underleverandører kjenner produksjonsteknologi og produksjonsbegrensninger best, og det kan derfor være lurt å utnytte denne ekspertisen tidlig i produktutviklingsarbeidet, ved f.eks. å tilpasse produktdesign til underleverandører.

Robust design:

Robust design innbefatter at man baserer design og utforming på kvalitet i ingeniørkunnskaper. Erfaringer fra tidligere prosjekter kan være med på å forbedre kvaliteten på nye produkter. Ved videreutvikling av eksisterende produkter kan erfaringer fra tidligere produksjonsserier være viktig input i nye produkter. Prototyping og testing er spesielt viktig ved utvikling av nye produkter hvor man ikke har tidligere erfaringer å bygge på. For levetidundersøkelser må det utvikles testmetoder som akselerer belastning for å fremprovosere slitasje.

Dataverktøy:

Dataverktøy er nå tilgjengelig i stor grad og en felles digital produktmodell er viktig for å dele informasjon. Dataverktøy for design(DAK/CAD) og engineering(CAE) kan bidra til å effektivt gjennomføre analyser av funksjoner og dimensjoner. Dataverktøy for maskinering(CAM) gir mulighet for å tidlig gjennomføre maskineringsprogrammer. På denne måten kan nye produkter planlegges og tilpasses digitalt for optimal produksjon.

Simulering:

Simulering av produkter og modeller gjør det mulig å visualisere og analysere mange produktvarianter på et tidlig stadium. Dynamiske modelleringer er også mulig, og kan gi informasjon om hvordan komponenter innvirker på hverandre. Denne typen simuleringer kan benyttes tidlig for å utvikle et modent design, og redusere antallet nødvendige prototyper. Det finnes også kraftige verktøy for strukturanalyse som sterkt kan bidra til å redusere materialforbruk.

Kontinuerlig forbedring:

Utviklings- og designarbeid kan lett flyte ut og føre til kreative avstikkere. Det bør derfor hele veien stilles spørsmål til hvordan og hvorfor ting gjøres. Det er viktig å opprettholde kvaliteten i alle ledd som gjennomføres og kvalitet skal være grunnlaget for alle beslut-

ninger. Investeringer i opplæring og kompetanseutvikling, bidrar til å utvikle personalet og kan bidra til å øke kvaliteten på arbeidsgruppen.

3.2.2 Pughs metode

Pughs metode ^[35] er en metodikk for en systematisk sammenlikning av ulike alternativer i en beslutningssituasjon. Metoden gir brukeren en oversikt over kriterier og hvordan forskjellige alternativer scorer på ulike kriterier. Med denne metodikken kan et stort antall kriterier vurderes opp mot hverandre. Kriterier settes opp i en seleksjonsmatrise og kan både være vektet og uvektet. Tabell 5 viser et eksempel uten vektete kriterier og tabell 6 viser et eksempel med vektete kriterier.

Tabell 5: Eksempel på **uvektet** versjon av Pughs matrise. Her er tre vurderingskriterier listet opp, vilkårlige vurderinger er gitt. "+", "=" og "-" er de mulige vektene, som gir henholdsvis +1, 0 og -1 poeng. Ut fra denne matrisen går alternativ 4 frem som det beste alternativet.

Vurderingskriterie	Alternativer			
	1	2	3	4
Kriterie 1	+	+	-	=
Kriterie 2	-	-	+	+
Kriterie 3	-	=	-	+
Sum	-1	0	-1	2

Pughs matrise kan også være mer avansert med vektete kriterier, mange funksjonsalternativer og delsummer ^[36]. Ved bruken av vektete kriterier kan både tallverdier og prosentsats brukes for å rangere kriterier opp mot hverandre. Her vil hvert alternativ få poeng, samt en sum basert på vekt multiplisert med poeng. Eksempel på dette er vist i tabell 6.

Tabell 6: Eksempel på **vektet** versjon av Pughs matrise. Vurderingskriterier er satt opp med vekt i prosent, alternativene får her poeng og en sum som er verdien av alternativets poeng multiplisert med kriteriets vekt.

Vurderingskriterie	Vekt	Alternativer					
		1		2		3	
		Poeng	Sum	Poeng	Sum	Poeng	Sum
Kriterie 1	10%	x	y	x	y	x	y
Kriterie 2	20%	x	y	x	y	x	y
Kriterie 3	30%	x	y	x	y	x	y
Kriterie 4	5%	x	y	x	y	x	y
Kriterie 5	15%	x	y	x	y	x	y
Kriterie 6	20%	x	y	x	y	x	y
Vektet sum	100%	z		z		z	
Rangering		2		1		3	
Beste løsning				Ja			

I tabell 6 er Pughs matrise satt opp med seks vektete kriterier. Avhengig av vekten vil de ulike kriteriene gi forskjellig utslag i summen hvert alternativ får. Eksempelvis vil et

alternativ som får $x = 1$ poeng i kriterie 2, som er vektet 20% få summen $y = 1 \cdot 0.2 = 0.2$, se tabell 7.

Tabell 7: Utklipp fra tabell 6 som viser hvordan et alternativ som har fått 1 poeng på kriterie 2 som har vekten 20% får delsummen 0.2

	Vekt	Poeng	Sum
Kriterie 2	20%	1	0.2

For å kalkulere den vektete summen, z , for et alternativ legges alle de vektete delsummene sammen, $z = \sum y$. Dette er vist i tabell 8.

Tabell 8: Utklipp fra tabell 6 som viser skjematisk hvordan delsummene fra tre kriterier summeres som den vektete summen z . I dette eksempelet er det brukt tallverdier for å vekte kriteriene opp mot hverandre.

	Vekt	Poeng	Sum
Kriterie 1	1	-1	-1
Kriterie 2	2	0	0
Kriterie 3	3	1	3
Totalsum			2

Som vist i tabell 8 spiller nå vekten til vurderingskriteriet inn på alternativets totalsum, det beste alternativet vil være det som ender opp med den høyeste totalsummen. Pugh trekker frem sentrale punkter innenfor seleksjon innen produktutvikling, punktene innebærer ^[34]:

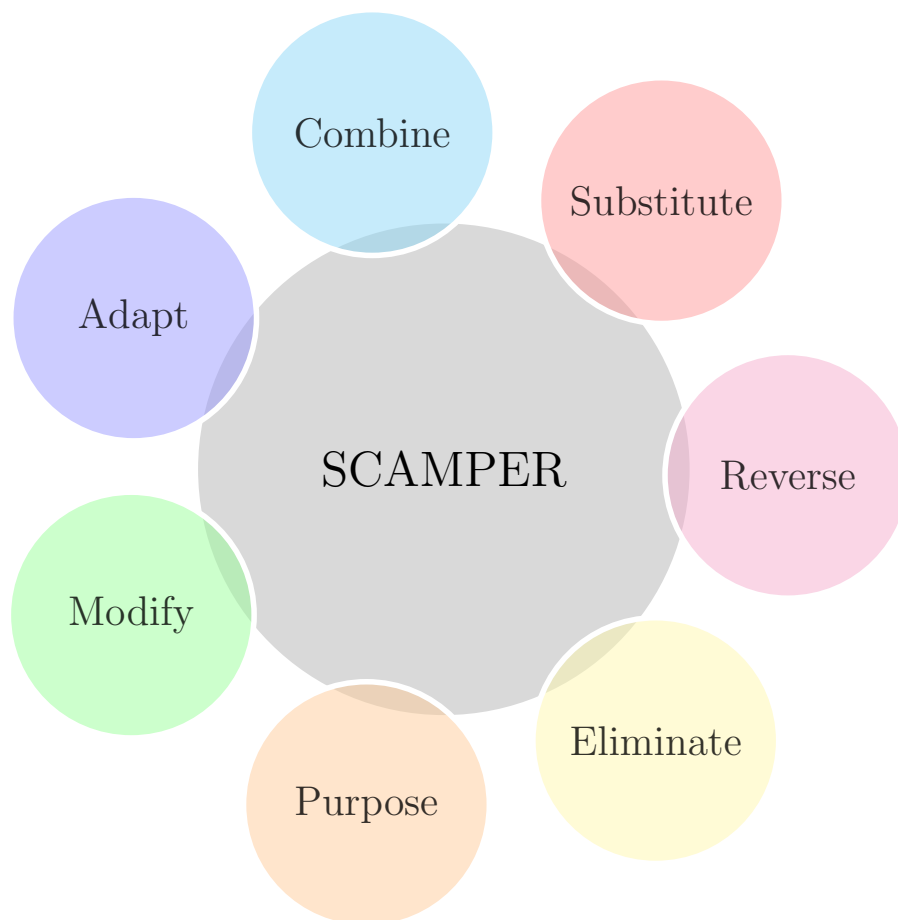
1. Samtlige alternativer må oppfylle de gjeldende konsept- eller produktspesifikasjoner.
2. Detaljnivået i alle alternativer skal være av tilsvarende grad.
3. Vurderingskriteriene må gjelde likt for alle alternativer.
4. Seleksjonsmatrisen må suppleres med en dypere forklaring til hva som legges i kriteriene.
5. Alle alternativer må løse problemet på tilsvarende nivå.
6. Produser seleksjonskriterier i forkant av konseptgenerering, og knytt kriteriene direkte til konsept- eller produktspesifikasjonene.
7. Bedøm samtlige alternativer på samme tidspunkt opp mot et produkt som gjør den samme oppgaven på tilsvarende måte.
8. Benytt graderingene ”+” hvis alternativet har en egenskap som er gunstig i forhold til kriteriet, ”-” hvis alternativet har en ugunstig egenskap i forhold til kriteriet og ”=” om det er usikker om alternativet har en bedre eller dårligere egenskap i forhold til kriteriet.
9. Summer sammen delsummer til en totalsum for alternativet, benytt vekting dersom dette er aktuelt.
10. Kartlegg hvert alternativ om det har eksepsjonelle styrker eller svakheter.
11. Forsøk å modifisere alternativer som har scoret generelt bra, men med enkelte svakheter.
12. Kartlegg om svake alternativer kan totalendres og introduseres på ny.
13. Legg eventuelt inn nye alternativer fra punkt 11 og 12, og kalkuler ut matrisen på nytt.

14. Om det ikke trer fram nye sterke alternativer gjennom steg 11-13, kontroller om vurderingskriterier er flertydig eller om alternativene har for stor tilknytning til hverandre.
15. Når et alternativ trer frem som den beste løsningen, velg denne som basis for matrisen, og test matrisen en gang til. Om resultatet ikke er entydig med at dette alternativet er best, gjør punktene 11-12 om igjen.

Det er i dette arbeidet gjort flere forenklinger, blant annet er det ikke valgt et referanseprodukt som alternativene vurderes opp mot og punkt 13-15 er utelatt. Årsaken til forenklingene er at dette er en meget tidkrevende og omfattende prosess, og dette arbeidet har et begrenset tidsomfang som strekker til hele prosessen.

3.2.3 SCAMPER

SCAMPER er en metode utviklet av Alex Osborne som bidrar til kreativitet og nytenkning i utviklingsarbeid ^[37]. I en utviklingsprosess er det lett å sette seg fast i et løsningsalternativ, men SCAMPER-verktøyet hjelper en utvikler til å få en kreativ tankeflyt og fantasifulle forslag. Metoden består av en smørbrøddliste for å snu opp-ned på problemstillinger og løsningsalternativer. Smørbrøddlisten forkortes til SCAMPER, og punktene er vist i figur 12.



Figur 12: SCAMPER teknikken med sine ulike steg. Samtlige punkter her er beskrevet under.

SCAMPER-teknikken består av følgende steg ^[38]:

- **S = Substitute/erstatte:** Kan deler av produktet eller løsningen erstattes? I utviklingen av et produkt kan man enkelt låse seg fast i produkter eller løsninger man allerede har. Dette steget hjelper til å kartlegge om noen av dagens løsninger kan erstattes. Typiske spørsmål å stille seg i denne fasen er: Hvilke deler kan erstattes uten at det påvirker hele produktet? Hva vil skje hvis en del av produktet byttes med en alternativ del? Kan en komponent erstattes med en enklere komponent?
- **C = Combine/kombinere:** Kan to eller flere deloppgaver kombineres i en komponent? Å lete etter løsninger som enten reduserer antall komponenter, eller som øker brukspotensialet til produktet er kjernen i dette steget. Flere typiske spørsmål å stille for dette steget er: Kan vi kombinere to prosess-steg? Kan et produkt løse to oppgaver? Kan ressurser brukes på en måte som dekker flere behov?
- **A = Adapt/tilpasse:** Dette er et punkt for å kartlegge om et produkt kan tilpasses eller optimaliseres for enda bedre resultater. Tilpasninger kan være i hele spekteret fra ørsmå justeringer, til totale omveltninger av hele produktet. Relevante spørsmål for dette steget er: Hva må vi endre for å oppnå bedre resultater? Hvordan kan vi forbedre eksisterende løsning? Hvordan kan vi gjøre et produkt mer standardisert?
- **M = Modify/modifisere:** Hvordan kan endringer gjøres for å frigjøre kapasitet eller løse problemer? Det er i dette steget aktuelt å vurdere former, størrelser, farger, teksturer eller andre attributter ved produktet. Typiske spørsmål å besvare i dette steget er: Hvordan kan vi modifisere prosessen for å forbedre resultatet? Hva om vi dobler dagen størrelse? Hvis markedet var annerledes, hvordan ville da produktet sett ut?
- **P = Purpose/hensikt:** Et produkt er utviklet for å løse en spesifikk oppgave, men kan vi løse andre oppgaver med et eksisterende produkt? Aktuelle spørsmål i dette steget er: Kan produktet benyttes til andre oppgaver? Hvilke fordeler har produktet sammenliknet med andre produkter? Kan produktet brukes på andre måter? Kan vi utnytte avfall eller biprodukter?
- **E = Eliminate/eliminere:** Dette steget handler om å fjerne eller eliminere steg eller komponenter i en prosess eller i et produkt? Hva om man fjerner denne delen? Kan vi oppnå tilsvarende resultat med færre steg i prosessen? Hva om vi måtte arbeide med halvparten av ressursene?
- **R = Reverse/reversere:** Det siste steget er å reversere, eller rearrangere en prosess, komponenter eller et produkt. Hva om vi plasserer prosesser eller komponenter i en annen rekkefølge? Hva om vi bytter om på komponenter? Hva om vi kjører fabrikken baklengs? Dette er spørsmål som stilles her og dette steget kan være med på å skape kreative løsninger og produkter som ikke kommer frem på andre måter.

SCAMPER-verktøyet er et kraftig verktøy for å tenke utenfor boksen og metoden er meget tverrfaglig. Metoden trenger ikke å være knyttet direkte til produktutvikling, men kan også brukes i andre disipliner, som salg, prosess eller markedsføring.

3.3 Programvare

I arbeidet er det benyttet ulike programvarer som er vist i tabell 9. Privat datamaskin er benyttet, og lisenser er tildelt av NMBU.

Tabell 9: Oversikt over programvare, med informasjon om utgiver og versjon, samt en kort beskrivelse av bruksområdet.

Programvarenavn	Utgiver	Beskrivelse	Versjon
Solidworks	Dassault systems	DAK-modellering, FEM	2016x64
CES-edupack	Granta design	Materialdatabase	2016
Latex	ShareLatex	Rapportskriving, online	2017
Skype	Microsoft	Kommunikasjon	7.29
GanttProject	GanttProject Team	Gantt diagram	2.8.1
Wunderlist	Wunderkinder GmbH	Prosjektplanlegging	3.4.0
Excel	Microsoft	Grafer	2016
Powerpoint	Microsoft	Figurer	2016

3.4 Kildebruk

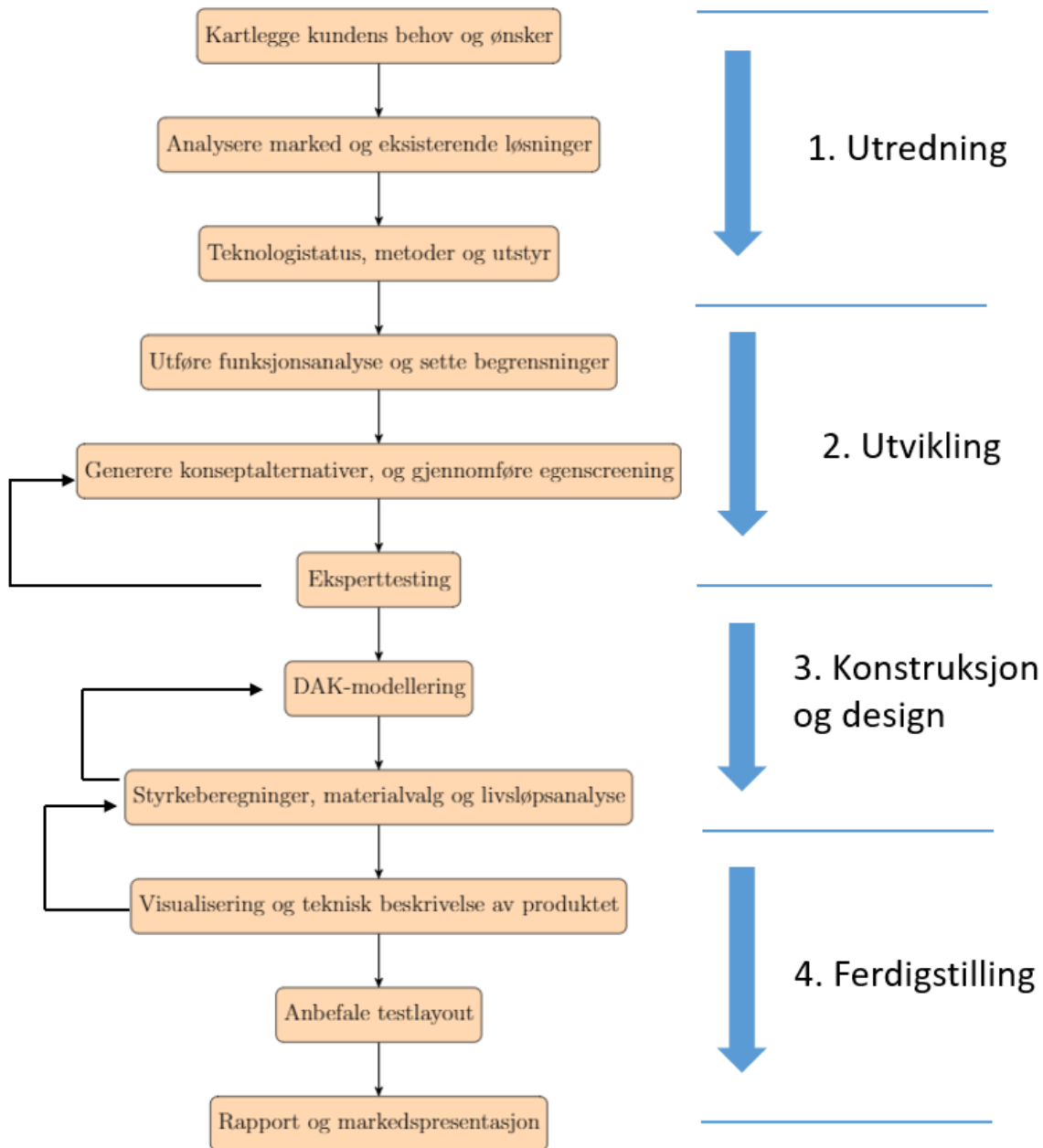
Det er i arbeidet benyttet en rekke ulike kilder til informasjon og dokumentasjon. Google-søk er benyttet for innhenting av informasjon angående markedet og konkurrerende løsninger, og det er søkt i vitenskapelige kilder hvor det har vært mulig. Søkemotorene Springer.com og google.scholar er benyttet for å finne vitenskapelige publikasjoner. Viktige kilder har vært publikasjoner fra forskningsmiljøer i Norge ved Havforskningsinstituttet og Nofima, samt internasjonale publikasjoner fra bla. "Newfoundland Department of Fisheries and Aquaculture" og "Fisheries and Marine Institute, Memorial University". Faglitteratur og samtaler med fagpersoner er også benyttet i arbeidet og er viktige kilder til arbeidet. Figurer i rapporten er en kombinasjon av egne foto og figurer, samt figurer hentet fra nettstedet referert med link.

3.5 Kvalitetssikring

Gjennom hele arbeidet har det vært fokus på å samle inn informasjon fra pålitelige kilder. Møter med veiledere har foregått hyppig, i tillegg har undertegnede valgt å sitte hos Inventas i Kristiansand 1-2 dager i uken for å få til et nært samarbeid med bedriften. Fagmiljøer har tidlig blitt kontaktet for innspill, dette gjelder studenter og ansatte ved NMBU, krabbefiskere i Kirkenes og forskningsmiljøet i Tromsø med Nofima og UiT. En ekstern konsepttesting blant en ekspertgruppe bestående av fagpersoner er gjennomført og underleverandører er også kontaktet for innspill og råd.

3.6 Prosesstrinn

Utviklingsarbeidet består av en rekke prosesstrinn som er utført i en dynamisk prosess. Deler av arbeidet er gjennomført og avsluttet på et tidlig eller sent tidspunkt av prosjektet, mens andre prosesstrinn har glidende overganger. Prosesstrinnene er satt opp i en tidlig fase og er en måte å implementere IPD i prosjektet, se figur 13.



Figur 13: Overordnede prosesstrinn i prosjektet med oppdeling etter faser. I utredningsfasen består arbeidet i kartlegginger og analyser, i utviklingsfasen består arbeidet i å utføre funksjonsanalyse, generere konseptalternativer og gjennomføre eksperttesting. Konstruksjon og design er en fase hvor DAK-modellering og styrkeberegninger blir gjennomført, mens i ferdigstillingsfasen består arbeidet av visualiseringer, tekniske beskrivelser, anbefaling av testlayout, samt rapportering og markedspresentasjon.

4 Grunnlagsteori og teknologiske beskrivelser

Dette kapittelet beskriver aktuell teori for utviklingen av produktet, dette innebærer hydrostatiske påkjenninger, diffusjon og diffusjonsmekanismer i saltvann.

4.1 Hydrostatikk

Et objekt nedsenket i et fluid opplever et statisk trykk. Trykk er definert som kraft per areal, se tabell 4.

$$p = \frac{F}{A} \quad (1)$$

Hvor p er det statiske trykket og A er arealet kraften F virker på. Terminologien hydrostatikk, betyr at trykket er forårsaket av et fluid som står i ro. Hydrostatisk teori viser at dette trykket for et punkt er likt i alle retninger ^[39]. Tetthet av masse, ρ , til et volum er definert som masse per volum, og kan relateres til tyngde via den spesifikke vekten, γ som er definert som vekt per volum. Se tabell 4.

$$\gamma = \rho \cdot g \quad (2)$$

hvor g er tyngdeakselerasjonen, som i denne oppgaven, jamført med ^[39], settes til

$$g = 9.81m/s^2$$

Vann ved 4 °C brukes som standard for å definere tettheten, og tettheten til ethvert fluid variere med temperatur og trykk. I denne oppgaven er tettheten til vann, jamfør ^[39], satt til

$$\rho = 1000kg/m^3$$

Tettheten til saltvann er litt høyere enn for ferskvann, og gjennomsnittlig tetthet for saltvann er $1038.5 \pm 2.4kg/m^3$ ^[40]. Denne ulikheten i tettheten til sjøvann og ferskvann er så liten, at den neglisjeres i denne oppgaven, da de store variasjonene i dybde gjør denne faktoren ubetydelig.

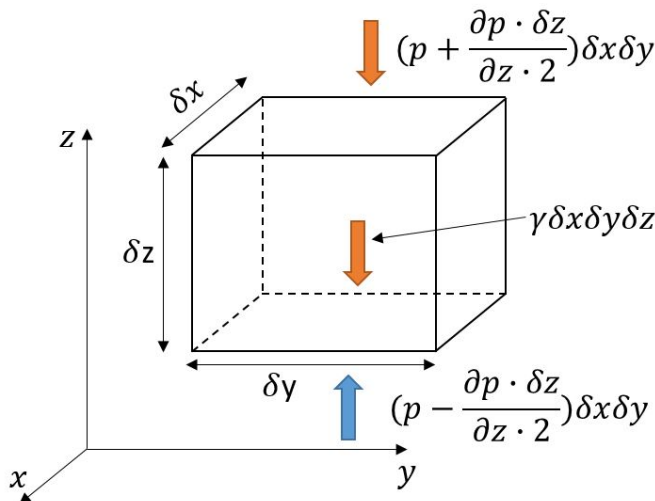
I fluidstatikk er det ulike fremgangsmåter for å beregne parametere ved fluider avhengig av om fluidet er **kompressibelt** eller **inkompressibelt**. Å regne med inkompressible medier er en forenkling av virkeligheten, da alle fluider i virkeligheten kompressible. Betydningen av termen inkompressibelt, betyr at fluidets endring av tetthet forårsaket av trykkendringer er så liten at den kan neglisjeres. Kompressibiliteten til vann må inkluderes for å forklare enkelte fenomener, som f.eks. trykkstøt(water hammer), som er plutselige retningsendringer i volumstrømmer, eller lydbølgers bevegelse gjennom vann som egentlig er trykkbølger som forplanter seg i fluidet vann. I denne oppgaven vil vann bli behandlet som et inkompressibelt medium, da det ikke er forutsetninger som indikerer at dette vil skape problemer ^[39].

Trykket ved havoverflaten, det atmosfæriske trykket, er jamfør ^[39], satt til $p_{atm} = 101.325kPa$. Dette er det absolutte trykket ved havoverflaten og i oppgaven er trykket avrundet til

$$p_{atm} \approx 0,1MPa$$

For å finne et uttrykk for trykk ved ulike dybder i et fluid er et kontrollvolum undersøkt. Fluidet blir antatt å være inkompressibelt, som betyr at tettheten i dette volumet er

konstant. Fordi elementet er i ro, antar vi at summen av krefter som virker på volumet er null og at volumet er i likevekt i alle retninger ^[39], se figur 14.



Figur 14: Utredning av krefter som virker på et kontrollvolum i statisk likevekt. Kontrollvolumet har dimensjonene $\delta x, \delta y$ og δz , hvor den blå pilen indikerer summen av krefter som virker i positiv z -retning på kontrollvolumet. Den røde pilen øverst indikerer summen av krefter som virker negativ z -retning på kontrollvolumets overside. Den røde pilen i midten indikerer kraften fra volumet multiplisert med fluidets spesifikke vekt.

Summen av krefter i horisontale retninger er null, dvs $\sum F_x = \sum F_y = 0$, og ved å sette opp uttrykket for likevekt av krefter i z -retning får vi ^[39]:

$$\sum F_z = (p - \frac{\partial p}{\partial z} \frac{\delta z}{2}) \delta x \delta y - (p + \frac{\partial p}{\partial z} \frac{\delta z}{2}) \delta x \delta y - \gamma \delta x \delta y \delta z = 0$$

Her er p er trykket i høyden midt i kontrollvolumet, og $\delta x, \delta y$ og δz er dimensjonene på kontrollvolumet. $\frac{\partial p}{\partial z}$ er trykkendringen i z retning og γ er den spesifikke vekten til fluidet. Ved å løse opp parentesene og summere sammen står dette uttrykket igjen for spesifikk vekt igjen, se tabell 4 ^[39]:

$$\frac{dp}{dz} = -\gamma \tag{3}$$

Dette er det generelle uttrykket som relaterer trykkendringer i et statisk fluid med hensyn på den vertikale posisjonen til fluidets spesifikke vekt. Det negative fortegnet indikerer at trykket stiger når vi beveger oss i negativt langs z -aksen, altså nedover i dypet. I denne oppgaven vil havet beregnes som et statisk fluid, og trykk ved ulike havdybder er gitt med følgende formel:

$$p_{dybde} = p_{atm} + (-\gamma \delta z)$$

p_{dybde} er trykket vi ønsker å finne, p_{atm} er trykket ved overflaten, γ er den spesifikke vekten til vann og z er dyden i meter ned til dybden hvor vi ønsker å finne trykket. I forbindelse med trykk brukes ofte bar, som er utledet fra SI enheten Pascal, hvor 1 bar tilsvarer 100 000 pascal, eller 0.1 MPa.

$$1 \text{ bar} = 0.1 \text{ MPa}$$

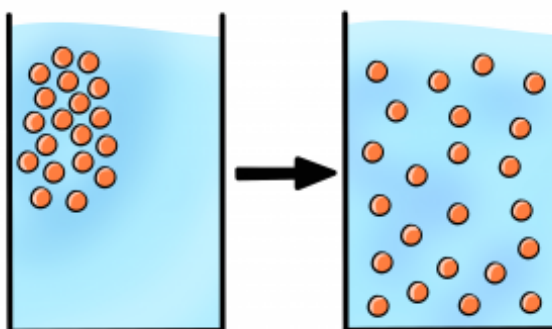
Som et eksempel på utregning av trykk ved en havdybde er det her utregnet trykket ved $z = (-)200m$, trykket er oppgitt i både MPa og bar.

$$\begin{aligned} p_{-200m} &= p_{atm} - 1000kg/m^3 \cdot 9.81m/s^2 \cdot -200m \\ p_{-200m} &= 0.1MPa - (-1.96MPa) \\ p_{-200m} &\approx 2.06MPa \\ p_{-200m} &\approx 20.6bar \end{aligned}$$

Som vi ser er trykket ved 200 meters dybde rundt 20 bar. En tommelfingerregel for å estimere trykket i bar ved store dybder, er å dele dybden i meter på 10.

4.2 Diffusjon

Diffusjon er læren om hvordan stoffer, i solid, væske eller gassform, transporteres via bevegelser på atomnivå og molekylnivå. Diffusjon av attraktanter fra agn til vannet som omslutter agnet, er prosessen som forklarer hvordan krabber kan lukte fiskeagn på avstand. Fenomenet diffusjon kan forklares ved å se på stoffer som over tid beveger seg fra et område med høy konsentrasjon mot en homogen fordeling med lavere konsentrasjon, dette er vist i figur 15. Høy konsentrasjon kan være høyt kjemisk potensial, sterk konsentrasjon eller i forbindelse med diffusjon av varme kan det være et område med høy temperatur ^[41].



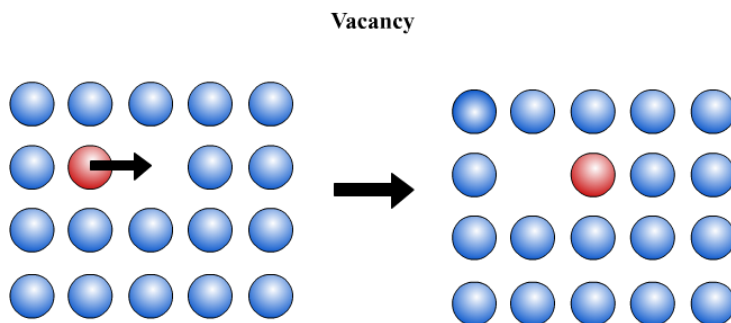
Figur 15: Diffusjon av et stoff, illustrert med røde partikler i et blått medium. Partiklene er løsbare i det blå mediet, og beveger seg tilfeldig rundt/diffunderer, og etter en tid vil vi se en uniform fordeling av røde partikler i det blå mediet ^[42].

På atomnivå kan diffusjon i solider ansees som en stegvis migrasjon av atomer fra en ledig gitterposisjon til en annen. På atomnivå er det en konstant bevegelse blant alle atomer, dette gjelder for alle materialer i gass, fluid eller solid tilstand. Det er to krav som må være oppfylt for at atomer kan gjennomføre en forflytning mellom gitterposisjoner, (1) det må finnes en ledig gitterposisjon ved siden av atomet, og (2) atomet må ha inneha nok energi til å frigjøre seg fra sin posisjon og forårsake lokale gitterforstyrrelser under sin forflytning. Det finnes mange modeller for å beskrive atomenes bevegelser og for diffusjon i metaller er følgende to dominerende ^[41].

Vacancy Diffusion/Ledighetsdiffusjon

Denne mekanismen består i at et atom forflytter seg fra sin posisjon i gitterstrukturen til

en nærliggende posisjon i gitterstrukturen. Den nye posisjonen må være ledig(vakant) og atomet forflytter seg i motsatt retning av hullet i gitterstrukturen som vist i figur 16.

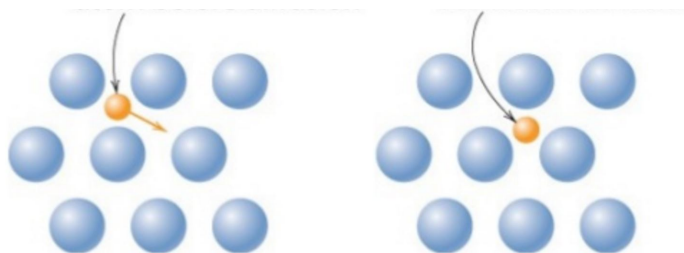


Figur 16: Vacancy diffusion/Ledighets diffusjon, illustreres her ved at et atom forflytter seg til en nærliggende ledig posisjon i gitterstrukturen ^[43].

For at denne typen diffusjon skal kunne finne sted er det nødt å være hull i materialets gitterstruktur, og diffusjonsraten vil avhenge av mengden hull i strukturen ^[41].

Interstitial Diffusjon/Mellomromsdiffusjon

Den andre mekanismen for diffusjon baserer seg på at forskjellen i atomstørrelse gjør at små atomer kan bevege seg i posisjoner mellom store atomer som står i en fast gitterstruktur, som er vist i figur 17.



Figur 17: Interstitial diffusion/Mellomroms diffusjon, et atom forflytter i rom mellom gitterstrukturen til et material med større atomer ^[41].

Denne mekanismen er vanlig ved mellomromsdiffusjon av urenheter som hydrogen, karbon, nitrogen og oksygen som er atomer som er små nok til å passe i seg i hull i andre materials gitterstruktur. I metalliske legeringer er denne diffusjonsmekanismen utbredt, fordi små atomer er mobile og fordi det i en gitterstruktur finnes flere mellomstrukturelle gitterhull, enn store ledige hull som er nødvendig for å oppleve ledighetsdiffusjon.

Steady state diffusjon/Stabil tilstandsdiffusjon

Diffusjon er i utgangspunktet en tidsavhengig prosess, da diffusjon på makroskopisk nivå er kvantiteten av et stoff transportert med et annet stoff som en funksjon av tid. Vi ønsker ofte å vite hvor raskt diffusjonen inntreffer, eller med andre ord hvor mye masse som transporteres per tid. Denne raten kalles **Diffusjonsrate, J**, er vist i tabell 4 og er definert som:

$$J = \frac{m}{A \cdot t} \quad (4)$$

A er tverrsnittsarealet hvor diffusjonen foregår, og m er masse, eller antall atomer som diffunderer, og t er tiden diffusjonen foregår. Enheten for diffusjonsrate er kilogram eller antall atomer per kvadratmeter per sekund, ($kg/m^2 \cdot s$). Formel 4 kan ved en steady state/stabil tilstandsdiffusjon i en retning (x) uttrykkes matematisk på følgende måte:

$$J = -D \frac{dC}{dx} \quad (5)$$

$\frac{dC}{dx}$ er konsentrasjonsrate som funksjonsrate av x , og konstanten D , kalles **Diffusjonskoeffisient**, som har enheten m^2/s . Formel 5, tabell 4, kalles **Ficks første lov**, etter den tyske fysikeren Adolf Fick. Fick satte i 1855 opp grunnleggende matematiske lover for diffusjon som fremdeles er gjeldende [44]. Minustegnet i formel 5 indikerer at diffusjonsstrømmen går fra høy mot lavere konsentrasjon.

Nonsteady-state diffusjon/Ikke-stabil tilstandsdiffusjon

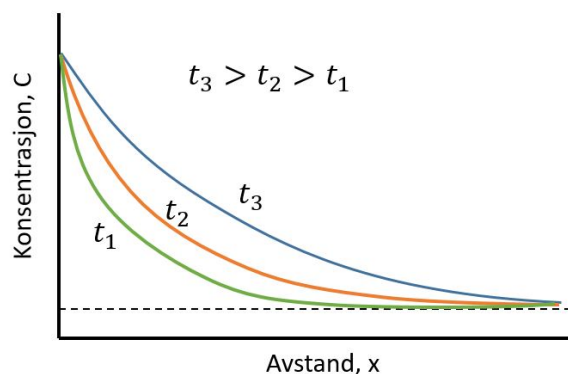
I de fleste virkelige diffusjonssituasjoner er ikke diffusjonen stabil over tid, men den varierer og vi har dermed en ikke-stabil tilstandsdiffusjon¹⁷. Fick utledet også en lov, se tabell 4 som uttrykket forholdet mellom konsentrasjon over tid og diffusjonsrate:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D \frac{\partial C}{\partial x} \right) \quad (6)$$

Formel 6 kalles for **Ficks andre lov**, hvor $\frac{\partial C}{\partial t}$ er konsentrasjon som funksjon av tid, D er diffusjonskoeffisienten, x er en avstand i retningen diffusjonen foregår og $\frac{\partial C}{\partial x}$ er konsentrasjonen som funksjon av avstanden x . Formel 6 kan forenkles til;

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2}$$

Figur 18 viser konsentrasjon ved ulike avstander etter at diffusjonen har pågått i tre ulike tidsperioder.



Figur 18: Konsentrasjon av et diffunderende medium som funksjon av avstand x . Konsentrasjonen er gitt ved tre ulike tidspunkt. Etter kort tid er det store konsentrasjonsforskjeller i ulike avstander, men etter som tiden går vil konsentrasjonsgradienten gå mot å være lineær.

Løsningen på formel 6, gir konsentrasjon ved en gitt posisjon etter en gitt tid er avhengig av gitte grensebetingelse i tillegg til er det nødvendig med flere antakelser. Blant annet må vi anta at det diffunderende mediet er homogent fordelt med en startkonsentrasjon.

Avstanden $x = 0$, må settes ved overflaten og stige innover i mediet. Tiden ved oppstart må være $t = 0$ og må settes til øyeblikket før diffusjonen starter. Løsning av formel 6 er avhengig av en Gauss feilfunksjon og tabellverdier ^[41], og vil ikke nærmere bli diskutert her.

Faktorer som påvirker diffusjon

Det finnes mange faktorer som påvirker diffusjon, her er utvalgte sentrale faktorer presentert ^{[41],[45],[46]}:

- **Stoffer:** Hvilke stoffer som diffunderer og hvilket medium stoffet diffunderer i har stor påvirkning på diffusjonskoeffisienten. Ettersom stoffer har ulik oppbygning på atom og molekylnivå vil det være store variasjoner i hvor lett stoffene diffunderer inn eller ut av ulike medier.
- **Temperatur:** Temperatur har en stor innvirkning på diffusjonsrater og diffusjonskoeffisienter og mange diffusjonsrater kan øke med flere størrelsesordener dersom temperaturen i et medium økes ^[41]. På molekylnivå er høy temperatur stor molekylær bevegelse og da foregår diffusjon lettere.
- **Løseligheten:** Løseligheten til det diffunderende stoffet i mediet har stor påvirkning på hvor raskt diffusjonen går.
- **Diffusjonsavstand:** Avstanden et stoff må diffundere har innvirkning på hvor raskt diffusjonen foregår. Kortere avstander fører til raskere diffusjon, og lengre avstander fører til tregere diffusjon.
- **Overflateareal:** Størrelsen på arealet hvor diffusjonen foregår har en direkte påvirkning, da et større overflateareal, hvor stoffet kan diffundere, betyr at mer stoff vil diffundere.
- **Tettheten:** Tettheten til det mediet stoffet diffunderer inn i påvirker diffusjonshastighet. Årsaken til dette er at høy tetthet betyr at molekylene har vanskeligheter med å transporteres gjennom mediet.
- **Molekylmassen:** Molekylmassen til stoffene som diffunderer påvirker hvor lett stoffet diffunderer. Tunge molekyler beveger seg langsomt, og diffunderer derfor langsommere enn lettere molekyler.
- **Konsentrasjonsdifferansen:** En viktig faktor for raskt diffusjon går er konsentrasjonsdifferansen mellom stoffene hvor diffusjonen foregår. Ved store konsentrasjonsforskjeller vil diffusjon foregå raskere enn ved små konsentrasjonsdifferanser.

4.2.1 Stokes-Einstein likningen

Stokes-Einstein likningen er den første likningen Einstein utledet i sin Ph.D avhandling. Temaet for avhandlingen er diffusjonskoeffisienter for en partikkel som beveger seg om en brownsk bevegelse i et stillestående fluid med jevn temperatur. Brownske bevegelser ble oppdaget i 1828 av botanikeren Robert Brown, og er bevegelser i kontinuerlige, men

tilfeldige baner utført av små partikler som bremses i et fluid ^[47]. Stokes-Einstein likningen ble publisert i 1905, og viste at diffusjonskoeffisienten, D , til en sfærisk partikkel med partikkelradius, a , se tabell 4, kan beskrives som ^[48]:

$$D = \frac{\bar{R}T}{N_A} \frac{1}{6\pi\eta a} \quad (7)$$

\bar{R} er gasskonstanten, T er absolutt-temperatur i Kelvin, η er den dynamiske viskositeten til fluidet og N_A er Avogadros tall. Som vi ser i avtar diffusjonskoeffisienten D hvis partikkelradiusen a øker.

4.2.2 Peclets tall

Peclets tall er et dimensjonsløst tall som brukes i forbindelse med transportfenomener i kontinuerlige medier. Det er oppkalt etter den franske fysikeren Jean Claude Eugene Peclet. Tallet er definert som forholdet mellom adveksjon av et medium i en strømning, og diffusjon av tilsvarende medium mot en gradient ^[49].

$$Pe = \frac{\text{Adveksjonsrate}}{\text{Diffusjonsrate}}$$

Peclets tallet, Pe , er et produkt av Reynolds tall, Re og Schmidts tallet Sc , se tabell 4, for massetransport er det definert som:

$$Pe = \frac{Lu}{D} = Re_L Sc \quad (8)$$

L er karakteristisk lengde, u er den lokale strømningshastigheten og D er diffusjonskoeffisienten. Subskripten L indikerer at strømmingen der Reynolds tall, Re , hentes må være laminær for at forholdet skal gjelde.

4.3 Diffusjonsmekanismer i saltvann

I dette underkapittelet beskrives hvordan diffusjonsmekanismer virker inn i den aktuelle produktutviklingen. Attraktanter er luktstoffer som diffunderer fra agn til omgivelsene og dette er grunnlaget for hvordan en krabbe kan lukte seg frem til agnet plassert i en teine.

Spredning av attraktanter fra agn

Spredning av attraktanter fra agn kan brytes ned til en kjede på tre påfølgende hendelser ^[50].

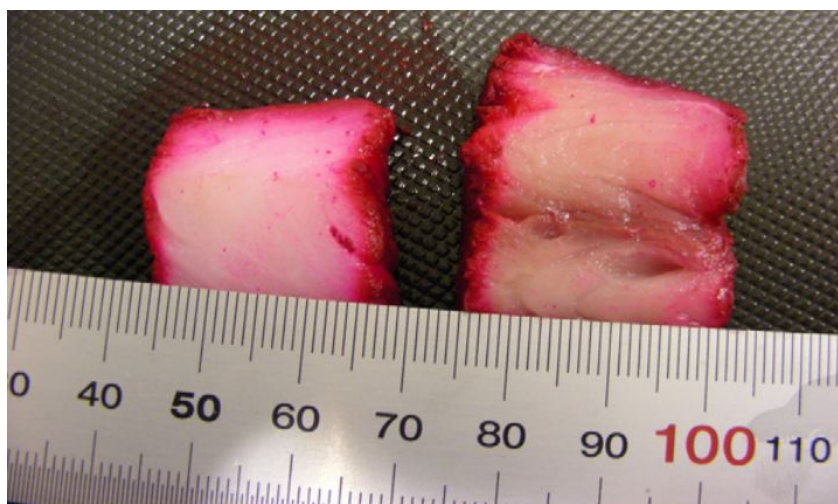
1. Diffusjon av attraktanter fra agnet.
2. Miksing av attraktanter med vann i omgivelsene.
3. Adveksjon av attraktanter med vannstrømninger i på havbunnen.

Lund universitet i Sverige har hatt forskningsprosjekter på diffusjon av attraktanter fra fiskevev ^[50], og gjennom eksperimenter funnet ut at det primært er fiskevevet nær overflaten som vil diffundere attraktanter til omgivelsene. For øke forholdet mellom attraktanter i vannet og mengde forbrukt agn kan store agnbiter kuttes opp i mindre biter. Strømningshastigheten i vannet rundt agnet har også stor påvirkning på hvor raskt og i hvilken retning attraktanter sprer seg langs havbunnen ^[50].

For å kjenne den attraktantkonsentrasjon nødvendig for å tiltrekke en spesifikk art, må man kjenne både konsentrasjonen av attraktanter i agnet og artens deteksjonsterskel. Omgivelsene på havbunnen skiller seg fra omgivelsene på fastland, blant annet er dispersjon i vann er opp mot fem størrelsesordener tregere enn i luft ^[51]. Luktstoffer tenderer også å være detekterbare over lengre tid og over lengre avstander i vann enn i luft ^[51].

Diffusjon av attraktanter fra agn

Enhver vannopløselig forbindelse i fiskevev, som frie aminosyrer, små peptider, nukleotider eller organiske molekyler, kan fungere som en tiltrekkende lukt, som her kalles attraktant ^{[50],[52],[53]}. I dødt fiskevev foregår transporten av attraktanter med molekylær diffusjon ^{[50],[53]}. For å estimere diffusjonsraten, J , fra fiskevev har H. Westberg og K. Westberg ved universitetet i Lund, gjennomført et eksperimentelt forsøk hvor de har nedsenket fiskevev i en løsning med fargestoffer ^[50], se figur 19.



Figur 19: Tverrseksjoner av fiskevev hvor fargestoffer har trengt inn. Fiskevevet har vært nedsenket i fargeløsningen, og inntrengningsdybden er målt perpendikulært med kuttflaten. Den venstre biten er hvitteing og den høyre er makrell ^[50].

Inntrengningsdybden til fargestoff i et tverrsnittsareal ble målt etter ulike tidsintervaller. Ved å neglisjere adsorpsjon kan systemet beskrives av Ficks andre lov ^[50]. Videre kan vi, ved å anta at diffusjon inn og ut av vevet er ekvivalenter, og at inntrengningsdybden er lik diffusjonslengden, L_d , beregne diffusjonskoeffisienten, D , til vevet som ^[50]:

$$D = \frac{(L_d)^2}{4t} \quad (9)$$

D er diffusjonskoeffisienten, L_d er diffusjonslengden, og t er tiden i formel 9, tabell 4. I forsøket til H. Westberg og K. Westberg ^[50] ble følgende agnvarianter undersøkt:

- Fersk og frossen hvitteing (*Merlangius merlangus*)
- Fersk og frossen makrell (*Scomber scombrus*)
- Frossen tiger reker (*Penaeus monodom*)
- Frossen blekksprut (*Octolus dofusi*)

Frossent agn ble tint før forsøkene, og det ble brukt to ulike fargeløsninger; 10g/L "Rhodamine B" og 5g/L "Methylene blue". Molekylvekten til Rhodamine B og Methylene blue

er henholdsvis 380 og 310 g/mol, og molekylvektene til de vannoppløselige forbindelsene i fiskevevet ligger i området mellom 100 og 200 g/mol ^[50]. Molekylvekt er en faktor som påvirker diffusjonsraten, J , og det antas, jf. ^[50], at molekylvektene til fargeløsningene er tilstrekkelig nær molekylvektene til de vannløselige forbindelsene slik at diffusjonsraten til fargeløsningen kan representere diffusjonsraten til attraktantene i agnet. Jamfør Stokes-Einstein likningen, formel 7 tabell 4, er diffusjonskoeffisienten, D , invers proporsjonal med radien, a , til molekyler.

H. Westberg og K. Westberg la agnet i fargeløsningene, og løsningen fikk virke i tidsintervaller på 1 til 24 timer. Deretter ble bitene skylt, tørket og snittet perpendikulært med overflaten. Skinnen på fisken blir antatt å fungere som en barriere mot diffusjon ^[50], derfor ble penetrasjonsdybdene målt fra kuttete flater på agnbitene. Testbitene ble deretter fotografert og kuttdybder ble målt med programvare ^[50].

Diffusjonskoeffisienten, D , til organiske molekyler i vann er i størrelsesorden $10^{-10} m^2/s$, og i fiskevev er antakelig diffusjonskoeffisienten mindre på grunn av muskelvev kan hindre diffusjon ^[54]. Diffusjonslengden, L_d , er et mål på hvor langt fargeløsningen har diffundert inn i fiskevevet som en funksjon av tid. Ved å løse formel 9, tabell 4, med hensyn på L_d får vi at:

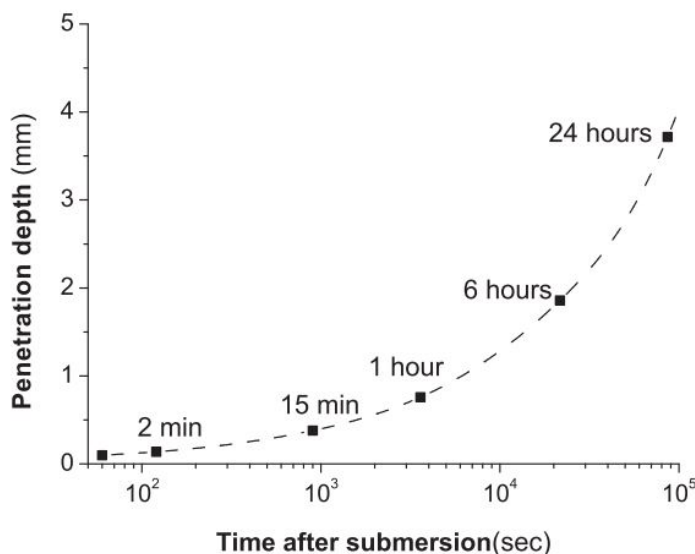
$$L_d = 2\sqrt{Dt}$$

L_d er diffusjonslengden, D er diffusjonskoeffisienten og t er tiden. Typisk for fiskeagn som brukes i dag brukes er størrelser på L_i 10^{-2} til $10^{-1} m$. Ved å senke agn ned i av havstrøm med strømningshastigheten $u = 10^{-2}$ til $10^{-1} m/s$, vil tiden en spesi- fikk vannpartikkel ombringer en agnbit ligge i området 0.1 til 10s. Forholdet mellom agnstørrelse, L_i , og diffusjonslengden, L_d , ved tiden t , gir målet på den relative viktigheten av diffusjon inni agnet og konveksjon på utsiden av agnet, jamfør formel 4.2.2 tabell 4.

Med tallverdiene for størrelse på agnbit, strømningshastighet og diffusjonskoeffisienten til organiske molekyler, ligger Peclet tallet i området $10^6 < Pe < 10^8$. Dette Peclet tallet betyr at adveksjon av partikler vekk fra overflaten er vesentlig raskere enn diffusjon av partikler opp mot overflaten. Det konkluderes derfor med at overføring av attraktanter til omgivelser er begrenset av diffusjonen på molekylært nivå, og at konsentrasjonen kan settes lik null ved agnets overflate for å kalkulere konsentrasjonsgradienten innover i fiskevevet ^[50]. Gjennomsnittlig diffusjonskoeffisient, D , for agnvariantene undersøkt i ^[50] lå i området;

$$6 \cdot 10^{11} < D < 3 \cdot 10^{11} m^2/s$$

Eksempelvis vil en diffusjonskoeffisient, D , på $4 \cdot 10^{11} m^2/s$ føre til en diffusjonslengde, L_d , på omtrent 4 mm etter 24 timer, se figur 20. Dette medfører at for en kubisk agnbit med sider på 3 cm, vil rundt 50 % av agnet ha bidratt med luktutslipp til omgivelsene ^[50] i løpet av de 24 første timene.



Figur 20: Inntrengningsdybde for hvor tykt lag av det agnet som har bidradd med diffusjon av attraktanter til omgivelsene for en kubisk agnbit med sider på 3 cm ^[50].

Øyeblikkelig etter nedsenkning av agnet, vil fluksen av attraktanter være påvirket av raskt skiftende diffusjonsprosesser både inne i, og utenfor agnoverflaten. Etter en tid vil diffusjonen gå mot en stabil strøm gjennom overflaten til agnet. Vi kan tilnærme den lokale diffusjonsraten, J , til å være proporsjonal med konsentrasjonsgradienten $\frac{dC}{dx}$, utledet av formel 5, tabell 4. Med antakelsene om at konsentrasjonen ved overflaten er null, og at agnbiten er stor relativt til diffusjonslengden, L_d , kan vi tilnærme diffusjonsraten til ^[50]:

$$J \approx -D \frac{C_0}{L_d} = -\frac{C_0}{2} \sqrt{\frac{D}{t}}$$

J er diffusjonsraten, C_0 er initiell attraktantkonsentrasjon i agnet, L_d er diffusjonslengden, D er diffusjonskoeffisienten og t er tiden. Som en følge av at C_0 og D er konstante, er spredning av attraktanter fra tilstrekkelig store store biter fiskevev kun avhengig av tid, og avtar generelt med $t^{-1/2}$ ^[55].

4.4 Diffusjonsfaktorer som kan påvirkes i utviklingsarbeidet

Gjennom utvikling av agndispenseren er det enkelte faktorer ved diffusjon av attraktanter fra agnet som kan påvirkes, men flest faktorer kan ikke påvirkes. Eksempler på faktorer som ikke kan påvirkes er stoffer, molekylmasse, tetthet og løseligheten da disse faktorer gitt av agnet som brukes og sjøvannet i omgivelsene.

Faktorer som kan påvirkes i produktutviklingen:

- **Temperatur:**

Temperaturen til stoffet som diffunderer er en faktor som i teorien kan påvirkes, men det er veldig energikrevende å øke temperaturen og det vurderes derfor til å være uaktuelt for agndispenseren å påvirke temperaturen til agnet.

- **Overflateareal:**

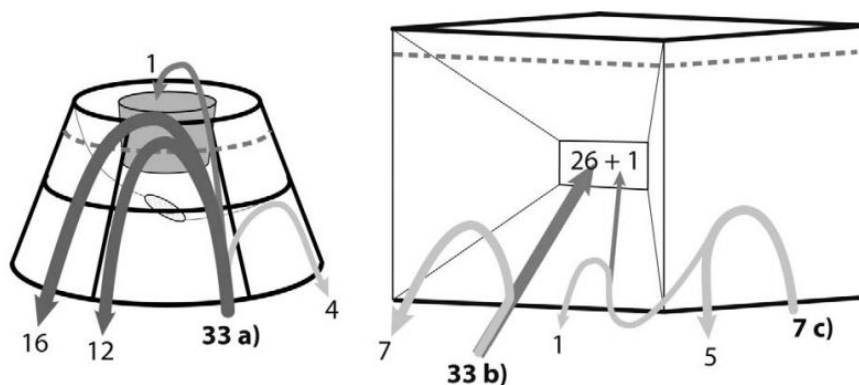
En viktig parameter å regulere er størrelsen på agnbitene. Overflatearealet på agnbitene er barrieren som attraktanter må diffundere ut gjennom, og ved å dele opp agn i mindre biter, øker overflatearealet per volum og diffusjonen går raskere. Opdeling av agn kan både foregå før og etter agnet er plassert i agndispenseren.

- **Konsentrasjonsdifferanse/Diffusjonsavstand:**

Vanngjennomstrømningen kan også reguleres ved designendringer, vanngjennomstrømningen vil ha direkte innvirkning på konsentrasjonsdifferansen da stor vanngjennomstrømning vil føre til større konsentrasjonsdifferanse enn ved liten vanngjennomstrømning. Ved å komprimere miksen av agn og vann vil også diffusjonen av attraktanter foregå raskere [56]. Komprimering av blandingen vil også gjøre at allerede diffunderte partikler blir tvunget ut av dispenseren.

4.5 Plassering av agn i teine

I snøkrabbefiske benyttes i dag primært akkar og sild. Dette er agn som presterer best både i vitenskapelige eksperimenter og blant forsøk fra kommersielle aktører [57]. Det benyttes i dag primært små koniske teiner, som vist i figur 6. Flere forsøk er gjennomført på design av teiner, utforming av inngang for krabber og fluktluker for undermålskrabber. En faktor som dukker opp i en rapport er viktigheten av at attraktanter fra agn slippes ut i tilsvarende høyde som inngangen til teinen [58]. I 2010 gjennomførte havforskningsinstituttet en undersøkelse hvor de sammenliknet ulike koniske og kubiske teiner, samt undersøkte hvordan kongekrabber oppførte seg i "attraktanter-skyer". Rapporten konkluderer med at krabber som har fått lukten agn primært vandrer motstrøms og tenderer å være låst inne i "attraktant-skyen", se figur 21. Hvis krabben kan følge denne skyen direkte inn i teinen er det stor sannsynlighet for fangst. Hvis krabben må foreta et vertikalt søk etter teineåpningen utenfor attraktant-skyen, faller sannsynligheten for fangst drastisk [58].



Figur 21: Bevegelsene til krabber mot teiner med agn, vi ser tydelig at vertikalt søk reduserer sannsynligheten for fangst [58].

For anordningen som utvikles er det dermed viktig at det finnes gode muligheter for å feste og tilpasse utløpet til agndispenseren slik at den kan levere ut attraktanter i høyde med teinens inngang.

5 Produktspesifisering

I dette kapittelet blir produktets målsettinger presentert med hovedmål og delmål. Viktige produktegenskaper blir stadfestet, i tillegg blir rammeforutsetninger og tidlige grensespesifikasjoner fastsatt.

5.1 Produktmålsetting

Produktets målsettinger er beskrevet i et hovedmål og med tre delmål.

Hovedmål

Slippe ut attraktanter fra agn jevnt fordelt over en tidsperiode, og redusere de totale kostnadene knyttet til agnforbruk.

Viktige delmål for produktet er:

- Ha en utforming som er egnet til snøkrabbefiske, med fysiske dimensjoner som gjør at den kan betjenes med håndkraft.
- Være driftssikkert med høy repeterbarhet og liten sannsynlighet for driftsfeil.
- Ha høy funksjonalitet og være enkelt i bruk, samt legge til rette for topp sikkerhet i alle bruksoperasjoner.

5.2 Rangering av viktige produktegenskaper

Det er i utviklingsarbeidet foretatt en vurdering av hvilke egenskaper ved produktet som er viktige, vist i figur 22. Produktegenskapene er basert på brukerens forventninger, markedets krav og praktiske vurderinger rundt bruken av produktet. Egenskapene er listet opp i tabell 10 med beskrivelser og vekting.



Figur 22: Produktegenskaper for agndispenseren. Egenskapene er beskrevet i tabell 10.

Tabell 10: *Produktegenskaper med beskrivelse og vektning. Vekt "1" vurderes som en lite viktig egenskap og vekt "5" tilsier en særdeles viktig egenskap for produktet.*

Egenskap	Beskrivelse	Vekting
Funksjonalitet	Produktet må være enkelt i bruk, og kreve minimalt med opplæring. Det må også fordele luktstoffer fra agn jevnt over tid på en tilfredsstillende måte.	5
Sikkerhet	Det er avgjørende for produktet at sikkerheten knyttet til bruk og drift er på topp, dette gjelder for mannskap, materiell og miljø. Utformingen av produktet må være slik at bruksfeil ikke kan introdusere risikofylte eller farlige situasjoner.	5
Driftssikkerhet	Produktet må være driftssikkert og gjennomføre sine oppgaver med høy repeterbarhet og liten sannsynlighet for driftsstans.	4
Kostnad	Kundegruppen kan gjøre store besparelser ved å benytte agndispenseren og det kan aksepteres en moderat investerings- og brukskostnad.	3
Estetikk	Produktets utseende og visuelle utforming.	1
Levetid	Levetiden til produktet skal være flere sesonger, men enkelt vedlikehold kan aksepteres.	3
Enkelhet	Hvor gjennomførbart er konseptet? Er det mulig å utvikle og å produsere produktet? Er det realistisk at produktet kan settes i produksjon? Er det sannsynlig at produktet vil slå an blant de endelige brukerne?	3

Produktegenskapene "funksjonalitet" og "sikkerhet" blir vektet som de viktigste egenskapene. Dette er fordi det blir ansett som avgjørende for produktet at det er enkelt i bruk og at opplæring og installasjon er ukomplisert. Hvis produktet ikke er enkelt i bruk vil brukergruppen ikke anerkjenne produktet, og det vil bli forkastet til fordel for dagens enkle løsninger. Det er også viktig at sikkerheten rundt installasjon og bruken av produktet er på topp. Minst viktig er produktegenskapen "estetikk". Estetikk er en faktor som kan virke inn på markedsføring av produktet, men dette er avgrenset fra denne masteroppgaven og egenskapen vurderes som lite viktig.

5.3 Tidlige metriske grense- og grovspesifiseringer

Under utviklingsarbeidet er det tatt hensyn til omgivelsene produktet skal brukes i. Kraftig vind, store bølger, mørke og kulde gjør at arbeidsoppgaver som er enkle på land kan bli utfordrende ombord i en fiskebåt. Tabell 12 viser ytre faktorer som er ansett som utslagsgivende i produktutviklingen, hvor faktorene er listet opp med grove minimum og maksimumsverdier.

Tabell 11: Grenses- og grovspeisifiseringer for produktet. Faktorer er listet opp med minimum og maksimumsverdier ^[59], samt aktuell enhet.

Faktor	Minimum	Maksimum	Enhet
Havdybde	10	600	m
Bølgehøyde	0	10	m
Vindhastighet	0	30	m/s
Sjøtemperatur	-2	10	°C
Lufttemperatur	-40	15	°C

Verdiene er veiledende for utviklingen av produktet, men det er viktig å presisere at det er opp til den enkelte kaptein å vurdere om forholdene tillater forsvarlig bruk av anordningen.

5.4 Tidlige kostnadsvurderinger

Snøkrabbefiske i Barentshavet er i stor vekst, og det pågår mye forskning på feltet. Enhver anordning som kan bidra til effektivisering av fisket kan potensielt skape store inntekter. Produktet som utvikles kan også benyttes til kongekrabbefiske, taskekrabbefiske og annet fiske med teiner, og derfor vurderes kjøpekraften som stor. En stor kostnad vil være utviklingskostnaden, og kostnader knyttet til prototyper og testing. Ved serieproduksjon av produktet forventes enhetskostnadene å falle raskt. På grunn av den store variasjonen mellom ulike løsninger, blir kostnadsvurderinger ikke tallfestet på et tidlig stadium i utviklingen.

5.5 Rammeforutsetninger

For at produktet skal oppfylle sin ønskede funksjon er det satt rammer for utvalgte parametere produktet må oppfylle, se figur 12. Det innebærer krav som sikrer at produktet reduserer agnforbruk og fungerer ønsket tidsintervall.

Tabell 12: Rammeforutsetninger for produktet. Hver faktor har oppgitt en minimum og en maksimumsverdi verdi samt aktuell benevning.

Faktor	Minimum	Maksimum	Benevning
Volum agn	0,2	5	liter
Tidsbruk egning	5	60	sekunder
Driftstid per egning	8	10	dager
Vekt hele anordningen	3	30	kg
Serviceintervall	-	1	år
Levetid	-	5	år

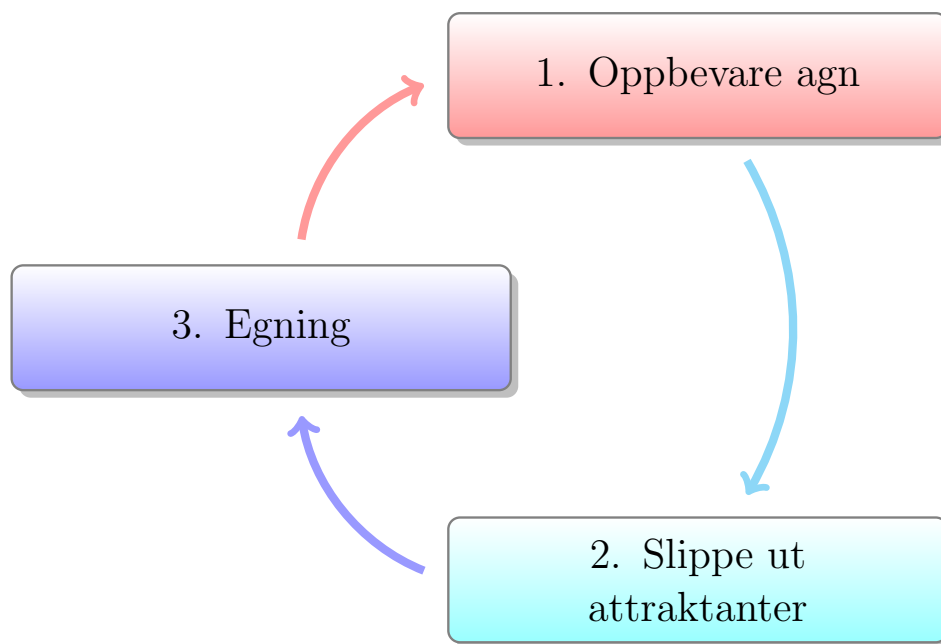
Rammeforutsetningene er med på å definere rammene som produktet må operere innenfor. Volumet av agn som skal brukes per egning spenner over et stort intervall, fordi det er ønskelig at anordningen både skal kunne betjene små og store teiner. Tidsbruk ved egning er også et stort intervall hvor den ideelle tiden er så kort som mulig. Driftstiden er perioden teinen står ute, og vekten er i en størrelse som kan betjenes med håndkraft.

6 Konseptutvikling

I konseptutviklingen er funksjoner ved produktet kartlagt. Funksjonene er analysert og beskrevet i funksjonsanalysen og videre er konkurrerende løsninger på markedet kartlagt. Ulike mekanismer for drift og timing er kartlagt og brukt som grunnlag for funksjonsalternativene som er presentert i kapittel 6.5. Avslutningsvis er brukspåkjenninger vurdert, før en egenscreening avgjør hvilket funksjonsalternativ som er valgt for videre arbeid.

6.1 Funksjonsanalyse

En funksjonsanalyse er gjennomført for å kartlegge produktets hovedfunksjoner og er vist i figur 23.



Figur 23: Hovedfunksjoner for produktet. 1. Oppbevare agn fra teinen settes ut frem til agn doseres ut, 2. Slippe attraktanter ut i teinen, 3. egning om bord i skipet.

Som vi ser av figur 23 så er de overordnede funksjonene til produktet enkle, og funksjonene består av:

1. Oppbevare agn

Oppbevare agn betyr at produktet må ha et rom eller kammer hvor agn kan oppbevares over tid. Rommet hvor agn oppbevares må ha liten eller begrenset gjennomstrømning av sjøvann da dette fører til at luktstoffer vaskes for fort ut av agnet mens det er i oppbevaring.

2. Slippe ut attraktanter

Den neste funksjonen til produktet er å slippe ut attraktanter, som i praksis betyr å tillate deler av agnet å passere ut eller bli eksponert for vann. Det er ikke nødvendigvis et behov for å fysisk forflytte agnet i denne funksjonen, løsninger kan også innebære at beholder åpnes eller skillevegger fjernes. En løsning for å slippe ut attraktanter kan også være en langsom bevegelse som presser ut attraktanter gjennom en dyse eller åpning.

3. Egning

Egning er den siste funksjonen hvor anordningen fylles med agn. Dette skal foregå om bord i båten. Flere metoder for egning er mulig, eksempelvis kan et lokk åpnes og en ladning kan legges inn, agn kan pumpes inn via slanger eller frosne blokker kan lades inn med trykkluft. Det er viktig at systemet for egning er effektivt og tilpasset en autonom løsning.

6.2 Konkurrerende løsninger

Snøkrabbefiske i dag

Det finnes i dag ingen konkurrerende løsninger for et produkt som kan oppbevare agn og slippe det ut over tid under havoverflaten. Det som er vanlig ved snøkrabbefiske i dag er å bruke agnposer eller agnbokser, se figur 24. I agnposene blir agnet festet innvendig i teinen, nettet gjør at attraktanter vaskes sakte ut. Agnposene besørger at ikke alt agnet kommer i kontakt med vann fra starten, og diffusjon av attraktanter blir bremsset. Agnbokser er sylindriske beholdere med hull i bunnen. Agnboksene sørger for en senere utvasking enn agnposen, og mange fiskere bruker agnboks og agnpose sammen. I praksis er dette metoden det nye produktet må utkonkurrere, og dagens løsning har styrke i at den er enkel i bruk og rimelig ved innkjøp, men har ulempene at reguleringen av hvor raskt og hvor mye agn slippes ut er dårlig og agnforbruket er høyt.



Figur 24: En krabbefisker som viser frem agnboks og agnpose. Foto Sten I. Siikavoupio.

Fôringssystemer i oppdrettsnæringen

Oppdrettsnæringen er en industri som har kommet langt på automatisk håndtering av fiskefôr, og er derfor gransket for å se etter løsninger som er overførbare til snøkrabbefiske. I oppdrettsnæringen finnes det en rekke anordninger for å tilføre fiskefôr automatisert. Felles for systemene er at de er installert over vannoverflaten og kan håndtere store volumer. Systemene varierer etter hva slags type fôr som håndteres, enklest er det å automatisere et fôrsystem for pellet. Både tørre og våte medier kan pumpes gjennom rør og slanger, men våte medier er mer utsatt for å skape propper og andre tetninger. I oppdrettsnæringen benyttes primært fem ulike varianter av automatiske fôringsystemer ^[16]:

- Feed blowers (Fôrblåsere)
- Feed dispenser (Fôrdispenser)
- Demand feeders (Etterspørselsmater)

Feed blowers(fôrblåsere), figur 25a, er en enkel anordning for å blåse fôr ut via en vifte eller pumpe. Fôret kan enten bli sugd opp av sekker eller tanker og transportmediet kan både være luft og vann.

Feed dispenser(fôrdispenser), figur 25b, er anordning som fordeler en gitt mengde fôr ut i over en gitt tidsperiode. For å få rett mengde fôr per tid, kan både mengden fôr per ladning og tidsintervallet mellom utløsninger reguleres. Dette er enkle konstruksjoner, og de blir regnet som robuste og driftssikre systemer.

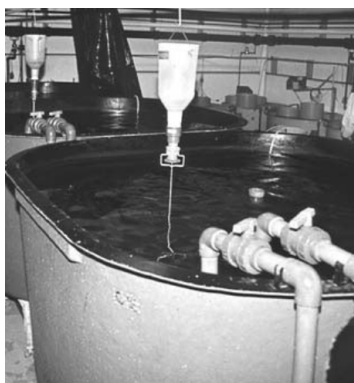
Demand feeders(etterspørselsmaterer), figur 25c, er ofte en mekanisk anordning hvor agn utløses ved at fisk berører en utløser. Fordeler med denne varianten er at det ikke er behov for elektrisk drift, i tillegg til at det er få bevegelige deler. I teorien så kan fisken selv lære hvordan den kan få fôr, og deretter betjene fôringen etter egne behov, men i virkeligheten er dette vanskelig å gjennomføre ^[16].



(a) Feed blower



(b) Feed Dispenser



(c) Demand Feeder

Figur 25: Fôringssystemer til bruk i oppdrettsnæringen ^[16].

Akvariumsløsninger

Det finnes mange systemer for automatisk mating av fisker i akvarium, som figur 26. Systemene er basert på at en programmerbar mikrokontroller som styrer en aktuator som på gitte tidspunkter mater ut en dose fôr.

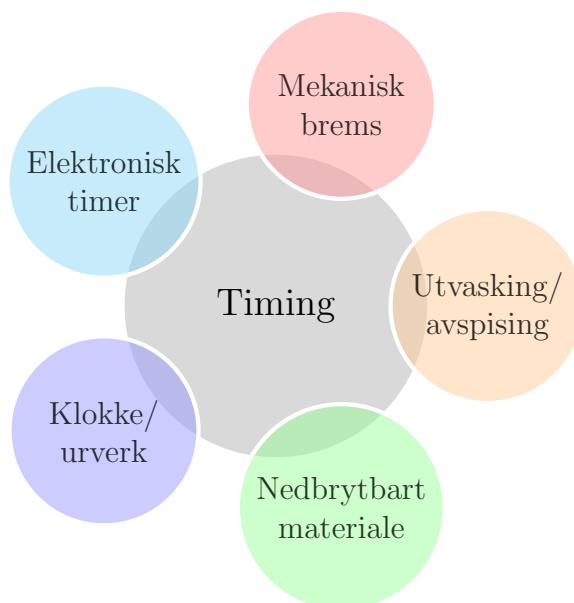


Figur 26: Automatisk akvariemater. Enheten er utstyrt med kammer for oppbevaring, og mikrokontroller for timer ^[60].

Systemene for akvariefisk har flere løsninger som kan adapteres til det aktuelle produktet som skal utvikles. Dette innebærer en kompakt struktur med mikrokontroller, aktuator og oppbevaringsrom. Det som er den store utfordringen med systemene er at de er designet for å stå over vannet og slippe løse tørre flak ned i vannet. Dette betyr at systemet verken trenger å være vanntett, adskille fôr og mediet rundt eller å holde elektronikk tørr.

6.3 Metoder for timing

Arbeidet med å generere konseptalternativer har resultert i et behov for å for timing. Med timing menes utfordringen å holde rede på når tiden er inne for å slippe ut attraktanter. Timing kan gjøres mekanisk med urverk eller en bremseanordning, eller det kan gjøres digitalt med elektronisk timer. Timing kan også være passive løsninger som en nedbrytbar membran eller utvasking. Aktuelle metoder for timing er vist i figur 27, og beskrevet her:



Figur 27: Ulike metoder for timing har blitt diskutert for å besørge at anordningen kan holde rede på når tiden er inne for å frigjøre ny ladning agn. Metodene er beskrevet under.

Elektronisk timer

Elektronisk timer er den enkleste måten og presist håndtere tid på. Små mikrokontrollere finnes i et stort antall varianter og batteriforbruket kan være imponerende lavt. En elektronisk timer kan enkelt la seg programmere og omprogrammere i forhold til ønskede tidsintervaller. Utfordringer med elektronikk er de tøffe omgivelsene, og både fukt, kulde og sjøsprøyt vil sette krav til at elektronikken er godt forseilet og selv små lekkasjer kan være ødeleggende for elektriske komponenter. Opplading eller utbytting av batterier kan også være problematisk, og gode løsninger må anvendes for å holde elektronikken tørr.

Mekanisk brems

Mekanisk brems kan være en metode for å redusere hastigheten på bevegelser. Med mekanisk brems menes her noe som fysisk kan holde igjen en bevegelse, som en innsnevring, ventil eller trakt. Et klassisk eksempel på en mekanisk brems er et timeglass. Fordeler med en mekanisk brems vil være at det ikke er behov for strøm eller batteri. Utfordringer med mekanisk brems er den lange driftstiden på opp mot 10 dager gjør at bevegelser må foregå meget langsomt.

Nedbrytbart materiale

En metode for å holde agnet beskyttet i en gitt tidsperiode er å benytte seg av en nedbrytbar hinne. Både agnet selv og sjøvann kan bidra til å bryte ned hinnen. Det finnes flere alternative plastmaterialer som PVOH(polyvinyl-alkohol) eller PVAC(polyvinyl-acetat) som kan fungere til dette bruket. I tillegg kan naturlige polymerer som gelatin eller hornlim benyttes. Løseligheten til nedbrytbare membraner er avhengig av temperatur, og kan skreddersys etter aktuelle forhold ^[61].

Klokke/urverk

En klassisk metode for å holde rede på tid er et urverk. Urverk kan holde rede på tid over en lang periode, og klokker kan fungere mekanisk uten behov for batterier. Dette gjør de ved å lagre energi i fjærer, og lade ut litt energi per slag. Hvis et mekanisk urverk skal holde rede på tiden for produktet, må en fjær trekkes opp ved jevne mellomrom. Fordeler med klokke/urverk er at det kan operere uten batteri, men en stor ulempe er at det er veldig skjørt. Støt og slag under drift kan potensielt skade urverket, og behovet for innkapsling fra vann er avgjørende.

Utvasking/avspising

En overflate kan være i kontakt med vannet slik at utvasking eller avspising av denne overflaten kan foregå. Etter hvert som agn ved overflaten vaskes ut, kan agn som ligger beskyttet innenfor blir eksponert. Dette er prinsippet som agnposer og agnbokser benyttes i dag. Prinsippet kan ansees som en meget enkel form for timing, og en anordning basert på dette vil ha fordelen at den kan ha en lite komplisert oppbygning.

6.4 Metoder for drift

Produktet skal oppbevare agn og frigjøre attraktanter over tid, enten kvantifisert i doser eller i en kontinuerlig strøm. Med metoder for drift menes den fysiske drivkraften som er nødvendig for at agn, som er oppbevart skjult for vann, skal eksponeres for vann. Å eksponere agnet for omgivelsene kan gjøres på ulike måter, agnet kan fysisk presses ut en

dyse, et lokk for beholdere kan fjernes eller membraner kan brytes ned. I dette kapitlet er ulike metoder for drift diskutert, metodene er vist i figur 28.



Figur 28: Med mekanisk drift menes drivkraften som er nødvendig for at agn går fra å være ueksponert til å bli eksponert. Her er ulike alternativer vist og beskrevet i påfølgende underkapitler.

Trykkdifferanse

Teinene vil bli senket ned på dypt vann, her vil vannet presse på alle flater med et vanntrykk avhengig av dybden. Dette trykket kan utnyttes ved at trykket presser på en flate, f.eks. et stempel i en sylinder. For at dette skal bli en utnyttbar drivkraft er det tenkt ut løsninger hvor atmosfæretrykk stenges inne i en beholder, og trykkdifferansen mellom vanntrykket på en side, og atmosfæretrykket på en annen side utnyttes som en drivkraft.

Fjærkraft

En fjær kan drive agn ut av en dyse eller presse agn i ønskede retninger. En fjær kan enten spennes manuelt, eller med spesialutstyr under egning om bord i skipet. Fjærer kan brukes både til å presse på selve agnet, men også til å presse på låsepinner eller luker som skiller agn sjøvannet rundt.

Egenvekt

Vekten av agn kan presse det ned mot en redusert åpning, og på denne måten frigjøre attraktanter fra en beholder. En annen måte å utnytte ulike mediers oppdrift er å blande inn et medium med høyere egenvekt inn i agnet, og bruke dette som drivkraft. Eksempelvis kan småstein blandes inn blant agnet, og føre til at blandingen utøver en større presskraft mot en åpning. I motsatt fall kan et medium lettere enn vann blandes inn for å sørge for at blandingen stiger opp ut av en beholder.

Elektrisk drift

En aktuator eller elektrisk motor kan drive agn ut av en beholder. Elektrisitet kan også drive luker, sperrepinner eller løse ut andre objekter som sperrer agnet inne. Fordeler med elektrisk drift er den store muligheten til å regulere tidsintervaller og pådrag. Både

tidsintervaller, volum og presskraft kan enkelt reguleres når elektrisk drivkraft blir benyttet. Den store ulempen med elektrisk drift er utfordringene tilknyttet vann, trykk og korrosjon. Batteriforbruk er også en utfordring som er sterkt avhengig av hvor stort arbeid den elektriske driften skal utføre.

Kombinasjoner

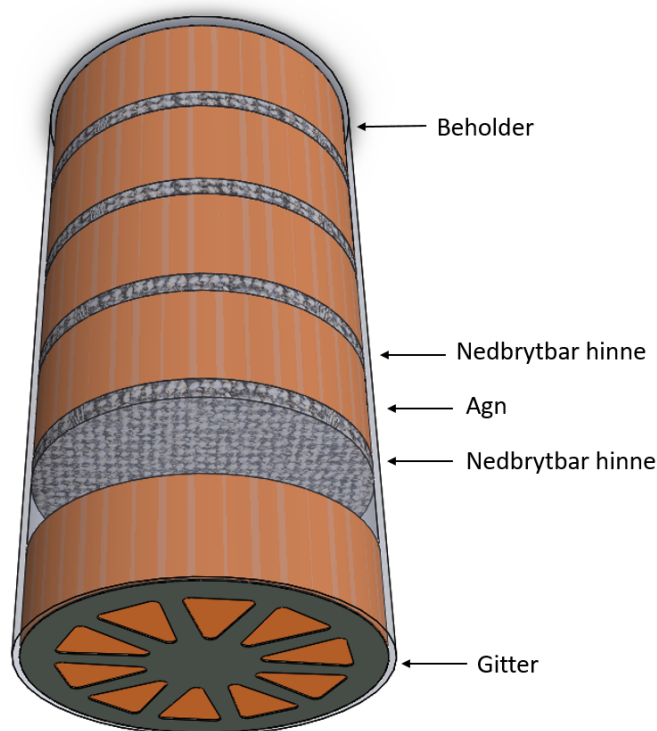
Kombinasjoner av overnevnte driftsmetoder kan også benyttes. Eksempler på dette kan være en fjær som er spent opp som løses ut av en elektrisk aktuator, egenvekt fører til at agn faller ut når en membran er brutt ned, eller trykkdifferanse som presser frem åte når den eksponerte flaten er utvasket/avspist.

6.5 Funksjonsalternativer med skisser

I dette kapitlet er ulike funksjonsalternativer presentert. Funksjonsalternativene er basert på metodene for timing presentert i kapittel 6.3 og metodene for drift presentert i kapittel 6.4.

Alt 1: Nedbrytbar membran og egenvekt

Funksjonsalternativ 1 er basert på at en nedbrytbar membran skiller agnet fra vannet i omgivelsene og er vist i figur 29. Membranen er spesialtilpasset for og brytes ned på den tiden som det er ønskelig at skal gå før agnet skal frigjøres.



Figur 29: Funksjonsalternativ 1: Nedbrytbar membran skiller agn og sjøvann. En sylindervegning innkapsler lag med agn og membran. Når en membran gir etter faller en ny dose med agn ned til gitteret hvor det er eksponert for sjøvann og slipper ut sine lukkestoffer.

Fordeler med denne løsningen er at det er ingen mekanisk bevegelige deler, samt ingen

komponenter som behøver elektrisitet.

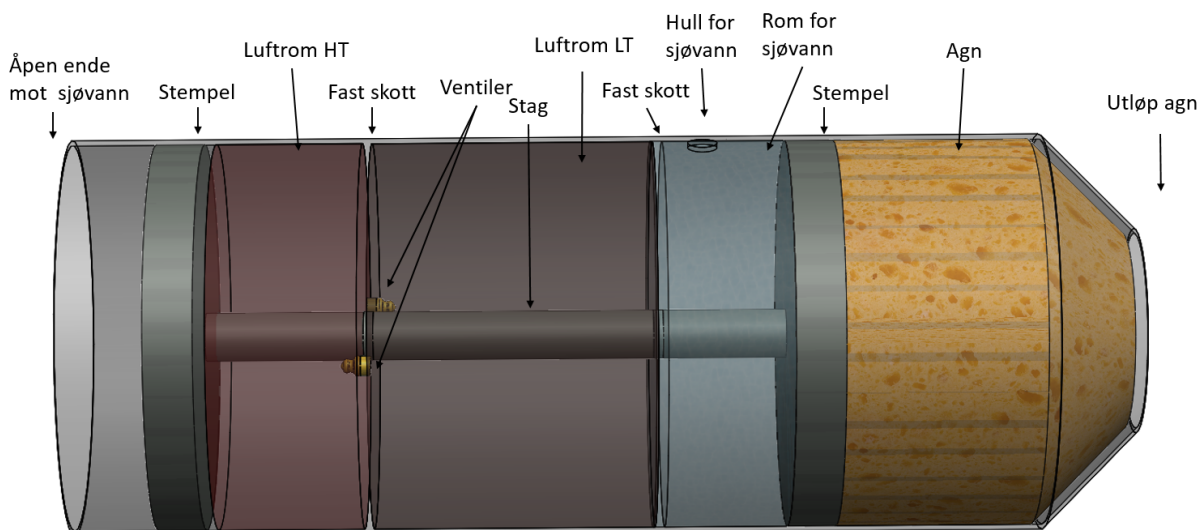
Utfordringer med denne løsningen er forbruk av membraner, som både kan bli en kostnad og et miljøutslipp. Membranen i seg selv kan slippe ut luktstoffer i vannet som vi ikke vet om krabben vil tiltrekkes eller frastøtes fra. Andre utfordringer er vanntrykket som vil presse mot membranen og beholderen, som kan skape utfordringer. Dette kan enten kan løses ved å agnet i beholderen la seg bli komprimert, eller slippe inn med ventiler for å hindre trykkdifferanse. En utfordring kan også være at membranen brytes ned frabegge sider, da saltvann og agn kan ha like kjemiske forbindelser som bidrar til nedbrytning av membran.

Input:

Morten Augestad i Norner ønsker å bidra med å skreddersy en membran ^[61]. Norner har produksjonsanlegg for nedbrytbar plast, og ønsker å bidra med produksjon av membran til prototyper og serier.

Alt 2: Trykkdifferanse med ventil og luft som medium

Dette funksjonsalternativet baserer seg på å utnytte trykkdifferansen mellom atmosfæretrykket på overflaten, og vanntrykket på havbunnen der teinen plasseres. Alternativet er vist i figur 30. Hele idéen bygger på at sjøvannets trykk vil utøve en kraft mot overflaten av stempelet til venstre i figur 30, stempelet vil bli skjøvet mot høyre. Når teinen egnes full ved overflaten, står stempelet helt til venstre, og bak stempelet er "Luftrom HT". Når teinen synker ned til havbunnen vil luften i kammeret "Luftrom HT" bli komprimert. Luften vil forsøke å bevege seg over i kammeret "Luftrom LT", hvor initialt trykk er atmosfæretrykk. Denne trykkdifferansen mellom "luftrom HT", og "luftrom LT" er drivkraften for den mekaniske driften. Ventilen som leder luft fra "luftrom HT" til "luftrom LT" må ha en ekstrem begrensning og fungerer som timing. Innsnevringen må tilpasses slik at volumstrømmen er så liten at stempelet bruker 8-10 dager på å forflytte seg sin slaglengde.



Figur 30: Funksjonsalternativ 2: Agn plasseres i kammerat til høyre, og etter som stemplene forflytter seg mot høyre drives agnet gjennom utløpet og ut i vannet.

Funksjonsalternativet er også utstyrt med et kammer for agn, og et nytt stempel koblet sammen med det andre stempelet ved hjelp av et stag. Høyre stempel driver agnet

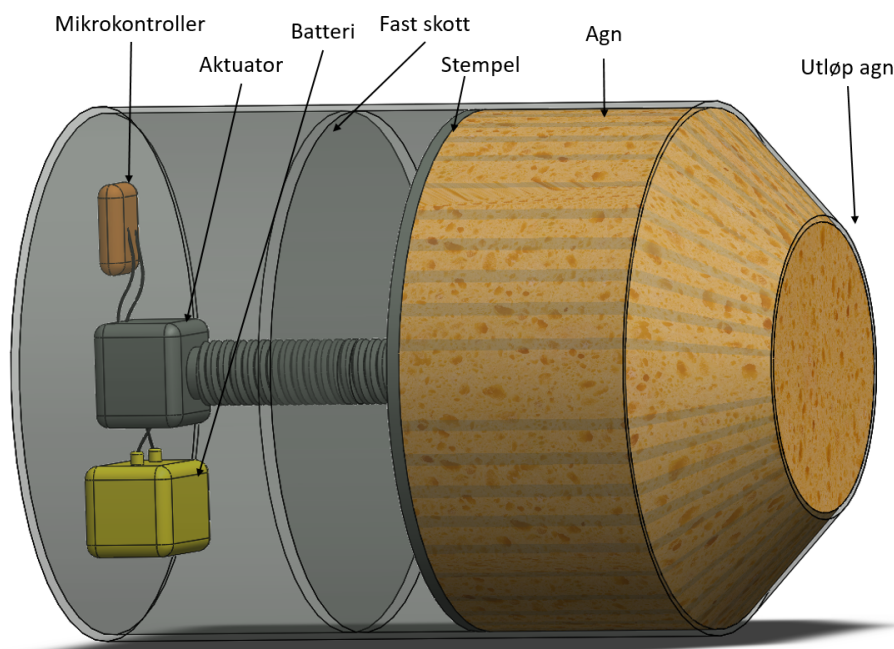
gjennom utløpet helt til høyre. For at vanntrykket som vil stå mot/ presse gjennom agnet mot stempelet til høyre ikke skal kansellere trykket fra den åpne enden er det plassert et hull, "Hull for sjøvann", på baksiden av stempelet som presser ut agnet. Hensikten med dette hullet er å slippe vann inn på baksiden av stempelet for å kompensere for trykket på flaten mot agnet. Beholderen har også to faste skott, som er nødvendige for at "luftrom LT" skal beholde sitt lavere trykk enn omgivelsene. Ventilene er begge en-veis ventiler og returventilen har ingen begrensning. På denne måten nuller anordningen ut trykkdifferansene når den heises til overflaten for egning.

Fordeler med denne løsningen er at den baserer seg på energi som er "gratis", og kan derfor i prinsippet kjøre uendelig mange sykluser. Flere fordeler er at den ikke krever forbruksmateriell, og returventilen sørger for at det ikke har oppbevaringsmulighet for trykk når enheten er ved overflaten. Trykk i en beholder ved overflaten kan potensielt kan skape fare for operatør.

Utfordringer med alternativet er at løsningen er komplisert og baserer seg på at en begrensingsventil kan holde igjen mekanisk bevegelse i en lang tidsperiode. Store utfordringer vil også være knyttet til vanntette skott og stempler, som skal vandre uten lekkasjer. Høyt trykk gjør at pakninger og tetninger kan lekke, i tillegg er dette en anordning som kan kollapse av trykket, hvis ikke materialet i sylindere er kraftig nok til å stå imot vanntrykket. Det er også utfordrende å bruke luft som medium for å begrense bevegelse, da luft enkelt lar seg komprimere, og en jevn kontrollert bevegelse blir derfor meget uforutsigbar.

Alt 3: Elektrisk aktuator med mikrokontroller

Funksjonsalternativ 3 baserer seg på at en mikrokontroller holder orden på tiden, og styrer pådraget til en elektrisk drevet aktuator. Begge enheter er betjent av et batteri. Agn presses ut en åpning eller en dyse av aktuatoren som driver et stempel frem, som vist i figur 31.



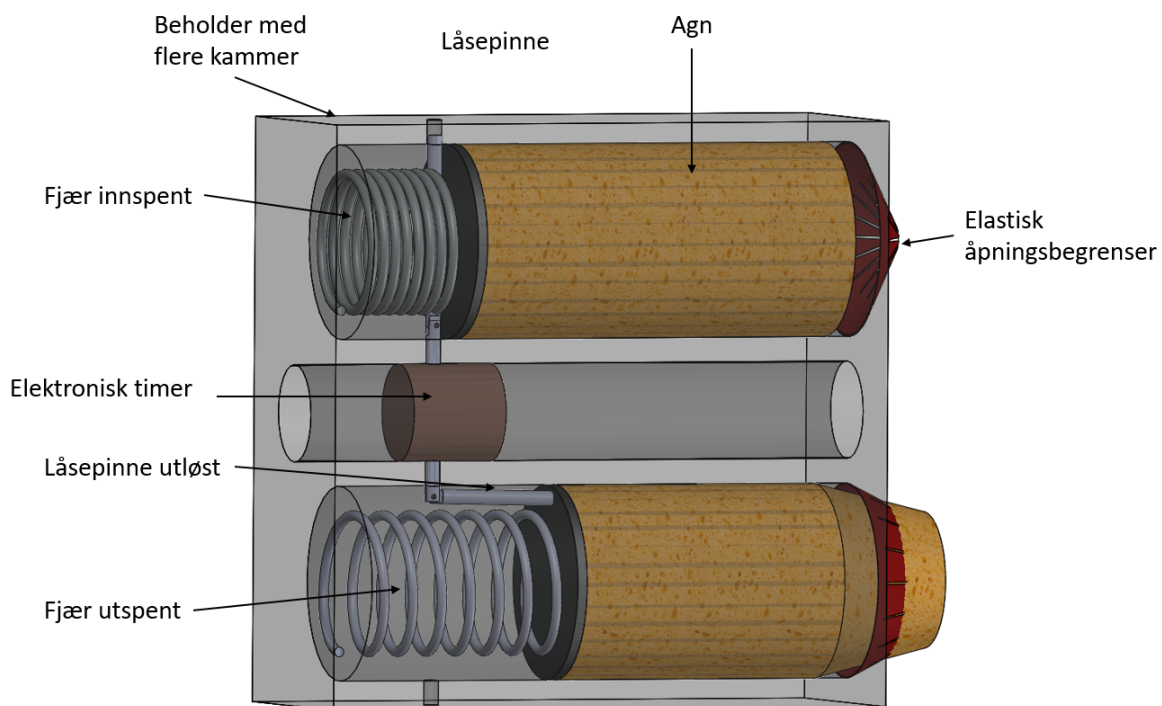
Figur 31: Funksjonsalternativ 3: Elektrisk aktuator presser agn ut, mikrokontroller styrer aktuatoren og begge betjenes med energi fra et batteri.

Fordeler er at en mikrokontroller enkelt lar seg programmere, og kan mate ut en ønsket dose agn ved gitte tidsintervaller. I figur 31 er aktuatoren påmontert et gjengestag som driver agnet frem etter som aktuatoren roterer staget. Alternativet kan enkelt tilpasses etter ønsket design og form, da elektriske komponenter er enkle å arrangere i ulike fysiske oppsett.

Utfordringer med dette alternativet er batteriforbruk, hvor det er to forbrukere av elektrisk energi, både mikrokontroller og aktuator. En annen utfordring er også behovet for å holde komponentene tørre. Store havdyp vil medføre høyt vanntrykk som raskt kan føre til lekkasjer og fuktgjennomtrengning som skader elektronikken.

Alt 4: Fjær med elektronisk timer, flere kamre

Funksjonsalternativ 4 er basert på at brukeren presser sammen flere fjærer ved egning. Fjærene står i spenn bak agnet, og en elektronisk timer er plassert i midten av beholderen. Timeren er utstyrt med en mekanisme som løser ut fjærene på et gitt tidspunkt, dette kan f.eks. være en solenoide som trekker ut låsepinne som vist i figurer 32. Agnet vil bli utløst kvantifisert, med et komplett kammer per utløsning, det kan f.eks. løses ut et kammer pr dag eller et kammer annenhver dag.



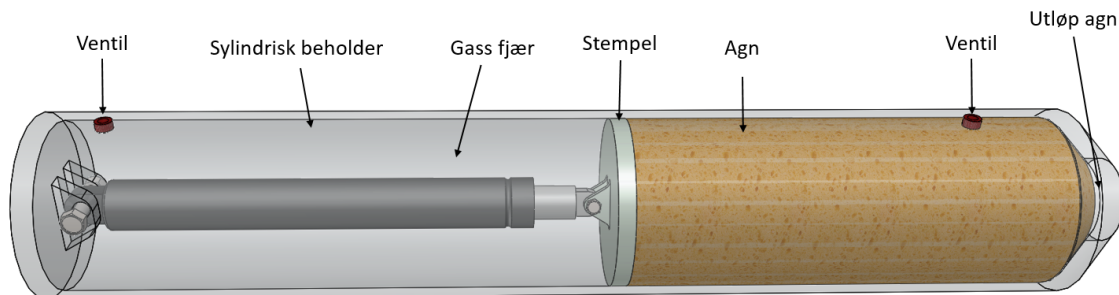
Figur 32: Funksjonsalternativ 4: En fjær presses manuelt inn, og en elektronisk timer løser fjæren med en solenoide på et gitt tidspunkt.

Fordeler med denne metoden er at timeren kun skal holde rede på tid, og trenger ikke bruke strøm på å fysisk forflytte agnet.

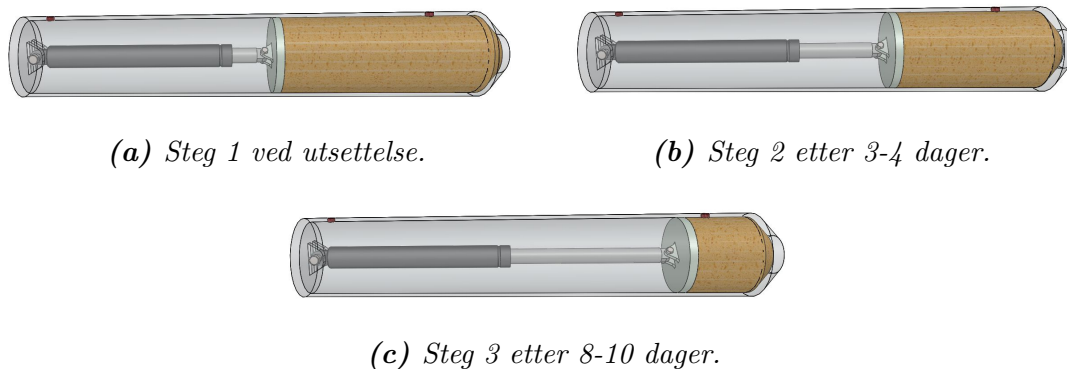
Utfordringer vil være at en operatør, eller maskin må spenne opp en fjær per kammer hvor agn skal oppbevares. Kvantifiserte utslipp gjør at operatøren må betjene flere ulike kammere under egning, hvert kammer må spennes opp og fylles med agn. Anordningen er også basert på bruk av batterier som alltid vil ha en begrenset levetid, i tillegg kan tilsmussing og groing være utfordrende for låsepinnes bevegelse.

Alt 5: Gassfjær med langsom vandring

Fusjonsalternativ 5 er basert på at agnet plasseres i en sylindrisk beholder, som har en konisk åpning som begrenser utløpet. En gassfjær komprimeres ved overflaten og presser agnet ut over tid når teinen står på havbunnen. Tanken bak dette prinsippet er å lade opp gassfjæren ved egning på overflaten, deretter settes teinen ned på havbunnen og fjæren bruker 8 til 10 dager på å vandre ut igjen. Gassfjæren monteres med den ene enden i sylindringen, og den andre enden mot et stempel, se figur 34.



Figur 33: Funksjonsalternativ 5: En gassfjær blir komprimert av bruker ved overflaten, for deretter å presse agnet ut over tid.



Figur 34: De ulike stegene i funksjonsalternativ 5. I **Steg 1** er anordningen egnet og plasseres på havets dyp. I **Steg 2** har gassfjæren presset stempelet fremover, og i **Steg 3** har stempelet nådd sin ende.

Stempelet er montert i den andre enden av gassfjæren, og beveger seg langsomt mot høyre, prosessen er beskrevet i figur 34a. Agnet kan enten slippes fritt ut i vannet, eller en beholder som et nett eller en pose kan oppbevare agnet når det er presset ut av sylindringen. Beholderen er utstyrt med ventiler som sørger for at stempelet opplever likt vanntrykk på begge sider, slik at kraften fra gassfjæren ikke trenger å overvinne vanntrykket mot stempelet.

Fordeler med alternativet er at det ikke benytter elektronikk. Det har enkel betjening, og gode muligheter for hurtig refill.

Utfordringer med alternativet er at det er å regulere volumstrømmen av agn per tid.

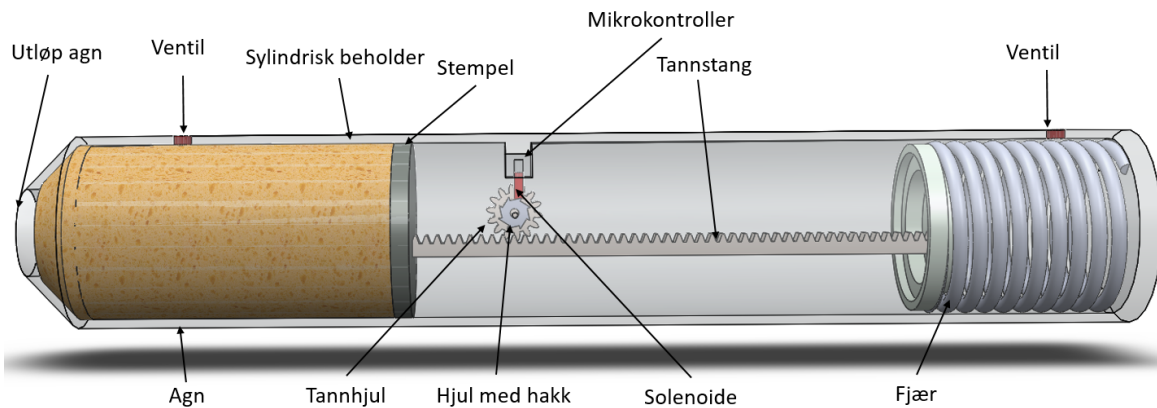
Ulike havdyp kan gi ulik påvirkning av hastigheten fjæren beveger seg. Gassfjærer med så langsom bevegelse er ikke hyllevarer, og må spesialtilpasses til formålet.

Input:

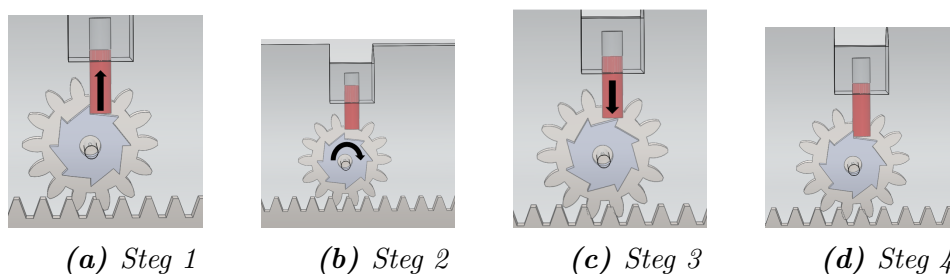
Industiral Gas Springs Ltd, ved James Godbold har via mailkontakt ^[62] bekreftet at de kan utvikle en gassfjær til den kravspesifikasjonen. I tillegg er Tor Fagerholm ved Otto Olsen positiv til at de kan levere en gassfjær etter de aktuelle spesifikasjonene.

Alt 6: Fjær med elektronisk timer og tannstang

Funksjonsalternativ 6 er basert på at en fjær presses sammen under egning. Dette kan foregå manuelt eller fjæren kan presses inn med et spesialverktøy. Fjæren har opplagret nok energi til å presse agnet ut og holdes igjen med en mekanisme vist i figur 36. En mikrokontroller holder rede på tiden, og på gitte intervaller trekker mikrokontrolleren opp en låsepinne via en solenoide. Solenoiden frigjør et hjul som står i spenn, hjulet har hakk eller nivåer som gjør at det roterer til neste hakk for så å bli låst av solenoiden på nytt. Videre er anordningen, som vist i figur 35, utstyrt med en tannstang som overfører kraften fra fjæren og frem til et stempel som presser frem agnet. Den sylindriske beholderen er utstyrt med to ventiler for å slippe inn vann, slik at stempelet opplever tilsvarende vanntrykk på begge sider. På denne måten må ikke fjærkraften overvinne vanntrykket mot stempelet.



Figur 35: Funksjonsalternativ 6: En fjær er spent opp og presser på agnet. Fjæren slippes frem ved hjelp av en elektronisk timer som slipper fjæren frem et hakk av gangen.



Figur 36: I **Steg 1** trekkes solenoiden opp, i **Steg 2** er hjulet frikoblet og roterer på grunn av presset som fjæren utøver på tannhjulet. **Steg 3** returnerer solenoiden og låser hjulet ved at neste hakk. **Steg 4** viser hvordan solenoiden i standby.

Mekanismen som slipper stempelet frem stegvis er skissert i figur 36. Mekanismen vil

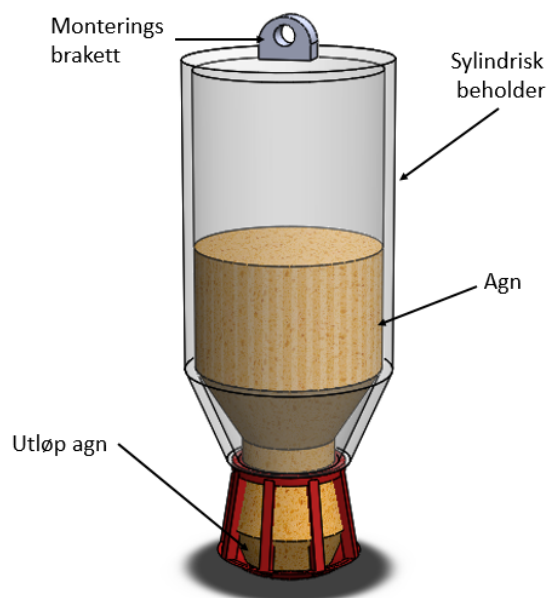
stå i vann og solenoiden som markert i rødt vil initiere bevegelsen. Det grå hjulet med hakk, står med et press mot solenoiden, presset kommer fra fjæren, via tannstangen og tannhjulet.

Fordeler med funksjonsalternativet er at en fjær presser ut agnet, det er dermed ikke avhengig av å bruke strøm for å drive frem agnet. Selv om mekanismen har flere bevegelige komponenter er alle komponentene kjente og kan ansees som standardkomponenter.

Utfordringer er at mikrokontrolleren bruker strøm og vil ha behov for opplading ved visse intervaller. Alternativet vil også ha flere bevegelige komponenter, som kan skape driftsproblemer.

Alt 7: Utvasking og avspising

Funksjonsalternativ 7 er å benytte seg av utvasking og avspising som timer, og egenvekt som drivkraft. Beholderen er utformet slik at agnet som til enhver tid er lengst fremme, vil bremse eller dekke for agnet som er lengre bak beholderen, dette er vist i figur 37. I dette funksjonsalternativet er det hvor raskt agn vaskes ut og avspises avgjør hvor fort nytt agn slippes ned.



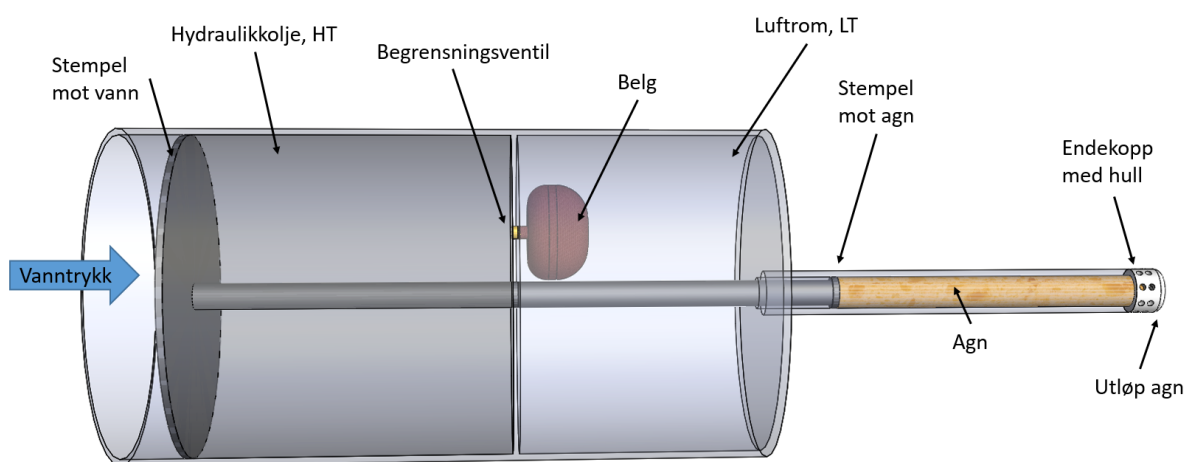
Figur 37: Funksjonsalternativ 7: Agn plasseres i en beholder med liten åpning i bunnen. Det er kun agnet som har nådd ned til bunnen som er eksponert for vann. Etter som agn vaskes ut og spises opp faller nytt agn ned.

Fordeler med funksjonsalternativ 7 er at det har en meget enkel oppbygning. Løsningen er enkel for en operatør å betjene, og en forventet produksjonskostnad vil være veldig lav. Det har heller ingen elektriske eller mekaniske komponenter som kan skape problemer. Funksjonsalternativet har heller ingen mekanisk oppspente deler som kan skape farer for operatører.

Utfordringer med løsningen er at det har svært begrensede muligheter for regulering. I tillegg er det store usikkerheter knyttet om dette alternativet faktisk vil være i stand til å fordele agn ut over tid.

Alt 8: Trykkdifferanse med hydraulikk

I funksjonsalternativ 8 er vanntrykket drivkraften som presser et stempel mot et kammer med hydraulikkolje, se figur 38. Når anordningen når havbunnen vil trykket stige i hydraulikkoljen, trykket i kammeret "Luftrom,LT" er på nåværende tidspunkt likt atmosfæretrykket. Etter som trykket her er lavere vil hydraulikkolje strømme gjennom en begrensningsventil og oppbevares i en belg inne i kammeret "Luftrom, LT". Etter som olje strømmer gjennom ventilen vil belgen øke sitt volum, og ta opp volumet til luften som var der ved start. På denne måten vil trykket stige i "Luftrom, LT". Etter som hydraulikkoljen strømmer gjennom belgen vil stempelet bevege seg mot høyre, og et stag mellom stempelet mot vann, og stempelet mot agn sørger for at agnet presses ut. Agnet er plassert i en sylindrisk formet del av beholderen, og fasongen på rommet til agn er langt og tynt. Ved utløpet til agnet er det plassert en kopp med huller som skal sørge for at ikke agnet eksponeres for raskt for vann etter som det presses frem.



Figur 38: Funksjonsalternativ 8: Vanntrykket presser mot et stempel, som øker trykket i hydraulikkoljen. Ventilen tillater hydraulikkoljen å langsomt strømme inn i belgen, som er omgitt av det lave trykket i "Luftrom, LT".

Fordeler med dette funksjonsalternativet er at det ikke trenger ekstern tilførsel av energi, verken fra batteri eller fra en fjær ladet ved egning. Systemet vil også være utladet for energi ved overflaten, som er en fordel for sikkerheten til operatører.

Utfordringer med denne løsningen er at en volumstrøm må være ekstremt liten for at den skal fordeles over tidsperioden det er snakk om. En annen ulempe er at funksjonsalternativet innebærer store volumer med olje, eventuelle lekkasjer vil være skadelig for miljøet og funksjonsalternativet introduserer derfor et nytt faremoment. Alternativet setter også ekstremt strenge krav til at pakninger mot både rommet med hydraulikkolje og rommet med luft. Små lekkasjer vil fort svekke funksjonen drastisk. Belgen som skal oppbevare hydraulikkoljen inne i luftrommet er også et element som kan skape problemer, den må være elastisk nok til å holde på hydraulikkoljen, men den må ikke være så hard å fylle opp at belgen selv skaper et mottrykk som stanser fremdriften.

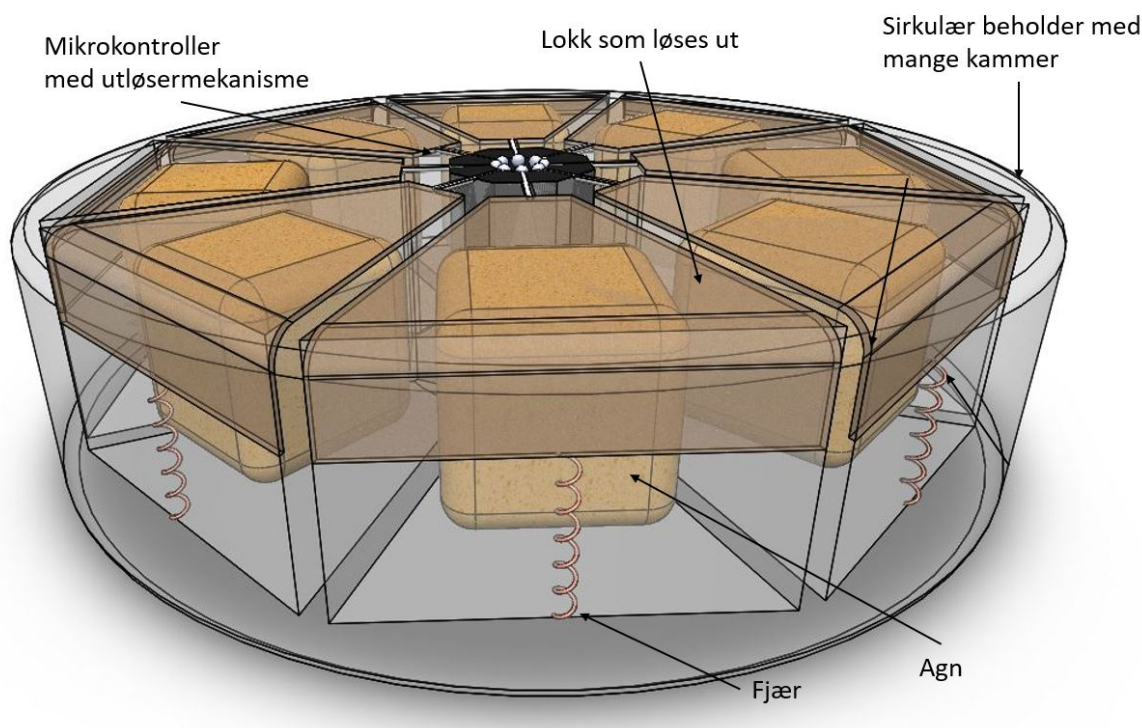
Input:

Dette funksjonsalternativet baserer seg på en volumstrøm og en begrensingsventil, og det er derfor foretatt et overslag av hvilke volumstrømmer som vil opptre i systemet, utregningen er lagt ved som vedlegg 3. For å tallfeste et eksempel er slaglegden fra stempelen står

helt til venstre, ved egning, til stampelet er helt til høyre når alt agnet er presset ut satt til 500mm. Videre er den store diameteren i rommet til hydraulikkoljen satt til $D = 500mm$. Med disse tallene vil det være behov for i underkant av 100 liter hydraulikkolje, og hvis vi for enkelhets skyld antar hele oljevolumet vil renne gjennom begrensingsventilen på 14 dager, vil det renne ca 7liter/døgn, som betyr 0,3liter/time, eller omtrent 0,005l/min. Dette er en meget liten volumstrøm, og kan bli svært utfordrende å holde stabil.

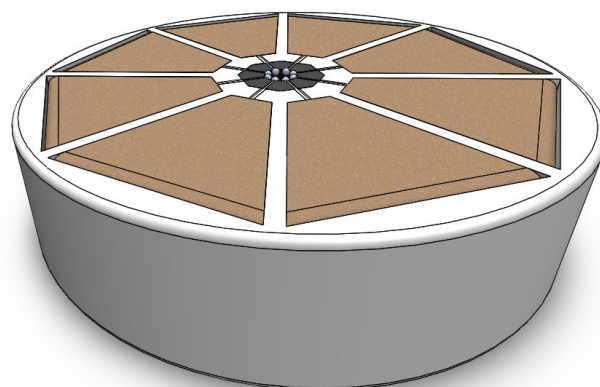
Alt 9: Beholder med flere kamre utløst av mikrokontroller

Dette funksjonsalternativet består av en sirkulær beholder med flere kamre. Hvert kammer er utstyrt med et lokk som er oppspent. Lokket dekker til agnet, og sørger for at det er uekspontert for sjøvann. En mikrokontroller er plassert i beholderens senter, og løser ut lokkene i tur og orden. Lokkene kan spennes ut med elastisk materiale eller med fjærer, og funksjonsalternativet er vist i figur 39.

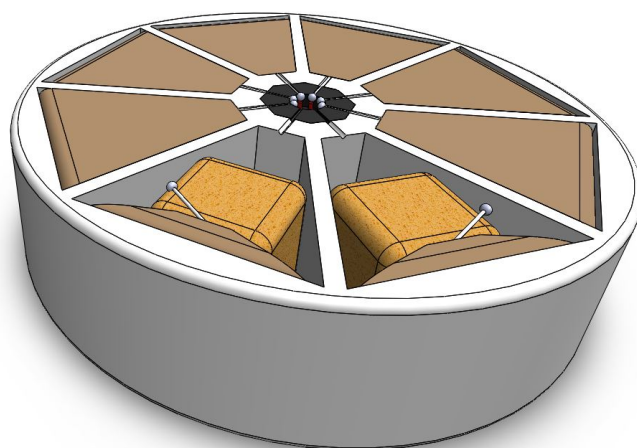


Figur 39: Funksjonsalternativ 9: En sirkulær beholder med ulike kamre for oppbevaring av agn. En mikrokontroller løser ut lokket over hvert kammer etter tur.

Mikrokontrolleren kan programmeres til å løse ut kamrene med ulike tidsintervaller, og mengden agn i hvert kammer kan enkelt endres for å regulere mengden agn pr utløsning. Funksjonsalternativet er her illustrert i en sirkulær beholder, men fint ha mange ulike geometriske utforminger. Alternativet baserer seg på å ikke forflytte agnet, men kun å fjerne et lokk eller en annen form for tildekning, dette er vist i figur 40.



(a) Detaljbilde 1



(b) Detaljbilde 2

Figur 40: Detaljer i funksjonsalternativ 9. Detaljbilde 1 viser hvordan hele anordningen kan se ut når den er egnet og klar for å settes ut. I detaljbilde 2 har anordningen stått ute en periode og to av åtte kamre med agn er utløst.

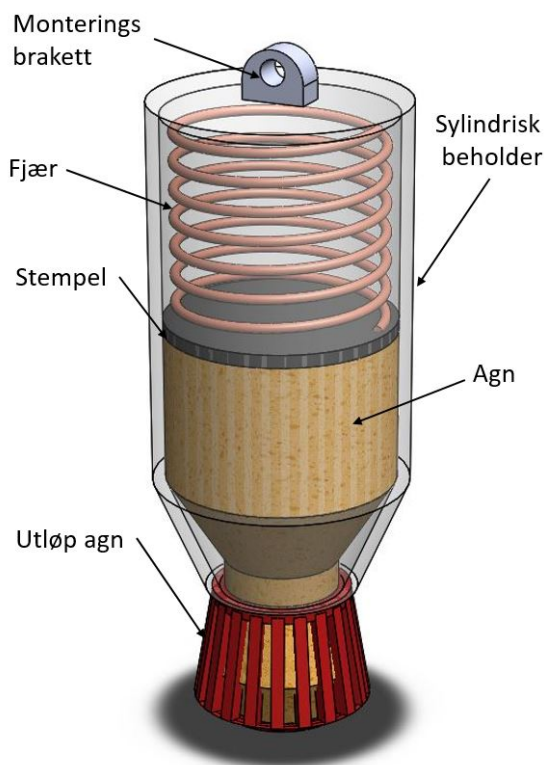
Fordeler med dette funksjonsalternativet er at det ikke er nødvendig å bruke energi på å forflytte agnet. Flere fordeler er også at mikrokontrolleren som utløser et kammer kan gjøre dette langsomt uten å risikere at flere doser løses ut. Med dette alternativet er det også enkelt å regulere hvor mye agn som skal slippes ut per utløsning, og å regulere tidsintervallene mellom ulike utløsninger.

Utfordringer er at funksjonsalternativet behøver batteri til mikrokontrolleren, samt en stykk utløsermekanisme per kammer. Dette betyr et stort antall bevegelige deler, og fare for dårlig driftsikkerhet. Det kan også være utfordrende å lage kamre som er tette nok for at ikke vann skal vaske ut attraktanter, uten at lokket på kammeret blir vanskelig å løse ut.

Alt 10: Utvasking og avspising med fjær

Funksjonsalternativ 10, figur 41, er en modifisert versjon av alternativ 7. Det som skiller alternativene er fjæren som presser agnet ut og bidrar til å øke trykket fra agnet mot utløpet. Dette vil bidra til agn kan presses ut mindre åpninger, og kan på denne måten

bidra til at agnet som ikke skal eksponeres for vann holdes bedre avskilt fra vannet utenfor.



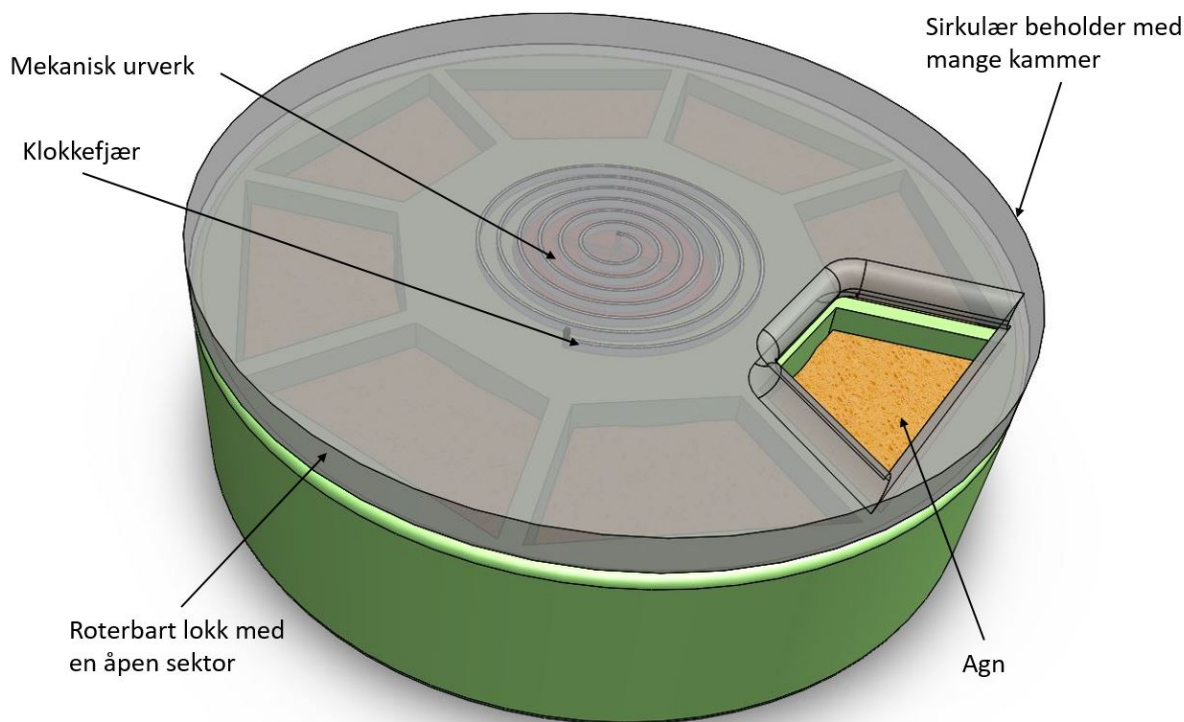
Figur 41: Funksjonsalternativ 10: I likhet med alternativ 7 plasseres agn i en beholder med liten åpning i bunnen. Det er kun agnet som har nådd ned til bunnen som er eksponert for vann. Etter som agn vaskes ut og spises opp presses nytt agn ned med fjæren. Utløpet på dette alternativet har mindre åpninger hvor agnet eksponeres for vann sammenliknet med funksjonsalternativ 7.

Fordeler med alternativ 10 er at det fortsatt har en enkel struktur selv om det er mer komplisert enn alternativ 7 som det bygger på. Alternativet har få bevegelige deler og ingen elektroniske komponenter.

Utfordringer med alternativ 10 er tilsvarende som alternativ 7. Svært begrensede muligheter for regulering. Å presse agn gjennom små åpninger vil også stille strengere krav til at agnet er en homogen masse uten bein eller klumper som vil tette utløpet og regulering av volumstrømmen ut kan være utfordrende.

Alt 11: Klokkemekanisme

Funksjonsalternativ 11, figur 42, består av et mekanisk urverk som over tid dreier på et lokk. Urverket trekkes opp ved egning, og energien til urverket ligger lagret i en opptrukket fjær. Agn plasseres i ulike kamre som over tid blir eksponert for sjøvann.



Figur 42: Funksjonsalternativ 11: En sirkulær beholder med flere kamre oppbevarer agnet. Urverket er plassert i senter og dreier over tid på lokket slik at kamre blir eksponert for vann.

Et mekanisk urverk må spesialtilpasses til formålet, men det er ikke funnet leverandører som kan gjøre dette. Det kan skisseres alternativer hvor bruker kan justere pådrag etter ønsket tidsintervall for agnet å presses ut. Dette alternativet vil medføre et stort utviklingsarbeid knyttet til å utvikle det mekaniske urverket dersom ingen underleverandør kan levere dette.

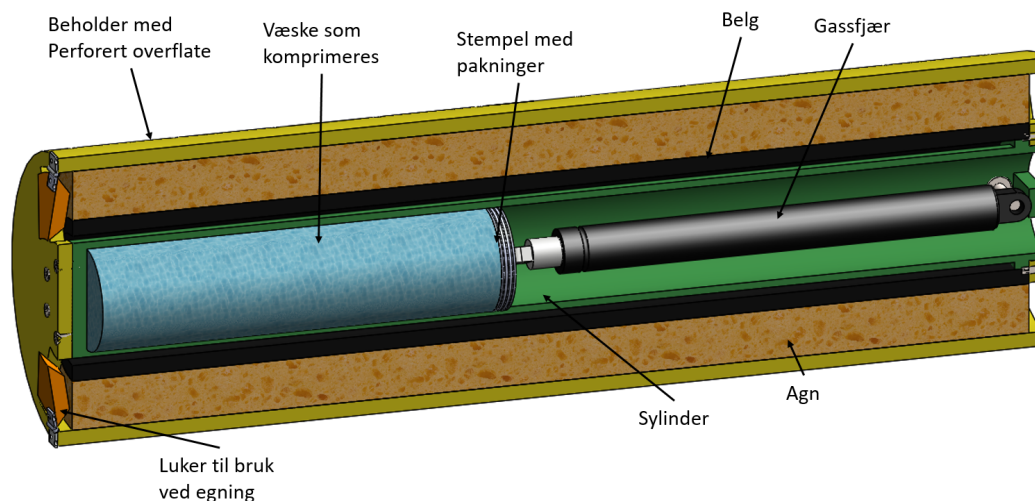
Fordeler med et mekanisk urverk er at alternativet ikke har behov for batteri, og et urverk forventes å ha god kontroll på tiden.

Utfordringer med et mekanisk urverk er mange. Bevegelige deler må isoleres fra vann, da bevegelser i vann vil bremses og dermed tappe ut energi. Urverket må også ha kraft til å dreie på lokket, som uavhengig av opplagring vil behøve et stort moment for å la seg rotere. Systemet er også svært utsatt for at agn, krabbebein eller andre objekter kommer i klem mellom lokk og beholder og dermed fører til stans.

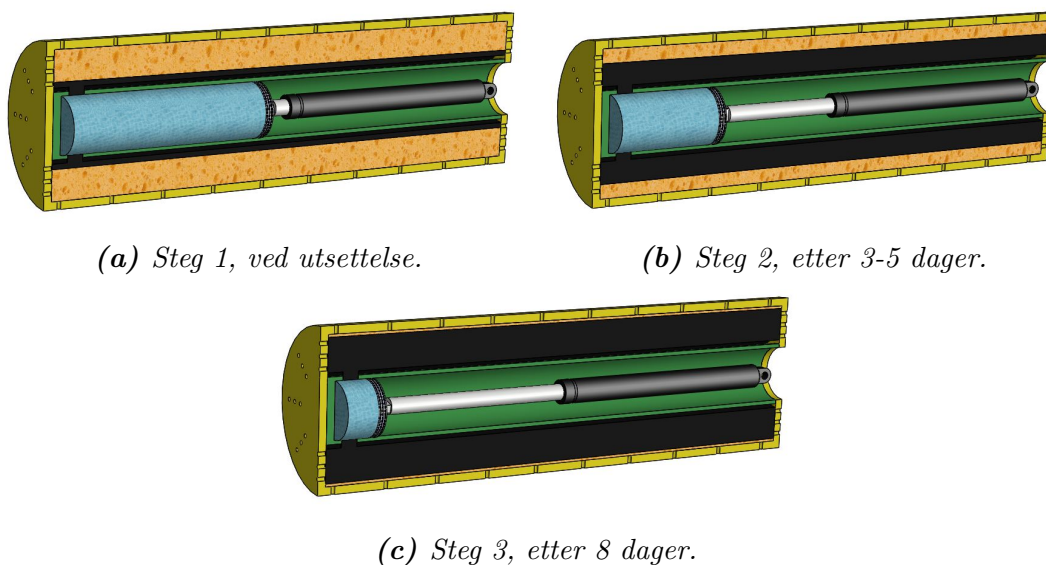
Videre kan salt og skitt skape problemer for alle bevegelige deler, og det finnes lite informasjon rundt hvordan urverk fungerer på store havdyp. Store tilleggskostnader for utvikling av urverk kan også forekomme.

Alt 12: Fruktpresse

Funksjonsalternativ 12 er inspirert av fruktpresser som tradisjonelt brukes til å presse epler eller annen frukt og vises i figur 43. Fremgangsmåten for pressing av epler er at man skjærer epler opp i små biter, setter bitene under press og lar saften renne ut gjennom en hullete eller perforert flate. Tanken med dette alternativet er at agnet kuttes opp til små biter, og oppbevares i et rom sammen med sjøvann. Attraktantene diffunderer over tid til vannet inne i beholderen, og etter som dagene går presses mer og mer vann og attraktanter ut av agnet, se figur 44.



Figur 43: Funksjonsalternativ 12: En sylindervekt oppbevarer agn, og en gassfjær i senter komprimerer vann med et stempel. Når vannet blir komprimert presses det ut i en belg som utvider seg og presser agnet mot den perforerte overflaten av sylindervekten.



Figur 44: Funksjonsalternativ 12 ved tre ulike steg i prosessen hvor gassfjæren presser vann inn i en belg.

Beskrivelse av ulike steg:

- I **Steg 1** er anordningen egnet og plasseres i teinen før den senkes til havets dyp. Gassfjæren er nå helt komprimert og starter å vandre ut.
- I **Steg 2** har gassfjæren presset stempelet fremover, og vi ser nå at belgen har startet å øke sitt volum.
- I **Steg 3** har stempelet nådd sin ende. Belgen er nå på sitt maksimale volum, og store deler av vannet med attraktanter er nå presset ut gjennom overflaten på den perforerte sylindren.

Anordningen består av flere komponenter, og det er i figur 43 satt på farger for å kunne skille komponentene. Ytterst er en beholderen med perforerte hull, her markert gul. Perforeringen av beholderen vil være avhengig av hvor stor gjennomstrømning av vann det viser seg å være gunstig å ha. Både antall hull og størrelsen på hullene er naturlige parametre for optimalisering. Ved egning plasseres agnet inne i beholderen, utenfor den sorte belgen. Belgen ligger inne i beholderen og fylles med vann etter som gassfjæren vandrer utover. Vannet presses ut gjennom to åpninger i enden av den grønne sylindren. Gassgjæren står i senter og presser ut et stempel som komprimerer vannet som fyller opp belgen.

Fordeler med funksjonsalternativ 12 er at anordningen ikke bruker batteri, men forsynes med energi oppspent i gassfjæren. En stor fordel er det at agnet ikke fysisk forflyttes, da dette gjør at et fiskehode, eller andre store biter, ikke vil skape utfordringer i dyser/ventiler eller liknende. Det også gunstig at alternativet benytter gassfjær som både timer og til drift.

Utfordringer er at belgen potensielt kan bli en komponent som tar skade eller slites over tid. Stempel og sylinder må være tette slik at de holder på trykket. En gassfjær med langsom vandring må spesialbestilles og kan bli en kostbar komponent.

Input:

Industiral Gas Springs Ltd, ved James Godbold ^[62] har via mailkontakt bekreftet at de kan utvikle en gassfjær til den kravspesifikasjonen. I tillegg er det opprettet dialog med Otto Olsen ^[63], ved Tor Fagerholm, og de er også positive til å levere gassfjærer som kan oppfylle den aktuelle kravspesifikasjonen.

6.6 Egenscreening

I dette kapitlet er det gjennomført en konseptscreening, og konsept for videre arbeid er valgt.

Seleksjonsmatrise

Pughs metode, beskrevet i kapittel 3.2.2, er benyttet for å gjennomføre seleksjonen av funksjonsalternativer. I seleksjonsmatrisen kan alternativene enten få "+", "-" eller "=", som henholdsvis er 1, 0 eller -1 poeng. I summasjonen med vektete kriterier, vil = gi 0 poeng, og +/- vil henholdsvis gi den poengsummen som det vektete kriteriet har.

Konseptscreening

Samtlige funksjonsalternativer er satt opp i en matrise med vektete vurderingskriterier. For å øke leservennligheten er matrisen delt opp i to separate tabeller. Tabell 13 viser funksjonsalternativer med vurderingskriterier uten vekt og tabell 14 viser funksjonsalternativene med den vektete summen fra tabell 13.

Tabell 13: Funksjonsalternativer satt opp i en matrise etter Pughs metode. I matrisen er ikke kriterier vektet, og matrisen fungerer som en input til matrisen i tabell 14.

Vurderingskriterium	Funksjonsalternativ											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Funksjonalitet	=	-	+	-	+	+	-	-	-	-	-	+
Sikkerhet	+	=	+	-	+	=	+	-	+	=	+	+
Driftsikkerhet	-	-	=	=	=	=	-	-	-	-	-	+
Kostnad	=	-	+	=	+	-	+	-	=	+	-	=
Estetikk	=	=	+	=	+	+	=	=	=	=	=	+
Levetid	+	-	=	=	=	=	+	-	-	+	-	+
Enkelhet	=	-	+	=	+	+	+	=	-	+	-	+
Poengsum uten vekt	1	-5	5	-2	5	2	2	-5	-3	1	-4	6
Rangering uten vekt	4	8	2	5	2	3	3	8	6	4	7	1

Som vi ser i tabell 13 er det funksjonsalternativ 12 (Fruktpresse) som kommer best ut av rangeringen når kriteriene ikke er vektet. Alternativet scorer ikke minus på noen vurderingskriterier, og fremstår som et gjennomgående godt alternativ. I den andre enden av skalaen finner vi alternativ 8 (Trykkdifferanse med hydraulikk), alternativ 11 (Klokke-mekanisme) og alternativ 2 (Trykkdifferanse med ventil og luft som medium) som scorer dårligst med minus på funksjonalitet, driftsikkerhet og levetid.

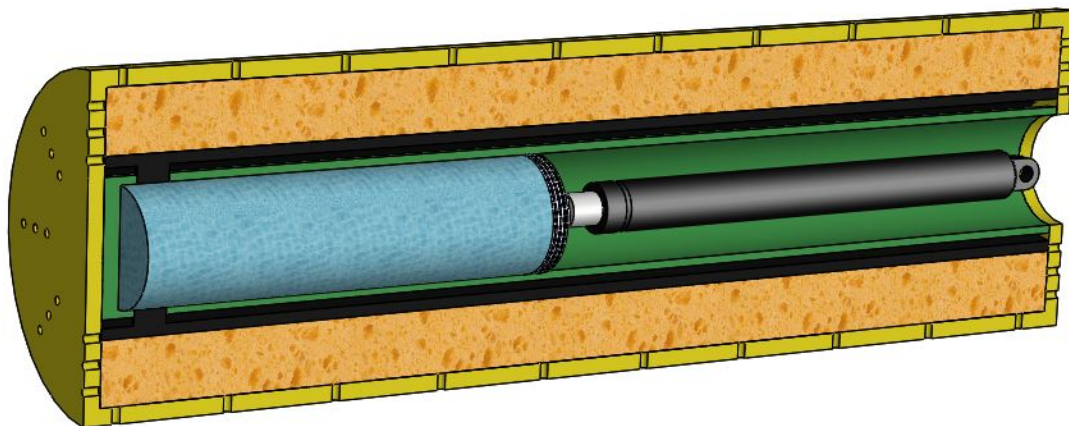
Tabell 14: Funksjonsalternativenes vektete poengsummer etter tabell 13. Hvert alternativs poeng summeres nedover. Totalsum og rangering er vist nederst i matrisen. Kriterienes vekt er gitt av produkttegenskapenes rangering i kapittel 5.2.

Vurderingskriterium	Vekt	Funksjonsalternativ											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Funksjonalitet	5	0	-5	5	-5	5	5	-5	-5	-5	-5	-5	5
Sikkerhet	5	5	0	5	-5	5	0	5	-5	5	0	5	5
Driftsikkerhet	4	-4	-4	0	0	0	0	-4	-4	-4	-4	-4	4
Kostnad	3	0	-3	3	0	3	-3	3	-3	0	3	-3	0
Estetikk	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1
Levetid	3	3	-3	0	0	0	0	3	-3	-3	3	-3	3
Enkelhet	3	0	-3	3	0	3	3	3	0	-3	3	-3	3
Poengsum med vekt	24	4	-18	17	-10	17	6	5	-20	-10	0	-13	21
Rangering med vekt	-	5	9	2	7	2	3	4	10	7	6	8	1

Fra tabell 14 ser vi at funksjonsalternativene oppnår svært varierte poengsummer med totalsommene spriker helt fra -20 til +21, på en skala hvor ± 24 er ytterpunkter i hver sin ende. Best ut av matrisen, med vektete kriterier, kommer fortsatt funksjonsalternativ 12 (Fruktpresse). Alternativet scorer godt på funksjonalitet og sikkerhet som er topp vektet, i tillegg er det eneste alternativ som scorer godt på driftsikkerhet. I motsatt ende av skalaen ligger fortsatt funksjonsalternativ 8 (Trykkdifferanse med hydraulikk), alternativ 11 (Klokke-mekanisme) og alternativ 2 (Trykkdifferanse med ventil og luft som medium). Å vekte kriteriene har i denne matrisen ikke ført til endring i vurderingen av funksjonsalternativenes egnethet.

6.7 Konseptvalg

Det valgte konseptet, figur 45, er etter egenscreeningen funksjonsalternativ 12 - Fruktpresse. Alternativet fremstår som det beste alternativet med fordelaktige egenskaper som gjorde at det vant frem i seleksjonsmatrisen. En egenskap som skiller dette alternativet fra resterende alternativer er at det benytter seg av en belg. Belggen gjør at stempelet som presser mot agnet ikke lar seg stoppe av biter eller klumper, men agndispenseren opprettholder et trykk mot agnet til tross for en ujevnheter. Løsningen med belg tillater også å legge et press på agnet uten og fysisk forflytte det.



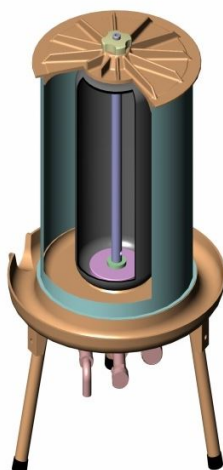
Figur 45: Funksjonsalternativ 12, -Fruktpresse er det valgte konseptet for videre utvikling.

6.8 Videreutvikling av valgt konsept

Det valgte konseptet har ført til en utviklingsprosess hvor SCAMPER-metoden, presentert i kapittel 3.2.3, er benyttet for å se på alternative løsninger. Gjennom metoden er konseptet brutt ned og satt sammen på ulike måter for å se etter kreative og nytenkende løsninger. Det er i arbeidet spesielt fokusert på momentene modularisering, modifisering, tilpasning, kombinerings og eliminering.

6.8.1 Modularisering, modifiseringer og tilpasninger

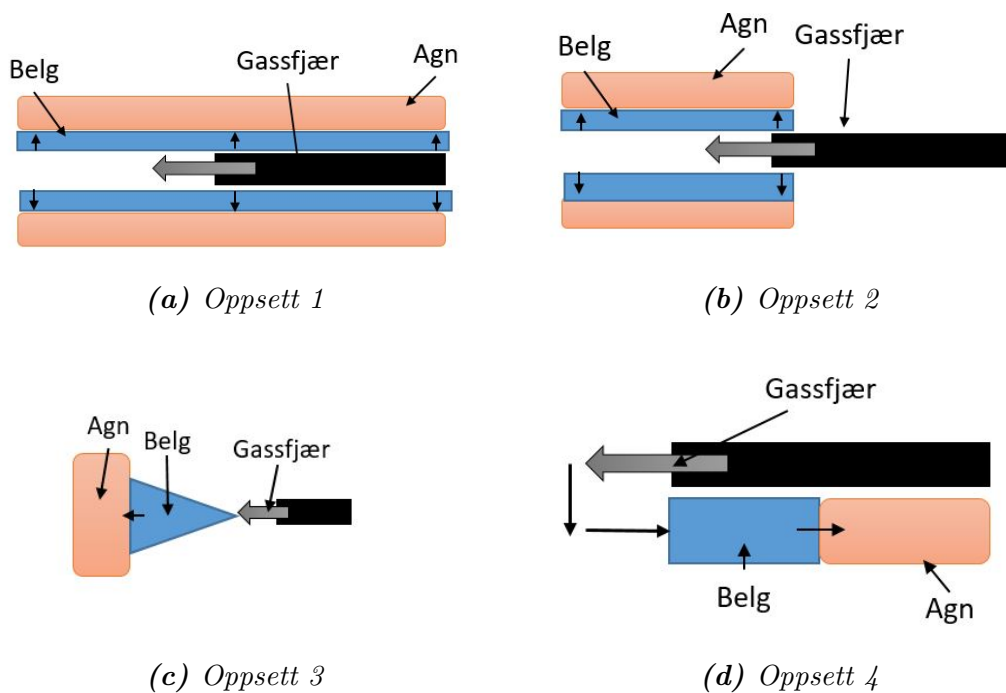
Det valgte konseptet er inspirert av en fruktpresse med belg, vist i figur 46. Funksjonen som adapteres fra fruktpressen er prinsippet hvor frukt skjæres i biter og presses mellom en belg og en perforert flate. I en fruktpresse, som vist i figur 46, tilkobles en hageslange i toppen. Vannet fyller opp en belg i senter av pressen. Den store overflaten som belgen utgjør medfører at et vanntrykk på 3 bar kan skape opp mot 20 tonn presskraft mot fruktbitene ^[64]. Å overføre dette prinsippet direkte viste seg å være utfordrende. En hageslange kan levere tilnærmet ubegrenset volum, mens en anordning med gassfjær kun vil levere volumet gassfjæren klarer å forskyve.



Figur 46: Fruktpresse med belg. Vannslange kobles til pressen på toppen og fyller opp den sorte belgen. Fruktbiter presses mellom belgen og den grønne perforerte sylindere og fruktsaften samles opp ^[65].

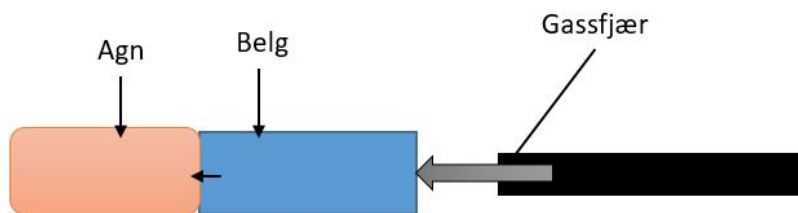
Det første steget som ble gjennomført i overgangen fra skissene og frem mot et utviklet produkt, var å modifisere og tilpasse geometriske forhold.

Raske håndberegninger viste at forholdet mellom volumet som komprimeres av stampelet inne i sylindere, og volumet i belgen som skal fylles av denne væsken, hadde en faktor på 10 i feil. Sylindere i senter rommet kun en tidel av volumet nødvendig for å fylle belgen. Denne store feilen startet en prosess hvor ulike geometriske oppsett ble vurdert, skisser av dette er vist i figur 47.



Figur 47: Ulike geometriske oppsett som ble vurdert. Oppsettene er utarbeidet ved hjelp av SCAMPER-metoden, og modulariseringsmetodikk er benyttet for å arrangere komponentene på ulike måter.

Etter en prosess hvor ulike geometriske oppsett ble drøftet, ble det funnet hensiktsmessig med et oppsett hvor agn, belg og gassfjær ble arrangert på rekke, som vist i figur 48.

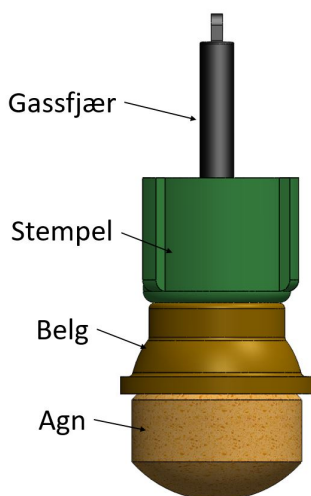


Figur 48: Valgt geometrisk oppsett

Viktige argumenter for dette valget er at belgen vil bli billig å produsere på grunn av mindre kompliserte form. Volumforholdene gjør det mulig at belgen fortrenger hele volumet av agnet, og generelt fremstår dette oppsettet som gunstig i forhold til funksjonalitet, produksjon og driftssikkerhet.

6.8.2 Kombinere og eliminere

Videre i utviklingsarbeidet er SCAMPER-elementene "kombinere" og "eliminere" utprøvd. Det er vurdert om anordningen kan forenkles, da den består av flere bevegelige komponenter, og det er krav om tette pakninger rundt bevegelige deler. Alle produktets komponenter har vært under lupen, og det er vurdert om komponenter kan fjernes, erstattes eller kombineres. Stempelet som går inn i den grønne sylindere i senter, se figur 45, er kartlagt som en komponent som kan elimineres. Stempelet og sylindrens funksjon er å komprimere og øke trykket i vannet som presses inn i belgen. Dette kan erstattes med et stempel som presses foran gassfjæren, og direkte støter mot belgen, slik vist i figur 49.



Figur 49: Stempel støter direkte mot belg, og forskyver belgen fremover. Dette eliminerer behovet for at stempelet komprimerer vann i en sylinder.

6.9 Utdypning av prinsipper ved valgt løsning

Den valgte løsningen baserer seg på tekniske prinsipper som forklares og belyses i dette underkapittelet.

6.9.1 Gassfjær

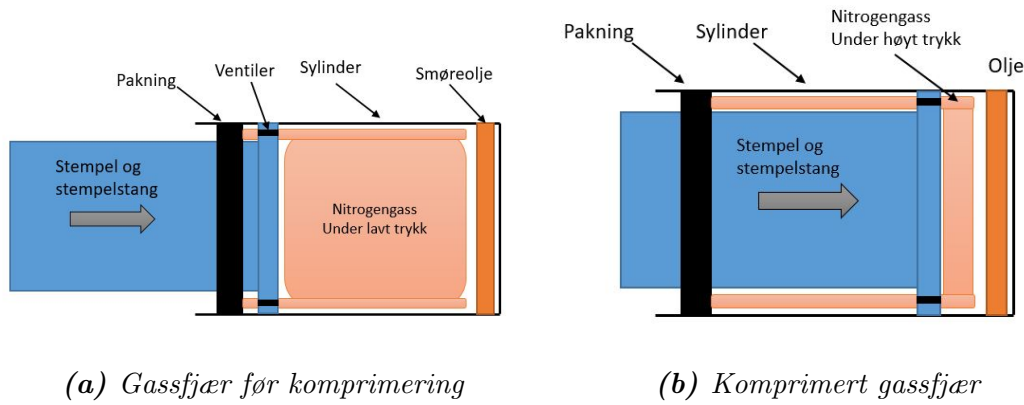
Gassfjær, figur 50, er en anordning som holder på mekanisk energi og frigir energien ved et senere behov. Rundt oss i hverdagen finner vi mange gassfjærer, typiske bruksområder er til å holde oppe bagasjeromsluker på biler eller kontorstoler. Gassfjærer har en relativt enkel oppbygning og er basert på å komprimere en gass, ofte nitrogengass. Anordningen består videre av en sylinder som er smurt med litt olje og et stempel. Sylindere har pakninger som gjør at nitrogengassen og oljen ikke slipper ut, men kun kan bevege seg inne i sylindere [66].



Figur 50: Et utvalg av gassfjærer [67]

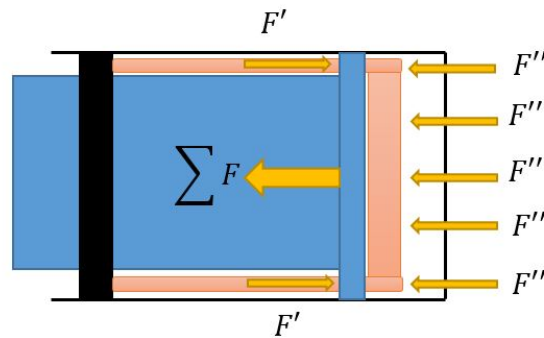
Virkemåte

Gassfjærer kan fungerer både som en ekspanderende og komprimerende kraftkilde. I denne applikasjonen er en ekspanderende gassfjær aktuelt. Ved komprimering av en gassfjær må den utsettes for en kraft stor nok til å presse stempelet inn i sylindere og for at dette skal skje må nitrogengassen inne i sylindere komprimeres. Fordi selve stempelet og stempelstangen opptar volum inne i sylindere, får gassen mindre volum og trykket øker. Når stempelstangen er presset helt inn er volumet nitrogengassen opptar redusert med volumet til stempelstangen, vist i figur 51:



Figur 51: Viser hvordan stempel og stempelstang opptar volum inne i sylindere ved komprimering av gassfjæren. Legg merke til at nitrogengass befinner seg på begge sider av stempel i begge tilstander.

Gassfjæren utøver en kraft ved at arealet den komprimerte nitrogengassen virker på er ulikt på hver side av stempelet, vist i figur 52. Årsaken til arealdifferansen er at stempelstangen fortrenger gassen fra deler av arealet på den ene siden av stempelet. Kraften gassfjæren utøver er lik trykket i nitrogengassen multiplisert med arealet av stempelstangen.

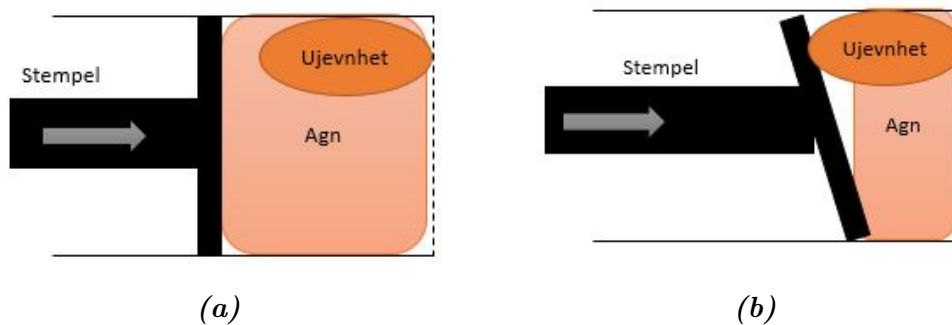


Figur 52: Trykket i nitrogengassen er likt på begge sider av stempelet, men arealdifferansen fører til at summen av krefter er ulik null, og gassfjæren utøver en netto kraft lik nitrogengassen multiplisert med tverrsnittsarealet til stempelstangen.

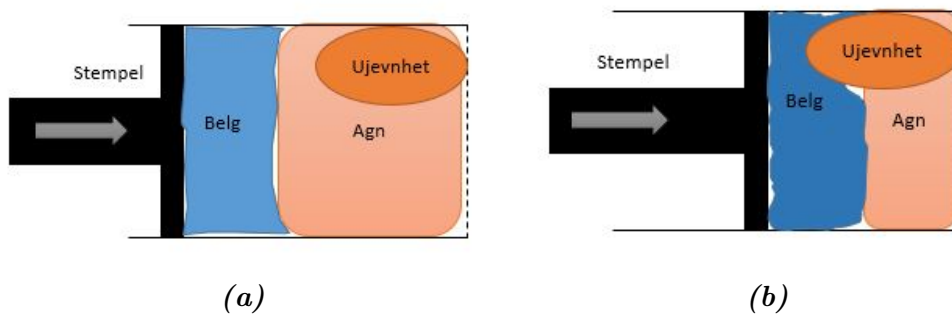
Det finnes i dag mange leverandører av gassfjærer, og dette er en komponent som for denne anordningen vil bli levert av underleverandør. Kravspesifikasjonen for gassfjæren vil være av det ekstreme og føre til behov for spesialutvikling hos underleverandør, men det er opprette dialog med flere produsenter som er positive til å ta oppgaven [62],[63].

6.9.2 Belg

En viktig komponent for det valgte konseptet er belgen. Hensikten med belgen er å utøve et press på agnet. Agnet skal både fysisk bli presset ut av dispenseren, men også bli komprimert slik at attraktanter frigjøres. Et viktig aspekt ved å bruke belgen er også å unngå problemer ved ujevnheter i agnet, vist i figur 53 og i figur 54.



Figur 53: Ujevnheter i agnet, som f.eks. et fiskehode, eller andre dårlig oppmalte biter, kan medføre at stempelet får skjev belastning og kiler seg på skrått fast i sylindere. I (a) beveger stempelet seg fra utgangsposisjonen, og i (b) står stempelet fast fordi ujevnheten har skapt motstand på en side av stempelet slik at det har kilt seg.



Figur 54: En belg er plassert mellom stempel og agn. I (a) beveger stempelet seg innover fra utgangsposisjon, og i (b) har belgen plassert seg rundt ujevnheten slik at stempelet fortsatt står normalt på veggene i sylindere.

7 Ekstern produkttesting

I den eksterne produkttestingen er det hentet inn tips, råd og veiledning knyttet til det valgte funksjonsalternativet. Kapitlet inneholder en målsetting for testen, beskrivelse av testpopulasjon, innhold i spørreskjemaer, samt resultater og resultattolkning.

7.1 Målsetting for testen

Målet med den eksterne konsepttestingen er å få input og veiledning fra fagmiljøer rundt ulike aspekter ved den valgte løsningen. Den valgte løsningens gjennomførbarhet, markedspotensiale og brukeropplevelse er aspekter hvor det er et mål at den eksterne produkttestingen skal gi kunnskaper om og innspill til.

7.2 Valg av testpopulasjon

Det er gjennomført en ekstern produkttesting hvor enkeltpersoner med ekspertkompetanse på ulike fagområder er kontaktet. Følgende personer har vært delaktige i den eksterne produkttestingen:

- Siv.ing, Torgeir Bråtane, Inventas, fagfelt: Mekanikk og produktutvikling.
- Gründer, Tore Halvorsen, Innomar, fagfelt: Innovasjon, marked og business.
- Yrkesfisker, Erling Haugan, Randtind, fagfelt: Krabbefiske og forskningsprosjekter.

7.3 Innhold og form på spørreskjemaer

Det er benyttet individuelle spørreskjemaer med spørsmål knyttet til ekspertisen den aktuelle fagpersonen har. Spørreskjemaene har en enkel oppbygning, og legger opp til en dialog mellom fagpersonene og undertegnede. Personene har fått tilsendt spørreskjemaer samt nødvendig informasjon om konseptet, dette er inkludert som vedlegg 4.

7.4 Resultater

Basert på de utsendte spørreskjemaene og samtaler med fagpersonene er følgende informasjon hentet inn i den eksterne produkttestingen:

Torgeir Bråtane

Torgeir tror konseptet vil fungere, og er positiv til forenklingene som er gjennomført i utviklingsarbeidet. Tekniske utfordringer ved konseptet er gassfjæren med den langsomme vandringsen. I tillegg nevner Torgeir geometrien og antall hull i lokket som en potensiell utfordring, da vi ikke ved hvor stor utskiftingen av vann inne i agndispenseren vil være. For masseproduksjon anbefaler Torgeir sprøytstøping fordi dette er en rimelig produksjonsmetode for store serier. For at produktet skal slå an i markedet mener han det kan være lurt å spisse produktet tydeligere enten mot å være en anordning for å redusere forbruket av agn, eller å være en anordning for å føre fisk over tid. Komplette utfylte spørreskjema fra Torgeir er lagt med som vedlegg 5.

Tore Halvorsen

Tore tror konseptet er gjennomførbart, og mener det valgte konseptet kan fungere bra

med tanke på kost/nytte og brukervennlighet. Han ser på holdbarhet og slitasje fra et røft miljø som en utfordring. Når det gjelder andre bruksområder nevner han krabbefiske med både små og store teiner, store torsketainer og andre forings-situasjoner på land eller i vann hvor man ikke har daglig tilsyn eller tilgang på elektrisitet. Tore ser gode muligheter for kommersialisering og internasjonalisering, og mener nøkkelen til suksess er lav pris, høy kvalitet og lange vedlikeholdsintervaller. Komplette utfylte spørreskjema fra Tore er lagt med som vedlegg 6.

Erling Haugan

Erling mener konseptet er gjennomførbart betinget at produktet fungerer 100% sikkert og at det er gjenbrukbart. Det er også avgjørende at produktet er enkelt i bruk og at man ikke taper tid ved å benytte agndispenser i forhold til bruk av ordinære agnposer. En utfordring han ser er pris, og mener det er viktig at prisen holdes nede da fiske utstyr generelt sett er meget kostbart. På spørsmål om hva som skal til for at han selv vil bruke agndispenseren sier han at alle løsninger som er enkle og effektive vil føre til at han og andre fiskere vil vurdere å bruke dette. En fordel med agndispenseren som Erling peker på er at bunndyr ikke spiser opp agnet. Bunndyr som spiser av agnet er et problem ved ordinære agnposer forteller Erling. Andre faktorer han nevner som er viktige for at produktet skal lykkes er at fangstraten holdes oppe, enkelhet ved bruk, lav pris på agndispenseren og lav pris på agn/attraktant til agndispenseren. Han nevner også at den fysiske størrelsen ikke må overgå det som er enkelt å håndtere manuelt for en fisker, da manuelt arbeid foregår i mange ulike operasjoner ved krabbefiske. Avslutningsvis ser han en fordel ved løsningen som er at den samme dispenseren kan brukes til forskjellig type fiske ved kun å bytte ut agn/attraktant. Komplette utfylte spørreskjema fra Erling er lagt med som vedlegg 7.

7.5 Resultatolkning

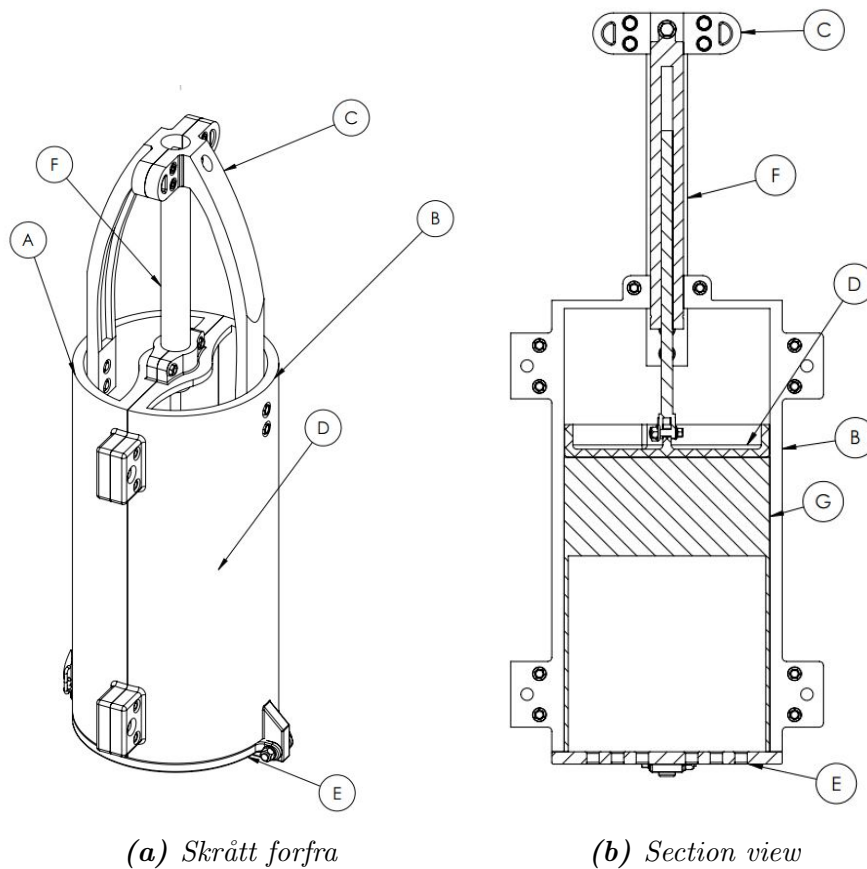
Gjennom den eksterne produkttestingen er det høstet input og veiledning rundt det valgte konseptet. Testgruppen er generelt positiv til den valgte løsningen og tror konseptet er gjennomførbart. Forutsatt at produktet kan produseres til en lav pris, og fangstraten er god, mener ekspertgruppen at produktet kan slå an i markedet. For brukeropplevelsen er det viktig at egning er enkelt og effektivt, og at den generelle håndteringen av produktet er ukomplisert. Eksperttestingen har gitt nye innspill om at agndispenseren vil hindre at bunndyr spiser opp agnet, og at serieproduksjon kan foregå med sprøyttestøping for lave enhetskostnader ved serieproduksjon.

8 Produktarkitektur

I dette kapitlet beskrives det utviklede produktet både med sammenstillingstegninger og oversikt over enkeltkomponenter. Komponenter er utviklet og dimensjonert for å tilfredsstille produktspesifiseringene beskrevet i kapittel 5.2.

8.1 Sammenstillinger

Sammenstillingstegninger av agndispenseren er vist i figur 55 og komponentene er beskrevet i tabell 15. Figur 56, 57 og 58 viser rendrerte fremstillingsbilder av agndispenseren fra ulike retninger og i vinkler.



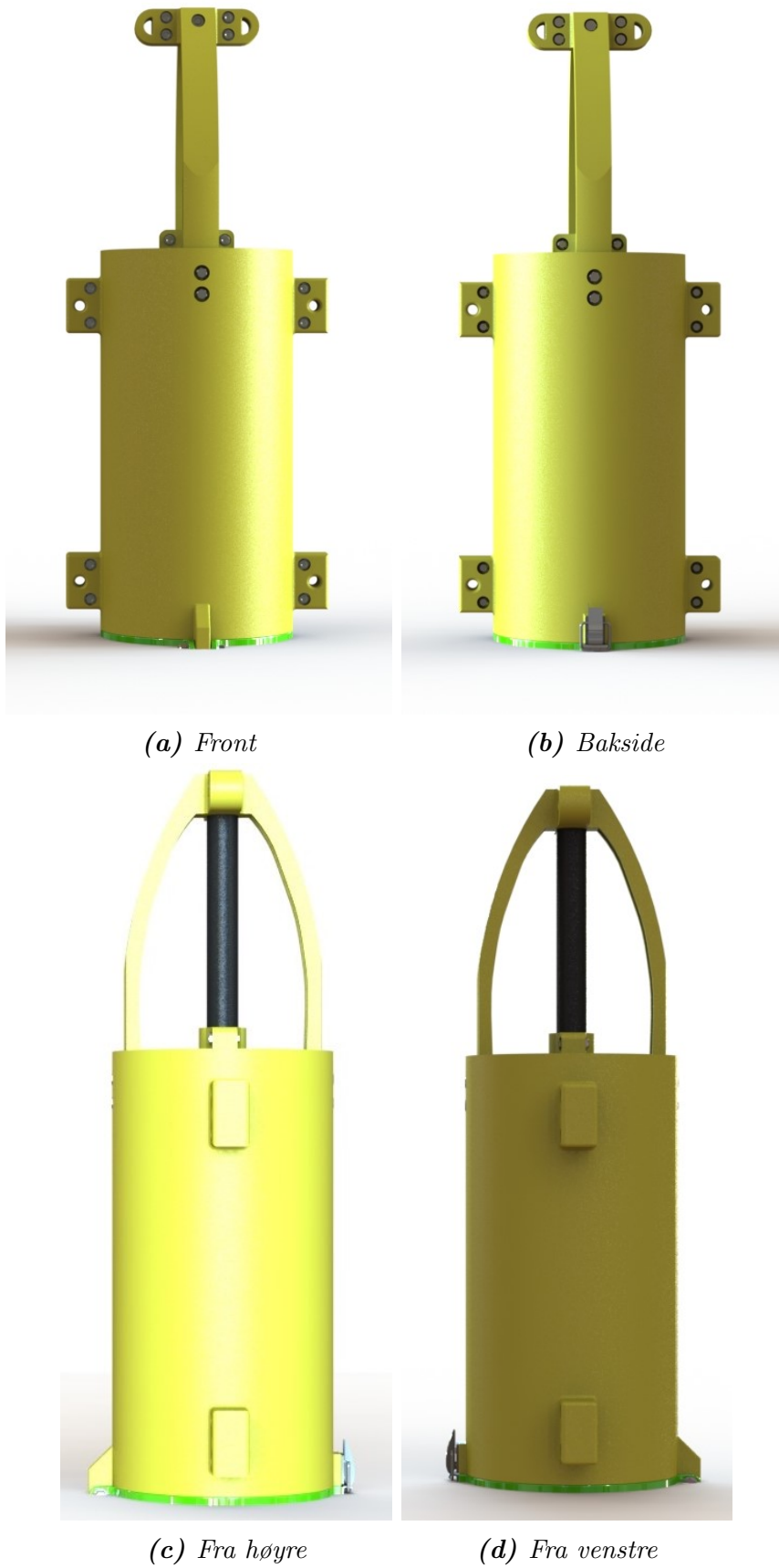
(a) Skrått forfra

(b) Section view

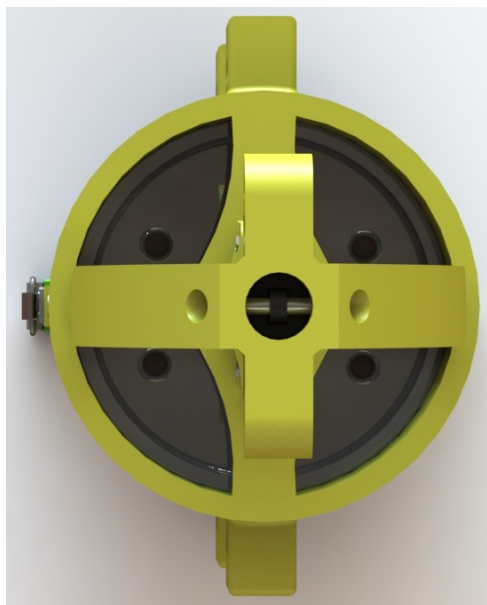
Figur 55: Skisserte sammenstillingstegninger av agndispenseren. Hovedkomponentene er markert med ballonger. Beskrivelse av hovedkomponentene er gitt i tabell 15.

Tabell 15: Beskrivelse av bokstavnummererte komponenter i figur 55a og figur 55b.

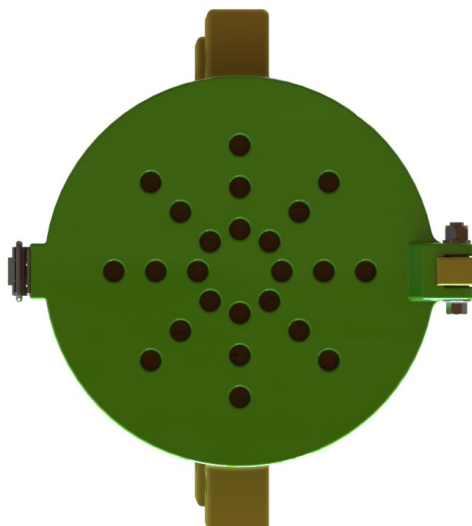
Bokstav:	Beskrivelse	Antall	Part nr:
A	Sylinder del A	1	01
B	Sylinder del B	1	02
C	Bøyle	2	11
D	Stempel	1	21
E	Lokk	1	31
F	Gassfjær	1	-
G	Belg	1	41



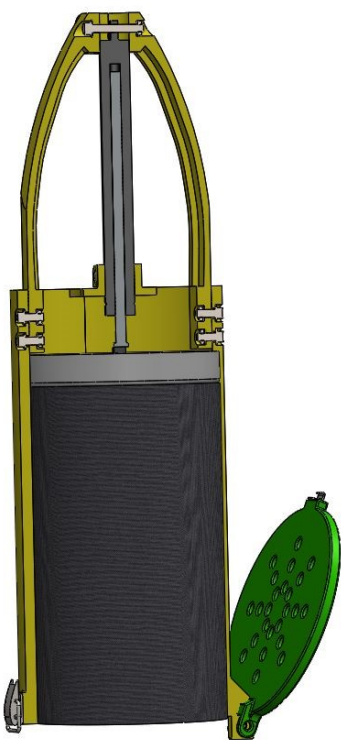
Figur 56: Renderte fremstillingsbilder av agndispenseren fra alle fire retninger.



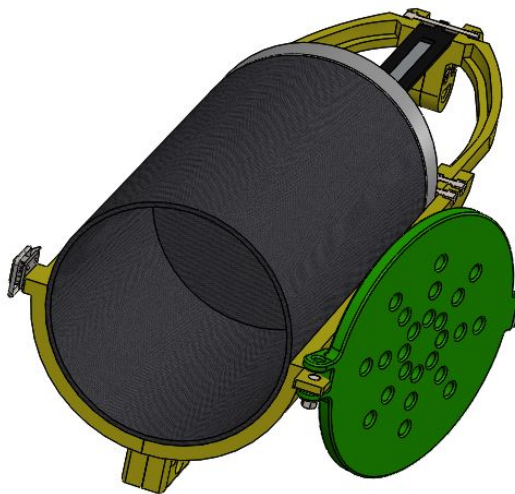
(a) Fra oversiden



(b) Fra undersiden

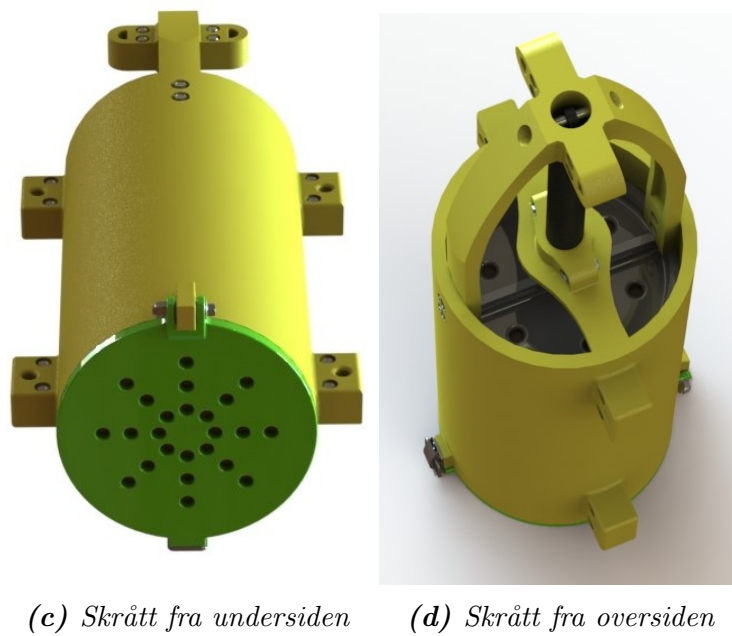


(c) Section view, skrått forfra



(d) Section view, skrått fra undersiden

Figur 57: Rendrerte fremstillingsbilder av agndispenseren sett fra oversiden og undersiden, samt to bilder hvor sylinderen er delt på midten og lokket åpnet for å vise innvendige komponenter.



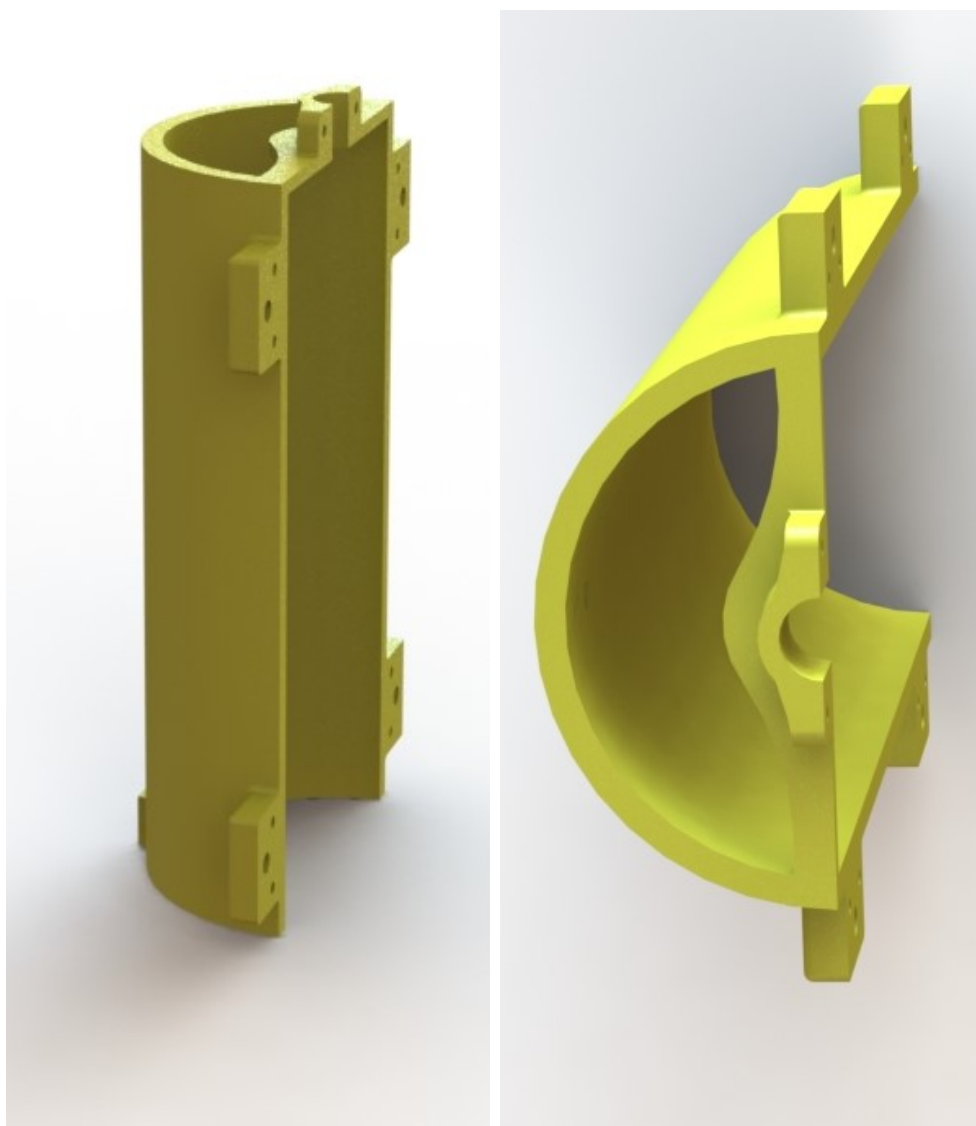
Figur 58: Rendrerte fremstillingsbilder av agndispenseren i fire ulike 3D-perspektiv.

8.2 Utviklede komponenter

Her følger illustrasjoner og beskrivelser av komponenter som er utviklet og designet gjennom prosjektarbeidet.

8.2.1 Sylinder, part: 01 og 02.

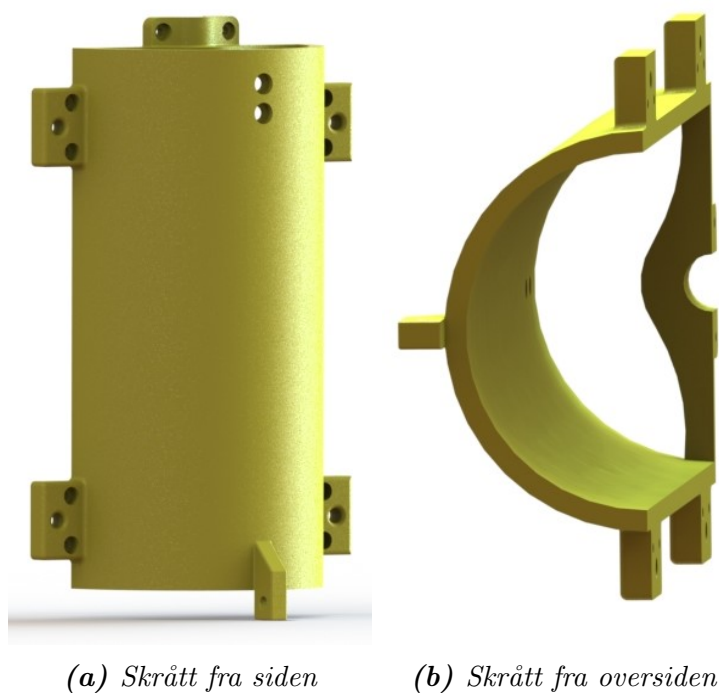
Sylinderen, figur 59, består av to halvdelene som er boltet sammen. Halvdelene er symmetriske, men med små ulikheter i bunnen hvor lokket skal festes. For å skille halvdelene blir den ene referert til som part 01, og den andre som part 02. På sammenstillingstegningen i figur 55 er delene merket med A og B. To festeører er plassert i godset der hvor sylindere er boltet i hverandre, ørene er til bruk ved innfesting i teinen.



(a) Skrått fra siden

(b) Skrått fra oversiden

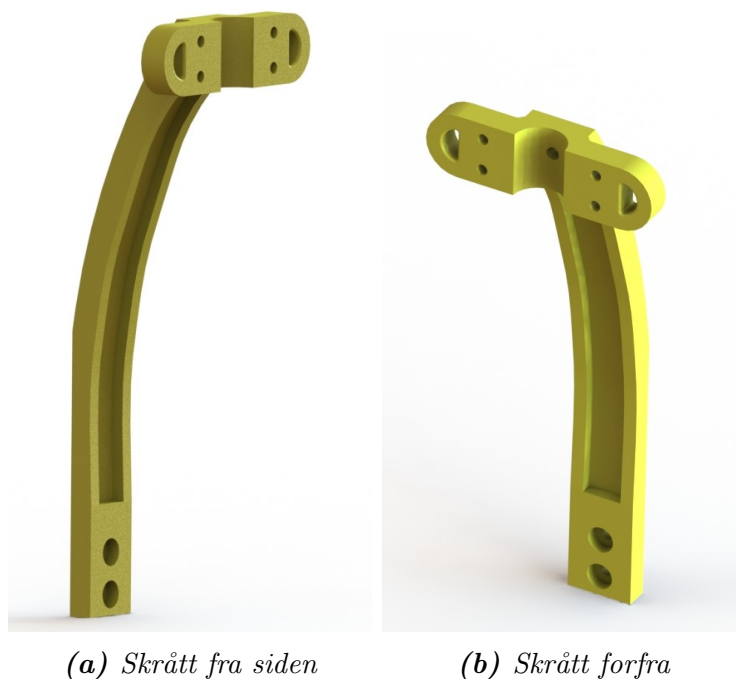
Figur 59: Rendrerte fremstillingsbilder av sylinder, part 01.



Figur 60: Rendrerte fremstillingsbilder sylinder, part 02.

8.2.2 Bøyle, part: 11

Bøylene, figur 61, er den øverste komponenten på agndispenseren. Hver agndispenser har to bøylor og bøylene er markert med bokstaven C i sammenstillingstegningene i figur 55.



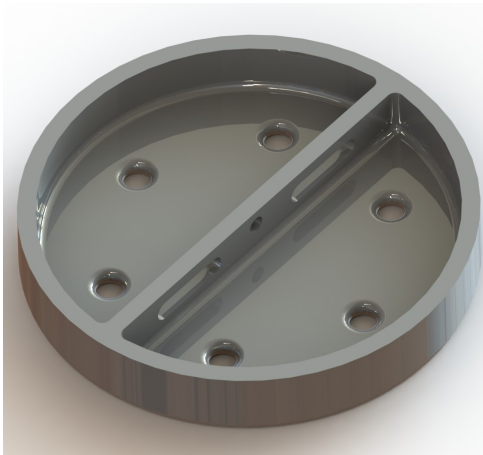
Figur 61: Rendrerte fremstillingsbilder av bøyle, part 11.

Bøylene er boltet sammen i hverandre i toppen, mens i bunnen er bøylene boltet inn i

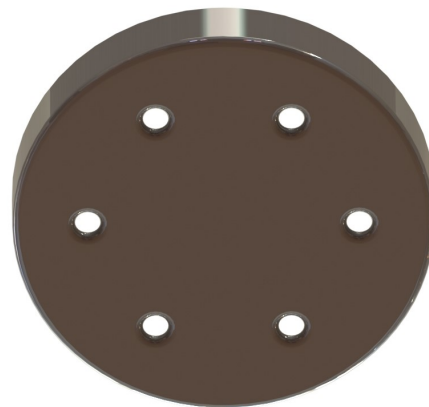
sylinder-halvdelen. Bøylens oppgave er å holde gassfjæren og å være et håndtak som agndispenseren kan holdes eller løftes i. To festeører er plassert på toppen av bøylene til bruk ved innfesting i teinen.

8.2.3 Stempel, part: 21

Stempelet, figur 62, befinner seg inne i sylindren og er festet til den ene enden av gassfjæren. Stempelet presser på belgen, og er i sammenstillingstegningene, figur 55, markert med bokstaven D. Stempelet har seks hull for å sikre at vanntrykk ikke kan stå mot en side av stempelet.



(a) Skrått fra oversiden

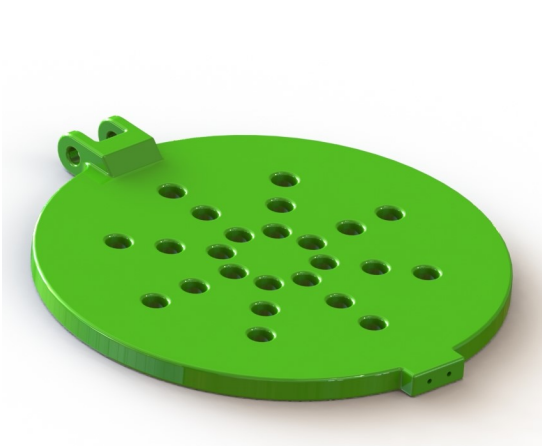


(b) Skrått fra undersiden

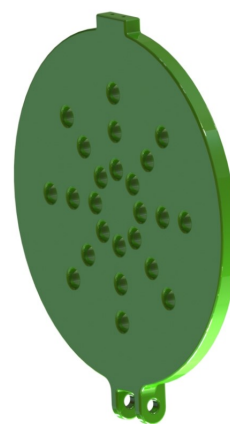
Figur 62: Rendrerte fremstillingsbilder stempel, part 21.

8.2.4 Lokk, part 31

Lokket, figur 63, er plassert i enden av røret og er hengslet opp i enden av sylindren, part 02. Lokket kan åpnes og lukkes med en kasselås. På sammenstillingstegningene i figur 55 markert med bokstaven E.



(a) Skrått fra oversiden

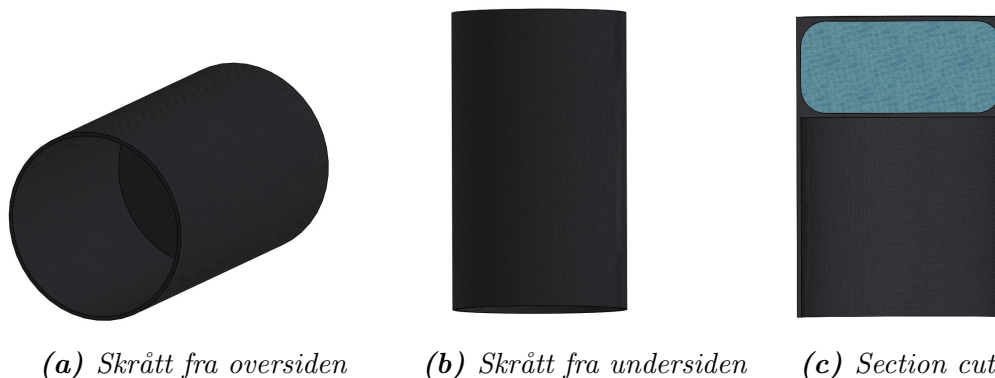


(b) Skrått fra undersiden

Figur 63: Rendrerte fremstillingsbilder av lokk, part 31.

8.2.5 Belg, Part 41

Belgen, figur 64, befinner seg inne i sylindren og blir presset frem av stampelet. I sammenstillingstegningene er belgen markert med bokstaven G. Belgen består av to ulike segmenter. Den øverste delen av belgen er et tett volum fylt med væske og den nederste deler av belgen består av et elastisk skall som lar seg folde sammen når belgen presses fremover mot lokket.



Figur 64: Rendrerte fremstillingsbilder belg, part 41.

Figur 64c er et section cut av belgen for å vise hvordan belgen har et volum som er fylt av vann.

8.3 Øvrige komponenter

Her følger illustrasjoner og beskrivelser av øvrige komponenter som inngår i agndispenseren, men som leveres eller utvikles fra underleverandør.

8.3.1 Gassfjær

For denne applikasjonen vil gassfjær, vist i figur 65, bli spesialbestilt fra underleverandør da dette spesifiseres som ikke finnes i et standard sortiment.



Figur 65: Rendrert fremstillingsbilde av gassfjær.

Kravspesifikasjon til gassfjær

- Presskraft ved ekspansering skal være 500N ±10%.
- Slaglengde skal være 270 mm.
- Forflytningshastigheten skal være 270 mm på 9 dager, dvs 30 mm/døgn.
- Toleranse er +/- 1 døgn.
- Sjøvannsbestandig.
- Fungere plassert i havdyp ned til 600 meter.
- Gassfjæren skal la seg komprimere på maksimalt 20 sekunder.
- Presskraft ved komprimering skal være maksimalt 5000N.

I oppsettet vil gassfjæren presse direkte på stempelet som vist i figur 57c. Stempelet overfører sin kraft direkte videre til belgen, og presskreften fra gassfjæren vil derfor virke på belgen. Gassfjærens press på 500N vil føre til at belgen presses mot blandingen av agn og vann er 500N hvis vi ser bort fra friksjon og andre tap. Belgens kontaktflate mot agn-vann miksen har en diameter på 250 mm, og volumet vil oppleve følgende trykk:

$$p_{belg} = \frac{F}{A} = \frac{500N}{\pi \cdot 125mm^2} \approx 0.01MPa \approx 0.1bar. \quad (1)$$

Trykket mot agnet vil være et overtrykk, og er gassfjærens nødvendige presskraft er kommentert i kapittel 13.5.

8.3.2 Bolter, muttere, skiver og kasselås

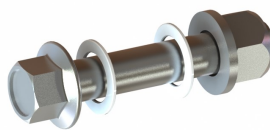
Det er i agndispenseren et behov for bolter, skiver og muttere, i tillegg festes lokket med en kasselås som vist i figur 66 og 67. For å tillate bevegelse av lokket er det også påsatt nylonskiver mellom lokket og ørene som står opp fra sylinder B, som vist i figur 67a. En oversikt over komponentene er gitt i tabell 16.

Tabell 16: Standardkomponenter til agndispenseren.

Beskrivelse	Lengde[mm]	Antall
Kasselås	-	1
M8 bolt	30	15
M8 skive	-	30
M8 mutter	-	15
M10 bolt	70	1
M10 bolt	55	1
M10 skive	-	6
M10 mutter	-	6
M10 bolt	25	4
Plateskrue til kasselås	16	6
Nylonskiver M10	-	2

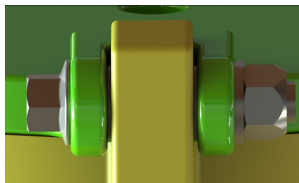


(a) Bolt med skive og mutter.

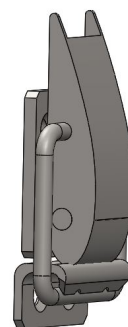


(b) Nylonskiver plassert på en M10 bolt med skive og mutter.

Figur 66: Rendrerte fremstillingsbilder av bolter, med skiver og muttere.



(a) Nylonskivene står på bolten mellom lokk(grønt) og sylinderen(gul).



(b) Kasselås

Figur 67: Rendrerte fremstillingsbilder som nylonskiver og kasselås.

9 Avgrenset strukturoptimering

Det er utført enkel FEM-analyse for kontroll av spenninger og deformasjoner i utvalgte komponenter. Håndkalkulasjon er også gjennomført for å verifisere spenninger funnet ved FEM-analyse av bøylen.

9.1 Begrepsforklaring, FEM-analyse

Her følger en forklaring av aktuelle begreper benyttet i forbindelse med FEM-analysen.

Singularitet

Singularitet i modellen kan forekomme ved FEM-analyser. En singularitet er et område med en faktor, f.eks. et hjørne, en kjerv, eller en punktlast, som gjør at analysen går mot en ukorrekt verdi. I virkeligheten vil materialet ofte flyte i områder med singulariteter, men programvaren forsøker å regne ut spenningene ved å dividere krefter på et areal som går mot null og får da feilaktige resultater. For å unngå utfordringer ved singulariteter er det i designet lagt inn radier, men resultatet av analysen må alltid studeres for å avklare om høye spenninger er reelle eller en konsekvens av feil i analyserings-metodikken.

Belastningssituasjon

For hver komponent som kontrolleres er den mest kritiske situasjonen i bruken vurdert. Det følger med analysen en kort beskrivelse av situasjonen og hvilke forutsetninger som er satt.

Krefter

Størrelsen og retningen på kreftene som virker i den aktuelle belastningssituasjonen.

Opplagring

Komponentene er analysert hver for seg, og opplagringen er modellert slik at komponenten opplever en tilsvarende opplagring som det den vil oppleve når den er montert i anordningen.

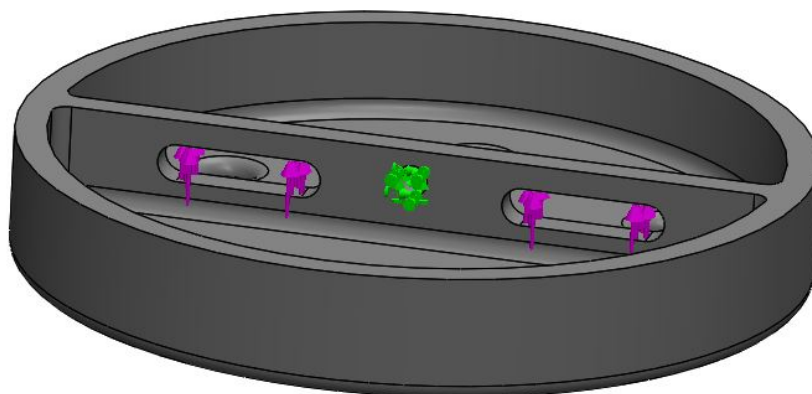
Meshing

I FEM-analyse forteller meshet hvilken størrelse det er på maskene i nettet som representerer materialet i modellen. Maskestørrelsen i meshet har sammenheng med hvor nøyaktig beregningen blir, og det må være samsvar med antall og plasseringen av noder/knutepunkt i meshet og de geometriske posisjonene i modellen. Finere mesh medfører at en analyse blir tyngre å prosessere. Det er ønskelig å meshe med en maskestørrelse som gir tilstrekkelig presise resultater uten å kreve for mye prosessorkraft eller tid.

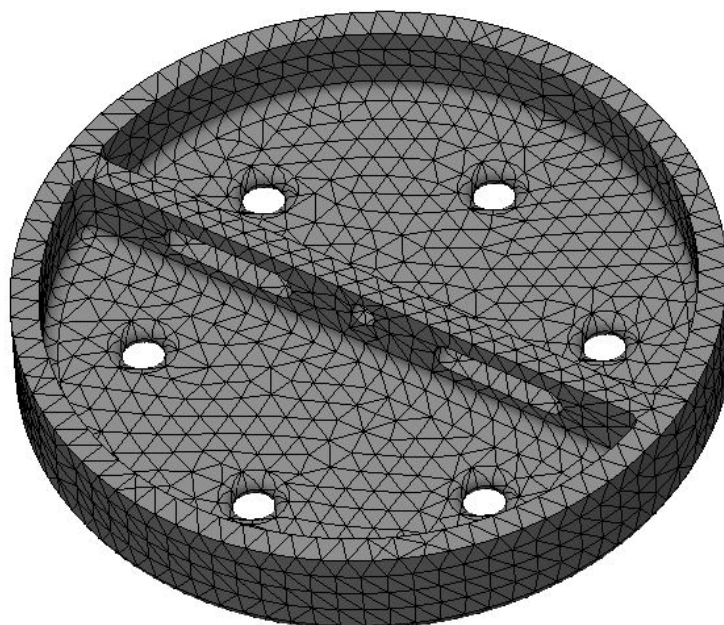
9.2 Analyse av stempel, part: 21

Innledning

Den første FEM-analysen er gjennomført på stempelet. Stempelet er utsatt for store krefter ved egning og det er derfor ønskelig å kartlegge om de maksimale spenningene i materialet ligger under den aktuelle flytegrensen.



(a) Påsatte krefter er vist med rosa piler og fast opplagring er vist med grønne piler.



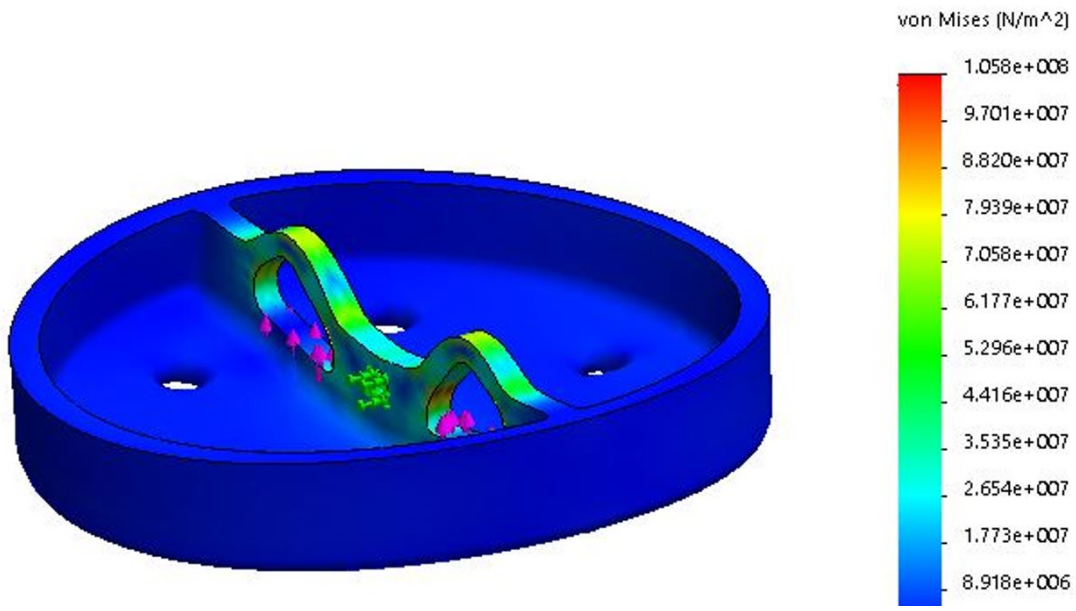
(b) Mesh

Figur 68: Krefter, opplagring og mesh benyttet i spenningsanalysen av stampelet.

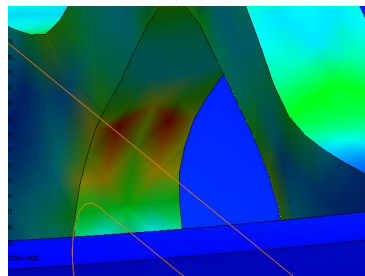
Belastningssituasjon, krefter, opplagring og meshing

Det antas at den største påkjenningen for stampelet ville være under egning, når gassfjæren skal komprimeres. Analysen er gjennomført ved å holde fast boltehullet og tilføre en kraft på 5000N, som representerer kraften som gassfjæren spennes med. En statisk belastningssituasjon blir benyttet. Kraften på 5000N, vist i figur 68a, er fordelt likt på flatene i de avlange hullene som er designet for at en oppspenningsrigg kan presse tilbake gassfjæren. Det er benyttet et mesh, figur 68b, med 17033 noder, 9388 elementer og gjennomsnittlig maskestørrelse på 9,1 mm.

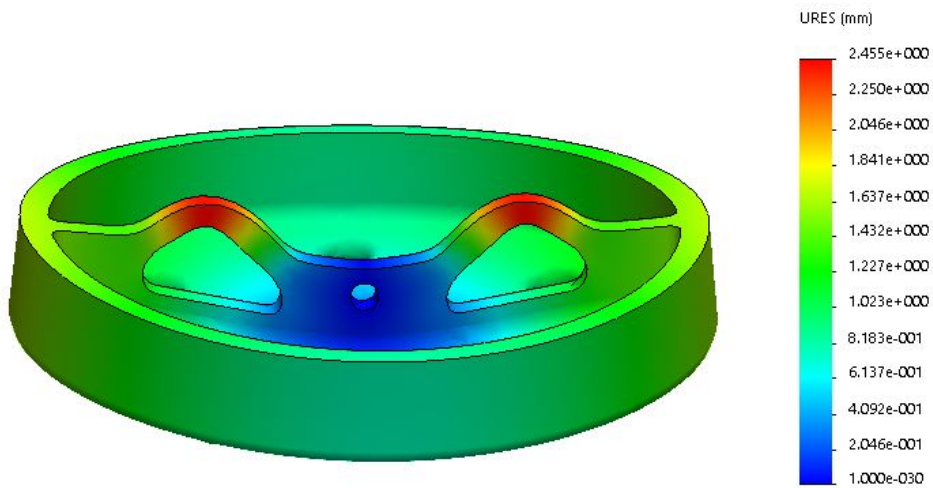
Resultat



(a)



(b)



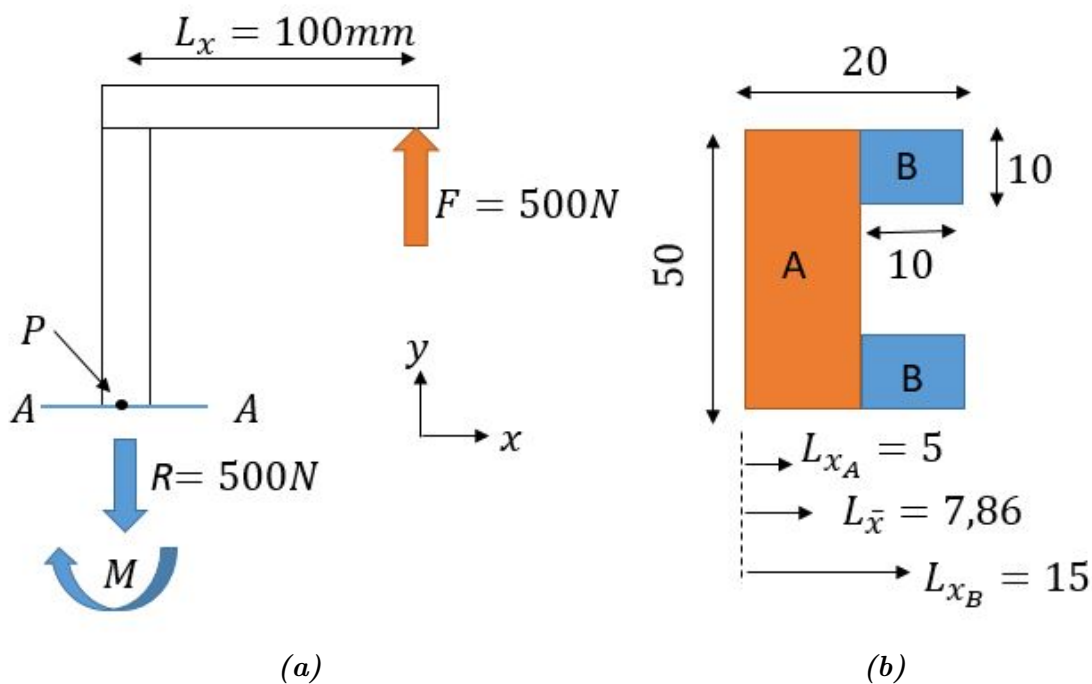
(c)

Figur 69: Resultatet av FEM-analysen på stampelet. Figur (a) viser at den maksimale spenningen i stampelet under egning er 106 MPa, og i figur (b) er det zoomet inn på området hvor maksimal spenning opptrer. Deformasjonsplottet i figur(c) viser at områdene hvor kraften angriper forflytter seg 2,5 mm under belastningen.

Analysen, figur 69, viser at maksimale spenninger ligger langt over materialets flytegrense på 51 MPa, som er gitt tabell 18 kapittel 10.1. Analysen viser dermed at materialet vil flyte i utsatte områder. Komponenten må derfor redesignes for å tåle påkjenningene den utsettes for ved egning, forutsatt at oppspenning skal foregå med en kraft på 5000N. I figur 69b er det zoomet inn på området med høyest spenninger, den høye konsentrasjonen er kan skyldes singulariteter, men generelt er store deler av materialet i fargene grønt og gult, som indikerer spenninger over flytegrensen 51 MPa. Deformasjonene kan også by på utfordringer fordi stampelet kan kile seg fast i sylindren. Se kapittel 14.2 for drøfting av dette.

9.3 Håndkalkulasjon av spenninger i bøylene

Det er gjennomført en enkel håndkalkulasjon, figur 70, for å karlegge spenningene i bøylene. I håndkalkulasjonen er de geometriske forholdene forenklet. Kraften fra gassfjæren på 500N virker på bøylene og bøylene er antatt fast opplagret i bunnen.



Figur 70: (a) Forenklet modell av bøylene benyttet i håndkalkulasjon. Lengden L_x er armen kraften får til å lage moment om punktet P. (b) viser tverrsnittet ved A-A, her er lengdene satt på i mm, og tverrsnittet er forenklet ved å fjerne radier.

Summen av krefter i y retning er benyttet for å regne ut resulterende krefter, og moment i tverrsnittet er regnet ut med formel 11, tabell 4.

$$\begin{aligned}\sum F_y &= 0 \\ F &= R = 500N \\ \sum M_p &= 0 \\ F \cdot L_x - M &= 0 \\ M &= 500N \cdot 100mm \\ M &= 50000Nmm\end{aligned}$$

F er den ytre kraften fra gassfjæren, R er resultantkraften normalt på tverrsnittet A-A. L_x er avstanden fra kraftens angrepspunkt til punktet P langs x-aksen og M er det resulterende indre momentet om punktet P her gitt i [Nmm]. Annet arealmoment for tverrsnittene er funnet med formel 12, tabell 4, og avstanden, L_x til felles tyngdepunktsakse funnet ved hjelp av formel 13, tabell 4.

$$I_A = \frac{50 \cdot 10^3}{12} = 4167mm^4 \quad (12)$$

$$I_B = \frac{10 \cdot 10^3}{12} = 833mm^4 \quad (12)$$

$$L_{\bar{x}} = \frac{500 \cdot 5 + 2(100 \cdot 15)}{500 + 2 \cdot 100} \quad (13)$$

$$L_{\bar{x}} = 7,86mm$$

Parallell-akse teoremet, formel 14 tabell, 4, benyttet for å finne annet arealmoment om den felles tyngdepunktsaksen \bar{x} .

$$A : \quad I_{A'} = 4167mm^4 + 500mm^2 \cdot (7,86mm - 5mm)^2 \quad (14)$$

$$I_{A'} = 8256,8mm^4$$

$$B : \quad I_{B'} = 2 \cdot (834 + 100mm^2 \cdot (15mm - 7,86mm)^2) \quad (14)$$

$$I_{B'} = 11863,9mm^4$$

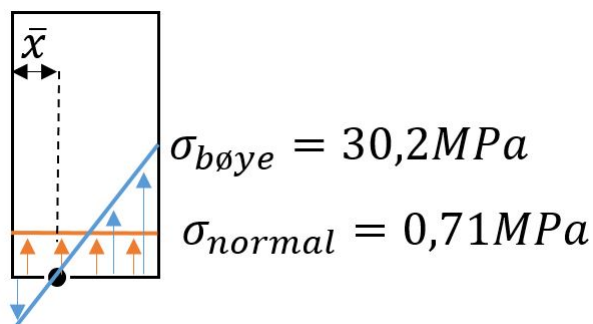
$$I_{\bar{x}} = 20121mm^4$$

$I_{A'}$ og $I_{B'}$ er bidrag fra henholdsvis arealene A og B, figur 70b, til det felles annet arealmomentet $I_{\bar{x}}$ om tyngdepunktesaksen \bar{x} . For tverrsnittet er følgende normalspenninger og bøyepenninger henholdsvis med formel 15 og 16 i tabell 4.

$$\sigma_{normal} = \frac{500N}{700mm^2} = 0,71MPa \quad (15)$$

$$\sigma_{bøye} = \frac{50000Nm \cdot 12,14mm}{20121mm^4} = 30,2MPa \quad (16)$$

På bøyelens indre side(høyre) vil materialet både oppleve strekk fra σ_{normal} og strekk fra $\sigma_{bøye}$, som vist i figur 71, og maksimal strekkspenning er:



Figur 71: Bøyepenninger og normalspenninger virker begge med strekk i bøyens indre(høyre) side.

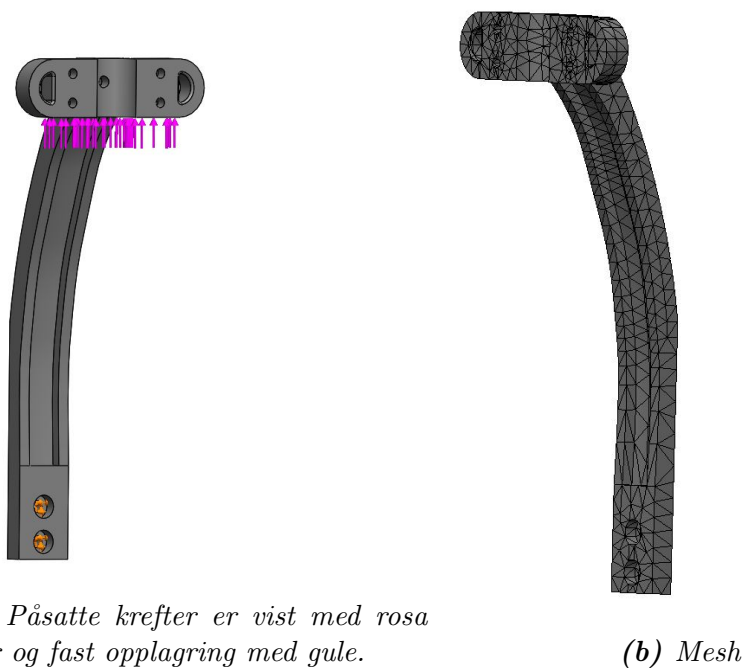
$$\sigma_{maksimal} = 0,71MPa + 30,2MPa$$

$$\sigma_{maiskmal} = 30,9MPa(strekk)$$

Bøyens maksimale spenninger er estimert til være 31 MPa strekk i bøyens indre radius. For å verifisere FEM-analysen skal det derfor undersøkes om det aktuelle område har strekkspenninger rundt 31 MPa.

9.4 Analyse av bøyle, part: 11

I FEM-analysen av bøylen er et tilsvarende lastsenario som ved håndkalkulasjonen undersøkt. Det forutsettes at hele gassfjærens skyvekraft holdes igjen av en bøyle, og at bøylen er fast opplagret i bunnen.

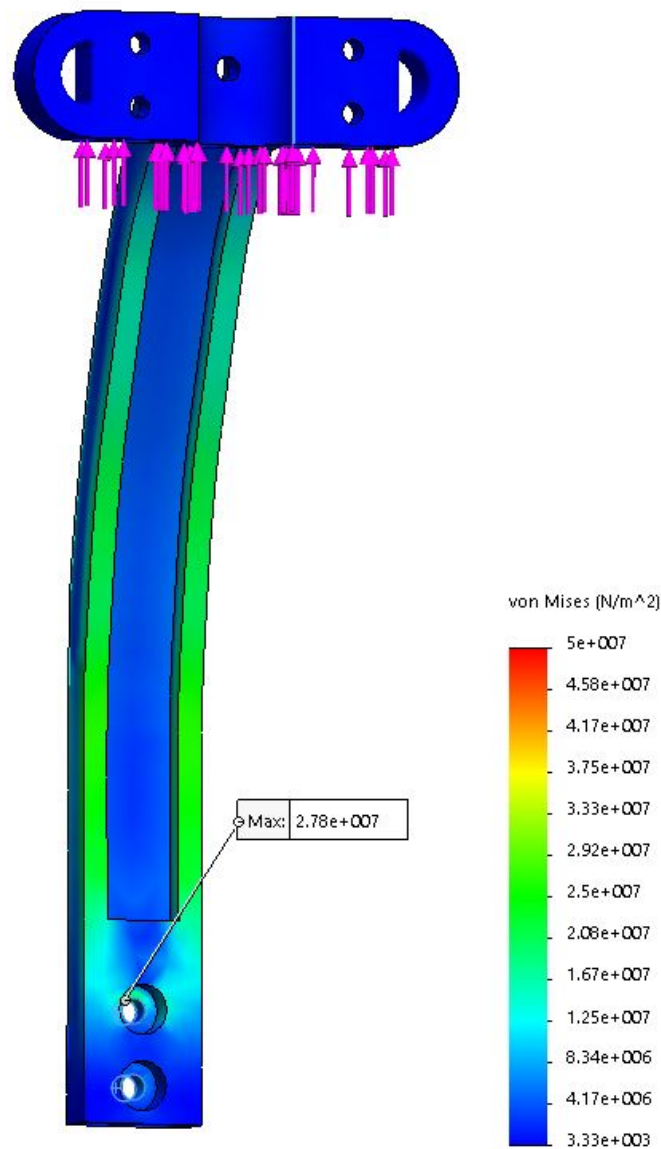


Figur 72: Krefter, opplagring og mesh benyttet i spenningsanalysen av stampelet.

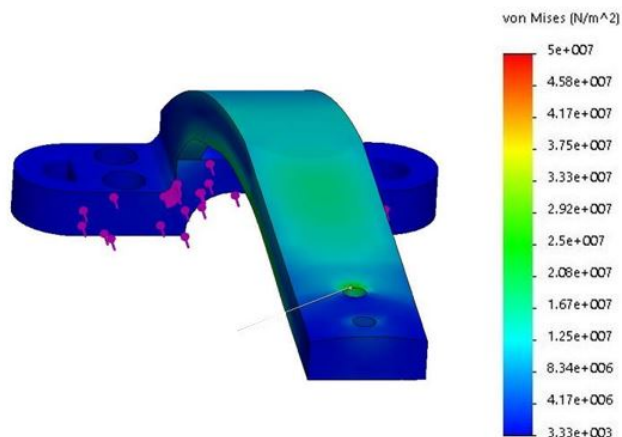
Belastningssituasjon, krefter, opplagring og meshing

Den analyserte belastningssituasjonen, figur 72a, er under drift når gassfjæren presser stempelet utover, presskraften fra gassfjæren er 500N. Som en sikkerhet mot feil i monteringen eller bruk analyseres en stykk bøyle med hele kraften på 500N, dette er en konservativ antakelse da kraften i virkeligheten fordeles mellom de to bøylen. Stempelets langsomme bevegelse neglisjeres og det benyttes en statisk spenningsanalyse. Bøylen er fast opplagret i boltehullene hvor bøylen er boltet til sylinderen. Meshet, figur 72b, består av 8414 noder, 4850 elementer og har en gjennomsnittlig maskestørrelse på 12,1 mm.

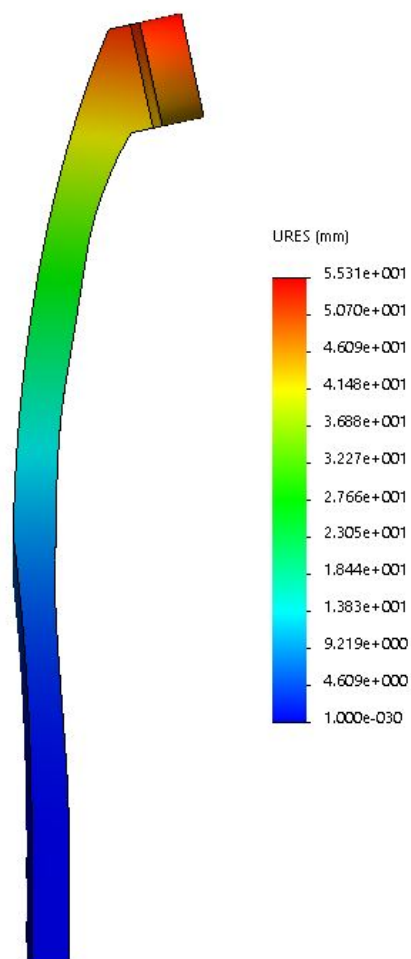
Resultat



Figur 73: Von Mises spenninger i bøylen. Maksimal spenning er 28,8 MPa og befinner seg i området inn mot skruehullet som er fast opplagret. De rosa pilene viser retning og angrepspunkt for kreftene.



Figur 74: Området på bøylen hvor von Mises spenningene er størst, maksimale spenninger er 28,8 MPa.



Figur 75: Deformasjonsplott for analysen viser en maksimal deformasjon på 55 mm, lokalisert øverst på bøylen.

Resultatet av analysen, figur 73, 74 og 75, viser at bøylen opplever en maksimal spenning på 28,8 MPa og en deformasjon på 55 mm. Den maksimale spenningen opptrer, som vist i

figur 74, i overgangen mellom den faste opplagringen og bøyens ytterside. Spenningskonsentrasjonen analysen viser er en konsekvens av oppsettet i analysen, i virkeligheten er det sannsynlig spenningskonsentrasjonen her er så høy, da det i virkeligheten er friksjonen mellom flatene som presses sammen som tar opp kreftene, ikke skruehullet i seg selv.

Sammenlikning av håndberegning og FEM

I håndberegningene ble en spenning på 31 MPa estimert i materialet langs bøyens indre radius. Ved å se på det aktuelle området i figur 73 har området en grønn farge som på fargeskalaen indikeres av spenninger i området mellom 25 MPa og 33 MPa. Med andre ord er det stor likhet mellom håndberegningene og FEM-analysen for spenningene i dette området av bøyen, dette er med på å bygge opp under FEM-analysens troverdighet.

Sikkerhetsfaktor

Sikkerhetsfaktoren mot flyt for materialet i bøyen er funnet ved hjelp av formel 10, flytegrensen til materialet er 51 MPa, hentet fra tabell 18 i kapittel 10.1.

$$\eta_F = \frac{51 \text{ MPa}}{28,8 \text{ MPa}} \approx 1,77 \quad (10)$$

Sikkerhetsfaktoren mot flyt i bøyen er rundt 1,8. Dette er lav sikkerhetsfaktor, men forutsetningene i analysen er konservative og 1,8 vurderes til å være en tilstrekkelig sikkerhet mot flyt. Kraften vil i virkeligheten være mindre, og bøyene er boltet i hverandre slik at de støtter hverandre. Den store deformasjonen på 55 mm kan forklares med at bøyen beveger seg utover i toppen. I virkeligheten vil bevegelse radielt ut fra senteraksen vil bli kansellert, da begge bøyene vil oppleve like store og motsatt rettede krefter.

10 Materialvalg, vedlikehold og miljøpåkjenning

I dette kapittelet blir materialvalg for agndispenserens komponenter diskutert. Vedlikehold blir beskrevet og det blir gjennomført en analyse av valgt material med fokus på energiforbruk og CO_2 utslipp.

10.1 Materialvalg og brukspåkjenninger

For å gjennomføre et materialvalg er omgivelsene undersøkt, og påkjenningene som materialene vil bli utsatt for er kartlagt.

Sylinder, bøyle, lokk og stempel

Sylinder, bøyle, lokk og stempel er komponenter som skal være stive, og må derfor ha materiale som beholder formen ved ytre påkjenninger. I tabell 17 er faktorer som påvirker valget av material til komponentene listet opp, og en kort beskrivelse er gitt.

Tabell 17: Faktorer som påvirker valget av materiale for agndispenseren.

Faktor	Beskrivelse
Sjøvann	Materialet må være sjøvannsbestandig og ikke være utsatt for korrosjon eller svekkelse fra saltvann over tid
Kulde	Materialet må tåle å oppbevares på dekk og i kalde omgivelser uten at det er fare for svekkelser eller brudd
Sol	Sollys kan utsette materialet for stråling, spesielt ved lagring, det er derfor viktig at materialet ikke svekkes eller tørkes ut av direkte sollys
Slag og støt	Ved bruk kan agndispenseren oppleve slag og støt og det er derfor viktig at materialet ikke vil knuse eller ta skade av slag eller støt.
Store havdyp	Agndispenseren vil vekselvis befinne seg på store havdyp og ved overflaten, det er derfor viktig at materialet er upåvirket av eksterne trykk og store trykkvariasjoner.
Påmonterte komponenter	Materialet må tåle lokale spenningskonsentrasjoner fra bolter og kasselås.
Kostnad	Det er viktig at materialkostnadene kan holdes nede fordi kostnad er en produkttegenskap. Materialet må også være egnet for rimelig serieproduksjon.
Vekt	Egenvekten til agndispenseren bør være slik at den er relativt nøytral i vannet, da det ikke er ønskelig at agndispenseren påvirker hvordan teinen står i vannet. Materiale må også ha en egenvekt som gjør det mulig å få produktets totale vekt innenfor rammeforutsetningen på en totalvekt mellom 3 og 30kg.
Levetid	Materialet må ha en levetid slik at det kun svekkes ubetydelig innenfor agndispenserens levetid på 5 år.

På grunnlag av overnevnte faktorer er materialet nylon PA6 valgt. Nylon PA6 er et mye brukt materiale med et stort bruksområde. Materialet er en termoplast som enkelt lar seg sprøytstøpe, materialet er eksempelvis vanlig i tannhjul, drivstoff-tanker, kjøkkenutstyr

og ulike deksler. Nylon PA6 er godt skikket til å stå imot korrosjon fra saltvann og uttørking fra solstråling, og det har en slitesterk overflate [68]. Egenskaper ved materialet er gitt i tabell 18.

Tabell 18: Egenskaper til det valgte materialet, nylon PA6. Alle verdier er hentet fra materialdatabasen CES-edupack, se tabell 9.

Egenskap	Verdi	Enhet
Pris	32,8-36,9	NOK/kg
Tetthet	$1,15 \cdot 10^3$	kg/m^3
E-modul	1,58-1,97	GPa
Poissons ratio	0,34-0,36	-
Flytegrense	51,2-63,8	MPa
Bruddfasthet	64,7-79,1	MPa
Utmattingsgrense ved 10^7 sykler	27,3-30,2	MPa

Belg

Belgen, figur 64, er en komponent på agndispenseren som må være elastisk. Belgen skal bestå av to deler hvor den er tett og oppbevarer væske, mens den andre delen er åpen og lar seg folde. For begge deler av belgen er det valgt neopren som materiale. Neopren er en syntetisk gummi, av typen elastomer (/thermoset) og kalles også polykloropren. Neopren brukes i mange vannrelaterte produkter som våtdrakter, pakninger eller ulike coatinger. Materialet er slitesterkt, elastisk og kjemisk resistent, i tillegg er neopren er resirkulerbart [69].

Tabell 19: Egenskaper til neopren. Alle verdier er hentet fra materialdatabasen CES-edupack, se tabell 9.

Egenskap	Verdi	Enhet
Pris	47,5-52,8	NOK/kg
Tetthet	$1,23-1,30 \cdot 10^3$	kg/m^3
E-modul	$1,65-2,1 \cdot 10^{-3}$	GPa
Poissons ratio	0,48-0,495	-
Flytegrense	12-24	MPa
Bruddfasthet	12-24	MPa
Utmattingsgrense ved 10^7 sykler	4,8-9,6	MPa
Forlengelse	750-950	%

Bolter, skiver, muttere og kasselås.

For bolter og muttere skal det benyttes syrefast stål av kvaliteten A4. Boltene vil oppleve sjøvann og salt på tilsvarende måte resterende komponenter, og det er derfor viktig at materialet har tilstrekkelig evne til å motstå korrosjon. Det skal benyttes bolter i klasse 8.8, som indikerer egenskapene gitt i tabell 20.

Tabell 20: Materialdata for boltklasse 8.8

Egenskap	Verdi	Enhet
Flytegrense	640	MPa
Bruddfasthet	800	MPa

10.2 Vedlikehold

Agndispenseren er utviklet med et fokus på så lite som mulig vedlikehold. Hele anordningen er satt sammen av enkle komponenter med så få som mulig bevegelige deler. Ved skader eller defekter kan deler som sylindere, bøyle, stempel, gassfjær eller lokk enkelt skrues av og erstattes, dette er med på å øke produktets robusthet. Belgen kan også frigjøres og erstattes hvis den er utslitt. Generelt vedlikehold på agndispenseren vil bestå i å smøre gassfjær etter underleverandørens anvisninger, samt vaske og spyle komponenter for salt og smuss. I prosedyren ved egning skal belgen spyles ren for å fjerne rester av agn fra tidligere egninger.

10.3 Miljøpåkjenning

I dette avsnittet er det foretatt en livssykelanalyse for å kartlegge CO_2 -avtrykk og energiforbruk i forbindelse med produksjon og bruk av agndispenseren.

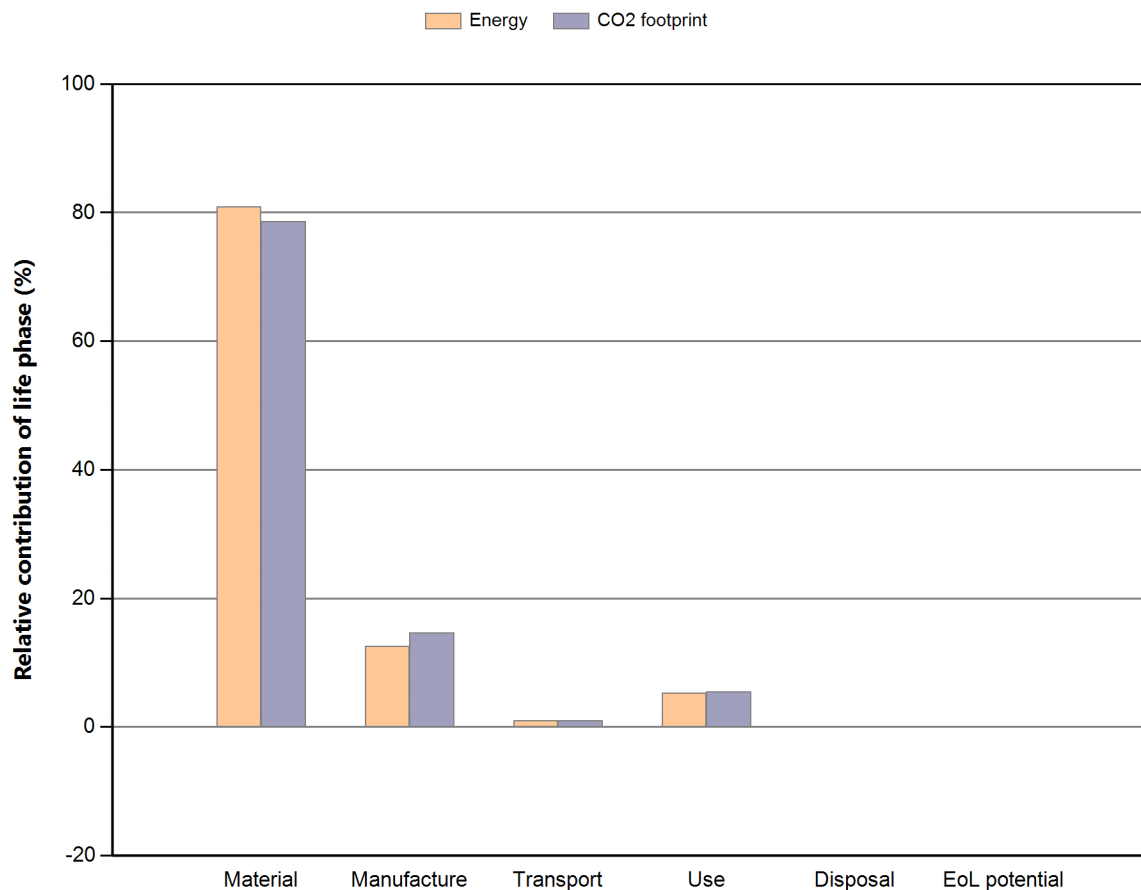
Oppsett

Det er gjennomført en livssykelanalyse med programvaren CES-edupack 2016 fra Granta design. Analysen skal kartlegge energiforbruk og CO_2 -avtrykk i forbindelse med materialutvinning, produksjon og bruk av agndispenseren. Antakelser som ligger til grunn for analysen er vist i tabell 21.

Tabell 21: Inputverdier for livssykelanalysen gjennomført med programvaren CES-edupack 2016, tabell 9.

Input	Mengde	Beskrivelse
Nylon PA6	12 kg	Materialet til komponentene sylindere, bøyle, stempel og lokk.
Neoprene	1 kg	Materialet til belgen.
Syrefast stål, A4	2 kg	Materialet til gassfjær, bolter, muttere, skiver og kasselås.
Produksjonsprosess	Moulding	Primært vil komponentene bli sprøyttestøpt.
Livsslutt	Resirk 50%	Det estimeres at 50% av brukt materiale leveres til resirkulering ved endt bruk.
Transport	1800km	Avstanden fra østeuropa til Tromsø er lagt inn som reisevei fra fabrikk til forbruker.
Levetid	5 år	Gjennomsnittlig levetid er satt til 5 år.
Brukssted	Ombord i skip	Dieseldrevet skip drift 200 døgn/år og 50km/døgn er lagt inn som brukssted.

Verdiene fra tabell 21 er benyttet til å kjøre en livssykelanalyse, og analysen har gitt resultatet vist i figur 76.



Figur 76: Energiforbruk og CO₂ avtrykk i forbindelse med produksjon og bruk av agndispenseren. Energiforbruk er plottet med oransje og CO₂ avtrykk er plottet med lilla. Det relative forholde mellom bidragene er plottet i prosent. Materialutvinning står for omtrent 80% av CO₂-avtrykket og energiforbruket, mens produksjon og bruk henholdsvis ligger litt over og litt under 10%.

Figur 76 viser resultatet av analysen. Det er størst utslipp knyttet til utvinning av materialet. Produksjon og bruk står hver for en liten del av det totale utslippet mens transport og avfallshåndtering står for ubetydelige bidrag av CO₂ utslipp og energiforbruk. Hele rapporten fra livssykelanalysen inkludert som vedlegg 8.

11 Fremstilling og produksjonskostnader

I dette kapittelet blir serieproduksjon og fremstilling av prototype foreslått. Det er satt opp grove kostnadskalkyler prototyping og serieproduksjon, i tillegg er besparelser og økte inntekter ved bruk av agndispenseren vurdert.

11.1 Fremstilling

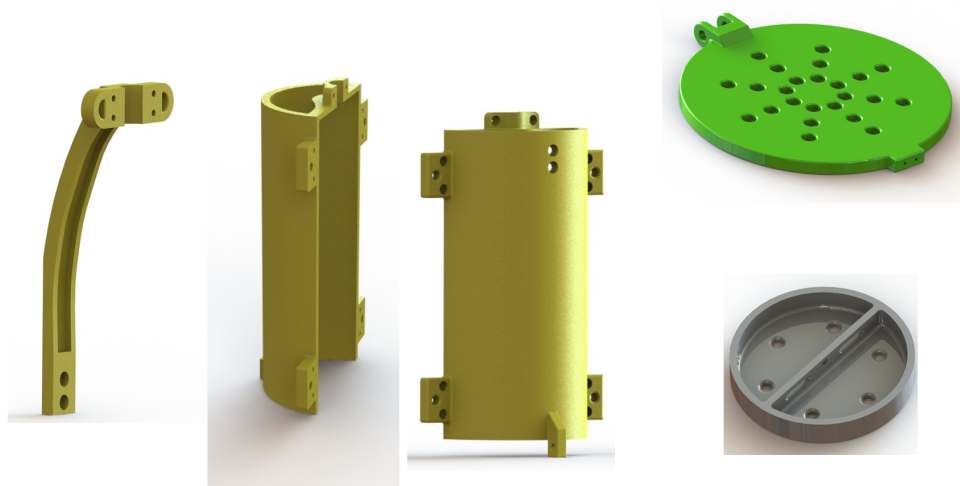
Serieproduksjon

Agndispenseren er utviklet slik at komponenter kan sprøytestøpes ved serieproduksjon. Sprøytestøping er en av de viktigste og mest utbredte bearbeidingsteknikkene for plast [70]. For at sprøytestøping skal bli lønnsomt er det nødvendig med store produksjonsvolumer, da formverktøyene som brukes ved sprøytestøping har store engangskostnader. Sprøytestøpte produkter spenner fra avanserte presisjonskomponenter til billige forbruk-sartikler, og produktene spenner fra små mikrokomponenter med vekt ned mot 1 mg til store bildeler med vekt opp til 60kg [70]. I Norge sprøytestøpes blant annet deksler, lamper, møbler, emballasje og deler til bilindustrien.

Følgende komponenter på agndispenseren skal sprøytestøpes:

- Sylinder, part 01
- Sylinder, part 02
- Bøyle, part 11
- Stempel, part 21
- Lokk, part 31

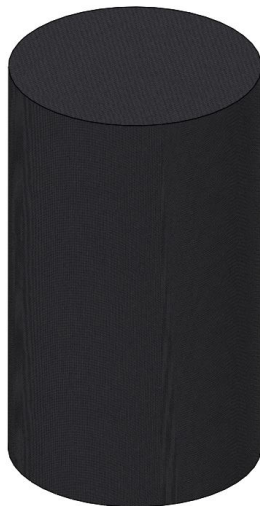
Komponentene, vist i figur 77, er utformet slik at former for sprøytestøping kan produseres, men enkelte modifikasjoner på påregnes og er diskutert i kapittel 14.2. Det kan være behov for å bore ut hull til bolter etter sprøytestøpingen og overflatebehandlig er ikke vurdert, jf. avgrensninger kapittel 2.3.



Figur 77: Komponentene som skal sprøytestøpes. Fra venstre: bøyle, sylinder 01, sylinder 02, lokk og stempel.

I tillegg til de sprøytestøpte komponentene, vist i figur 77, vil det være behov for å fremstille belgen, figur 78, i neopren. Neopren er et mykt materiale som både kan syes

og limes. Å sy neopren er som å sy tradisjonelle stoffer som bomull eller skinn, men det krever en kraftig symaskin [71]. For å fremstille belgen er det ønskelig med både liming og sying slik at belgen skal bli helt tett. Belgen skal ha en ventil hvor vann/væske kan fylles inn i det tette volumet, dette er diskutert i kapittel 14.2.



Figur 78: Belg skal produseres i neopren og fremstilles med en kombinasjon av liming og sying.

Øvrige komponenter som bolter, skiver, muttere, gassfjær og kasselås og leveres fra underleverandør og fremstillingen av disse blir ikke vurdert i denne oppgaven.

Prototype

Ved fremstilling av en prototype er ikke sprøytstøping en aktuell fremstillingsmetode på grunn av den store engangskostnaden til formverktøy. I teorien kan samtlige komponenter som skal sprøytstøpes også 3D-printes, og derfor legges det opp til at komponentene bøyler, lokk og stempel fremstilles med 3D-printer. Nylon PA6 er et mye brukt filament til 3D-printing og komponenter printet i nylon PA6 ansees å være robuste og slitesterke [72]. Sylinderen har en størrelse som gjøre den både kostbar og tidkrevende og 3D-printe, og det er derfor vurdert at det er hensiktsmessig at en instrumentmaker manuelt produsere sylinderen. Dette kan gjøres med å ta utgangspunkt i et nylonrør med rett dimensjon, og sveiser på ører og braketter. Belgen syes og limes manuelt av en skredder ved fremstilling av en prototype.

11.2 Produksjonskostnader

Det foretatt et grovt kostnadsoverslag for prototype av agndispenseren og for serieproduksjon ved ulike produksjonsvolumer og er presentert i tabell 22.

Konseptutvikling

Kostnadene ved konseptutviklingen består av utregningsarbeidet, produktspesifiseringen, DAK-fremstilling, beskrivelse av produksjon og fremstilling samt rapporteringsarbeidet.

Tabell 22: *Grov kostnadskalkyle for konseptutvikling*

Utgift	Timer	Kvanta	Pris	Sum NOK
Utredningsarbeid	200	-	650 kr/t	130 000
Produktspesifisering	100	-	650 kr/t	65 000
DAK-fremstilling	50	-	650 kr/t	32 500
Produksjon og fremstilling	50	-	650 kr/t	32 500
Prosjektrapport	400	-	650 kr/t	260 000
Delsum konseptutvikling	800	-	650 kr/t	520 000

De totale konseptutviklingskostnadene er estimert til å være 520 000kr.

Prototyping

Ved fremstilling av prototype skal komponenter 3D-printes. Materialkostnader er satt høyere ved prototyping enn ved serieproduksjon, da kvantumsrabatter er forventet å redusere enhetskostnadene ved serieproduksjon. Ved totale kostnader for prototype ,tabell 23, er kostnadene ved konseptutvikling lagt til utgiftene for fremstilling av prototypen.

Tabell 23: *Grov kostnadskalkyle for prototype*

Utgift	Timer	Kvanta	Pris	Sum NOK
3D-printing	100	-	1500 kr/t	150 000
Syng av belg	10	-	500 kr/t	5 000
Materialkostnader, Nylon PA6	-	20 kg	37 kr/kg	740 kr
Materialkostnader, Neopren	-	5 kg	100 kr/kg	500
Gassfjær	-	1	50 000 kr/stk	50 000
Boler, muttere og skiver	-	-	500kr	500kr
Kasselås	-	-	1 000kr/stk	1 000kr
Montering	6	-	500 kr/t	3 000
Delum prototype		-	-	210 740 kr
Totalkostnad protote		-	-	730 740 kr

Serieproduksjon

Ved serieproduksjon, tabell 24, er utviklingskostnadene fordelt på antall produserte enheter derfor vil enhetskostnaden synke etter som antall produserte enheter øker. Ved serieproduksjon antas det at komponentene sprøytstøpes, og det er derfor lagt inn en engangskostnad til produksjon av formverktøy. Det er antatt at materialkostnadene synker ved serieproduksjon, og at underleverandører kan levere gassfjær til 100kr/stykk ved store leveranser.

Tabell 24: Grov kostnadskalkyle for serieproduksjon

Utgift	Timer	Kvanta	Pris	Sum NOK
Engangskostnader				
Delsum konseptutvikling	-	-	-	520 000
Engangssum formverktøy	-	-	-	250 000
Sum engangskostnader				770 000
Løpende kostnader				
Sprøytestøping	0,1	-	3000 kr/t	300
Syng og liming av belg	0,5	-	250kr/t	125
Materialkostnader, Nylon	-	12 kg	35 kr/kg	420
Materialkostnader, Neopren	-	1,3 kg	50 kr/kg	65
Gassfjær	-	1	100 kr/stk	100
Boler, muttere og skiver	-	-	100 kr	100
Kasselås	-	1	50 kr/stk	50
Montering og pakking	0,5	-	250 kr/t	125
Sum løpende kostnader		-	-	1285

For å kalkulere produksjonskostnadene ved serieproduksjon er det estimert kostnader ved tre ulike produksjonskvanta. Tabell 25 viser enhetskostner ved produksjonsserier på 10, 100 og 1000 enheter.

Tabell 25: Enhetskostnader ved serieproduksjon av 10, 100 og 1000 enheter.

Utgift	Kvanta	Pris NOK	Sum NOK
Produksjon av 10 enheter			
Engangskostnader	1	770 000	770 000
Løpende kostnader	10	1285	12 850
Enhetskostnad			78 285
Produksjon av 100 enheter			
Engangskostnader	1	770 000	770 000
Løpende kostnader	100	1285	128 500
Enhetskostnad			8 985
Produksjon av 1000 enheter			
Engangskostnader	1	770 000	770 000
Løpende kostnader	1000	1285	1 285 000
Enhetskostnad			2 055

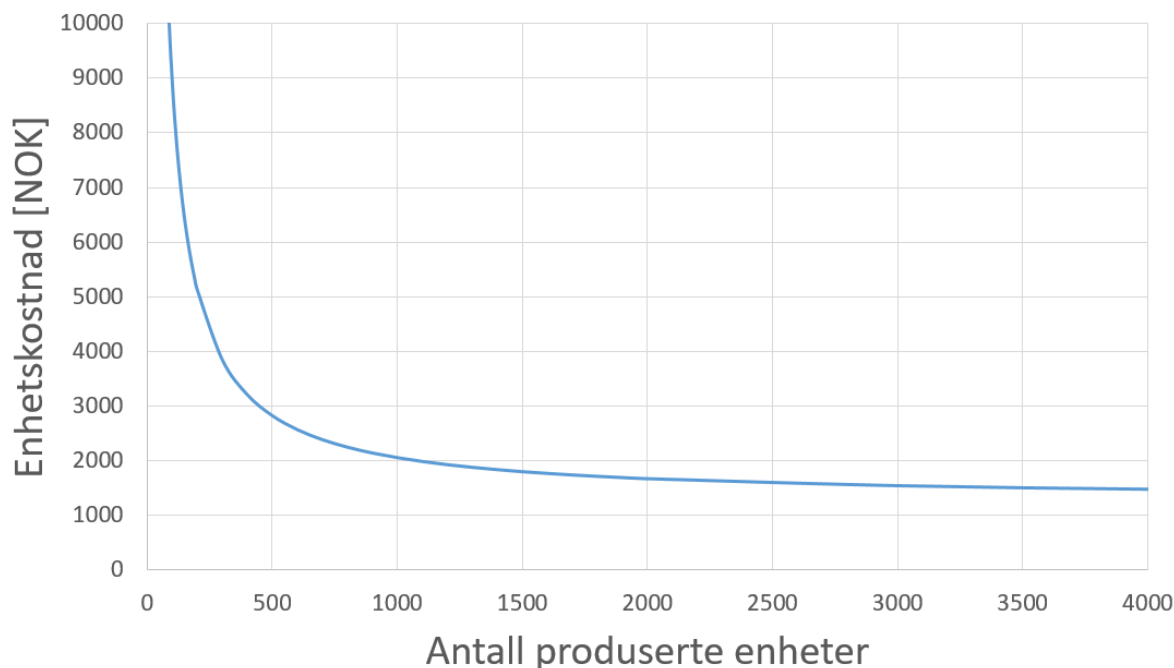
Enhetskostnadene ved produksjon av 1000 enheter er estimert til å være 2055 kr. Kostnadskalkylene viser som ventet at enhetskostnaden mot de løpende kostnadene nå produksjonsserien blir tilstrekkelig stor. Formelen for enhetskostnad som funksjon av antall produserte enheter er:

$$\text{Enhetskostnad} = \frac{\text{Engangskostnader} + (\text{antall produserte enheter} \cdot \text{løpende kostnader})}{\text{antall produserte enheter}}$$

Ved å plote engangskostnader og løpende kostnader i en graf hvor y'-aksen representerer enhetskostnader og x'-aksen antall produserte enheter, får vi følgende formel ved å bruke tallene fra tabell 24:

$$y' = \frac{770\,000kr + x' \cdot 1285kr}{x'}$$

Denne funksjonen er plottet i Excel og vist i figur 79.



Figur 79: Enhetskostnader på y' aksen som funksjon av antall produserte enheter på x' aksen. Enhetskostnadene går mot de løpende kostnadene når antall produserte går mot uendelig.

Vurdering av kostnader

For den utviklede agndispenseren finnes det ingen tilsvarende produkter på markedet i dag og sammenlikne kostnadene med. En mulig sammenlikning kan være å sammenlikne kostnadene for agndispenseren med kostnaden for agnpose, som vist i figur 80.



Figur 80: Agnpose til bruk i snøkrabbefiske (egenfotografert).

Agnpose er et mindre komplisert produkt, og har en vesentlig lavere enhetskostnad. På innkjøpspris vil agndispenseren ikke være i nærheten av prisen for en agnpose, men bruken av agndispenser kan likevel forsvares hvis agnforbruket reduseres. Økt fangst kan også være faktor som veier positivt for agndispenseren. Det er skissert et eksempel på besparelser ved bruken av agndispenseren og et eksempel på økt fangst.

Eksempel 1: Besparelse

I dette eksempelet er det antatt at snøkrabbefiske foregår med store teiner, vist i figur 9, og at bruken av agndispenser og tradisjonell agnpose gir lik fangst. Med tradisjonell agnpose er et forbruk per egning satt til 10 kg, og forbruket med agndispenseren er satt til 5 kg. Det er antatt at fisket foregår 300 dager og at teinen vendes 30 ganger per år. En agnpris på 12kr/kg er benyttet ^[17]. For agndispenseren er innkjøpsprisen satt til 2055kr, og agndispenseren avskrives på 5 år.

Agnkostnad per teine med tradisjonell agnpose:

$$\text{Agnkostnad} = 30 \text{ vendinger/år} \cdot 10 \text{ kg/vending} \cdot 12 \text{ kr/kg} = 3600 \text{ kr/år}$$

Agnkostnad per teine med bruk av agndispenser:

$$\text{Agnkostnad} = 30 \text{ vendinger/år} \cdot 5 \text{ kg/vending} \cdot 12 \text{ kr/kg} + \frac{2055 \text{ kr}}{5 \text{ år}} = 2211 \text{ kr/år}$$

I dette eksempelet vil agndispenseren medføre en besparelse på over 1000kr per teine per år. Dette medfører at et fartøy som betjener 100 store teiner vil redusere kostnadene til agn med over 100 000kr per år.

Eksempel 2: Økt inntekt

I eksempel 2 blir det også antatt at fisket foregår med store teiner, men fordi agndispenseren fordeler attraktantene bedre over tid antas det at en agndispenseren i gjennomsnitt øker fangsten med 5 krabber vending. Gjennomsnittsvekten til krabbene settes til 1 kg ^[8] og kiloprisen settes til 84kr/kg basert på tallene i kapittel 1.2.7. Resterende forutsetninger settes likt som i eksempel 1.

Økt inntekt per teine med agndispenser:

$$\text{ØkteInntekter} = 30 \text{ vendinger/år} \cdot 5 \text{ krabber/vending} \cdot 1 \text{ kg/krabbe} \cdot 84 \text{ kr/kg} = 12\,600 \text{ kr/år}$$

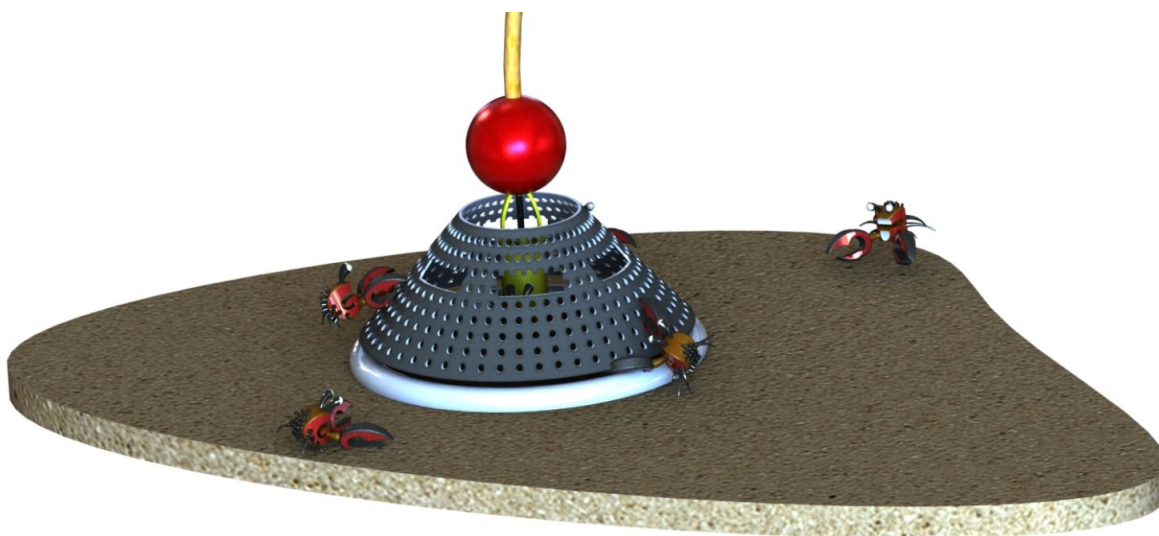
En økning i fangsten på 5 krabber vending vil skape økte inntekter på 12 600 kr per år. Hvis et fartøy som betjener 100 teiner, under de gitte forutsetninger, bytter fra tradisjonelle agnposer til agndispenser, vil inntektene fra fangsten økte med over en millioner kroner, i tillegg vil kostnadene til agn halveres.

12 Markedspresentasjon

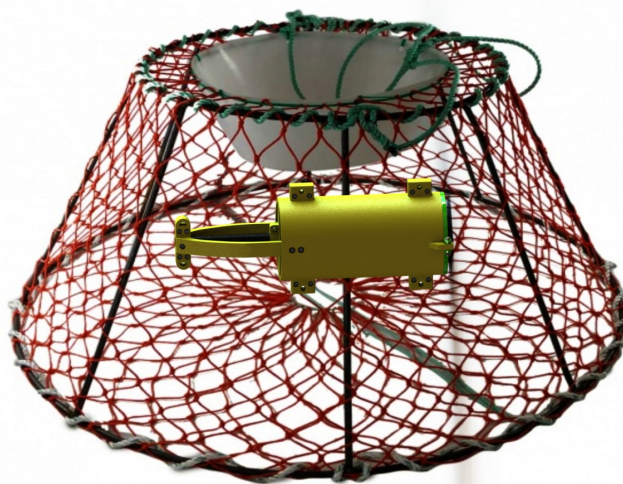
I dette kapitlet presenteres rendrerte fremstillingsbilder av agndispenseren. Kapitlet inneholder også tekniske beskrivelser med eksplodert visning, samt beskrivelser av montering og bruk.

12.1 Rendrerte fremstillingsbilder

Figur 81, 82 og 83 viser rendrerte fremstillinger av agndispenseren i ulike miljøer.



Figur 81: Agndispenseren plassert inne i en stor sirkulær teine.



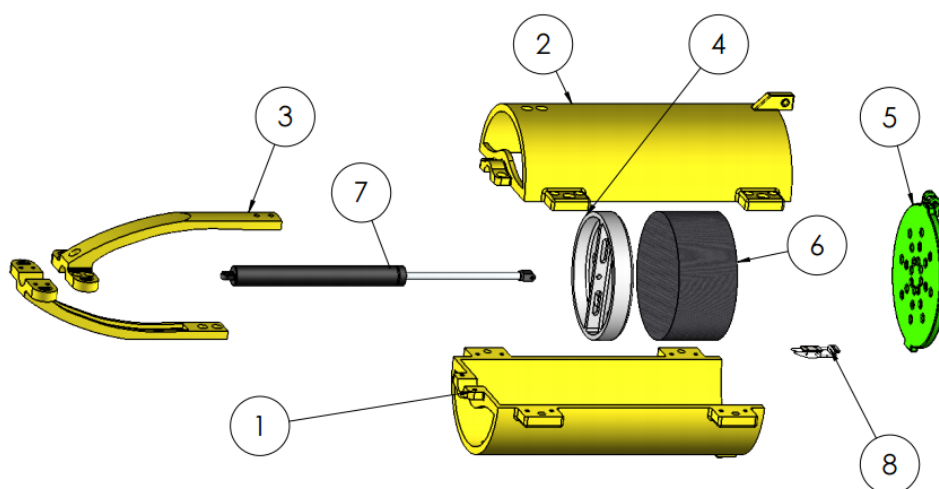
Figur 82: Agndispenseren plassert en liten konisk teine av typen som i dag brukes til snøkrabbefiske.



Figur 83: Agndispenseren plassert i en kvadratisk teine som i dag brukes til kongekrabbe-fiske (egenfotografert).

12.2 Tekniske beskrivelser

For å vise agndispenserens komponenter er det utarbeidet en eksplisjons-tegning, hvor komponenter er nummerert med ballonger. Den eksploderte tegningen er vist i figur 84, og tilhørende komponenter er beskrevet i tabell 26.



Figur 84: Eksplodert visning av hovedkomponenter i agndispenseren. Hovedkomponentene er markert med nummererte ballonger. Bolter, skiver og muttere er utelatt fra illustrasjonen.

Tabell 26: Beskrivelse av komponentene i den eksploderte visningen i figur 84.

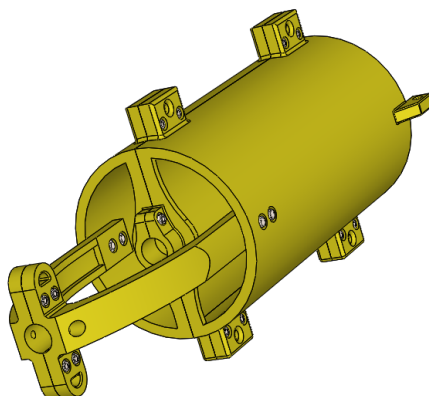
Nr	Beskrivelse	Antall	Part nr
1	Sylinder del A	1	01
2	Sylinder del B	1	02
3	Bøyle	2	11
4	Stempel	1	21
5	Lokk	1	31
6	Belg	1	41
7	Gassfjær	1	-
8	Kasselås	1	-

12.2.1 Montering

Monteringen av agndispenseren er her beskrevet i fire steg. For montering vil det være behov for bolter, skiver og muttere listet i tabell 16.

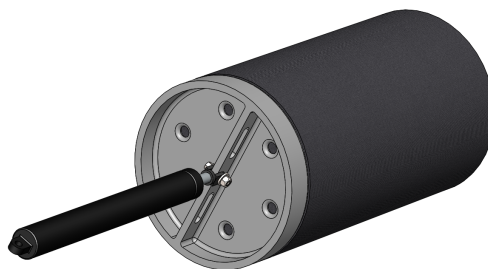
Steg 1

Bolt sammen sylinder del A, sylinder del B og bøylers som vist i figur 85. Til dette brukes M8 bolter med skiver og muttere.

**Figur 85:** Steg 1 av montering.

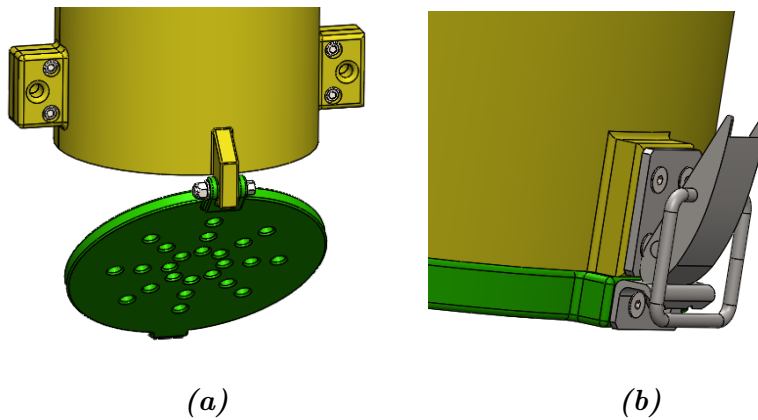
Steg 2

Monter gassfjær, stempel og belg som vist i figur 86. Gassgjær festes til stempel med M8 bolt, skiver og mutter. Hvordan stempel festes til belg er diskutert i 14.2.

**Figur 86:** Steg 2 av montering.

Steg 3

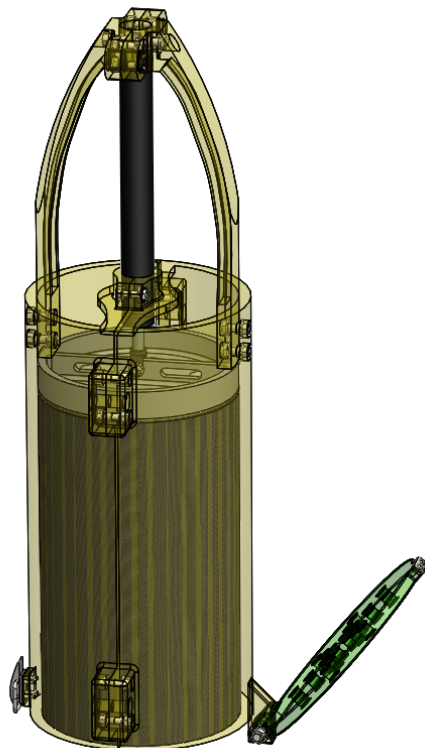
Monter luke og kasselås på sylindren som vist i figur 87. Luken festes på med en M10 bolt med skiver, nylon-skiver og muttere, mens kasselås festes med plateskruer.



Figur 87: Steg 3 av monteringen. (a) viser luken som boltes fast i sylinder B, og (b) viser hvordan kasselåsen monteres på sylinder A.

Steg 4

Trekk nå gassfjæren inn gjennom sylindren, og monteres i av gassfjæren til toppen av bøyene med en M10 bolt med skiver og muttere som vist i figur 88. Etter dette steget er agndispenseren ferdig montert og klar til bruk!



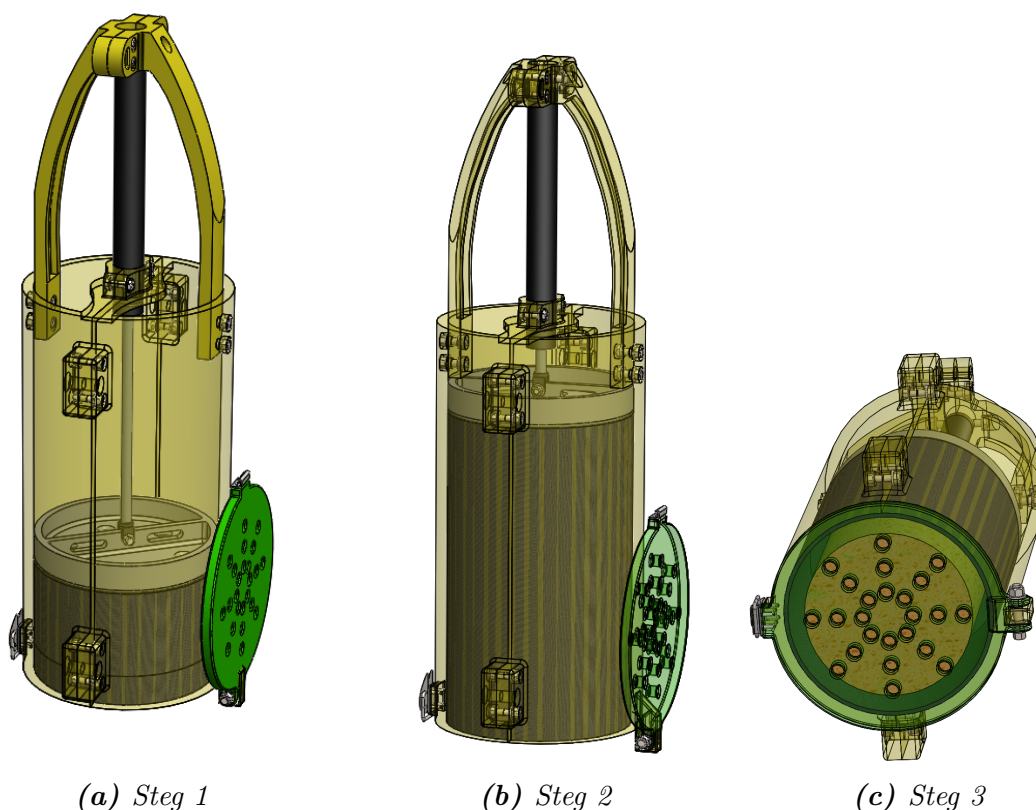
Figur 88: Steg 4 av monteringen. Her er de ytre komponentene gjennomsiktige for å vise stampelet, gassfjæren og belgens plassering inne i sylindren.

12.2.2 Bruk

Bruken av agndispenseren er forklar ved egning, når agndispenseren er plassert i teine og ved innfesting og oppbevaring.

Egning

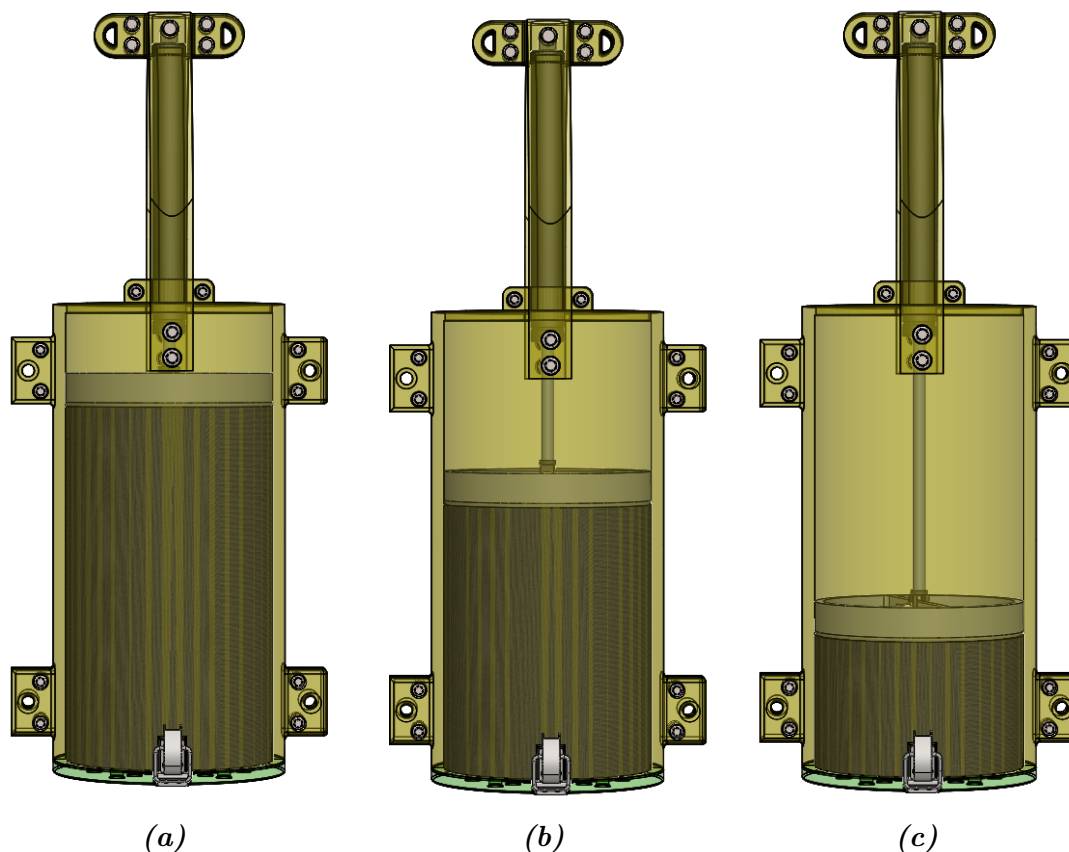
Egning er operasjonen hvor agndispenseren fylles med agn. Dette foregår ved at lokket åpnes og eventuelt gammelt agn spyles ut. Gassfjæren trekkes tilbake og nytt agn fylles inn. Avslutningsvis festes lokket igjen med kasselåsen, og agndispenseren er klar til bruk. Hele prosessen er vist i figur 89.



Figur 89: Viser hvordan egning skal foregå. **Steg 1** er å åpne lokk, og eventuelt spyle ut gammelt agn. **Steg 2** er å spenne tilbake gassfjæren. **Steg 3** består i å fylle på nytt agn, og stenge luken med kasselåsen.

Utplassert i teine

Etter agndispenseren er egnet plasseres den i teinen som skal fiske. Den oppspente gassfjæren, starter umiddelbart sin vandring, og det er derfor nødvendig at det ikke går veldig lang tid fra egning til agndispenseren er plassert i teine. Under tiden teinen står ute, beveger gassfjæren seg utover slik at agn blir presset mot lokket, som vist i figur 90.



Figur 90: Viser hvordan gassfjæren presser ut agn over tid. (a) er kort tid etter utsettelse, (b) er etter 4-5 dager og (c) er etter 8-10 dager når gassfjæren har vandret helt ut og agndispenseren er nå tømt for agn.

Innfesting og oppbevaring

Agndispenseren er utstyr med seks monteringsører som tillater ulik innfestning avhengig av hvordan teina den skal plasseres i ser ut. Dispenseren kan plasseres vertikalt, horisontalt eller i andre retninger om dette skulle være ønskelig. Bøylen på agndispenseren har også en utforming for at den skal være enkel å gripe tak i, eller å holde fast for hånd. Agndispenseren skal være signalgul for god synlighet. Når agndispenseren ikke er i bruk tåler den å lagres på dekk i snø og kulde, eller i UV-strålingen fra direkte sollys.

13 Praktisk produkttesting

I kapittel 13 er det utarbeidet en testlayout med fokuspunkter for praktisk testing av agndispenseren, det er også foreslått flere aspekter for videre testing av agndispenseren.

13.1 Fokuspunkter for testing

Gjennom utviklingsarbeidet er følgende fokuspunkter utredet for praktisk produkttesting:

- Agndispenserens funksjon
- Størrelse på agnbiter

Testprogrammer for de ulike punktene er beskrevet i de påfølgende underkapitlene.

13.2 Agndispenserens funksjon

Innledning

Forsøket har som hensikt å verifisere at krabbene er interesserte i attraktantene som slippes ut fra agndispenseren. Ved å verifisere at krabbene tiltrekkes av agndispenseren vil produktets funksjon kunne dokumenteres. Forsøket kan også settes opp med annen type agn og andre marindyr for å verifisere at agndispenseren også er egnet for bruk på andre arter.

Oppsett

Et oppsett for teste agndispenseren på forsøkskrabber kan gjennomføres med utstyret vist i figur 91. Dette er et adferdsstudium hvor forsøkskrabber blir plassert i et kar og filmet ovenfra. Filmen analyseres med programvare som logger krabbens posisjon over tid, vist i figur 92. Dette er en metode som i dag benyttes for å kartlegge snøkrabbenes tiltrekning mot ulike typer agn. I forsøkene logges krabbens tiltrekning mot agn produsert fra ulike fiskeslag og kunstig agn. Agndispenseren skal testes under ulike steg i prosessen hvor den tømmes for agn. Dette betyr at forsøk når dispenseren på forhånd har stått og vasket ut sine attraktanter i ett døgn, to døgn, osv. skal gjennomføres.

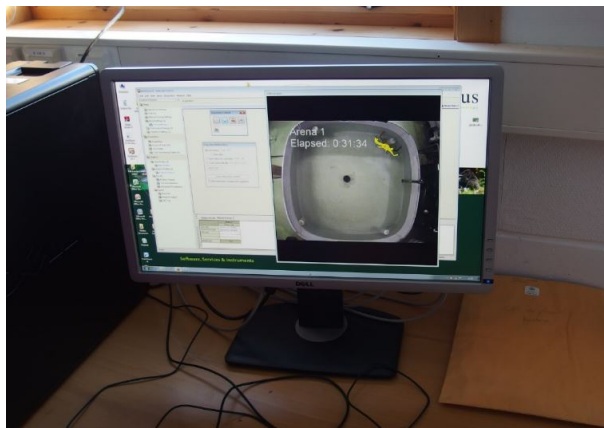


(a) Saltvannskar med forsøkskrabbe



(b) Videokamera over karet

Figur 91: Utstyr som skal benyttes i forsøket for å verifisere at snøkrabber blir tiltrukket av attraktanter som slippes ut av agndispenseren (egenfotografert).



Figur 92: PC med programvare for logging av krabbens bevegelser over tid (egenfotografert).

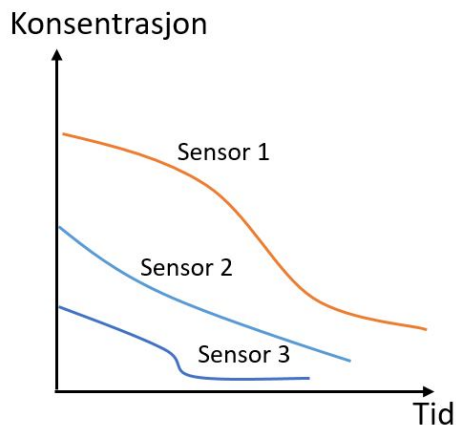
Resultater

Fra forsøket vil vi få resultater som gir oss sannsynligheten for at krabber trekker mot agndispenseren når den plasseres i karet. Forsøket vil verifiser at snøkrabber er tiltrukket av agndispenseren, og at agndispenseren også tiltrekker seg krabber når utvasking av attraktanter allerede foregått en periode.

13.3 Størrelse på agnbiter

Innledning

Forsøket har som hensikt å logge konsentrasjonen av attraktanter inne i agndispenseren, og konsentrasjonen i gitte avstander medstrøms fra agndispenseren. Ved å logge konsentrasjonen over tid, kan det kartlegges hva som er ideell størrelse på agnbiterne. Ideell størrelse ansees å være den størrelsen som skaper en mest mulig homogen strømning av attraktanter ut fra agndispenseren over tidsperioden teinen fisker. Det er også ønskelig at så lite som mulig attraktanter blir værende igjen i beholderen når teinen skal vendes, da dette er attraktantene ansees å gå til spille. Diffusjonsteorien fra kapittel 4.2 hevder at små biter diffunderer ut sine attraktanter raskt og at større biter diffunderer ut sine attraktanter tregere, optimal størrelse skal kartlegges i forsøket.



Figur 93: Eksempel på graf hvor konsentrasjon av attraktanter er logget som over tid med sensorer i tre ulike posisjoner.

Målsetting

Målsetting for denne testen er å kartlegge den ideelle størrelsen på agnbitene som brukes i agndispenseren. Ideell størrelse anses å være den størrelsen som gir best spredning av attraktanter over hele tidsperioden teinen fisker og samtidig minst mulig attraktanter som går til spille når teinen skal vendes.

Oppsett

Gassfjæren spennes og agndispensern egnes. Størrelsen på bitene må være tilnærmet homogen og logges som en parameter. Dispenseren plasseres i et kar med representativ temperatur, saltinnhold og strømningshastighet som ved aktuelt bruksområde. Karet skal ha vanninntak i en ende og utløp i en annen ende for å unngå turbulente vannstrømninger, og strømningsbildet i tanken skal kartlegges da attraktanter forventes å følge strømmingene.

Konsentrasjonen av attraktantene logges ved følgende plasseringer:

- Ved vanninntaket til karet
- Inne i agnbeholderen
- På overflaten utenfor agnbeholderen
- I en gitt avstand medstrøms fra anordningen

Konsentrasjonene ved de ulike posisjonene logges i serier og sensorene skal være koblet til en datalogg som automatisk fører verdier i tabeller og grafer, slik at grafene i figur 93 enkelt kan produseres. Etter endt forsøk skal gjenværende agn i beholderen undersøkes, for å kartlegge hvor mye gjenværende attraktanter som går til spille inne i beholderen.

Resultater

Resultatet fra dette forsøket er konsentrasjonsserier over tid med ulike agnstørrelser. Optimal agnstørrelse vil medføre at konsentrasjonene er stabile over tid og at det etter 9 dager er tilnærmet tomt for attraktanter inne i agndispenseren. Resultatet fra dette forsøket skal være med på å fastslå optimal størrelse på agnbiter.

13.4 Gassfjær

En viktig komponent i agndispenseren er gassfjæren. Gassfjæren står for både den mekaniske skyvekraften som er nødvendig for presse agnet frem, og gassfjærens langsomme bevegelse er avgjørende for fordelingen av attraktanter over tid. Gassfjæren skal utvikles underleverandør, og et program for utvikling og testing av gassfjæren er produsert av underleverandør ^[62] lagt med som vedlegg 9.

13.5 Andre aspekter som foreslåes til videre testing

Gjennom utviklingsarbeidet er flere aspekter vedrørende agndispenseren kartlagt som mulige testscenarier for videre testing. Her er ulike aspekter presentert med en kort beskrivelse av hva testen skal kartlegge.

Antall hull og størrelsen på hull i lokket

Lokket som agnet presses ut, part nr 31, er perforert med hull som tillater vann å renne inn, og vann/agn/attraktanter og renne ut under kompresjon. For videre testing kan ideelt

antall hull og ideell størrelsen på hullene kartlegges. Ideelt antall og størrelse på hullene er vurdert til å være konfigurasjonen som gir en mest mulig jevn strøm av attraktanter ut fra agndispenseren over hele tidsperioden teinen fisker.

Gassfjærens presskraft

Gassfjæren er en viktig komponent i agndispenseren, og kan være en betydelig kostnad for produktets totalpris. Optimalisering av gassfjærens spesifikasjoner med tanke på slaglengde og presskraft kan skape besparelser i produksjonen, og kan med fordel kartlegges med praktisk testing. Reduksjon av presskraften i gassfjæren kan også redusere påkjenningene på andre komponenter og optimal kraft vil derfor være den kraften som akkurat er nødvendig for å gjøre ønsket funksjon.

Fjerne belg for å redusere kompleksitet

Agndispenseren baserer seg på å komprimere en belg for å redusere faren for at agnbiter og inhomogeniteter i agnet vil medføre at stempelet kiler, se kapittel 6.9.2. Bruken av belg til dette formålet er ikke kjent fra andre produkter, og prinsippet kan være aktuelt for fysisk testing. Belgen kan introdusere nye uforutsette utfordringer, eller den kan være et kompliserende element som ikke er nødvendig. I utviklingsprosessen er det diskutert om belgen kan fjernes og dette er et spørsmål som kan avklares med fysisk testing.

Agnvolum, og forhold mellom agn og vann i beholder

Det er gjort lite vitenskapelig arbeid rundt spørsmål som hvor mye agn er det nødvendig å bruke i en teine, og hvor mye mer agn man trenger i en stor teine i forhold til en liten teine. Antakelsene om forbruk av agn ved store teiner er ikke dokumentert, og for videre testing kan det være interessant å undersøke om store teiner faktisk trenger mer agn enn små teiner for å tiltrekke seg flere krabber.

14 Prosessevaluering og diskusjon

I dette kapittelet evalueres ulike deler av arbeidsprosessen ved masterarbeidet. Det utviklede produktet er også evaluert i resultatdiskusjonen, og det er drøftet hvordan oppgaven kunne vært løst bedre.

14.1 Prosessevalueringer

I evalueringen av arbeidsprosessen er ulike deler av arbeidet gjennomgått for å kartlegge hvordan prosesser kunne vært utført annerledes. Hensikten med evalueringen er å sette fingeren på deler av arbeidet som kunne vært gjort på andre måter for å øke læringsutbytte og forbedre prosessen.

Bakgrunn

I undersøkelsene av bakgrunnen og omstendighetene til den valgte produktideen kunne det vært gjort en raskere og mer presis kartlegging av status for snøkrabbefiske i dag. Kundens behov og rammene for oppgaven kunne med fordel blitt spikret tidligere og mer nøyaktig, da viktig informasjon har dukket opp underveis i prosessen og ført til merarbeid.

Markedspotensiale

Undersøkelsen av markedspotensialet og behovet for reduksjon av utgifter til agn ved snøkrabbefiske kunne blitt undersøkt mer presist, og leverandører av agn og snøkrabbefiskere kunne blitt kontaktet direkte for å bygge opp under problemstillingen fra flere ulike aktører. Det er kunne også vært kartlagt om andre utviklere arbeider med et tilsvarende produkt.

Prosjektplanlegging

Prosjektplanleggingen og fremdriftsplanen kunne blitt brukt mer aktivt i utviklingsarbeidet for å fordele tid til ulike oppgaver bedre. Avgrensninger kunne blitt utarbeidet i en tidligere fase, og vært mer styrende for fordelingen av tidsbruk under arbeidet.

Grunnlagsteori

Det kunne vært gjort et grundigere arbeid for å kartlegge hva som er aktuell grunnlagsteori for prosjektet. Mye tid har gått med til studiet av diffusjon og i etterkant stiller undertegnende spørsmålsteget ved hvor aktuell teorien for diffusjon egentlig er for den mekaniske utviklingsoppgaven dette er. Hadde diffusjonsmekanismer vært avgrenset fra arbeidet ville mye tid vært frigjort til andre deler av oppgaven.

Produktspesifisering

Produktspesifiseringen er korrigert og endret gjennom arbeidet, og det kan derfor diskuteres om arbeidet ble gjort grundig nok i første omgang. Både produktmålsettingen og ramme- forutsetningene kunne vært utarbeidet grundigere, for å ha tydeligere rammer og mål for oppgaven. Tydeligere rammer kunne vært tidsbesparende ved å bruke tid mer effektivt og målrettet.

Ekstern produkttesting

Den eksterne produkttestingen kunne med fordel ha blitt gjennomført tidligere, for eksempel under konseptutviklingen for å få input vedrørende andre funksjonsalternativer.

Testgruppen kunne gjerne vært større, og det kunne vært utført en grundigere utspørring for å innhente fler ekspertråd og tips.

Kontakt med Nofima

Det har gjennom arbeidet blitt kartlagt at Nofima i Tromsø sitter på store kunnskaper om snøkrabber, men det har generelt vært vanskelig å få tilgang til informasjonen. Både spredning av luktstoffer fra agn og hvordan snøkrabber tiltrekkes agn, er områder Nofima har forsket på, men det erfarer at Nofima holder kortene tett til brystet. Det kunne derfor ha vært ha vært fornuftig og knyttet kontakter med Nofima på et høyere plan for å sørge for bedre kommunikasjon og informasjonsdeling.

Livssykelanalyse

Livssykelanalysen gjennomført i denne rapporten er grov, og sammenlikner ikke materialalternativer opp mot hverandre. I arbeidet kunne det med fordel vært kartlagt ulike materialer som oppfyller kravene til produktet, for deretter sammenlignet CO_2 avtrykk og energiforbruket ved bruk av ulike materialer.

14.2 Resultatdiskusjon

I dette delkapittelet evalueres det endelige produktet, for å kartlegge momenter som kunne vært gjort annerledes for at forbedre det utviklede produktet.

Stempel, utforming og materialvalg

FEM-analysen i kapittel 9.2 viser at materialet i stempelet opplever spenninger over flytegrensen under egning. Det er flere måter å unngå dette problemet på; enten kan kraften ved oppspenning av gassfjæren reduseres, materialet i stempelet eller utformingen av stempelet kan endres, eller så kan kraften som spenner opp gassfjæren virke direkte på gassfjæren uten å utsette selve stempelet for spenninger. Slik stempelt nå er utformet vil det flyte under egning og dette vil føre til varige deformasjoner.

Bøylen

I FEM-analysen av bøylen er deformasjonene veldig store, og det kan diskuteres om analysen burde vært gjort på en annen måte. Eksempelvis kunne en analyse vært gjort med begge bøylenene, eller oppsettet kunne vært modifisert for å passe bedre med den virkelige spenningssituasjonen bøylen vil oppleve. I virkeligheten vil bøylenene være låst fra å kunne rotere ut, og dette gjør ikke bøylen i FEM-analysen. Analysen viser også at store deler av materialet opplever lave spenninger og det er derfor gode muligheter for å gjøre materialbesparelser ved å fjerne materiale i områder utsatt for lave spenninger.

Høytvanntrykk på komponenter

Det er gjort få betraktninger rundt det høye vanntrykkets påvirkning på materialene som senkes ned i dypet. Hvordan nylon PA6, neopren og rustfritt stål reagerer på å bli heiset opp og ned fra dypet er ikke kartlagt. Hvis materialene selv komprimeres kan dette skape utfordringer, som at kasselåsen løsner eller stempelet blokkeres fra å kunne bevege seg i sylindren.

Belg

Det er ikke avklart hvordan belgen skal festes. Flere muligheter er diskutert, som borrelås, klips, lim eller tauverk. Dette kunne med fordel vært stadfestet på et tidligere stadium i utviklingen. Belgen må også ha en ventil for påfylling av væske til den delen som er tett, men dette er ikke utarbeidet. den delen av belgen som står mot frem motlokket skal folde seg sammen når stempelet vandrer frem, dette er en faktor som kan introdusere nye ukjente utfordringer.

Tilpasse komponenter til sprøytstøping

Ved sprøytstøping er det nødvendig med slippvinkler for at komponentene enkelt skal slippe støpeformen. En leverandør kan også ha andre krav eller ønsker som må innfris for at serieproduksjonen av komponenter skal fungere best mulig. Det er ikke tatt høyde for eventuelle produksjonskriterier, og DAK-modellen kunne med fordel vært bedre tilpasset serieproduksjon.

Miks av vann og agn

I dispenseren skal agn fylles ved egning og vann skal trekke inn i det samme kammeret når teinen synker mot havbunnen. Det lagt opp til at 5 liter agn og 5 liter vann skal blandes, men hvor godt dette faktisk blandes er ikke dokumentert. Et uønsket scenario er at agn og vann ikke blandes, men at agnet legger seg som en suppe i en ende av kammeret. Hvordan oppdelt agn og vann blander seg kunne med fordel vært utredet.

15 Konklusjon

En agndispenser for å redusere forbruket av agn til snøkrabbefiske er utviklet. Produktet er et resultat av moderne produktutviklingsmetodikk og en konseptutviklingsfase har ledet frem til den valgte løsningen. Sentralt i agndispenseren står en gassfjær som presser agn ut av en beholder over tid. Hovedkomponentene skal sprøytstøpes ved serieproduksjon, og gassfjæren vil bli spesialtilpasset og levert fra underleverandør. Agndispenseren er DAK-modellert, og skal produseres i nylon PA6 og neopren. En testlayout er utarbeidet og agndispenseren er presentert i en markedspresentasjon. Avslutningsvis i arbeidet er en rapport produsert og prosjektet er evaluert.

15.1 Resultater

Utviklingsarbeidet har resultert i en agndispenser med følgende egenskaper:

- Agndispenseren er sylindrerformet, har hovedmålene 930 x 380 mm og veier 15 kg.
- Agndispenseren har et kammer hvor 5 liter agn blandes med 5 liter sjøvann.
- Sentralt i agndispenseren står en gassfjær som bruker 9 (± 1) dager på å presse agn/vann blandingen ut gjennom et perforert lokk.
- Agndispenseren kan operere ved havdybder ned mot 600m, og har en forventet levetid på fem år.
- Inne i agndispenseren sørger en belg, produser i neopren, for at stampelet ikke kiler seg hvis det er klumper eller andre inhomogeniteter i agnet.
- Agndispenseren har seks monteringsører, og kan festes horisontalt, vertikalt eller i andre ønskede stillinger både under bruk og ved oppbevaring.
- Agndispenseren er utviklet med spesielt fokus på produktegenskapene funksjonalitet, sikkerhet og driftssikkerhet.
- Designet legger til rette for enkel og effektiv egning, og hovedkomponentene kan sprøytstøpes i nylon PA6.
- Agndispenseren har også syrefaste bolter, skiver og muttere som er standardvarer og leveres fra underleverandører.
- Utviklingskostnadene er estimert til 520 000kr og enhetskostnaden ved produksjon av 1000 enheter er estimert til 2055kr.

15.2 Anbefalinger

Gjennom utviklingsarbeidet er det gjort erfaringer rundt agndispenseren, og følgende punkter er anbefalt til videre utvikling:

- Presisere tydelig om produktet skal redusere forbruk av agn eller gi krabber fanget i teinen mat over tid.
- Tilbud, med fastsatte priser, fra ulike underleverandører av gassfjærer burde innhentes.
- En rigg for å spenne tilbake gassfjær må utvikles, og et forslag til hvordan dette kan gjøres er vist i vedlegg 10.
- Et samarbeid med Nofima for deling av informasjon og kunnskaper burde etableres, for å innhente informasjon om diffusjon av luktstoffer og snøkrabbenes tiltrekning mot ulike attraktanter.
- Norsk og internasjonalt lovverk rundt snøkrabbefiske burde kartlegges. Spesielt vedrørende spørsmål rundt hvor lenge det er lov å holde levende krabber i teinen,

i hvilke områder det er lov å fiske og om det vil bli innført kvoteregulering av snøkrabbebestanden?

15.3 Forslag til videre arbeid

Agndispenseren er fortsatt på et tidlig utviklingsstadium, og det er behov for flere utredninger og optimaliseringer før produktet kan realiseres. For videre arbeid med agndispenseren er følgende punkter foreslått:

- Lage en enkel modell for å teste prinsippet med en belg, beskrevet i kapittel 6.9.2.
- Bygge en prototype og evaluere produktet basert på erfaringer ved prototypen.
- Gjennomføre fysiske tester beskrevet i kapittel 13.
- Tilpasse komponenter til sprøyttestøping for serieproduksjon.
- Utføre FEM-analyse på komponenter for strukturoptimering og materialbesparelser.
- Kontrollere komponenter for dynamiske påkjenninger.
- Grundigere økonomiske analyser.

16 Kilder

Skriftlige kilder

- [2] Iversen, Thor. "Utviklingen av fiske og fiskemetoder i Norge". Fiskeridirektoratet, Bergen, Norge (1937), Sider: 137.
- [5] Elnor, Robert W. and Beninger, Peter G. "Multiple reproductive strategies in snow crab, *Chionoecetes opilio*: Physiological pathways and behavioral plasticity". *Experimental Marine Biology and Ecology*. Nantes Cedex, France (1995), Sider: 20.
- [6] Pinfold, Gardner. "Overview of the Atlantic Snow Crab Industry". *Department of Fisheries and Oceans, and Atlantic Council of Fisheries and Aquaculture Ministers*. Halifax, Canada (2006), Sider: 63.
- [8] Sherstneva, Aleksandra. "Snow crab (*Chionoecetes opilio*) in the Barents Sea." The arctic university of Norway, Tromsø (2013), Sider: 43.
- [9] Siikavuopio, Sten Ivar et al. "Levendelagring av snøkrabbe - (*C. opilio*) - effekt av individtetthet og foring på overlevelse og skade". Tromsø, Norge (2016), Sider: 13.
- [10] S.A.Kuzmin S.M Akhtar, D.T.Memis. "The first finding of snow crab, *Chionoecetes opilio* (Fabricius)(Decapo: Majida) in the Barents Sea. Can. Transl. Fish. Aquat." Can. Transl. Fish Aquat, Ottawa, Canada (1999), Sider: 5.
- [11] Alsvåg, J., Agnald, A.L, and Jørstad, K.E. "Evidence for a permanent establishment of the snow crab (*Chionoecetes opilio*) in the Barents Sea". Havforskningsinstituttet, Bergen, Norge (2008), Sider: 9.
- [13] Agnalt, Ann-L. et al. "The Snow Crab, *Chionoecetes opilio* (Decapoda, Majoidea, Oregoniidae) in the Barents Sea". Havforskningsinstituttet, Bergen, Norway (2011), Sider: 18.
- [14] Lovrich, Gustav A. and Sainte-Marie, Bernard. "Cannibalism in the snow crab, *Chionoecetes opilio* (O. Fabricius) (Brachyura: Majidae), and its potential importance to recruitment". *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, Quebec, Canada (1996), Sider: 21.
- [15] Divinea, Lauren M. et al. "Diet analysis of Alaska Arctic snow crabs (*Chionoecetes opilio*) using stomach contents and ¹³C and ¹⁵N stable isotopes". Deep-Sea Research II, Alaska Fairbanks, USA (2015), Sider: 13.
- [16] Lekang, Odd-Ivar. "Aquaculture Engineering". Blackwell Publishing, Ås, Norway (2007), Sider: 340.
- [17] Siikavuopio, Sten I., Martinsen, Gustav, and Stormo, Svein Kristian. "Uttesting av nytt kunstig agn til teine- og linefiske etter torsk". *Nofima*. Tromsø, Norway (2016), Sider: 9.
- [22] Walsh, Philip and Winger, Paul. "Building a better trap for snow crab: a review of recent selectivity and behavioural experiments". Memorial University, Newfoundland, Canada (2010), Sider: 31.
- [32] Bøe, Jan Kåre. "Konsept- og produktrealisering - Temahefte 1 og 2: Industriell økologi og produktplanlegging". NMBU, IMT, Ås, Norway (2016), Sider: 32.
- [34] Rummelhoff, Kristoffer Ødegaard. "Dolphin Sky, Del A: Utvikling av integrert design- og helhetskonsept for sveveløsning". NMBU, Ås, Norge (2016), Sider: 167.

- [35] Pugh, Stuart. "Total Design: Integrated Methods for Successful Product Engineering". Engineering technology and design, Addison-Wesley Publishing Company (1991).
- [36] Burge, Dr Stuard. "The Systems Engineering Tool Box". Warwickshire, United Kingdom (2009), Sider: 15.
- [37] Bøe, Jan Kåre. "Konsept- og produktrealisering - Produktutviklingsmetodikk". NMBU, IMT, Ås, Norge (2016), Sider: 18.
- [39] Franzini, J.B. and Finnemore, E.J. "Fluid Mechanics with Engineering Applications". McGraw-Hill, Whitby, Ontario, Canada (1997), Sider: 800.
- [40] Gladkikh, Vladislav and Tenzer, Robert. "A Mathematical Model of the Global Ocean Saltwater Density Distribution". Pure and Applied Geophysics, Basel, Switzerland (2012), Sider: 249–257.
- [41] Callister, W.D and Rethwisch, D.G. "Materials Science and Engineering, Ninth Edition". Wiley, Utah, USA (2011), Sider: 936.
- [50] Westerberg, H. and Westerberg, K. "Properties of odour". Fisheries Research- 110, Goeteborg, Sweden (2011), 459–464.
- [51] Csanady, G.T. "Turbulent diffusjon in the enviroment". D. Reidel Pub. Co, Dordrecht, Holland (1973), Sider: 248.
- [52] Carr, W.E.S. et al. "Stimulants of feeding behavior in fish: analyses of tissues of diverse marine organisms". Boil. Bull, Florida, USA (1996), Sider: 149–160.
- [53] Hara, T.J. "The diversity of chemical stimulation in fish olfaction and gustation". Fish Biol 4, San Diego, USA (1994), Sider: 1–35.
- [54] Delago, J.M.P.Q. "Molecular diffusion coefficients of organic compounds in water at different temperatures". J. Phase Eq. United Kingdom (2007), Sider: 427–432.
- [55] Løkkeborg, Svein. "Rate of Release of Potential Feeding Attractants from Natural and Artificial Bait. Fish Res". Fish. Res 8, Havforskningsinstituttet, Bergen, Norway (1990), Sider: 253–261.
- [57] Grant, Scott M. and Hiscock, Wade. "A bait comparison study in the Newfoundland and Labrador snow crab (*Chionoecetes opilio*) fishery: does Atlantic herring stand a chance against squid?" Newfoundland, Canada (2009), Sider: 59.
- [58] Stiansen, Stian et al. "Horizontal and vertical odor plume trapping of red king crabs explains the different efficiency of top-and side-entrance pot designs". *Transactions of the American Fisheries Society*. Havforskningsinstituttet, Bergen, Norway 139.2 (2010), Sider: 483–490.

Personlig meddelelser

- [61] Augestad, Morten. Buisness Director, Norner, Mailkorrespondanse vedrørende nedbrytbar plast. Jan. 13, 2017.
- [62] Godbold, James. Sales Manager, Industrial Gas Springs LTD, Mailkorrespondanse vedrørende gassfjærer. Mar. 13, 2017.
- [63] Fagerholm, Tor. Produktansvarlig Gassfjærer, Otto Olsen, Mailkorrespondanse vedrørende Gassfjærer. Apr. 10, 2017.

Nettkilder

- [1] Store, Norske Leksikon. *Norsk fiskerihistorie*. Available from [snl.no](#). (Visited on 01/23/2017).
- [3] Fiskeridirektoratet. *Nyhetsartikkel: Færre fiskere og fiskefartøy - fortsatt produktivitetsøkning*. Available from [www.fiskeridir.no](#). (Visited on 01/24/2017).
- [4] Fiskeridirektoratet. *Statistikk fra fiskermanntallet t.o.m 2016 per 5. januar 2017*. Available from [www.fiskeridir.no](#). (Visited on 01/24/2017).
- [7] Havforskningsinstituttet. *Havforskningsrapporten 2016*. Available from [www.imr.no](#). (Visited on 01/09/2017).
- [12] Havforskningsinstituttet. *Nyhetsartikkel: Snøkrabbe - en ny stor ressurs i Barentshavet?* Available from [www.imr.no](#). (Visited on 10/20/2017).
- [18] Norges-Forskningsråd. *Informasjon om fangstteknikker for snøkrabbe*. Available from [www.forskningsradet.no](#). (Visited on 01/05/2017).
- [19] Nofima. *Informasjon om forskningsprosjektet SnøRest*. Available from [nofima.no](#). (Visited on 01/09/2017).
- [20] Fiskeridirektoratet. *Nyhetsartikkel: Kan jeg fiske kongekrabbe?* Available from [www.fiskeridir.no](#). (Visited on 04/17/2017).
- [21] Fiskeri. *Informasjon om fiske med teiner*. Available from [fiskeri.no](#). (Visited on 01/18/2017).
- [23] Regjeringen. *Stortingmelding: 10 (2015–2016) - 6 Friere redskapsvalg, fartøyutforming og ombordproduksjon*. Available from [www.regjeringen.no](#). (Visited on 03/02/2017).
- [24] Havforskningsinstituttet. *Informasjon om fiske av Kongekrabbe*. Available from [www.imr.no](#). (Visited on 01/20/2017).
- [25] Seafood. *Nyhetsartikkel: Økt eksport av skalldyr i 2016*. Available from [www.seafood.no](#). (Visited on 04/27/2017).
- [26] Havforskningsinstituttet. *Informasjon om regulering av taskekrabbe-fiske*. Available from [www.imr.no](#). (Visited on 04/17/2017).
- [27] Havforskningsinstituttet. *Informasjon om taskekrabbe*. Available from [www.imr.no](#). (Visited on 01/24/2017).
- [28] Råfisklaget. *Informasjon om fangst og markspotensiale for snøkrabbe*. Available from [www.rafisklaget.no](#). (Visited on 01/20/2017).
- [29] Forskningsrådet. *Nyhetsartikkel: Nytt fiskerieventyr med snøkrabbe*. Available from [www.forskningsradet.no](#). (Visited on 01/20/2017).
- [30] Forskning. *Nyhetsartikkel: Snøkrabben finner den maten fisken ikke finner*. Available from [www.forskning.no](#). (Visited on 01/24/2017).
- [31] Råfisklaget. *Informasjon om markedet og salg av snøkrabbe*. Available from [www.rafisklaget.no](#). (Visited on 01/24/2017).
- [33] NPD-solutions. *Nettartikkel: The Principles of integrated product development*. Available from [www.npd-solutions.com](#). (Visited on 02/13/2017).
- [38] Designorate. *Nettartikkel: A Guide to the SCAMPER Technique for Creative Thinking*. Available from [www.designorate.com](#). (Visited on 02/09/2017).

- [42] Mudsoak. *Informasjon om diffusjon*. Available from www.mudsoak.co.uk. (Visited on 04/19/2017).
- [43] Doitpoms. *Informasjon om diffusjon*. Available from www.doitpoms.ac.uk. (Visited on 04/19/2017).
- [44] Store, Norske Leksikon. *Informasjon om ficks diffusjonslover*. Available from www.snl.no. (Visited on 03/21/2017).
- [45] Boundless. *Informasjon om diffujson*. Available from www.boundless.com. (Visited on 03/21/2017).
- [46] Sciencing. *Nettartikkel: Four Things That Affect Rate of Diffusion*. Available from www.sciencing.com. (Visited on 04/18/2017).
- [47] Trusler, J.P.M. *Fysisk formel: Brownske bevegelser*. Available from www.thermopedia.com. (Visited on 03/09/2017).
- [48] Thermopedia. *Fysisk formel: Stokes-Einsten formelen*. Available from www.thermopedia.com. (Visited on 03/09/2017).
- [49] Thermopedia. *Fysisk formel: Peclet Number*. Available from www.thermopedia.com. (Visited on 02/21/2017).
- [56] NCBI. *Nettartikkel: Effect Of Compression And Anisotropy On The Diffusion Of Glucose In Annulus Fibrosus*. Available from www.ncbi.nlm.nih.gov. (Visited on 04/18/2017).
- [59] Metrologisk-institutt. *Informasjon om vind, bølger, temperatur i Barentshavet*. Available from www.met.no. (Visited on 01/24/2017).
- [60] Ali-Express. *Produkt: New Digital LCD Automatic Aquarium Fish Feeder*. Available from www.aliexpress.com. (Visited on 02/01/2017).
- [64] HomeBrewWest. *Produkt: Speidel Hydropress 20 Litre*. Available from www.homebrewwest.ie. (Visited on 02/22/2017).
- [65] Vigo-Presses. *Produkt: 20 litre Hydropress*. Available from www.vigopresses.co.uk. (Visited on 03/19/2017).
- [66] Explainthatstuff. *Informasjon om gassfjærer*. Available from www.explainthatstuff.com. (Visited on 03/16/2017).
- [67] Direct-industry. *Informasjon om gassfjærer*. Available from www.directindustry.com. (Visited on 03/25/2017).
- [68] RTPco. *Informasjon om nylon PA6*. Available from www.rtpcompany.com. (Visited on 04/05/2017).
- [69] Evisdom. *Nyhetsartikkel: Kan du gjenvinne neoprene?* Available from www.evisdom.com. (Visited on 04/18/2017).
- [70] Sintef. *Informasjon om sprøytstøping av polymermaterialer*. Available from www.sintef.no. (Visited on 04/19/2017).
- [71] Order, Foam. *Produkt: Neoprene Sheets*. Available from www.foamorder.com. (Visited on 04/19/2017).
- [72] 3ders. *Informasjon om filament for 3D-printing*. Available from www.3ders.org. (Visited on 04/19/2017).

17 Vedlegg

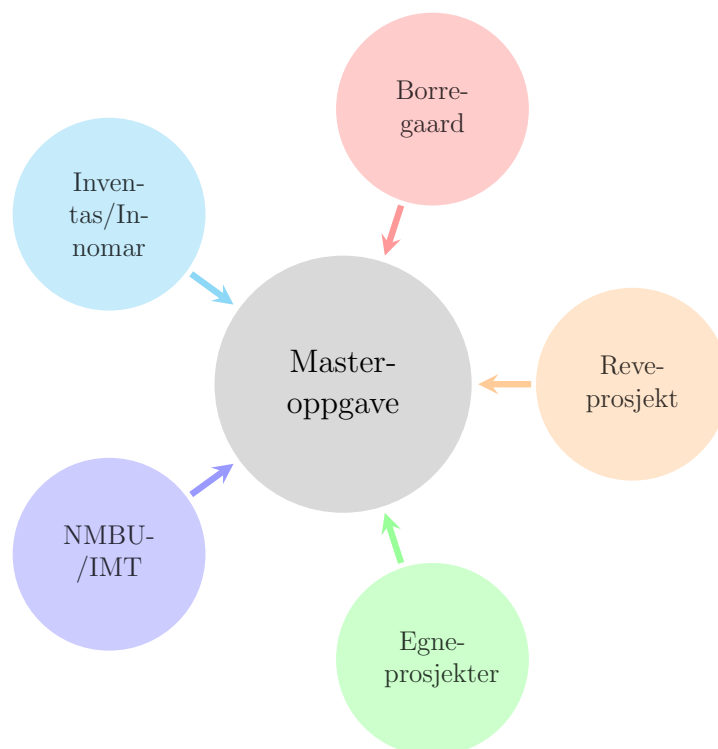
Tabell 27: Liste over vedlegg

Vedlegg nr:	Beskrivelse:
1	Tidlig ideprosess til masteroppgave
2	Prosjektplan
3	Håndkalkulasjon vedrørende funksjonsalternativ 8
4	Informasjon for ekstern produkttesting
5	Ekstern produkttesting 01
6	Ekstern produkttesting 02
7	Ekstern produkttesting 03
8	Livssykelanalyse for valgte materialer
9	Plan for utvikling av gassfjær IGS
10	Skisse, rigg til å komprimere gassfjær
11	Hovedmålsettinger
12	Eksplasjonstegning

Tidlig ideprosess til mastergradsarbeide

Masteroppgaven har startet med en ideprosess som har foregått over lengre tid. Det er generert ulike produktidéer med utspring fra studiested, egne ideer og kontakter i industrien.

Idegenerering



Figur 1: Viser ulike kilder til produktidéer for denne masteroppgaven.

Borregaard

En aktuell problemstilling for masteroppgave er initiert fra Borregaard i Sarpsborg. Borregaard er et avansert bioraffinerier, som bruker naturlige og bærekraftige råmaterialer til å produsere avanserte biokjemikaljer. Masteroppgaven som ble forespurt var å utvikle en testtrigg for pumper. Borregaard har ved flere tilfeller opplevd at pumper som har vært på vedlikehold og/eller reparasjon ikke fungerer som de skal. Det er derfor ønskelig med en universal testtrigg for pumper, hvor trykk og kapasitet kan kontrolleres.

Inventas/Innomar

Inventas er et konsultentselskap med kontorer i seks av byens største byer. Inventas utvikler produkter på oppdrag for kunder, og består primært av maskiningeniører og produktdesignere. Innomar er internasjonalt selskap som arbeider med ulike produkter relatert til marin og offshore industri. Inventas i Kristiansand arbeider for tiden med et stort prosjekt sammen med Innomar hvor de utvikler et nytt konsept for snøkrabbefiske. Konseptet

Vedlegg 1 - Ideprosess til masteroppgave

Seland

består i å utvikle et produksjonsskip for snøkrabbefiske, skipet skal være automatisert så langt det lar seg gjøre. Arbeidet har pågått en stund, og planen er at store teiner skal stå ute over lengre tid. Oppgaven Inventas forespeiler, består i å utvikle anordning som kan egne teiner mens teinen står utsatt på havbunnen.

Reveprosjekt

Forskere ved INA/NMBU arbeider med ett prosjekt på rev. I prosjektet utvikles mekanisk utstyr for å feste halsbånd på rev. Undertegnende har deltatt på dette prosjektet over ett år, blant annet i arbeid med å konstruere kastemekanisme, halsbånd, utløsermekanisme, strekkprøving og SMS-trigger. Prosjektet har mange spennende utfordringer, som kan være aktuelle problemstillinger for en masteroppgave.

NMBU/IMT

Forskere ved NMBU arbeider med mange spennende prosjekter. Landbruks-robotikk er et felt med mye aktivitet, samt kjøretøytvikling, energieffektivisering og klimaendringer for å nevne noen. Undertegnede har vært i kontakt med flere professorer og forskere for å kartlegge aktuelle masteroppgaver, og mange er vurdert.

Egne prosjektidéer

Som student innenfor mekanisk produktutvikling har undertegnende flere produktidéer oppfinnelser skissert i bøker og papirer. Noen produktidéer er aktuelle å vurdere for videre utvikling, mens andre antakelig ikke er gjennomførbare. Prosjektidéene som er presentert i denne oppgaven er knyttet til friluftsliv og springer ut fra egen frustrasjon over våte tursko.

Konsept- og oppdragsbeskrivelser

I dette kapitlet er ulike konsept- og produktidéer beskrevet. Idéene er utviklet i samarbeid med de overnevnte aktørene.

Vedlegg 1 - Ideprosess til masteroppgave

Seland

Tabell 1: Skisser av produktideer, med kort beskrivelse.

Skisse	Idébeskrivelse
	<p>1. Borregaard: Utvikle og konstruere testrigg for pumper. Riggen skal håndtere ulike pumpe typer, størrelser og kapasiteter. Riggen skal bestå av sirkulasjonssystem med tanker og måleutstyr for trykk, temperatur, turtall, vibrasjoner og flow.</p>
	<p>2. Inventas/Innomar A: Relatert til et snøkrabbe-prosjekt er det behov for et transportsystem for teiner gjennom produksjonsskip. Transportsystemet skal bestå av skinner, som fører teinene inn over skutesia, til stasjoner hvor last tømmes, og agn fylles. Videre skal teinen settes ut i sjøen, eller plasseres i lagerrom.</p>
	<p>3. Inventas/Innomar B: Utrede og utvikle en anordning for å egne teiner til krabbefiske. Anordningen skal redusere forbruket av agn ved snøkrabbefiske.</p>
	<p>4. Reveprosjekt: I prosjektet er ett halsbånd spesialtilpasset rev ferdig utviklet. Halsbåndet består av en GPS-sender, og er spesialtilpasset revens anatomi. Et behov er en anordningen hurtig setter halsbåndet rundt halsen på reven, og reven skal gå videre uten menneskelig interaksjon. Den aktuelle anordningen er påbegynt, men utvikling gjenstår før produktet er ferdig utviklet og fungerer optimalt.</p>
	<p>5. NMBU/IMT: Utvikle en modul for oppsporing av landminer. Modulen skal være full kompatibel med Thorvald-plattformen, og ha sensorer for å detektere miner, samt merke av funn både fysisk med markører og digitalt i kartdatabase.</p>
	<p>6. Egne prosjektidéer: En utfordring som kommer med vått vær er våte sko. Det er derfor tenkt ut en primusdrevet skotørker til bruk på telttur. Varm luft fra primusen blir blåst ned i skotuppene ved hjelp av en elektrisk vifte. Elektrisiteten til viftene blir generert fra TEG-elementer plassert over primusflammen, på denne måten er ikke batterier nødvendig.</p>

Tidligseleksjon av idé for masteroppgave

For å bestemme hvilken produktidé det ønskes å arbeide med som masteoppgave våren 2017, er det utarbeidet vurderingskriterier som er rangert etter Pughs metode. Matrisen er vist i tabell 2, og benytter vektingene ”+”, ”-” og ”=”. Masteroppgaven har flere klare føringer når det gjelder omfang, format og akademisk karakter, dette er det tatt hensyn til i matrisen. Følgende kriterier er satt for vurderingsmatrisen:

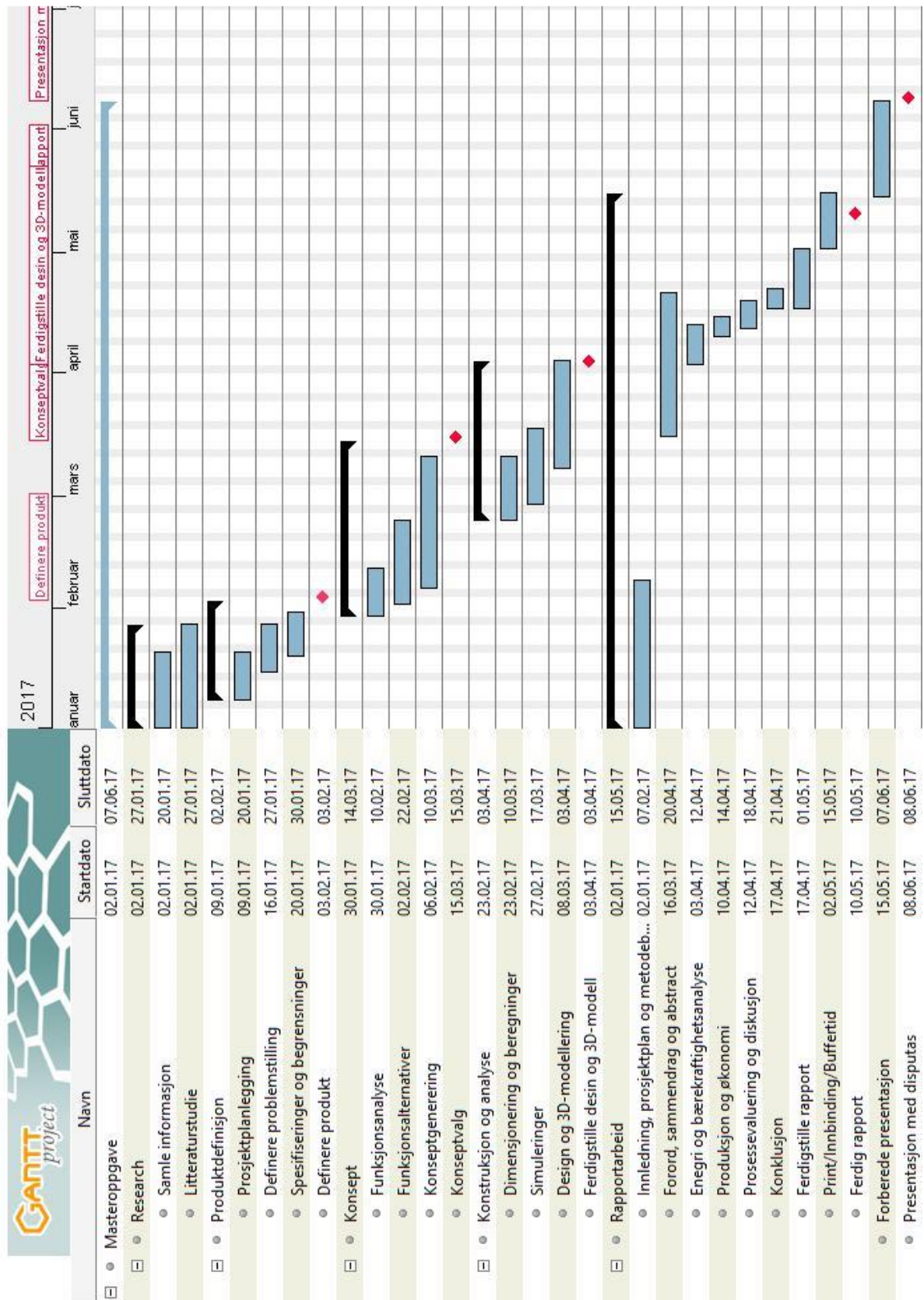
- **Kompleksitet:** Kan produktidéen avgrenset til arbeidsmengden for en masteroppgave? Består prosjektet av mange deler? Kan eksisterende løsninger adopteres?
- **Faglig relevans, læringseffekt:** Gir prosjektet mulighet for å vise personlige kvaliteter innenfor produktutvikling, konstruksjon og design? Legger prosjektet til rette for å vise tverrfaglig forståelse og selvstendighet?
- **Originalitet:** Gir produktidéen rom for originalitet og nytenkning?
- **Markedspotensiale:** Er det sannsynlig at det finnes et marked blant forbrukere og investorer for det aktuelle produktet?
- **Realiserings- og utviklingsmuligheter:** Er det sannsynlig at produktet vil bli realisert, og har produktet flere anvendelsesområder?
- **Tid:** Er prosjektet gjennomførbart i den gitte tidsrammen?
- **Motivasjon og nettverksbygging:** Den personlige motivasjonen, interessen og magesfølelsen for produktet.

Tabell 2: Produktidéer med vurderingskriterier og sum. Produktidéene er nummerert etter tabell 1, og ”+” teller som pluss 1, ”-” teller som minus 1, og = teller som 0.

Vurderingskriterie	Produktidé					
	1	2	3	4	5	6
Kompleksitet	+	-	=	=	=	=
Faglig relevans, læringseffekt	+	+	+	+	+	=
Originalitet	=	+	+	+	+	+
Markedspotensiale	-	+	+	-	=	-
Realiserings- og utviklingsmuligheter	+	+	+	=	=	-
Tid	+	-	=	+	-	=
Motivasjon og nettverksbygging	+	+	+	-	-	-
Sum	4	3	5	1	0	-2

Dette betyr at produktidé ”3. Inventas B” kom best ut av matrisen og vil bli valgt til videre arbeid. Produktidé ”1. Borregaard” kom også godt ut, men markedspotensiale og originalitet ble to kriterier som holdte den igjen. Dårligst ut kom ”6. Egen prosjektidé”, som scoret dårlig på markedspotensiale, realisering- og utviklingsmuligheter, samt motivasjon og nettverksbygging.

Vedlegg 2 - Prosjektplan



Håndkalkulasjon vedrørende funksjonsalternativ 8.

Magne Seland

February 2017

1 Introduksjon

Håndkalkulasjon vedrørende volumstrøm gjennom ventil/dyse i funksjonsalternativ 8, "Trykkdifferanse med hydraulikk". Figur 1 viser hvor lengdene er hentet fra, og det er gjort en antakelse om at 1 liter agn skal presses ut på 14 dager, og at en hydraulikkoljeholder på 100 liter skal tømmes på i den aktuelle perioden.

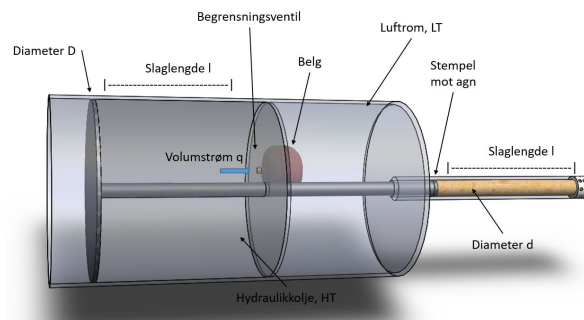


Figure 1: Viser aktuelle lengder og diametere i håndkalkulasjonen

2 Symboler og formler

Følgende lengder er antatt for håndkalkulasjonen.

Forklaring	Symbol	Verdi	Enhet
Stor diameter	D	500	mm
Liten diameter	d	50	mm
Slaglengde	l	500	mm
Pi	π	3,14	-

Table 1: Verdier benyttet i kalkulasjonen

Vedlegg 3 -Håndkalkulasjon for funksjonsalternativ 8

Forklaring	Formel	Formelnummer
Areal av sirkel	$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$	1
Volum	$V = A \cdot l$	2
Volumstrøm	$q = \frac{Volum}{tid}$	3

Table 2: Formler benyttet

3 Utregning

Agn

Volumet av agn er arealet av grunnflaten multiplisert med slaglengden. Setter inn i formel 1 og 2 og får følgende volum:

$$V_{agn} = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot l}{4} = \frac{\pi \cdot 50^2 \cdot 500}{4} = 9,81 \cdot 10^5 \approx 1 \cdot 10^6 \text{ mm}^3 \approx 1 \text{ liter}$$

Volumstrømmen av agn hvis beholderen tømmes på 14 dager vil da være gitt av formel 3, og være:

$$q_{agn} = \frac{Volum}{tid} = \frac{1 \text{ liter}}{14 \text{ dager}} = \frac{1 \cdot 10^6}{14 \cdot 24 \text{ timer} \cdot 60 \text{ min}} \approx 5 \cdot 10^{-5} \text{ l/min} \approx 50 \text{ mm}^3/\text{min}$$

Olje

$$V_{olje} = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot l}{4} = \frac{\pi \cdot 500^2 \cdot 500}{4} \approx 98 \cdot 10^6 \text{ mm}^3 \approx 98 \text{ liter}$$

Dette volumet skal gjennom dysen på 14 dager, noe som vil resultere i en volumstrøm på :

$$q_{olje} = \frac{Volum}{tid} = \frac{98 \text{ liter}}{14 \text{ dager}} = 7 \text{ liter/dag} = \frac{7 \text{ liter}}{24 \text{ timer}} = 0,3 \frac{\text{liter}}{\text{time}}$$

$$\approx \frac{0,3 \text{ l/t}}{60 \text{ min/t}} \approx 0,005 \text{ liter/min} \approx 5000 \text{ mm}^3/\text{min}$$

4 Konklusjon

Med en oljetank på 98 liter vil en gjennomsnittlig volumstrøm på $0,005 \text{ liter/min}$ strømme fra høyt til lavtryksiden under gjeldende forutsetninger.

INFORMASJON OM AGNDISPENSER

Magne V. Seland, NMBU

Masteroppgave våren 2017

1 Bakgrunn

Denne spørresundersøkelsen er en del av et utviklingsprosjekt vedrørende en agndispenser. Prosjektet er en masteroppgave ved NMBU, i samarbeid med Inventas og Innomar. Snøkrabbe er en nykommer i norsk farvann, og det er knyttet store forventninger til fangst av snøkrabbe i årene som kommer. Denne masteroppgaven ser på mulighetene for å redusere forbruket av agn ved snøkrabbefiske, da det er store utgifter knyttet til innkjøp av agn.

2 Beskrivelse av prosjektet

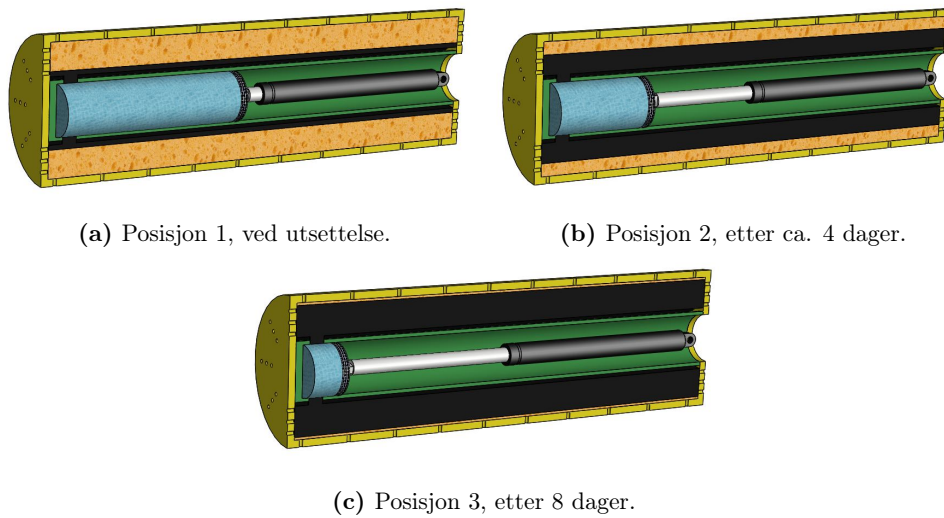
Anordningen som utvikles har til hensikt å redusere forbruket ved å fordele agn ut over tid. Det pågår i dag mye forskning på å utvikle kunstig agn som, eller agn som benytter seg av rest eller avfallsstoffer fra annen industri. Dette er et mekanisk utviklingsprosjekt som ikke setter spørsmålsteget ved typen agn, og er derfor gjort en antakelse om sild og akkar skal benyttes da dette er gjeldende standard for snøkrabbefiske. Primærmarkedet for agndispenseren er snøkrabbefiske, men også kongekrabbe-, hummer- og torskefiske med teiner ansees som potensielle markeder. Viktige mål for produktet er at det skal være enkelt i bruk, driftssikkert og trygt for operatør.

3 Valgt konsept

Gjennom prosjektet er det utviklet en anordning basert på gassfjær og belg. Gassfjæren blir spesialkonstruert slik at den bruker 8 dager på å vandre fra komprimert til utpresset tilstand. Gassfjæren presser et stempel som komprimerer vann som fritt kan vandre over i en belg. Belgen øker sitt volum etter som den blir fylt av vannet stempelet fordriver.

Ved egning plasseres agn i det ytterste kammeret, men agnet opptar ikke hele volumet. Når teinen med dispenseren settes ut vil vann renne inn og blande seg med agnet, slik at diffusjon av luktstoffer fra agn til vann starter. Etter som tiden går vandrer gassfjæren fremover, slik at belgen øker sitt volum og presser blandingen av vann/agn med luktstoffer sakt ut gjennom hullene i rører. Hele prosessen er vist i figur 1.

Vedlegg 4 - Informasjon for ekstern produkttesting



Figur 1: Gassfjæren komprimerer vann som fyller den sorte belgen. Etter som belgen øker i volum presser den agn ut mot det gule sylindriske røret. Røret har små huller som tillater vann å trekke inn når dispenseren setter ut, og som tillater at agn/vann miks med luktstoffer presses ut over tid. Gassfjæren bruker 8 dager på å vandre fra posisjon 1 til posisjon 3.

AGNDISPENSER

Torgeir Bråtane, Inventas

Spørreskjema nr: 01

1 Tror du konseptet er gjennomførbart?

Ja, dette er et konsept som jeg tror vil fungere. Forenklingene som er gjennomført gjennom arbeidet er med på å gjøre dette til et produkt jeg tror er gjennomførbart.

2 Hvilke tekniske utfordringer ser du ved konseptet?

Gassfjær ser jeg på som en stor utfordring. Den langsomme vandringen og sjøvann ser jeg på som tøffe utfordringer for gassfjæren. Jeg har ser også på geometrien og antall hull i lokket som en potensiell utfordring, da vi ikke vet hvor stor utskiftingen av vann vil være. Det er viktig å sette krav til agnet hvor oppmalt det skal være, slik at det verken vil flyte for raskt eller tregt ut.

3 Hvordan kan agndispenseren produseres?

For masseproduksjon av agndispenseren kan sprøyttestøping være et godt alternativ. Sprøyttestøping er gunstig for produksjon av et stort antall komponenter til en rimelig kost.

4 Tror du produktet kan slå an i markedet?

Ja jeg ser for meg at den kan slå an, men jeg tror produktet må spisses mer mot enten å være en agndispenser for å redusere forbruk, eller en automat for å mate krabber over tid.

AGNDISPENSER

Tore Halvorsen, Innomar

Spørreskjema nr: 02

1 Tror du konseptet er gjennomførbart?

Ja dette er gjennomførbart ved ulike virkemåter og fremstillingsmetoder. Du har vist ulike løsningsforslag men det du har kommet frem til ser for meg ut som det som vil kunne fungere best mht kost / nytte og brukervennlig.

2 Hvilke utfordringer ser du ved agndispenseren?

Utfordringer med en agn dispenser vil være holdbarhet i røfft miljø (materiale og kvalitet) pris, den må ned på et nivå som gjør den attraktiv mot dagens løsninger.

3 Ser du noen andre bruksområder for produktet?

Klart, denne løsningen kan brukes til krabbe fiske med store teiner, store torsketeiner, akvakultur, og andre forings situasjoner på land eller i vann hvor man ikke har daglig tilsyn / foring.

4 Har du andre innvendinger, forslag eller tips til prosjektet?

Prosjektet har gode muligheter for kommersialisering og internasjonalisering. Jeg vil gjenta noen hovedpunkter, lav pris, høy kvalitet og store vedlikeholds intervaller. God material kvalitet (plast) til en lav pris. Tilrettelegge for masseproduksjon ved å forenkle alle løsninger.

AGNDISPENSER

Erling Haugan, yrkesfisker

Spørreskjema nr: 03

1 Tror du konseptet er gjennomførbart?

Jeg trur at prosjektet er gjennomførbart, betinget at produktet fungerer 100% sikkert og kan gjenbrukes. I tillegg må det være enkelt i bruk slik at man ikke taper tid i forhold til bruk av ordinært agn.

2 Hvilke utfordringer ser du ved agndispenseren?

Utfordringen vil være å ha en teknisk løsning som fungerer optimalt, og som har en pris som gjør dette overkommelig. Alt innbefattet fisket er generelt sett meget kostbart.

3 Hva skal til for at du vil benytte en agndispenser til i ditt fiske?

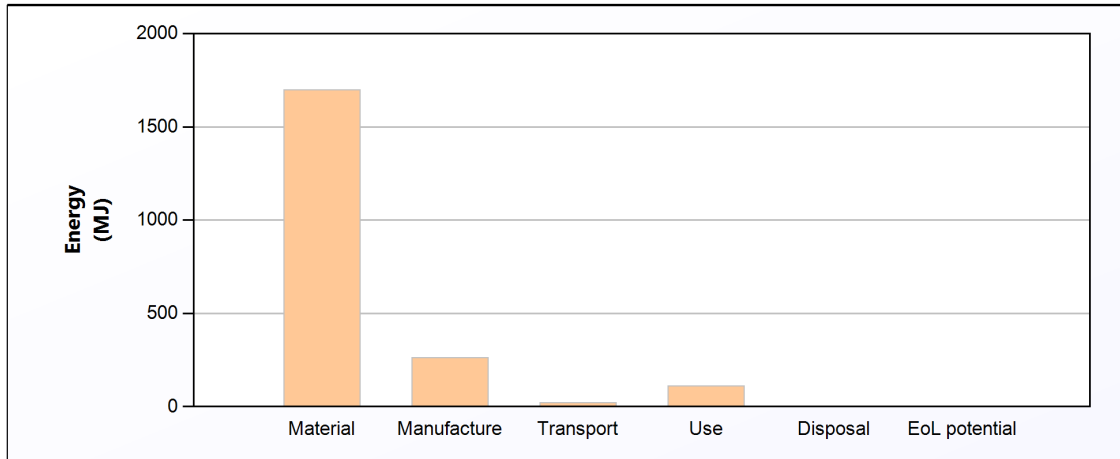
Jeg ser en fordel med en slik løsning at bunndyr ikke spiser opp agn slikt som skjer med ordinært agn. Alt som er enkelt og effektiv vil føre til at jeg og flere til vil vurdere en slik løsning.

4 Har du andre innvendinger eller forslag til prosjektet?

En viktig faktor er at fangst raten må opprettholdes ved bruk av en slik løsning, noe vi har sett kan variere stort ved bruk av forskjellige typer av agn. Enkle løsninger samt en pris som er overkommelig gjør dette attraktivt. Men utfordringen vil være størrelsen på dispenseren samt lettheten ved bruk av produktet. I tillegg vil prisen på lukt attraktant være avgjørende for bruk. For vår del er ett ferskt agn det aller beste, og som fisker vil man velge den rimeligste løsning. En siste kommentar, er at en fordel med løsningen er at den samme dispenseren kan brukes i forskjellig type fiske ved å kun bytte lukt attraktant.

Energy Analysis

[Summary](#)



	Energy (MJ/year)
Equivalent annual environmental burden (averaged over 5 year product life):	420

Detailed breakdown of individual life phases

Material:

[Summary](#)

Component	Material	Recycled content* (%)	Part mass (kg)	Qty.	Total mass (kg)	Energy (MJ)	%
Nylon PA6	PA6 (cast)	Virgin (0%)	12	1	12	1,5e+03	90,3
Neoprene	Polychloroprene (CR, 17-50% carbon black)	Virgin (0%)	1	1	1	1,1e+02	6,5
Bolter, skiver og muttere	Stainless steel, austenitic, AISI 316, annealed	Typical %	1	1	1	54	3,2
Total				3	14	1,7e+03	100

*Typical: Includes 'recycle fraction in current supply'

Manufacture:

[Summary](#)

Component	Process	Amount processed	Energy (MJ)	%
Nylon PA6	Polymer molding	12 kg	2,4e+02	92,7
Neoprene	Polymer molding	1 kg	17	6,4
Bolter, skiver og muttere	Rough rolling	1 kg	2,4	0,9
Total			2,6e+02	100

Vedlegg 8 - Livssykelanalyse for valgte materialer

Transport:

[Summary](#)

Breakdown by transport stage

Stage name	Transport type	Distance (km)	Energy (MJ)	%
Transport	14 tonne truck	1,8e+03	21	100,0
Total		1,8e+03	21	100

Breakdown by components

Component	Mass (kg)	Energy (MJ)	%
Nylon PA6	12	18	85,7
Neoprene	1	1,5	7,1
Bolter, skiver og muttere	1	1,5	7,1
Total	14	21	100

Use:

[Summary](#)

Mobile mode

Fuel and mobility type	Diesel - ocean shipping
Country of use	Norway
Product mass (kg)	14
Distance (km per day)	50
Usage (days per year)	2e+02
Product life (years)	5

Relative contribution of static and mobile modes

Mode	Energy (MJ)	%
Static	0	
Mobile	1,1e+02	100,0
Total	1,1e+02	100

Breakdown of mobile mode by components

Component	Energy (MJ)	%
Nylon PA6	96	85,7
Neoprene	8	7,1
Bolter, skiver og muttere	8	7,1
Total	1,1e+02	100

Vedlegg 8 - Livssykelanalyse for valgte materialer

Disposal:

[Summary](#)

Component	End of life option	Energy (MJ)	%
Nylon PA6	Landfill	2,4	85,7
Neoprene	Landfill	0,2	7,1
Bolter, skiver og muttere	Landfill	0,2	7,1
Total		2,8	100

EoL potential:

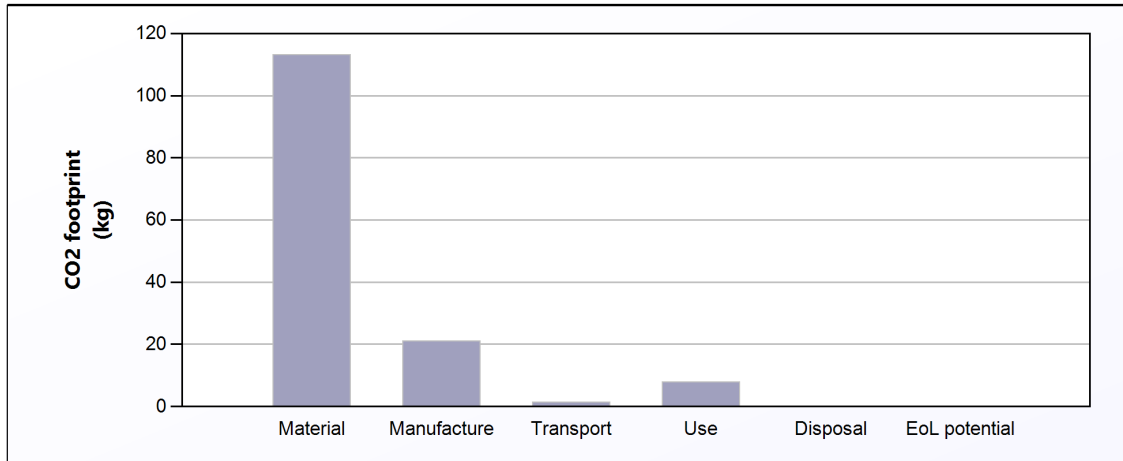
Component	End of life option	Energy (MJ)	%
Nylon PA6	Landfill	0	
Neoprene	Landfill	0	
Bolter, skiver og muttere	Landfill	0	
Total		0	100

Notes:

[Summary](#)

CO2 Footprint Analysis

[Summary](#)



	CO2 (kg/year)
Equivalent annual environmental burden (averaged over 5 year product life):	28,8

Detailed breakdown of individual life phases

Material:

[Summary](#)

Component	Material	Recycled content* (%)	Part mass (kg)	Qty.	Total mass (kg)	CO2 footprint (kg)	%
Nylon PA6	PA6 (cast)	Virgin (0%)	12	1	12	1,1e+02	94,6
Neoprene	Polychloroprene (CR, 17-50% carbon black)	Virgin (0%)	1	1	1	2,2	1,9
Bolter, skiver og muttere	Stainless steel, austenitic, AISI 316, annealed	Typical %	1	1	1	4	3,5
Total				3	14	1,1e+02	100

*Typical: Includes 'recycle fraction in current supply'

Manufacture:

[Summary](#)

Component	Process	Amount processed	CO2 footprint (kg)	%
Nylon PA6	Polymer molding	12 kg	20	92,8
Neoprene	Polymer molding	1 kg	1,3	6,4
Bolter, skiver og muttere	Rough rolling	1 kg	0,18	0,9
Total			21	100

Vedlegg 8 - Livssykelanalyse for valgte materialer

Transport:

[Summary](#)

Breakdown by transport stage

Stage name	Transport type	Distance (km)	CO2 footprint (kg)	%
Transport	14 tonne truck	1,8e+03	1,5	100,0
Total		1,8e+03	1,5	100

Breakdown by components

Component	Mass (kg)	CO2 footprint (kg)	%
Nylon PA6	12	1,3	85,7
Neoprene	1	0,11	7,1
Bolter, skiver og muttere	1	0,11	7,1
Total	14	1,5	100

Use:

[Summary](#)

Mobile mode

Fuel and mobility type	Diesel - ocean shipping
Country of use	Norway
Product mass (kg)	14
Distance (km per day)	50
Usage (days per year)	2e+02
Product life (years)	5

Relative contribution of static and mobile modes

Mode	CO2 footprint (kg)	%
Static	0	
Mobile	8	100,0
Total	8	100

Breakdown of mobile mode by components

Component	CO2 footprint (kg)	%
Nylon PA6	6,8	85,7
Neoprene	0,57	7,1
Bolter, skiver og muttere	0,57	7,1
Total	8	100

Vedlegg 8 - Livssykelanalyse for valgte materialer

Disposal:

[Summary](#)

Component	End of life option	CO2 footprint (kg)	%
Nylon PA6	Landfill	0,17	85,7
Neoprene	Landfill	0,014	7,1
Bolter, skiver og muttere	Landfill	0,014	7,1
Total		0,2	100

EoL potential:

Component	End of life option	CO2 footprint (kg)	%
Nylon PA6	Landfill	0	
Neoprene	Landfill	0	
Bolter, skiver og muttere	Landfill	0	
Total		0	100

Notes:

[Summary](#)

Vedlegg 9 - Plan for utvikling av gassfjær IGS

Industrial Gas Springs Ltd

22 Wates Way, Mitcham, Surrey CR4 4HR

Tel Sales: 020 8646 6595 Tel Admin: 020 8646 6596

Fax: 020 8646 6594 E-Mail: sales@igsLtd.co.uk

Web: www.industrialgassprings.com



Thursday, March 30, 2017

Page 1 of 4

Quote reference SCR

NMBU
Norwegian University of Life Science
Norway

For the attention of Magne Seland,

Please find detailed below a draft design proposal based on our discussions to date.

Gas Spring Design Project Overview for GS 102076

Industrial Gas Springs (IGS) will undertake for “NMBU” a design contract to develop a bespoke, precision gas spring product to function as specified in the “Customer Requirements” section below:

Customer requirements

The application and desired product function:

Underwater marine application to operate on the sea bed allowing the delivery of an unspecified product on a slow release basis over a period of 8 days. (+/- 1 day)

The system will fully stroke and then recompressed and reloaded to repeat the process.

The product; customer’s concept idea

A gas spring product is to provide the required force; the extension of the gas spring is to be controlled by oil damping via the spring rod/piston. The rationale behind the concept is to provide a corrosion resistant damper / gas spring combination that will work at depths on a reliable basis.

Project proposal

IGS propose that this project be divided into 4 stages and that payment will become due prior to the commencement of each stage. This shall be referred to as a milestone payment. NMBU will have the option of terminating this agreement at the end of any of the first 3 stages without any liability for any further payment.

NMBU will provide all necessary design information relating to their product and IGS will grant NMBU the right to pursue an application for a patent in respect of their fully assembled product. IGS will be free to apply any technology derived to other applications, which does not compete directly in the marine market.

Stage A - Concept design

- **Detailed specification:** The required function of the product and the constraints (space, environmental, economic) will be clarified. Further knowledge of the application will be of great help. A NDA can be signed.
- **Feasibility study:** the feasibility of developing a reliable and safe product meeting the requirements and constraints will be studied
- **Concept design:** Concept design(s) shall be conducted in 3 steps:
 - o Modelling of the functional requirements and constraints using the Function Structure method
 - o Brainstorming/ideation
 - o Concept selection based on pre-defined criteria

It is projected that this stage would take 3 weeks within a 4 week period.

Commencement projected from mid April 2017 and completion would then be expected at the end of May 2017

A milestone payment would become due upon receipt of order and will conclude with a written report from IGS detailing the designs investigated and those considered viable for further development.

The sum for this stage would be £xxxx

Stage B - Detailed design

Detailed design shall be conducted in 6 steps:

- o Detailed design (CAD modelling) of (in-house manufactured) product parts
- o Sourcing of bought-in material/parts
- o Detailed design of system assembly / tolerance calculation for the specified pressure range
- o DFMEA (Design Failure Mode and Effects Analysis) of the selected concept using the Functional Analysis Diagram method
- o Development / definition of manufacturing techniques to be used
- o PFMEA (Process Failure Mode and Effects Analysis) of the selected processes using the Functional Analysis Diagram method

It is projected that this stage would take 4 weeks within a 6 week period.

This would commence once the preferred design is agreed by NMBU, estimated June 2017 and completion would be expected end August 2017.

March 30, 2017

A milestone payment would become due upon commencement of this stage and will conclude with the presentation of a written report, CAD models and production drawings from IGS.

The sum for this stage would be £xxxx

Stage C -Prototype development and testing

- **Prototyping:** A small batch of 6 products will be built as specified and agreed with NMBU
- **Prototype testing:**
 - o Develop a test plan to simulate the application
 - o Develop test equipment as specified by the test plan. *Note: the best (and most cost-efficient) equipment to test the product is the actual application.*
 - o Run test

It is projected that this stage could take 12 weeks within a 20 week period.

This would commence once payment had been received from NMBU, but estimated October 2017 and completion should be expected by the end of February 2018.

Once completed, the test plan proposal shall be reviewed by NMBU. The final agreements on the testing procedures and equipment are to be decided at that point.

Some in-house testing would be viable but some real world testing might also be necessary to fully test prototypes.

A cost estimate for this stage would be provided when more details were known. £xxxx

This may require purchase / manufacture of test rig or production tooling.

[Please Note project stage periods could end up being extended due to delivery times of third party items.] IGS will provide of test results and up to 6 pre-production samples, which will be shipped to NMBU.

Stage D – Production setup

This stage involves the following steps:

- Develop CNC programmes
- Development of Standard Operating Procedures for product assembly
- Development of job specific tooling
- Define QC procedures (inspection, force/performance testing)
- Train assembly staff

Unit cost prices will reflect manufacturing method and batch size. A price can be advised once the design has been refined and approved.

The projected cost of this stage can be advised once specification approved.

March 30, 2017

IGS normal terms and Condition shall apply to this stage and all future production orders. IGS would consider producing and supplying units on a call off basis against a firm annualised order projection.

All prices are ex Vat and ex works, where physical product needs to be shipped.

Communication

During Stages A, B & C it shall be expected that an email will be provided on a regular basis by IGS, giving NMBU an update on progress, even if there is little or nothing to report. It shall also be expected that skype meetings, to provide updates and opportunity to discuss design progress, be arranged only as necessary on a monthly basis.

There has been no allowance for any international travel on behalf of IGS, but NMBU would be welcome to IGS UK by appointment at any time during the project.

Commercial consideration

IGS is fully committed to this design and development project but does reserve the right to withdraw from this agreement at the end of any stage or if for commercial reasons the viability of the project is not considered to add value to the business.

The above costs and time frames should be viewed as indicative and although IGS will endeavor to reduce these where possible, it may be that they need to be extended. In such an event IGS would enter in to discussions with NMBU to seek their agreement and approval before such an event occurred.

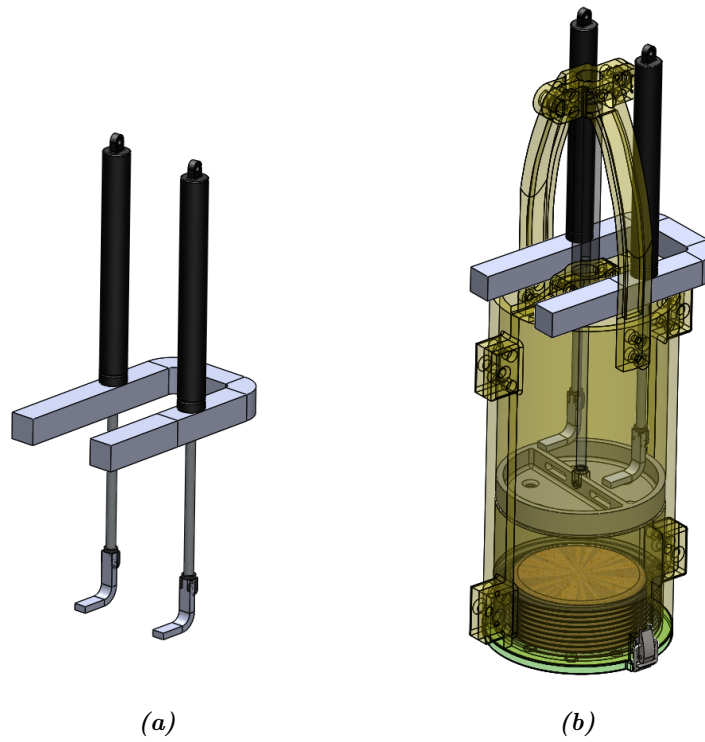
Should you require any further information please do not hesitate to contact myself on 07768-490106.

Yours sincerely,

James Godbold
Technical Sales Manager
Industrial Gas Springs Limited.

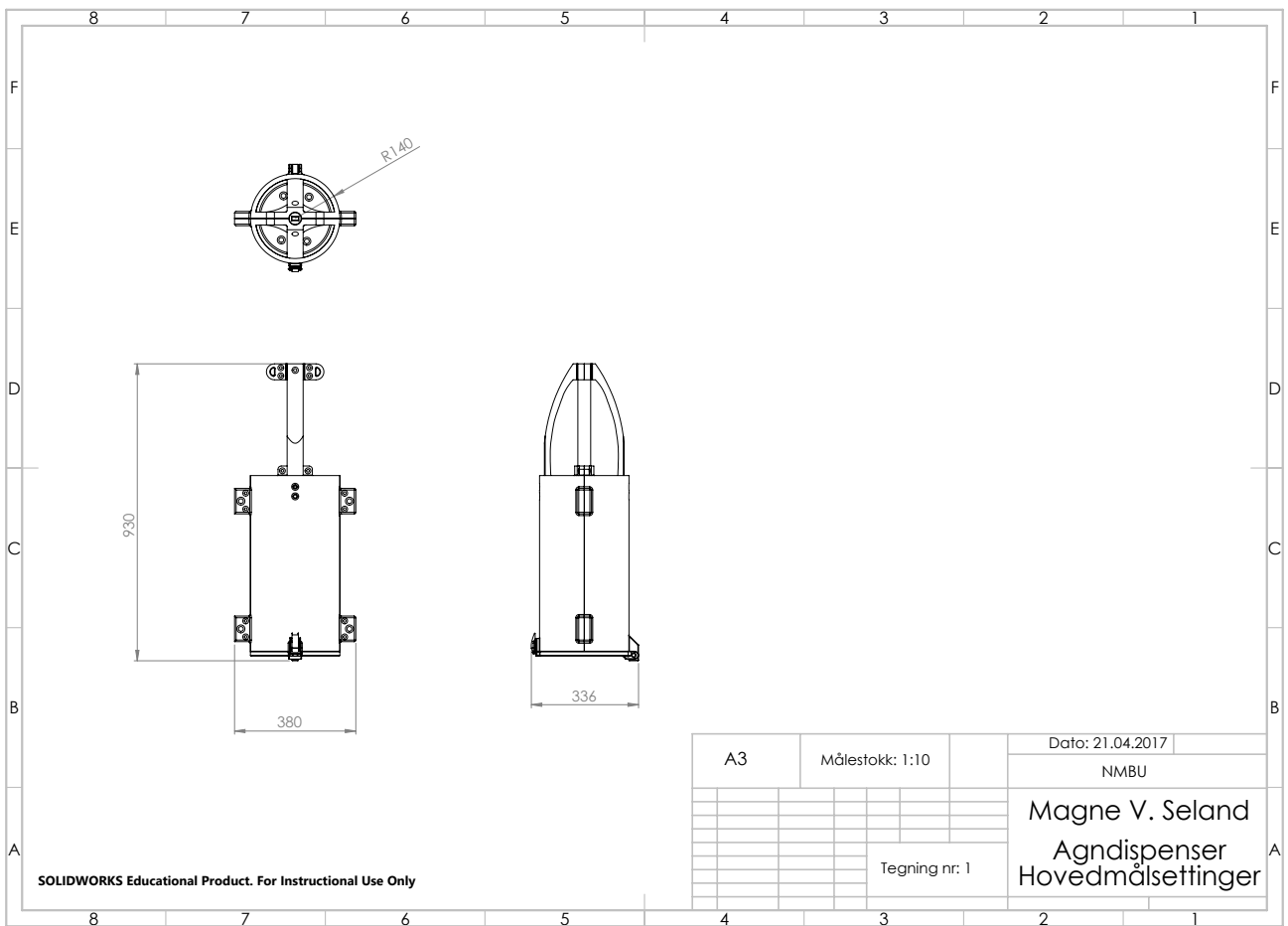


Rigg til å komprimere gassfjær



Figur 1: Viser en skisse på hvordan en rigg til å spenne opp gassfjæren eksempelvis kan se ut. (a) viser riggen selvstendig, og (b) viser riggen plassert slik at den kan spenne opp gassfjæren i agndispenseren.

Vedlegg 11 - Hovedmålsettinger



Vedlegg 12 - Eksplosjonstegning

Beskrivelse	Materiale	Antall	Part nr:	Vekt:
1	Sylinder, A	1	01	4,3 kg
2	Sylinder, B	1	02	4,3 kg
3	Bøyle	2	11	0,5 kg
4	Stempel	1	21	0,9 kg
5	Lokk	1	31	1,0 kg
6	Belg	1	41	1,0 kg
7	Gassfjær	1	-	1,5 kg
8	Kasselås	1	-	0,2 kg

A3	Målestokk: 1:10	Dato: 21.04.2017
NMBU		
Magne V. Seland		
Agndispenser		
Eksplosjonstegning		
Bolter, skiver og muttere er utelatt		Tegning nr: 2

SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only



Norges miljø- og biovitenskapelig universitet
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway