

MASTEROPPGAVE VÅR 2014
FOR
STUD.TECHN. KASPER EMIL S ELLEFSEN

**PRINSIPPER FOR OVERFØRING AV FISK MELLOM BRØNNBÅT OG
OPPDRETTSMERDER**

Principal methods of transferring fish between cages and wellboats

Norske fiskeoppdrettere uttrykker ønske og ambisjoner om å ta i bruk lokaliteter som er mer eksponerte for høye bølger og stor strømstyrke enn det som er vanlig i dag. Utnyttelse av slike lokaliteter antas å ha mange fordeler for blant annet miljømessig bærekraft, arealbruk og verdiskapning i havbruksnæringen, men det er også flere utfordringer som må løses før dette er mulig.

Blant annet gjelder dette overføring av fisk mellom merd og brønnbåt, som begge er flytende plattformer som i stor grad påvirkes av miljøforholdene. I forskningsprosjektet SustainFarmEx (NFR #210794), som ledes av SINTEF Fiskeri og havbruk, samarbeider flere forskningsinstitutt med industrien om å finne løsninger på disse utfordringene.

Denne masteroppgaven vil ta utgangspunkt i problemstillinger fra SustainFarmEx, og omfatte en studie av etablerte og alternative metoder for overføring av fisk mellom merd og brønnbåt. Metodene vil bli evaluert med hensyn til skånsomhet mot fisken, sikkerhet og effektivitet for bruker, og robusthet i forhold til miljø. I tillegg til tradisjonelle overføringsprinsipper, vil det også bli sett på hvordan ulike merdtyper kan åpne for bruk av nye prinsipper.

Studiet vil til slutt evaluere både resultatene og metodikken bak, for å muliggjøre eventuelt videre arbeid med problemstillingen.

Oppgaven omfatter følgende punkter:

1. Analyse og beskrivelse av produkt, teknologi og marked
2. Gjennomføring av en behovsanalyse
3. Utarbeide en overordnet spesifikasjon for systemet som grunnlag for arbeidet
4. Utvikling, presentasjon og evaluering av et mangfold av prinsippstrukturer
5. Valg av noen lovende prinsipper og videre detaljering av disse
6. Evaluering og presentasjon av valgt metodikk og resultatene, spesielt med hensyn til en eventuell videreføring av prosjektet

Oppgaven skal aktiv ta i bruk PU - journal.

Senest 3 uker etter oppgavestart skal et A3 ark som illustrerer arbeidet leveres inn. En mal for dette arket finnes på instituttets hjemmeside under menyen masteroppgave (<http://www.ntnu.no/ipm/masteroppgave>). Arket skal også oppdateres en uke før innlevering av masteroppgaven.

Arbeidet i masteroppgaven skal risikovurderes. Hovedaktiviteter som er kjent/planlagt skal risikovurderes ved oppstart og skjema skal leveres innen 3 uker etter utlevering av oppgavetekst. Alle prosjekt skal vurderes, også de som kun er teoretiske og virtuelle. Risikovurdering er en løpende dokumentasjon og skal gjøres før oppstart av enhver aktivitet som KAN være forbundet med risiko. Kopi av signert risikovurdering skal være inkludert i vedlegg ved levering av rapport

Besvarelsen skal ha med signert oppgavetekst, og redigeres mest mulig som en forskningsrapport med et sammendrag på norsk og engelsk, konklusjon, litteraturliste, innholdsfortegnelse, etc. Ved utarbeidelse av teksten skal kandidaten legge vekt på å gjøre teksten oversiktlig og velskrevet. Med henblikk på lesning av besvarelsen er det viktig at de nødvendige henvisninger for korresponderende steder i tekst, tabeller og figurer anføres på begge steder. Ved bedømmelse legges det stor vekt på at resultater er grundig bearbeidet, at de oppstilles tabellarisk og/eller grafisk på en oversiktlig måte og diskuteres utførlig.

Besvarelsen skal leveres i elektronisk format via DAIM, NTNUs system for Digital arkivering og innlevering av masteroppgaver.

Kontaktpersoner:
Fra industrien:

Andreas Myskja Lien, SINTEF Fiskeri og havbruk


Torgeir Welo
Instituttleder


Detlef Blankenburg
Faglærer



NTNU
Norges teknisk-
naturvitenskapelige universitet
Institutt for produktutvikling
og materialer

Sammendrag

Oppdrettsnæringen i Norge har i de senere årene søkt å flytte oppdrettsanleggene lenger ut på eksponerte havområder. Disse områdene er fordelaktige på flere måter. Blant fordelene er bedre vekstforhold for fisken, mindre press på området fra andre interessenter og mulighet for å drive oppdrett i større skala enn dagens anlegg tillater. Et samarbeidsprosjekt mellom SINTEF Fiskeri og havbruk og en gruppe aktører i næringen, under navnet SustainFarmEx, søker å gjøre vurderinger av hvilken retning næringen bør gå for å kunne drive bærekraftig oppdrett på disse områdene.

Eksponert oppdrett har mange utfordringer, og hvilken teknologi som anvendes må tilpasses den enkelte problemstillingen. Oppgaven deler problemstillingen opp i tre hovedområder for eksponering. Dette er bølgeeksponerte, strømmingseksponerte og offshore/dype havområder. Hvert område har sin egen unike problemstilling som må tas hensyn til.

Målet med oppgaven har vært å vurdere hvilke løsninger rettet mot overføringsoperasjoner mellom anlegg og brønnbåt som eksisterer. Dette involverte en analyse av dagens problemstillinger og hvilke behov de involverte parter har. Det som har blitt observert er en betydelig nedprioritering av overføringsprosessen fra merd til brønnbåt, når oppdrettsanlegg konstrueres.

Gjennom studiet, har det blitt mer og mer tydelig at problemet med overføring av fisk mellom merd og brønnbåt, ikke ligger i overføringen i seg selv. Bruken av en pumpe for å få fisken ut av merden, er både en pålitelig og effektiv metode sammenliknet med de andre aspektene i overføringsprosessen. Hovedproblemet i overføringen har vist seg å være trengingen av fisk, samt den fysiske interaksjonen mellom anlegg og brønnbåt. Faktumet at det er dette som er de største problemene, forteller oss at det hovedsakelig kommer av forskjellen i miljøet på eksponerte områder. Med andre ord er det ikke overføringen i seg selv som er et problem, men omgivelsene.

Basert på denne forutsetningen har oppgaven hatt fokus på utviklingen av konsepter som håndterer omgivelsene rundt selve pumpeprosessen. Dette involverer en endring i hvordan man konstruerer både merd og oppdrettsanlegg. Disse konseptene er kun de mest lovende av flere mulige løsninger vurdert, og representerer meget forskjellige måter å håndtere problematikken tilknyttet de forskjellige eksponeringsformene. Konseptene ble fremstilt til styringsgruppen i SustainFarmEx, og har som mål å kunne fungere som grunnlag for utviklingen av en ny løsning på overføringsoperasjoner ved eksponerte anlegg.

Abstract

The fish farming industry in Norway has in recent years expressed their ambitions of moving their farms out to more exposed waters. These areas are advantageous in many ways. Amongst the benefits are better growth conditions for the fish, less conflict of interest with regards to the water area, and lastly the ability to increase the production volume at each facility. A collaborative project between SINTEF Fisheries and aquaculture, and a group of commercial actors within the industry, named SustainFarmEx, seeks to evaluate how the industry should proceed to run sustainable fish farming at these sites.

Fish farming at exposed sites also has a lot of challenges, and the technology used needs to accommodate the specific problem. To achieve this, the thesis divides the problem into three main categories of different kinds of exposed areas. These are wave exposed, flow exposed and deep/offshore areas. Each area has its own set of problems that needs to be addressed.

The goal of this thesis has been to evaluate what solutions exist for the process of fish transfer between the fish farm and the well boats. This involved a review of issues with how the transfer operation is done today, as well as what needs each actor involved in the process might have. What has been observed is a severe lack of focus on how the fish farms are constructed in terms of ease of transfer in between farm and well-boat.

Throughout the study, it has become more and more evident that the problem with the fish transfer is not in the transfer itself. Using a pump to get the fish out of their cage is both a reliable and effective method, when compared to the other aspects of the transfer. The main problem with the transfer has turned out to predominantly be the handling of the fish, and the physical interaction in between the fish pen and the well boat. The fact that this is a problem, has mainly to do with the difference in the environment at exposed sites. In other words, it is not the transfer itself that is the problem, but the surroundings.

Based on such a premises, the thesis has focused on developing concepts that handle the surrounding of which the well boat pumps. This involves altering how the fish pens and farms are built. These concepts are only a few of the many concepts evaluated, and represent very different approaches to the issues associated with the different kinds of environmental exposure. The concepts were presented for the project management group, and have as a goal to be used for development of a future method for fish transfer at exposed marine sites.

Forord

Denne rapporten med tilhørende vedlegg utgjør til sammen rapporten levert i forbindelse med fullføring av masteravhandling ved Institutt for Produktutvikling og Mater(IPM) ved NTNU. Rapporten reflekterer resultatet av studiet og konseptutviklingsarbeidet som har blitt gjort.

Rapporten er skrevet som del av prosjektet SustainFarmEx ledet av SINTEF Fiskeri og havbruk. SustainFarmEx er et prosjekt sponset av flere parter i industrien, hvor målet er å kartlegge mulighetene for å drive bærekraftig oppdrett på høyt eksponerte havområder. Dette er et behov blant oppdrettere og representerer en visjon for hvordan fremtidig oppdrett ønskes å bli gjort. Rapporten er ingen direkte leveranse på vegne av SINTEF under prosjektet, men fungerer som et innspill i det helhetlige arbeidet som blir gjort.

Jeg vil rette en stor takk til min veileder under oppgaven, førsteamanuensis Detlef Blankenburg, som har stått med dørene åpne under prosjektet. Her har jeg fått klare og ærlige tilbakemeldinger, samt god rettleiding i forhold til hvordan jeg bør ta oppgaven videre. Dette har vært til stor nytte.

Jeg vil også rette en stor takk Andreas Myskja Lien og SINTEF Fiskeri og havbruk, for en spennende oppgave og god informasjon under arbeidet. Jeg vil også rette en takk til andre ansatte i SINTEF, som har hjulpet med større og mindre spørsmål under arbeidet.

Til slutt vil jeg takke de aktører i industrien som har gitt gode tilbakemeldinger i forhold til arbeidet med problemstillingen. Uten denne innsikten i omfanget og kilden til problemer, kunne dette arbeidet ikke blitt gjennomført.

I tillegg til en dypere forståelse for den spesifikke problemstillingen i oppgaven, har arbeidet gitt en økt forståelse innenfor essensielle konsepter i produktutvikling, produktdesign og arbeidsmetoder brukt i prosjektarbeid. Supplementet lesestoff innenfor fagfeltene, har vært gode inspirasjonskilder og rettleidere i forhold til valgene som har blitt gjort igjennom prosessen.

Kasper Ellefsen, Trondheim 31. Mai 2014

Kasper Ellefsen

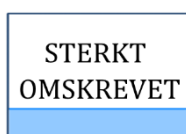
Innholdsfortegnelse

1	Introduksjon	1
2	Arbeidsmetode.....	3
3	Hvordan drives dagens oppdrett.....	5
3.1	Verdikjeden i oppdrett.....	5
3.2	Hvordan overføres fisken i dag	6
3.3	Tidsbruk under en luseoperasjon.....	11
4	Fastsetting av rammebetingelser for oppgaven.....	12
5	Lokalitetene	14
5.1	Strømningsutsatt lokalitet – Rataren, Frøya	14
5.2	Bølgeutsatt lokalitet – Tristeinen, Bjugn	16
5.3	Dype avsides lokaliteter og offshore – Frohavet.....	18
5.4	Ekstremverdier.....	20
6	Marked og etterspørsel.....	22
7	Eksisterende løsninger.....	24
8	Problemanalyse	26
8.1	Tidligere arbeider, SECURE og ERFA.....	26
8.2	Problemstillinger	27
8.3	Vurdering av problemstilling, aktører og endringsmuligheter	40
9	Behovsanalyse	42
9.1	Aktørenes overfladiske behov.....	42
9.2	Oppdretteres behov.....	45
10	Kravspesifikasjon	48
10.1	Brukerkravspesifikasjon brønnbåt	50
10.2	Brukerkravspesifikasjon røkter	51
10.3	Produktdesignspesifikasjon.....	53
10.4	Produktkravspesifikasjon	56
10.5	Tanker vedrørende brukerkravspesifikasjon.....	57
11	Anvendbare prinsipper.....	58
11.1	Åpen eller lukket merd?.....	58
11.2	Fleksibel eller rigid konstruksjon?	62
11.3	Dykkerklokke	63
11.4	Undervannsmerder, heving og senking	65
11.5	Lokal overføring	66
11.6	Geometrisk utforming.....	67
11.7	Pumpeposisjonering og trengeretning.....	72
11.8	Offshore stabilitet og posisjonering(21)	77
12	Helhetlige konsepter	87
12.1	Konsept1: Rotasjonstrenging med halvkuleformet merd	89
12.2	Konsept 2: Strømningsstyrt kjeglemerd.....	93
12.3	Konsept 3: Grunnstøpt plattform.....	99
12.4	Konsept 4: Kubisk heve- og senkemerd med pumpepunkt under vann	103
12.5	Konsept 5: Uavhengige merder med flerfunksjonsbøye.....	109
12.6	Konsept 6: Offshoremerd med fastfortøyd sokkel.....	115
13	Konklusjon	120
14	Refleksjon og videre arbeid	122
	Ordforklaring.....	A
	Komplett innholdsfortegnelse	B
	Figurliste	E
	Tabell-liste.....	G
	Referanser.....	H
	Vedlegg	I

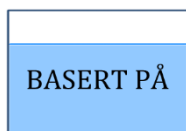
Om oppgaven

Oppgaven er skrevet som en oppfølger til en prosjektoppgave skrevet under samme navn. Av denne grunn vil det finnes mange likhetstrekk mellom oppgavene, både i form av struktur og i form av innhold. Flere formuleringer i denne oppgaven, hovedsakelig de som omhandler relevant bakgrunnsinformasjon, vil av den grunn stamme fra dette forarbeidet. Alle tekster er gjennomgått på nytt for deres relevans og for kvalitetssikring, og ingen kapitler er dermed helt identiske med prosjektoppgaven. Store strukturelle endringer er også gjort i forhold til hvordan mye av det eldre innholdet er presentert, noe som gjør at det ikke nødvendigvis eksisterer en direkte parallell til forrige oppgave, tross mye lik tematikk.

For å holde styr på denne endringen er det blitt innført to symboler.



- Segmenter som er sterkt omskrevet kan ha innhold fra prosjektoppgaven eller lik tematikk. Dette er kapitler som enten er sterkt omskrevet, lagt til en signifikant mengde ekstra informasjon eller har gjennomgått omfattende strukturell endringer.



- Kapitler som er basert på vil inneholde større mengder likheter enn de sterkt omskrevne kapitlene. Kapitler som utgjør denne gruppen, vil primært være bakgrunnsinformasjon, hvor det har blitt vurdert uviktig å dedikere ressurser til omskriving av teksten.

Symbolene blir å finne ved overskriftene til kapitlene i oppgaven. Symbolet vil gjelde for gjeldende kapittel, og underkapittel. Det gjelder dog ikke for kapitler av lik dybde. Eksemplifisert vil dette si at om symbolet blir å finne på kapittel 3.5, vil dette ikke gjelde for kapittel 3.6, men derimot vil det gjelde for underkapittel 3.5.1.

Ved enden av et kapittel kan en boks av typen vist under dukke opp.



Eksempel på layout til boks

Denne boksen oppsummerer hvilke aspekter drøftet i kapittelet som er relevant for oppgavens problemstilling, samt på hvilken måte de er relevante og hvilke implikasjoner de måtte ha.

Som vedlegg til oppgaven blir det bli lagt ved følgende dokumenter:

- Nødvendig bakgrunnsinformasjon for å oppdatere leseren på statusen i dagens oppdrett. Blir referert til i hovedoppgaven, og er å finne bakerst i appendixet/vedlegg. Denne oppdelingen ble gjort for i større grad å opprettholde en rød tråd igjennom hovedoppgaven, samt for å gjøre den mer praktisk lesbar for prosjektet hvor kunnskapen om dagens oppdrett ikke trengs å bli gjentatt.
 - A. Dagens oppdrett
 - B. Marked
 - C. Eksisterende løsninger
- Signert risikovurdering (HMS). Levert i ZIP fil og bakerst i appendix/vedlegg.
- Noen skisser generert under arbeidet. Levert i PU journal.
- Kategorisert litteraturliste over bakgrunslitteratur, hovedsakelig nettsider, gjennomgått i startfasene av prosjektet. Levert som HTML fil, og åpnes automatisk i en standard nettleser. Gjort på denne måten for å gjøre det enkelt tilgjengelig for andre som eventuelt skulle følge opp arbeidet, og ønsker å lese seg opp på hva som eksisterer av løsninger mm. Levert i ZIP fil.
- 3D modell brukt i oppgave. Levert i ZIP fil.
- Excel regneark brukt i oppgaven. Levert i ZIP fil.
- Referanser i form av et end note library. Levert i ZIP fil.

1 INTRODUKSJON

Oppdrettsnæringen er i ferd med å gjennomgå store endringer og har i denne sammenhengen et behov for innovative metoder for å håndtere eksisterende og nye problemstillinger. Oppdrett har historisk sett i Norge foregått i fjordene, noe som takket være norsk geografi, har vært med på å plassere Norge blant de fremste i verden på oppdrett. Denne trenden er nå på vei tilbake. Andre land tar innpå Norge i produksjon av laks, og måten oppdrett foregår på i Norge er under endring.

Områder utenfor de beskyttede fjordene, referert til som eksponerte områder grunnet sin høyere miljøpåkjenning, har mange store fordeler i forhold til de mer beskyttede områdene. Mindre etterspørsel i forhold til havområdene nær land gjør det lettere å etablere seg, noe som gjør områdene bedre både i forhold til logistikken under etablering/markedsutvidelse, samt i forhold til det økonomiske aspektet. Bedre gjennomstrømning vil også gi fisken bedre forhold. Med dette menes økt havgjennomstrømning i merden, noe som medfører mer tilgjengelig oksygen for fisken, samt bedre spredning av fiskeavfall fra oppdrettsanlegget. Spredning av avfallet har en særdeles god effekt med hensyn til miljøpåvirkning. Økt oksygen muliggjør oppdrett i langt større merder, med langt flere fisk enn hva som er mulig i mer rolig farvann. Spredningen av sykdom mellom anleggene blir også redusert grunnet denne sirkulasjonen. En rapport nylig gitt ut av Nofima(1) på vegne av Fiskeri- og kystdepartementet, viser hvordan merder i offshore lokasjoner gir den klart laveste produksjonskostnaden, med relativt smal sannsynlighetsfordeling.

Nevnte fordeler er noen av de viktigste som grunngir fiskeoppdretteres ønske og ambisjon om å anvende områder mer eksponert for bølger og gjennomstrømning. Disse områdene byr dog også på en del nye utfordringer. Høyere bølger, mer vind og sterkere havstrømninger setter utstyret som anvendes på prøve. Dette er noe man må ta hensyn til når man dimensjonerer anlegg for en gitt lokasjon. Større strømninger krever strengere krav til styrke og utmatting, og større anlegg krever høyere sikkerhetsfaktor. Til tross for utfordringene kan det argumenteres for at prøvelsene utstyret blir utsatt for, er det minste problemet ved oppdrett på eksponerte områder.

Denne noe dristige påstanden kommer basert på det faktum at å dimensjonere i forhold til gitte krav, er noe norske ingeniører er gode til. Dette har vist seg i flere sammenhenger og i flere næringer. Leverandøren Aqualine som leverer og installerer merder, bruker eksempelvis egen programvare som simulerer påkjenningene merden opplever av omgivelsene, og kan med grunnlag i dette gjøre anleggene mer enn sikre nok.

Det man ikke kan dimensjonere for er hvordan det er for arbeidere å drifte samt anvende slike anlegg. Selv om merden er konstruert for å tåle sterke påvirkninger, betyr ikke det at det gjør arbeidsvilkårene på merden gode under dårlig vær. Dagens drift er tilrettelagt for oppdrett på skjermede områder. Dette fører til mange feil når omgivelsene endres og anvendt metode ikke tilpasses. Dette utgjør en

fare for sikkerheten til mennesket og øker sannsynligheten for feil. Feil kan igjen føre til skade på utstyr og i verste fall rømming av fisk. Dette er definert som et lovbrudd. Konsekvensene er negative både økonomisk og miljømessig. Dette er noe som på ingen måte må inntreffe.

Basert på dette skal det gjennomføres en analyse av problemstillingen hvor målet blir å komme et steg nærmere kjernen i problemstillingen som oppstår når man skal operere på anlegg i eksponerte havområder. Følgende avhandling vil være et kombinert studie i eksisterende utfordringer samt muligheter rettet mot å utbedre denne problematikken. Hovedfokuset vil sentrere seg rundt overføringsoperasjoner, men andre viktige elementer vil også bli tatt med i vurderingen, da dette er viktig for løsningsprinsippets generelle anvendbarhet. Mot slutten av oppgaven vil relevante prinsipper som kan anvendes i utvikling av løsninger for oppdrett, bli presentert. Oppgaven avsluttes med en gruppe konsepter som anvender disse prinsippene til en helhetlig løsning.

Dette er en oppgave skrevet med tilknytning til avsluttende masterstudie ved Institutt for Produktutvikling og Materialer ved Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet (NTNU). Problemstillingen er et ledd i et større prosjekt sponset av flere aktører innen næringen ved navnet SustainFarmEx. Dette prosjektet er ledet av SINTEF Fiskeri og havbruk, som også har medvirket til innholdet og retningslinjene for problemstillingen. Dermed er oppgaven av akademisk karakter, men med et ønske om å bringe verdi inn i arbeidet SINTEF gjør i forhold til problemstillingen. Oppgaven er en konseptutviklingsoppgave, som involverer de første fasene av produktutviklingen, før man peiler seg inn mot en løsning. Problemstillingen retter vel så mye fokus på tjenesteutvikling i form av endring av metoder for overføringsoperasjoner, så vel som fokus på utviklingen av et produkt i seg selv, noe oppgaven vil reflektere.

2 ARBEIDSMETODE

Som arbeidsmetode har prosjektet blitt styrt av en løst implementert SCRUM modell(2), tilpasset for bruk under et prosjekt med kun én person. Bakgrunnen for valget er at SCRUM som utviklingsmodell er særdeles enkel å gjennomføre i praksis, samt støtter opp om hvordan produktutvikling utføres; nemlig inkrementelt. Ved anvendelse av Post-it lapper og en oppdelt vegg, ble oppgaver delt i utførte oppgaver, pågående oppgaver og oppgaver som må gjennomføres (backlogg). Dette fungerte som den daglige SCRUM'en, og grunnet sin simplistiske natur tok det minimal tid av prosjektet å gjennomføre en daglig evaluering av hva som var blitt gjort, hvilke nye oppgaver som burde legges til i backloggen og hvilke oppgaver som kunne forkastes. Da en oppgave var ferdig ble den flyttet over til ferdig utfylte oppgaver. Denne arbeidsformen ble brukt for å evaluere de daglige og ukentlige oppgavene, og prosjektet ble igjen delt i større delmål. Dette var delmål i størrelsesorden 1-2 måneders arbeid. Innen en spesifikk dato skulle et segment av prosjektet være ferdig. Så fort en av disse makrosyklene var over, ble SCRUM'en tømt og fylt opp med nye oppgaver for den neste makrosykelen.

Disse makrosyklene beskrevet over, har grunnlag fra IPM modellens(3) faser i produktutvikling. Tross at IPM modellen bygger på en fasemodell for produktutvikling, støtter den en inkrementell utviklingsform. Som konsekvens av dette, ble innhold i eldre makrosykler endret, om dette ble vurdert riktig senere i utviklingen. Ny opparbeidet kunnskap, gjorde vurderingsgrunnlaget bedre, og tidligere slutninger måtte av den grunn revurderes. Bakgrunnen for makrosyklene var hovedsakelig for å avgrense mengden informasjon som ble innhentet, og for å styre forholdet mellom åpning/lukking av løsningsrommet. Dette blir også beskrevet som forholdet mellom divergens og konvergens av løsningsrommet. Man trenger nok divergens for å vurdere nok alternative muligheter, men på et tidspunkt må man slutte å vurdere alternativer og starte å eliminere de dårligste av dem.

I forhold til den divergerende delen av oppgaven, ble mye inspirasjon hentet fra metodikk innen produktdesign. Dette er blant annet vist i Designspesifikasjonen anvendt i kap. 10. Denne er ikke standard å anvende blant designingeniører, men viste seg å være et praktisk verktøy. Denne måten å jobbe på var effektiv for å generere en større mengde konsepter til vurdering. For å fange opp idéer mens arbeidet pågikk, ble det anvendt en idébank sterkt tilknyttet SCRUM konseptet anvendt. Ideer som virket interessante å vurdere nærmere ble skrevet ned på en Post-it, og havnet i idépoolet som det ble døpt. Idépoolet ble brukt for å være lett tilgjengelig, og et eksempel på hvordan det så ut midt under prosessen kan sees i bildet under. Jevnlige gjennomgang av dette ble gjort for å få inspirasjon til hvor fokuset i oppgaven skulle settes. Ideer ble om til arbeidsoppgaver i SCRUM'en, og ble så enten styrket eller forkastet alt ettersom undersøkelsene gav av resultat. De beste ideene ble tatt med videre og raffinert til konsepter. Etter hvert som mer og mer arbeid ble puttet inn i konseptene forsvant også flere og flere av dem ut ettersom nye vurderingskriterier gjorde dem uegnet for problemstillingen. De

første konseptene startet som noen lite detaljerte modeller, primært egnet for å støtte den kreative prosessen. Ettersom arbeidet gikk over i de divergerende fasene ble modellene mer detaljerte og skissene deretter. De siste skissene ble gjort på datamaskin med tegnebrett, da dette formatet støtter langt flere tilpasninger ettersom konseptene oppdateres med ny informasjon.

Da oppgaven omhandler utvikling av konsepter for ny teknologi i et nytt området, vil det på mange måter være relevant med prinsippene bak New Product Development og Fuzzy Front End problematikk. Det er ikke snakk om å forbedre allerede eksisterende anlegg, men heller tenke fremtidsrettet i forhold til hvordan utviklingen kan/bør foregå. Som grunnlag for denne måten å se på problemstillingen, ble arbeidsprosessen influert av artikler og bøker av Dr. Peter A. Koen(4-7), som har skrevet mye om problemstillingen.



Figur 1 Idépool slik brukt under arbeidet med oppgaven. Hver lapp representerer her idéer hvor mulighetene skal bli videre undersøkt. Montert på veggen ved arbeidsplassen for enkel tilgang.

3 HVORDAN DRIVES DAGENS OPPDRETT

For å kunne forstå problemstillingen tilknyttet overføringsoperasjoner i eksponerte områder, må man først ha en oversikt over hvordan oppdrett foregår generelt.

Nødvendig bakgrunnsinformasjon om teknologi og aktører som er delaktige i prosessen, er å finne i Vedlegg A. Vedlegget gir en mer grunnleggende innføring i hvilket utstyr som anvendes i oppdretten, samt hvilke stillingsbetegnelser som benyttes.

I første omgang vil følgende underkapittel gi en grov oversikt over verdikjeden i oppdrettsnæringen. Resten av kapitlet går mer spesifikt inn på overføringsprosessen som denne oppgaven fokuserer på.

BASERT PÅ

3.1 Verdikjeden i oppdrett

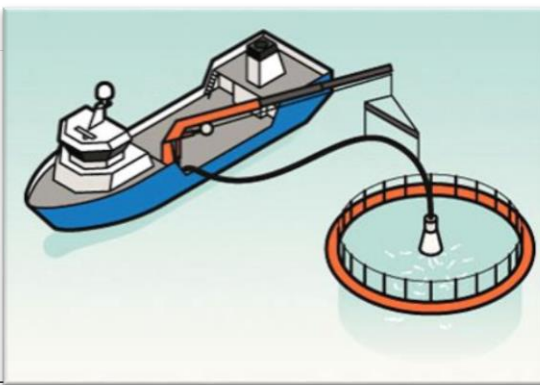
Produksjon av smolt

Livssyklusen til oppdrettsfisk starter på land. Befruktet rogn klekkes, og ynglet blir tatt vare på i ferskvannstanker på land. Her blir de værende til de når ca 60-100g. Etter denne milepælen tilpasses ynglet gradvis liv i saltvann. Dette kalles smoltifisering. Denne prosessen tar vanligvis rundt 2 måneder.



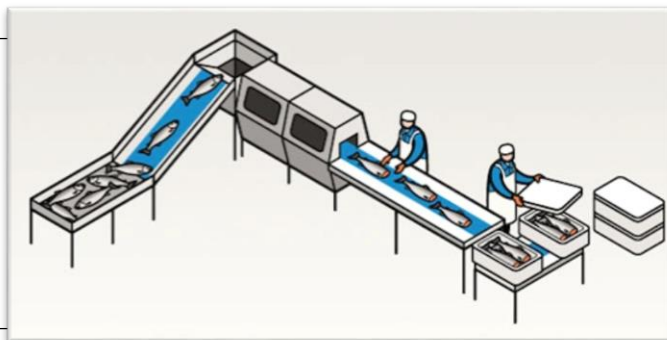
Opphold i merd

Smolten fraktes med brønnbåt ut til oppdrettsanleggene hvor fisken vokser. Fisken blir ofte flyttet i løpet av vekstperioden, noe som skjer i sammenheng med avlusning eller sykdomsbehandling. Det er slike operasjoner som er av største relevans for oppgaven. Neste kapittel (3.2) går i dypere detalj på hvordan dette gjøres.



Slakt av matfisk

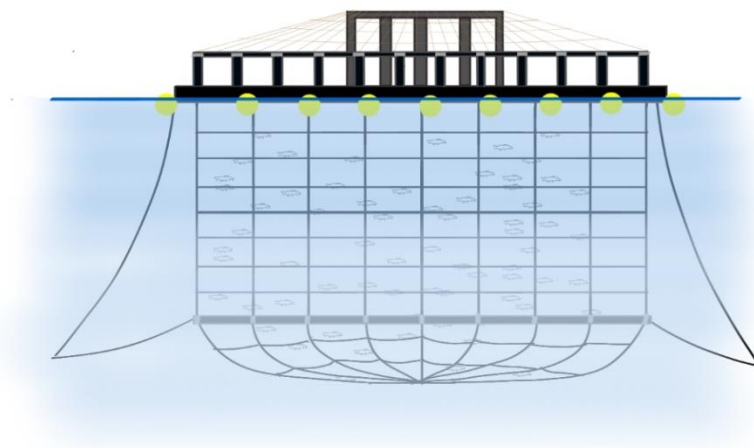
Fisken oppholder seg i oppdrettsanleggene til de har nådd en vekt på 4.5-5.5kg, og er da klare for å sendes til slakteri. En brønnbåt kommer og frakter fisken fra merden i anlegget, til en ventemerd utenfor slakteriet. Her oppholder den seg inntil den er klar for prosessering til salgbar vare.



Figur 2 Illustrasjoner gjengitt med tillatelse fra Marine Harvest (<http://www.marineharvest.com/en/Seafood-Value-Chain1/Harvesting/>)

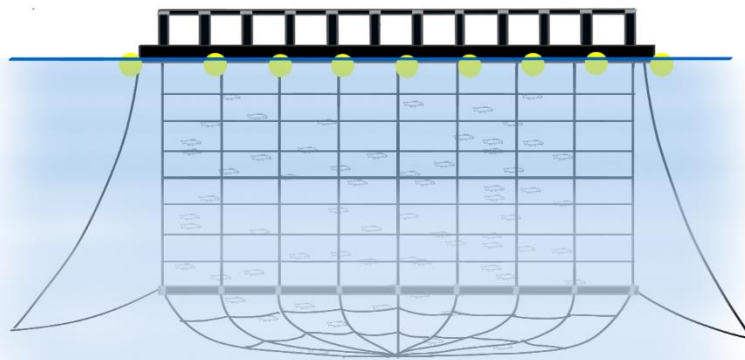
3.2 Hvordan overføres fisken i dag

Dagens overføring av fisk mellom merder og brønnbåter, går under kallenavnet en brønnbåtoperasjon. En klassisk brønnbåtoperasjon foregår som en stegvis prosess. Informasjonen om prosessen er i denne oppgaven hovedsakelig bygd på observasjon og spørsmål rettet mot oppdrettere samt andre som jobber tilknyttet problematikken.



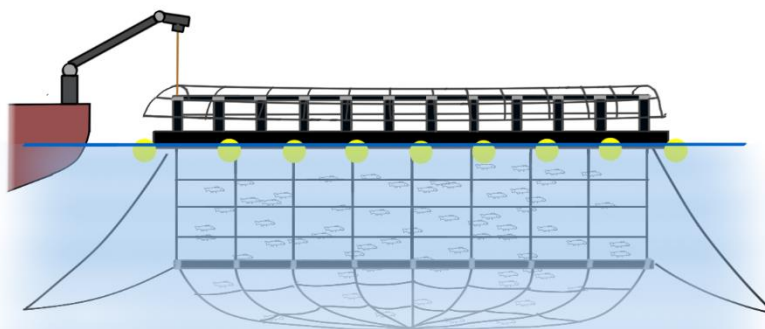
Figur 3 Gravitasjonsmerd med fuglenetting. Av: Kasper Ellefsen

- 1) Merden må forberedes i forkant for at operasjonen skal gå så effektivt som mulig. Skal fisken hentes for slaktning, stoppes fôring i god tid. Dette gjøres for å unngå at fisken har mat i fordøyelsessystemet, samt fordi det gjør fisken roligere.



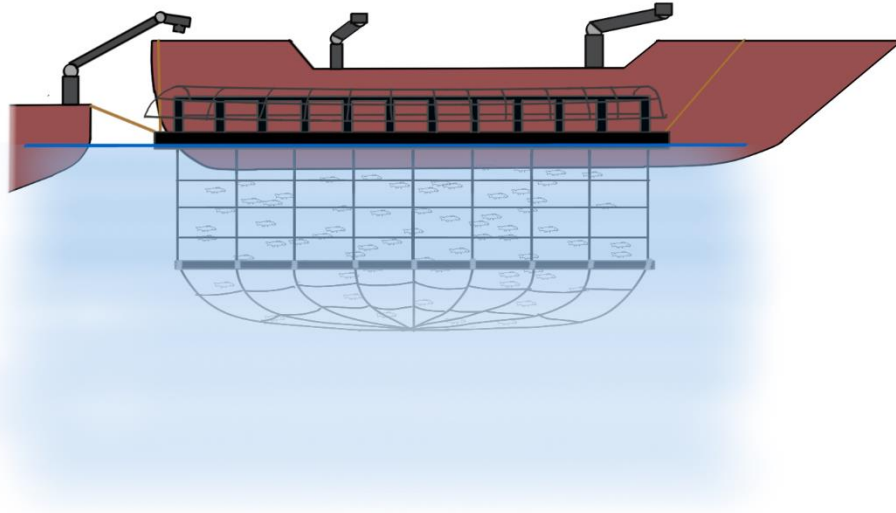
Figur 4 Gravitasjonsmerd uten fuglenetting. Av: Kasper Ellefsen

- 2) Nettingen på toppen av merden er der for å holde fugler ute. Buret under er igjen for å holde fuglenettingen på plass. Begge deler må fjernes i forkant av en operasjon. Dette er noe arbeidsbåten gjør før brønnbåten ankommer.



Figur 5 Heving av bunnring. Av: Kasper Ellefsen

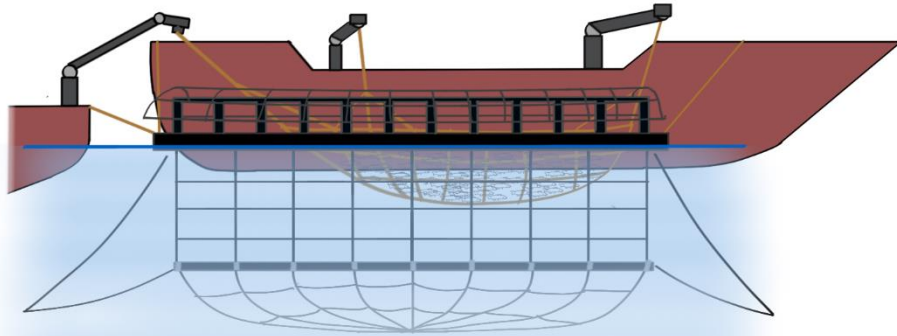
- 3) Ved hjelp av arbeidsbåten heves så bunnringen. Dette skjer i en trinnvis prosess som kan ta opptil 2-3 timer. Dette kommer av at hver enkelt kjetting som holder bunnringen på plass, må heves stegvis. Bunnringen kan ikke heves for mye på en side om gangen uten å utsette fisk og utstyr for skade. Arbeidsbåten må foreta en gradvis heving av kjettingene. Siden båten kun kan heve en kjetting om gangen, medfører dette flere runder rundt merden for å heve kjettinger. Mens hevingen av bunnring foregår, liner røkterne inn nota over rekkverket på flytekragen. Nota som blir linet inn, må festes i merden, og tauverk er ikke uvanlig praksis her.



Figur 6 Arbeisbåt og brønnbåt fortøyd. Av: Kasper Ellefsen

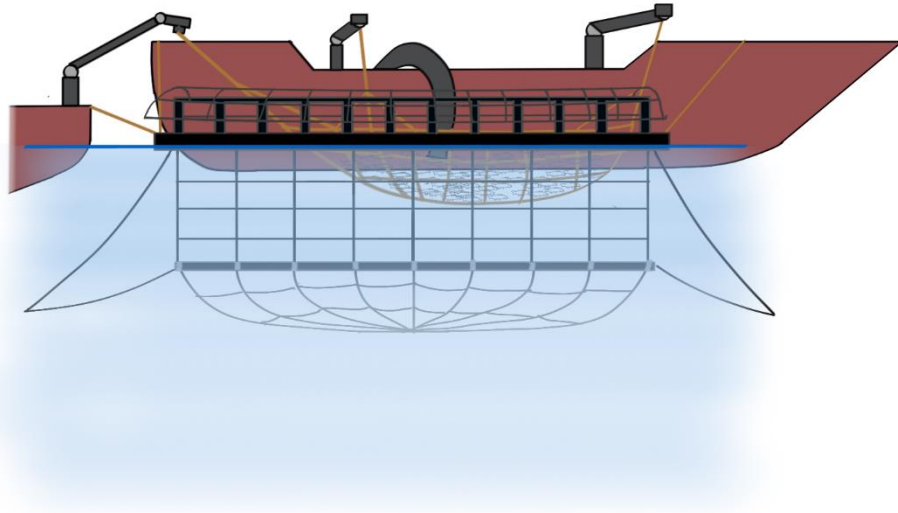
- 4) Brønnbåtens ankomst til anlegget er ikke uproblematisk. Båten må manøvrere mellom de andre merdene på anlegget, og unngå å kjøre i fortøyningslinjer og haneføtter. Den må også legge seg til slik at strømmingene fra havet driver båten mot merden og ikke motsatt. Dette gjøres for å unngå at fisken klemmes under senere ledd i overføringsprosessen. At rammefortøyningen ligger ved 7 meters dyp, og store brønnbåter har kjøll på 5.5 meters dybde, betyr økt fare for uønsket interaksjon mellom båt og anlegg.

Når brønnbåten har lagt seg til på siden av merden, fortøyer den seg direkte til festepunkter i merden. Dette er vanlige praksis, tross at merder generelt ikke er godkjent for fortøyning av båter større enn 15 meter. Brønnbåten på sin side er ikke uvanlig å ha i størrelsesorden over 60 meter. Mangel på alternativer er bakgrunnen for denne praksisen.



Figur 7 Trenging av fisk med orkastnot. Av: Kasper Ellefsen

- 5) Neste steg i prosessen er trenging med not. Dette foregår enten med en orkastnot eller med en kulelenke. Denne praksisen stammer originalt fra fiske med snurpnot.
 - a. Om ikke all fisken skal tas ut av merden, ved eksempelvis flytting av fisk innad i anlegget, brukes orkastnot/snurpnot. Dette er en ekstern not som blir plassert oppe i merden. Ved samarbeid mellom arbeidsbåt og brønnbåt, trekkes nota rundt fisken. Området fisken har tilgjengelig blir så snurpet inn ved å bruke kraner på båtene til å dra inn nota. Det er ikke uvanlig med opp til 3-4 kraner som jobber samtidig med å trenge merden.
 - b. Skal merden tømmes fullstendig brukes trenging med kulelenke. I dette tilfellet snurpes nota til selve merden igjen. Navnet kommer av bruken av kuler som flyteelementer langs kanten på noten. Under slik trenging anvendes det også en kran som løfter en line som fører ned til bunnen av nota. Denne kranen hever midten av notposen og forsterker trengeeffekten.



Figur 8 Pumping av fisk. Av: Kasper Ellefsen

- 6) Innhenting av fisk foregår ved bruk av pumpe. Om bord på brønnbåten har man store slanger koblet til en pumpe som vanligvis bruker et prinsipp med enten vakuum eller hevert. Pumperøret plasseres oppi merden og brukes til å overføre fisk til tanker om bord på brønnbåten. Antall pumperør vil variere fra brønnbåt til brønnbåt.

3.3 Tidsbruk under en luseoperasjon

I samtale med oppdrettere ble det gitt en oversikt over tidsbruken under en avlusningsoperasjon. Denne oversikten er gitt i Tabell 1. Her gis en pekepinn på hvor lang tid det vanligvis brukes på ulike deloppgaver under slik operasjon. I en avlusningsoperasjon hentes fisken ut av merden som beskrevet og illustrert over. Fisken må så oppholde seg i brønnbåten til den har roet seg ned for behandling. Avlusningen foregår ved bruk av H_2O_2 i brønnbåten. Fisken må igjen få tid til å roe seg ned før den losses tilbake til merden. Under vises en fullstendig tabell over tidsbruken under en slik operasjon. Tallene er gjeldene for en relativ liten merd på 90 meter. Ved større konstruksjoner kan det forventes lenger tid, så lenge teknologitypen er den samme.

Operasjon	Tidsbruk
Heving av alle lodd	60min
Opplining av not	20min
Lasting av fisken	60min
Tid for å la fisken roe seg ned	30min
Behandling med H_2O_2	30min
Tid for å la fisken roe seg ned	30min
Lossing av fisk tilbake i merd	30min
Nedlining og lodding av hele nota	60time
Total tidsbruk	5 timer 20min

Tabell 1 Tidsbruk for avlusnings operasjon med brønnbåt på 90 meter merd

Viktige punkter i kapittel 3:



- En brønnbåtoperasjon er mer enn bare ren overføring. Det gjøres mer arbeid til forberedelser og tilpasning av merden, enn det brukes til selve pumpingen av fisk.
- Det brukes store mengder tauverk for å holde ting på plass.
- Ankomsten for brønnbåten er problematisk grunnet tettheten av oppdrettsmerder og fortøyningslinjer som ligger i veien for brønnbåten. Det er heller ikke noe egnet fortøyningspunkt for brønnbåten.
- Antall kraner som anvendes for å styre nota i riktig posisjon, indikerer mangel på kontroll i trengeprosessen.

4 FASTSETTING AV RAMMEBETINGELSER FOR OPPGAVEN

Basert på vurderinger gjort underveis i arbeidet, ble det fort klart at en endring i prinsippene som anvendes, vil være nødvendig for å kunne sikre trygg overføring på eksponerte områder. Før rapporten går i videre detalj om hva som definerer eksponert oppdrett, er det viktig å etablere hvilke rammebetingelser arbeidet ble gjort under. Basert på vurderinger fra tidligere arbeider, egne litteraturstudier i startfasen av arbeidet med avhandlingen og samtaler gjort rundt problematikken, ble det tatt enkelte beslutninger i forhold til hva som var viktig å fokusere på. Dette ble gjort både for å avgrense oppgaven, samt for å fokusere på det som fremstår som den største problematikken per dags dato.

Viktige slutninger som ble tatt:

- Fra oppgaveteksten: «Denne masteroppgaven vil ta utgangspunkt i problemstillinger fra SustainFarmEx, og omfatte en studie av etablerte og alternative metoder for overføring av fisk mellom merd og brønnbåt.». Med metoder for overføring, blir det tolket som at både overføringen i seg selv og de omgivelsene som legger til rette for overføringen, vil være relevante prinsipper å vurdere.
- Problemet med dagens overføring av fisk på eksponerte områder ligger ikke i overføring i seg selv, altså pumpingen, men i omstendighetene pumpingen gjøres. Dette er en viktig skilnad, da det betyr at for å forbedre overføring på eksponerte områder, må man tilpasse miljøet rundt selve prosessen. Dette betyr at oppgavens prinsippstrukturer vil ha en indirekte påvirkning på selve overføringen, snarere enn en direkte. Et motsatt perspektiv ville vært mulig, men med hensyn til avhandlingens anvendbarhet for industrien og prosjektet SustainFarmEx er valget gjort å ikke fokusere på dette.
- Prosessen hvor fisken trengs sammen for å kunne pumpes, fremstår som den oppgaven i en overføringsprosess som har de største problemene tilknyttet seg. Dette betyr at en endring her vil å ha størst påvirkning på overføringen.
- Teknologiidringen må skje på oppdrettsanlegget, da det er dette leddet som feiler, ikke brønnbåten. Å endre brønnbåt for å unngå dens påvirkning av hav og vind, er et urealistisk prosjekt med lite forbedringspotensial og store kostnader. Interaksjonen mellom brønnbåt og oppdrettsanlegg forbedres, hvor både brønnbåts ankomst, fortøyning og avgang er kritiske elementer.
- Dagens anlegg, brukt på eksponerte områder, fremstår valgt ut ifra tradisjon og økonomi. Kravet om funksjonalitet kommer i andre rekke. Dette gjelder både form og materialvalg.

- Formen på anlegget vil styre funksjonen. Skal man endre måten fisk overføres på i eksponerte områder, er det viktig å se på hvordan anlegget er utformet.
- En løsning må tilpasses eksponeringstypen ved det enkelte anlegg.

Disse vurderingene vil i kommende kapittel bli utdypet videre for å få en bedre forståelse av hvorfor vurderingene ble gjort. Det vil også være viktig for å få en bedre og mer detaljert forståelse, av hvor ting går galt, enn det som kan abstraheres fra disse overfladiske punktene.

5 LOKALITETENE

I denne oppgaven er det tatt utgangspunkt i tre lokaliteter. Til sammen vil disse representere utfordringene man har ved eksponert oppdrett per dags dato. Det blir sett på 1) en strømningsutsatt lokalitet, 2) en bølgeutsatt lokalitet, og 3) en dyp avsidesliggende lokalitet. Bakgrunnen for dette valget er at det finnes flere ekstremegenskaper for hver enkelt lokalitet, og ved å se på egenskapene til flere lokaliteter, får man et større spekter av egenskaper. Alle de valgte lokalitetene er enten brukt til oppdrett per dags dato, eller er planlagt å anvendes i fremtiden. På mange måter kan vi se på lokalitetene som ekstrembrukere. Ikke fordi lokalitetene er aktører i problemstillingen, men fordi de utsetter aktørene for et ekstremt brukerscenario, og dermed fyller samme rolle. Det vil her fokuseres hovedsakelig på miljøeffektene av vind, strømning og plassering av lokaliteten. Effekter som eksempelvis ising blir gjennomgått senere.

Dette fokuset på å se på ekstrembrukere, er blant annet støttet av professor Eric von Hippel ved MIT (<http://evhippel.mit.edu/>), og entreprenør Tom Hulme (<http://thulme.com/>). Begge, dog fra forskjellig bakgrunn, proklamerer et fokus på ekstrembrukere ved innovasjon. Det er hos ekstrembrukerne behovet for forbedring blir synlig. For gjennomsnittsbrukeren skal en løsning tilpasset ekstremalene, så langt begge sider av gausskurven er tatt med, ikke ha negativ effekt på opplevelsen. Det motsatte, altså at løsningen er bedre, er heller vanlig, da problemer de ikke visste de hadde potensielt er løst.

5.1 Strømningsutsatt lokalitet – Rataren, Frøya

På Rataren like utenfor Frøya ligger et oppdrettsanlegg i det som regnes som et strømningsutsatt område. Anlegget er eid av SalMar, men brukes også som testlokasjon for Trondheimsbedriften Aquaculture Engineering (ACE Aquaculture). Dette gjør lokaliteten ideell, da man har måledata på hvordan forholdene faktisk er der.

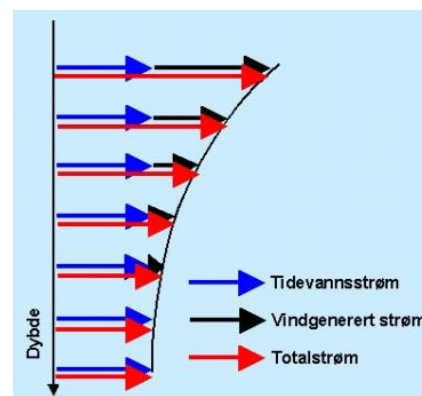
Rataren Frøya	
Bølge anlegg	1.90 m
Bølge flåte	1.80 m
Strøm	0.71 m/s

Tabell 2 Bølgehøyder og strømning ved Rataren, Frøya. Kilde: Lokalitetsrapport av AquacultureEngineering (<http://aceaqua.no/wp-content/uploads/2013/03/Rataren-I-Lokalitetsrapport-0213-siste.pdf>)

Strømningene i et havområde er primært generert av to faktorer. Den ene faktoren er strøm generert av vind, den andre strøm generert av tidevann. Vinden vil gi en laminær strømningsprofil som betyr at effekten av vinden vil avta drastisk desto lenger ned i havet du kommer. Dette er illustrert i diagrammet

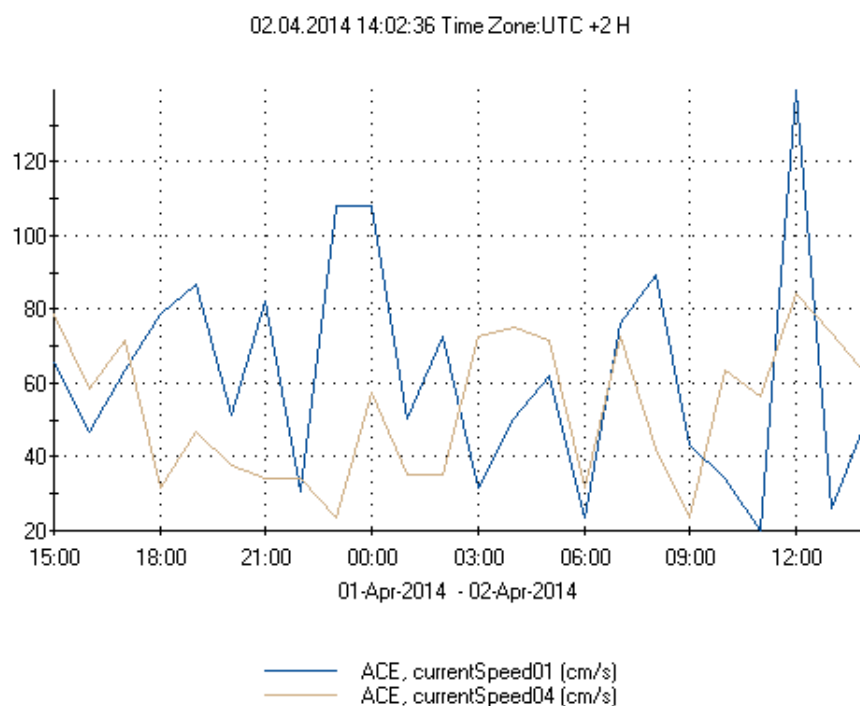
i Figur 9. Effekten dette har er at vindens påvirkning hovedsakelig vil være relevant for objekter i havoverflaten.

Strømningene på lokaliteten ved 5 meters dyp ble i perioden 07.12.12 – 07.01.13 målt til en topphastighet på 0.3 m/s. Ved 15 meters dyp var farten tilnærmet uendret. Følger man NS 9415 standarden tilsvarer dette en strømning på lokalitetene 0.63 m/s og 0.71 m/s for henholdsvis 10- og 50-års strømmer.



Figur 9 Strømningsfelt generert av vind og tidevann. Illustrasjon gjengitt med tillatelse fra Aquaculture Engineering (aceaqua.no)

Basert på overnevnte diagram er strømningene vi snakker om her primært tidevannsstrømninger. Dette vil si at man i overflaten kan få en sum av flere effekter, da også som i diagrammet; vindgenerert strøm. En annen faktor som lokalitetsrapporter ikke har avdekket enda, er den akkumulerte effekten av vårflo, kombinert med strømninger i havet. Vårflo kan gi strømninger mellom 0.6 m/s og 4.0 m/s, men hvordan dette påvirker den enkelte lokalitet er vanskelig å si. Med andre ord har vi et potensiale for langt høyere enkeltstrømninger enn den vanlige strømningen mellom 0.1 m/s og 0.3 m/s, noe som bør vises hensyn til under utvikling og senere dimensjonering av konsept og ferdig produkt. Sanntidsdata fra anlegget viser enkeltstrømninger som er langt høyere, noe som er med på å styrke denne hypotesen. Dette kan observeres i diagrammet under.



Figur 10 Miljødata fra Rataren, hentet fra aceaqua.no sanntid, og gjengitt her med tillatelse fra AquaCulture Engineering.

5.2 Bølgeutsatt lokalitet – Tristeinen, Bjugn

Et annet anlegg, også eid av SalMar og driftet av ACE Aquaculture, er Tristeinen. Dette anlegget ligger i det som er definert som et bølgeutsatt område. Bølger oppstår primært som følge av to hovedfaktorer og kan deles i kategoriene; havbølger og vindbølger. Havbølger oppstår som følge av strømminger i havet og vindbølger av lokale vindforhold. Den totale bølgen som oppstår er passende nok kalt kombinertbølge. Andre effekter som vil påvirke bølgeforholdene på et anlegg, er blant annet bølger generert av båter samt bølgerrefleksjon som oppstår grunnet bratt topografi i området. Det er heller uvanlig at dette skulle påvirke anlegget mer enn hav- og vindbølger. Skipsgenerte bølger avtar eksponentielt i amplitude, og topografien i området hvor oppdrettsanlegg klassisk har blitt plassert, har ikke hatt høy gradient da dette gjør montering av rammefortøyning unødig komplisert.

Tristeinen, Bjugn	
Bølge	1.80 m
Andel vindbølger	78 – 94 %
Andel havbølger	6 – 22 %

Tabell 3 Bølgehøyder ved Tristeinen, Bjugn. Kilde: Lokalitetsrapport av AquacultureEngineering (<http://aceaqua.no/wp-content/uploads/2013/03/Tristeinen-B%C3%B8lgeberegningen-ved-FI%C3%A5te.pdf>)

Ser man på offshorebølger utenfor Tristeinen, har man en 50-års signifikant bølgehøyde på hele 10.5 – 12.4 m, med en pikperiode på 11 – 12 s. Dette er snakk om store og lange bølger, slik man er vant med offshore. Det har seg allikevel slik at energitap begrenser bølgeamplituden betraktelig. Simuleringer gjort med programmet SWAN viser at verdiene man kan forvente på anlegget, er på 1.6 m bølgehøyde og 10.8 s pikperiode. Virkelige målinger gjort på anlegget viser en forventet 50-års kombinertbølge på 1.8 m, med 3.5 s pikperiode. Det er rimelig å anta at lokale effekter på et detaljnivå SWAN programvaren ikke greier å håndtere, er med på å forkorte bølgelengden. De estimerte verdiene er allikevel overraskende gode.

Ser man på dybdata over Tristeinen, kan man observere hvordan store deler av området er svært grunt. Dette spiller utvilsomt en essensiell rolle i forhold til dannelsen av bølger i området. Det har seg slik at det er en sammenheng mellom dybdeforhold og form på bølger i et område. Prinsippet er elegant illustrert av Paul R. Pinet i «Invitation to Oceanography»(8).

Enkelt forklart, blir bølgene høyere, kortere og raskere desto grunnere vannet blir. Vi tar utgangspunkt i følgende formel:

$$c = \sqrt{\left(\frac{g\lambda}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{\lambda}\right)\right)}$$

c = fasehastighet

λ = bølgelengde

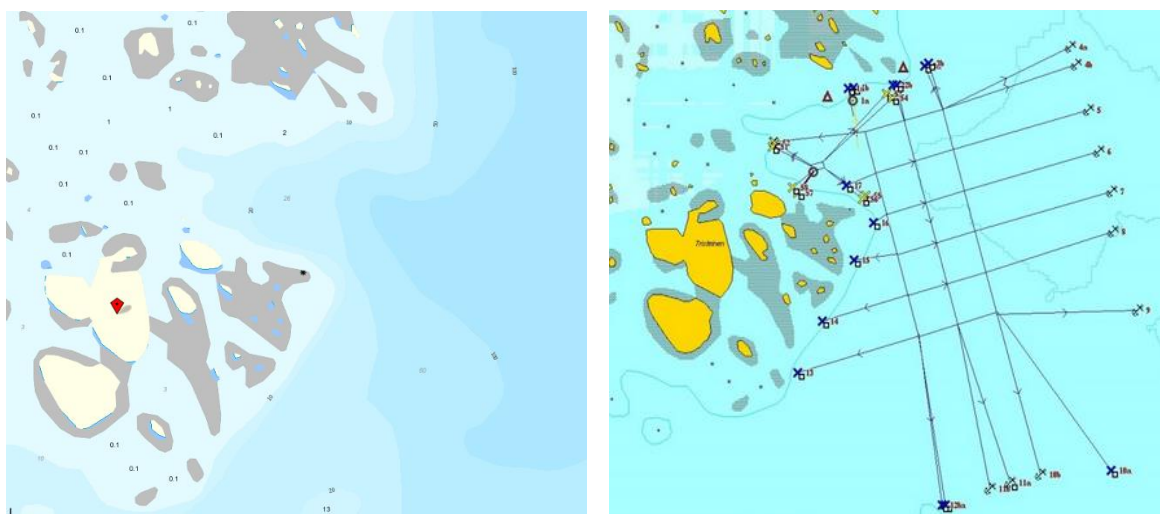
d = havdybde

g = gravitasjonskonstant

$$\lambda = \frac{gc^2}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{\lambda}\right)$$

Den hyperbolske tangentfunksjonen er kun gjeldene så lenge bølgelengden er kortere enn 2x havdybden. Om dette ikke er tilfelle kan den strykes. Uavhengig av dette ser man her en klar sammenheng mellom bølgelengde og bølgehastighet. Vi ser også at dataene for maksimal offshore bølger utenfor Tristeinen, med 50 års returperiode, har en høyde på $H_5 = 10.5 - 11m$ og har pikperiode på $T_p = 11 - 12s$. Dette impliserer en maksimal bølgelengde på tilnærmet 225 m ved 200 m dyp. Bølgelengdene er på mer enn det dobbelte av dybden rundt Tristeinen, så det er ikke urimelig å anta at dybden i området vil være med å påvirke hvordan bølgene i lokaliteten utarter seg.

Dybden på anlegget, som illustrert i Figur 11, varierer fra 20 m til 100 m. Festepunktene for rammefortøyningen varierer langt mer. Med utgangspunkt i en dybde på 40 m, beregnet for vindbølger, havbølger og kombinertbølger, ser vi at alle bølgene faller innenfor forholdsraten som gjør at de blir påvirket av det grunne farvannet. Lokale effekter av det særs grunne området rundt holmene, påvirker også forholdene.



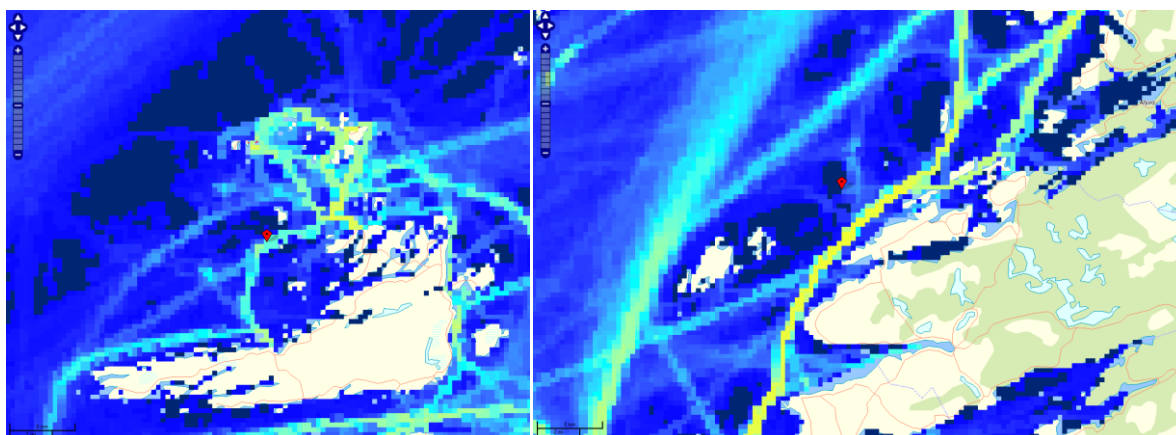
Figur 11 Dybdeforhold og plassering av fortøyningsramme på Tristeinen. Dybdeforholdet varierer fra 100m på det dypeste(mørkeblått) til kun 1meter på den grunneste (lyseblått). Kartdata fra kystverket.no

Poenget med denne refleksjonen rundt bølgeeffekter på lokaliteten er primært ikke for dataene sin del, men for å få en forståelse av hvilke effekter som oppstår ved den enkelte lokaliteten. Dette gir igjen en bedre innsikt i eventuelle utfordringer man må håndtere ved operasjoner på området.

5.3 Dype avsides lokaliteter og offshore – Frohavet

Før å bedømme egnetheten til et område, kan et mangfold av kartdata benyttes. Blant disse er tetthet av sjøtrafikk. Sjøtrafikk er interessant å se på da dette vil påvirke valg av lokalitet på to måter. Høy trafikk vil si at skipet ligger i et område som har gode sjøveier til og fra havneområder, men betyr også at det er en fare for påkjørsel av anlegget.

Figur 12 viser et oversiktsbilde over trafikketettheten rundt Rataren og Tristeinen.



Figur 12 Tetthet av sjøtrafikk på Frohavet. Kartdata fra kystverket.no.

Anleggene er eksempel på bruken av en lokasjon som er lett tilgjengelig, men utsatt for høye strømninger og høye bølger. Det er altså ikke slik at en lokalitet trenger å befinne seg langt fra land, trafikkerte sjøveier, eller på en annen måte utilgjengelig, for å være eksponert. For både Rataren og Tristeinen kan få problemer i.f.t. konflikt med lokaltrafikk. Det betyr også at anlegget er lett tilgjengelig for daglig drift. For å kunne implementere en sikker løsning er det altså viktig å ta hensyn til hvor trafikkert den enkelte lokalitet er. Synliggjøring vil være viktig for å forebygge eventuell påkjørsel av anlegget.

5. mars 2014 annonserte selskapet SalMar sine fremtidsplaner for utnyttelse av lokaliteter langt mer havbasert enn både Rataren og Tristeinen kan regnes som. Selskapet presenterte sin visjon om å utnytte kunnskap fra oljebransjen i konstruksjonen av en stor og rigid merdkonstruksjon, plassert i åpent farvann.

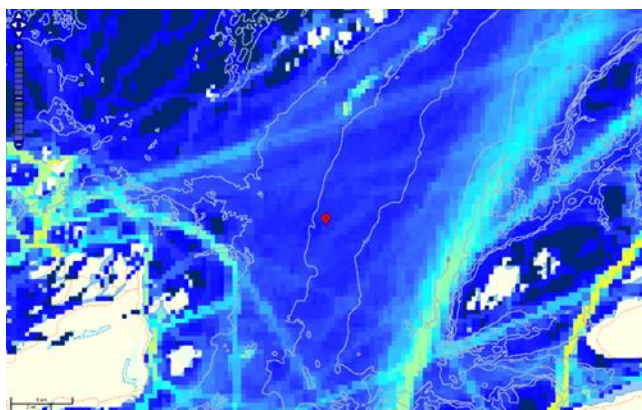


Teknisk data

- Total Høyde 67 m
- Diameter 110 m
- Vekt 5.600 tonn
- Automatiserte operasjoner
- Rommer opp til 1.6 millioner fisk

Figur 13 SalMars modell for fremtidig oppdrettsanlegg på offshore lokalitet. Bilde gjengitt med tillatelse fra oceanfarming.no, eid av Salmar AS

Lokaliteten til dette fremtidige anlegget er allerede fastsatt, søkt om og godkjent. Stedet er Frohavet, som passende nok ligger nær det geografiske midtpunktet mellom Rataren og Tristeinen. Den nøyaktige posisjonen er ikke kjent, men en indikator på tenkt plassering er vist i kartet under, som også viser sjøtrafikken i området.



Figur 14 Omtrentlig posisjon av havanlegg i Frohavet. Kartdata fra kystverket.no

Det valgte området er ideelt for lakseoppdrett med hensyn til havdybden, som er på ca 150m. Det åpner opp for helt nye muligheter og problemstillinger i forhold til andre former for eksponert oppdrett. Dette er noe vi ser at SalMar har vært klar over når de presenterer sitt ambisiøse prosjekt.

5.4 Ekstremverdier

Som utgangspunkt for verdier å ta med videre, vil oppgaven ta utgangspunkt i NS 9415 standarden for flytende oppdrettsanlegg. I denne standarden er bølger og strømninger klassifisert som følgende.

Hs – Signifikant bølgehøyde for en måling med en varighet på 3 timer og en returperiode på 50 år

Tp – Pikperiode i bølgespekteret for en måling med en varighet på 3 timer

Vc – Strømhastighet, midlet over en 10 minutters måleperiode og med en returperiode på 10 år

Bølgeklasser	Hs (m)	Tp (s)	Betegnelse
A	0,0 – 0,5	0,0 – 2,0	Liten Eksponering
B	0,5 – 1,0	1,6 – 3,2	Moderat Eksponering
C	1,0 – 2,0	2,5 – 5,1	Stor Eksponering
D	2,0 – 3,0	4,0 – 6,7	Høy Eksponering
E	> 3,0	5,3 – 18,0	Svær Eksponering

Strømklasser	Vc (m/s)	Betegnelse
A	0,0 – 0,3	Liten Eksponering
B	0,3 – 0,5	Moderat Eksponering
C	0,5 – 1,0	Stor Eksponering
D	1,0 – 1,5	Høy Eksponering
E	> 1,5	Svær Eksponering

Ekstremklassene E vil for denne oppgaven være gode å bruke som utgangspunkt for ekstremalverdier.

Tilleggsinformasjon A.2.21 i NS 9415 standarden omtaler dønningsjø. Dette er bølger som genereres fra åpent hav. Disse kan ha særdeles store bølgehøyder. Offshore er det ikke uvanlig med bølger over 7 meter om været tillater det. Pikeperiode på slike bølger ligger på 10s – 18s. Dette vil være relevant informasjon for ekstremverdier i offshore/dype lokaliteter.

I desember 2013 slo ekstremværet Ivar inn over Trøndelag og Møre og Romsdal. Tross skadene som ble påført, gav dette oss en god indikator på hvor sterk vinden kan bli i disse områdene. Denne verdien vil være en god tilnærming også for de tre tidligere nevnte lokalitetene. Metrologisk institutt kunne rapportere om vinder på opp til 39 m/s. Andre kilder rapporterte vindstyrker også over dette.(9)

Oppsummering:

- Strømningene på det strømningseksposerte anlegget lå primært i området $0.1 - 0.3 \text{ m/s}$, med en forventet 50-års strøm på 0.71 m/s
- Strømningene er sterkest i overflaten, hvor vinden har en ekstra effekt på strømningene, men avtar laminært lenger ned i havet.
- Forventet 50-års bølger er på 1.8 m med 3.5 s pikperiode
- Offshore lokaliteter utfordrer løsningskonsepter i forhold til fortøyning, samt anleggets evne til å takle større vertikal forskyvning. Dette vil si større bølger med lang pikperiode.
- Avsidesliggende lokaliteter tar det lenger tid å reise ut til, men er også mindre utsatt for forstyrrelser fra lokal sjøtrafikk
- Ekstremklassene i NS9415 standarden vil brukes som ekstremverdier for kravspesifikasjon.
- Havdønninger på 7 m høyde og $10 \text{ s} - 18 \text{ s}$ pikperiode vil være relevante for utvikling av anlegg mot offshore/dype lokaliteter.
- Ekstremværet Ivar er et eksempel på hvor sterke vinder kan bli i Trøndelagsområdet som er brukt som lokalitetseksempel i oppgaven. Vindstyrkene i denne stormen ble rapportert opp til 39 m/s , altså orkan styrke.

Viktige punkter i kapittel 5:



- Eksponeringstype vil styre valg av løsning
- De store variasjonene i miljø, gir indikator på at det finnes for få alternative metoder for overføring av fisk per dags dato.

6 MARKED OG ETTERSPØRSEL

I vedlegg B «Marked» vil en mer detaljert analyse av tilstanden i oppdrett per dags dato bli gjennomgått. Analysen er gjort fra et norsk perspektiv og fokuserer primært på laks. Det er dataene diskutert i dette vedlegget som gir grunnlag for følgende vurderinger:

Markedet for laks har takket være økende popularitet, økt med årene. Dette er noe blant annet sushi trenden som sprer seg i både den vestlige og østlige verden, må ta mye av æren for. Parallelt med denne økte etterspørselen vokser også norsk oppdrett betraktelig. I tiårsperioden 2002 til 2012 ble mengden oppdrettsfisk mer enn doblet, noe som er en underbygger endringen i laksens etterspørsel. Prisen ser også ut til å holde seg stabil, noe som indikerer at markedet er godt unna et metningspunkt. Det er med andre ord slik at det er viktigere for oppdretten å få vekst i mengde produsert fisk, enn å redusere kostnaden på fisken de allerede produserer. Endring i bevilgninger til oppdrett, støtter opp om denne trenden. Antall oppdrettere blir færre, samtidig som nevnte produksjonsvolum øker.

Oppdrett av fisk er teoretisk sett en veldig gunstig investering med hensyn til avkastning. Laks krever langt mindre fôr for å få samme tilvekst som det dyr i landbruk trenger. Dette kommer tydelig frem ved at en næring med relativt få ansatte (ca. 4500 som jobber direkte med fisken), produserer hele 1.3 millioner tonn fisk.

Markedsforspranget Norge har hatt på lakseoppdrett har endret seg dramatisk de siste årene. Fra å produsere 70% av verdens oppdrettslaks i 1997, produserer vi i dag kun 22%. Chile er av 2012 verdens nest største lakseoppdretter, og stod ved dette tidspunkt for 16% av verdens produksjon. Skal Norge sikre sin posisjon i verdensmarkedet, kan overgangen til eksponert oppdrett være avgjørende for næringen. Her spiller også overføringsprosessen enormt stor rolle. Bruk av eksponerte områder vil medføre mulighet for større merdvolum og dermed større produksjonsvolum.

Viktige punkter i kapittel 6:



- Når vi snakker om norsk oppdrett, er det i all hovedsak laks det er snakk om. Det er lakseoppdrett som har størst andel av markedet (over 90%), og det er lakseoppdrett som øker mest. Dette medfører at løsninger bør tilpasses lakseoppdrett og behovene tilknyttet dette.
- Mengden laks produsert verden over stiger, men markedet viser ikke tegn til å være mettet, noe som betyr at pris og etterspørsel begge er høye.
- Stor etterspørsel medfører at en løsning som involverer endring i merdkonstruksjonen i første omgang bør fokusere mer på adekvat produksjonsmengde. Kostnadsoptimalisering av produksjon vil komme i andre rekke.
- Norges markedsposisjon internasjonalt har de siste årene mistet mye av forspranget. Overgangen til eksponert oppdrett kan være vital for å sikre dette, og overføringsprinsipper er her sterkt nødvendig for at slik oppdrett kan la seg praktisere.

7 EKSISTERENDE LØSNINGER

Studiene som ble gjort i prosjektets startfaser, har hovedsakelig tatt for seg lakseoppdrett i andre land, eksponert oppdrett og innovative løsninger. I vedlegg C beskrives de mest interessante funnene fra disse studiene.

Historisk har Norge vært teknologisk ledende i oppdrettsnæringen. Dette er helt tydelig da andre land importerer teknologi fra Norge for å anvende i egen oppdrett. Resultatet av dette er manglende teknologisk innovasjon å se til utenfor de norske landegrensene. Det er primært i lakseoppdrett at dette kommer tydelig frem. Land som Chile, Canada og Tasmania er alle store på lakseoppdrett. Tasmania viste seg å være det mest spennende landet av de tre, da de i Tasmania har blitt tvungen til å lage egne løsninger på mye av det vi har etablerte løsninger for i Norge. Dette kommer av kostnadene forbundet med å kjøpe norsk utstyr og få det fraktet til Tasmania på andre siden av kloden. Dette har blant annet ført til et lokalt ferskvannsbad for fisken som overfører fisken uten bruk av pumpe eller brønnbåt. Metoden som anvendes har ikke kommet fram, men at et slikt prinsipp fungerer er lovende for arbeid med nye løsninger.

I oppdrett av varmtvannsfisk er situasjonen ganske annerledes. Mye av fisken som oppdretten driver frem der, kan holde seg under vann under hele oppveksten. Eksempler på områder som blir anvendt, er Mexicogolfen og havområder utenfor Florida og Hawaii. Dette er alle områder hvor været kan nå ekstremer og tropiske stormer kan oppstå. Resultatet er at det har blitt utviklet merder som holder seg under vannoverflaten og som anvender mer rigide strukturer enn de fleksible merdene vi bruker i Norge. Dette er merder som kan tåle de sterkeste orkanene vi kjenner til.

Tross denne radikalt forskjellige metodikken, har denne merdtypen en mangel som er tydelig i både norsk og utenlandsk oppdrett. Denne mangelen er et urovekkende liten fokus på funksjonaliteten til anlegget som noe mer enn en oppholdsplass for fisken. Det er eksempler på hvordan lokale oppdrettere har utviklet egne løsninger for å håndtere denne mangelen. Produsenten av merdene i disse områdene ser ut til å begynne å utvikle merder med integrerte løsninger. Eksempel på en patent på en lokal oppdretters løsning, samt en merd med integrert løsning for å hjelpe trengingen av fisken før pumping, er å finne i vedlegg C.

Viktige punkter i kapittel 7:



- Undervannsmerder har hatt stor suksess ved oppdrett i eksponerte områder, da også offshore.
- Lokal overføring er blitt anvendt for å fjerne behovet for brønnbåt i mange tilfeller. Dette er noe som bør undersøkes videre.
- Løsninger som heller mer og mer mot rigide konstruksjoner er et fellestrekk for innovasjon.
- Kan man tilpasse en undervannsmerd med ferdiginstallert trengemulighet lik prototypen i vedlegg C, til å kunne heves og senkes av en fjernstyrt mekanisme, vil eksponert oppdrett selv i dårlig vær kunne foregå langt enklere enn per dags dato.

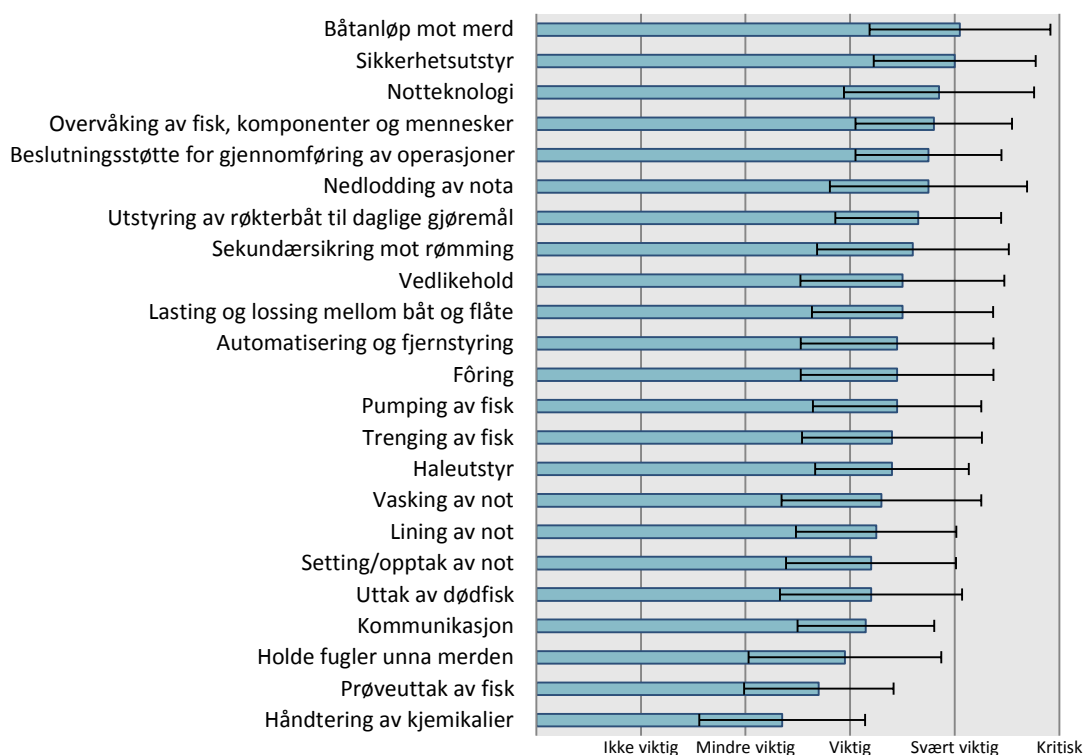
8 PROBLEMANALYSE

Nå problemstillingen er presentert, og rammebetingelsene er satt, vil problemstillingen utdypes i mer detalj. Å forstå at en operasjon i et mer utsatt område er potensielt mer krevende enn når omgivelsene er mer tilgivelige, krever intet langt resonnement. Dette gir oss allikevel ikke innsikt i hva problemet egentlig er. For å kunne sette opp en kravspesifikasjon, er det essensielt at man har innsikt i de forskjellige parameterne som avgjør gjennomførbarheten av operasjoner i oppdrett. Forprosjektet ERFA (Erfaringer og analyser fra drift av oppdrettsanlegg på eksponerte lokaliteter) (10) anvendes, som utgangspunkt for arbeidet.

BASERT PÅ

8.1 Tidligere arbeider, SECURE og ERFA

Prosjektet ERFA hadde som målsetting å legge grunnlag for videre arbeid med problemstillinger rettet mot drift av eksponerte lokaliteter. Prosjektet er svært interessant med tanke på problemstillingen i denne oppgaven. Som del i dette arbeidet ble det utført dybdeintervjuer av ansatte på fire forskjellige lokaliteter i Trøndelag og Møre og Romsdal. Lokalitetene var alle av forskjellig eksponeringsgrad.



Tabell 4 Resultater av spørreundersøkelse fra "Erfaringer og analyser fra drift av oppdrettsanlegg på eksponerte lokaliteter "(10)

Resultatene er interessante, men man må ta til vurdering at oppdretterne vil ha et element av ensidighet i sin vurdering av eget behov. Et eksempel på dette kan sees i at punkt nr 2 i listen er satt som «Sikkerhetsutstyr». Dette forteller oss at det er behov for å øke sikkerheten til de ansatte, men ikke hva eller hvor problemet er. En ledetråd mot svaret på dette er å finne i avviksrapportene, fremstilt i samme prosjektet. Avviksrapportene viser at fall og støt/treff av gjenstand med henholdsvis 55% og 25% hyppighet, er dominant med hensyn til forekomst. Områdene hvor det skjer mest uhell, er henholdsvis på flytekrage og dekket til arbeidsbåt, begge forekomster av størrelse 35%. Tross disse hyppige forekomstene av fall og støt på dekk og flytekrage, reflekteres ikke dette i undersøkelsen. Vi ser med andre ord at avviksrapportene ikke samsvarer med undersøkelsen gjort i ERFA. Det er uvisst hvorfor resultatet er blitt slik, men en mulig hypotese ligger i de kulturelle forholdene hos intervjuobjektene. Fall og klemminger er vanlig hendelser; «Det er bare slik det er».

Denne potensielle mangelen på selvinnsikt som fort kan forekomme etter lang tids bruk av samme arbeidsmetode og omgivelser, gjør at man må være forsiktig når man tolker de resultatene som fremkommer av denne typen undersøkelser. Resultatene fra undersøkelsen er allikevel tatt med i en helhetlig vurdering av problemstillingen.

Prosjektet SECURE (Securing fish – farming technology and operations to reduce escapes) (10) ledet av SINTEF Fiskeri og havbruk på vegne av forskningsrådet, viser at rømminger i perioden 2006-2009 hovedsakelig var forårsaket av skade på utstyr. Ser man på tall fra Fiskeridirektoratet(11) for samme periode, ser man at denne perioden hadde ekstreme tilfeller av rømning sammenliknet med dagens situasjon. Dette nevnes også i SECURE. Det som må nevnes i denne sammenhengen er at brudd på strukturell integritet, som i SECURE er eksemplifisert med nettopp en brønnbåtoperasjon, på mange måter også kan sees på som feil bruk av utstyr, snarere enn utstyrsfeil. At brønnbåten er en faktor som er med å forårsake de vanligste feilene; strukturell deformasjon av flytekragen, slitte fortøyningslinjer og brudd på not, er ingen overraskelse. Dagens gravitasjonsmerder er ikke dimensjonert for fortøyning av brønnbåter, noe som utvilsomt skaper problemer da nettopp dette er praksisen. Det er altså stor sannsynlighet for at feilene har oppstått ved feil bruk, noe som gjør at man ikke kan trekke en sikker slutning på at det er utstyret alene som ikke er godt nok.

STERKT OMSKREVET

8.2 Problemstillinger

Ved utvikling av et nytt produkt, eller i dette tilfellet system, er det viktig å få en oversikt over de viktigste elementene som må tas hensyn til i utviklingen (12). Disse elementene må dekke behovet problemstillingen søker å utbedre, men også for å dekke implisitte behov. På lik linje med at man snakker om implisitt/taus kunnskap som avgjørende faktorer for bedrifters prestasjon, er dette viktig å ta med i utviklingen av nye løsninger i produktutvikling. I en tid hvor vi går stadig mer i retning av

dybdekunnskap, snarere enn breddekunnskap, sitter vi igjen med mange spesialister på sine respektive områder. Det store problemet med spesialister i produktutvikling, er mangelen på en holistisk tilnærming til et problem av en viss kompleksitet.⁽¹³⁾ Holistisk tilnærming tilsier nemlig at visse problemer er mer en summen av dens enkelte deler. Dette er på mange måter kjernen i problematikken vedrørende konflikten mellom forbedring og innovasjon. Å fikse de enkelte delene i et system, vil kunne forbedre systemet. Skal man få en endring i hvordan systemet som helhet fungerer, er interaksjonen mellom de ulike løsninger ofte langt viktigere enn at den enkelte løsning er god. Denne helhetlige tankegangen er et av flere elementer som avgjør graden av suksess i innovasjonsprosjekter. Dette kommer av at enhver innovasjonsprosess, på lik linje med produktutvikling, starter med forståelse av behovet. For å forstå behovet må man forstå både hvilke utfordringer brukeren har per dags dato, men også hvilke utfordringer dagens løsning allerede dekker. En specialists løsning som ser bort fra disse allerede tilfredsstilte behovene, vil i verste fall skape flere nye problemer enn løsninger.

Med utgangspunkt i overnevnte tilnærmingsmetode, vil følgende kapittel ta for seg essensielle problemstillinger for oppdrett på eksponerte lokaliteter. Oppgaven søker å få forbedre overføringsprosessen, men i tråd med nevnte argumentasjon med hensyn til utviklingsprosessen, vil viktige punkter ut over selve overføringen også bli vurdert. Dette er ikke for å bevisst løse problemer utenfor problemstillingen, men for å unngå at en eventuell løsning skaper flere nye problemer enn den løser.

8.2.1 VILKÅR FOR FISK

Et av de viktige elementene i overføringsprosessen er som tidligere nevnt, vilkårene for fisken. Under selve overføringen er det viktig å ikke stresse fisken. Dette gjelder også under selve oppholdet i merden, da dette blant annet påvirker vekstraten. Konsekvensen strekker seg dermed ut over det å fronte god dyrevelferd.

8.2.1.1 *Trenging av fisk*

Under operasjoner med brønnbåt må fisken som nevnt trenge for at den skal kunne pumpes opp i tanken på båten. Dette medfører at fisken blir presset sammen i et lite område ved hjelp av enten orkastnot eller ved kulelenke. Opphopningen som oppstår som konsekvens av dette, er med på å stresse fisken samt redusere mengden oksygen fisken har tilgjengelig. Når fisken blir trengt sammen har den også for vane å svømme nedover i merden, altså vekk fra pumperøret. Denne oppførselen er også noe som skader og dreper fisk, da de blir klemt i hjel mot trengenota. Under slike operasjoner brukes en kombinasjon av menneskelig syn, erfaring og noen ganger oksygenmålere i vannet for å bedømme vilkårene for fisken. Gitt at en overføring av oppdrettsfisk skal gjøres med et element av trenging av fisken, må man altså gjøre dette på en måte som stresser fisken minimalt. Dette kan gjøres ved eksempelvis bedre kontroll av trenggevolum, nye trengemetoder, og/eller å korte ned tiden som fisken tilbringer opphopet i nota.

8.2.1.2 *Svømmeblære*

For å holde seg flytende i vannet bruker laksen et organ kjent som svømmeblæra. Dette organet skal sørge for at fisken opprettholder nøytral oppdrift og ikke synker til bunnen. Hos dypvannsfisk som torsk er denne blæren lukket, og reguleres via blodbanen. Dette gjør at fisken kan oppholde seg under vann uten å ha behov for å være oppe i overflaten. Hos laks derimot er denne blæra åpen, noe som vil si at laksen må opp til overflaten for å fylle blæra med luft. Denne adferden er noe biolog Øyvind Johan Korsøen ved Universitetet i Bergen utforsket i sin ph.d(14). Blant funnene hans var laksens evne til å oppholde seg under vann uten å pådra seg skade av dette. Ved 4 meters nedsenkning av merden, klarte laksen seg i 22 dager uten negative effekter på hverken vekst eller overleving. Et annet eksperiment ble utført på 10 meters dyp i 42 dager om vinteren uten ekstra lys. Resultatet var deformasjoner av rygg og finne, samt nedsatt appetitt og fôrutnyttelse. Korsøen konkluderer i avhandlingen med at laks kan oppholde seg moderat nedsenket i minst 2 uker uten noen negative effekter av dette, gitt at de får kontinuerlig undervannslys.

I praksis betyr dette at en permanent undervannsmerd ikke er aktuell for lakseoppdrett, med mindre en løsning som lar laksen få fylle svømmeblæra under vann blir funnet. Foruten dette betyr det at en løsning som involverer en nedsenkbar merd, må kunne ta opp igjen merden med en hyppighet på minst 2 uker, og oftere om værforhold blir en styrende faktor.

8.2.1.3 Lakselus

Lakselus er et av næringens største problemer i forhold til fiskevelferd. Man skulle tro at dette ikke hadde noen direkte effekt på overføringen av fisk, men det er ikke tilfellet. Behandling av lakselus blir i dag gjort med brønnbåt(15). Fisken hentes ut av merden, behandles i brønnbåt og sendes tilbake igjen til merden. Er det for mye fisk i merden i forhold til plass på brønnbåten, og all fisken trenger behandling, kan fisken slippes ut igjen i en annen merd. Dette gjøres for å unngå å behandle samme fisken flere ganger, men krever at man har en ledig merd. Operasjonen må da altså gjennomføres mer enn en gang. Dette gjør at en behandling av fisken kan ta langt mer tid enn en brønnbåtoperasjon hvor fisken skal sendes til slakteri.

Lakselus er et fenomen som hovedsakelig oppstår i de første 5 – 7 m under vannoverflaten. For å motvirke dette problemet blir flere tiltak utprøvd. Blant disse er skjørt og lukkede merder som hindrer lus i å innta merden, leppefisk som spiser lusen og forsøk på å manipulere fiskens oppførsel til å holde seg under området lusen hovedsakelig oppholder seg.

Ved å håndtere luseproblematikken vil man samtidig redusere mengden overføringsoperasjoner som behøves gjennomført. Å innføre egne løsninger for å avluse fisken direkte på anlegget uten bruk av brønnbåt, kan være en måte å gi røkterne økt operasjonssikkerhet, og mulighet til å gjennomføre avlusning uten å måtte planlegge med eksterne aktører i forkant.

8.2.1.4 Sykdomsbehandling

På lik linje med at avlusning foregår med bruk av brønnbåt, foregår en del annen sykdomsbehandling også ved liknende brønnbåtoperasjoner. Dette kommer av at en del medikamenter ikke kan slippes fritt ut da det vil påvirke miljøet utenfor merden. Bruk av antibiotika har vært vanlig for å håndtere sykdom, men i nyere tid har næringen jobbet mye med å få ned bruken. Måten fisken blir gitt antibiotika er ved at det tilsettes fôret fisken blir gitt. Denne metoden har fått mye kritikk av miljøvernere grunnet frykt for at ville dyrearter skal få i seg antibiotikaen. Det kan derfor være fornuftig å tenke nytt i forhold til sykdomsbehandling. Det har også vært observert at avlusningsoperasjoner har forårsaket det man mistenker å være sykdomssmitte ved gjennomføring av avlusning med brønnbåt(15).

Sykdomshåndtering kan være problematisk, da enkelte sykdommer hos laksen kan forårsake massedød om ikke fisken blir behandlet fort nok. Det er med andre ord interessant å se på måter man kan gi fisken behandling så fort som mulig, uavhengig av værforhold, og selv påvirke omgivelsene med farlige kjemikalier ved en behandling.

8.2.1.5 Bølger og omgivelser

Ved store bølger trekker fisken nedover i merden. Fisk kan også bli sjøsyke, og vil på lik linje med mennesker unngå å være i harde bølger. Dette vil ha konsekvenser for dagens overføringsprinsipper,

ettersom man per dags dato trenger fisken i toppen av merden. Dette kan medføre ekstra stress for fisken i tillegg til de praktiske komplikasjonene for arbeiderne. Alternative trengeretninger bør vurderes under utvikling av nye overføringsprinsipper.

8.2.1.6 Propellens påvirkning på fisk og merd

Akkurat som bølger påvirker fisken, vil propellene på båter i nærheten av fisken gjøre det samme. Dette gjelder spesielt baugpropell på brønnbåten, da denne påfører strømming direkte mot merden. Av denne grunnen ligger båtene fortøyd med propeller av. Det er altså ikke fritt frem i forhold til bruk av motorfartøy i nærheten av merden, da dette stresser fisken unødig. Dette er blant grunnene til at dynamisk posisjoneringssystemer ikke blir brukt av brønnbåter.

Oppsummering:

- Trenging av fisk stresser fisken og reduserer oksygentilgangen til fisken
- Laks trenger å ha en overflate med tilgang til luft for å fylle opp svømmeblæren sin minst hver 2. uke
- Lakselus er et stort problem i oppdrettsnæringen, og en av de mer tidkrevende brønnbåtoperasjonene
- Sykdomsbehandling kan være avhengig av brønnbåt, og er i enkelte tilfeller svært tidkrevende
- Laks kan også bli sjøsyke, og mistrives i bølger. Må tas hensyn til i utvikling av nye overføringsprinsipper.
- Propeller fra båtene stresser fisken, og bør enten posisjoneres riktig, skjermes eller være avslått nær merden

8.2.2 VURDERINGSKRITERIER

Et behov som er etterspurt av næringen er klarere retningslinjer som grunnlag for vurderinger vedrørende om en operasjon kan gjennomføres eller ikke. Foruten dette er det operasjoner som per dags dato gjennomføres uten annen kontroll enn erfaringsbasert vurdering, samt øyemål. Dette kan være vanskelig i dårlig vær slik det kan være på eksponerte lokaliteter.

8.2.2.1 *Trengingsgrad*

Trenging, både med orkastnot og kulelenke, er en manuell operasjon med liten mulighet for kontroll. Operasjonens påvirkning på fisken er omtalt i kap. 8.2.1.1 «Trenging av fisk». Denne usikkerheten i forhold til trengingsgraden til fisken, gjør vurdering av trengeprosessen vanskelig. Alternative måter å utføre trenging av fisken på, eller bedre måling av tettheten, kan være måter å håndtere dette på. Om man kan gjøre om på metodene som anvendes, er det heller ikke utenkelig at trenging slik vi ser på det per dags dato, vil sløyfes. Bedre overvåkning av fisken vil også være i tråd med punkt 4 gjort i undersøkelsen i ERFA.

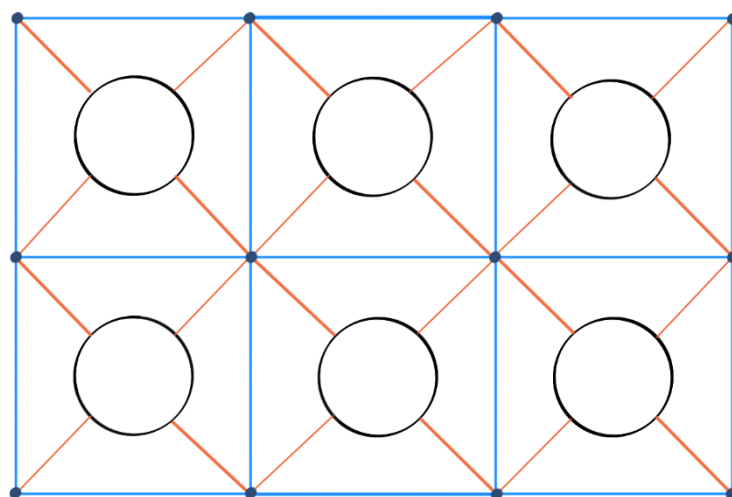
8.2.2.2 *Operasjonsvurdering*

Et problem som stadig nevnes i sammenheng med brønnbåtoperasjoner er et element av usikkerhet i forhold til hvorvidt brønnbåten dukker opp eller ikke. Det er ukjent om det eksisterer data som kan konkretisere hvor utbredt dette problemet er, noe som må tas hensyn til i vurdering av behovet. Lite datagrunnlag betyr at man har vansker med å trekke konklusjoner. Behovet i seg selv, uavhengig av problemstillingens dokumentasjon, er allikevel dokumentert gjennom forundersøkelsen, og må av den grunn tas med i vurderingen.

8.2.2.3 *Innseiling mot merden*

I undersøkelsen gjort i ERFA, var det hyppigst nevnte problemet innseilingen mot merden. Problemet er knyttet til fortøyningene, samt merdens skjørhet.

Figur 2 på side 3 i vedlegg A viser hvordan en typisk rammefortøyning ser ut, og her kan man tydelig se haneføttene som går fra merden til koblingsplaten i rammefortøyningen. Basert på brønnbåten Ro Fjell med kjøll som stikker 5.3 m ned i havet, vil den komme i kontakt med alle haneføtter innenfor 18 m avstand fra flytekragen. Ved å se på typisk tetthet mellom oppdrettsmerder festet i samme rammefortøyning, er det ikke overraskende at manøvreringsområdet blir begrenset.



Figur 15 Illustrasjon av 157meter (50m diameter) merder i rammefortøyning. Rammefortøyningen illustrert med lyseblå ligger ved 7 meters dyp. Koblingsplatene er illustrert med mørkeblått, og haneføttene med orange. Illustrasjon: Kasper Ellefsen

Det lyseblå rutemønsteret illustrerer rammefortøyningen på 7 m dyp. Haneføttene, illustrert med orange, er festet i koblingsplaten til rammefortøyningen og går opp til merden ved overflaten. Avstanden mellom merdene er på 50 m, hvorav 36 m utgjør områder med mulighet for kollisjon med haneføtter. Legg til elementer av strømning i havet, og utfordringene i forhold til navigasjon blir desto større.

Brønnbåtens store masse er også et problem i forhold til innseilingen. Kollisjon mellom merd og brønnbåt må på ingen måte forekomme, da dette kan forårsake havari av anlegg og rømning i stor skala. Det er altså store elementer av usikkerhet i forhold til vurderingen om brønnbåten kan legges til eller ikke.

8.2.2.4 Eierskap og ansvar tilknyttet fisken

Som nevnt i kap. 2.1, har oppdrettsselskapet ansvaret for fisken så fort den er om bord på brønnbåten. Intervjuer med matroser på brønnbåter gjort av SINTEF i forkant av SustainFarmEx prosjektet, gir mistanke om mangelfulle rutiner hos mange røktere. Denne påstanden er på lik linje med 8.2.2.2 Operasjonsvurdering, heller ikke dokumentert med et omfang som gir adekvat beslutningsgrunnlag. Den er allikevel troverdig, da det har seg slik at matrosene på brønnbåter spesialisere seg på brønnbåtoperasjoner, og opplever langt flere operasjoner enn røkterne som kun er med på det når deres anlegg har behov.

Matrosene er altså de med mest erfaring i forhold til brønnbåtoperasjoner, men de blander seg dessverre ikke inn da dette kan bety ansvarsfordeling, noe brønnbåtselskapet ikke ønsker. Matrosene har ikke lov til å gå ned på flytekragen å hjelpe selv om de skulle se en negativ hendelse de har mulighet til å stoppe.

Oppsummering:

- Trengingsgraden av fisk må kontrolleres, noe det ikke finnes gode rutiner på per dags dato.
- Det er høy grad av usikkerhet i forhold til gjennomføring av en operasjon. Faktorer som vær, og at brønnbåtselskap må prioritere andre anlegg, er med på å skape denne usikkerheten.
- Innseiling mot merden er en vanskelig operasjon med høy grad av usikkerhet. Grunn rammefortøyning og haneføtter som er i veien, gjør det vanskelig for brønnbåten å manøvrere.
- Det er mangel på insentiv hos matrosene på brønnbåt til å hjelpe røkterne om noe skulle gå galt grunnet konflikt vedrørende ansvaret for fisken som overføres.

8.2.3 MILJØPÅVIRKNINGER

I eksponerte områder er den mest opplagte utfordringen miljøet. Dette er noe som kan gjøre selv de enkleste oppgaver vanskelig.

8.2.3.1 Vind og bølger

Vind og bølger er et stort problem for flere aspekter ved operasjoner på merder. Grunnet muligheten for enkel tilgang til merden med arbeidsbåt, har de tradisjonelle merdene kun gjerde på innsiden av flytekragen. Dette gjør at arbeidere må være særdeles forsiktige når de jobber på merden. Det er vanskelig å gjøre manuelle operasjoner, slik de fleste oppgavene på en merd er, hvis merden er i så stor bevegelse at man kun kan fokusere på å holde seg fast. Vann som skylles over flytekragen og vind som tar tak i kroppen, vil gjøre selv de enkleste operasjonene vanskelig å gjennomføre. Et eksempel på en slik operasjon er opplining av not som skjer i forbindelse med heving av bunnring.



Figur 16 Dagens merder i hardt vær. De ansatte må klamre seg fast til gjerdet for å ikke falle. Illustrasjon fra sintef.no

8.2.3.2 Frost

Et aspekt som skiller norsk oppdrett fra oppdrett i varmere strøk, er muligheten for frost. Merdene er basert på å skulle ligge i overflaten og har dermed kontakt med både luft og vann. Denne kombinasjonen tilsatt minusgrad, gir ikke overraskende frost. Større deler av flytekragen, hvor arbeidere kan oppholde seg, blir derfor dekket med is. Dette vil også gjelde den øvre delen av nota, samt kjettingene som går ned til bunnringen. Som konsekvens må man avise hele merden, noe som er særdeles vanskelig om temperaturen er lav nok, gitt at man har behov for å gjennomføre en brønnbåtoperasjon. Dette kan være tilfeller av sykdom hos fisk, som det ikke er mulig å forutsi. Rekker man ikke å få aviset merden i tide, opplever man i verste fall massedød hos fisken.



Figur 17 Dagens merder i kulde. Frost har lagt seg langs gangbroen, og utgjør et stort problem om en hasteoperasjon skal gjennomføres. Illustrasjon fra sintef.no

8.2.3.3 Driving av not

Ettersom merdene som blir anvendt i all hovedsak er av typen gravitasjonsmerder, vil dette si at noten holdes på plass av gravitasjonskreftenes drag i bunnringen. Bunnringen har ikke noe fast feste, og henger av den grunn som et lodd. Notene beveger seg derfor med strømmingene i havet. Fordelen med dette er mindre drag i liner. Den negative siden oppstår under brønnbåtoperasjoner. Driver noten for

mye under trengningen av merden risikerer man å trenge for hardt. Dette kan medføre skader på fisken og er altså ikke ideelt. For å unngå at nota driver inn i brønnbåten under operasjonen, vil strømningene i havet bli kartlagt på forhånd slik at strømningene presser båten mot merden og ikke motsatt.

I prosjektet SECURE påpekes det at skal man unngå fremtidige skader og rømning må man gå vekk fra metoden som anvender bunnring, da denne påfører krefter som igjen fører til slitasje over tid. Driving av not er et problem i overføringsoperasjoner, men også i perioden fisken vokser i merden.

Oppsummering:

- Vind og bølger gjør arbeidsforholdene vanskelige på flytekragen. Da spesielt manuelle oppgaver.
- Frost som legger seg på merden gjør både arbeidsforholdene vanskelige, men er også et problem om man skal gjennomføre operasjoner som krever heving av bunnring, da kjettingene til denne kan være frosset fast.
- Strømninger i vannet kan forårsake store deformasjoner av den fleksible merdkonstruksjonen, og driving av bunnringen kan klemme fisken opp mot brønnbåten, noe som i verste fall forårsaker fiskedød og/eller rømning.

8.2.4 INTERAKSJON MELLOM BÅT OG ANLEGG

Som nevnt tidligere i oppgaven fortøyer brønnbåten seg ofte direkte til merden under en laste- eller losseoperasjon. Dette kommer av det enkle faktum at brønnbåten er en frittflytende flåte, mens merden kan sees på som en fortøyd flåte og er altså i relativt ro. Det er ønskelig at brønnbåten er i minst mulig bevegelse i forhold til merden for å lettgjøre operasjonen, men med dagens løsning er det flere problemer som oppstår.

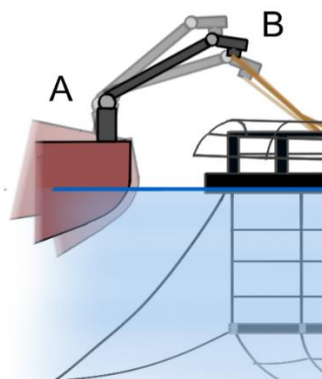
8.2.4.1 Uavhengige bevegelser og ujevn trenging

Merd, arbeidsbåt og brønnbåt vil på mange måter fremstå som delvis uavhengige system med hensyn til bevegelser. I det ene øyeblikket kan bølgene dra og rotere brønnbåt og arbeidsbåt fra hverandre (relativt sett), mens de i neste øyeblikk legger press på merden og dyttes mot hverandre. Dette eksempelet illustrerer hvordan relativ bevegelse kan oppstå, noe som vil få konsekvenser for operasjonen.

Kranbruk er hyppig brukt i oppdrettsnæringen. Som nevnt i kap.3.2, stammer denne praksisen fra fiske med snurpnot. Til forskjell fra fiske med snurpnot, er det ikke akseptabelt i oppdretten at noen fisk slipper ut av nota. En annen vesentlig forskjell, er at under fiske med snurpnot, er ikke båtenes posisjon i sjøen viktig. Om den skulle drive betydelige avstander under operasjonen har dette ingen stor påvirkning på arbeidet. Under en brønnbåtoperasjon er det dessverre slik at merden og båten ikke kan bevege seg, de må stå i ro i forhold til hverandre. I eksponerte områder er ikke dette noen selvfølge.

8.2.4.2 Rulling av båt og pumping

Foruten en ren translatorisk bevegelse, vil havet påføre både brønnbåt og arbeidsbåt rotasjonsbevegelse. Rulling er noe som kan være spesielt problematisk under kran- og pumpeoperasjoner. Pumperøret er holdt oppe av en kran på brønnbåten under operasjonen, og rotasjon i båten vil kunne få stort utslag på posisjonen til pumperøret. Rotasjon i brønnbåt og arbeidsbåt er også med på å forsterke trengeeffekten beskrevet i kap. 8.2.4.1.



Figur 18 Illustrasjon av rotasjonens påvirkning av kranpunkt. Liten endring i punkt A forårsaker stor endring i punkt B. Illustrasjon: Kasper Ellefsen

8.2.4.3 *Nedpressing av flytekrage*

På lik linje med at rulling kan forårsake problemer med kranoperasjoner og vanskelige arbeidsforhold, kan dagens brønnbåtoperasjoner utsette flytekragen til merden for mye press fra brønnbåt. Ved sterke strømninger og rulling risikerer man i verste fall at brønnbåten presser flytekragen under vann. Dette utgjør en stor fare for mannskap og vil medføre rømning av fisk.

8.2.4.4 *Skader på merd og forankringslinjer ved fortøyning av brønnbåt*

Merder er hovedsakelig ikke dimensjonert for å håndtere belastningene større båter kan påføre om de blir fortøyd til merden. Fortøyningen samt flytekragen tåler det ekstra draget en brønnbåt kan påføre merden ved dårlig vær, men de er ikke dimensjonert for eventuelle rykk i fortøyningen som kan oppstå ved bevegelse i brønnbåt. Disse rykkene vil forplante seg som en impuls kraft i merd og fortøyning, med toppverdier for kraftoverføring langt over hva konstruksjonen tåler. Etter samtale gjort med merdprodusenten Aqualine i forkant av prosjektet, kom det klart frem at det ikke eksisterer gode nok verktøy for å dimensjonere i forhold til disse påkjenningene. Kreftene som kan oppstå i slike påkjenninger, vil også være unødig store å dimensjonere i forhold til med hensyn de andre kravene som stilles av anlegget. Som alternativ tilbyr Aqualine egne fortøyningsbøyer for å unngå dette problemet, men det er allikevel mange som velger å installere anlegg uten disse bøyene. Av disse grunnene er ikke merdene godkjente for fortøyning av båter større enn 15m i lengde. Merdene levert av Aqualine har allikevel tatt hensyn til den etablerte bruken med fortøyning rett i merden, ved å underdimensjonere festepunktene slik at de skal ryke før merden. På den måten unngår man havari av merd om draget fra brønnbåt blir for stort.

8.2.4.5 *Propellens påvirkning av liner*

Foruten å være et stressmoment for fisken er propeller skumle i forhold til anlegget i seg selv. Haneføtter og annen fortøyning kan, og har tidligere, blitt sugd opp i propellene (igjen spesielt baugpropell). Dette kan medføre store problemer, spesielt om været skulle være dårlig og noe skulle hende med brønnbåten. Tiltak som har blitt gjort mot dette, er blant annet bruk av kjetting på haneføttene da dette både nedlodder linen og unngår at den blir sugd opp i propeller.

Oppsummering:

- Uavhengige bevegelser i brønnbåt og arbeidsbåt forårsaker ujevn og ukontrollerbar trenging av fisken
- Rulling av båtene gjør kranoperasjoner vanskelig. Da spesielt pumping, ettersom pumperøret holdes på plass med kran.

8.2.5 ANDRE BEVEGELIGE ELEMENTER

8.2.5.1 *Fall og klemming*

Den vanligste formen for ulykke som er rapportert, er fall og klemming. Årsaken til dette er sannsynligvis at flere operasjoner gjøres manuelt under en brønnbåtoperasjon. Høy forekomst av bevegelse grunnet bølger, og vann som gjør dekket sleipt, gjør arbeidsforholdene på merd og båt vanskelig. Samtidig anvendes store mengder tauverk som stiller høyere krav til røkternes fotplassering, noe som er med på å forsterke problematikken. Lining av not under heving av bunnring er en slik operasjon, og denne vil bli sterkt påvirket om røkterne må bruke mye krefter på å holde seg oppreist. Dette blir et toveis problem, da både operasjonen i seg selv blir påvirket av røkternes vanskelige arbeidsforhold, og røkternes oppgaver under operasjonen vil gjøre det vanskeligere for dem å holde seg oppreist.

8.2.5.2 *Gnaging av not og line*

Ved eksponerte lokaliteter vil det være mye bevegelse av utstyr. Eksempler på dette er båtene som ligger fortøyd til merden, samt pumperøret som anvendes ved brønnbåtoperasjoner. Pumperøret er i denne sammenhengen ekstra viktig da det kan medføre gnaging mot noten som igjen kan medføre rømning. Skal man unngå dette, er det viktig å se på måter å unngå at båten som anvendes, hviler direkte på konstruksjonen uten noen form for beskyttelse.

8.3 Vurdering av problemstilling, aktører og endringsmuligheter

Å overføre fisk på sikker måte ut fra sitt opphold i oppdrettsmerd på eksponert lokalitet, er essensen i denne oppgaven. Det er altså ingen restriksjoner på hvordan merd, båt eller utstyr trenger å se ut, eller om merden må overføre fisk direkte til brønnbåten. Dette er noe som dramatisk øker antall variable elementer i en løsningsmodell for problemet. Essensen av det hele er å få X antall gjenstander fra A til B i et område hvor man har problemer med ustabilt underlag (les: bølger) og variable krefter (les: strømninger i havet). Når utstyret står urørt er dette en situasjon man uten vanskeligheter kan dimensjonere i forhold til, selv under hardt vær. Under interaksjon med brønnbåt mister man denne garantien.

VI HAR I DE FORESTÅENDE KAPITELNE BLANT ANNET SETT AT:

- Dagens løsning er adoptert fra fiske med snurpenot, men har andre omstendigheter i oppdrettsnæringen
- Både merdene og brønnbåtene blir stadig større
- Eksponerte områder stiller egne krav til teknologi og arbeidsmetoder
- Det mangler egne løsninger rettet mot overføringsoperasjoner
- Manuelle oppgaver som blir sett på som selvfølgeligheter, blir særs kompliserte når været er hardt
- Det er hovedsakelig elementer som er i bevegelse som utgjør hovedbøymen i problematikken
- Kranoperasjoner utgjør et særs stort problem
- Større utnyttelse av eksponerte havområder har tvunget frem innovasjon, og en ledetråd kan finnes der hvor man har hatt suksess med slik praksis.

Med utgangspunkt i idéen om å etablere en ny metode for uthenting av fisk fra en merd, uten å være bunden i dagens merders utforming og med kunnskaper om de problemene som eksisterer, skal det være mulig å forbedre dagens løsning. Dette selvfølgelig gitt at det finnes en slik ny løsning. Problemene som oppstår under en operasjon nevnt i kap. 8.2 Problemstillinger, kan på mange måter sees på som praktiske behov, dvs. behov brukerne trenger å få løst, uten at de nødvendigvis har et bevisst forhold til dem som sine krav til en løsning. Dersom modellen man setter opp skal ha mulighet til å bli gjennomført, må den allikevel som et minimum oppfylle kravene brukerne selv setter. Det er her innovasjonselementet kommer inn i bildet.

Oppsummering:

- Fall og klemming er blant de vanligste ulykkesformene under brønnbåtoperasjoner. Mye bevegelse og sleipt underlag kombinert med manuelle oppgaver med høy bruk av liner, er med på å utgjøre dette problemet.
- Mye bevegelse og mekanisk korrosjon mellom gjenstander som ligger og gnager, kan forårsake store problemer om en viktig line skulle slites.

Viktige punkter i kapittel 8:

- Stressopplevelser som bølger og trenging får fisken til å trekke nedover i merden, noe som kan anvendes i overføringsmetodikk.
- Dagens trengeprosess er hverken kontrollerbar eller målbar per dags dato. Skal overføringen foregå sikkert, er dette noe som må utbedres. Dette betyr også at selve trengeprinsippet er vitalt å endre.
- Båtens propeller stresser fisken og kan skade fortøyning. Mulighet for å separere de to i større grad, vil være til fordel for overføringsoperasjonen.
- En ny løsning for overføring av fisk bør minimere mengden manuelle oppgaver, da dette er oppgaver som blir påvirket av miljøet. Det er også en stor kilde til fall. En løsning bør fungere uavhengig av slike faktorer.
- Strømningen i havet gjør bruk av kraner sterkt problematisk da disse ikke kan styres sikkert i forholdene.
- Mengden tauverk som anvendes medfører klemming, og bør unngås i en endring av overføringsprinsippet.



Vurderinger gjort:

- Unødig kranbruk, tauverk og mangel på sikker ankomst for brønnbåt utgjør de største problemene med dagens overføringsmetode av fisk mellom merd og brønnbåt.
- En utbedring av trengingsprosessen til en kontrollerbar og målbar oppgave, vil være det enkelttiltaket som gir den største forbedringen i hvordan overføringen foregår.

9 BEHOVSANALYSE

Å forstå seg på aktørenes behov er essensielt for å kunne utarbeide en god løsning. En god idé som ikke tilfredsstiller noen reelle behov, vil i praksis ikke være brukenes. Behovene som blir presentert her, er basert på en generell oppfatning etter studier av industrien og samtaler med folk i forskjellige stillinger i bransjen. Tilbakemeldingene etter samtalene viser god overenstemmelse, med det inntrykket opparbeidet etter studiet gjort i de tidlige fasene av prosjektet. Inntrykkene gjort ved samtaler med aktørene, har reflektert oppfatningen som er blitt bygget opp igjennom studiene i de tidlige fasene av prosjektet. Det skal dog nevnes at metoden anvendt gir en mulighet for metodefeil, grunnet et bias i vurderingsgrunnlaget. Av denne grunnen kan ikke behovene presentert her tolkes som absolutte.

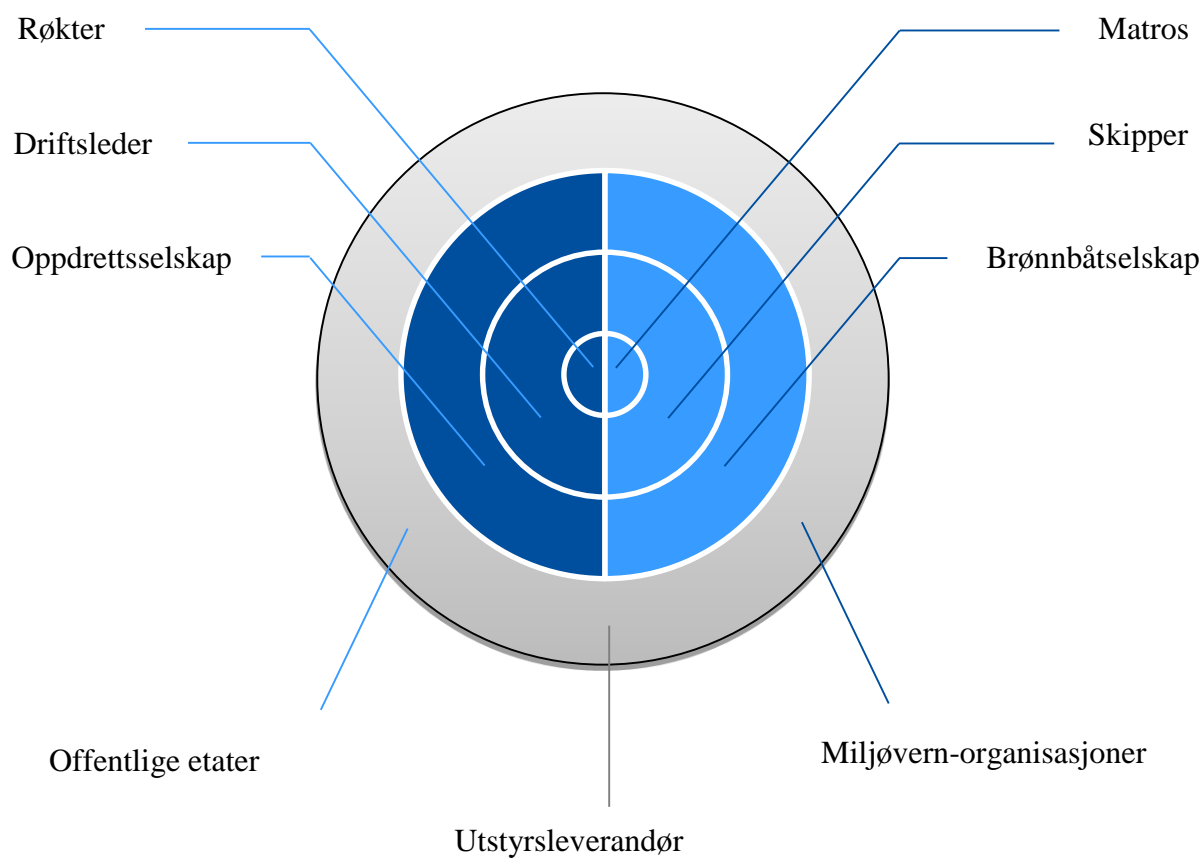
BASERT PÅ

9.1 Aktørenes overfladiske behov

En oversikt over relevante aktører blir å finne i vedlegg A, «Dagens oppdrett». Aktøren «utstysleverandør» blir ikke tatt med videre i prosessen. Dette handler ikke om at deres behov ikke er vurdert som relevant i forhold til valg av en eventuell løsning. Ved en eventuell senere fase i produktutviklingen, hvor et konsept blir tatt videre og vurdert mot ferdig produkt, vil utstysleverandørens behov blir mer interessant å vurdere nærmere. Basert på informasjonen om problemstillingene og de relevante interessentene, vil følgende underkapitler presentere den enkelte aktørs behov.

Figur 19 - Aktør Oversikt

Diagrammet under viser sammenhengen mellom aktørene. Der feltene gir kontakt har man primærinteraksjonen aktørene seg imellom. Modellen er tenkt sentrert rundt en brønnbåtoperasjon.



9.1.1 OPPDRETTSSELSKAP

Oppdrettsselskapet er de som sitter igjen med overskuddet, men ikke jobber direkte opp mot selve anlegget. Vurderinger her gjøres hovedsakelig ut ifra en økonomisk synsvinkel. Det er derfor viktig for dem at brutto inntekt minus utgifter og uforutsette tap ender positivt, og med god sikkerhetsmargin. De ønsker med andre ord å få produsert mest mulig fisk av kvalitet høy nok til å selges som matfisk, med så lave utgifter som mulig. Om muligheten for en eventuelt økning i avkastninger er større enn utgifter tilknyttet investering, er det gode muligheter for å få gjennomført en slik investering.

Det er også av oppdretters interesse å ha et godt forhold til myndigheter og eksterne interessenter, for på den måten å unngå restriksjoner eller aktører som motarbeider dem politisk. Bryter de loven vil slike aktører finne ut av det og straffe dem for det. Bøter, sanksjoner, og eventuelle krav om skadeoppretting er ikke noe oppdrettsselskapene er villig til å risikere.

9.1.1.1 *Driftsleder*

Som driftsleder sitter man med mye ansvar i forhold til anleggets sikkerhet. Man må svare for seg hvis ting ikke går som forventet. At en operasjon går etter planen er dermed høyt på prioriteringslisten. Dette omhandler sikkerhet for mannskap, rømningssikkerhet, og operasjonssikkerhet (evnen til å utføre en operasjon uavhengig av omstendigheter).

9.1.1.2 *Røkter*

Som ansatt på et oppdrettsanlegg jobber man direkte med drift av anlegget. Enkle, trygge og effektive måter å gjøre ting på er her i hovedfokus. Som røkter har man ikke noe direkte insentiv for å øke fortjenesten til bedriften som helhet, annet enn yrkesstolthet. Behovet ligger hovedsakelig i mestring av oppgavene, og disponere verktøy som gjør det mulig å gjennomføre en bedre jobb. Bedre og nyere utstyr står med andre ord høyt på ønskelisten i denne gruppen, snarere enn økonomiske kostnader eller organisatoriske vurderinger.

9.1.2 BRØNNBÅTREDERI

Brønnbåtrederiene ønsker på lik linje med oppdrettsselskapene å maksimere profitt. Dette skjer primært ved å bruke minst mulig ressurser i utførelsen av en oppgave. Dette kan oppsummeres i to punkter: 1) mindre operasjonstid ved anlegget og høyere operasjonssikkerhet og 2) det at avlysning av operasjoner ikke er en sjelden hendelse i industrien. Dette forårsaker lite optimale endringer i planene, samt tap av arbeidstid.

Som beskrevet i vedlegg A «Dagens oppdrett», har heller ikke brønnbåtrederiet noe ønske om en løsning som involverer en høyere grad av ansvar fra deres side, med mindre dagens lovmessige situasjon endres.

9.1.2.1 Kaptein

Som kaptein har man behov for høy grad av operasjonssikkerhet for å unngå bomturer. Det er også ønskelig å gjennomføre operasjonene så fort og problemfritt som mulig. Det er i tillegg viktig for kapteinen å kunne ha full oversikt over oppgavene som utføres av mannskapet, slik at han kan sørge for at de både blir gjort tilfredsstillende, og at de ikke gjør noe som kan gjøre dem ansvarlige om noe skulle gå galt.

9.1.2.2 Mannskap

Som mannskap på brønnbåt, er primærbehovet å kunne gjennomføre oppgavene med minimalt avvik. Med andre ord er det viktig for dem med en løsning som fungerer best mulig uavhengig av omgivelsene.

Viktige punkter i kapittel 9.1:



- Forskjellige aktører har forskjellige behov, og det eksistere en klar behovskonflikt mellom aktørene
- Desto nærmere du kommer den faktiske prosessen, desto større er behovet for praktisk anvendt teknologi
- Desto høyere du kommer i hierarkiet, desto viktigere er behovet for organisatorisk vekst og avkastning

9.2 Oppdretteres behov

Ved samtale med oppdrettere både ved personlig møte og gjennom mailutveksling, har nevnte problemer blitt ytterligere bekreftet. Grunnet undersøkelsens snevre omfang, ble det gjort på denne måten for å få mest mulig ut av den enkelte kilden. Av denne grunn fungerte dette mer som en hypotesetest enn en direkte undersøkelse. Det er ikke snakk om data det kan trekkes dyptgående konklusjoner basert på, men heller bekreftelse og detaljering av problemstillinger allerede undersøkt i tidligere arbeider. Selskapene som ble kontaktet, var hovedsakelig mindre oppdrettsselskap, og forblir i denne sammenheng anonyme. Både oppdrettere som allerede anvendte eksponerte lokaliteter, og de som driver med mer skjermet oppdrett, kunne alle bekrefte mye av de samme problemstillinger og ønsker. På neste side vises en oversikt over de viktigste punktene i tilbakemeldingene.

Ønskene som ble fremhevet var:

- Mer bruk av eksponerte lokaliteter
 - Det er ønske om å produsere mer fisk på færre lokaliteter, noe som igjen krever mer strømning og derav mer eksponerte lokaliteter
- Avlusningsoperasjoner og lignende blir spesifikt nevnt som typisk utfordrende oppgaver.
 - Mye heving av not, bunnring og annen kranbruk skaper problemer
 - Slitasje på fisk nevnes som en av konsekvensene
 - Avlusning nevnes spesifikt grunnet hastverket forbundet med operasjonen
- Selskapene ønsket hovedsakelig å satse på langsiktige investeringer, over lavterskeltiltak.
- Ettersom selskapene var av relativt beskjedne størrelse, var det lite ønske om å stå i fronten for innovasjonsprosesser, men ønske om å ta i bruk nytt utstyr om det var uttestet og en forbedring.
- Mer automatisering og maskiner som tar over menneskelige oppgaver, var generelt ønsket velkommen så lenge det menneskelige elementet ikke forsvant.
 - Manuelle oppgaver ble spesifikt nevnt som ikke ønskelig
 - Automasjon var ønsket som en måte å gi arbeiderne bedre tid og mer oversikt
- Som det mest kritiske i dagens drift, ble dårlig vær nevnt som den klart største problemstillingen.
 - Bruk av kran ble igjen nevnt i denne sammenhengen
 - Belastning av brønnbåt og drag i liner ble også nevnt som et fare-element grunnet været. Dette er noe støtter opp om tidligere nevnte hypotese vedrørende utilstrekkelig utstyr og praksis for problemstillingene som oppstår ved eksponerte områder.

Viktige punkter i kapittel 9.2:



- En brønnbåtoperasjon er mer enn bare ren overføring. Det gjøres mer arbeid til forberedelser og tilpasning av merden, enn det brukes til selve pumpingen av fisk.
- Det brukes store mengder tauverk for å holde ting på plass.
- Antall kraner som anvendes for å styre nota i riktig posisjon, indikerer mangel på kontroll i trengeprosessen.

10 KRAVSPESIFIKASJON

Kravspesifikasjonen i denne oppgaven er utarbeidet og beregnet for bruk i utviklingen av konseptene, altså i de første faser i produktutviklingen. Den er anvendbar som et grunnlag for videre utvikling, men ettersom et valg faller på utforskning av et enkelt løsningskonsept, vil spesifisering av kravspesifikasjonen være nødvendig. Dette gjelder også brukerkravspesifikasjonen, da eksempelvis oppdrettere i Finnmark formidler andre utfordringer med oppdrett i disse områdene, enn oppdrettere i Rogaland. Begge disse områdene kan defineres som eksponerte, men mens området i Finnmark kan være utsatt for frost og mye bølger, kan område i Rogaland oppleve hyppig og sterk vind. Dette vil ikke bare gi utslag i rene objektive krav, men også i hvilke problemstillinger som oppstår for røkterne under bruken av det enkelte anlegget, og dermed også det enkelte behovet.

Denne presiseringen av kravspesifikasjon er viktig både i forståelse av dens formål i denne oppgaven, men også for å hjelpe eventuell oppfølging av arbeidet i form av produktrealisering. Spesifikasjonen må tas for det den er, nemlig konkretisering av tilstander, problemer, og behov som grunnlag for konseptutvikling, og ikke anvendes ut over dette formålet. Kravspesifikasjonen har vært et inkrementelt arbeid, hvor prosessen har bestått av vekselvis å innføre nye krav, og fjerne dem om det skulle vise seg at de ikke er en nødvendighet for en ny løsning mot problematikken.

Brukerkravspesifikasjonen er delt i to deler, grunnet ansvarfordelingen diskutert tidligere i oppgaven. Som påpekt av røktere, er det nok mannskapet på brønnbåtene som sitter på den beste kunnskapen i forhold til hvordan en operasjon bør gjøres da dette er deres spesialitet. Dog, da det primært er teknologi for bruk på oppdrettsanlegg som blir vurdert i denne oppgaven, er det essensielt å se på hvilke krav røktere også har til en eventuell løsning.

I arbeidet har det også blitt anvendt en form for kravspesifikasjon anvendt i produktdesign, kjent som produktdesignspesifikasjon. Denne må ikke forveksles med produktkravspesifikasjonen. Produktdesignspesifikasjonen inneholder funksjonelle og abstrakte krav brukt til generering av konsept, mens produktkravspesifikasjonen inneholder absolutte krav og brukes til vurdering og verifisering av det gjeldende konseptet.

Brukerkravspesifikasjon brønnbåt(3):	<p>Brukt for å kartlegge viktighetsgraden til forskjellige aspekter ved nye løsninger på oppgavens problematikk.</p> <p>Basert på undersøkelse av behovene til skipper og mannskap ved Rostein RoFjell.</p> <p>Behovene er klassifisert etter viktighet, med en skala fra 1-6, hvor 1 er uviktig og 6 er svært viktig.</p>
Brukerkravspesifikasjon røkter(3):	<p>Brukt for å kartlegge viktighetsgraden til forskjellige aspekter ved nye løsninger på oppgavens problematikk.</p> <p>Basert på undersøkelse av behovene til røktere ved oppdrettsanlegget Rataren.</p> <p>Behovene er klassifisert etter viktighet, med en skala fra 1-6, hvor 1 er uviktig og 6 er svært viktig.</p>
Produktdesignspesifikasjon(16):	<p>Brukt for subjektiv vurdering av design. Brukes for idegenerering og er basert på prinsipper fra produktdesign. Basert på opparbeidet kunnskap om problemstillingen fra tilbakemelding hos røktere, samt rapporter og artikler på problematikken.</p>
Produktkravspesifikasjon(3):	<p>Brukt for objektiv vurdering av konsept.</p> <p>Grunnleggende metode innenfor produktutvikling.</p> <p>Basert på konkretisering av kravene i brukerkravspesifikasjon og produktdesignspesifikasjonene.</p> <p>Kvalitetssikring av satte verdier ble gjort ved presentasjon av disse for styringsgruppen i prosjektet.</p>

10.1 Brukerkravspesifikasjon brønnbåt

Brukerkravspesifikasjon Brønnbåt			
Produkt:	Utarbeidet av: Kasper Ellefsen	Godkjent av:	Dato: 31.05.2014

1	Funksjonskrav	Viktighet (1-6)
1.1	Kontroll over hvor mye fisken blir trengt uavhengig av værforhold	5
1.2	Røkternes oppgaver er gjennomførbare uavhengig av hjelp fra brønnbåt	5
1.3	Mulighet for festing av pumperør i merd	3
1.4	Pumperøret uavhengig av kran for å holde seg oppe under selve pumpingen	3
2	Omgivelseskrav	Viktighet (1-6)
2.1	Bedre fortøyningsmuligheter for brønnbåt ved anlegg	4
2.2	Mer plass mellom merdene på anlegg	5
2.3	Dypere rammefortøyning/haneføtter	5
2.4	Ingen driving av merdens not, hverken mot eller fra brønnbåt	6
3	Operasjonelle krav	Viktighet (1-6)
3.1	Mindre tunge arbeidsoppgaver	5
3.2	Mindre bruk av tauverk	5
3.3	Mer maskinstyrte oppgaver	5
3.4	Mindre kranbruk	5
3.5	Mulighet for fjernstyring av maskinstyrte oppgaver	6
3.6	Hurtigere operasjonsgjennomføring	4
3.7	Gjennomførbar uten behov for hjelp av dykkere	6
4	Sikkerhetskrav	Viktighet (1-6)
4.1	Oversikt over fisken under hele operasjonen	6
4.2	Ergonomisk utforming av anvendt utstyr	5
4.3	Manuell overstyringsmuligheter	6
4.4	Minimal fare for skade på personell	6
4.5	Operasjon skal kunne avbrytes om dette vurderes som riktig, uten at dette går ut over fisk eller utstyr	6
4.6	Feil bruk av utstyr skal ikke påføre skade på mannskap	6
5	Dokumentasjonskrav	Viktighet (1-6)
5.1	Enkle plansjer som viser nøkkelfunksjonalitet ved nytt utstyr	6
5.2	Oversiktlig servicemanual	6

10.2 Brukerkravspesifikasjon røkter

Brukerkravspesifikasjon Røkter			
Produkt:	Utarbeidet av: Kasper Ellefsen	Godkjent av:	Dato: 31.05.2014

1	Funksjonskrav	Relativ viktighet (1-6)
1.1	Kontroll over hvor mye fisken blir trengt uavhengig av værforhold	6
1.2	Merd med ferdigmontert mekanisme for trenging av fisken (ingen behov for orkastnot)	3
1.3	Røkternes oppgaver skal være gjennomførbare uavhengig av hjelp fra brønnbåt	6
2	Omgivelseskrav	Relativ viktighet (1-6)
2.1	Ingen deler skal stikke ut i områder hvor røktere beveger seg	6
2.2	Områder i stor bevegelse skal ha heldekkende gjerder/rekker	6
2.3	Dekk/gulv skal ha belegg eller annen løsning for å motvirke fall	6
2.4	Ingen teknologi som stikker mer enn 30 meter under vann	1
2.5	Dypere rammefortøyning/haneføtter	1
2.6	Mer plass mellom merdene på anlegg	5
2.7	Bedre fortøyningsmuligheter ved merdene	1
3	Operasjonelle krav	Relativ viktighet (1-6)
3.1	Mindre tunge arbeidsoppgaver	4
3.2	Mindre bruk av tauverk	3
3.3	Mer maskinstyrte oppgaver	2
3.4	Mindre kranbruk	3
3.5	Mulighet for fjernstyring av maskinstyrte oppgaver	3
3.6	Hurtigere operasjonsgjennomføring	3
3.7	Gjennomførbar uten behov for hjelp av dykkere	4
3.8	Mindre forberedelsestid	3
4	Sikkerhetskrav	Relativ viktighet (1-6)
4.1	Oversikt over operasjon	6
4.2	Ergonomisk utforming av anvendt utstyr	5
4.3	Lite vedlikehold	3
4.4	Manuell overstyringsmuligheter	4
4.5	Minimal fare for skade på personell	6
4.6	Operasjon skal kunne avbrytes om dette vurderes som riktig, uten at dette går ut over fisk eller utstyr	5
4.7	Feil bruk av utstyr skal ikke påføre skade på mannskap	6
5	Dokumentasjonskrav	Relativ viktighet (1-6)

5.1	Enkle plansjer som viser nøkkelfunksjonalitet ved nytt utstyr	5
5.2	Oversiktlig servicemanual	4

10.3 Produktdesignspesifikasjon

Produktdesignspesifikasjon			
Produkt:	Utarbeidet av: Kasper Ellefsen	Godkjent av:	Dato: 31.05.2014

1	Funksjonskrav	Skal	Bør
1.1	Direkte eller indirekte lette arbeidet med overføring av fisk på eksponerte områder	✓	
2	Omgivelseskrav	Skal	Bør
2.1	Anlegg må tåle nødvendige fysiske belastninger og påkjenninger fra bølger og strømninger	✓	
2.2	Anlegg må tåle nødvendig belastning fra annet utstyr (eks:kran)	✓	
2.3	Produktet skal ikke være en fare for liv og helse	✓	
2.4	Ankomsten til produkt som skal håndteres av personell må være trygg	✓	
2.5	Ankomsten til anlegget må være trygg	✓	
2.6	Viktige holdepunkter bør være merket med reflektor, refleks eller lys		✓
2.7	Anlegget bør forebygges mot eventuell ising		✓
2.8	Oppholdsplatformer skal være sikre selv ved mye bølger	✓	
2.9	Brønnbåt skal ha egnet fortøyningspunkt gitt at fortøying kreves	✓	
2.10	Anlegg bør ha tiltak for å forebygge fall		✓
3	Operasjonelle krav	Skal	Bør
3.1	Arbeidsoperasjoner bør ikke være avhengige av at merd eller oppholdsplattform står i ro		✓
3.2	Operasjoner skal ha hensiktsmessig og god belysning	✓	
3.3	Operasjoner som kan medføre fall bør unngås		✓
3.4	Bruken av produktet skal kunne stoppes, og reverseres om det trengs, hvis operasjonen avbrytes	✓	
3.5	Alenearbeid skal unngås	✓	
3.6	Automatiserte operasjoner skal ha manuell overstyring	✓	
3.7	Det bør ikke skapes usikkerhet ved ansvarfordelingen ved operasjonen		✓
3.8	Operasjonen bør unngå å legge opp til interessekonflikt mellom røktere og mannskap på brønnbåt		✓

3.9	En operasjon skal kunne avbrytes når som helst hvis nødvendig.	✓	
4	Pålitelighetskrav	Skal	Bør
4.1	Levetid på produkt bør være minst 10 år		✓
4.2	Levetid på produkt bør rettferdiggjøre investering		✓
4.3	Vital funksjonalitet ved produkt bør ha backup løsning om den skulle feile før forventet tid for vedlikehold/forkastning		✓
5	Vedlikeholds krav	Skal	Bør
5.1	Ved krav om daglig kontroll må produkt være tilgjengelig enten ved overflaten, eller ha permanent overvåkning under vann	✓	
5.2	Periodisk vedlikehold skal ikke gjøres hyppigere enn hver 18. mnd.	✓	
5.3	Produktet som krever hyppig kontroll av en menneskelig kontroller, bør ikke monteres dypere enn 30 meter i havet, da dette krever spesialdykkere for vedlikehold		✓
6	Sikkerhetskrav	Skal	Bør
6.1	Feil bruk av utstyr skal ikke påføre skade på produkt		✓
6.2	Feil bruk av produkt skal ikke påføre skade på mannskap	✓	
6.3	Feil bruk av produkt bør ikke utgjøre fare for fisk		✓
6.4	Bruk av produkt skal utføres med egnet verneutstyr	✓	
6.5	Parallelle operasjoner som foregår utenfor vanlig kommunikasjonsrekkevidde skal ha egnet kommunikasjonsverktøy	✓	
6.6	En avbrutt operasjon skal ikke kunne medføre fare for mannskap, eller fare for rømning.	✓	
7	Kostnader	Skal	Bør
7.1	Produktet skal gi langsiktig avkastning med hensyn til driftskostnader, investeringskostnader og produsert biomasse	✓	
7.2	Produktet bør ikke utgjør en for stor enkeltinvestering hvis det er rettet mot forbedring av eksisterende anlegg		✓
7.3	Produktet skal medføre lavere driftskostnader ved eksponert oppdrett	✓	
8	Standarder	Skal	Bør
8.1	Anlegget skal være satt opp etter NS9415 standarden	✓	
9	Miljøkrav	Skal	Bør

9.1	Produktet bør være laget av materiale som ikke påvirker miljøet ved vanlig bruk		✓
9.2	Produktet skal være av materialer som ikke kan forårsake alvorlige lovbrudd ved hverken riktig eller feil bruk	✓	
9.3	Produktet skal ikke øke sannsynligheten for rømning	✓	
9.4	Fisk skal ikke skades uhensiktsmessig	✓	
9.5	Produktet bør være laget av materiale som muliggjør resirkulering/gjenbruk		✓
9.6	Ising bør ikke hindre vital funksjonalitet ved produktet		✓
9.7	Produktet skal være beskyttet mot galvanisk korrosjon om ikke korrosjonen er en tiltenkt egenskap	✓	
10	Utforming	Skal	Bør
10.1	Overflater som skal håndteres av personell, skal der dette trengs ha rigid overflate som gir godt grep selv ved mye fuktighet	✓	
10.2	Produkt bør være enkelt tilgjengelig for personell for bruk og vedlikehold		✓
10	Dokumentasjonskrav	Skal	Bør
10.1	Produkt skal leveres med illustrativ bruksanvisning og plansje som viser nøkkelfunksjonalitet	✓	
10.2	Produkt skal leveres med servicemanual	✓	

10.4 Produktkravspesifikasjon

Produktkravspesifikasjon			
Produkt:	Utarbeidet av: Kasper Ellefsen	Godkjent av:	Dato: 31.05.2014

1	Funksjonskrav	Mål
1.1	Overføre fisk fra oppdrettsanlegg til brønnbåt	<i>Må innfris</i>
1.2	Maksimalt avvik ved måling av tregevolum	10 %
1.3	Tregegrad skal kunne styres slik at volumet kan økes eller minskes etter behov. Dette skal kunne fjernstyres av røkter.	<i>Må innfris</i>
1.4	Minimum fisk holdt av anlegget	1.4 millioner
2	Omgivelseskrav	Mål
2.1	På bølgeeksponerte lokaliteter må anlegget være konstruert for bølger av type	<i>3m signifikant bølgehøyde og 5,3-18,0s pikperiode</i>
2.2	På dype lokaliteter må anlegget være konstruert for å stå fortøyd på dybder på inntil	200m
2.3	På dype lokaliteter må anlegget være konstruert for å tåle bølger av type	<i>7m signifikant bølgehøyde og 10,0-18,0s pikperiode</i>
2.4	På strømningsutsatte områder må anlegget være konstruert for å tåle strømninger på minimum	3m/s
2.5	Anlegg skal tåle vind på minst	45m/s
2.6	Om brønnbåt ikke kan stå på DP på anlegget, må den ha egnet fortøyningspunkt dimensjonert for brønnbåter med lengde opp til	120m
3	Operasjonelle krav	Mål
3.1	En endring i trengeoperasjonen skal ikke innføre bruk av kraner	<i>Må innfris</i>
3.2	En endring i trengeoperasjonen skal ikke innføre mer bruk av tauverk	<i>Må innfris</i>
4	Pålitelighetskrav	Mål
4.1	Levetid på anlegget må være minst	10år
4.2	Ved et produkt som involverer heving/senking av merd, skal det eksistere backup løsning om primærløsning slutter å fungere	<i>Må innfris</i>
5	Vedlikeholdskrav	Mål
5.1	Drift av anlegg som involverer oppgaver hvor merden ikke kan ha fisk i seg skal ikke måtte gjennomføres oftere enn hvert	1.5år
5.2	Produkt skal kontrolleres ukentlig	<i>Må innfris</i>
6	Sikkerhetskrav	Mål
6.1	Ved merder og anlegg som skal heves/senkes, må hevingen kunne utføres på under	1 time

6.2	Ved merder og anlegg som skal heves/senkes, må heving og synking av anlegget kunne gjennomføres	<i>1 gang daglig</i>
6.3	Anlegget skal oppfri sikkerhetsstandarden NS9416	<i>Må innfris</i>

10.5 Tanker vedrørende brukerkravspesifikasjon

Resultatene av undersøkelsene gjort i forhold til utledningen av brukerkravspesifikasjonene var interessante. Undersøkelsene gjennomført er alt for små til å trekke generaliserte konklusjoner grunnet mangel på statistisk signifikans. De traff allikevel veldig godt i forhold til tanker gjort på forhånd om hvilke behov henholdsvis røkter og brønnbåt ser. Blant punktene presentert i brukerkravspesifikasjonene kan man merke seg:

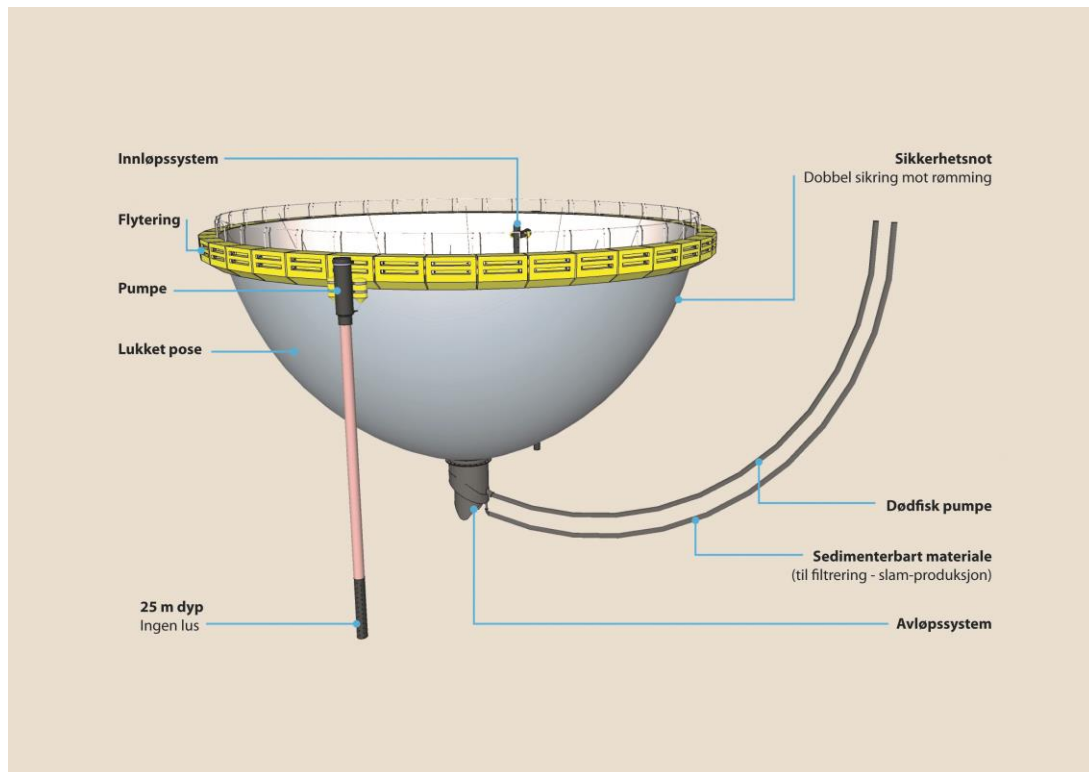
- Begge parter vurderer større plass mellom merdene som et viktig krav til nye løsninger
- Røkterne ser ikke behov for dypere haneføtter og rammefortøyning, noe de ansatte ved brønnbåten gjør. Dette er ikke overraskende, da haneføttene og rammefortøyningen primært er i veien for brønnbåten sin ferdsel.
- Samme trend ser man på fortøyningsmuligheter. Som røkter vurderes dagens løsning som tilstrekkelig, men for de som jobber på brønnbåt er dette noe som kunne blitt utbedret.
- I forhold til operasjonelle krav som eksempelvis, mindre bruk av tauverk, mer maskinstyrte oppgaver, mindre kranbruk, mulighet for fjernstyring av maskinstyrte oppgaver, kan man igjen se hvordan ansatte ved brønnbåter vurderer problemstillingen forskjellig fra røktere. Disse kravene ble alle vurdert som særdeles viktige (5-6) av de brønnbåtsansatte, mens røkterne vurderte det i den lavere delen av spekteret (2-3).
- Sikkerhetskrav er noe både røkter og brønnbåt begge vurderer som særdeles viktige faktorer ved nye løsninger.

11 ANVENDBARE PRINSIPPER

Før de mer helhetlige konseptforslagene blir presentert, vil oppgaven ta for seg noen enklere delkonsepter og faktorer som vil være interessante å ta til vurdering under utgreiing av mulige løsninger. Slike delkonsepter og faktorer, fra nå av kalt prinsipper, vil kunne være deler i et ferdig konsept for å løse overføringsproblematikken. Noen av prinsippene som blir presentert i dette kapitlet, vil i stor grad kunne vært et konsept i seg selv. Samtidig vil de kunne være essensielle komponenter i en mer kompleks løsning, og for å kille de to har valget falt på å inkludere et slikt kapittel. Valget på denne inndelingen er gjort bevisst med hensyn til potensiell videreføring av arbeidet.

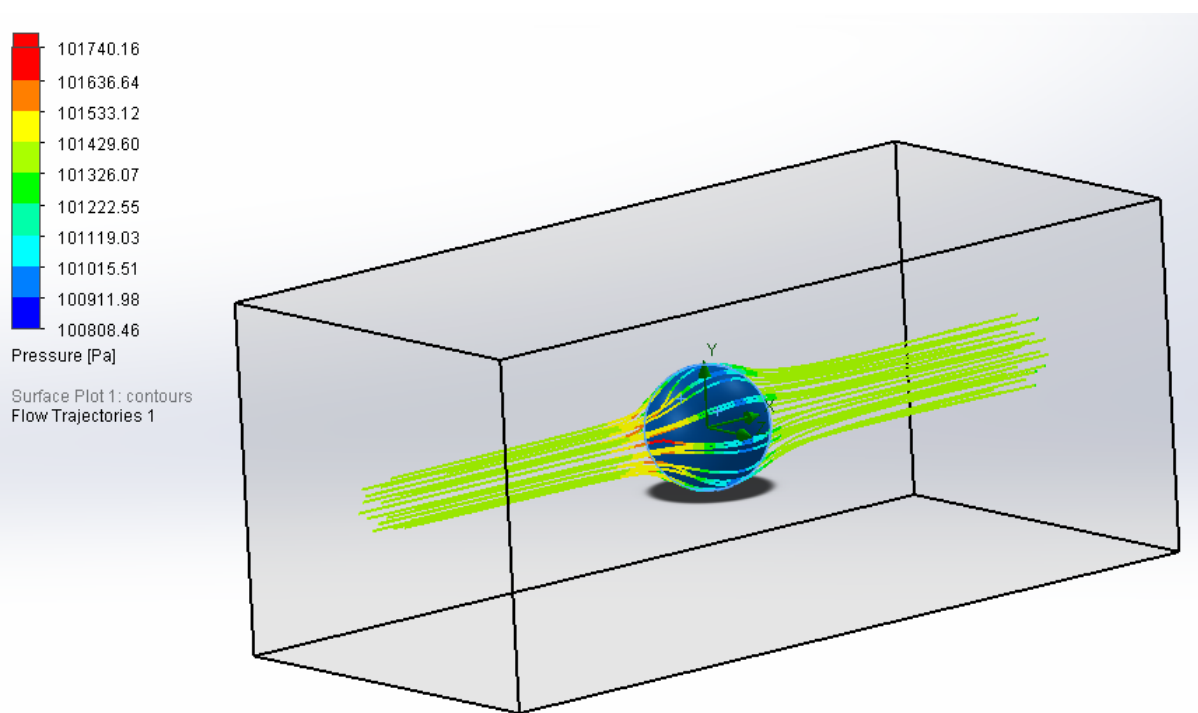
11.1 Åpen eller lukket merd?

En ny trend i utviklingen av teknologi anvendt i oppdrett, er bruken av lukkede merder. Selskapet AkvaDesign vant sommeren 2013 Fiskeridirektoratets miljøpris for sine nyutviklede lukkede merder. Prinsippendringen de har foretatt er et resultat av utbytte av den klassiske notposen laget av et nettingmønster i nylon, med en duk laget av et komposittmateriale. Fordelen med slike løsninger er potensiell eliminering av luseproblematikken, reduksjon i utslipp fra anlegget, reduksjon i rømning og bedre fôringsrater. For å simulere miljøet i en åpen merd og gi fisken nok oksygen, blir friskt vann pumpet inn fra dypet under merden. Resultatene av en toårig utprøving av merden ga utelukkende gode resultater. Blant dette var null rømning, null lus og reduserte utslipp. Selv om denne nye formen for oppdrett lover godt, er heller ikke denne merden immun mot eksterne feil. I ettertid av testperioden forekom det ett tilfelle av rømning under en smolt-overføring. Problemet var ikke merden i seg selv, men at pumpa stoppet og at lyset som skulle berolige fisken røyk. Dette førte til at smolten ble panisk. Resultatet var noe dødfisk og rømning ved at fisk svømte inn i innløpssystemet i den lukkede merden. Dette er ting som ikke skal skje, men er igjen en påminner om at ting kan gå galt. Når dette inntreffer vil ikke ting operere etter vanlige spilleregler. Med andre ord vil aldri robuste systemer kunne oppnå idealet med «null rømning» slik ønsket. Robusthet betyr bare at noe er resillient mot de vanligste årsakene til feil. Årsaken til denne feilen i anlegget var treffende nok dårlig vær som forårsaket en jordingsfeil. Dette passer godt overens med problemstillingen i denne oppgaven. At det var nettopp dårlig vær som forårsaket problemene, er noe som gir en pekepinn på at bruken ikke vil kunne overføres til eksponerte områder. Anders Næss som står bak den lukkede merdtypen, kan bekrefte dette, og presiserer at merden er tiltenkt bruk i skjermede områder⁽¹⁷⁾. Dette vil si lokaliteter med strømningsstyrke opp til klasse Bb, som etter NS 9415 standarden⁽¹⁸⁾ vil si opp til 1 meter bølgehøyde og 0.5 m/s strømningshastighet i havet.

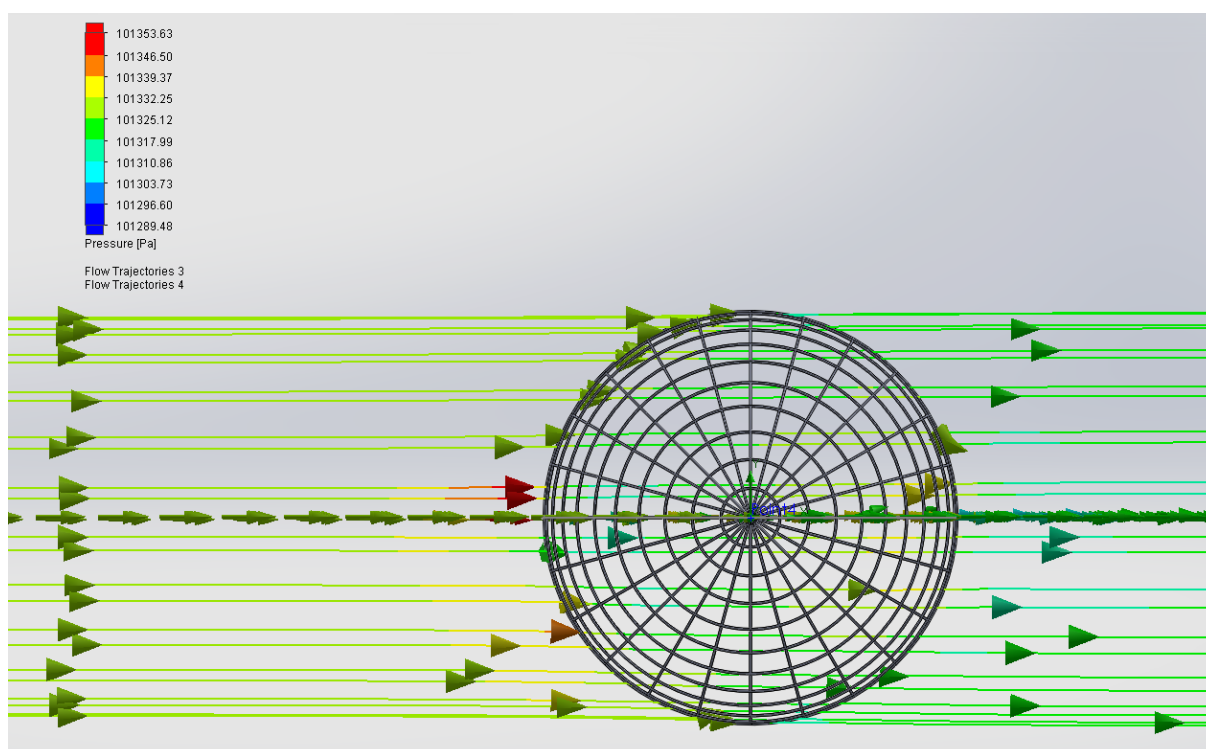


Figur 20 Lukket merd produsert av AkvaDesign. Illustrasjon levert av, og gitt tillatelse til bruk av, Anders Næss(17) ved AkvaDesign.

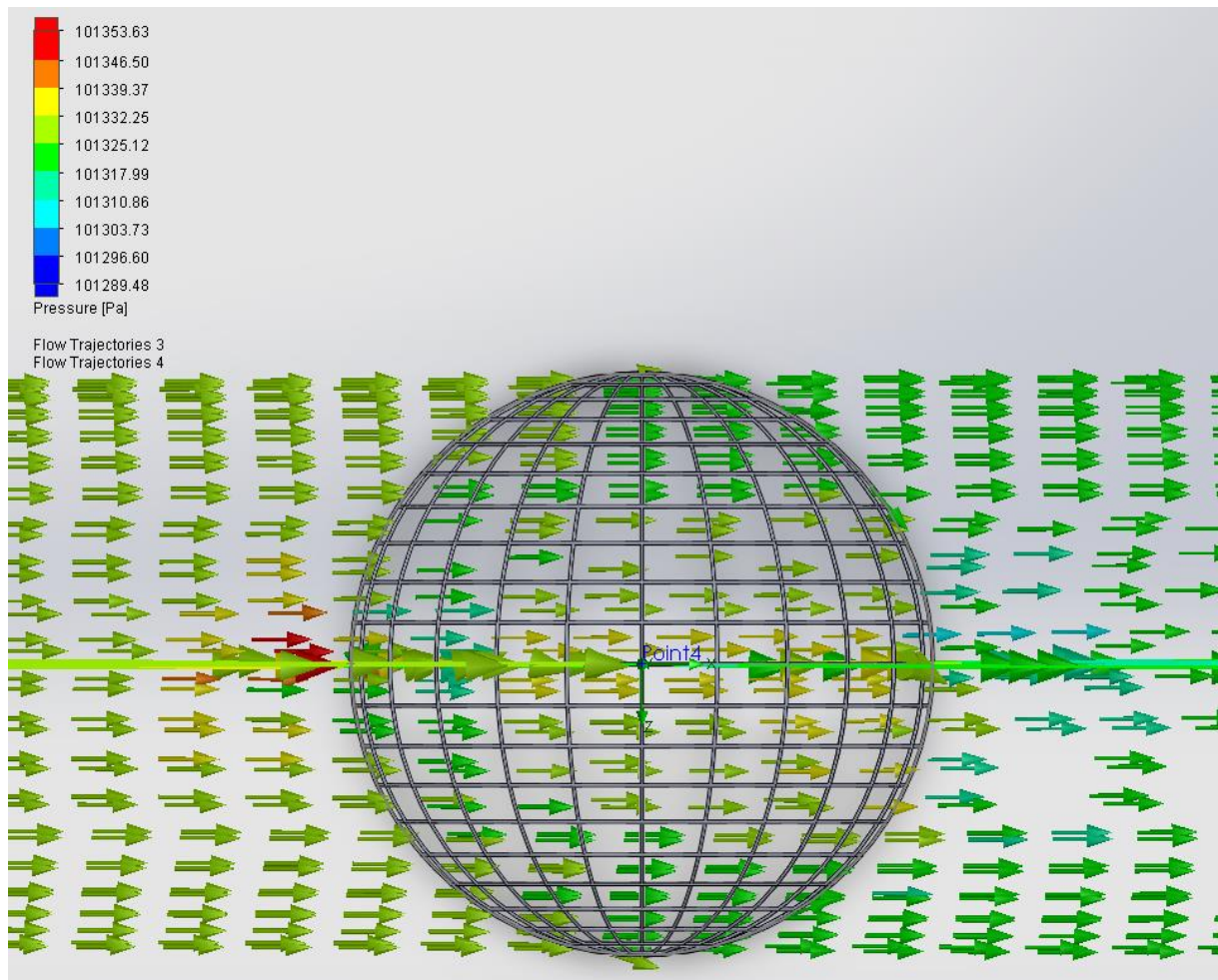
Et annet aspekt ved lukkede merder som må tas med i betraktningen, er hvordan de blir påvirket av strømningsbilde i havet. En lukket merd vil fungere som et havseil og dermed påføre langt større dragkrefter på merden. Anders Næss påpeker at problemstillingen med eksponert oppdrett ikke er noe Aquaculture Innovation har villet ta tak i, nettopp på grunn av denne effekten. For å illustrere hvordan strømningsbildet endrer seg rundt en lukket merd, ble begge deler modellert og simulert i CAD/FEM verktøyet Solidworks. Valget på geometrisk modell falt på en sfære, da denne ville gi best mulig resultater til den lukkede modellen grunnet lav dragkoeffisient på 0.47. Modellene ble satt til å være helt rigide, og ser bort fra deformasjon og eventuelle interne trykkforskjeller. Resultatene kan sees under.



Figur 21 Vannstrømning med 1 m/s strømningshastighet omkring en sfære. Simulert i SolidWorks



Figur 22 Strømning rundt og gjennom en åpen sfærisk merdkonstruksjon simulert i SolidWorks. Strømningen er av typen vann med hastighet 1 m/s. Sett fra siden.



Figur 23 Strømning rundt og gjennom en åpen sfærisk merdkonstruksjon simulert i SolidWorks. Strømningen er av typen vann med hastighet 1m/s. Sett ovenifra.

Som illustrasjonene viser får man ikke overraskende et langt større drag i den lukkede modellen. De gule vektorene som indikerer trykk på den lukkede modellen, er av samme størrelse som de røde på den åpne modellen. Det som her er avgjørende, er forskjellen mellom trykket foran og bak konstruksjonen. Denne trykkforskjellen vil totalt sett avgjøre resultantkraften som en eventuell fortøyning må stå imot. Den prosjekterte overflaten til modellen langs strømningsaksen er også langt større i den heldekkende modellen, noe som forsterker resultantkraften. Resultatet av en simuleringsanalyse på en sfærisk modell med diameter 30m ble følgende:

Parameter	Value	X-component	Y-component	Z-component	Surface Area [m ²]
Force [N]	33781	33778	170	423	2786

At den heldekkende merden opptar mer krefter er ikke oppsiktsvekkende, men allikevel noe som må tas med i betraktning. Dette vil forsterke effekten av eventuelle bølger og strømninger, og dermed

påvirke arbeidsfartøy som opererer på merden. En løsning med heldekkende duk må med fordel være slik at overføringsprosessen ikke er avhengig av å holde merden på plass, da den er lett påvirkelig av miljøet.

Ved pumping av fisk ut av merden er det et annet aspekt ved lukkede merder som åpner for nytenkning. Det faktum at merden er avgrenset, gjør at en pumpeoperasjon har et begrenset volum om så skulle være ønskelig.

Viktige punkter i kapittel 11.1:



- Lukkede merder løser mange av problemene med utslipp, fiskelus og potensielt også rømning.
- Åpne merder trenger ikke eget system for sirkulasjon i merden, og blir mindre påvirket av strømninger grunnet lavere dragkoeffisient og mindre prosjektert flate relativt til strømningsretning.
- Geometrisk utforming vil være avgjørende for dragkrefter ved valg av lukket merd
- Lukkede merder har et absolutt volum internt, noe som både åpner opp for nye muligheter, og må tas hensyn til under trenge-/pumpeoperasjoner

11.2 Fleksibel eller rigid konstruksjon?

Dagens gravitasjonsmerder er av en såkalt fleksibel konstruksjon. Dette kommer av at nota henger fra flytekragen, og kan svinge fritt kun stabilisert av bunnringen som lodder nota på plass. Denne konstruksjonen forårsaker store deformasjoner når strømningene er sterke, men vil dermed også unngå mye av kreftene som en solid konstruksjon må dimensjoneres i forhold til. Dette dilemmaet i forhold til hvordan man skal håndtere de store kreftene som kan oppstå offshore, er noe Trond W. Rosten ved SINTEF Fiskeri og havbruk tar opp i sin presentasjon vedrørende lukkede oppdrettsanlegg i sjø(19).

Rosten beskriver utfordringene ved fleksible og rigide anlegg slik:

Rigide	Fleksible
Dimensjonerings utfordring	Deformasjon forårsaket av ytre krefter
Har modeller og kalkulatorer	Intelligent styring av de «indre» kreftene
Material utfordringer	Mangler modeller og kalkulatorer

Basert på det vi vet om problematikken ved eksponerte områder, kan det være interessant å rette fokus på rigide konstruksjoner ved eksponerte områder, mye inspirert av praksisen til petroleumsindustrien. Et eksempel på dette ble vist i kap. 5.3.

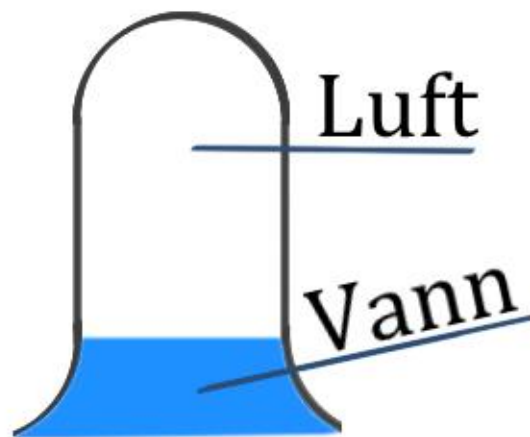
Viktige punkter i kapittel 11.2:



- En rigid konstruksjon tillater kontrollerte trengemetoder langs en fastsatt akse.
- Fleksible merder er rimeligere å konstruere, da de deformerer seg etter omgivelsene istedenfor å stritte mot dem. Dette betyr at kreftene konstruksjonen opptar blir mindre.

11.3 Dykkerklokke

Et gammelt prinsipp brukt i dykking, er bruken av dykkerklokker. Dette prinsippet foregår ved å ha en konteiner som inneholder luft, med en åpning som peker nedover. Gitt at konteineren er helt tett kan ikke luften slippe ut noe sted. Ettersom luft veier mindre enn vann synker den heller ikke nedover. Figur 24 viser dette prinsippet på en enkel måte.



Figur 24 Illustrasjon av dykkerklokkeprinsippet. Av: Kasper Ellefsen

Grunnen til at dykkerklokker er interessant å se på, er at det potensielt sett kan brukes i merder som skal være under vann. Dykkerklokken kan fungere som en kunstig overflate for fisken å vake på. Det må nevnes at trykket i kammeret vil øke på linje med dybden. Det er usikkert hvordan fisken eventuelt reagerer på denne trykkforskjellen.

Et forsøk(20) på å bruke dette prinsippet i praksis ble gjort ved bruk av luftkuppel i testmerder ved Havforskningsinstituttets forskningsstasjon i Matre i perioden 14. mars til 6. mai i 2012. Et forsøk gjort i forkant observerte at enkelte fisk lærte seg å bruke en slik kuppel, noe som ga forskerne grunnlag for å teste det i større skala. Resultatet av det større forsøket, bar preg av liten interesse for kuppelen. Enkelte fisk i den ene forsøksmerden lærte seg å bruke luftkuppelen for å bevare oppdrift, men flertallet endte opp med tom svømmeblære. Grunnen til den lave interessen for kuppelen antar man kan være kuppelens lille størrelse, og stimens faste bevegelsesmønster. For at fisken skulle komme opp til kuppelen måtte den bryte markant med stimens bevegelse, noe som strider mot prinsippene bak stimformasjon.

Tross de vage resultatene av forsøket, er det interessant å se på videre forskning, særlig i forhold til hvordan teknologi for overføring på eksponerte områder skal gjennomføres. Blir prinsippet med en merd som oppholder seg permanent under vann realisert, vil det bli behov for et overføringsprinsipp som bedre støtter denne merdformen. Dette behovet vil blant annet inkludere mer autonome systemer ettersom det er vanskelig å anvende dykkere på høyt eksponerte områder. Dette er noe som kan gå på bekostning av personalsikkerhet. Det som bør nevnes er at en undervannsmerd med større dykkerklokke vil trenge betydelig nedlodging. I denne sammenhengen kan det være interessant å se på merdkonstruksjoner i stål. Dette betyr også at et overføringsprinsipp ikke kan kreve store bevegelser i merden.

Viktige punkter i kapittel 11.3:

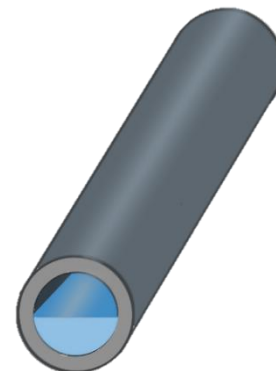


- En dykkerklokke kan potensielt muliggjøre bruken av undervannsmerder, som vil kreve nyere overføringsprinsipper, med større grad av automasjon.
- Mer forskning kreves på området for å kunne bekrefte eller avkrefte hvorvidt prinsippet er realiserbart.
- En eventuell mekanisme som skal hjelpe med å få fisken ut fra en merd med dykkerklokke, kan ikke utsette merden for mye bevegelse. Dette fordi en dykkerklokke krever stor grad av stabilitet for å opprettholde sin funksjonalitet.

11.4 Undervannsmerder, heving og senking

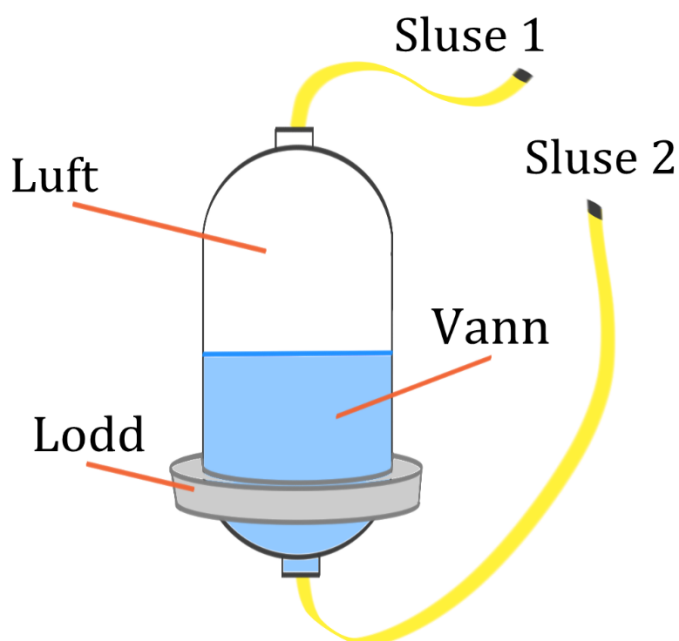
Som nevnt i kap. 11.3 har undervannsmerder store fordeler ved bruk på eksponerte havområder. Slik også nevnt er det problemer i forhold til fiskens evne til å oppholde seg under vann over lengre tid.

Skal man kunne anvende slike undervannsmerder, med eller uten en dykkerklokke, kreves det en praktisk metode for å heve og senke merden, som ikke involverer manuelt arbeid. Heveprinsipper av objekter i vann, anvender ofte «heveballonger» som fylles med luft under vann. Problemet med disse er at desto nærmere overflaten disse kommer, desto mindre blir trykket rundt ballongen, og desto mer utvider den seg. Dette medfører en ujevn og lite kontrollerbar heving. En annen måte man kan oppnå den samme effekten, uten bruk av slike heveballonger, er ved å anvende konstruksjonen i seg selv som hevemekanisme.



Figur 25 Rør med vann som bærebjelker, kan medføre positivt eller negativt løft.

Pumping av vann inn og ut av bærende bjelker i konstruksjonen vil endre konstruksjonens massetetthet, og forårsake positivt eller negativt løft. Konstruksjonen er heller ikke merkbart påvirket av trykkendringene, så lenge den er dimensjonert for dette. Gitt at dette er styrt av en kontrollenhet ved overflaten, kan man også bruke dette prinsippet til å bestemme hvor høyt opp man ønsker å heve merden. Hele prosessen er maskinstyrt uten behov for manuelle operasjoner.



Figur 26 Konseptskisse av en enkel oppdriftsmekanisme for heving og senking under vann. Illustrasjon: Kasper Ellefsen

Prinsippet med heving og senking er vist i Figur 26. Åpnes sluse 2 samtidig som sluse 1 tilføres luft fra en kompressor, vil dette tvinge vannet i beholder ut. Dette vil øke andelen luft i beholderen og gi oppdrift. Det motsatte, åpning av sluse 1 med sluse 2 tilkoblet vann, vil forårsake et innsug av vann konstruksjonen, og den vil synke. Loddet fungerer her som stabilisator. Løsningen kan prinsipielt også gjøres med kun en sluse med kobling opp mot styringsenheten, hvor den andre enheten kun er trykkstyrt. Dette er dog en mindre sikker løsning, da en eventuell rotasjon av konstruksjonen vil forårsake at luft blir blåst ut, og ikke vann, noe som gjør heving umulig.

En tilpasning som kan gjøre prinsippet anvendbart uavhengig av å ha en opp- og nedside, er ved å installere flere sluser, hvor hver enkelt sluse har en gravitasjonssensor tilkoblet. Ved å se på de to slusene som har størst normalkomponent av gravitasjon (i henholdsvis motsatt retning), kan man velge å anvende disse slusene. Dette gjør at en eventuell rotasjon av legemet kun vil medføre at andre sluser blir prioritert for heving og senking.

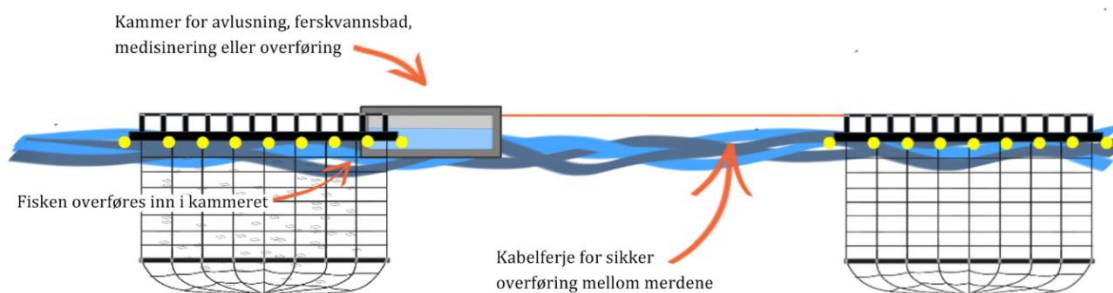
Viktige punkter i kapittel 11.4:



- Heving og senking av merd ved pumping av vann inn og ut av rør i konstruksjonen, er en metode som åpner opp for bruk av blant annet undervannsmerder.
- Metoden kan automatiseres, og er ikke avhengig av manuelle operasjoner.

11.5 Lokal overføring

Per dags dato gjennomføres operasjoner som krever at man får fisken ut av merden, ved hjelp av en brønnbåt. En brønnbåt er dermed et fraktverktøy, som også brukes som lokalt maskineri for å gjennomføre en oppgave på anlegget. Oppgaver som flytting av fisk, avlusning, og sykdomsbehandling, kan potensielt gjennomføres av et lokalt verktøy som ikke trenger å være designet for å forflytte seg over store avstander.



Figur 27 Kabelferje mellom anlegg for overføring av fisk. Illustrasjon: Kasper Ellefsen

I figuren ovenfor ser man et eksempel på hvordan en slik løsning vil kunne se ut. Løsningen er sterkt inspirert av den tasmanske måten å overføre laks på, i forbindelse med ferskvannsbading av laksen. Her overføres fisken til en ny merd, uten å anvende vakuumpumper. Om en slik løsning blir utviklet, åpner det opp for helt nye måter å tenke oppdrett på. Den kan potensielt gjøre overnevnte operasjoner langt mer driftssikre da man kan gjennomføre operasjonen når behovet melder seg. Man er ikke avhengig av å vente på ankomst av en brønnbåt, og operasjonen er potensielt også langt mer skånsom for fisken om implementasjonen unngår bruk av vakuumpumper. En annen mulighet er ved anvendelse opp mot en større flåte, hvor man har mulighet for lokal slaktning på anlegget. Dette er noe som kan vurderes for videre arbeider, da en slik løsning kan muliggjøre selektiv og behovsstyrt slaktning av fisk. I den forbindelse vil det være interessant med videre studier av:

- Huon Aquaculture «fresh water bath»
- Huon Aquaculture's selektive bløgger som anvender fiskens naturlige instinkter til å svømme mot strømmen for å redusere stress, samt sorterer fisk basert på størrelse.
- Droner for frakting av ferdig slaktet og filetert fisk
- Helikopter for frakting av ferdig slaktet og filetert fisk

Viktige punkter i kapittel 11.5:



- Lokal løsning gjør anlegg uavhengig av brønnbåt for mindre oppgaver
- Tilgjengelig utstyr på anlegget gir raskere responstid på hasteoppgaver
- Lokal teknologi muliggjør nye driftsmetoder. Eks: slaktning og filetering av fisk direkte på anlegget.

11.6 Geometrisk utforming

STERKT
OMSKREVET

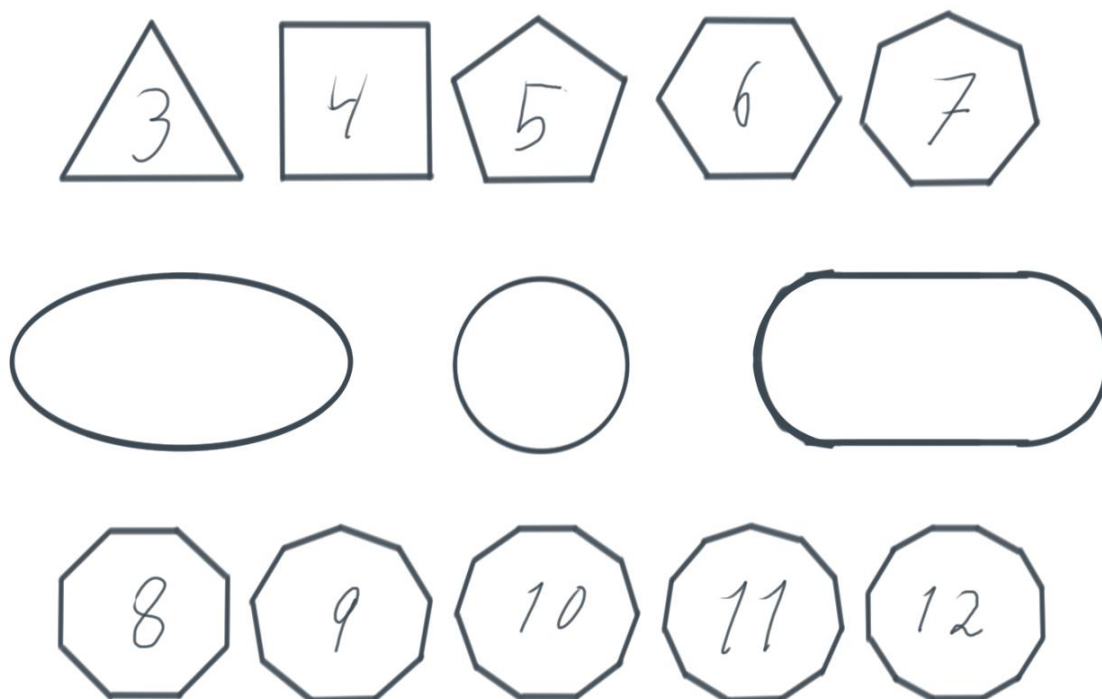
Ettersom merden er en såpass avgjørende faktor med hensyn til valg av overføringsmetode, er det essensielt å vurdere hvordan variasjon i geometri vil avgjøre egenskapene til merden. Egenskapene i havet under ekstreme forhold er i stor grad definert av geometriske faktorer, og vil påvirke løsningsrommet til en fremtidig overføringsprosess. Tross den tidligere nevnte kritikken av dagens merddesign for bruk på eksponerte områder, blir ikke enkeltprinsippene som utgjør dagens merder, ekskludert fra vurdering. Nye måter å sette sammen allerede eksisterende prinsipper på, kan gi løsningskonsepter med helt nye egenskaper. I første omgang vil forskjellige modeller bli presentert.

Flere modeller som ikke er vist her, har vært med i en vurderingsprosess, uten å bli tatt med i det videre arbeidet. Dette er gjort av praktiske grunner.

Den beste måten å gjøre en slik vurdering på, er ved å gå fra det enkle til det komplekse. Dette vil her si å ta utgangspunkt i enkle todimensjonale former, for så å utvide konseptet til tre dimensjoner.

11.6.1 FLATER

Flatene som blir vurdert er hovedsakelig de grunnleggende, som består av polygoner og sirkulære former. Disse blir vurdert i forhold til hvilke egenskaper de vil ha i et offshore miljø. Stjerneformede mangekanter ble også vurdert, men forkastet da deres egenskaper er i sterk strid med det behovet som eksisterer i offshore sammenheng. Eksempler på dette er stor omkrets i forhold til arealet. Overført til 3D blir dette stor overflate per volum, og altså dyrere, mer komplekst og med flere feilkilder enn en modell med mindre overflate. Figur 28 tar for seg de første 12-kantede polygonene, samt tre sirkulære former. Nummeret på den enkelte figur illustrerer antall kanter i modellen.



Figur 28 Oversikt over elementære flater basert på antall kanter, samt varianter av sirkulære enheter.
Illustrasjon: Kasper Ellefsen

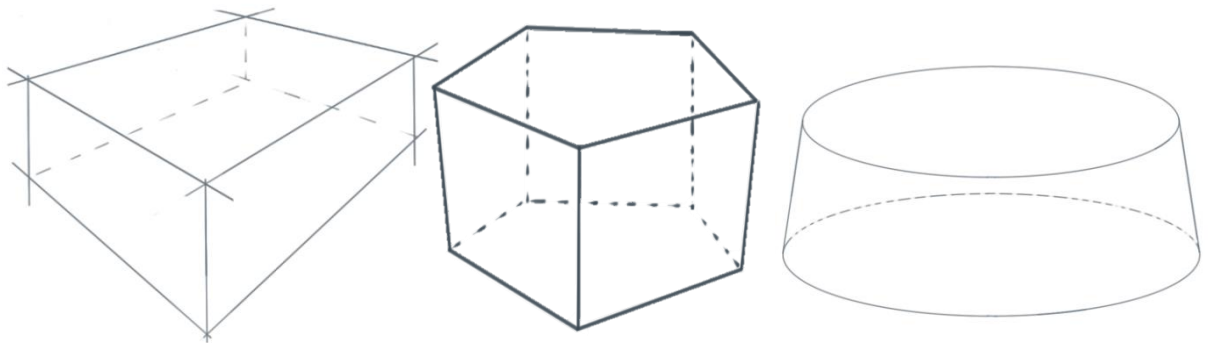
Den umiddelbare praktiske implikasjonen av formene, er hvordan modellen blir mer og mer sirkulær desto flere kanter som er involvert. Sirkulære former har fordeler i forhold til bedre absorpsjon av krefter. Med dette menes hvordan interne krefter fordeles jevnt, noe som unngår

spenningskonsentrasjoner. Spenningskonsentrasjoner kan forårsake plastisk materialoppførsel i punktetene og dermed også brudd. Det negative med sirkulære former er vanskeligheter i forhold til konstruksjon og tilpassing av not. En not som skal dekke en sirkulær flate, er langt mer komplisert enn en som skal brukes på en rett flate, samt langt vanskeligere å reparere. Foruten om dette har sirkulære former en fordelaktig geometrisk koeffisient med hensyn til utregning av dragkrefter. Formene med få kanter har allikevel også fordeler. Rette kanter betyr enklere installasjon av utstyr.

Vi kan se på det som et kontinuum hvor ytterlighetene er få og uendelig mange kanter (m.a.o. en sirkel).

Få kanter:		Mange kanter:
Enkel konstruksjon Enkel bytte/reprasjon Mulige spenningskonsentrasjoner		Kompleks konstruksjon Vanskelig bytte/reparasjon Smart fordeling av interne spenninger

11.6.2 KUBOID, PRISMER OG SYLINDERE



Figur 29 Kuboid, prisme og sylinder. Illustrasjon: Kasper Ellefsen

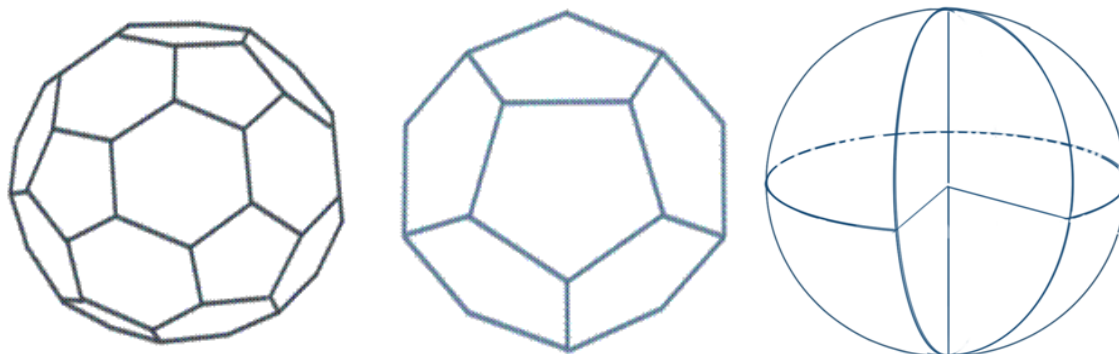
Gjør vi en lineær utvidelse av kontinuumsprinsippet, ser man fort hvordan dette gir oss de vanligste merdformene: fra kuboider som er mye brukt i merder nær land, til sylindere som antakelig er den vanligste formen på merder i Norge per dags dato.

Slike former er praktiske om man ønsker å ha tilgang til merden. Mye av dagens metoder for oppdrett baserer seg på menneskelig syn og vurderinger fremfor automatikk. Dette medfører at gangbro anvendes, hvor man kan observere tilstand til både fisk og merd. Denne gangbroen er mulig å ha grunnet den flate toppen på merdens geometriske utforming.

Kuboider er i stor grad vanskelige å anvende i eksponerte områder, men om man lager konstruksjonen solid nok, eller installerer merden under vann, er det ikke umulig å gjøre den driftssikker. Fordelen med

en slik konstruksjon er en veldig enkel form, som eksempelvis enkelt kan brukes til forhåndsinstallerte trengemekanismer. Dette vil utdypes mer i kap. 11.7.

11.6.3 SFÆRISK OG MANGEFLATET



Figur 30 Sfærer og mangeflater. Illustrasjon: Kasper Ellefsen

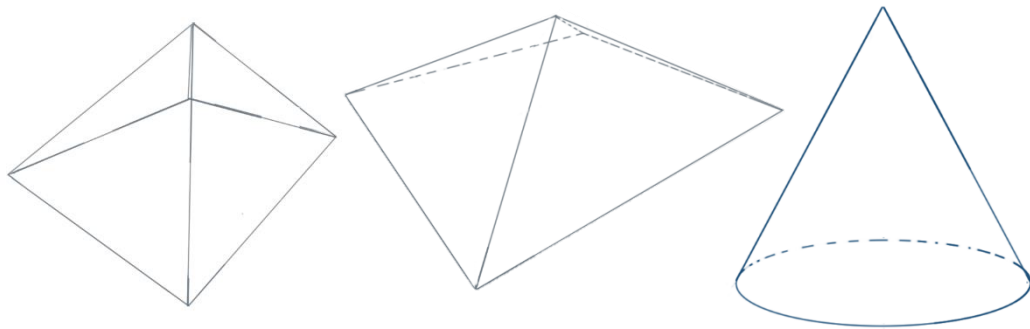
Prinsippet med variasjon i geometri, trenger ikke bare å skje i planet. Innfører vi samme variasjon langs en ny akse, sitter vi igjen med sfærer og mangeflater. Disse modellene har ingen klar topp eller bunn, noe som skiller de dramatisk fra dagens merder.

Ved bruk av en løsning som ikke involverer behov for mannskap på merden under en overføringsoperasjon, er sfæriske eller tilnærmet sfæriske former, særdeles sterke i forhold til å håndtere eksponerte områder.

For enklere å få tilgang inn i merden, kan mangekanter i stor grad være et bedre alternativ enn en perfekt sfære. Dette kommer av at en mangekant kan implementeres som en modulbasert løsning. Dette gjør at enkeltelementer kan fjernes for tilgang inn i merden, og også byttes ut ved slitasje.

Ønskes tilgang til merden fra havoverflaten uten å måtte åpne segmenter av merden, er det også en mulighet å anvende kun en halvdel av geometrien. Dette gir den karakteristiske sfæriske formen, men en åpen topp og mulighet for flytekrage med gangbro.

11.6.4 KJEGLE/PYRAMIDE OG SAMMENSATTE FIGURER



Figur 31 Pyramider og kjegler

Kjegler og pyramider har til felles deres naturlige innsnevring. Denne egenskapen gjør dem særdeles anvendbare i bruk ved trenging av merden. Foruten utforming av notduker, er ikke kjegler i pyramider mye brukt ved design av merder. De er mer anvendt i sammensatte figurer hvor de er kombinert med andre former. Dette kommer av at det karakteristiske endepunktet i slike former, er enkelt å bruke i produksjon av merd. Restene av nota samles i dette punktet, istedenfor å måtte gjøre spesialtilpasninger flere steder på merden.

Viktige punkter i kapittel 11.6:

- Det er et kontinuum mellom få kantede former med enkle og praktiske egenskaper, og mange kanter med strukturelt gode egenskaper, men krav om appropriære løsninger.
- Kontinuumet mellom få og mange kanter kan utvides i planet og i rommet. Dagens merder anvender eksempelvis runde former i planet, men ikke i rommet. Sfærer gjør dette og gir særdeles gode strukturelle egenskaper for eksponerte områder.
- Kjegler og pyramider er praktisk anvendbare former å kombinere med andre, blant annet for å gjøre samling av notender enklere.



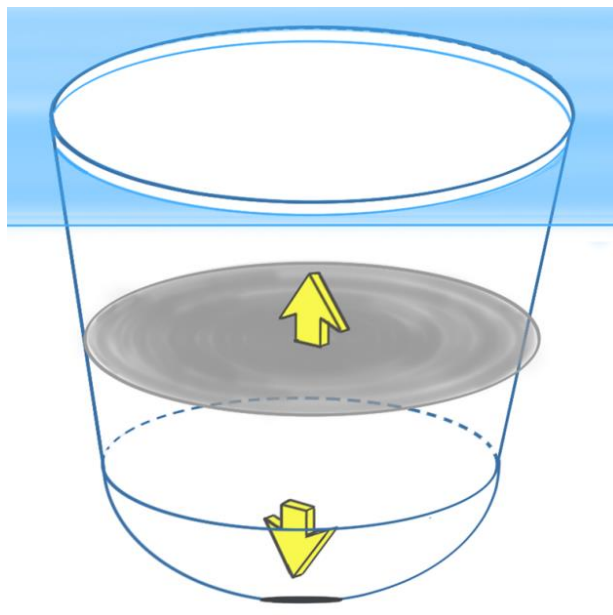
11.7 Pumpeposisjonering og trengeretning

Et av de store problemene som kommer fram kommer ved dagens oppdrett, er trengeprosessen. Som nevnt i kap. 8.2.1.1 og 8.2.2.1 har man hverken kontroll på trengevolumet, trengeraten eller hvordan bølger og strømming vil påvirke draget i kranene som utfører trengingen. Dette medfører som nevnt potensiell skade på fisken, noe som hverken er i tråd med god dyrebehandling eller god økonomi. En viktig faktor i prosessen med å forbedre trengingen, er retningen trengingen utføres. Det er slett ingen selvfølge at å trenge fisken opp til overflaten er det beste alternativet, noe vi skal se videre på. Som utgangspunkt vil de mest grunnleggende formene for bevegelse i tredimensjonalt euklidisk rom, bli satt i sammenheng med pumpeposisjon og trengeretning.

11.7.1 LINEÆRE TRENGEPROSESSER

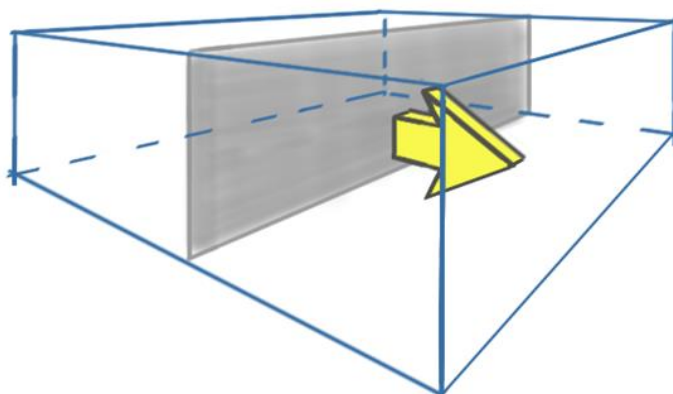
I motsetning til trenging med kulelenke eller orkastnot, foregår heving av bunnringen på en rent lineær måte. Med dette menes ikke selve heveprosessen, som foregår trinnvis og på den måte har et element av rotasjon, men selve prinsippet og posisjonsendringen til bunnen av notposen fra start til sluttposisjon. Dette impliserer at man faktisk kan kjenne til volumendringen, noe som er essensielt om trengingen skal foregå sikkert.

Før man går over til hvordan dette prinsippet kan implementeres som et løsningskonsept, vil det være fornuftig å vurdere implikasjonen av å trenge i forskjellige retninger. Man tar med andre ord utgangspunkt i bevegelse langs primæraksene samt kombinasjoner av disse.



Figur 32 Trenging mot topp/bunn. Illustrasjon: Kasper Ellefsen

I en sylinderformet merd, kan lineær trenging hovedsakelig foregå langs den vertikale akse. Det er fortsatt mulig å hente ut fisken på siden av merden, men foruten de rent praktiske komplikasjonene med nota, medfører dette betraktelige geometriske utfordringer. Den enkleste måten å gjennomføre lineær trenging på, vil med andre ord medføre pumping i enten toppen eller bunnen av merden. Utføres pumpingen i bunnen av merden vil man ha to alternativer i forhold til pumpepunkt. Dette er enten på utsiden av notposen eller i selve merden. Begge løsningene krever tilpasning av enten notpose eller trengeløsning.



Figur 33 Trenging til sidene. Illustrasjon: Kasper Ellefsen

For å eksemplifisere trenging til siden blir en kuboide utformet merd brukt. Trenging til siden er fordelaktig da det på mange måter imiterer dagens praksis, og dermed er enkel å ta i bruk. Pumperøret kan, gitt modifisering i siden av merden, monteres enten her eller på toppen slik som er dagens praksis. Ved en lukket topp på merden, kan det være fordelaktig å ha uttak på siden da dette medfører sikrere pumping i forhold til å kun pumpe fisk og sjøvann, men ikke luft.

Viktige punkter i kapittel 11.7.1:



- Trenging er en prosess som ikke bare må foregå mot toppen av merden, men kan og foregå mot sidene og mot bunnen av merden
- Pumperøret kan enten gå inn i toppen av merden slik det gjøres i dag, eller sendes igjennom nota gitt at den blir tilpasset dette.

11.7.2 ROTASJON SOM TRENGEPROSESS

I tillegg til at rigide objekter kan bevege seg gjennom ren translasjon i rom, må man også ta med potensiell rotasjon om aksene for å dekke alle bevegelsesmulighetene. Eksempel for hvordan trengeprosessen kan foregå i en sylinder og sfærisk utformet merd blir så presentert.

Slik også vist i patentet i Figur 2 i vedlegg C viser, trenger ikke trengeprosessen å trenge opp mot kanten av nota, men selve trengestyrer kan i seg selv stå for romreduksjonen uten krav til endring i notposisjon. Dette kan potensielt eliminere vanskelige kranoperasjoner hvor bunnen av nota heves for å oppnå trenging av notvolumet. Denne formen for trenging vil kreve et fast objekt å rotere om. Dette krever potensielt en form for fast installasjon, noe som kan føre til økte kostnader, men også forenkle operasjonen da mindre utstyr trengs å deployeres. Retningen på rotasjonen er vilkårlig, så lenge man har rotasjonssymmetri. Noen akser vil etter all sannsynlighet gi bedre løsninger, noe som må tas hensyn til ved den enkelte installasjon.

Viktige punkter i kapittel 11.7.2:

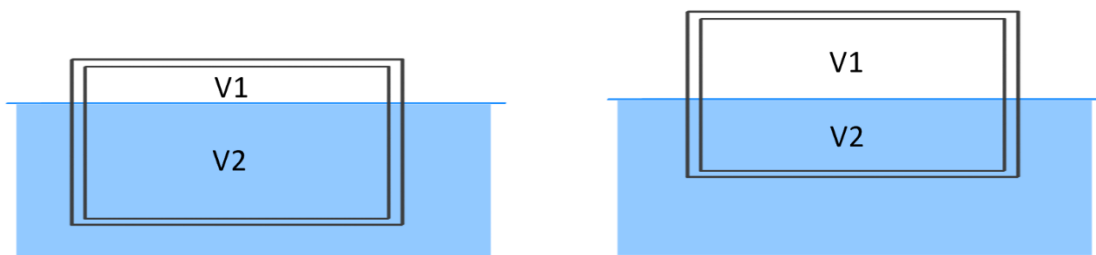


- Krever i mange tilfeller forhåndsinstallert utstyr
- Vil potensialet effektivisere trengeprosessen og gjøre den tryggere.

11.7.3 INDIREKTE TRENGING

Ved en rigid konstruksjon kan trengeprinsippet endres dramatisk. Ettersom målet er å oppnå mindre tilgjengelig volum for fisken, som igjen fører til høyere tetthet av fisk, er det ikke nødvendig å trenge nota internt.

Et annet prinsipp som kan bli anvendt, er noe som fra nå av vil bli referert til som indirekte trenging. Indirekte trenging baserer seg på de enkle prinsippene med gravitasjon og fisks fraværende evne til å oppholde seg i luft. Hever man oppholdsrommet til fisken delvis over vannoverflaten, vil den resterende delen som er under vann få mindre tilgjengelig volum. Klarer man å kontrollere en slik prosess, kan man nøyaktig måle det tilgjengelige volumet. For å kunne regne ut tettheten av fisk under en operasjon, kreves da kun data på biomasse i merden. Dette er data som er lett tilgjengelig, og mengden fisk som pumpes ut vil være en god kilde til endring i biomassen.

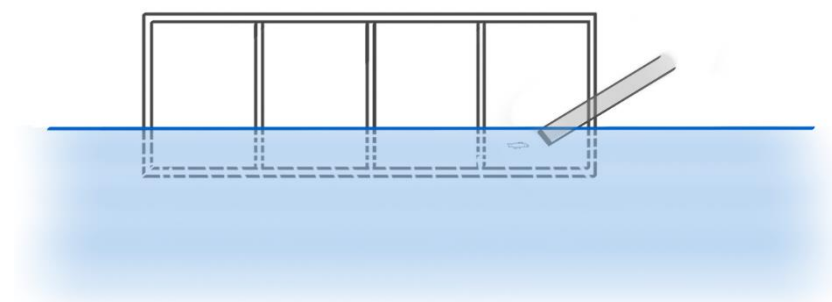


Figur 34 Illustrasjon over prinsippet med indirekte trenging. Illustrasjon: Kasper Ellefsen

Illustrasjonen i Figur 34 viser på en enkel måte hvordan volumet over vann V1, blir større, og volumet under vann V2 blir mindre ved en indirekte trenging av merden.

En smart implementering av et slikt trengingprinsipp eliminerer potensielt behovet for ekstra nøter. Det reduserer også i stor grad kranbruk og unødig bruk av tauverk. Anvendes prinsippet på en sfærisk merd er det vilkårlig hvilken retning man hever merden.

Problemstillinger som må vurderes ved implementasjon av prinsippet, er hvordan vind og bølger vil påvirke merden når store deler av den stikker over vannoverflaten. En praktisk metode for heving av merden, som ikke innfører nye vanskeligere rutiner, er også påkrevd. Et eksempel på hvordan dette kan gjøres ble presentert i kap. 11.4.



Figur 35 Pumperør i kubisk eller sylinderformet merd etter anvendelse av indirekte trenging. Illustrasjon: Kasper Ellefsen

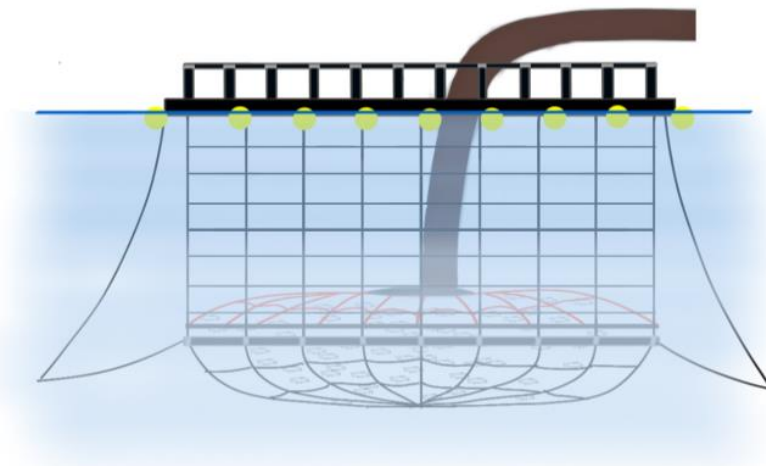
Viktige punkter i kapittel 11.7.3:



- Indirekte trenging kan eliminere behovet for trengenøter og på den måte drastisk forenkle en overføringsoperasjon.
- Krever en god metode for heving av merden, som ikke utsetter den for fare for å velte eller bli tatt av vind/bølger i overflaten.

11.7.4 ADAPTER FOR PUMPERØR

Ønsker man å åpne opp for alternative måter å trenge på, vil dette skape et nytt behov. Dette er behovet for et adapter for pumperøret. Så lange en ikke trenger opp i overflaten av en åpen merd slik det gjøres per dags dato, vil man enten måtte ha røret igjennom det som trenger, eks orkastnot, eller igjennom notposen i merden. For at dette skal kunne gjøres sikkert krever det en sikker kobling mellom de to, som ikke gir mulighet for hull i not og dermed rømning. På slik måte vil det kreve en form for adapter i nota som håndterer dette i punktet. Adapteren kan installeres på to måter. Den ene vil være i en ekstern not slik vist i Figur 36. Den andre er en måte hvor adapteren er ferdig montert i selve merden. I så tilfelle vil det fungere som et koblingspunkt, hvor et eget rør går fra koblingspunktet i adapteren og inn i merden. Røret til brønnbåten blir på sin side koblet til samme adapter. Gitt at adapteren i den enkelte løsning er montert i nota i merden, vil det kreves en sikring på som unngår rømning gjennom adapter når det ikke er i bruk.



Figur 36 Adapter på pumperør som leder fisken inn i røret og trenger merden.
Illustrasjon: Kasper Ellefsen

Retningen på røret vil være vesentlig da røret kan påføre merden stor slitasje. Å la røret hvile på nota vil medføre høy grad av mekanisk korrosjon. Dette kan enten tas hensyn til ved å dimensjonere for problemstillingen, eller legge opp røret slik at det ikke vil medføre slitasje på nota.

Viktige punkter i kapittel 11.7.4:

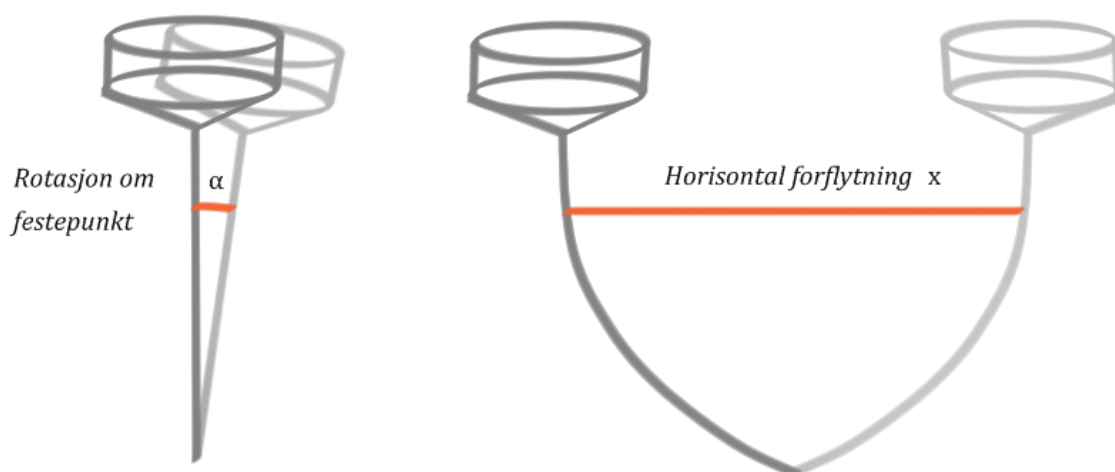
- Alternativ trenging skaper behov for sikker pumping steder det ikke har vært gjort før, som eksempelvis igjennom nota.
- En slik løsning stiller det høye krav til for å unngå rømning.
- Et nytt punkt for pumping bør være slik at gravitasjonen holder pumpa på plass snarere enn at den legger belastning på konstruksjonen.



11.8 Offshore stabilitet og posisjonering(21)

Det er mange måter å designe en flytende plattform på. Om det er en merd, en flytebøye, en båt eller en flåte, kan forskjellige måter å designe disse på endre egenskapene legemet får. Illustrasjonene under viser forskjellige konfigurasjoner for hvordan et legeme kan bli posisjonert i havet. Kombinasjoner av henholdsvis enkeltpunkts- og mangepunktsfortøyning, stram og slakk fortøyningsline, og enkeltpunktsfortøyning i både sterk og svak/ingen strømning, blir illustrert for å beskrive enkeltprinsippene. Ankere blir ikke tatt med til vurdering, da disse ikke gir en signifikant endring i plattformens oppførsel på havoverflaten.

11.8.1 FORTØYNINGSLINER



Figur 37 Fortøyningsmetoder: stram line til venstre, catenary fortøyning til høyre. Relativ posisjonsendring illustrert og fremstilt med orange linjer. Illustrasjon: Kasper Ellefsen

Fortøyningslinene vist her, er illustrert med enkeltpunktsfortøyning, men kan prinsipielt utvides til flere punkter uten problemer.

11.8.1.1 Enkeltpunktsfortøyning

Ved enkeltpunktsfortøyning fortøyes det flytende legemet i et enkelt punkt. Denne måten å sette opp en fortøyning på, anvendes ofte når man ønsker å redusere kreftene som miljøet rundt det flytende objektet kan få på fortøyningen. Dette oppstår ved at objektet får bevege seg med kreftene, snarere enn at fortøyningen må påføre en motkraft for å hindre bevegelsen.

11.8.1.2 Mangepunktsfortøyning

Ved mangepunktsfortøyning har man flere enkeltlinjer, som ofte festes i flere forskjellige punkter på legemet man fortøyer seg til. Dette blir ofte brukt for å posisjonere legemet i en bestemt retning, ofte bestemt av vind og sjø. Denne fortøyningsformen er positiv i den forstand at man kan oppnå en sikker posisjon på det man fortøyer. Denne rigide fortøyningen opptar av denne årsak også mer krefter fra omgivelsene. Det kreves langt mer fortøyningslinjer, noe som gjør fortøyningen mer kostbar og mer tidkrevende om den skal settes opp hyppig. Det er også mulig å anvende mangepunktsfortøyning med fleksible fortøyningslinjer, for å gi det fortøyde legemet noe bevegelsesrom, men med en klar avgrensning i dette området.

11.8.1.3 Stram line

Stramme linjer er definert ved at linjen på ikke noe tidspunkt har kontakt med sjøbunnen annet enn på anker/festepunktet. Ved enkeltpunktsfortøyning vil denne linjetypen treffe havbunnen vinkelrett, altså med 90 graders vinkel. Ved mangepunktsfortøyning vil den treffe havbunnen med en vinkel α , slik Figur 37 viser.

Denne måten å sette opp linjer på er relativt ny for industrien, og brukes hovedsakelig når man ønsker å unngå posisjonsendring av legemer lokalisert i dypt farvann. Ettersom denne lineformen har minimalt med mulighet for bevegelse, vil det være nødvendig å anvende line av passende elastisitet for det ønskede formålet. Unnlates dette å tas hensyn til, risikerer man at linjen ryker grunnet de store kreftene som kan oppstå når et legemes bevegelsesområde er begrenset. En fordel med denne spenningen er derimot at man ofte får en mye bedre fordeling av kreftene når flere linjer er anvendt i såkalt mangepunktsfortøyning. Dette utgjør et langt mer effektivt system. Lineformen har en tilnærmet jevn spenningsfordeling langsmed lengden av linjen. Unntaket er fortøyningslinjer av tyngre materialer anvendt på dypere havområder.

11.8.1.4 Catenary line

Catenary linjer møter havbunnen horisontalt og har en kurvet form slik Figur 37 viser. Vinkelen på linjen er ikke nødvendigvis avhengig av om det er snakk om en enkeltpunktsfortøyning eller mangepunktsfortøyning, slik som ved stram fortøyning.

Denne lineformen har man lang erfaring med bruk av. Da mye av fortøyningslinjene som har blitt brukt tidligere har hatt relativt lav elastisitet, har det vært en fordel å ha en line som ikke strammer seg til for fort. Dette fører til at det fortøyde legemet kan bevege seg langt mer fritt, og vil dermed overføre mindre krefter til fortøyningslinjene. Bevegelsen er relativt fritt i planet, som indikert med variabel x i Figur 37. Det som fort kan oppstå ved bruk av flere slike linjer, er at enkelte av linjene må ta en signifikant større andel av den totale kraften. Det kreves også langt lengre linjer og nedvekting av linjene for å

holde de på plass. I tillegg krevet hjelp med posisjonering av legemet som er fortøyd. Dette er ikke noe problem i grunnere farvann, men desto lenger ut man kommer, desto vanskeligere blir dette.

11.8.1.5 Rammefortøyning

Dagens gravitasjonsmerder bruker fortøyningsprinsippet kalt rammefortøyning. Som navnet tilsier er det et rutenett av liner ca 7 meter under vannoverflaten. Rutene, eller rammene om du vil, er spent opp i et matrisenettverk, og har i hver ekstern node en line som går ned til anker på sjøbunnen. Se Figur 15 og vedlegg A Figur 1 for en visuell fremstilling. Fra rammen og opp til merden går det en slakk line (catenary line), kalt en hanefot. Systemet tillater noen bevegelser i merden, men har et fast fundament som fordeler kreftene i systemet på flere forankringer. Dette gir særs positive egenskaper i forhold til å takle miljøet merden er i. Systemet er dog problematisk i interaksjon med brønnbåt. Det er ingen etablerte fortøyningsbøyer, så den vanlige praksisen under brønnbåtoperasjoner er å fortøye brønnbåten direkte til merden. Dette gir opphavet til problematikken omtalt i kap. 8.2.2.3 «Innseiling mot merden». Hanefoten blir, for å håndtere problematikken med brønnbåten, delvis lagd av kjetting i nyere anlegg. Når man skal vurdere nye måter å forbedre oppdretten på, spesielt med hensyn til å øke operasjonssikkerhet under vanskelige forhold, er det en god idé å vurdere hvordan tidligere nevnte prinsipper potensielt kan redusere dagens problematikk. Dette kan fungere enten som substitutt for dagens løsning, eller som et supplement. Rammefortøyning er nemlig en veletablert fortøyningsmetode, som det finnes flere gode løsninger på per dags dato. Den er også særdeles stabil grunnet sine mange fortøyningspunkter, og har god kraftoverføring blant linene.

Viktige punkter i kapittel 11.8.1:



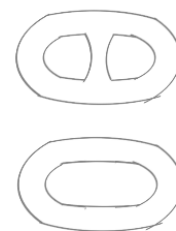
- Valg av liner vil være viktig med hensyn til problematikken ved den enkelte lokaliteten, og må tilpasses deretter
- Stram og slakk (CALM) fortøyning vil gi forskjellige bevegelsesmønstre i merden, og vil dermed bli påvirket på forskjellig måte av lokalitetens miljøpåkjenninger.
- Dagens rammefortøyning er en veletablert og stabil fortøyning, men er kostbar og blir liggende veldig høyt i vannet om den blir implementert med flytende merder.

11.8.2 MATERIALVALG FOR FORTØYNING

Som nevnt i de forrige delkapitlene med stram og catenary fortøyning, vil fortøyningslinene kreve forskjellige materialer avhengig av bruksområde og egenskaper. De viktigste hovedgruppene blir presentert her.

11.8.2.1 Kjetting(22, 23)

Kjetting blir i enkelte tilfeller brukt som eneste fortøyningsline, men grunnet egenvekten lar ikke dette seg gjøre når man kommer til dyp dypere enn 100m. Kjetting krever også inspeksjon, noe som er vanskelig når dybden kommer under 30meter. På disse dypene kreves enten spesialdykkere, eller bruk av ROV'er. Praktisk bruk av kjetting er i områder hvor man kan trenge jevnt nedloddet line, som eksempelvis i bunnen av en catenary line, og i områder hvor linen er utsatt for slitasje. På faste flåter pleier hver enkelt løkke i kjeden å være sikret for å unngå uønsket interaksjon mellom de to andre løkkene som er festet til den. Denne kjettingtypen kalles



Figur 38 Øverst vises en løkke stolpekjetting, nederst en løkke av ordinær kjetting

stolpekjetting, og er illustrert i Figur 38. Bruk av stolpekjetting i motsetning til ordinær kjetting, øker egenvekten med ca 10%, men gir også en betraktelig forbedret levetid. Hvordan bruken av stolpekjetting praktisk endrer levetiden, kan observeres i utmatningsparametrene presentert i Tabell 5 Utmatningsparametere for SN kurve for kjetting(24)Tabell 5.

Type	a_D	m
Stolpekjetting	$1,2 \cdot 10^{11}$	3
Stolpeløs kjetting	$6 \cdot 10^{10}$	3
Utmatningsformel	$\log(n_c(s)) = \log(a_D) - m \cdot \log(s)$	

Tabell 5 Utmatningsparametere for SN kurve for kjetting(24)

11.8.2.2 Stålvaiere

Stålvaiere karakteriseres ved å være ekstremt slitesterke, utsatt for korrosjon og tåler dårlig bøyning. Dette gjør dem uegnet til catenary fortøyninger, da det fort kan forekomme bøyning der. Segmenter av en fortøyning kan dog bruke stålvaiere, gitt at denne problematikken blir tatt hensyn til. Dette kan være fordelaktig, da stålvaiere har høyere elastisitet og en langt lavere egenvekt enn kjetting har.

Det er vanlig å anvende stålvaiere i fortøyning av offshore plattformer, grunnet dens høye styrke/vekt rate. Man bruker enten 6 eller 8 strengers vaiere eller spiralvaiere. Spiralvairerne tåler som regel mer, men har mindre elastisitet. Grunnet blant annet større overflatekontakt med omgivelsene er stålvaiere særdeles utsatt for korrosjon. De blir ofte konstruert sammen med tråder av zink som vil fungere som offeranoder ved galvanisk korrosjon. En annen måte stålvaiere blir beskyttet på er ved å belegge

vaieren med et beskyttende belegg. Den forventede levetiden til en stålvaier varierer fra 6-35 år avhengig av hvordan den er korrosjonsbeskyttet.

11.8.2.3 Syntetisk fiber

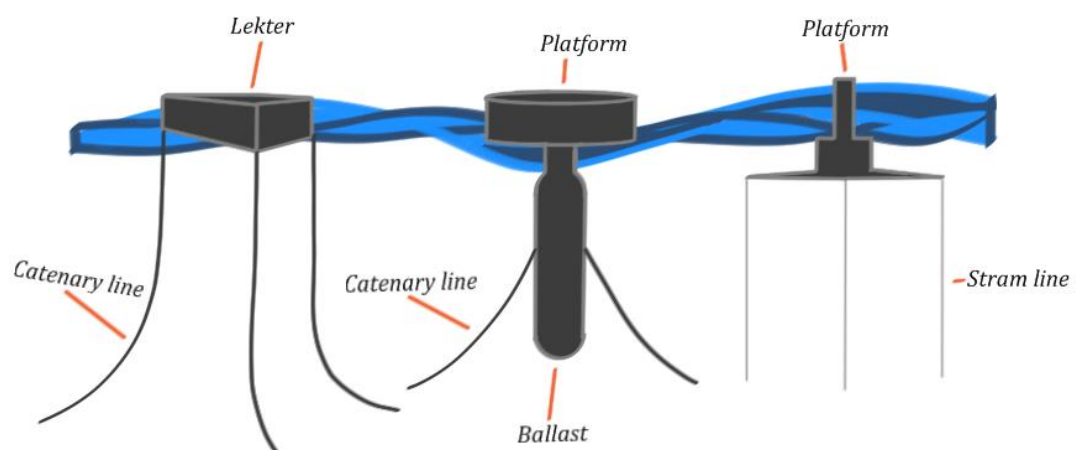
Liner lagd av fiber blir stadig mer populære. De har lavere bruddstyrke enn stål, men er tilgjengelig langt lettere, noe som øker bruksområdet betraktelig. Dette gjør at de anvendes hyppig i områder hvor man bruker stram fortøyning grunnet dype havområder. Ved dypt hav er egenvekten til fortøyningslinen avgjørende. Som nevnt tidligere er det ikke mulig å bruke kjetting ved for dypt vann. Blir kjettingen for lang, vil egenvekten ta igjen bruddstyrken i materialet, og den vil slites. Dette problemet har man ikke med fiberliner. En annen egenskap som fiberliner har, er en ulineær sammenheng mellom forlenging av linen og spenningen i linen. Tross dette, har fiberliner et mindre elastisk område enn det stålliner har, noe som må tas hensyn til i forhold til det enkelte bruksområdet.

Viktige punkter i kapittel 11.8.2:



- Valg av material i liner vil i stor grad påvirke funksjonsområdet til løsningen.
- Kjetting kan ikke brukes på dype havområder (mer enn 100 m).
- Stålvaiere er sterke, men har lavere levetid grunnet korrosjonsproblemer
- Fiberliner er praktiske å anvende på dypere havområder grunnet sin lave egenvekt.

11.8.3 FLYTENDE FUNDAMENT



Figur 39 Flytende plattformer. Illustrasjon: Kasper Ellefsen

Et område oppdrettere kan lære mye av når det kommer til stabilisering av plattformer, er forskningen som gjøres på å flytte vindmøller ut på åpent hav. Plattformene må være ekstremt stabile da de skal tåle vindmøller på 100 – 200m høyde. Høyden forårsaker ekstreme rotasjonsmomenter i plattformen.

Tre hovedprinsipper som anvendes er:

1. **Flytende lekter holdt på plass med catenary fortøyning for å holde posisjonen.** Plattformen er her det som skaper stabiliseringen. Dette er nær det prinsippet merder og fôrflåter anvender. Se figuren til venstre i Figur 39.
2. **Stabilisert med stramme fortøyningslinjer.** Uthulet sokkel skaper oppdrift, og stramme fortøyningslinjer sørger for en reaksjonskraft som holder sokkelen fra å stige over vannoverflaten. Ved å holde sokkelen godt under vann unngår man problem med bølger og strømninger. Se figuren til høyre i Figur 39.
3. **Stabilisert med ballast.** Bruker et lodd under havoverflaten, kjent som ballast, som virker som et motvekt mot rotasjon av plattformen. Catenary fortøyning blir anvendt, da noe bevegelse er å forvente. Se midterste figur i Figur 39.



Viktige punkter i kapittel 11.8.3:

- Bruk av flytende fundament som base for et oppdrettsanlegg ved eksponerte områder, vil stabilisere anlegget dramatisk og derav hjelpe overføringsprosessen

11.8.4 DYNAMISK POSISJONERING (DP)

Når man snakker om posisjonering til havs kan man ikke unnlate å nevne dynamisk posisjonering, eller DP som det blir kalt. DP er et automatisk system som overstyrer propeller og thrustere (baugpropeller) på skip, for å kunne holde posisjonen til skipet. Posisjonssystemet bruker enten relativ posisjon i forhold til et lokalt punkt, eller GPS system. DP er ikke utbredt brukt i brønnbåtoperasjoner per dags dato. Systemet er mer enn sikkert nok, men bruken av baugpropell forstyrrer og stresser fisken. En endring i metode, og eventuelt bruk av lukkede merder ved overføringen, kan potensielt endre synet på bruken av DP. Dette gjør at teknologien ikke kan utelukkes. Vi har følgende hovedkategorier innenfor DP:

Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3
Ingen redundans nødvendig. Systemet stopper ved enkelt feil.	Redundant system. Feil i en modul skal ikke forårsake systemstopp.	Samme krav som klasse 2, men det redundante systemet skal være fysisk adskilt fra det første i tilfelle brann, oversvømmelse, eller lignende hendelser i kammeret.
Relativ positioning (RPS) Posisjon bestemmes basert på avstand mellom skip og et bestemt punkt. Presis når man er nær det objektet man posisjonerer seg i forhold til.	GPS positioning (DGPS) Bruker GPS satellitter for å bestemme posisjon. Yter dårlig under bruk nær plattformer og andre store skip. Fôrflåten kan potensielt være et slikt objekt.	

Viktige punkter i kapittel 11.8.4:



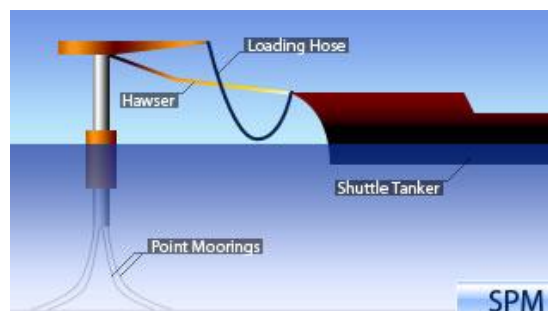
- Gjøres merd og brønnbåt mer uavhengige av hverandre, er DP noe som kan anvendes istedenfor dagens praksis med fortøyning i merd.

11.8.5 OFFSHORE LASTESYSTEMER

Behovet for å gjennomføre overføringsprosesser i åpent farvann er noe oljeindustrien lenge har hatt behov for. Følgende avsnitt tar for seg de vanligste metodene anvendt under overføringsoperasjoner med oljetankere.

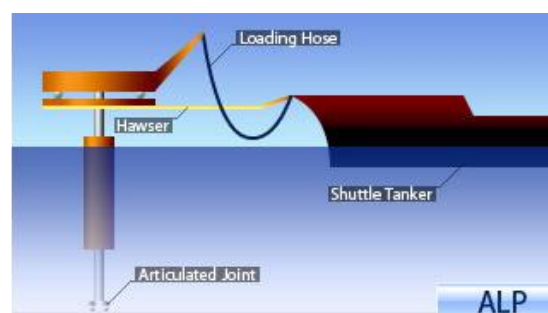
11.8.5.1 Single Point Mooring (SPM)

Enkelpunktsfortøyning anvender en bøye forankret til et enkelt punkt. Et rør fra havbunnen overfører råoljen til bøyen, som igjen har både rør og forankring opp mot tankbåten. Rotasjon i bøyen lar båten stille seg inn etter strømningene i havet for å minimere drag.



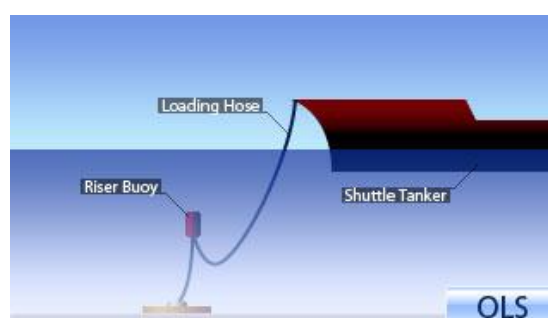
11.8.5.2 Articulated Loading Arm (ALP)

Dette systemet anvender en søyle festet til en base på havbunnen. Et ledd i festepunktet lar konstruksjonen bevege seg med strømningene i havet. Oppdriftselementer i konstruksjonen sørger for at stabiliteten blir ivaretatt. Selve overføringen er ellers helt lik som ved SPM.



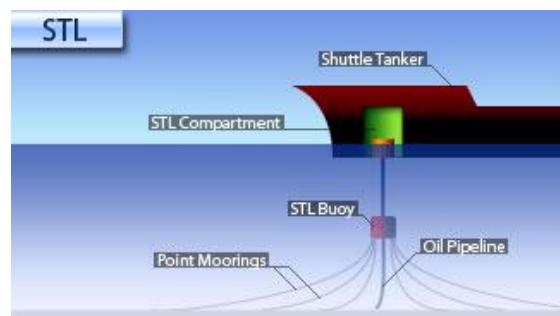
11.8.5.3 Offshore Laste System (OLS)

Et fleksibelt overføringsrør festet til en plattform på bunnen av havet, og holdt opp fra havbunnen med et oppdriftselement, er hovedelementene i dette enkelt prinsippet. Overføringsrøret ligger på havbunnen, og er festet med tau til en liten bøye i overflaten, for å muliggjøre enkel heving av røret.



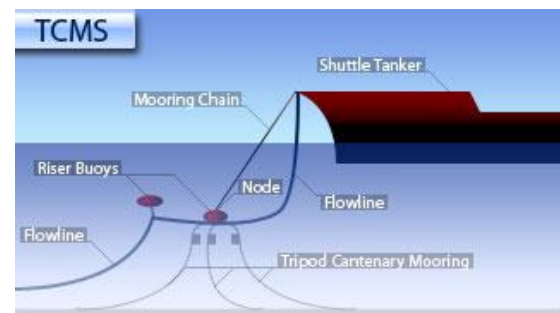
11.8.5.4 Undervanns Turret Lasting (STL)

Undervannsturret lasting kombinerer en roterbar bøye, med bruken av såkalt «moonpool» i skroget til båten, hvor bøyen passer inn. STL er ment som en forbedring av OLS som var vanskelig å gjennomføre i hardt vær. Både OSL og STL lar skipet ligge på DP (se ordforklaring eller kap. 11.8.4) under overføringsoperasjoner.



11.8.5.5 Tripod Catenary Mooring System (TCMS)

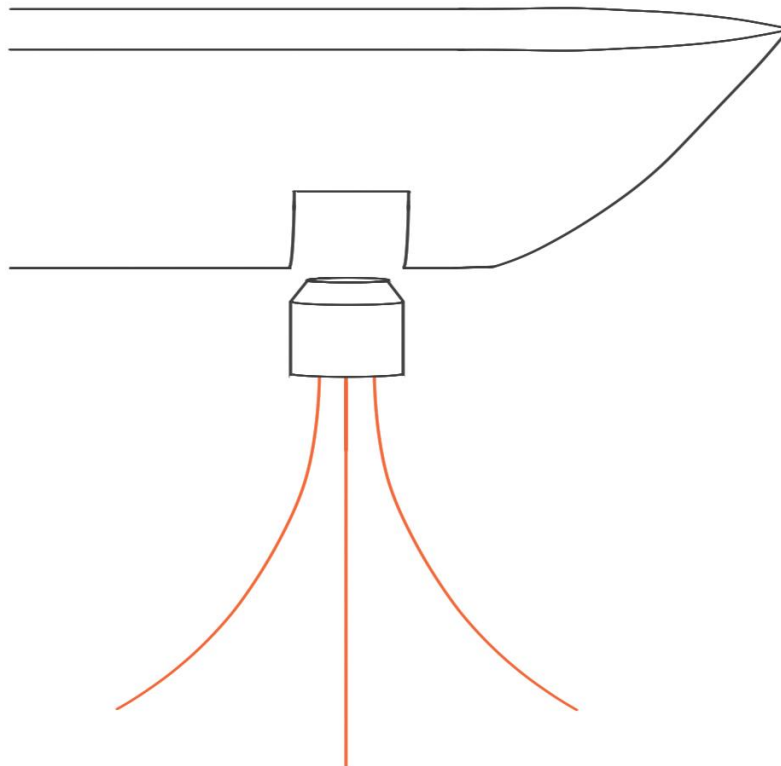
Dette systemet ble utviklet med hensikt i å brukes under lengere operasjoner. En fortøyningsline festes til en node under havoverflaten, som igjen bruker et «3-beint» ankersystem. Overføringsrøret kobles til uavhengig av fortøyningen. Skipet kan enten ligge her som lager, eller hente ut en last.



Figur 40 Figurene illustrerer forskjellige fortøyningsmetoder brukt offshore under lasteoperasjoner. Illustrasjoner lånt med tillatelse av Mark Francis ved Oilspillsolutions.(<http://www.oilspillsolutions.org/offshore.htm>)

11.8.6 MOONPOOL

Prinsippet moonpool, som nevnt i kap. 11.8.5.4, bruker en kunstig overflate i bunnen av skroget på et skip, som koblingspunkt for en overføringsoperasjon. Dette er illustrert i Figur 41 nedenfor.



Figur 41 Moonpool på skip. Illustrasjon: Kasper Ellefsen

Å anvende en kunstig overflate under båten, er noe som også kan anvendes i andre sammenhenger, nærmere bestemt på undersiden av en flåte. Man kan enten ha merder som kan taues under en plattform, eller en plattform som kan flyttes over en merd. Plattformen vil ha to effekter i denne sammenhengen. Den vil både ta av for bølgene noe som gjør forholdene rolige i merden under en operasjon, og den vil gi mulighet for montering av verktøy i taket av plattformen for å forenkle arbeidsoppgaver på merden. Vinsjer i et oppsatt tak vil direkte kunne gjøre samme oppgave som kraner har gjort før, men på en langt sikrere måte.

Viktige punkter i kapittel 11.8.6:



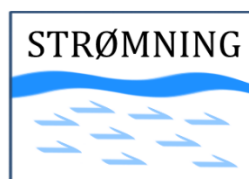
- Ved å anvende båt eller lokal plattform med moonpool, kan man foreta overføringsprosessen i et miljø skjermet for vindgenererte bølger.

12 HELHETLIGE KONSEPTER

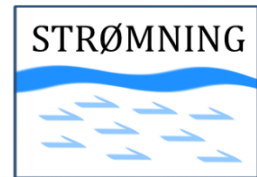
Følgende kapittel tar for seg konseptene presentert for styringsgruppen i prosjektet SustainFarmEx. Styringsgruppen består av sentrale aktører innenfor oppdrett. Dette involverer både oppdrettsselskap, utstysleverandører og brønnbåtredier. Konseptskissene og illustrasjonene er ikke laget for å være en identisk replika av et ferdig produkt, men viser heller hvilken retning oppdrett kan gå for å håndtere problematikken omtalt i oppgaven.

Av alle konsepter jobbet med i arbeidet med avhandlingen, er seks forskjellige presentert her. Det som er felles for dem er at ingen angriper problemstillingen på helt identisk måte. Konseptene dekker behov innenfor forskjellige former for eksponeringer. Dette involverer både bølgeutsatte områder, strømningsutsatte områder og dype (offshore) områder. Hver av kategoriene vil ha henholdsvis to konsepter tilknyttet seg.

Kategoriene er merket med følgende symboler:



12.1 Konsept1: Rotasjonstrenging med halvkuleformet merd



Hvorfor velge følgende løsning:

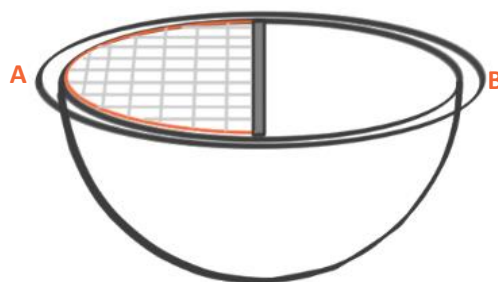
- Dagens trengingoperasjon er hverken målbar i forhold til volum eller sikker i forhold til fisk, mannskap og utstyr. Konsept 1 anvender en automatisk løsning på problematikken, som lar trengingen foregå uten hjelp av hverken arbeidsbåt eller brønnbåt, og uavhengig av været.
- Konsept 1 anvender en merdmodell som er særdeles lik dagens eksisterende gravitasjonsmerder, noe som gjør at de fleste eksisterende løsninger rettet mot dagens merder, også kan brukes på denne.

Konsept 1 baserer seg på anvendelsen av en merd utformet som en halvkule. Halvkuleformen åpner opp for muligheten for trenging om rotasjonsaksen. Konseptet baserer seg på anvendelsen av dagens allerede eksisterende metoder, men da merden og trengingsmekanismen er redesignet, forsvinner behovet for bruk av kraner. Konseptet er tiltenkt strømningsutsatte lokaliteter hvor trengingen og drag i bunnring er et problem. En not spent opp på en halvsirkel med lik indre diameter som merden, blir brukt for å trenge fisken opp mot den ene siden. Her kan brønnbåten pumpe ut fisken på lik linje med slik det gjøres i dagens brønnbåtoperasjoner.

12.1.1 METODE

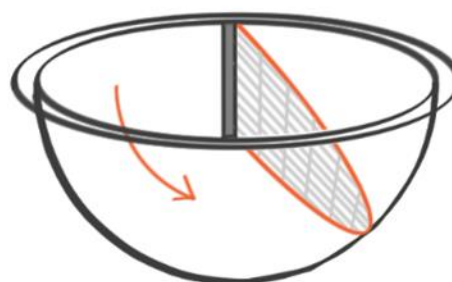
Steg 1:

Før brønnbåten ankommer må det festes liner mellom en vinsj på hver side av merden. Dette er illustrert i figuren til høyre med punkt A og B. Ved A står vinsjen som bremser trengenota, mens ved punkt B står vinsjen som hever nota og utfører selve trengingen.



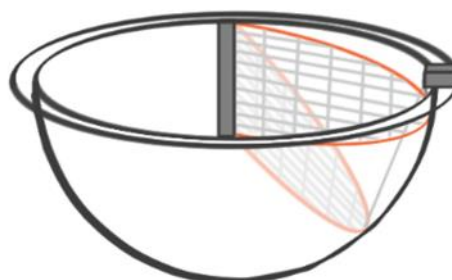
Steg 2:

Nota senkes så rolig ned i merden hvor fisken blir tvungen til den ene siden. Når nota når bunnen, tar vinsjen som er montert ved punkt B over, og begynner å heve nota.



Steg 3:

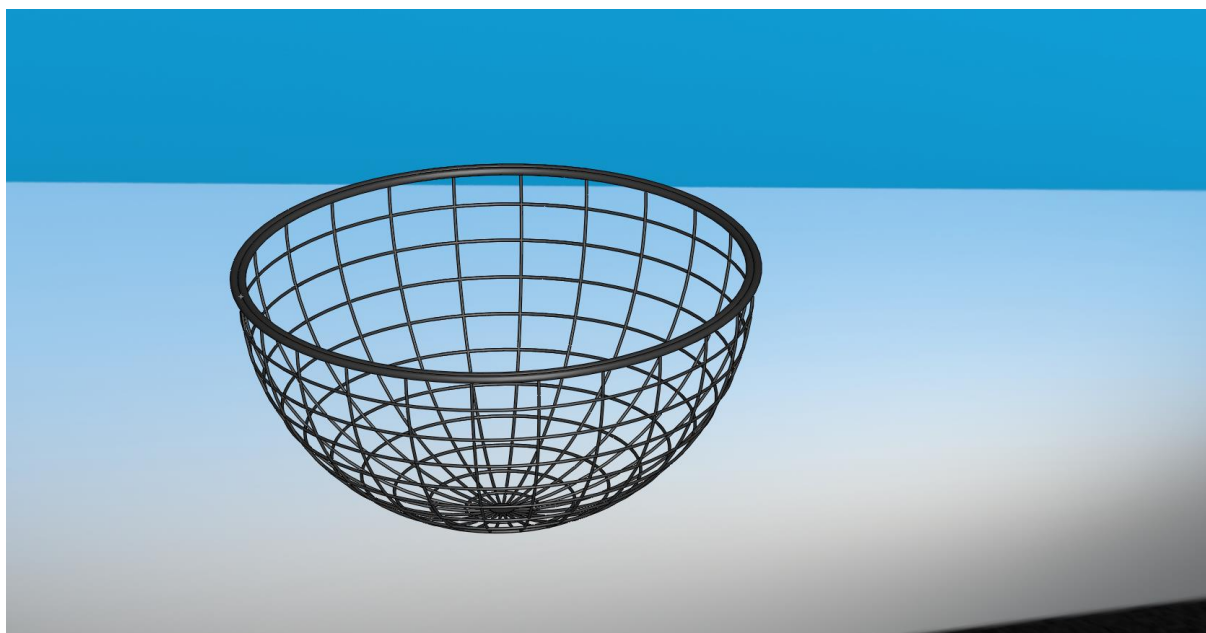
Det siste leddet i prosessen skjer når nota nærmer seg overflaten. Her kan nivået på trengenota automatisk justeres ettersom fisk pumpes ut. På denne måten oppnår man full kontroll over det trengte volumet.



Figur 42 Rotasjonstrenging med halvkule Konsept for strømningsutsatte lokaliteter.
Illustrasjon: Kasper Ellefsen

12.1.2 KONSTRUKSJON

For å kunne trenge fisken på denne måten, kreves det at nota ikke deformeres under en operasjon. Dette kan oppnås ved å bruke en rigid konstruksjon for notposen, snarere enn en nedloddet notpose. Et eksempel på dette er vist i Figur 43 nedenfor.



Figur 43 Bærekonstruksjon for rigid halvkuleformet merd.
Illustrasjon modellert i SolidWorks av Kasper Ellefsen

Modellen for bærebjeltene til den konseptuelle merden, er kun eksemplifisert, men viser hvordan prinsippet er tiltenkt gjennomført. Ved å anvende en slik konstruksjon, kan man også montere not på både innsiden og utsiden av merden for å sikre rømning, uten å risikere slitasje mellom de to nøtene.

12.1.3 NØKKELTALL

De tiltenkte dimensjonene blir som følger

Diameter:	50 – 60 m
Dybde:	25 – 30 m
Volum av største merdtype:	56 548 m ³
Maksimalt mengde fisk i største merdtype i forhold til lovlig biomassetetthet på 25 kg/m ³ :	250 000 individer av snitt 5.5 kg (50 000 mer enn maksimalt tillatt)
Maksimalt mengde fisk i minste merdtype i forhold til lovlig biomassetetthet på 25 kg/m ³ :	145 000 individer av snitt 5.5 kg

Tabell 6 Nøkkeltall ved konsept 1.

12.1.4 ALTERNATIVER

Enkelte aspekter ved konseptet har flere valgmuligheter i forhold til hvordan de skal implementeres. Dette må tas stilling til i senere faser av produktutviklingen. Det er valgt å ikke låse konseptet til en enkelt variant av disse alternativene, men heller presentere et knippe alternativer som alle vurderes som potensielt gjennomførbare, uten at konseptet i seg selv endres. Alternativene er presentert i tabellen under.

	Alternativ 1	Alternativ 2	Alternativ 3
Fortøyningstype:	Rammefortøyning	Enkelpunktsfortøyning	Mangepunktsfortøyning
Trengenot:	Lever og forhåndsinstallert i hver enkelt merd	Flyttbar modul som kan anvendes, og må flyttes, mellom flere merder på et enkelt anlegg.	
Bremsing av rotasjon:	Vinsj montert på motsatt side av trengeretning som senker trengenota rolig slik beskrevet.	Bremser som skaper friksjon mot aksling og kan permanent stoppe trengenota om ønskelig.	Bremsesil montert på nota under første halvdel av rotasjonen, som sørger for at nota senkes rolig.
Antall vinsjer for hevingen av trengenot:	1	2	3+

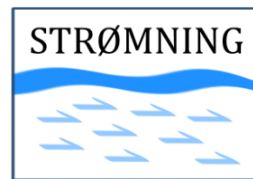
Tabell 7 Alternative prinsipper i konsept 1.

12.1.5 FORDELER OG ULEMPER

<i>Fordeler</i>	<i>Ulemper</i>
Mer solid/stabil konstruksjon	Dyrere konstruksjon
Enklere overføring	Krever potensielt nyteknisk av fortøyning
Sikker og kontrollerbar trenging	
Lik dagens løsning	

Tabell 8 Fordeler og ulemper ved konsept 1.

12.2 Konsept 2: Strømningsstyrt kjeglemerd



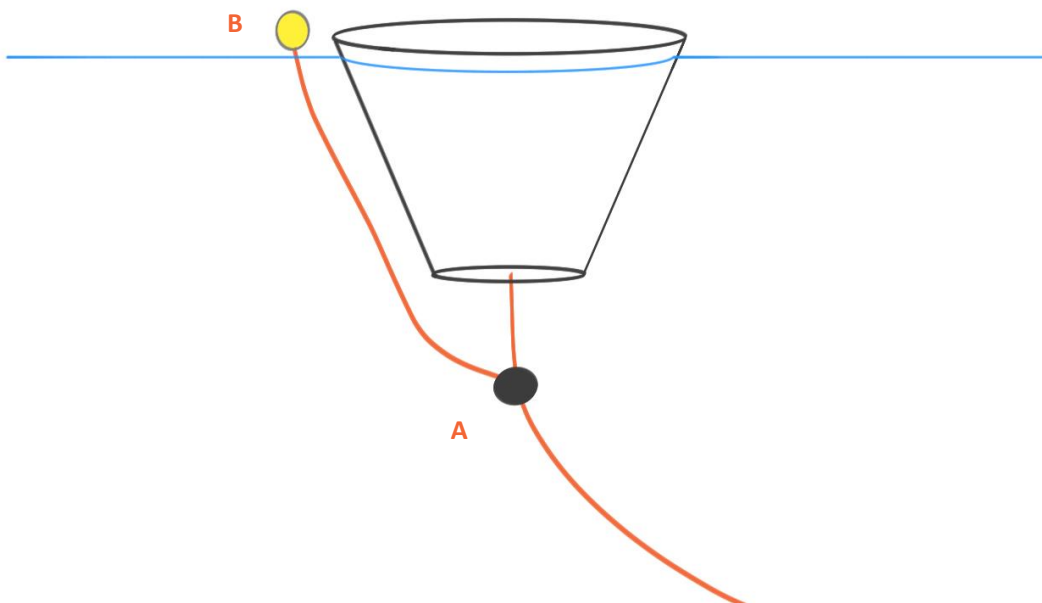
Hvorfor velge følgende løsning:

- Et problem som hyppig oppstår på strømningsutsatte lokaliteter, er at brønnbåt og merd kommer i konflikt. For å unngå at brønnbåten legger press på merden, legger den som regel til slik at merden presses mot brønnbåt og ikke motsatt. Dette forårsaker allikevel et problem i form av at fisken klemmes mot brønnbåten. Konsept 2 baserer seg på prinsipper innenfor bøyelasting i petroleumsindustrien, og bruker strømnningene på denne lokalitetstypen som et verktøy for å sikre merd og fisk.
- Ferdiginstallert trengemekanisme fjerner behovet for kranbruk og gjør trenging sikkert uavhengig av værtype.
- Adapter for tilkobling av pumpe slang fra brønnbåt sikrer slangens posisjon uten krav til at kraner skal gjøre dette.

På områder med store strømninger har man et problem med at båt og not driver. For å unngå at bunnring og not driver inn i båten, legger man til slik at strømnningene i havet presser brønnbåten mot merden, og dermed også nota vekk fra brønnbåten. Strømninger i havet er ikke nødvendigvis alltid en ulempe, og kan bli brukt som fordelaktig ved en brønnbåtoperasjon. Prinsippene som blir anvendt, baserer seg rundt en merd utformet som en avkuttet kjegle, satt opp ned. Fortøyning er inspirert av tripod catenary mooring system og trenging basert på rotasjonstrenging om merdens sentralakse.

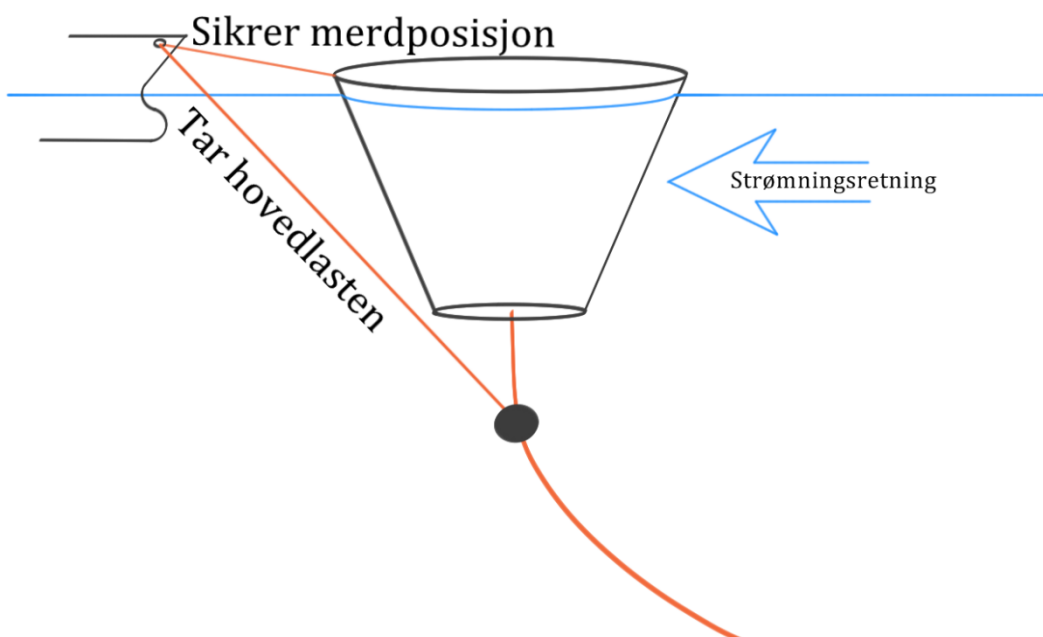
12.2.1 METODE

Urørt står systemet i ro slik som vist i Figur 44. Strømnningene i havet tillater noe horisontal bevegelse i merden. Dette betyr at merden vil kreve en viss grad av avstand fra andre merder, for å unngå problematikk merdene seg imellom.



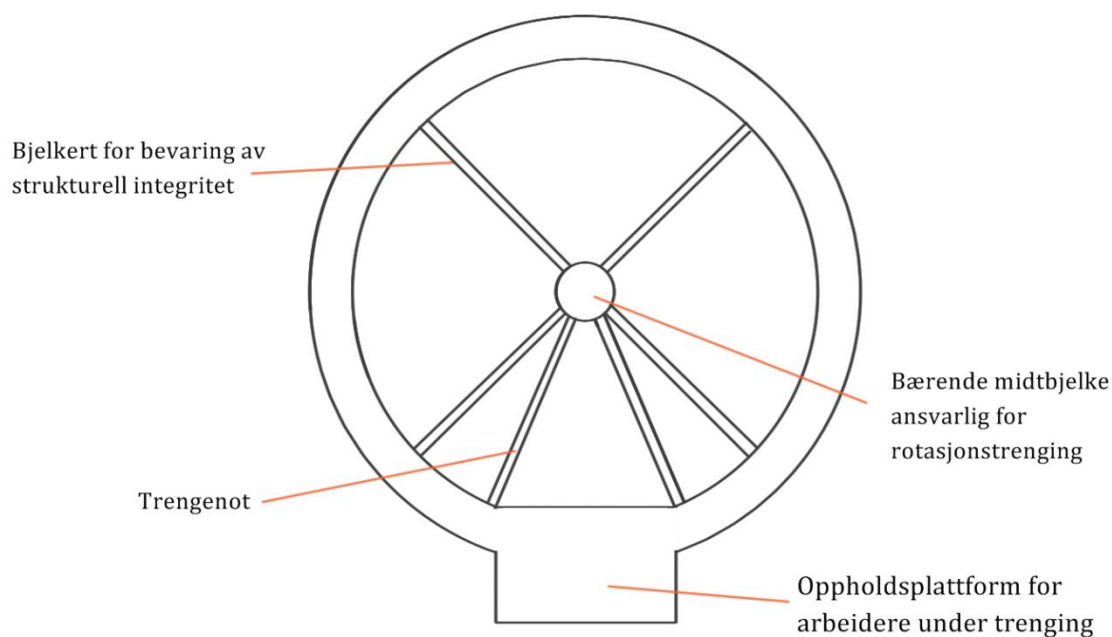
Figur 44 Konsept 2: Strømningsstyrt kjeglemerd. Illustrasjon: Kasper Ellefsen

Punkt A er et felles koblingspunkt for fortøyningsbøyen (punkt B) og bunnen av merden.



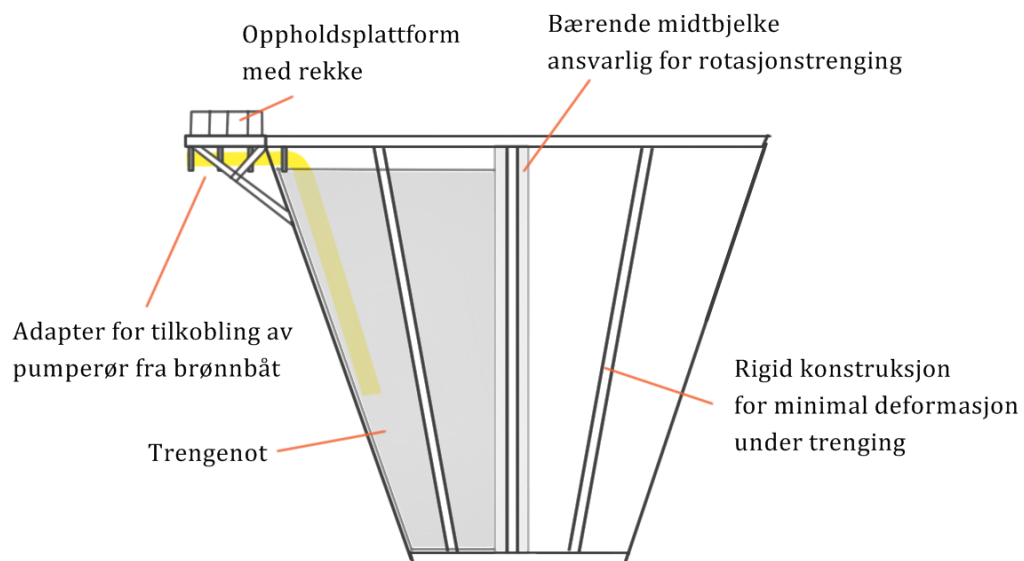
Figur 45 Konsept 2: Strømningsstyrt kjeglemerd med fortøyd brønnbåt. Illustrasjon: Kasper Ellefsen

Når brønnbåten skal legge til merden, er det viktig at den legger til mot strømningsretningen, da dette vil hindre eventuell konflikt mellom merd og brønnbåt. Bøyen i punkt B i Figur 44, fanges opp av brønnbåten og blir brukt som fortøyningspunkt. Dette gjør at fortøyningen er festet til merdfortøyningen, uten å la lasta gå igjennom merkonstruksjonen. En egen separat line er tilkoblet merden, og er der for å sikre avstanden mellom brønnbåt og merd.



Figur 46 Strømningsstyrt kjeglemerd. Oversikt fra oven. Illustrasjon: Kasper Ellefsen

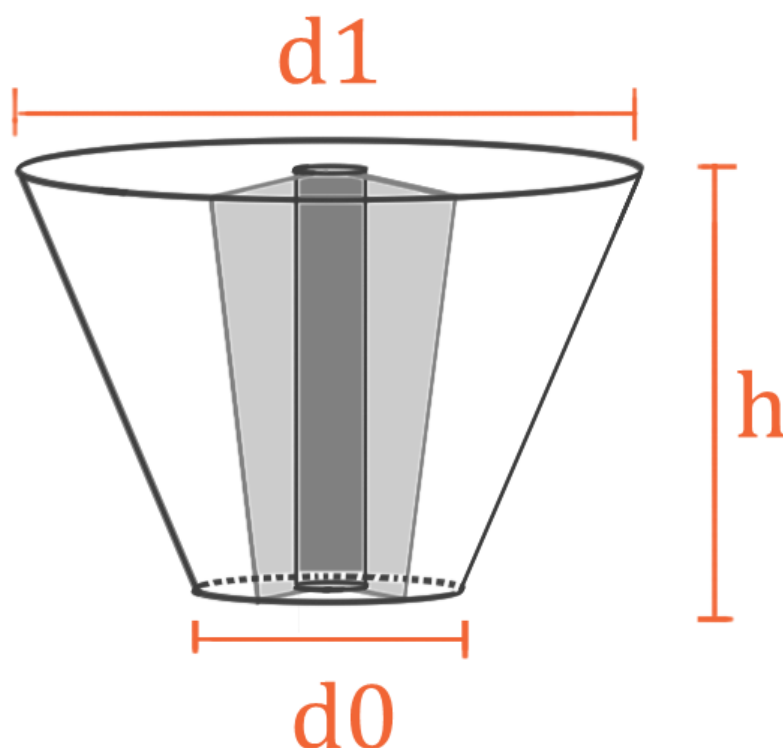
For å opprettholde strukturell integritet samt hjelpe med trengingen, er en bærebjelke satt inn i midten av merden. Trengesprinsippet anvender samme løsning som den anvendt i merdtypen vist i vedlegg 2, Figur 2. Dette er en lukkemekanisme bestående av to nøter med rotasjonspunkt om den bærende midtbjelken. Trengenøtene står til vanlig samlet og lukkes igjen mot oppholdsplattform når fisken skal trenges.



Figur 47 Strømningsstyrt kjeglemerd. Vist fra siden. Illustrasjon: Kasper Ellefsen

Et eget integrert pumperør er med på å sikre pumpingen, ved at pumperøret fra brønnbåten kun festes i et adapter i enden av oppholdsplattform. Pumperøret festes så fast før selve pumpingen settes i gang.

12.2.2 NØKKELTALL



Figur 48 Skisser over dimensjonene til konsept 2. Illustrasjon: Kasper Ellefsen

Øvre diameter(d1):	40 – 50 m
Nedre diameter(d0):	20 – 25 m
Høyde(h):	30 – 40 m
Volum av største merdtype:	29 321 m ³
Maksimalt mengde fisk i største merdtype i forhold til lovlig biomassetetthet på 25 kg/m³:	200 000 individer av snitt 5.5 kg.
Maksimalt mengde fisk i minste merdtype i forhold til lovlig biomassetetthet på 25 kg/m³:	130.000 individer av snitt 5.5 kg.

Tabell 9 Nøkkeltall ved konsept 1.

12.2.3 ALTERNATIVER

Enkelte aspekter ved konseptet har flere valgmuligheter i forhold til hvordan de skal implementeres. Dette må tas stilling til i senere faser av produktutviklingen. Det er valgt å ikke låse konseptet til en enkelt variant av disse alternativene, men heller presentere et knippe alternativer som alle vurderes som potensielt gjennomførbare, uten at konseptet i seg selv endres. Alternativene er presentert i tabellen under.

	Alternativ 1	Alternativ 2	Alternativ 3
Trengenot bevegelse:	En av nøtene står stille, den andre beveger seg	Begge nøtene beveger seg mot hverandre	
Trengenot vinkel:	De to nøtene står vinkelrett på senterbjelken, og er i full kontakt med hverandre når lukket.	Den ene nota har en vinkel som gjør at når nederste del av trengenota møtes, vil det fortsatt være en åpning i toppen.	
Ekstra trenging:	Ekstra not for å tvinge fisken fra toppen ned mot røret	Ekstra not for å tvinge fisken fra bunnen opp mot røret	Ingen ekstra trenging
Pumperør:	Enkelt pumperør med inntak i toppen av merden	Enkelt pumperør med inntak i midten av merden	To pumperør ved forskjellige punkter
Overvåkning av trenging:	Manuell overvåkning av trengingen fra plattform	Kamera i sentralbjelken som viser fisken under trengingen	
Fortøyning:	Enkelpunktsfortøyning	Mangepunktsfortøyning festet til koblingspunktet under merden.	
Not i merd:	Åpen topp	Not som dekker toppen (om det er tiltenkt at strømning skal kunne dra merdens topp under vannoverflaten).	
Plattform:	Kun oppholdsplattform	Kun gangbro på flytekrage	Oppholdsplattform og gangbro på flytekrage

Tabell 10 Alternative prinsipper ved konsept 2.

12.2.4 FORDELER OG ULEMPER

<i>Fordeler</i>	<i>Ulemper</i>
Minimalt med interaksjon mellom brønnbåt og merd	Krever potensielt mer avstand mellom merder
Mer solid/stabil konstruksjon	Krever brønnbåt med mulighet for bauglasting
Adapter for sikrere overføring	
Sikker og kontrollerbar trenging	
Fremstår like dagens merder i forhold til daglig drift	

Tabell 11 Fordeler og ulemper ved konsept 2

12.3 Konsept 3: Grunnstøpt plattform



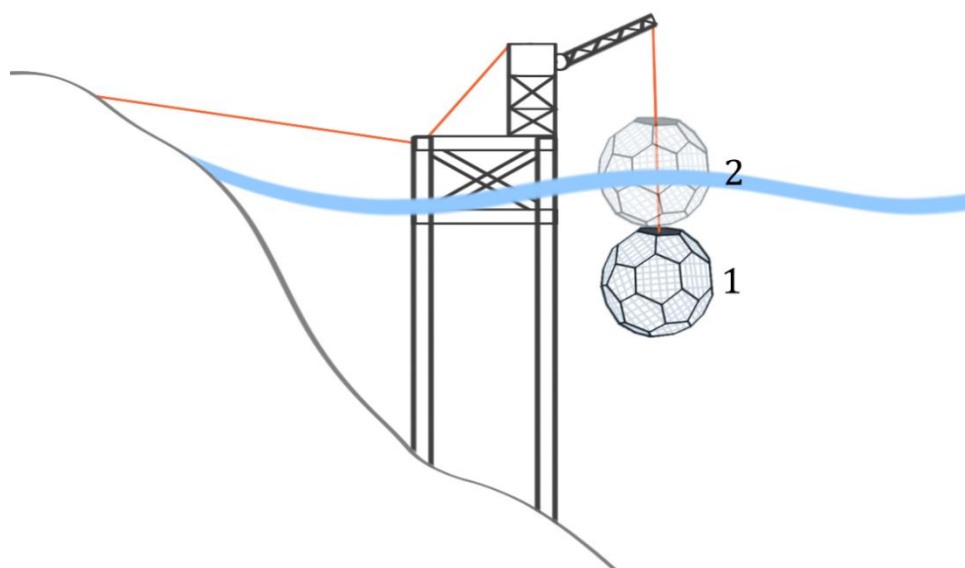
Hvorfor velge følgende løsning:

- Et av de største problemene med bølgeutsatte lokaliteter er at kraner blir særdeles vanskelig å bruke. Noe som kjennetegner disse lokalitetene er at de ofte oppstår i forbindelse med nærliggende grunne, skjær, holme eller fastland. Slike forhold åpner for muligheten til å konstruere en grunnstøpt plattform.
- Foruten å gi et fast punkt å forholde seg til, vil plattformen anvende en lukket tank som fisken kan overføres til. Denne tanken vil anvendes både som sentral for lokale utføringer av avlusning og sykdomsbehandling, men også som mellomlager for fisk som skal hentes av brønnbåt. Brønnbåten har dermed et fast fortøyningspunkt og en stabil plattform å hente ut fisken fra.

Prinsippet blir illustrert under med anvendelsen av rigide merder med heldekkende not, som kan løsnes fra sin eventuelle fortøyning og slepes til plattformen. Illustrasjonen under starter fra og med merden er slept til plattformen, da selve slepingen ikke er en del av kjernen til konseptet. Merden vist i

Figur 49, stammer fra hovedkonseptet presentert i forprosjektet til denne oppgaven.

12.3.1 METODE

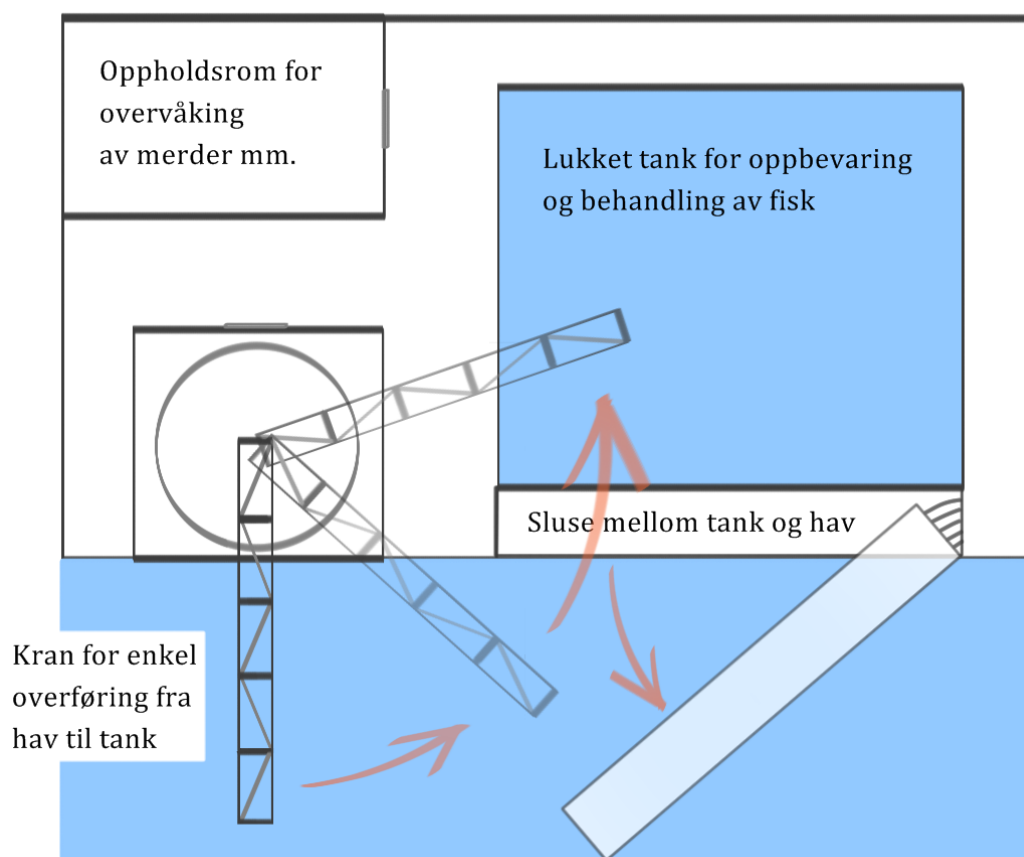


Figur 49 Konsept 3: Grunnstøpt plattform vist i starten av en operasjon.
Illustrasjon: Kasper Ellefsen

Steg 1:

Vaieren som er brukt under sleping av merden, blir festet til kroken fra krana. Arbeidsbåten kan så forlate merden, og systemet blir seende ut som ved punkt 1 i

Figur 49. Kranen begynner så å heve merden ut av vannet slik at deler av merden er over vann.



Figur 50 Konsept 3: Grunnstøpt plattform under forflytning av merd. Illustrasjon: Kasper Ellefsen

Steg 2:

Når merden er delvis over vann, åpnes slusen til vanntanken, og merden føres inn ved hjelp av kranen. Når hele merden er inne i tanken, lukkes slusen. Når slusen er sikkert lukket, åpnes en sluse i bunnen av merden, og fisken kan svømme ut. Ettersom fisken svømmer ut av merden, heves den gradvis for å minske volumet internt, noe som vil være med på å få flere fisk ut. Når merden er tom, heves den fullstendig. Den blir så hevet ut av tanken, og enten fraktet tilbake til fortøyningspunktet sitt eller fortøyd i siden av plattformen. Dette vil avhenge av type operasjon som gjennomføres og hvilke behov som er for eventuell vedlikehold av merd.

12.3.2 IMPLEMENTASJON

For at plattformen skal stå stødig, krever en eventuell implementasjon relativt grunt farvann.

Dybden på vanntanken vil være avhengig av kranens styrke og merdens utforming. En dypere tank vil gjøre at kranen må heve mindre deler av konstruksjonen opp av havet, noe som letter arbeidet og krever mindre av kranen.

12.3.3 NØKKELTALL

De tiltenkte dimensjonene er basert på bruk av tilnærmet kuleformet merd av diameter 45 m. Mengden biomasse vil i dette tilfellet bli opp til 200.000 individer av 5.5 kg. Nøkkeltallene for tanken blir da som følger:

Kantlengde på tank:	50 m
Dybde på tank:	20 m – 30 m
Maksimalt mengde fisk i 20m dyp tank i forhold til lovlig biomassetetthet på 25 kg/m³:	13% mer en maksimal mengde i kulemerd
Maksimalt mengde fisk i 30m dyp tank i forhold til lovlig biomassetetthet på 25 kg/m³:	70% mer en maksimal mengde i kulemerd

Tabell 12 Nøkkeltall ved konsept 3.

12.3.4 ALTERNATIVER

Enkelte aspekter ved konseptet har flere valgmuligheter i forhold til hvordan de skal implementeres. Dette må tas stilling til i senere faser av produktutviklingen. Det er valgt å ikke låse konseptet til en enkelt variant av disse alternativene, men heller presentere et knippe alternativer som alle vurderes som potensielt gjennomførbare, uten at konseptet i seg selv endres. Alternativene er presentert i tabellen under.

	Alternativ 1	Alternativ 2	Alternativ 3
Sluse	Dør med en hengsel	Dør med dobbel hengsel	Skyvedør som går sideveis, hvor døra forsvinner inn i plattformen når den er åpen.
Kranbruk:	Bruk kran slik anvist i figuren.	Bruke vinsj til å dra merden inn i tanken, og kran på vei ut.	Bruke vinsj og kran til å dra merden inn i tanken, og kun kran på vei ut.
Åpning av merd i vanntank:	Dykker	Fjernstyrt dør	Manuell kabel festet i merd, tilgjengelig fra overflaten

Tabell 13 Alternative prinsipper ved konsept 3.

12.3.5 FORDELER OG ULEMPER

<i>Fordeler</i>	<i>Ulemper</i>
Stabil plattform for overføring	Kostbar investering
Enklere og særdeles trygg overføring	Kun anvendbar ved anlegg med en lokal grunne
Mulighet for uavhengighet av brønnbåt for mindre operasjoner	Nye rutiner og potensielt nye problemstillinger kreves analysert

Tabell 14 Fordeler og ulemper ved konsept 3.

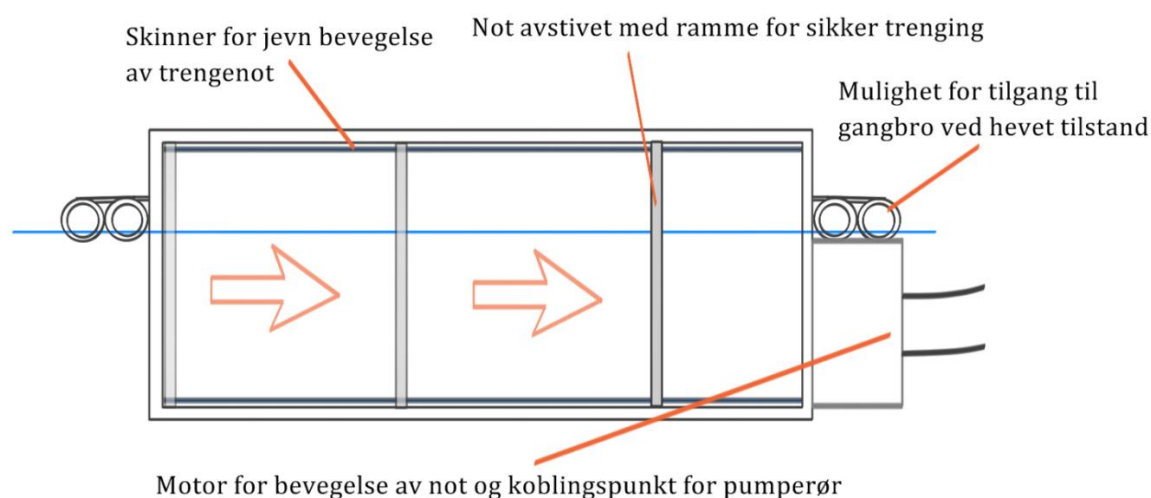
12.4 Konsept 4: Kubisk heve- og senkemerd med pumpepunkt under vann



Hvorfor velge følgende løsning:

- Uttak av fisk i toppen av et anlegg utsatt for mye bølger har flere problemer. Foruten at fisken ikke trives i overflaten i bølgene, trekker den også nedover når den blir trengt mye. Disse forholdene blir i konsept 4 utnyttet til å hente ut fisken på en sikker måte under havoverflaten.
- Bruk av en not fastspent på rammeverk som igjen er montert på skinner for utføring av trengeoperasjonen, gjør at trengingen vil foregå uten bruk av tauverk og vil fungere like uproblematisk uansett værforhold.
- Anvendelsen av en tradisjonell fortøyningstype innen oppdrett, rammefortøyning, kombinert med en merd som kan heves og senkes etter behov, gir en konstruksjon som er meget værbestandig i bølgeutsatte områder.
- Adapter for tilkobling av pumpe slang fra brønnbåt sikrer slangens posisjon uten krav til at kraner skal gjøre dette.
- Dypere rammefortøyning og senking av merder som brønnbåt ikke skal operere på, gjør manøvrering av brønnbåt mye enklere.

12.4.1 METODE

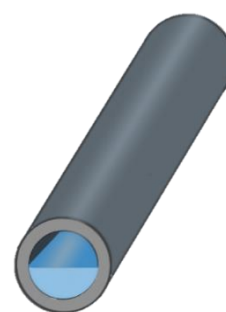


Figur 51 Konsept 4: Pumping fra bunnen av merden - metodeoversikt. Illustrasjon: Kasper Ellefsen

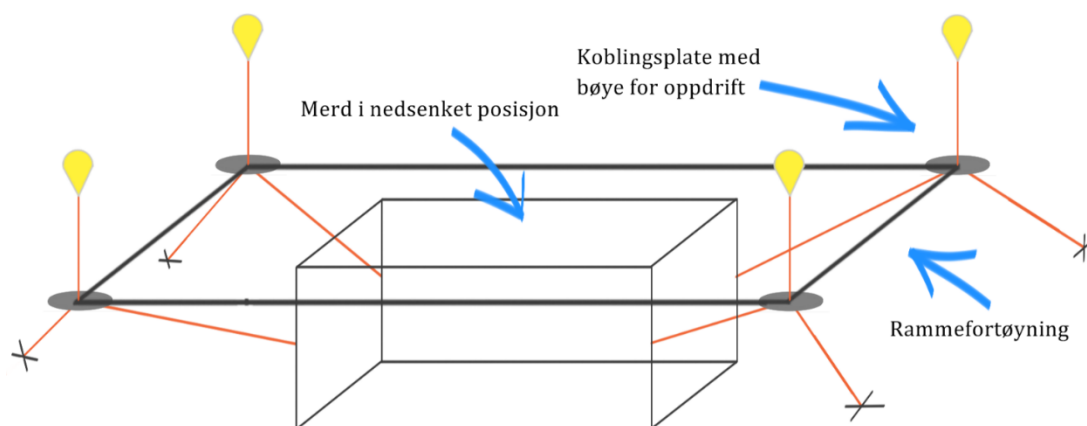
Konseptet baserer seg på anvendelsen av en rigid kubisk utformet merd med trenge, rammefortøyning, mulighet for heving/senking og pumpeuttak under en gangbro. I merdens hevede posisjon, fremstår den på mange måter som en vanlig kubisk merd. Det som skiller den fra dagens merder, er pumpeuttaket under gangbroen og trenge-nota. Nota er montert på en ramme internt i merden. Denne rammen er igjen montert på skinner. Under en trengeoperasjon vil en motor montert ved samme punkt som koblingspunktet for pumperøret, være ansvarlig for den fysiske bevegelsen av nota langs skinnene. Når pumperøret er montert, settes trengingen i gang med en fjernstyrt kontroll av motoren, og deretter kan pumpingen fra brønnbåten begynne.

12.4.2 KONSTRUKSJON

Da en kubisk utformet merd er ufordelaktig med hensyn til absorpsjon av krefter fra omgivelsene, er en av nøkkelfaktorene i konseptet en heve/senke-mekanisme. Denne mekanismen baserer seg på å tømme/fylle bærebjelker i konstruksjonen for vann. Erstatte man vann med luft, endrer man konstruksjonens totale massetetthet, og den vil flyte opp. Denne funksjonen er beskrevet i kap. 11.4.



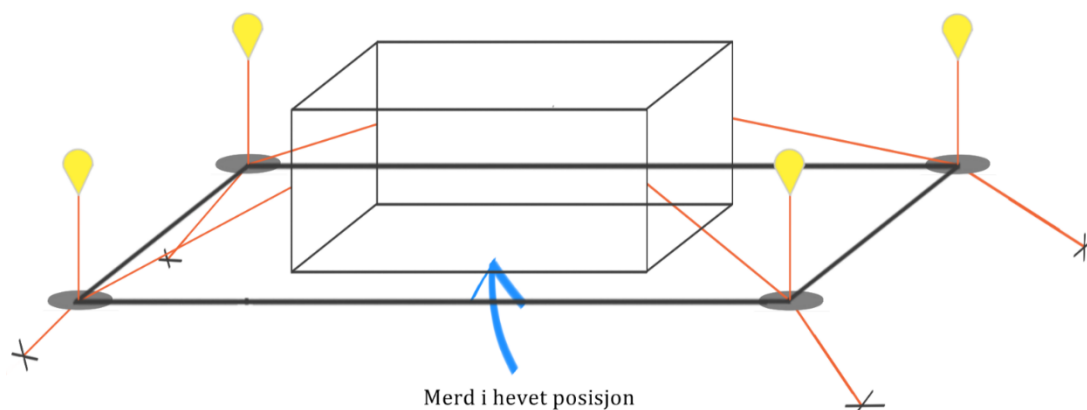
Figur 52 Vann i bærebjerkene til merden for å endre mellom positivt og negativt løft.



Figur 53 Konsept 4: Pumping fra bunnen av merden. Merd i nedsenket posisjon.
Illustrasjon: Kasper Ellefsen

Når merden er i nedsenket posisjon, bidrar ikke lenger merdens oppdrift til å opprettholde stramme liner i rammefortøyningen. Det er derfor essensielt å ha egne oppdriftsbøyer for å opprettholde stramme liner. Disse kan på lik linje med bøyene anvendt i Aqualine sine anlegg, også fungere som fortøyningspunkter for brønnbåt.

I nedsenket posisjon er merden også langt tryggere fra eventuell påkjørsel av fritidsbåter. Særdeles store skip vil allikevel kunne være en trussel, men disse skal igjen ha full oversikt over beilggenheten av godkjente oppdrettsanlegg.



Figur 54 Konsept 4: Kubisk heve- og senkemerd med pumpepunkt under vann. Merd i hevet posisjon.
Illustrasjon: Kasper Ellefsen

Da merden er rigid, og dermed tillater å ha haneføttene montert andre punkter enn på toppen av merden, blir koblingspunktet deres lavere enn ved dagens merder. Ettersom avstanden blir mindre, vil det også være fornuftig å senke rammefortøyningen for å gi de samme egenskapene som dagens merder får av rammefortøyningen. Dette kan bidra til mindre problematikk mellom merder og brønnbåt.

12.4.3 NØKKELTALL

Kantlengde:	40 m
Dybde	25 – 30 m
Volum av største merdtype:	48 000 m ³
Maksimalt mengde fisk i største merdtype i forhold til lovlig biomassetetthet på 25 kg/m³:	215 000 individer av snitt 5.5 kg (15 000 individer over maksimalt tillatt)
Maksimalt mengde fisk i minste merdtype i forhold til lovlig biomassetetthet på 25 kg/m³:	180 000 individer av snitt 5.5 kg.

Tabell 15 Nøkkeltall ved konsept 4.

12.4.4 ALTERNATIVER

Enkelte aspekter ved konseptet har flere valgmuligheter i forhold til hvordan de skal implementeres. Dette må tas stilling til i senere faser av produktutviklingen. Det er valgt å ikke låse konseptet til en enkelt variant av disse alternativene, men heller presentere et knippe alternativer som alle vurderes som potensielt gjennomførbare, uten at konseptet i seg selv endres. Alternativene er presentert i tabellen under.

	Alternativ 1	Alternativ 2	Alternativ 3
Overvåkning av trenging:	Manuell overvåkning av trengingen fra plattform	Kamera i sentralbjelken som viser fisken under trengingen	
Mekanisme for trenging:	Motor med vaier som drar rammen til nota langs skinnene	Hydraulikk som drar rammen til nota langs skinnene	Sirkulære skinner med gjenger og motor som roterer dem for å skape bevegelse
Koblingspunkt for pumperør:	Fastmontert rør med flytelement, som gjør at sammenkoblingen mellom pumperør fra brønnbåt og adapter kan skje ved overflaten	Festepunkt for pumperør under vann	Spor tilgjengelig ved overflaten som lar pumperøret skli ned på plass. Låsmekanisme også ved overflaten.

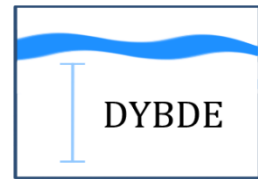
Tabell 16 Alternative prinsipper ved konsept 4.

12.4.5 FORDELER OG ULEMPER

<i>Fordeler</i>	<i>Ulemper</i>
Rimelig konstruksjon	Eventuelle problemer med heving og senking vil kreve ekstra heveutstyr for å reparere merden.
Veldig lik dagens løsning med hensyn til fortyning	Nye rutiner og potensielt nye problemstillinger kreves analysert
Heving og synkning av merden øker sikkerheten for fisken	
Mer solid/stabil konstruksjon	
Adapter for sikrere overføring	
Sikker og kontrollerbar trenging	

Tabell 17 Fordeler og ulemper ved konsept 4.

12.5 Konsept 5: Uavhengige merder med flerfunksjonsbøye

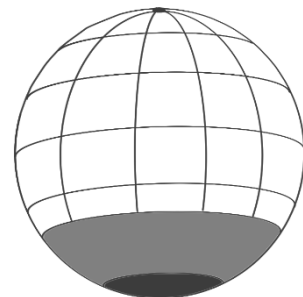


Hvorfor velge følgende løsning:

- På dype offshore lokaliteter vil havdønninger skape enorme bevegelser i båt og merd. Dette vil medføre praktiske komplikasjoner om brønnbåt skal operere direkte på merden. Ved anvendelse av en bøye som mellomledd, og automatisert trenging av merden, elimineres denne problematikken. Overføring mellom merd og brønnbåt vil i større grad foregå som en enkel leveranse.
- Uttak av fisk i toppen av merden ved høye bølger, stresser fisken og får den til å trekke nedover i nota. Uttak i bunnen av merden løser denne problematikken.
- Autonome anlegg med mulighet for senking vil klare seg i perioder uten tilsyn, selv om dårlig vær skulle hindre personell i å reise ut for å se til anlegget. Senking av anlegg vil også dramatisk bedre luseproblematikken, som bl.a. oppstår ved at fisk oppholder seg i de øvre havlagene.

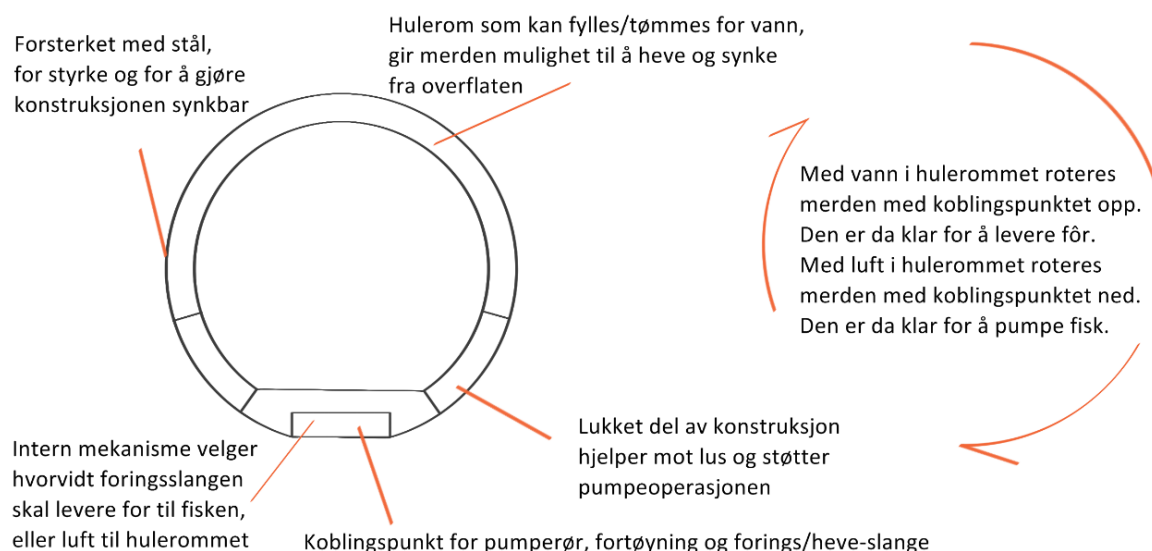
12.5.1 KONSTRUKSJON

Som merd anvender konseptet en rigid sfærisk konstruksjon med et segment som anvender lukket not. Ved den lukkede enden er et felles koblingspunkt for fortøyning, fôrleverings-slanger, pumperør og rør for heving/senking av merden. Under heving og senking av merden, roterer den lukkede nota henholdsvis ned og opp. Dette skjer grunnet endring i konstruksjonens oppdriftspunkt, noe som er forklart mer detaljert i Figur 56

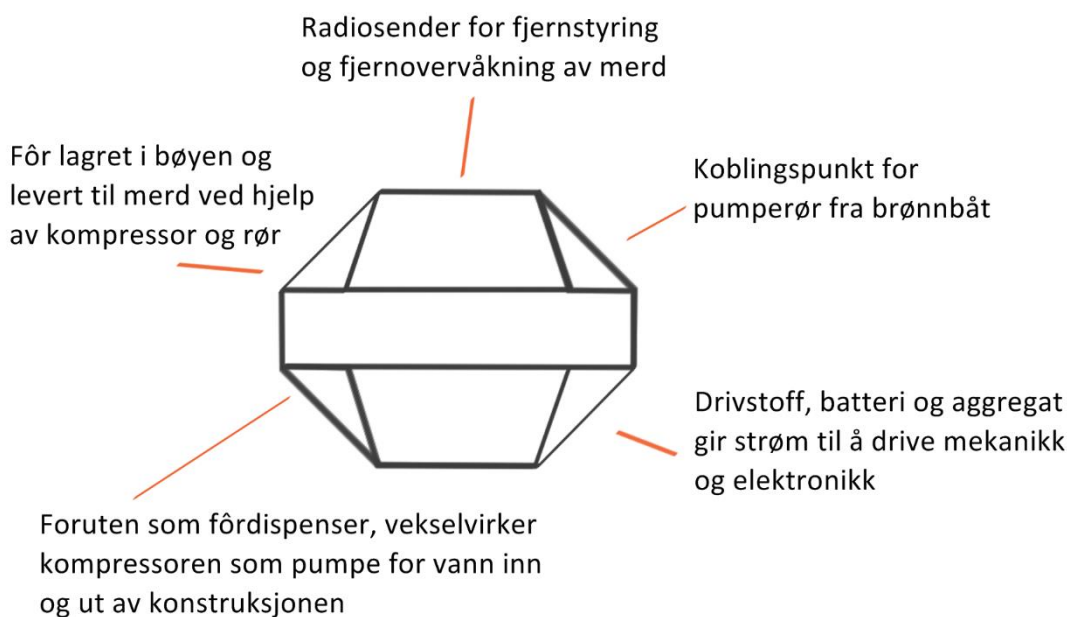


Figur 55 Konsept 6, utforming av merd. Illustrasjon: Kasper Ellefsen

For å holde merden på plass samt styre funksjonaliteten i den, anvendes en bøye som fungerer som delt fortøyningspunkt, fôrstasjon, overvåkningssentral for merden, heve/senke enhet og koblingspunkt for brønnbåt og pumperør. Bøyen er tiltenkt konstruert i rustfritt stål lik bøyer i petroleumsbransjen. Dette er for både å sikre god oppbevaring av drivstoff og fôr og for å sikre at bøyen tåler belastningen av å ha en brønnbåt fortøyd til seg.

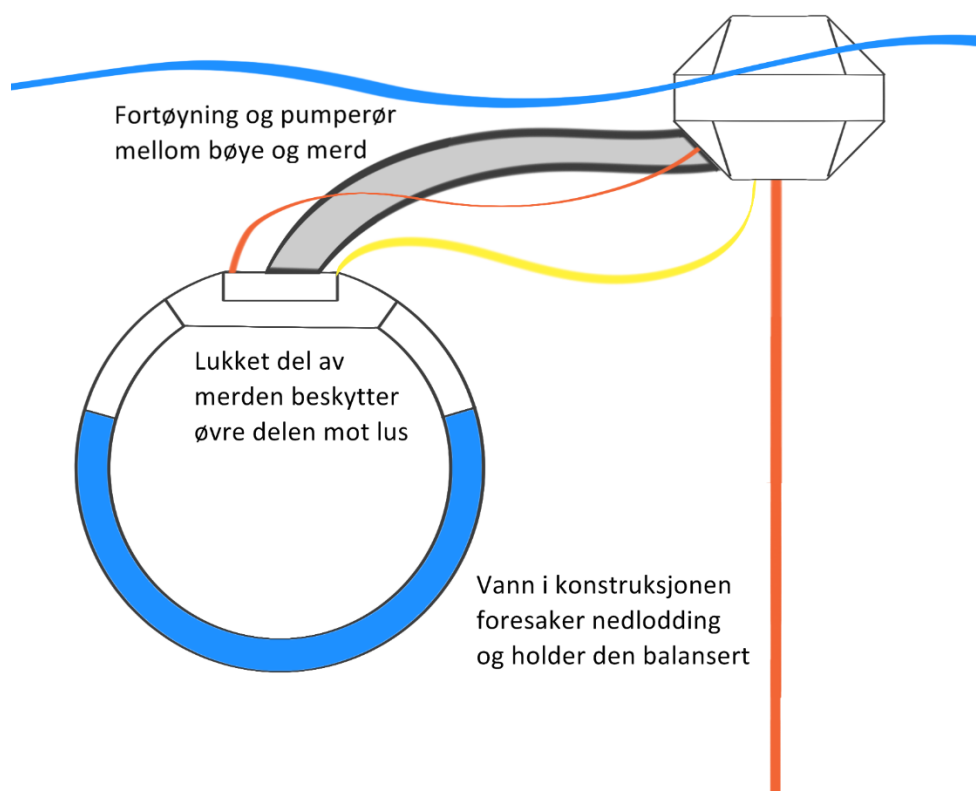


Figur 56 Snittillustrasjon av Konsept 5: Uavhengige merder med flerfunksjonsbøye.
Illustrasjon: Kasper Ellefsen



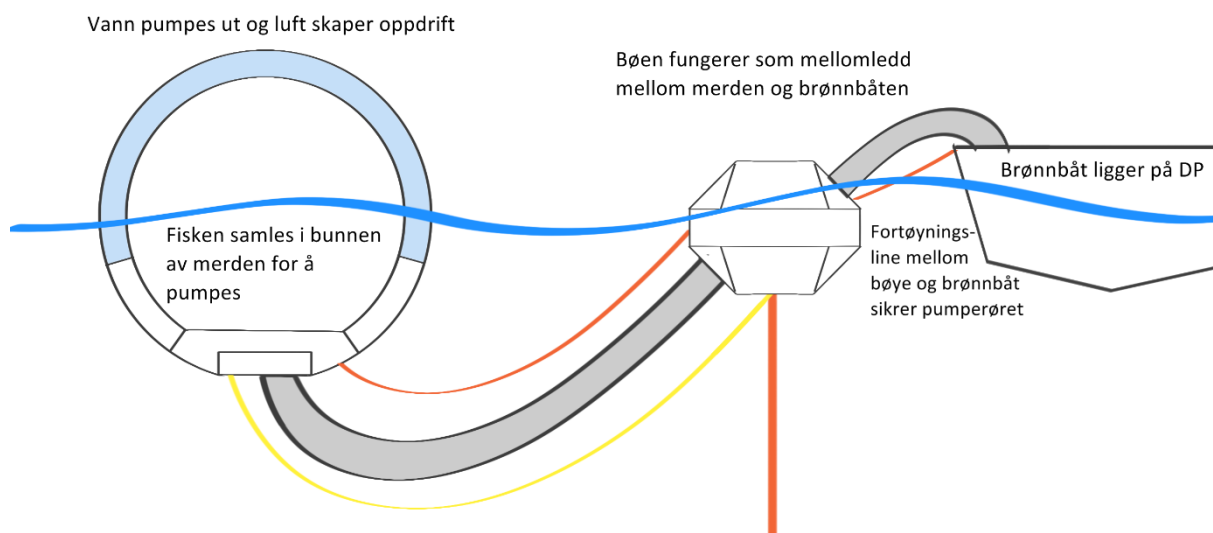
Figur 57 Funksjonalitet til bøyen i Konsept 5: Uavhengige merder med flerfunksjonsbøye.
Illustrasjon: Kasper Ellefsen

12.5.2 METODE



Figur 58 Konsept 5: Uavhengige merder med flerfunksjonsbøye. Vist i nedsenket posisjon. Illustrasjon: Kasper Ellefsen

I nedsenket posisjon er det kun bøyen som er synlig ved overflaten. Systemet har relativt gode muligheter til å bevege seg med bølgene, og absorberer dermed ikke like mye krefter fra miljøet, som hvis det hadde fastspent fortøyning. Illustrasjonen ovenfor viser hvordan den lukkede delen av merden posisjonerer seg grunnet sin lavere massetetthet når den andre delen av merden er fylt med vann. Denne posisjoneringen hjelper både som ekstra sikring mot lus, og gjør at koblingspunktet kan levere fôr på en effektiv måte.



Figur 59 i Konsept 5: Uavhengige merder med flerfunksjonsbøye. Illustrasjon: Kasper Ellefsen

Når det lukkede kammeret tømmes for vann ved hjelp av luft pumpet fra bøyen, endrer både merdens totale massetetthet og massefordelingen seg. Dette gjør at kammeret som da det var fylt med vann hadde høyest massetetthet, nå har minst. Dette vil rotere merden opp og flytte koblingspunktet for pumperøret ned, som igjen gjør merden klar for pumping.

Brønnbåten ligger fortøyd til bøyen, men anvender også DP (se ordforklaring eller kap. 11.8.4) med relativ posisjonering i forhold til merden. Dette er for å unngå at de to skal drive sammen og dermed føre til skade.

12.5.3 NØKKELTALL

Diameter	50 m
Volum av merd:	65 449 m ³
Maksimalt mengde fisk i forhold til lovlig biomassetetthet på 25 kg/m³:	297 499 individer med snittvekt på 5.5 kg

Tabell 18 Nøkkeltall ved konsept 5.

12.5.4 ALTERNATIVER

Enkelte aspekter ved konseptet har flere valgmuligheter i forhold til hvordan de skal implementeres. Dette må tas stilling til i senere faser av produktutviklingen. Det er valgt å ikke låse konseptet til en enkelt variant av disse alternativene, men heller presentere et knippe alternativer som alle vurderes som potensielt gjennomførbare, uten at konseptet i seg selv endres. Alternativene er presentert i tabellen under.

	Alternativ 1	Alternativ 2	Alternativ 3
Heving:	Kun heving med endring av massetetthet	Hjelp i form av løftebagger.	Hjelp i form av assistanse fra fartøy
Fortøyning av bøye:	Stram fortøyning og en bøye som kan dykke delvis	CALM fortøyning som tillater mer bevegelse i bøya	
Line mellom bøye og merd:	Stram. Liten frihetsgrad hos merden.	Slakk. Stor frihetsgrad hos merden, og lenger pumperør.	

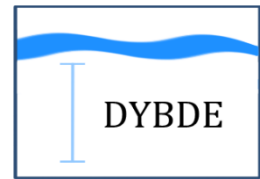
Tabell 19 Alternative prinsipper ved konsept 5.

12.5.5 FORDELER OG ULEMPER

<i>Fordeler</i>	<i>Ulemper</i>
Enkel og uavhengig løsning	Mindre sentralisering
Ingen smittefare mellom anlegg	Krever mer avstand mellom merder
Senking motvirker lus og sikrer konstruksjon	Hvorvidt merden krever en ekstra oppblåsbar hevepute for å oppnå optimal trengingsgrad for full tømning av merden, må testes i praksis ved fullskala prototype.
Mulig automatisering av trengeoperasjoenr	
Uavhengighet mellom brønnbåt og merd (ingen kollisjonsfare)	

Tabell 20 Fordeler og ulemper ved konsept 5.

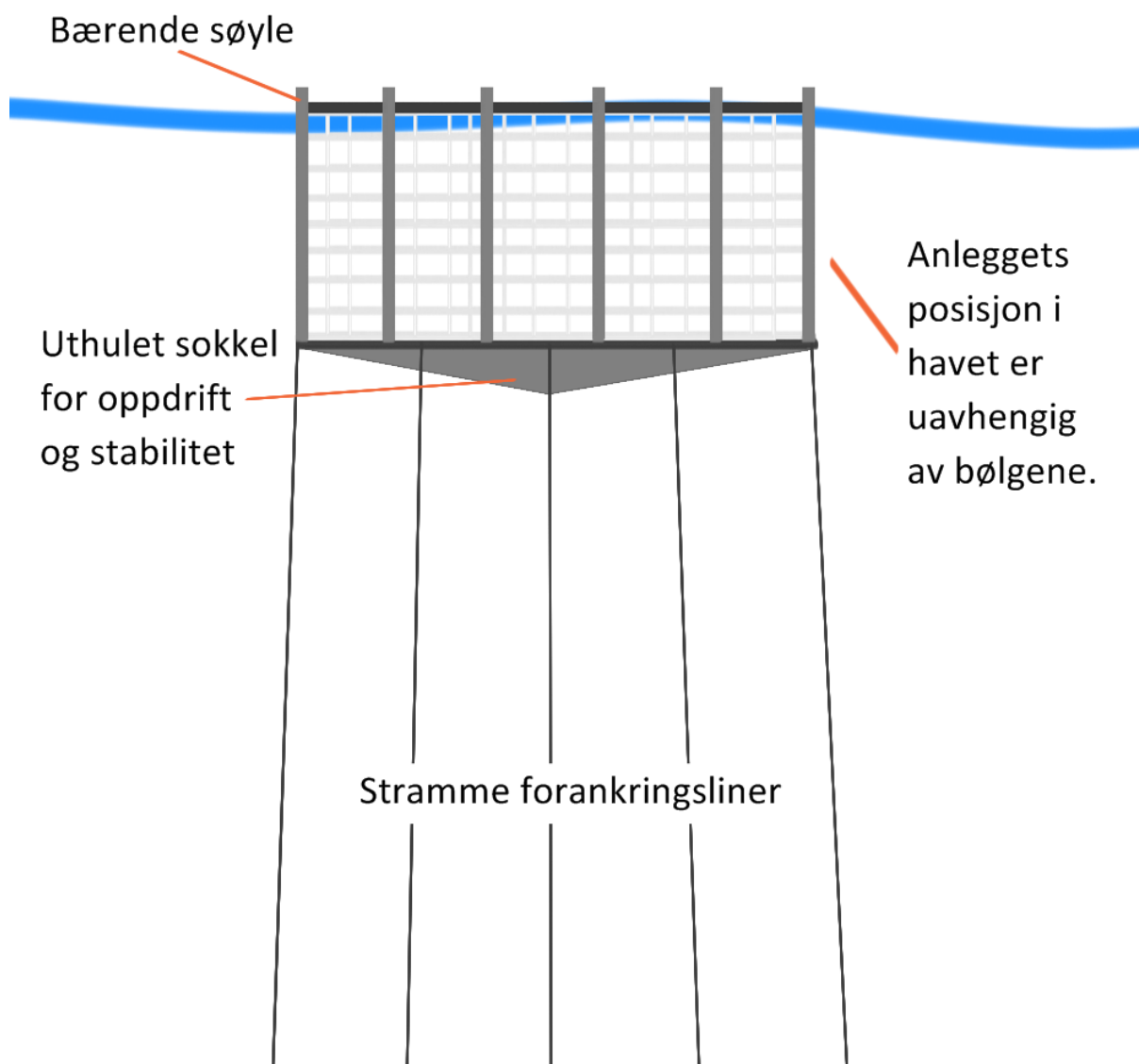
12.6 Konsept 6: Offshoremerd med fastfortøyd sokkel



Hvorfor velge følgende løsning:

- På dype offshore lokaliteter vil havdønninger skape enorme bevegelser i båt og merd, og medføre praktiske komplikasjoner om brønnbåt skal operere direkte på merden. Ved å ha pumperøret tilgjengelig uten krav om fortøyning til merden, motvirker man dette problemet, og båt og merd kan bevege seg friere.
- Uttak av fisk i toppen av merden ved høye bølger stresser fisken og får den til å trekke nedover i nota. Uttak i bunnen av merden løser denne problematikken, og en automatisk løsning som ikke krever assistanse fra arbeidsbåt eller brønnbåt, eliminerer de største problemene forbundet med dette.
- Fundamentet på anlegget er basert på samme prinsipp som holder vindmøller på plass offshore. Dette gir grunnlag for et meget robust anlegg som vil tåle store værmessige påkjenninger.
- Størrelsen på anlegget gir grunnlag for sentralisert oppdrett, et ønske ytret av oppdrettere.

12.6.1 KONSTRUKSJON

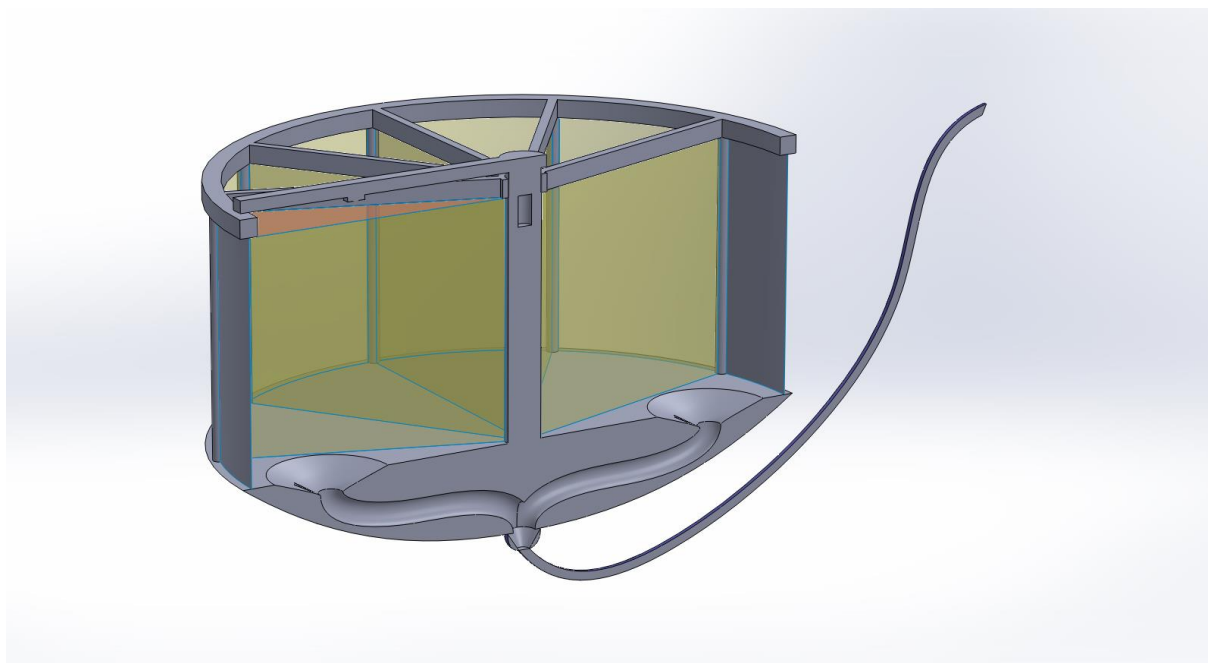


Figur 60 Oversikt over konstruksjonsprinsippet til Konsept 6: Offshore-merd med fastfortøyd sokkel.
Illustrasjon: Kasper Ellefsen

Fortøyningsprinsippet som er anvendt, baserer seg på stramme fortøyningslinjer koblet til et fundament med en oppdrift som fører til spenn i linene. Denne kombinasjonen gjør at anlegget vil stå stabilt i vannet, mens bølgene beveger seg. Dette medfører også at man vil kreve not som dekker toppen av merden, da bølger som går over toppen av merden er noe som kan oppstå. Dette lokket vil igjen bli brukt i trengeoperasjonen av merden. Konstruksjonen er beregnet å skulle inneholde flere uavhengige avlukker, som til sammen utgjør anleggets totale kapasitet.

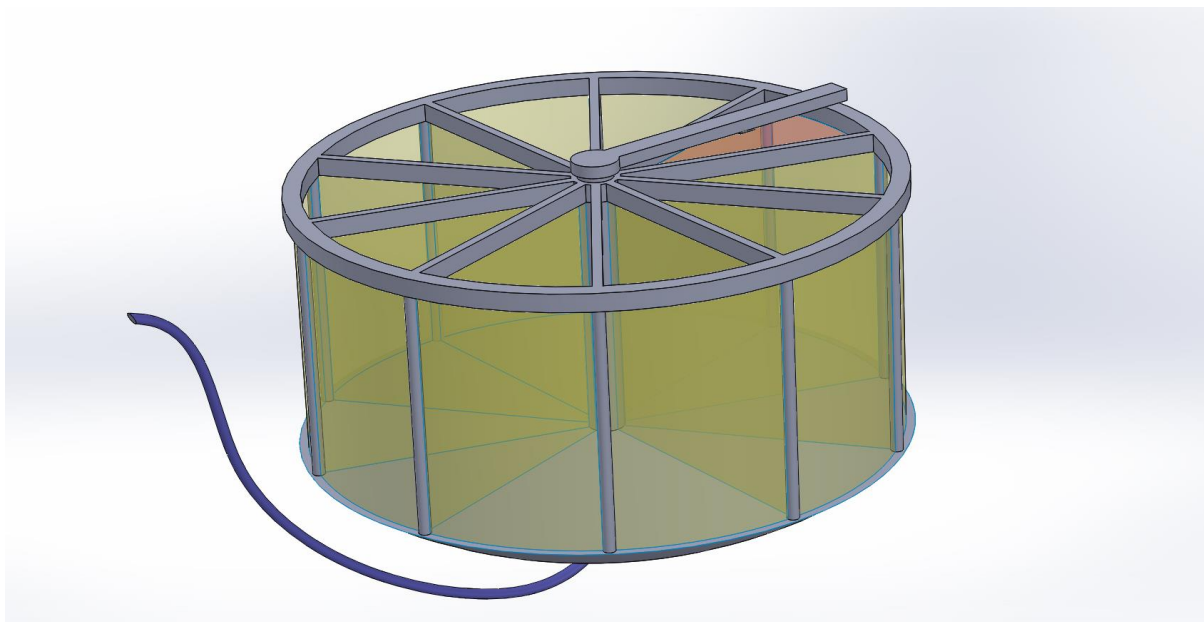
12.6.2 METODE

Hver av seksjonene i merden har sitt eget uttak. For å trenge fisken mot dette uttaket, senkes lokket på den aktuelle seksjonen ned i merden, mens en luke i bunnen hvor fisken kan svømme åpnes. Operasjonens grove trekk er beskrevet under.



Figur 61 Konsept 6: Offshoremerd med fastfortøyd sokkel. Hevet posisjon. Skisse modellert i SolidWorks av: Kasper Ellefsen

1. Når fisken skal pumpes ut av merden, vil brønnbåt ligge på DP (se ordforklaring eller kap. 11.8.4) med pumperøret fra anlegget tilkoblet egen vakuumpumpe om bord.
2. Lokket på seksjonen som skal tømmes (markert med rødt), blir av den sentrale armen senket ned for å trenge fisken mot bunnen av anlegget.
3. Bunnen av anlegget har en traktutforming, som leder fisken mot anleggets avløp
4. Når all fisk er tatt ut av anlegget, heves lokket tilbake til toppen



Figur 62 Konsept 6: Offshoremerd med fastfortøyd sokkel. Skisse modellert i SolidWorks av: Kasper Ellefsen

12.6.3 NØKKELTALL

Diameter	100 m
Dybde	40 m
Fullstendig volum av merdtypen:	314 159 m ³
Maksimalt mengde fisk i forhold til lovlig biomassetetthet på 25kg/m³:	1.4 millioner individer med snittvekt på 5.5 kg
Antall seksjoner:	10 uavhengige med egne uttaksmuligheter

Tabell 21 Nøkkeltall ved konsept 6-.

12.6.4 ALTERNATIVER

Enkelte aspekter ved konseptet har flere valgmuligheter i forhold til hvordan de skal implementeres. Dette må tas stilling til i senere faser av produktutviklingen. Det er valgt å ikke låse konseptet til en enkelt variant av disse alternativene, men heller presentere et knippe alternativer som alle vurderes som potensielt gjennomførbare, uten at konseptet i seg selv endres. Alternativene er presentert i tabellen under.

	Alternativ 1	Alternativ 2	Alternativ 3
Søyler:	Massive. Kun bærende evne	Hule, skaper oppdrift.	
Gangbro	Massive. Kun bærende evne	Hul. Skaper oppdrift.	Ingen gangbro
Sokkel:	Massive. Kun bærende evne	Hul. Skaper oppdrift.	

Avløp:	Kun anvendt for pumping av fisk.	Anvendt for pumping av fisk og uttak av dødfisk.
Pumping:	Pumping direkte fra den enkelte seksjon	Overføring av fisk internt til en mindre lukket tank før brønnbåt ankommer
Oppholds lokale:	Mulighet for opphold av mannskap på merd	Ingen mulighet for opphold av mannskap på merd.

Tabell 22 Alternative prinsipper ved konsept 6.

12.6.5 FORDELER OG ULEMPER

<i>Fordeler</i>	<i>Ulemper</i>
Ekstremt stabil konstruksjon (samme prinsipp som holder 100 m+ høye vindmøller på plass offshore)	Krever flere og sterke fortøyningslinjer
Enklere å dimensjonere enn fleksible merder	Større enkeltinvestering enn dagens merder
Total uavhengighet av brønnbåt og anlegg.	Rigide merder har høyere dimensjoneringskrav
Kontrollerbar trenging	

Tabell 23 Fordeler og ulemper ved konsept 6.

13 KONKLUSJON

Konseptene i kap. 12 ble presentert i et kortfattet dokument sendt ut til styringsgruppen i SustainFarmEx. Tilbakemeldingen var generelt positiv. Hovedsakelig var det de anvendte prinsippene som tok oppmerksomheten, snarere enn de eksakte implementasjonene. Dette var som forventet. Kritikken som fremkom i tilbakemeldingene, var hovedsakelig rettet mot eventuelle kostnader ved slike løsninger. Dette er et viktig moment da rigide merder vil være dyrere å produsere enn fleksible slik anvendt per dags dato.

Studiet av løsninger i utenlandsk oppdrett har gitt enkelte interessante indikatorer på hva som er faktorer i suksesshistorier. De viktigste er:

- Nedsenkbare anlegg
- Lokal overføring av fisk
- Rigide konstruksjoner

En gjennomgående observasjon i forhold til dagens løsninger for oppdrettsanlegg i norsk oppdrett, er at valgene i konstruksjon og materialer er gjort med hensyn til pris og avkastning. Funksjonaliteten kommer i andre rekke. Materialene som er brukt er primært polyetylen i plastringene og nylon i notdukene. Dette er særdeles rimelige materialer, men ikke særlig slitesterke. Konstruksjonen er fleksibel, noe som betyr at den tar opp mindre krefter og dimensjonskravene blir dermed lavere. Dette fører til mindre unødig materialbruk og konstruksjonen blir rimeligere å produsere.

Problemet med et fokus primært på det økonomiske aspektet, er at anleggets anvendbarhet ikke er en direkte målbar faktor i økonomiske termer. Det at anlegget evner å tåle kreftene fra omgivelsene, betyr ikke at det er egnet for mennesker å oppholde seg på. Om næringen ønsker å kunne gjennomføre en bærekraftig og sikker oppdrett, på mer eksponerte havområder, vil de måtte endre på prioriteringene og la funksjonaliteten til anlegget komme i første rekke. Når form og funksjonalitet er utarbeidet, kan materialvalg og andre faktorer som vil være avgjørende for den fullstendige kostnaden ved anlegget vurderes. Å gjøre det i motsatt rekkefølge gir løsninger med store mangler, som man risikerer å betale større summer for å håndtere enn det man har spart inn på å gå for en slik løsning. Eksempler på slike kostnader kan være unødig avlusning, rømning, usikkerhet i forhold til brønnbåt operasjoner, skader på mannskap og avbrutte brønnbåtoperasjoner.

Som et alternativ til dagens fleksible merder, vil det fremover være essensielt å se mer på rigide konstruksjoner. Her har næringen utvilsomt mye å lære av petroleumsindustrien. Fleksible konstruksjoner har en sterk begrensning i anvendbarhet utover sin rolle som innhegning for fisken. Dens bevegelse i havet gjør den uforutsigbar, noe som blir forsterket tilsvarende når den anvendes på

eksponerte havområder. Fleksibiliteten forårsaker en endring av form, noe som gjør de fleste akser utilgjengelige for trenging.

Interaksjon mellom merd og brønnbåt er også et vitalt ledd i overføringsprosessen. Uten fokus på dette kan det få katastrofale følger. For å kunne åpne opp for andre måter å posisjonere merd og brønnbåt på i forhold til hverandre, er det igjen viktig med en løsning som reduserer behovet for en direkte interaksjon mellom merd og brønnbåt. I dag fungerer brønnbåt som et verktøy som anvendes på merden, men hvis de samme prosesser brønnbåten står for kan gjøres selvstyrt fra merdens side, vil brønnbåt kunne fungere mer som det den skal være; en mottaker og transportør av fisk.

Uavhengig av formen på en endelig løsning, vil de fire viktigste momentene som vil utgjør en sikker overføringsprosess kunne oppsummeres slik:

1. Anvende overføringsmetode (da primært med fokus på trenging) som fjerner behovet for direkte hjelp fra brønnbåt eller arbeidsbåt
2. Skjerm innsuget til pumpeslangen fra de mest turbulente havområdene (eks: pump lenger ned i merden eller ha en form for skjerming av bølger i overflaten)
3. Etablere sikker fortøyning som hindrer uønsket interaksjon mellom merd og brønnbåt
4. Overvåk tettheten av fisk slik at en endring av det tilgjengelige notvolumet i merden kan tilpasses for å unngå å stresse fisken. Vil kreve en trengemetode som er kontrollerbar og ikke har andre faktorer enn selve trengingen som endrer volumet fisken har tilgjengelig.

14 REFLEKSJON OG VIDERE ARBEID

I oppgaven har det primært blitt sett på variasjon i utforming av anlegget som fisken oppholder seg i, for igjen å se hvordan dette kan endres for å endre prosedyrene som er involvert i overføring av fisk. Dette har vært et bevisst valg, men som alle valg er det noe man må ofre. Et alternativt valg som kunne blitt gjort, var å fokusere på selve strukturen i overføringsprosessen. Altså det mer organisatoriske, og hvordan dette påvirker beslutningsgraden til en operasjon. Oppgaven ville i langt større grad blitt en tjenesteutviklingsoppgave, men den ville allikevel støttet opp om oppgaveteksten. Flere slike innfallsvinkler ble vurdert under arbeidet, men måtte forkastes som et ledd i å begrense oppgavens omfang. Nedenfor er listet punkter om kunne blitt dedikert egne oppgaver. Enkelte av oppgavene ville antakelig vært mer egnet for en avhandling av økonomisk karakter.

- Kostnadsestimering av rigide mot fleksible merder. Skal oppdrettsnæringen moderniseres vil rigide konstruksjoner være en stort steg i riktig retning. Dette vil dog kreve at det er økonomisk lønnsomt, hvis oppdrettsnæringen skal ønske å anvende slike løsninger.
 - Det vil her være interessant å se på både produksjonskostnad, men også innsparte penger i drift, praktisk anvendbarhet og levetid.
 - Rigide, nedsenkbare anlegg vil i denne anledning også være interessante å vurdere
 - Store anlegg, lik det fremstilt i Figur 13, vs mindre anlegg.
- Alt-i-et oppdrettsanlegg:
 - Mulighet for lokalt slakteri på anlegget, med flere merder tilknyttet det enkelte anlegg.
 - Lokal overføring på anlegget for avlusning, medisiner og potensielt delvis tømning og slakting av fisken. Detaljer på hvordan denne prosessen foregår i detalj, har dessverre ikke vært å få tak i.
 - Bruk av droner for frakting av fisk fra anlegg til land
- Tension grid systems.
 - Semi-rigide systemer for bruk i konstruksjon av merder. Kan fungere som en potensiell mellomting mellom dagens fleksible merder, og absolutt rigide løsninger inspirert av oljeindustrien.
- Flere metoder for heving og senking av anlegg

En innsnevring som også kunne ha blitt gjort i løpet av arbeidet, var å fokusere på en løsning beregnet for en enkelt lokalitet. Dette ville involvert mer detaljert studie og intervjuer av hva som gjorde problemstillingen der spesiell. En løsning for et spesielt tilfelle, gir ofte grunnlag for å bli abstrahert ut til andre tilsvarende problemstillinger.

Tross det faktum at man ved nye problemstillinger alltid sitter igjen med et klarere bilde mot slutten av arbeidet, og gjerne skulle gjort andre valg i informasjonens klare lys, har prosjektet hatt særdeles få problemer. Industrien har vist en særdeles god samarbeidsvillighet, hvor selv aktører utenfor styringsgruppen til prosjektet har kommet med konstruktive tilbakemeldinger og nyttig informasjon. Arbeidsmengden har til tider vært overveldende, men positive tilbakemeldinger fra de som oppgaven er siktet mot, har gjort prosessen langt lettere.

Ordforklaring

Bløgger	Maskin som sløyer fisk
Brønnbåt	Båt ansvarlig for lasting/lossing av fisk mellom merder og landbaserte anlegg.
Bunnring	Lodd som holder noten i merden nede i en gravitasjonsmerd.
Dynamisk Posisjonering (DP)	System som tar over kontrollen på propellene til en båt for å holde den i statisk posisjon relativ til et objekt i sjøen. Kan også bruke GPS for å posisjonere seg.
Flytekrage	Delen av merden som holder merden flytende, og som tilbyr en plattform hvor de ansatte kan oppholde seg.
Føringsrate	Mengden for som fisken tar spiser per mengde for levert
Gravitasjonsmerd	Merd som anvender en flytekrage til å holde seg oppe, kombinert med bunnring for å holde noten på plass
Hevenot	Not som søker å redusere volumet i merd på samme måte som i dag gjøres ved heving av bunnring
Kulelenke	Trengemetode som anvender nota i merden for å gjennomføre trenging. Navnet kommer av at flyteelementer blir brukt langs med kanten av note, noe som gjør at den blir seende ut som en kulelenke.
Merd	Konstruksjonen fisken avles opp i. Finnes i både åpne og lukkede varianter.
Not	Nett som brukes for å holde fisken innenfor et bestemt område. Brukes i både merd og under trenging. Originalt brukt i fiske med snurpnot.
Notposen	Nota som fisken oppholder seg i på oppdrettsanlegget
Orkastnot	Not som anvendes for å trenge fisken samme for å muliggjøre pumping. Samme som Snurpnot.
Rammefortøyning	Fortøyning under vann som gir faste fortøyningspunkt for merdene i et oppdrettsanlegg.
ROV	«Remotely operated vehicle», en fjernstyrt undervannsfarkost som brukes for å lettgjøre operasjoner under vann
Røkter	Ansatt på oppdrettsanlegg.
Smolt	Fiskeyngel som er gjort klare for liv i en åpen merd.
Snurpnot	Se Orkastnot*

Komplett innholdsfortegnelse

1	Introduksjon.....	1
2	Arbeidsmetode	3
3	Hvordan drives dagens oppdrett	5
3.1	Verdikjeden i oppdrett	5
3.2	Hvordan overføres fisken i dag.....	6
3.3	Tidsbruk under en luseoperasjon	11
4	Fastsetting av rammebetingelser for oppgaven	12
5	Lokalitetene	14
5.1	Strømningsutsatt lokalitet – Rataren, Frøya.....	14
5.2	Bølgeutsatt lokalitet – Tristeinen, Bjugn	16
5.3	Dype avsides lokaliteter og offshore – Frohavet	18
5.4	Ekstremverdier	20
6	Marked og etterspørsel	22
7	Eksisterende løsninger	24
8	Problemanalyse.....	26
8.1	Tidligere arbeider, SECURE og ERFA	26
8.2	Problemstillinger	27
8.2.1	Vilkår for fisk.....	29
8.2.1.1	Trenging av fisk.....	29
8.2.1.2	Svømmeblære	29
8.2.1.3	Lakselus	30
8.2.1.4	Sykdomsbehandling.....	30
8.2.1.5	Bølger og omgivelser	30
8.2.1.6	Propellens påvirkning på fisk og merd	31
8.2.2	Vurderingskriterier	32
8.2.2.1	Trengingsgrad.....	32
8.2.2.2	Operasjonsvurdering	32
8.2.2.3	Innseiling mot merden	32
8.2.2.4	Eierskap og ansvar tilknyttet fisken.....	33
8.2.3	Miljøpåvirkninger	35
8.2.3.1	Vind og bølger	35
8.2.3.2	Frost.....	35
8.2.3.3	Driving av not	35
8.2.4	Interaksjon mellom båt og anlegg.....	37
8.2.4.1	Uavhengige bevegelser og ujevn trenging	37
8.2.4.2	Rulling av båt og pumping.....	37
8.2.4.3	Nedpressing av flytekrage	38
8.2.4.4	Skader på merd og forankringsliner ved fortøyning av brønnbåt.....	38
8.2.4.5	Propellens påvirkning av liner	38
8.2.5	Andre Bevegelige elementer	39
8.2.5.1	Fall og klemming.....	39
8.2.5.2	Gnaging av not og line	39
8.3	Vurdering av problemstilling, aktører og endringsmuligheter	40
9	Behovsanalyse.....	42
9.1	Aktørenes overfladiske behov	42
9.1.1	Oppdrettsselskap.....	44
9.1.1.1	Driftsleder.....	44
9.1.1.2	Røkter	44
9.1.2	Brønnbåtrederi	44

9.1.2.1	Kaptein.....	45
9.1.2.2	Mannskap	45
9.2	Oppdretteres behov	45
10	Kravspesifikasjon.....	48
10.1	Brukerkravspesifikasjon brønnbåt.....	50
10.2	Brukerkravspesifikasjon røkter	51
10.3	Produktdesignspesifikasjon	53
10.4	Produktkravspesifikasjon.....	56
10.5	Tanker vedrørende brukerkravspesifikasjon	57
11	Anvendbare prinsipper	58
11.1	Åpen eller lukket merd?	58
11.2	Fleksibel eller rigid konstruksjon?	62
11.3	Dykkerklokke	63
11.4	Undervannsmerder, heving og senking.....	65
11.5	Lokal overføring.....	66
11.6	Geometrisk utforming	67
11.6.1	Flater.....	68
11.6.2	Kuboid, prizmer og sylindere.....	69
11.6.3	Sfærisk og mangeflatet.....	70
11.6.4	Kjegle/pyramide og sammensatte figurer.....	71
11.7	Pumpeposisjonering og trengeretning.....	72
11.7.1	Lineære trengeprosesser.....	72
11.7.2	Rotasjon som trengeprosess	74
11.7.3	Indirekte trenging	74
11.7.4	Adapter for pumperør	76
11.8	Offshore stabilitet og posisjonering(21).....	77
11.8.1	Fortøyningslinjer.....	77
11.8.1.1	Enkeltpunktsfortøyning.....	77
11.8.1.2	Mangepunktsfortøyning.....	78
11.8.1.3	Stram line	78
11.8.1.4	Catenary line.....	78
11.8.1.5	Rammefortøyning.....	79
11.8.2	Materialvalg for fortøyning	80
11.8.2.1	Kjetting(22, 23)	80
11.8.2.2	Stålvaier	80
11.8.2.3	Syntetisk fiber.....	81
11.8.3	Flytende fundament	81
11.8.4	Dynamisk Posisjonering (DP).....	83
11.8.5	Offshore lastesystemer	84
11.8.5.1	Single Point Mooring (SPM).....	84
11.8.5.2	Articulated Loading Arm (ALP)	84
11.8.5.3	Offshore Last System (OLS)	84
11.8.5.4	Undervanns Turret Lasting (STL)	85
11.8.5.5	Tripod Catenary Mooring System (TCMS).....	85
11.8.6	Moonpool	86
12	Helhetlige konsepter.....	87
12.1	Konsept1: Rotasjonstrenging med halvkuleformet merd	89
12.1.1	Metode	90
12.1.2	Konstruksjon.....	90
12.1.3	Nøkkeltall.....	91
12.1.4	Alternativer.....	91

12.1.5	Fordeler og ulemper	92
12.2	Konsept 2: Strømningsstyrt kjeglemerd	93
12.2.1	Metode	93
12.2.2	Nøkkeltall	97
12.2.3	Alternativer	97
12.2.4	Fordeler og ulemper	98
12.3	Konsept 3: Grunnstøpt plattform	99
12.3.1	Metode	100
12.3.2	Implementasjon	101
12.3.3	Nøkkeltall	101
12.3.4	Alternativer	101
12.3.5	Fordeler og ulemper	102
12.4	Konsept 4: Kubisk heve- og senkemerde med pumpepunkt under vann	103
12.4.1	Metode	104
12.4.2	Konstruksjon	104
12.4.3	Nøkkeltall	106
12.4.4	Alternativer	106
12.4.5	Fordeler og ulemper	107
12.5	Konsept 5: Uavhengige merder med flerfunksjonsbøye	109
12.5.1	Konstruksjon	109
12.5.2	Metode	111
12.5.3	Nøkkeltall	112
12.5.4	Alternativer	112
12.5.5	Fordeler og ulemper	113
12.6	Konsept 6: Offshoremerde med fastfortøyd sokkel	115
12.6.1	Konstruksjon	116
12.6.2	Metode	117
12.6.3	Nøkkeltall	118
12.6.4	Alternativer	118
12.6.5	Fordeler og ulemper	119
13	Konklusjon	120
14	Refleksjon og videre arbeid	122

Figurliste

FIGUR 1 IDÉPOOL SLIK BRUKT UNDER ARBEIDET MED OPPGAVEN. HVER LAPP REPRESENTERER HER IDÉER HVOR MULIGHETENE SKAL BLI VIDERE UNDERSØKT. MONTERT PÅ VEGGEN VED ARBEIDSPLASSEN FOR ENKEL TILGANG.	4
FIGUR 2 ILLUSTRASJONER GJENGITT MED TILLATELSE FRA MARINE HARVEST (http://www.marineharvest.com/en/seafood-value-chain1/harvesting/).....	6
FIGUR 3 GRAVITASJONSMERD MED FUGLENETTING. AV: KASPER ELLEFSEN.....	6
FIGUR 4 GRAVITASJONSMERD UTEN FUGLENETTING. AV: KASPER ELLEFSEN.....	7
FIGUR 5 HEVING AV BUNNRING. AV: KASPER ELLEFSEN	7
FIGUR 6 ARBEISBÅT OG BRØNNBÅT FORTØYD. AV: KASPER ELLEFSEN	8
FIGUR 7 TRENGING AV FISK MED ORKASTNOT. AV: KASPER ELLEFSEN	9
FIGUR 8 PUMPING AV FISK. AV: KASPER ELLEFSEN.....	10
FIGUR 9 STRØMNINGSFELT GENERERT AV VIND OG TIDEVANN. ILLUSTRASJON GJENGITT MED TILLATELSE FRA AQUACULTURE ENGINEERING (ACEAQUA.NO)	15
FIGUR 10 MILJØDATA FRA RATAREN, HENTET FRA ACEAQUA.NO SANNTID, OG GJENGITT HER MED TILLATELSE FRA AQUACULTURE ENGINEERING.....	15
FIGUR 11 DYBDEFORHOLD OG PLASSERING AV FORTØYNINGSRAMME PÅ TRISTEINEN. DYBDEFORHOLDET VARIERER FRA 100M PÅ DET DYPESTE(MØRKEBLÅTT) TIL KUN 1METER PÅ DEN GRUNNESTE (LYSEBLÅTT). KARTDATA FRA KYSTVERKET.NO	17
FIGUR 12 TETTHET AV SJØTRAFIKK PÅ FROHAVET. KARTDATA FRA KYSTVERKET.NO.....	18
FIGUR 13 SALMARS MODELL FOR FREMTIDIG OPPDRETTSSANLEGG PÅ OFFSHORE LOKALITET. BILDE GJENGITT MED TILLATELSE FRA OCEANFARMING.NO, EID AV SALMAR AS	19
FIGUR 14 OMTRENTLIG POSISJON AV HAVANLEGG I FROHAVET. KARTDATA FRA KYSTVERKET.NO.....	19
FIGUR 15 ILLUSTRASJON AV 157METER (50M DIAMETER) MERDER I RAMMEFORTØYNING. RAMMEFORTØYNINGEN ILLUSTRERT MED LYSEBLÅ LIGGER VED 7 METERS DYP. KOBLINGSPLATENE ER ILLUSTRERT MED MØRKEBLÅTT, OG HANEFØTTENE MED ORANGE. ILLUSTRASJON: KASPER ELLEFSEN	33
FIGUR 16 DAGENS MERDER I HARDT VÆR. DE ANSATTE MÅ KLAMRE SEG FAST TIL GJERDET FOR Å IKKE FALLE. ILLUSTRASJON FRA SINTEF.NO	35
FIGUR 17 DAGENS MERDER I KULDE. FROST HAR LAGT SEG LANGS GANGBROEN, OG UTGJØR ET STORT PROBLEM OM EN HASTEOPERASJON SKAL GJENNOMFØRES. ILLUSTRASJON FRA SINTEF.NO.....	35
FIGUR 18 ILLUSTRASJON AV ROTASJONENS PÅVIRKNING AV KRANPUNKT. LITEN ENDRING I PUNKT A FORÅRSAKER STOR ENDRING I PUNKT B. ILLUSTRASJON: KASPER ELLEFSEN	37
FIGUR 19 - AKTØR OVERSIKT	43
FIGUR 20 LUKKET MERD PRODUSERT AV AKVADESIGN. ILLUSTRASJON LEVERT AV, OG GITT TILLATELSE TIL BRUK AV, ANDERS NÆSS(17) VED AKVADESIGN.	59
FIGUR 21 VANNSTRØMNING MED 1M/S STRØMNINGSFASTHET OMKRING EN SFÆRE. SIMULERT I SOLIDWORKS.....	60
FIGUR 22 STRØMNING RUNDT OG GJENNOM EN ÅPEN SFÆRISK MERDKONSTRUKSJON SIMULERT I SOLIDWORKS. STRØMNINGEN ER AV TYPEN VANN MED HASTIGHET 1M/S. SETT FRA SIDEN.	60
FIGUR 23 STRØMNING RUNDT OG GJENNOM EN ÅPEN SFÆRISK MERDKONSTRUKSJON SIMULERT I SOLIDWORKS. STRØMNINGEN ER AV TYPEN VANN MED HASTIGHET 1M/S. SETT OVENIFRA.	61
FIGUR 24 ILLUSTRASJON AV DYKKERKLOKKEPRINSIPPET. AV: KASPER ELLEFSEN	63
FIGUR 25 RØR MED VANN SOM BÆREBJELKER, KAN MEDFØRE POSITIVT ELLER NEGATIVT LØFT.....	65
FIGUR 26 KONSEPTSKISSE AV EN ENKEL OPPDRIFTSMEKANISME FOR HEVING OG SENKING UNDER VANN. ILLUSTRASJON: KASPER ELLEFSEN	65
FIGUR 27 KABELFERJE MELLOM ANLEGG FOR OVERFØRING AV FISK. ILLUSTRASJON: KASPER ELLEFSEN	66
FIGUR 28 OVERSIKT OVER ELEMENTÆRE FLATER BASERT PÅ ANTALL KANTER, SAMT VARIANTER AV SIRKULÆRE ENHETER. ILLUSTRASJON: KASPER ELLEFSEN	68
FIGUR 29 KUBOID, PRISME OG SYLINDER. ILLUSTRASJON: KASPER ELLEFSEN	69
FIGUR 30 SFÆRER OG MANGEFLATER. ILLUSTRASJON: KASPER ELLEFSEN.....	70
FIGUR 31 PYRAMIDER OG KJEGLER	71

FIGUR 32 TRENGING MOT TOPP/BUNN. ILLUSTRASJON: KASPER ELLEFSEN	72
FIGUR 33 TRENGING TIL SIDENE. ILLUSTRASJON: KASPER ELLEFSEN	73
FIGUR 34 ILLUSTRASJON OVER PRINSIPPET MED INDIREKTE TRENGING. ILLUSTRASJON: KASPER ELLEFSEN	75
FIGUR 35 PUMPERØR I KUBISK ELLER SYLINDERFORMET MERD ETTER ANVENDELSE AV INDIREKTE TRENGING.....	75
FIGUR 36 ADAPTER PÅ PUMPERØR SOM LEDER FISKEN INN I RØRET OG TRENGER MERDEN.	76
FIGUR 37 FORTØYNINGSMETODER: STRAM LINE TIL VENSTRE, CATENARY FORTØYNING TIL HØYRE. RELATIV POSISJONSENDRING ILLUSTRERT OG FREMSTILT MED ORANGE LINJER. ILLUSTRASJON: KASPER ELLEFSEN	77
FIGUR 38 ØVERST VISES EN LØKKE STOLPEKJETTING, NEDERST EN LØKKE AV ORDINÆR KJETTING.....	80
FIGUR 39 FLYTENDE PLATTFORMER. ILLUSTRASJON: KASPER ELLEFSEN	81
FIGUR 40 FIGURENE ILLUSTRERER FORSKJELLIGE FORTØYNINGSMETODER BRUKT OFFSHORE UNDER LASTEOPERASJONER. ILLUSTRASJONER LÅNT MED TILLATELSE AV MARK FRANCIS VED OILSPILLSOLUTIONS.(HTTP://WWW.OILSPILLSOLUTIONS.ORG/OFFSHORE.HTM)	85
FIGUR 41 MOONPOOL PÅ SKIP. ILLUSTRASJON: KASPER ELLEFSEN	86
FIGUR 42 ROTASJONSTRENGING MED HALVKULE KONSEPT FOR STRØMNINGSUTSATTE LOKALITETER.	90
FIGUR 43 BÆREKONSTRUKSJON FOR RIGID HALVKULEFORMET MERD.	91
FIGUR 44 KONSEPT 2: STRØMNINGSSTYRT KJEGLEMERD. ILLUSTRASJON: KASPER ELLEFSEN.....	94
FIGUR 45 KONSEPT 2: STRØMNINGSSTYRT KJEGLEMERD MED FORTØYD BRØNNBÅT. ILLUSTRASJON: KASPER ELLEFSEN	94
FIGUR 46 STRØMNINGSSTYRT KJEGLEMERD. OVERSIKT FRA OVEN. ILLUSTRASJON: KASPER ELLEFSEN	95
FIGUR 47 STRØMNINGSSTYRT KJEGLEMERD. VIST FRA SIDEN. ILLUSTRASJON: KASPER ELLEFSEN.....	96
FIGUR 48 SKISSER OVER DIMENSJONENE TIL KONSEPT 2. ILLUSTRASJON: KASPER ELLEFSEN.....	97
FIGUR 49 KONSEPT 3: GRUNNSTØPT PLATTFORM VIST I STARTEN AV EN OPERASJON.	100
FIGUR 50 KONSEPT 3: GRUNNSTØPT PLATTFORM UNDER FORFLYTNING AV MERD. ILLUSTRASJON: KASPER ELLEFSEN.....	100
FIGUR 51 KONSEPT 4: PUMPING FRA BUNNEN AV MERDEN - METODEOVERSIKT. ILLUSTRASJON: KASPER ELLEFSEN	104
FIGUR 52 VANN I BÆREBJELKENE TIL MERDEN FOR Å ENDRE MELLOM POSITIVT OG NEGATIVT LØFT.....	104
FIGUR 53 KONSEPT 4: PUMPING FRA BUNNEN AV MERDEN. MERD I NEDSENKET POSISJON.....	105
FIGUR 54 KONSEPT 4: KUBISK HEVE- OG SENKEMERD MED PUMPEPUNKT UNDER VANN. MERD I HEVET POSISJON. ILLUSTRASJON: KASPER ELLEFSEN	105
FIGUR 55 KONSEPT 6, UTFORMING AV MERD. ILLUSTRASJON: KASPER ELLEFSEN	109
FIGUR 56 SNITTILLUSTRASJON AV KONSEPT 5: UAVHENGIGE MERDER MED FLERFUNKSJONSBØYE.	110
FIGUR 57 FUNKSJONALITET TIL BØYEN I KONSEPT 5: UAVHENGIGE MERDER MED FLERFUNKSJONSBØYE.....	110
FIGUR 58 KONSEPT 5: UAVHENGIGE MERDER MED FLERFUNKSJONSBØYE. VIST I NEDSENKET POSISJON. ILUSTRASJON: KASPER ELLEFSEN	111
FIGUR 59 I KONSEPT 5: UAVHENGIGE MERDER MED FLERFUNKSJONSBØYE. ILUSTRASJON: KASPER ELLEFSEN	112
FIGUR 60 OVERSIKT OVER KONSTRUKSJONSPRINSIPPET TIL KONSEPT 6: OFFSHORE-MERD MED FASTFORTØYD SOKKEL. ILLUSTRASJON: KASPER ELLEFSEN	116
FIGUR 61 KONSEPT 6: OFFSHOREMERD MED FASTFORTØYD SOKKEL. HEVET POSISJON. SKISSE MODELLERT I SOLIDWORKS AV: KASPER ELLEFSEN	117
FIGUR 62 KONSEPT 6: OFFSHOREMERD MED FASTFORTØYD SOKKEL. SKISSE MODELLERT I SOLIDWORKS AV: KASPER ELLEFSEN	118

Tabell-liste

TABELL 1 TIDSBruk FOR AVLUSNINGS OPERASJON MED BRØNNBÅT PÅ 90 METER MERD	11
TABELL 2 BØLGEHØYDER OG STRØMNING VED RATAREN, FRØYA. KILDE: LOKALITETS RAPPORT AV AQUACULTUREENGINEERING (HTTP://ACEAQUA.NO/WP-CONTENT/UPLOADS/2013/03/RATAREN-I-LOKALITETS RAPPORT-0213-SISTE.PDF)	14
TABELL 3 BØLGEHØYDER VED TRISTEINEN, BJUGN. KILDE: LOKALITETS RAPPORT AV AQUACULTUREENGINEERING (HTTP://ACEAQUA.NO/WP-CONTENT/UPLOADS/2013/03/TRISTEINEN-B%C3%B8LGEBEREGNINGEN-VED-FL%C3%A5TE.PDF)	16
TABELL 4 RESULTATER AV SPØRREUNDERSØKELSE FRA "ERFARINGER OG ANALYSER FRA DRIFT AV OPPDRETT SANLEGG PÅ EKSPONERTE LOKALITETER "(10)	26
TABELL 5 UTMATTINGSPARAMETERE FOR SN KURVE FOR KJETTING(24).....	80
TABELL 6 NØKKELTALL VED KONSEPT 1.....	91
TABELL 7 ALTERNATIVE PRINSIPPER I KONSEPT 1.....	92
TABELL 8 FORDELER OG ULEMPER VED KONSEPT 1.....	92
TABELL 9 NØKKELTALL VED KONSEPT 1.....	97
TABELL 10 ALTERNATIVE PRINSIPPER VED KONSEPT 2.....	98
TABELL 11 FORDELER OG ULEMPER VED KONSEPT 2.....	98
TABELL 12 NØKKELTALL VED KONSEPT 3.....	101
TABELL 13 ALTERNATIVE PRINSIPPER VED KONSEPT 3.....	102
TABELL 14 FORDELER OG ULEMPER VED KONSEPT 3.....	102
TABELL 15 NØKKELTALL VED KONSEPT 4.....	106
TABELL 16 ALTERNATIVE PRINSIPPER VED KONSEPT 4.....	106
TABELL 17 FORDELER OG ULEMPER VED KONSEPT 4.....	107
TABELL 18 NØKKELTALL VED KONSEPT 5.....	112
TABELL 19 ALTERNATIVE PRINSIPPER VED KONSEPT 5.....	113
TABELL 20 FORDELER OG ULEMPER VED KONSEPT 5.....	113
TABELL 21 NØKKELTALL VED KONSEPT 6.....	118
TABELL 22 ALTERNATIVE PRINSIPPER VED KONSEPT 6.....	119
TABELL 23 FORDELER OG ULEMPER VED KONSEPT 6.....	119

Referanser

1. Audun Iversen OA, Øystein Hermansen, Thomas A. Larsen og Bendik Fyhn Terjesen. Oppdrettsteknologi og kokurranseposisjon. 2013 30. Juni 2013. Report No.: 32/2013.
2. Sutherland J, Schwaber K. The Scrum Guide. Retrieved from <http://www.scrum.org>. 2011.
3. Grave JHL. TMM4115 Produktmodellering TMM4121 Produktutvikling: Kompendieforlaget - En avdeling i Akademika Forlag; 2013. 180 p.
4. Ajamian GM, Koen PA. Technology Stage-GateTM: A Structured Process for Managing High-Risk New Technology Projects. The PDMA ToolBook 1 for New Product Development. 2004:267.
5. Koen P, Ajamian G, Burkart R, Clamen A, Davidson J, D'Amore R, et al. Providing clarity and a common language to the "fuzzy front end". Research-Technology Management. 2001;44(2):46-55.
6. Koen PA. The fuzzy front end for incremental, platform and breakthrough products and services. 2001.
7. Koen PA, Ajamian GM, Boyce S, Clamen A, Fisher E, Fountoulakis S, et al. Fuzzy front end: Effective methods, tools, and techniques: Wiley, New York, NY; 2002.
8. Pinet PR. Invitation to Oceanography: Jones & Bartlett Learning; 2009.
9. Ekstremværet Ivar er over - met.no. Metrologisk Institutt. 2014.
10. Sandberg MG, Lien AM, Størkersen KV, Stien LH, Kristiansen T. Erfaringer og analyser fra drift av oppdrettsanlegg på eksponerte lokaliteter. Forskningsbasert rådgivning

Havbruksteknologi

Studio Apertura

Havforskningsinstituttet, 2012 29.03.2012. Report No.
11. Fiskeridirektoratet - Statestikk. 2014;2014.
12. Lidwell W, Holden K, Butler J. Universal principles of design : 100 ways to enhance usability, influence perception, increase appeal, make better design decisions, and teach through design: Rockport; 2012.
13. Fiorentino C. @wordpressdotcom. 2014 19. April. [cited 2014]. Available from: <http://carlosfiorentino.wordpress.com/2011/02/17/the-dark-side-of-design-and-the-light-at-the-end-of-the-tunnel/>.
14. Korsøen ØJ. Biological criteria for submergence of physostome (Atlantic salmon) and physoclist (Atlantic cod) fish in sea-cages: The University of Bergen; 2011.
15. For stor merd eller for mange fisk. Fiskeridirektoratet: Fiskeridirektoratet

Mattilsynet, 2010 Juni. Report No.
16. University O, Staff OU. Manufacture Materials Design: McGraw-Hill Education; 1987.
17. Næss A. Mailutveksling mellom Kasper Ellefsen og Anders Næss ed2014.
18. NS 9415 Marine fish farms – requirements for design,dimensjonering, production, installation and operation. Standards Norway, Pronorm AS Postboks 252, 1322 Lysaker, Norway; 2003.
19. Rosten TW. Lukkede oppdrettsanlegg i sjø

Hvordan går det med månelandingen?
20. Bakketeig I. Havforskningsrapporten 2013: ressurser, miljø og akvakultur på kysten og i havet. Bergen: Instituttet; 2013. 195 s. : ill. ; 30 cm p.
21. Bowie AED. Flexible Moorings for Tidal Current Turbines 2012.
22. Krav til kjetting brukt til fortøyning av oppdrettsanlegg. [Notat]. In press 2010.
23. Mooring P. Offshore Standard DNV-OS-E301. Det Norske Veritas. 2010.
24. Jensen Ø, Lien E. Risiko - designlaster og sikkerhet. Project number: 841254. 2006 ISBN 8214039568.
25. Jensen O, Dempster T, Thorstad EB, Uglem I, Fredheim A. Escapes of fishes from Norwegian sea-cage aquaculture: causes, consequences and prevention. Aquac Environ Interact. 2010;1(1):71-83.

VEDLEGG

Vedlegg A: Bakgrunnsinformasjon

Følgende vedlegg gir et innblikk i hvordan dagens oppdrett foregår. Dette involverer hvordan oppdrettsanleggene er lagt opp og hvordan overføringsprosessen foregår per dags dato. Dette vil også involvere en analyse av aktører involvert og deres rolle.

BASERT PÅ

1 DAGENS OPPDRETTSANLEGG(2)

For å forstå hvordan en prosess kan forbedres, er det et minimum at man forstår i hvilken sammenheng oppgavene gjennomføres. Med andre ord må man vite hvordan et typisk oppdrettsanlegg er lagt opp og hvorfor. Ettersom oppdretterne ønsker å gjenskape fiskens naturlige omgivelser, uten å komplisere prosessen i å høste, foregår hoveddelen av norsk oppdrett i havbasert anlegg. Trenden i næringen viser et økt behov for større og større anlegg, da storskalaproduksjon er mer kostnadseffektivt og gir henholdsvis større avkastning til oppdretterne (1).

1.1 Hva er en merd?

På oppdrettsanlegget er merden selve innhegningen til fisken. En merd består som regel av en ramme som opprettholder geometrisk integritet, og en not som fungerer som gjerde for fisken. En not er forenklet sett et spesialformet garn. På de mest vanlige brukte anleggene er noten utformet som en bøtte/sylinder, og er ofte i størrelsesorden 50m i diameter og 30m dyp. De kan inneholde opptil 200.000 fisk om gangen. Dette er et lovbestemt tall, men det er sannsynlig at dette tallet vil stige med tiden. Rømning har gått dramatisk ned de siste årene basert på tall fra Statistisk Sentralbyrå, noe som kan brukes til å underbygge argumentasjon for større merder. Ser man historisk på det, ser man hvordan merdene de siste 40årene har vokst jevnt.

Årstall		1970 - 2000				2000-2015		2015 ->
Merdens størrelse	Omkrets(m)	40	60	90	120	157	160	200
	Dybde (m)	5	10	15	20	30	40	25-50
	Volum (m³)	637	2 865	9 669	22 918	58 845	81 487	Opp til
Faktor		1	5	15	36	92	128	Opp til 250

Tabell 1 Data fra teknologirådets rapport, Fremtidens Lakseoppdrett(1)

Noen anlegg bruker også not med en mer kvadratisk form ved havoverflaten. Dette er typisk for mindre anlegg som står nær hverandre, og ofte nær land. Disse anleggene har større problemer med smitteoverføring mellom merdene, og er av den grunn blitt mindre populære med tiden. Uavhengig av form er det gravitasjonsmerder som er vanligst. En merd av typen gravitasjonsmerd fungerer ved at en flytekrage, som regel et sirkulært rør, holder konstruksjonen flytende. Under denne henger nota fritt. Flytekragen lages som oftest av polyetylen plast, mens notposen er en netting av nylon. For å unngå store deformasjoner i nota grunnet strømninger og andre påvirkninger, brukes et lodd på undersiden av merden til å holde noten nede. Dette loddet kalles en bunnring og kan sees tydelig som en sort ring under vann i Figur 1 Dagens merder. Illustrasjon lånt med tillatelse fra aquagroup.com



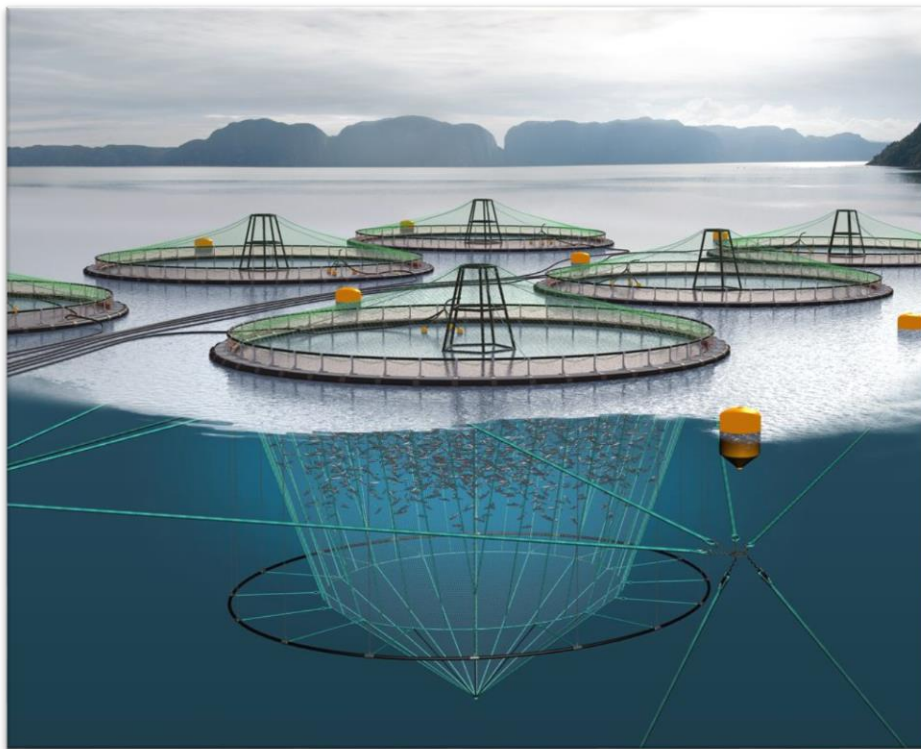
Figur 1 Dagens merder. Illustrasjon lånt med tillatelse fra aquagroup.com

Disse merdene har åpen topp. For å unngå at rovdyr slipper inn og forsyner seg av fisken, bruker man her en fuglenetting på toppen. Det anvendes i denne anledningen også et flytende bur midt i merden for å opprettholde spenn i fuglenettingen. Denne typen merder er den vanligste brukt verden rundt, også i Norge. Det er dog verd å merke seg at dette er en tradisjonell norsk merd, og Norge er også den største eksportøren av utstyr til oppdrett. Dette vil være med å påvirke dens popularitet.

1.2 Hvordan fortøyres merden?

Det finnes flere metoder man kan bruke når man fortøyer en merd, men den mest etablerte metoden på gravitasjonsmerder går under navnet rammefortøyning. Det er lite som tyder på at andre fortøyningsmetoder er populære i Norsk oppdrett. Denne fortøyningsformen har et rutemønster av liner ved 7meters dyp (3). Dette rutenettverket har forankringsliner i hvert eksternt knutepunkt. Se Figur 2 for et detaljert bilde. Som illustrasjonen viser har hver «rute» i fortøyningen en merd tilknyttet seg. Merdene er igjen fortøyd til hvert hjørne i sin tilhørende rute i rammefortøyningen. Denne linen fra merd til hjørnet på rammefortøyningen kalles haneføtter. I dette koblingspunktet til linene er det en plate, som blir referert til som koblingsplaten. I Figur 2 har denne platen også flytebøyer koblet til seg. Fordelen med en slik fortøyning er at den er særdeles sterk. Et høyt antall forankringspunkt og bruk av symmetri i konstruksjonen gir god kraftoverføring. Hele konstruksjonen vil også bevege seg samlet med strømninger, noe som minimerer relativ posisjonsendring merdene seg imellom. Rammefortøyningen er mer enn sterk nok til å

ha selv den største brønnbåten eksisterende i dagens marked fortøyd til seg. Dessverre er ikke merden sterk nok til å ta denne lasten, noe som vil bli tatt videre opp i behovsanalysen.



Figur 2 Rammefortøyning. Illustrasjon lånt med tillatelse fra Egersund Gruppen

1.3 Hva er en fôrflåte?

For å kunne drifte et oppdrettsanlegg er det vanlig å ha en flåte hvor de ansatte holder til. Denne flåten er typisk kombinert lager for fiskefôret også. Et dispensersystem kobler flåten sammen med merdene for å automatisk kunne levere fôr til fisken. Flåten blir referert til som både «fôrflåte» og «arbeidsflåte», grunnet sine delte oppgaver. Den er stor nok til at det er mulig å overnatte på den om det skulle trengs, men dette er ikke en vanlig praksis. På moderne anlegg kan de ansatte overvåke all aktivitet i merdene med over og undervannskamera fra denne flåen. Arbeidsbåter ligger fortøyd inntil for å enkelt kunne komme seg ut til merdene for tilsyn.

Basert På

1.4 Hva er en brønnbåt?

Når fisk skal flyttes fra en merd til en annen, behandles for sykdom eller bli tatt med til slakt, kreves det hjelp av en større båt enn den arbeiderne ved anlegget har tilgang til. Med inntil 200.000 fisk i hver merd blir manuelt opptak av fisk uaktuelt. Et eksempel vil være et opptak av 150.000 fisk med en snittvekt på 4kg

per stykk. Dette gir en totalvekt på 600tonn og opptar et betydelig volum. Parallelt med den voksende trenden i forhold til størrelsen på merdene, kommer det ikke som en overraskelse at man også kan se den samme trenden blant brønnbåter. Ved å se på rederiet Rostein, kan man se en klar korrelasjon mellom produksjonsår og størrelse på brønnbåten. En brønnbåt eies eller leies av et rederi som igjen tar oppdrag for oppdrettsselskaper. Et eksempel på dette er brønnbåten Ro Fjell av Rostein rederi. Denne var ved sin dåp den største brønnbåten i verden. Lengden på båten er hele 87,65m. Et bilde av båten når den var fortøyd i Trondheim er vist under. Selskapet SalMar har tegnet en åtteårig kontrakt med Rostein i forhold til leie av båten. Denne båten vil bli brukt som standard i forhold til evaluering av løsninger. Båten blir på mange måter sett på som en bruker i denne sammenhengen, men er ikke valgt som direkte aktør videre i oppgaven. Valget av denne store brønnbåten som standard, kommer først og fremst fordi det er god praksis å drive produktutvikling med hensyn til ekstrembrukere. Et annet poeng er også at denne båten er godt representativ for oppdrettens fremtid.



Teknisk data:

- LOA: 87,65 meter
- Bredde: 17 meter
- Draft: 5.32 meter
- Brønncapazität: 4500 m³
- 2 brønner, skyveskott
- Automatisk tankrensesystem
- Filtrering og UV
- Kan frakte opp til 700 tonn levende laks/ørret
- Byggeår: 2013 ved Aas AS

Figur 3 Brønnbåten Ro Fjell, eid av Rostein – Foto: Kasper Ellefsen

2 AKTØRER

Med hensyn til aktørenes rolle i forhold til overføringsoperasjonene, er det valgt å fokusere på interessenter i sin helhet, snarere enn enkeltbehovene til en bruker. Ettersom rapporten er skrevet med «radical innovation» som grunnpilar, er dette et fornuftig valg, da en innsnevring her basert på det enkelte behov en bruker måtte se, fort vil medføre vurderinger i retning av forbedring snarere enn endring. I dette tilfellet som ved mange andre, er det også viktig å huske at brukeren og kunden ikke er en og samme person. Det er heller ikke brukeren av oppdrettsanlegget som innehaver mest og best erfaring vedrørende bruken av produktet under en overføringsoperasjon, men heller de ansatte ved brønnbåter som jobber med problemstillingen.

2.1 Introduksjon til ansvarsfordeling(4)

Før en eventuell gruppering og inndeling av interessentene kan gjøres, må man ha et klart bilde av ansvarsområdet og arbeidsoppgavene de har med hensyn til en brønnbåtoperasjon. Oppdretter og brønnbåteier er uavhengige og har av denne grunnen også uavhengige behov og syn på operasjonen. Under en lasteoperasjon har oppdretter ansvaret for fisken inntil fisken er om bord i brønnbåten. På dette tidspunktet overføres ansvaret for fisken til brønnbåteieren og mannskapet. Dette kan skape problemer i form av dårlig samarbeid mellom de to partene, da en eventuell innblanding fra en av partene kan medføre ekstra ansvar om noe skulle gå galt. Det vil med andre ord fremstå som et bedre alternativ for den enkelte parten å se den andre gjøre feil, enn å selv tre inn for å potensielt hindre feilen og eventuelle konsekvenser.

Under dagens brønnbåtoperasjoner oppstår hoveddelen av problemer relatert til personskaade på flytekragen, noe som er en del av oppdretters ansvarsområde. En tankevekker her er at personale ved oppdrettsanleggene har betydelig dårligere erfaring med disse operasjonene enn mannskapet på brønnbåtene. Mannskapet ved brønnbåtene reiser fra anlegg til anlegg for å gjennomføre slike operasjoner, men har altså ikke noe insentiv for å tre inn om de ser at personale ved oppdrettsanlegget utfører oppgaver på en sub-optimal måte.

BASERT PÅ

Vi har altså to hovedgrupper som er delaktige under en brønnbåtoperasjon. Hvis vi dykker inn i gruppen oppdrettere kan man umiddelbart se en inndeling i 1) personal, 2) leder av oppdrettsanlegget og 3) selskapet bak. Samme gruppering vil man finne på brønnbåtsiden.

2.2 Primær brukere

Primærbrukerne er de som er direkte involvert i overføringsoperasjonene. Dette vil i all hovedsak være arbeiderne ved anlegget og arbeiderne ved brønnbåten. Denne gruppen har et større underliggende insentiv tilknyttet praktisk gjennomføring, snarere enn organisatoriske resultater.

2.2.1 ANSATTE VED OPPDRETTSANLEGGET, RØKTERE (5)

Som ansatt ved oppdrettsanlegg jobber man tett opp mot fisk og anlegg. Jobbtittelen for denne gruppen fagarbeidere er røkter. Man jobber her med tilsyn og vedlikehold av både oppdrettsanlegget og fisk. Dette involverer føring og kontroll av fisken samt miljøet dens. For å sikre miljøet er vaksinerings, rengjøring og kontroll av fisk med hensyn til lus og sykdom essensielt. For å bli ansatt på oppdrettsanlegg er det vanlig med fagbrev i akvakultur. Det skal allikevel bemerkes at kun 43% av ansatte ved fiskeoppdrettsanlegg har bakgrunn fra akvakulturfag. Ca 8% har ingen formell utdanning, og de resterende er jevnt fordelt på en rekke andre utdanningsformer.

2.2.2 MANNSKAP VED BRØNNBÅT, MATROS (6)

Mannskapet på brønnbåter kalles, som ved andre båter, matroser. Matroser har gjerne en av to bakgrunner. Begge utdanningene er praktiske utdanninger, den ene med fokus på fiske og fangst, den andre med maritime fag som spesialisering. Begge utdanningene gjøres som del av videregående utdanning, fullført med to års lærlingtid. Som matros på en brønnbåt består hverdagsoppgavene av vakt og vedlikehold på båten. Under en laste/losseoperasjon av fisk avgjør erfaring hvilken oppgave man får. Stiger man i gradene kan man enten bli arbeidsleder eller kranfører. Spesielt kranføring er en oppgave med høy grad av ansvar tilknyttet arbeidsoppgaven.

2.3 Indirekte brukere

De indirekte brukerne har som fellestrekk at de er ansvarlige under selve brønnbåtoperasjonene, uten å nødvendigvis selv å operere utstyr. Ansvarer deres ligger i å ha oversikt over operasjonen og delegere oppgaver.

2.3.1 DRIFTSLEDER VED OPPDRETTSANLEGGET (5)

Som driftsleder ved et oppdrettsanlegg har man ansvar for budsjettering og produksjon. Driftsleder eier hverken fisk eller anlegg. Trenger han/hun ekstrautstyr må han søke for å få godkjenning av ledelsen i selskapet som eier anlegget. Som driftsleder er man også ansvarlig for at anlegget driftes i henhold til akvakulturdriftsforskriften. Driftsleder fungerer i praksis som en bro mellom de ansatte og

oppdrettsselskapet. Han snakker med andre ord på vegne av de ansatte i forhold til arbeidsmessige forhold, men er også ansvarlig for at anlegget leverer opp til forventning.

For driftsledere er det vanlig at man minimum har et fagbrev innen akvakultur, helst en del erfaring og gjerne også teknisk fagskole på toppen. Alternativt er høyere utdanning ved høgskole eller universitet innenfor økonomi, biologi eller tekniske fag noe som stiller særs sterkt, gitt at man har erfaring/kunnskap innen yrket.

2.3.2 KAPTEIN VED BRØNNBÅT, SKIPPER (6)

Jobbtittelen til en kaptein ved en brønnbåt er formelt sett skipper. Skipperen er øverste sjef ved brønnbåten, og må ha full oversikt over alle arbeidsoppgaver som er om bord. Erfaring innenfor sjøfart er av denne grunnen mer eller mindre obligatorisk. Arbeidsoppgavene til skipperen ligger hovedsakelig i navigasjon, økonomi og ledelse. For å kunne være en effektiv leder til sjøs er som nevnt erfaringen essensiell da dette kreves for å kunne kontrollere at alle arbeidsoppgaver blir tilfredsstillende gjort. I det brønnbåten mottar fisk fra en merd er de ansvarlig for at fisken kommer frem til slakteri. Dette er et stort økonomisk ansvar, som vil være med på å påvirke avgjørelsene til skipperen.

2.4 Primærinteressenter

Dette er de som har en høy grad av interesse i forhold til suksessraten til operasjonen. Dette vil si i hvilken grad operasjonen har blitt utført innenfor tidsrammen, uten skade på mannskap, utstyr, eller andre feil som forårsaker økonomiske erstatningskrav. Det er altså et mindre fokus på anvendt praksis, og større fokus på organisatorisk vekst og resultat.

2.4.1 OPPDRETTSSELSKAP

Det er oppdrettsselskapet som eier fisken i oppdrettsanlegget. Selskapet eier gjerne flere anlegg, og har av den grunn liten direkte kontakt med fisken. De har allikevel en av de største insentivene for en bærekraftig oppdrett, da det er selskapet som sitter igjen med overskuddet av oppdretten. Dette betyr også at det er selskapet som sitter igjen med ansvaret ved en eventuell rømming. All form for rømming er forbudt av lov (Akvakulturdriftsforskriften Kap 3 § 37-38(7)), og blir straffet med bøter, pålegg og krav om skadeforebygging. Ansvaret hos oppdretter under en brønnbåtoperasjon, gjelder helt til fisken er om bord i brønnbåten.

2.4.2 BRØNNBÅTREDERI

Brønnbåtrederiene inngår flerårskontrakter med oppdrettsselskapene i forhold til bruk av brønnbåtene. Rederiet stiller båten og mannskapet til disposisjon under en operasjon. De har ansvaret for verdiene, med andre ord fisken, fra og med den kommer om bord, til den er levert til merd eller slakteri.

2.5 Sekundærinteressenter

Sekundærinteressentene er de som har en interesse for hva næringen foretar seg på generell basis. Dette gjelder innenfor både økonomi og miljø. Det er ingen direkte økonomiske incentiver som ligger bak, kun involvering i et tema næringen er med å påvirke.

2.5.1 MILJØVERNORGANISASJONER

Miljøorganisasjoner som eksempelvis BELLONA (8) har over lenger tid fulgt oppdrettsnæringen med kritiske øyne. Kritikken mot næringen har avtatt noe den siste tiden da ny forskning gjort av uavhengige, statseide organisasjoner, har avkreftet mye av myten rundt hvordan oppdretten foregår i praksis. Ringvirkningene et anlegg faktisk har på sine naturlige omgivelser har vist seg å være langt mindre enn hva fryktet. En endring i kilder til fiskefôr har også bidratt til et bedre syn på næringen, da man har blitt mindre avhengig av å føre oppdrettsfisken med villfisk.

Tross dette, er rømming fortsatt noe som miljøvernorganisasjoner slår hardt ned på. En endring som øker risikoen for dette, eller åpner for nye muligheter for feil, vil med andre ord fort kunne møte motstand her.

2.5.2 OFFENTLIGE INSTITUTT

Norsk Institutt for Vannforskning(NIVA (9)) er et eksempel på et offentlig forskningsinstitutt som har interesser innenfor oppdrettsfisken. En eventuell rømming vil påvirke fiskebestanden, som de jobber som tilretteleggere for.

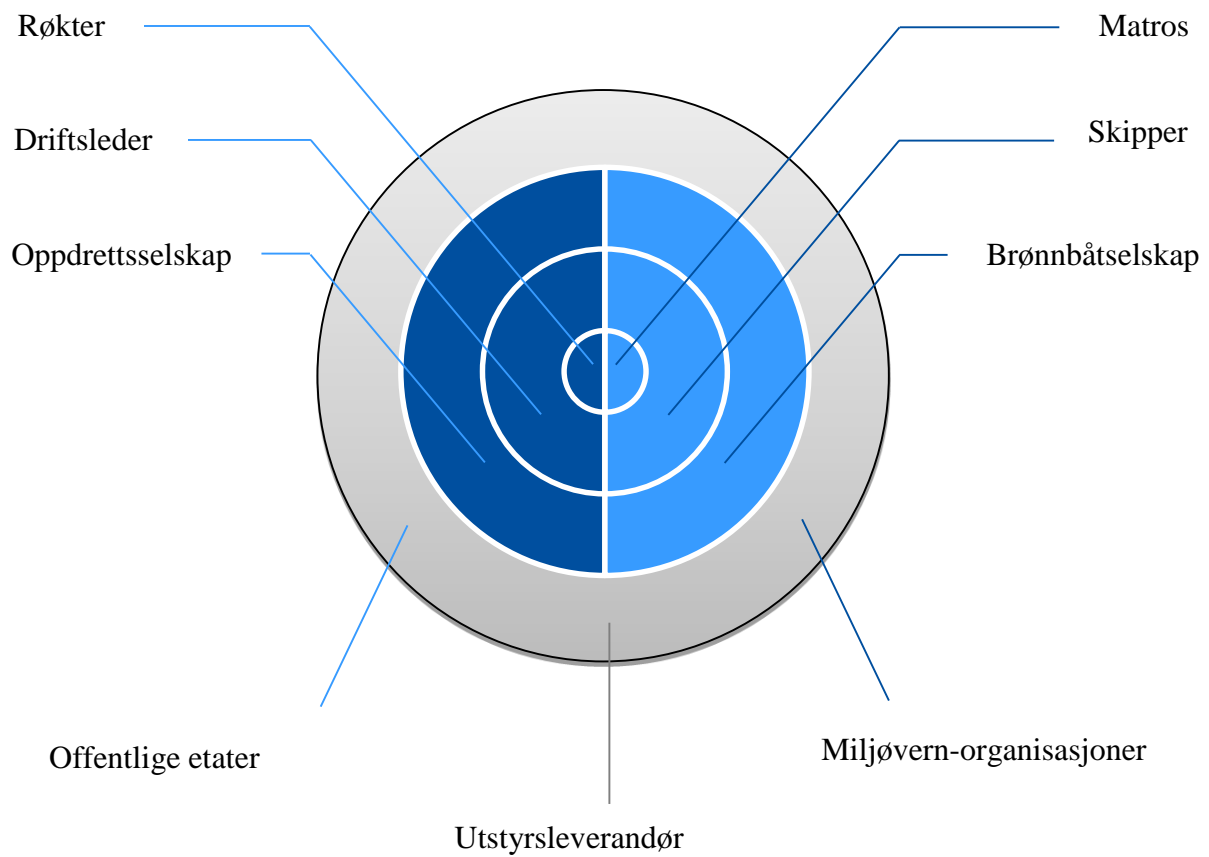
Institutt som NIVA, vil også ha særs mye å si i forhold til lovbestemmelser ved en eventuell endring i næringen. Å forankre en eventuell idé her, vil gi tyngde og troverdighet hos offentlige instanser som eksempelvis Fiskeridirektoratet.

2.5.3 UTSTYRSLEVERANDØR

Utstyrslleverandører, eksemplifisert ved nevnte selskap Aqualine (10), leverer merder, fortøyninger og mer til oppdrettsanlegg. Det er disse som selger utstyret, og i mange tilfeller står de også for frakt og montasje. Hva som er tilgjengelig av tilbud vil være en sterk påvirkningsfaktor i forhold til hva oppdrettsselskap velger å kjøpe. Erfaring hos leverandør og godt utprøvde produkt, er eksempelvis faktorer her.

Figur 4 - Aktør Oversikt

Diagrammet under viser sammenhengen mellom aktørene. Der feltene gir kontakt har man primærinteraksjonen aktørene seg imellom. Modellen er tenkt sentrert rundt en brønnbåtoperasjon.

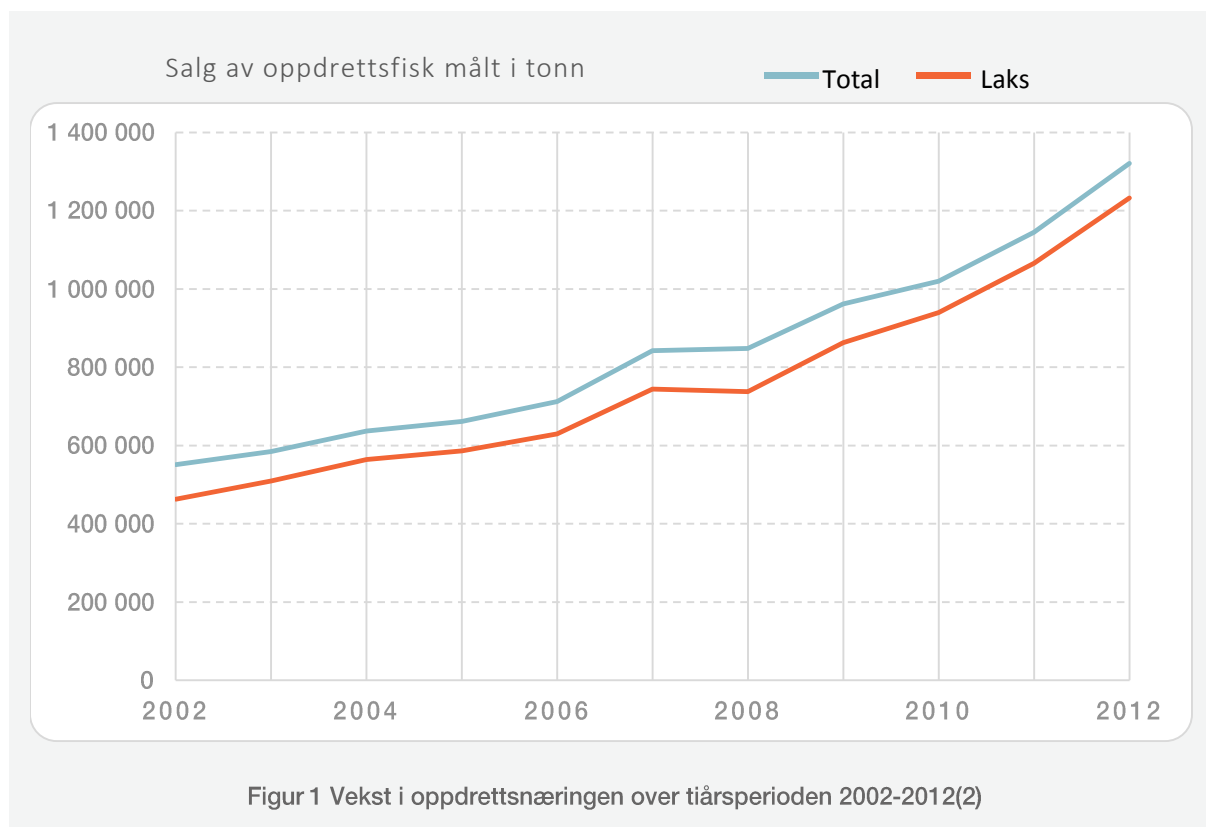


REFERANSER

1. Andaur K, Olsen TO, Molvik G, Sterud E, Sveier H, Williksen H, et al. Fremtidens Lakseoppdrett. Teknologirådet, 2012.
2. Lekang O-I. Aquaculture engineering: John Wiley & Sons; 2013.
3. Buarø J. In: Ellefsen K, editor. 2013.
4. Ansvarsforholdet ved skade på eller tap av fisk ved avlusing i brønnbåt. UiO: Det juridiske fakultet 2012.
5. Fiskeoppdretter. 2014;2014:Yrkesinformasjon om fiskeoppdrettere.
6. Sett Sjøbein - Utdanning. 2014;2014.
7. Forskrift om drift av akvakulturanlegg, Akvakulturdriftsforskriften(2008).
8. Miljøstiftelsen Bellona. 2014;2014.
9. Norsk Institutt for Vannforskning - NIVA. 2014;2014.
10. Aqualine - Aqualine Web. 2014;2014.

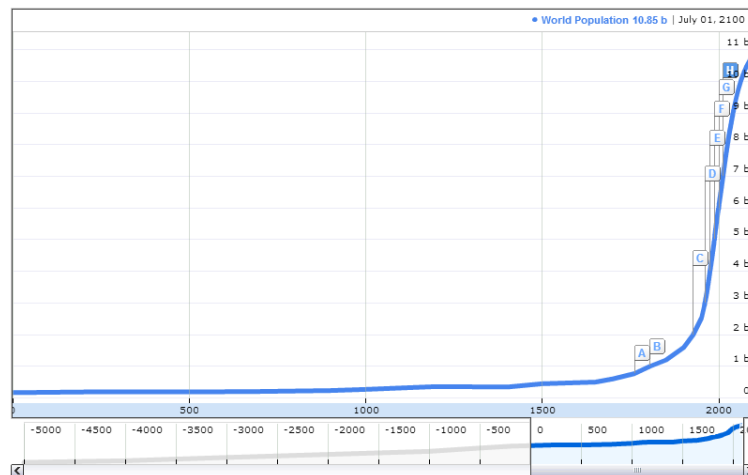
Vedlegg B: Marked

Akvakulturnæringen har de siste årene hatt en enorm vekst. Ser man tilbake i tid, til 1986, produserte oppdrettsnæringen 50.000 tonn oppdrettsfisk. I 2012 var denne produksjonen oppe i over 1.3 millioner tonn, en dramatisk endring med andre ord. For å forstå hvor mye dette er snakk om, er en passende beskrivelse at det tilsvarer over 0.5kg fisk per innbygger hver dag i et helt år. Denne veksten ser ikke ut til å stoppe med det første, tross bransjens mange utfordringer. Figur 1 viser produksjonsveksten over tiårsperioden 2002 – 2012. Veksten kan tolkes som relativt jevn, og ved lineær approksimering har produksjonsøkningen vært på ca 77.000 fisk hvert år i perioden. Ettersom lakseoppdrett er den desidert største kilden til norsk oppdrettsfisk, kan man derav bruke data fra oppdretten generelt som approksimasjon for lakseoppdretten, og visa-versa. Denne approksimasjonen gir oss en estimert feil på omtrentlig 11% over perioden, og ca 7% for 2012. Ettersom dette ikke er en oppgave innen økonomi, og formålet er å se på trendene, er dette en feilmargen som for denne oppgaven blir godtatt, men videre arbeid må selv revurdere i hvilken grad slutninger kan trekkes fra kommende data for det spesifikke formål.



1 ØKT ETTERSSPØRSEL, BÆREKRAFT OG POTENSIALE

Med en rekordhøy befolkningsvekst verden over øker behovet for mat i takt. Dagens mennesker møter en verden som vil kreve flere munnar å mette i løpet av deres levetid, enn det akkumulerte behovet de forrige 2000 årene. Denne enorme endringen er tydeliggjort i data fra worldometers.com vist i Figur 2.



Figur 2 Data over befolkningsvekst siden år 0 frem til i dag, samt forventet vekst frem til 2100 (4)

For å møte denne endringen vil man trenge nye metoder for å kunne produsere mat mer effektivt. En måte å beskrive denne egenskapen på er at den er bærekraftig. Begrepet «bærekraftig utvikling», originalt referert til i Brundtlandkommisjonen i 1987 som «en utvikling som tilfredsstiller dagens behov uten å ødelegge fremtidige generasjoners muligheter til å tilfredsstille sine behov». I denne sammenhengen vil begrepet omfavne både ressurseffektiviteten, altså hvor mye fôrressurser som brukes per kilo matfisk, men også mengden Co2 utslipp per kilo produsert matfisk. Fokuset på denne egenskapen kommer av hvordan den hos laks og andre marine oppdrettsarter skiller seg dramatisk fra landbaserte husdyr.

I boken «Havromsteknologi – Et hav av muligheter» (5) skriver Anders Endal ved institutt for marin teknikk ved NTNU, om nettopp denne sammenhengen. Ved anvendelse av 100kg fôr bestående av oljer, fiskemel, korn og soya, kan man produsere 65 kg laksefilet. Den samme fôrmengden produserer derimot kun 20 kg kyllingfilet eller 13 kg svinefilet. Hos storfe er denne ratioen mellom fôr og utbytte enda dårligere. Den samme trenden ser vi også i forhold til Co2 utslipp. Mens kylling, svin og storfe ligger på henholdsvis 4.6, 6.4 og 15.8 $kgCo2e/kg$ kjøtt, ligger både torsk og laks på 2,0 $kg Co2e/kg$ kjøtt. Vi ser med andre ord at både med hensyn til miljø, bærekraft og økonomi, kommer akvakultur ut som det beste alternativet. En avgjørende faktor for at man skal kunne drive kostnadseffektiv oppdrett, kan man derav anta at ligger i teknologien anvendt. Potensialet er uansett svært høyt.

Oppsummert av dette kan det konkluderes med at det utvilsomt ligger et stort potensiale i oppdretten, så lenge systemet implementeres på en fornuftig måte. Med langt høyere bærekraft, fremstår oppdrett som et godt alternativ for å mette den enorme befolkningsveksten vi står ovenfor.

2 LAKS, DEN NYE TRENDMATEN

Ettersom denne oppgaven hovedsakelig ser på lakseoppdrett grunnet dens dominans i Norge, er det vanskelig å komme foruten å nevne den stadig økende sushitrenden. I Norge og resten av Europa dukker stadig flere sushirestauranter opp. Det kan ikke beskrives som noe annet enn en eksploderende trend. Både som restaurantmat og hurtigmat blir nå rå laks konsumert verden over. Trenden starter antakelig som et resultat av Wiktor Sørensen og Svein A. Krane sin ekspedisjon til Japan i 1985, på vegne av næringen og daværende fiskeriminister. Laksen de tok med seg ble godt tatt imot, og er i dag på vei til å utkonkurrere tunfisk, som tradisjonelt har vært forbundet med sushi, i å være den mest anvendte fisken.

Agnete Ryeng, markedsforsker på sushi, spår at det neste store gjennombruddet blir en økt eksport til Kina, verdens største konsumer av rå laks, hvor 80-90% av all laks spises rå. Hun anslår en eksportmengde på 300.000 tonn innen 2021. Dette er altså ca ¼ av produksjonsvolumet i 2012.

3 VERDIER OG INVESTERING

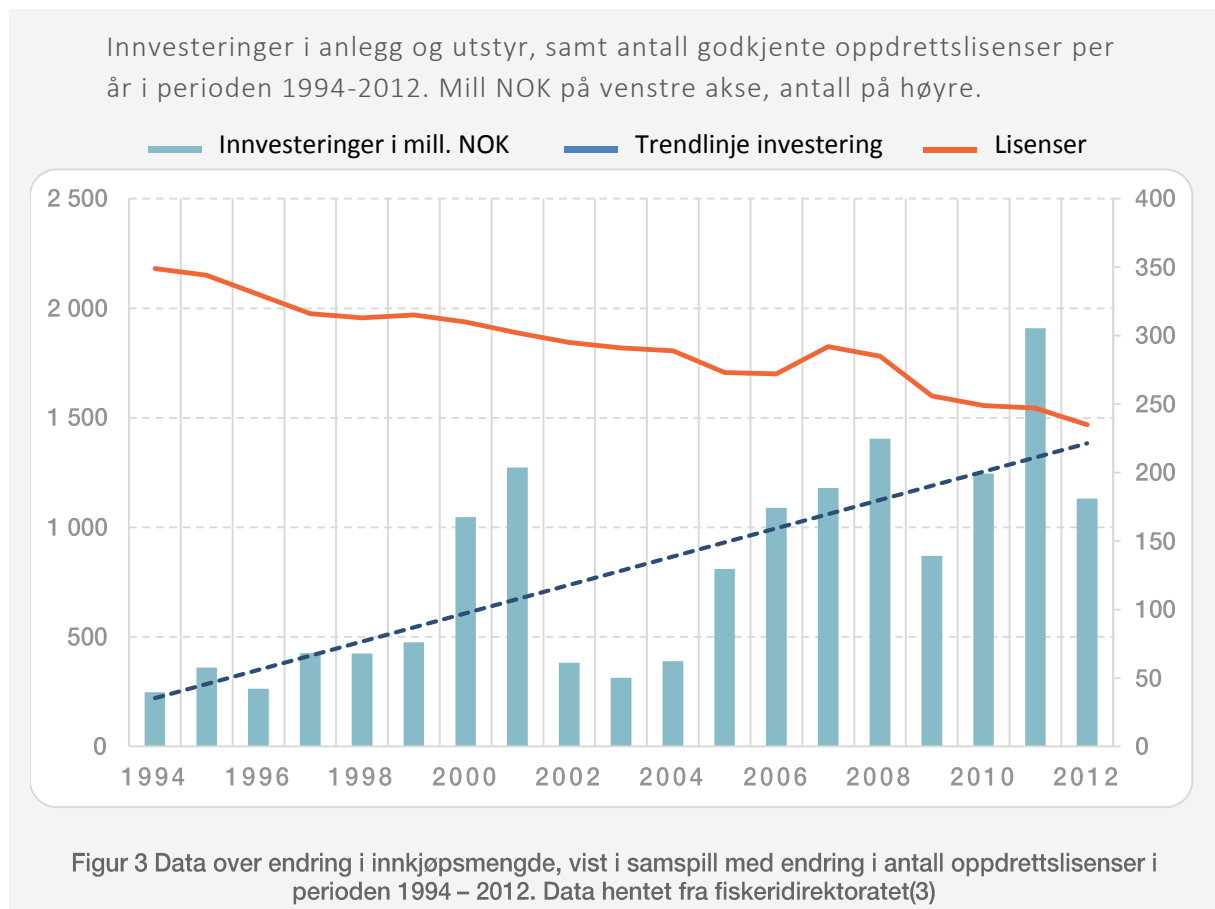
Foruten det økende behovet og potensialet som ligger i oppdrettsnæringen, er det også sentralt å se på hvilke verdier det ligger i næringen, samt hvordan disse øker. Med andre ord hvilken grad næringen investerer og tenker fremtidsrettet på verdiskapning.

Nøkkeltall for norsk oppdrett 2012		
Ansatte ved matfiskanlegg for ørret og laks	3920	
• Andel kvinnelige ansatte	10	%
Ansatte ved settefiskanlegg for ørret og laks	1445	
• Andel kvinnelige ansatte	31	%
Total verdi av slaktet fisk	30 mrd.	nok
Total mengde slaktet fisk	1.3 mill.	tonn

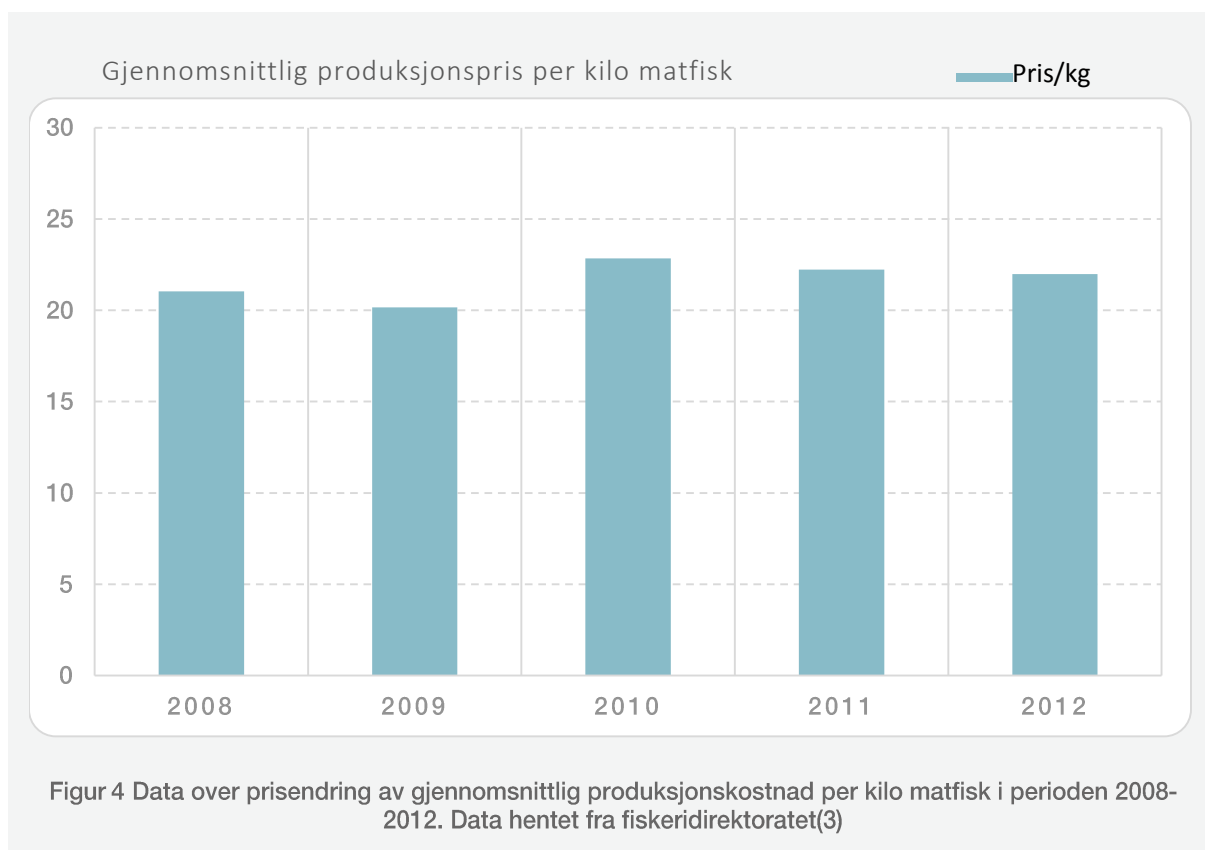
Tabell 1 Nøkkeltall over ansatte og verdi i norsk oppdrett. Kilde: SSB og Fiskeridirektoratet.

Det første, noe oppsiktsvekkende, er hvor få som jobber i med oppdrett i forhold til størrelsen på industrien. Mindre enn 5500 mennesker står for den største andelen av et arbeid som resulterte i totalverdi på over 30milliarder kroner. Dette er mer enn 5millioner kroner i verdi generert per ansatt. Det er selvfølgelig mange store utgifter utenom lønningene, som gjør at den reelle avkastningen er langt lavere, men nettopp dette gir oss allikevel en pekepinn på at hovedutgiftene i næringen ikke går til lønninger. Gjennomsnittlige budsjetter over norsk oppdrett styrker denne hypotesen. En av de store faktorene foruten innkjøp utstyr og smolt, er føret til fisken(3).

Med hensyn til denne oppgaven er det spesielt interessant å ta en nærmere titt på hvor mye næringen investerer i nytt utstyr på årlig basis. Dette er noe fiskeridirektoratet har gode data på, helt tilbake til 1994.



Investeringene i dataene fra fiskeridirektoratet delt opp i henholdsvis driftsbygninger, sjøanlegg, transportmidler og diverse maskiner, kan sees i en forenklet framvisning i Figur 4. Sjøanlegg er desidert den største utgiftsposten, og står i snitt over perioden for tilnærmet 57% av investeringene, dette med et standardavvik på 9%. Dette er meget nærliggende de verdier som er investert i perioden 2006-2012, og altså nokså representativt for dagens tilstand. Diagrammet inneholder også antall lisenser som er innvilget for oppdrett. Det interessante er hvordan man over en periode på 18 år har hatt en estimert økning i investeringer på 460%, noe som er dramatisk høyere enn konsumprisindeksens endring på snau 46%(6). Kombinert ser vi også at antall lisenser for oppdrett går nedover, noe som gir oss grunn til å anta en økt investering i anlegg. Den tidligere nevnte trenden med større anlegg, er med på å støtte opp om denne vurderingen.



Endringen i produksjonskostnad per kilo matfisk ser etter trenden ut til å ligge stabilt over femårsperioden fra og med 2008 til og med 2012. En svak økning kan observeres, men ingenting som indikerer at den endrer seg merkbart i forhold til konsumprisindeksen. For samme periode økte også produsert mengde biomasse fra 848 406 tonn i 2008, til 1 321 128 tonn i 2012. Dette tilsvarer en økning på 56%. At produksjonsmengden har endret seg så mye uten nevneverdig påvirkning av produksjonskostnad er bemerkelsesverdig.

Den 05. Mars 2014 skjedde det en banebrytende endring i markedet med SalMar sine annonserte fremtidsplaner for eksponert oppdrett. Selskapet har ambisjoner om å kunne bruke offshore lokaliteter, med større, moderne, rigide og langt mer autonome anlegg. Konseptet de har jobbet seg frem til skal kunne gjøre flere operasjoner som tidligere har krevd brønnbåt, blant dem avlusning, lokalt på anlegget. Det skal kunne opereres av 2-4 personer, men også kunne fjernstyres.



Figur 5 SalMar investerer store penger i ny teknologi sterkt inspirert av oljebransjen. Bilde gjengitt med tillatelse fra oceanfarming.no, eid av Salmar AS

Dette er en oppsiktsvekkende annonsering, da det viser klare ønsker i næringen om å fornye metodene som blir anvendt. Inspirasjonen til konstruksjonen er hentet fra oljebransjen, og gir grunnlag for en langt mer rigid og robust konstruksjon enn dagens gravitasjonsmerder. Økonomisk sett snakker vi om en potensiell investering i flere hundre millioners klassen, men de endelige tallene er enda ikke offentligjort, da selskapet tar imot anbud på prosjektet. Slike prosjekter er veldig spennende, da de åpner for å tenke storskala når det kommer til utvikling av nye løsningskonsept. Den tidligere nevnte trenden i forhold til antall lisenser som går ned, parallelt med at produksjonen går opp, gjør at slike større anlegg blir mer og mer aktuelle. I 2012 var hele 69% av den solgte mengden fisk fra de 10 største selskapene i næringen(3).

4 EKSPORT

Av de 1.3millioner tonn oppdrettslaks som ble produsert i 2012, ble 1million tonn eksportert. De ti største importørene stod for hele 67% av dette. Tross slik tidligere nevnt, at Kina er verdens største konsumer av rå laks, havner ikke Kina på topp 10 listen over importører av norsk oppdrettslaks. Dette er altså et marked som mulig blir ekspandert i fremtiden slik tidligere nevnt.

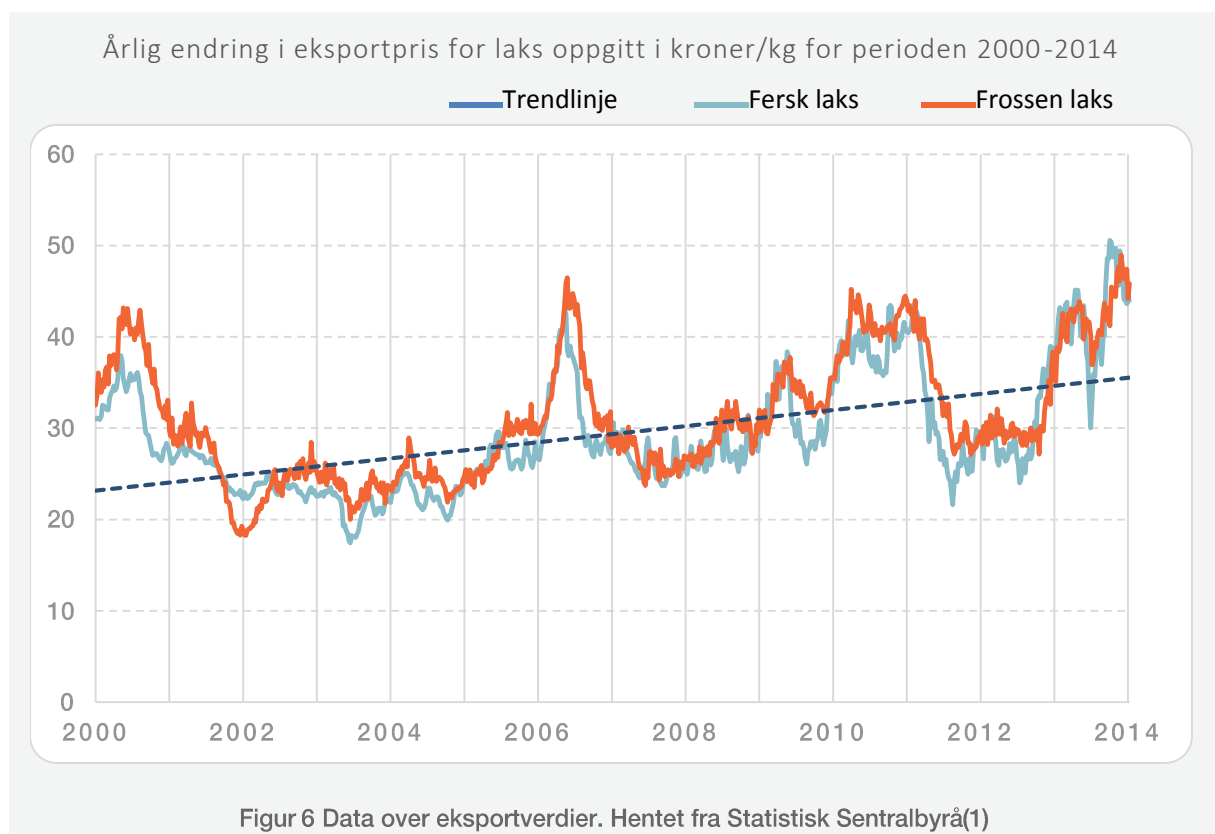
Topp 10 importører av norsk oppdrettslaks i 2012 målt i tonn

Frankrike	137 670
Russland	164 562
Polen	117 076
Danmark	72 450
Spania	49 962
Storbritannia	40 814
Sverige	39 850
Japan	39 903
Tyskland	32 191

Tabell 2 Oversikt over eksportmengde målt i tonn i 2012 fordelt på de 10 største importører av norsk oppdrettslaks. Kilde: Fiskeridirektoratet(3).

Tross stadig større mengder laks produsert, begynner Norge å miste forspranget på de andre nasjonene som også driver med oppdrett av laks. I 1997 stod Norge for 70% av verdens oppdrettslaks, mens i 2012 var tallet ned i 22%, etterfulgt av Chile med 16%. Dette skyldes i stor grad at langt flere aktører har kommet på banen, og det totale volumet produsert har dramatisk økt verden over.

Økt tilbud verden over, skulle enn fortro ville føre til nedgang i prisene. Dette har vist seg å ikke være tilfelle. Den økte populariteten til oppdrettslaksen verden over, har ført til en jevn økning i eksportprisen til laks. Mot slutten av 2013 var eksportprisen på sitt høyeste noen gang, på hele 48,97 NOK for frossen laks og 50,34 NOK for fersk laks. Det som blir spennende å se på, er når markedet eventuelt mettes og prisen stagnerer.



Oppsummert

- Produksjonsvolumet og utsalgsprisen på norsk oppdrett har steget jevnt de siste årene, og gir ingen indikasjoner på at trenden endres.
- Antall aktører blir færre og større
- Laks og andre former for marin oppdrett er blant de mest energieffektive formene for husdyrhold vi har, noe som gir potensiale for høy avkastning
- Klimagassutslippene per kilo produsert fiskekjøtt er lavere enn hos våre landbaserte husdyr
- Laks har blitt populærmat, mye støttet av sushitrenden. Dette øker etterspørselen etter fersk fisk
- Med solgt laks for 30milliarder i 2012, er det store pengesummer involvert, og trenden går mot å investere i ny teknologi, og i stor grad sjøanlegg
- Næringen viser vilje til å investere penger i offshore oppdrett
- Mesteparten av produsert laks eksporteres ut av landet

REFERANSER

1. Eksport av laks - SSB. 2014;2014.
2. Salg av slaktet matfisk. Mengde, etter fiskeart og fylke. Tonn. Statistisk Sentralbyrå; 2012.
3. Fiskeridirektoratet - Statestikk. 2014;2014.
4. worldometers -real time world statistics 2014 [cited 2014 10.04.2014]. Available from: <http://www.worldometers.info/world-population/>.
5. Amdahl J, Berge S, Dukan F, Endal A, Hals J, Holm H, et al. Havromsteknologi
Et hav av muligheter2014. 474 p.
6. Konsumprisindeksen - SSB. 2014;2014.

Vedlegg C: Eksisterende løsninger

STERKT
OMSKREVET

En måte å innovere en spesifikk problemstilling på, er ved å se på allerede eksisterende løsninger. Det er da interessant å se på hvilke metoder som anvendes for å hente ut oppdrettsfisk på generell basis. Da det i Norge eksisterer få alternative metoder for metodikk i oppdrett, er det mer aktuelt å se på hvordan liknende næringer utenfor landegrensene opererer. Kun et knipe av relevante næringer samt oppsiktsvekkende oppdagelser, vil bli dokumentert her. Det finnes nok informasjon om annen oppdrett til å rettferdiggjøre en selvstendig oppgave, noe som ikke er av interesse i denne sammenheng.

Den mest umiddelbare gruppen som er interessant å se på, er oppdretten som foregår i Chile og Canada. Her er lakseoppdrett, slik som i Norge, meget populært. Klimaet er også veldig likt. Foruten lakseoppdrett, vil en ny trend innenfor varmtvannsoppdrett i Mexicogolfen og på Hawaii fremstilles. Denne innoverer på mange måter hvordan man tenker oppdrettsmerder. Til slutt er innlandsoppdrett også relevant å presentere, for å vurdere hvorvidt denne næringen har noe å tilbringe offshore.

1 LAKSEOPPDRETT

Verdens nest største oppdretter av laks er Chile. Teknologisk sett er oppdretten i Chile på vei oppover, takket være deres store vekst. Teknologien er allikevel ikke revolusjonerende, da praksisen som gjennomføres i stor grad er basert på utenlandsk, ofte norsk, teknologi. Ved å anvende allerede utprøvd teknologi, har Chile vokst seg store i produksjonsvolum, men dette har dessverre ikke gitt grunnlag for nye løsninger. Store internasjonale oppdrettere som Marine Harvest og Cermaq, er utvilsomt en medvirkende faktor til denne trenden.(2)

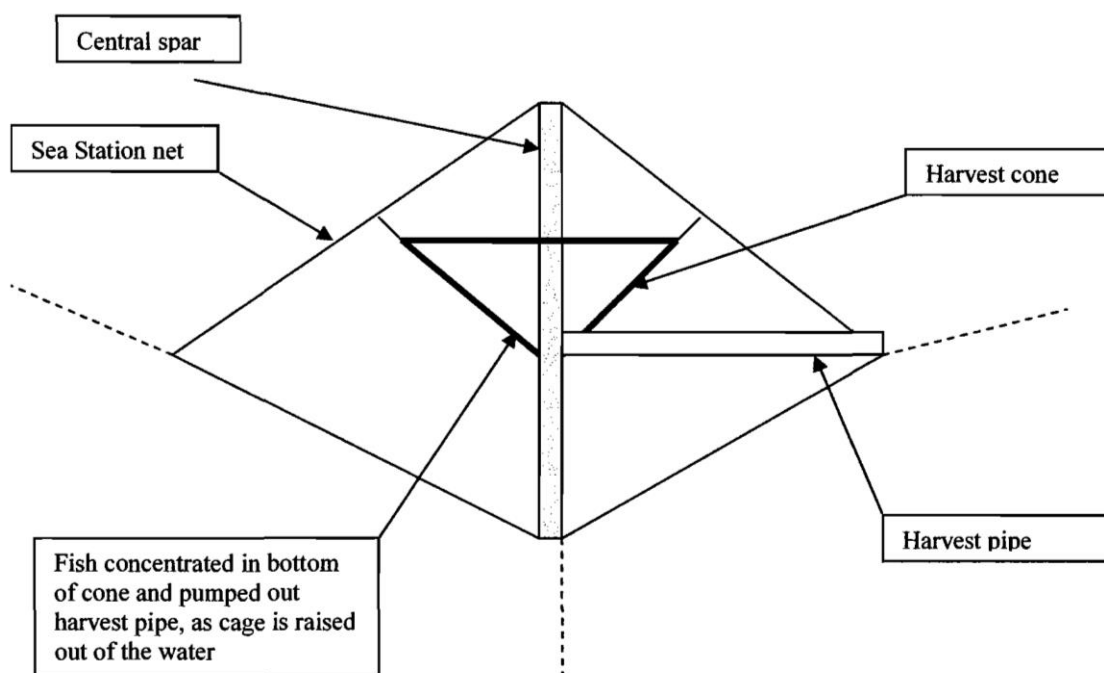
Av metoder som blir anvendt, har Canada også vist seg å være meget lik Norge i hvordan oppdretten gjennomføres. De store selskapene og organisasjonene ser ut til å anvende en prosedyre hvor trenging med not anvendes før en pumpeprosess initieres. En praksis som har blitt brukt der, og som ikke er like etablert i Norge, er sjokkbehandling av fisk og bløgging av fisken allerede i det den blir tatt ut av merden. Fisken som blir levert til slakteri blir altså ikke overført til en ventemerd, men har fått gjellene kuttet og ligger på is i brønnbåten. Dette blir gjort for å bevare kvaliteten. Mer detaljer rundt denne praksisen finnes blant annet på Cooke Aquaculture sine nettsider. Bilder fra en gjennomført lusefjerningsoperasjon med brønnbåt, blir vist i rapporten «Evaluation of wellboat technology for the treatment of sea lice»(3). Dette viser videre hvordan operasjonen vel så godt kunne vært gjennomført i norsk farvann.

En uventet oppdagelse i forhold til hvordan lakseoppdrett gjennomføres andre steder i verden, er å finne på den andre siden av kloden, nærmere bestemt på Tasmania utenfor Australia. Selskapet Huon Aquaculture har som visjon at miljøet oppdrettslaksen deres skal vokse opp i, skal på best mulig vis replikere hvordan livssyklusen til en villaks ville foregått. Dette involverer blant annet at deler av livssyklusen til oppdrettslaksen foregår i en merd i elva Huon. Forskjellen som er interessant for denne oppgaven, går mer i retning av hvordan overføringen av fisken foregår på havanleggene deres. I likhet med metoden som Canadiske Cooke Aquaculture anvender, bløgges fisken i det den tas ut av merden. Det interessante med praksisen er at de først sleper hele merden inn til land, for så å anvende et system hvor fisken selv svømmer inn for å bli bløgget(4). Dette reduserer dramatisk stresset på fisken. Å slepe merder er ikke lovlig praksis i Norge per dags dato, men prinsippet med å utnytte fiskens egne instinkter for å redusere stress er interessante. Et annet aspekt ved overføring som Huon anvender, er bruk av ferskvannsbad for å håndtere amøbebakterier som fester seg på gjellene til fisken(4). Ferskvannsbadet blir gjennomført med en plattform som settes mellom to merder, hvor fisken blir fraktet. I plattformen får fisken ferskvannsbadet sitt, for så å svømme ut i den andre merden. Dette er et glimrende eksempel på hvordan alternative overføringsmetoder kan erstatte oppgavene som brønnbåter tidligere har stått for.

2 PATENTER OG OCEAN HARVESTING

Et eksempel hvor offshore oppdrett har hatt suksess, er i vannområdene Kona på Hawaii. Her driver selskapet Blue Ocean Mariculture med oppdrett av fisken Hawaiian Kampachi. Blue Ocean anvender merder av typen Ocean Spar Sea Station. Disse merdene er radikalt forskjellige fra de klassiske gravitasjonsmerdene. En helt annen utforming gir merden karakteristikk som skiller seg ut. Først og fremst er merdenes not heldekkende. Altså har den en not som dekker fisken fra alle kanter. Dette gjør at merden kan senkes under vann, noe som er særs praktisk i eksponerte områder.

Metoden som anvendes under innhøsting og generell overføring av fisk ved disse anleggene er igjen basert på bruk av pumpe slik som er vanlig i norsk oppdrett. I motsetning til trengingsprinsippene brukt i Norge blir overføringen gjennomført på en noe annerledes måte når slike undervannsmerder anvendes. Dette kommer som en konsekvens av merdens heldekkende not, noe som gjør den mindre tilgjengelig for brønnbåten. Prinsippet med å bruke en form for not til å trenge fisken, og deretter pumpe, er allikevel brukt. Indikatorer peker dog på at dykkere er i langt større grad involvert når en slik merd skal høstes. Individuelle oppdrettere bruker ofte egne løsninger som involverer måter å fange fisken på inne i merden. Dette er gjerne ved hjelp av dykkere. Patenterte løsninger på denne trengingsproblematikken er også utviklet i denne sammenhengen.



Figur 1 Ocean Spar Sea Station harvesting cone patent.(5)

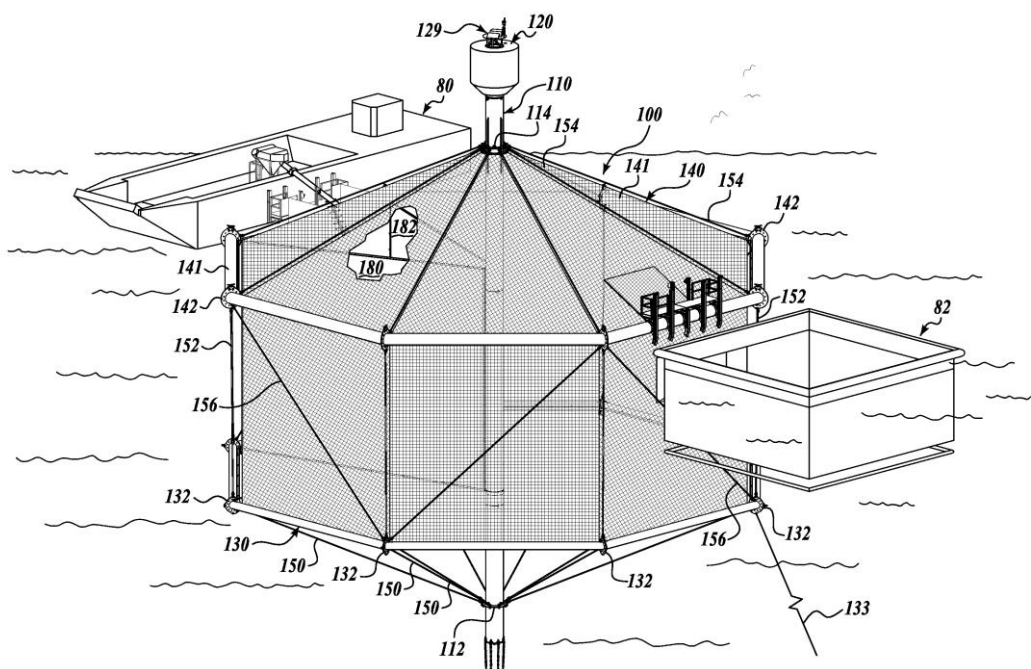
Slik Figur 1 viser, anvendes en såkalt «harvesting cone» for å trenge fisken. Dette er i all praksis en intern kjegleformet not, som monteres når fisken skal hentes ut. Når merden heves og toppen kommer over

havoverflaten, vil fisken bli samlet i bunnen av den interne nota. Dette er vist ved det uthevede området på figuren. Et eget rør i siden av merden brukes for enkelt å få tilgang til fisken

Dette patentet krever å bli montert av dykkere i forkant av en brønnbåtoperasjon. Dette er en viktig faktor i forhold til hvorvidt en slik operasjon lar seg gjøre eller ikke i eksponerte farvann. Mulighet for temperaturer nær frysepunktet gjør også denne oppgaven lite gunstig.

Som en respons til det uttrykte behovet for en løsning for lasting av fisk fra merdene, har Ocean Spar selv utviklet et konsept. Som et av de få konseptene på markedet er dette en merd hvor det er en forhåndsinstallert trengemekanisme. Paneler (nummerert som 180 og 182 i Figur 2) som er festet til en bærende sylinder i midten av merden, roteres rundt og lager et begrenset område hvor fisken kan bevege seg. Det er også tiltenkt å kunne bruke en midlertidig overføringsmerd med lukket duk (nummerert som 82 i Figur 2), for overføring.

Dette patentet er ekstra spennende for problematikken i oppgaven, da den viser hvordan man kan endre designet på merden for å tilpasse seg overføringsoperasjonene. Slike løsninger skiller seg klart ut fra mengden, ettersom designet som dominerer de fleste merder, ser ut til å være styrt av ønske om å lage en god oppholdsplass for fisken. Til tross for hvor avgjørende det er at fisken man har brukt over et år på å avle opp kommer vel ut av merden og over i brønnbåten, viser tendensen at dette ikke blir prioritert.



Figur 2 Patent på merd med egen trengingsløsning: Center spar fish pen, Ocean Spar Aquaculture(1)

3 INNLANDSOPPDRETT

I innlandsoppdretten ser ting ut til å bli gjort særdeles annerledes enn i de fleste variantene til havs. Bruken av pumpe for å hente inn fisken er ikke like hyppig brukt slik den blir til havs. Det er også anvendt mye landbaserte verktøy, som eksempelvis traktor. Årsaken til dette ligger antakelig i forskjellig tradisjon. Mens havbasert oppdrett har arvet prinsipper fra fiske, tyder det på at landbasert oppdrett har arvet mye fra landbruk. Vi kan gruppere landbasert oppdrett i to grupper:

- Mindre merder i innsjøer
- Små tjern som blir brukt som merd

I tilfellet hvor mindre merder blir anvendt er mye av problematikken som oppstår til sjøs ikke tilstede. Man har som bruker god oversikt over fisken, og været er sjelden noe problem. Det er også ofte slik at merdene står lokalisert i «klustere» med gangbrygge som gir personalet problemfri tilgang til merden. I disse tilfellen foregår opptak av fisk ofte ved manuelt arbeid. Operasjonen foregår i de mest teknologisk avanserte tilfellene, med kran som hjelpemiddel. Kranen har et nett i enden som brukes for å samle opp fisken. Figur 3 viser et eksempel hvor dette blir anvendt i malleoppdrett i et tjern i Alabama.

I innsjøer er en populær måte å høste inn fisk ved å anvende en traktor med en trål-liknende not etter seg som kjører i sirkel rundt tjernet. Metoden fremstår som en mellomting mellom fiske med snurpenot, og fiske med trål. I noen tilfeller anvendes også her pumpe til å assistere. I disse tilfellene fremstår metoden som en landbasert variant av metoden som brukes i norsk oppdrett.



Figur 3 Malleoppdrett i Alabama. Her brukes kran og et stort nett for å hente ut fisken Kilde: USDA OnLine Photography Center . Hentet under åpen lisens - <http://www.usda.gov/oc/photo/96cs0257.htm>

4 TANKER VEDRØRENDE EKSISTERENDE LØSNINGER

Gjennom lang tids studie av forskjellig metodikk rundt om i verden, har det vist seg å være et urovekkende lite fokus på overføringsprinsipper i oppdretten, tross et par hederlige unntak. Dette har gjort arbeidet særs vanskelig da det er vanskelig å finne informasjon på et «ikke-tema». Søking på overføring eller høsting av fisk i oppdrett, fokuserer mer på når det skal gjøres, vekst hos fisken, og de økonomiske perspektivene. Det praktiske aspektet fremstår som bortglemt.

Installasjon av oppdrettsanlegg blir primært gjort med fokus på gode vekstforhold for fisken, og har dermed en liten praktisk tilnærming med hensyn til at fisken skal ut av anlegget. Dette blir mer eller mindre sett på som en selvfølgelig oppgave, og praksisen ser mer ut til å bli ført i arv enn utviklet systematisk.

Dette er et problem som i stor grad kan skyldes hvordan oppdrett historisk sett har blitt gjort. Dette er i stille farvann, helt inntil land eller i tjern. Det vi dog kan observere er at de mest innovative løsningene innenfor oppdretten forekommer hos de som har hatt suksess i å drive oppdrett ved offshore lokaliteter. Open Blue er et eksempel på et amerikansk firma som har blitt kjent for sin «innovative» måte å drive oppdrett på arten Cobia. De bruker merden OcenSpar slik beskrevet i kap. 2 hvor merden kan senkes under vann. Denne muligheten til å heve og senke merden er noe som går igjen i teknologi som blir anvendt i disse lokalitetene, men igjen; det er mangel på gode metoder for å hente ut fisken. Dette er noe som blir reflektert i patentbeskrivelsen til trengingsprinsippet illustrert i Figur 1 under kap. 2 Patenter og ocean harvesting, som nettopp bruker OceanSpar som utgangspunkt. En slik betraktning gir mistanke om et underliggende behov for en ny måte å tenke innhøsting og generell forflytning av oppdrettsfisk, snarere enn det overdrevne fokuset på hvordan anlegget skal være billig og funksjonelt når vilkårene er gode.

5 ET FORENKLET BILDE AV PROBLEMENE MED DAGENS EKSPONERTE OPPDRETT



Inntrykket som blir gitt av problemstillingene man har ved eksponert oppdrett er at, mange av dagens brukte metoder et forsøk på å anvende samme prinsipper som ved skjermet oppdrett. Merdene er de samme, og metodene er like. Tanken ser ut til å bygge på oppdretten i fjordene og på de skjermede områdene. Her har vi mye kunnskap, og idéen er at dette gir gode forutsetninger for også å drive sikkert andre steder. Denne tanken lever på et falskt premiss om at problemstillingen er den samme bare litt vanskeligere. Løsningen som anvendes på skjermede områder bygger på forutsetningen om at det er rolige omgivelser nok til å ha kontroll over operasjonene. Når vilkårene endres er ikke lenger operasjonene mulige å gjennomføre på samme måte, og løsninger faller prinsipielt til kort. Å anvende noe man har kunnskap om gir en illusjon av at valget er tryggere, mens den tiltenkte erfaringen løsningen bygger på ikke er direkte overførbart. Dette er selvfølgelig satt på spissen, men er gjort for å illustrere et poeng.

Oppsummert

- På teknologifronten fremstår Norge som ledende innenfor lakseoppdrett. Andre land, som eksempelvis Chile, følger Norges eksempel.
- I Tasmania bruker de en sakte overføring av fisken som utnytter laksens naturlige instinkt i å svømme mot strømmen.
- OceanSpar er et selskap som står for en innovasjonsbølge i oppdrett på åpent hav. Dette er snakk om undervannsmerder i varmtvannsområder.
- OceanSpar sine innovative merder har vist seg å mangle egen teknologi for overføring av fisk. Dette er noe både private oppdrettere og OceanSpar selv har jobbet med. De ser et behov for egne rutiner som letter prosessen.
- Innlandsoppdrett bruker manuelle overføringsmetoder. Maskineriet som hjelper med overføringen står på land og miljøproblematikken man opplever til havs kommer ikke til syne.

REFERANSER

1. Madsen TL, Gregg TJ, Gace LR. Center spar fish pen. Google Patents; 2014.
2. A Case Study of the Salmon Industry in Chile. United Nations, New York and Geneva: United Nations Conference on Trade and Development, 2006.
3. Evaluation of Well Boat Technology for the Treatment of Sea Lice. Atlantic Canada Fish Farmers Association, 2011 19.03.2011. Report No.
4. Sustainability & Innovation | Huon Aquaculture. 2014.
5. SIMS NA. Harvest cone for sea cage for fish-growing. Google Patents; 2007.

NTNU	Kartlegging av risikofyllt aktivitet				Utarbeidet av	Nummer	Dato	
					HMS-avd.	HMSRV2601	22.03.2011	
HMS					Godkjent av		Erstatter	
					Rektor		01.12.2006	

Dato: 10.02.2014

Enhet: Insitutt for Produktutvikling og Materialer

Linjeleder: Torgeir Velo

Deltakere ved kartleggingen (m/ funksjon): Kasper Ellefsen, student
(Ansv. veileder, student, evt. medveiledere, evt. andre m. kompetanse)

Kort beskrivelse av hovedaktivitet/hovedprosess: Kontorarbeid, literatursøk, skriving og illustrering

Masteroppgave Kasper Ellefsen, Prinsipper for overføring av fisk mellom brønnbåt og oppdrettsmerder Masteroppgave student xx. Tittel på oppgaven.

Er oppgaven rent teoretisk? (JA/NEI): JA

«JA» betyr at veileder innestår for at oppgaven ikke inneholder noen aktiviteter som krever risikovurdering. Dersom «JA»: Beskriv kort aktiviteteten i kartleggingskjemaet under. Risikovurdering trenger ikke å fylles ut.

Jeg har sett de de
er i
(Kasper Ellefsen)

Signaturer: Ansvarlig veileder:

Student:

Kasper Ellefsen

ID nr.	Aktivitet/prosess	Ansvarlig	Eksisterende dokumentasjon	Eksisterende sikringstiltak	Lov, forskrift o.l.	Kommentar
	Skriving av masteroppgave på NTNU	Kasper Ellefsen				