

Tia Celine Sandhu

Fremtidens kontrollrom for automatiserte oppdrettsanlegg

Masteroppgave i Kybernetikk og Robotikk

Veileder: Thor Hukkelås

Januar 2022

Tia Celine Sandhu

Fremtidens kontrollrom for automatiserte oppdrettsanlegg

Masteroppgave i Kybernetikk og Robotikk
Veileder: Thor Hukkelås
Januar 2022

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for informasjonsteknologi og elektroteknikk
Institutt for teknisk kybernetikk

Abstract

The purpose of the master's thesis is to develop a model for the control room of the future that takes into account the operator's wishes and needs while at the same time contribute to increased production and better fish welfare. The literature and preparatory work describe a rapid technological development in the industry, which leads to a challenge in connecting the technology and equipment in a larger system. The topic is relevant in regards to the Norway's desire to become the leading seafood nation. Therefore, the research question in the master's thesis is; ***"How to design control rooms for the automated fish farms of the future that will provide operators with an optimal Decision support system and Situation Awareness"***. Four sub-research questions have been prepared to better answer the thesis' main research questions:

- What data and information are needed to achieve optimal operation?
- How does automation and technological development help to reduce the environmental contamination?
- How is fish welfare maintained and improved through automation?
- How to take care of the operator in the development of the control room?

To answer sub-research questions, the methods literature search, semi-structured interviews and design thinking are used. The literature search describes how the aquaculture industry works today and something about the development that is happening. The semi-structured interviews contribute to shed light on several challenges, development projects and wishes for the industry. In total, there were six informants, they were interviewed twice each. The informants have previous or current experience with the operation of fish farms. The Design thinking method has been used to increase the work of improving the modeled setup for a control room.

Through the work on the master thesis, a simplified model is formed for a control room that has a good starting point to cover the problem mentioned above. Tasks for the operation of fish farms that depend on each other are put together in modes. Using iterative rounds of developing and improving the model, provided an opportunity to test and improve usability. It was revealed that the accuracy of a Decision Support System depends on the number of sensors and equipment used, in addition to how it is presented to the operator. The survey shows that too much information can work against its purpose.

Sammendrag

Formålet med masteroppgaven er å utvikle en modell for fremtidens kontrollrom som tar høyde for operatørens ønsker og behov, samtidig som den bidrar til økt produksjon og bedret fiskehelse. Litteraturen og forarbeidet beskriver en rask teknologisk utvikling i næringen, som fører til en utfordring med å sammenkoble teknologien og utstyret i et større system. Norges ønske om å bli den ledene sjømatnasjonen, gjør tema svært dagsaktuelt. Forskningsspørsmål i masteroppgaven er derfor; "***Hvordan designe kontrollrom for fremtidens automatiserte oppdrettsanlegg som vil gi operatører et optimalt Beslutningsstøttesystem (BSS) og Situasjonsforståelse (SA)?***". Fire delforskningsspørsmål er blitt utarbeidet for å bedre kunne besvare oppgaven:

- Hvilke data og informasjon er nødvendig for å oppnå optimal drift?
- Hvordan bidrar automatisering og teknologisk utvikling til å minske miljøavtrykket?
- Hvordan beholdes og bedres fiskevelferd ved automatisering?
- Hvordan ivareta operatøren ved utviklingen av kontrollrommet?

For å besvare forskningsspørsmålene brukes metodene litteratursøk, semistrukturerte intervjuer og **Designntenkning (DT)**. Litteratursøket beskriver hvordan oppdrettsnæringen fungerer i dag og noe om utviklingen som skjer. De semistrukturerte intervjuene bidrar til å belyse utfordringer, utviklingsprosjekter og ønsker for næringen. Totalt var det seks informanter, de ble intervjuet to ganger hver. Informantene har tidligere eller nåværende erfaring med drift av oppdrettsanlegg. Metoden **DT** er tatt i bruk for å øke **SA** i arbeidet med å bedre det modellerte oppsettet for et kontrollrommet.

Gjennom arbeidet med masteroppgaven dannes en forenklet modell for et kontrollrom som har et godt utgangspunkt for å dekke problemstillingen nevnt over. Oppgaver ved drift av oppdrettsanlegg som avhenger av hverandre settes sammen i moduser. Ved bruk av iterative runder med utvikling og forbedring av modellen, ga det mulighet til å teste og forbedre brukervennligheten. Det kom frem at nøyaktigheten til et **BSS** avhenger av antall sensorer og utstyr som tas i bruk, i tillegg til hvordan det blir presentert for operatøren. Undersøkelsen viser at for mye informasjon, kan virke mot sin hensikt.

Forord

Denne masteroppgaven er skrevet som den avsluttende avhandlingen for det femårige masterprogrammet Teknisk kybernetikk og robotikk ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet i Trondheim. Dette er en videreføring av arbeidet som ble gjort i forbindelse med prosjektoppgaven, "TTK4550 - Teknisk kybernetikk, fordypningsprosjekt". Masteroppgaven har et omfang på 30 studiepoeng.

Gjennom oppgaven blir vi kjent med hele oppdrettsnæringen, samt utviklingsmetodikken og . Dette er områder jeg først ble kjent med i forbindelse med Thor Hukkelås sitt fag "*TTK30 Menneske-maskin/autonomi interaksjon i kyber-fysiske systemer*", høsten 2020. Det var dette faget som bevisstgjorde viktigheten med å utvikle teknologi med mennesket i sløyfen. Med min økte interesse for temaet, fikk jeg muligheten til å arbeide mer med temaet og ha Thor Hukkelås som min veileder. Jeg vil rette han en stor takk for å ha veiledet meg gjennom den noe ukjente næringen. Han har gitt meg gode tilbakemeldinger og råd underveis i arbeidsprosessen. Det har vært inspirerende å jobbe med en som har et så stort engasjement rundt utviklingen i havbruk og oppdrettsnæringen, som også ser hvordan masteroppgaven kan implementeres inn i denne utviklingen.

Til alle informantene, tusen takk! Jeg setter virkelig pris på at dere har satt av tid til å dele deres tanker, meninger og ideer med meg gjennom denne prosessen. Dette har hatt stor betydning for oppgaven.

Innhold

Abstract	i
Sammendrag	ii
Forord	iii
Liste over figurer	ix
Lister over tabeller	xiii
Terminologier	xiv
1 Introduksjon	1
1.1 Forskningsspørsmål	1
1.2 Avgrensning	2
1.3 Oppgavens oppbygning	3
2 Bakgrunn	4
2.1 Oppdrett	4
2.2 Situasjonsforståelse	5
2.2.1 Påvirkningsfaktorer	6
2.3 Precision fish farming	8
2.4 Menneskets informasjonsprosessering	9
2.5 Beslutningsstøttesystem	10
2.6 Kontrollrom	11
2.6.1 Kontrollrom på oppdrettsanlegg	13
3 Metode	15
3.1 Litteratursøk	15
3.1.1 Definisjon av problemet	15
3.1.2 Bakgrunnssjekk	16
3.1.3 Analyse	16
3.2 Semistrukturerte intervjuer	17
3.2.1 Utvalg og rekruttering til intervju	17
3.2.2 Fallgruver ved intervjuer	18
3.2.3 Oppsett av intervju	19
3.3 Designtenkning og menneskesentrert design	19
3.3.1 utfordringer ved designtenkning	21
3.4 Kvalitet ved valgt metode	21
3.4.1 Reliabilitet	21
3.4.2 Validitet	22
3.4.3 Kvalitativ analyse av intervjuene	23

4	Modellering av kontrollsystem for oppdrett	24
4.1	Modell for tilbakekoblet sløyfe	24
4.1.1	Manuelle faktorer og reguleringer - gult	26
4.1.2	Foring - lyseblå	26
4.1.3	Miljøfaktorer - lysegrønn	26
4.1.4	Hav - Merd - Biologi - mørkeblå	27
4.1.5	Sensorer - mørkegrønn	27
4.1.6	Analyse av sensordata - rød	27
4.1.7	Beslutningsstøttesystem - oransje	28
4.2	Modell om det teknologiske aspektet - precision fish farming	28
4.3	Modell om det menneskelige aspektet	29
4.4	Modell for arbeidsoppgaver og utstyr i kontrollrommet	31
5	Resultater ved første intervjurunde	35
5.1	Modus i sin helhet	36
5.2	Fôringsmodus	36
5.2.1	Av/På	36
5.2.2	Silo og system	39
5.3	Fiskevelferdsmodus	40
5.4	Miljøovervåkningsmodus	42
5.5	Trengingsmouds	44
5.6	Fôrbåtmodus	46
5.6.1	Tilkobling	46
5.6.2	Overføring	47
5.7	Brønnbåtsmodus	48
5.7.1	Tilkobling	48
5.7.2	Overføring av fisk	48
5.8	Avlusingsmodus	49
5.9	Integritetsmodus	51
5.9.1	Overordnet tilstand	51
5.9.2	Utskifting av vann	53
5.9.3	Slam	53
5.10	Kommunikasjonsmodus	54
5.11	Annen informasjon som ble avdekket under intervjuene	54
5.11.1	Utstyr må opp av noten under større operasjoner	54
5.11.2	Koble sammen systemene	55
6	Videreutvikling etter første intervjurunde	56
6.1	Modus i sin helhet	56
6.2	Føringsmodus	59
6.3	Fiskevelferdsmodus	60
6.4	Miljøovervåkingsmodus	61
6.5	Fra Avlusing-, Brønnbåt- og Trenging- til Håndteringmodus	62
6.6	Fôrbåtsmodus	63

6.7	Integritetsmodus	63
6.8	Kommunikasjonsmodus	64
7	Modellering av kontrollrom	65
7.1	Overordnet oppsett	65
7.2	Oppsett fra kamerabilde	66
7.3	Fôringsmodus	67
7.4	Fiskevelferdsmodus	69
7.5	Miljøovervåkingsmodus	71
7.6	Håndteringsmodus	73
7.7	Fôrbåtsmodus	74
7.8	Integritetsmodus	74
8	Resultater ved andre intervjuer	76
8.1	Overordnet oppsett	76
8.2	Oppsett fra kamerabilde	76
8.3	Fôringsmodus	77
8.3.1	Silomengde	77
8.3.2	Vannstrøm	77
8.3.3	Hovedskjerm: Fôringsintensitet	78
8.3.4	Biomasse	78
8.3.5	Pellets	78
8.4	Fiskevelferdsmodus	78
8.4.1	Dødfisk	79
8.4.2	Tag og adferd	79
8.4.3	Hovedskjerm: Fiskehelsekamera	79
8.4.4	Biomasse	79
8.4.5	Lus og sykdomsforløp	79
8.5	Miljøovervåkingsmodus	80
8.5.1	Havbunn	80
8.5.2	Vannstrøm	80
8.5.3	Hovedskjerm: Oksygen, temperatur og aktivitet	81
8.5.4	Lys	81
8.5.5	Salinitet, turbiditet og lyd	81
8.6	Håndteringsmodus	81
8.6.1	Fiskehelsekamera	81
8.6.2	Hovedskjerm: Trenging	82
8.6.3	Biomasse	82
8.6.4	Registrering	82
8.7	Fôrbåtsmodus	82
8.7.1	Silomengde	83
8.7.2	Kalender	83
8.8	Integritetsmodus	83
8.8.1	Slam	83

8.8.2	Vannstrøm	83
8.8.3	Hovedskjerm: ROV	83
8.8.4	Utskifting av vann	84
8.8.5	Alger og groe	84
8.9	Vedlikehold - ny	84
9	Videreutvikling etter andre intervjurunde	85
9.1	Overordnet oppsett	85
9.2	Oppsett fra kamerabilde	85
9.3	Føringsmodus	86
9.3.1	Silomengde	86
9.3.2	Vannstrøm og biomasse	87
9.3.3	Hovedskjerm: Føringsintensitet	87
9.3.4	Pellets	87
9.4	Fiskevelferdsmodus	87
9.4.1	Dødfisk	89
9.4.2	Tag og Adferd	89
9.4.3	Hovedskjerm: Sammendrag om fiskevelferd	89
9.4.4	Biomasse	89
9.4.5	Skader, Lus og sykdomsforløp	89
9.4.6	Lys - lagt til	90
9.5	Miljøovervåkingsmodus	90
9.5.1	Havbunnen	91
9.5.2	Vannstrøm	91
9.5.3	Hovedskjerm: Sammendrag om miljøparametere	91
9.5.4	Lys - fjernet	91
9.5.5	Salinitet, turbiditet og lyd	91
9.6	Håndteringsmodus	92
9.6.1	Fiskehelsekamera, lus og sykdomsforløp	92
9.6.2	Hovedskjerm: Trening og tilføring av oksygen	92
9.6.3	Vannstrøm og biomasse	93
9.6.4	Registrering	93
9.7	Fra forbåts- til leveringsmodus	94
9.7.1	Silomengde	94
9.7.2	Hovedskjerm: Kalender	94
9.8	Integritetsmodus	94
9.8.1	Slam	95
9.8.2	Vannstrøm	95
9.8.3	Hovedskjerm: ROV	95
9.8.4	Utskifting av vann	95
9.8.5	Alger og groe	95
9.9	Vedlikeholdsmodus	95
9.9.1	Datablader	97
9.9.2	Hovedskjerm: Status for vedlikehold	97

9.9.3	Reservedeler	98
10	Drøfting	99
10.1	Hvilke data og informasjon er nødvendig for å oppnå optimal drift?	99
10.2	Hvordan bidrar automatisering og teknologisk utvikling til å minske miljøavtrykket?	101
10.3	Hvordan beholdes og bedres fiskevelferd ved automatisering?	102
10.4	Hvordan ivareta operatøren ved utviklingen av kontrollrommet?	104
11	Konklusjon - Erfaring	106
11.1	Svar på problemstillingen	106
11.2	Evaluerer av eget arbeid	106
11.3	Forslag til videre arbeid	107
A	Vedlegg	108
A.1	Mal for første intervjurunde	108
A.2	Mal for andre intervjurunde	109
A.2.1	Modell for andre intervjurunde	109
	Kilder	118

Liste over figurer

2.1	En oversikt over ulike type oppdrettsanlegg	4
2.1.a	Tradisjonelt oppdrettsanlegg på Færøyene hentet fra iLaks [20]	4
2.1.b	Konseptbildet av det landbaserte anlegget hentet fra TU[19]	4
2.1.c	Konseptbildet av lukkede anlegget Egget hentet fra Hauge Aqua[5]	4
2.1.d	Det eksponerte anlegget Ocean Farm 1 til Salmar, foto av Håvard Volden[48]	4
2.2	Illustrasjon av informasjonsgapet, som viser hvordan mye data ikke nødvendigvis tilsier mye nyttig informasjon [30]	5
2.3	Oversatt og forenklet illustrasjon av hvordan miljø har en effekt på situasjonsforståelsen [38]	6
2.4	En syklisk representasjon av Precision fish farming oversatt til norsk, av Andreas Lien[34]	8
2.5	Menneske administrator/operatør funksjon og deres relasjoner[57]	11
2.6	Forenklet modell av operatørs rolle i et kontrollsystem[40]	12
2.7	Mowi sin operasjonsentral ved åpningen i 2019. Foto: Svein Lundestad, Herøyfjordingen	14
3.1	Analysemetode for litteratur	17
3.2	Analysemetode for intervjuer	17
3.3	Illustrasjon av den iterative prosessen ved design thinking	20
4.1	Reguleringsystem for et overvåknings og brukerstøttesystem for oppdrettsanlegg	25
4.2	Precision Fish Farming (PFF) videreutviklet for å enklere knyttes til oppsett av kontrollrom	28
4.3	Modell som viser hvordan fisken er i sentrum av systemet, samtidig som mennesket er i sløyfen	30
5.1	Fôringsmodus med tilhørende oppgaver og data	36
5.2	Fiskevelferdsmodus med tilhørende oppgaver og data	40
5.3	Miljøovervåkningsmodus med tilhørende oppgaver og data	42
5.4	Trengingsmodus med tilhørende oppgaver og data	44
5.5	Fôrbåtsmodus med tilhørende oppgaver og data	46
5.6	Brønnbåtssmodus med tilhørende oppgaver og data	48
5.7	Avlusingsmodus med tilhørende oppgaver og data	49
5.8	Integritetsmodus med tilhørende oppgaver og data	51
5.9	Kommunikasjonsmodus med tilhørende oppgaver og data	54
7.1	Overordnet oppsett for kontrollrommet, med plassering av kamerabilde og tekniske skjermer	65

7.2	Inndeling av skjemer for kamerabilde med oksygen, temperatur og vannstrøm	66
7.3	De tekniske skjermene under fôringsmodus	68
7.3.1	Silomengden	68
7.3.2	Vannstrøm med utfôringspunkt	68
7.3.3	Styring av foring og dens intensitet	68
7.3.4	Biomassefordeling og størrelse	68
7.3.5	Pelletsdetektering	68
7.4	De tekniske skjermene under fiskevelferdsmodus	70
7.4.1	Dødfisk	70
7.4.2	Tag og Adferd	70
7.4.3	Fiskehelsekamera	70
7.4.4	Biomassefordeling og størrelse	70
7.4.5	Lus og sykdomsforløp	70
7.5	De tekniske skjermene under miljøovervåkningsmodus	72
7.5.1	Innhold på havbunn	72
7.5.2	Vannstrøm med utfôringspunkt	72
7.5.3	Styring av foring og dens intensitet	72
7.5.4	Regulering av lys	72
7.5.5	Salinitet, turbiditet og lyd	72
7.6	De tekniske skjermene under håndteringsmodus	73
7.6.1	Fiskehelsekamera	73
7.6.2	Styring av trenging og tilføring av oksygen	73
7.6.3	Biomasse	73
7.6.4	Registrering	73
7.7	De tekniske skjermene under fôringsmodus	74
7.7.1	Silomengden	74
7.7.2	Kalender med oversikt over levering	74
7.8	De tekniske skjermene under integritetsmodus	75
7.8.1	Næringsinnhold i slam	75
7.8.2	Vannstrøm med utfôringspunkt	75
7.8.3	Styring av Fjernstyrt undervannsfarkost(ROV)	75
7.8.4	Utskifting av vann for lukkede anlegg	75
7.8.5	Alger og groe	75
9.1	Alternative oppsett for kamerabilder	85
9.1.1	Kameraoppsett med tre inndelinger og demonstrasjon av pelletsdetektering	85
9.1.2	Kameraoppsett med to inndelinger	85

9.2	De tekniske skjermene under fôringsmodus	86
9.2.1	Silomengden med mulighet til å velge hvilke utforingssilo og kalibrering .	86
9.2.2	Vannstrøm og biomasse med utfôringspunkt	86
9.2.3	Styring av foring og dens intensitet, sammen med et sammendrag av relevant informasjon	86
9.2.4	Pelletsdetektering utenfor vanlig kamerabilde	86
9.3	De tekniske skjermene under fiskevelferdsmodus	88
9.3.1	Dødfisk	88
9.3.2	Tag og Adferd	88
9.3.3	Sammendrag som forteller om biomassens velferd, med markering for kritiske merder	88
9.3.4	Informasjons om lus, skader og tidligere sykdomsforløp	88
9.3.5	Regulering av lys, med oversikt over intensitet og varighet	88
9.4	De tekniske skjermene under miljøovervåkningsmodus	90
9.4.1	Topografi og næringsinnhold på havbunn	90
9.4.2	Vannstrøm uten bruk av biomasse	90
9.4.3	Sammendrag av miljøparameterene på anlegget, med markering for kritiske merder	90
9.4.4	Prognose og sanntidverdier for oksygen, temperatur, adferd, salinitet, turbiditet og lyd	90
9.5	Håndteringsmodus i versjon for nettbrett med faner for de forskjellige delene av moduset	92
9.6	De tekniske skjermene under håndteringsmodus	93
9.6.1	Informasjon om lus, skader og tidligere sykdomsforløp	93
9.6.2	Styring av trenging og tilføring av oksygen, med hastighet og totalbiomasse	93
9.6.3	Biomasse og vannstrøm, uten vannstrøm	93
9.6.4	Registrering ved flytting av merd	93
9.7	De tekniske skjermene for leveringsmodus	94
9.7.1	Silomengden	94
9.7.2	Kalender med oversikt over leveringstatus	94
9.8	De tekniske skjermene under integritetsmodus	96
9.8.1	Næringsinnhold i slam	96
9.8.2	Vannstrøm og biomasse	96
9.8.3	Oversikt over ROV har vært med markeringer for funn.	96
9.8.4	Utskifting av vann for lukkede anlegg	96
9.8.5	Alger, groe og slam	96
9.9	De tekniske skjermene under vedlikeholdsmodus	97

9.9.1	Datablad for de ulike systemene	97
9.9.2	Oversikt over servicestatus for utstyr	97
9.9.3	Oversikt over reservedeler	97

Lister over tabeller

3.1	Oversikt over de mest brukte søkeordene	16
4.1	Oversikt over modus, oppgave og tilhørende data med deres alarmer	32
4.2	Oversikt over modus, oppgave og tilhørende data med deres alarmer	33
5.1	Intervjuobjektene en til seks og deres bakgrunn	35
5.2	Intervjuobjektene en til seks og deres bakgrunn	36
6.1	Oversikt over modus, oppgave og tilhørende data med deres alarmer	57
6.2	Oversikt over modus, oppgave og tilhørende data med deres alarmer	58

Terminologier

Application Programming Interface (API) Er et programmeringsgrensesnitt som brukes for å utveksle data mellom to forskjellige applikasjoner[58].

Beslutningsstøttesystem (BSS) Norsk tilnærming av det engelske begrepet Decision support system(DSS).

Biomasse Betegnelse for alle de biologiske individene som befinner seg samlet i en not, for denne oppgaven omhandler det laks..

Designtenkning (DT) Norsk tilnærming av det engelske begrepet Desing Thinking.

Dynamisk posisjonering (DP) Norsk tilnærming av det engelske ordet dynamic positioning.

Fjernstyrt undervannsfarkost(ROV) Fjernstyrt undervannsfarkost, på engelsk Remotely operated underwater vehicle.

Intervjuobjekt (IO) .

Ocean Farm 1 (OF1) Verdens første offshore oppdrettsanlegg[13].

Precision Fish Farming (PFF) Et rammeverk for å forbedre produksjonen i akvakultur[34].

Resirkulerende akvakultursystemer (RAS) Landbaserte oppdrettsanlegg som gjenbraker vann, f.eks ved settefiskeanlegg[16].

Situasjonsforståelse (SA) Norsk tilnærming av det engelske ordet Situation Awareness.

Smart Fish Farm (SFF) Offshore oppdrettsanlegg som bygger på erfaring fra Ocean Farm 1[49].

The Human Autonomous System Oversight (HASO) Samlebetegnelse for faktorer som påvirker menneskes evner for forståelse og samhandling med maskiner[29].

1 Introduksjon

I 2013 la regjeringen frem en visjon om at Norge skulle bli verdens fremste sjømatnasjon[10]. Visjonen handlet om hvordan Norge kan forsterke og utvikle sin posisjon i verdens sjømatnæring, ved hjelp av tiltak som bidrar til blant annet økt produksjon og eksport, men samtidig ivareta naturressursene og bidra til å nå FNs bærekraftsmål.

Norge er godt på vei til å nå sin visjon, og regnes i dag som en av de to største aktørene innenfor akvakultur på globalt nivå[36]. Totalt eksporterte Norge sjømat for 120,8 milliarder kroner i 2021 [15]. Produksjonen utgjør en mengde på 1,285 millioner tonn laks, som tilsvarer en verdi på 81,37 milliarder kroner[15]. Dette gjør Norge til den største aktøren for oppdrett av laks[47].

Gjennom rapporten "*Verdiskaping basert på produktive hav i 2050*" kommer det frem at Norge har potensiale til å eksportere enda større mengder sjømat[9]. Innen 2050 antas en mengde tilsvarende 550 milliarder kr, som utgjør en femdobling av dagens eksport. For å oppnå å bli verdens fremste sjømatnasjon, er det nødvendig med videre teknologisk utvikling[14]. Dette innebærer et økt fokus på digitalisering og automatisering. Et av tiltakene som ble gjort for å igangsette utviklingen var muligheten til å søke utviklingsprosjekter frem til 2017[31].

For å få godkjent søknad om et utviklingsprosjekt må den dekke kravene om betydelig innovasjon og investering. Videre skal teknologien som blir utviklet komme hele næringen til gode. Det har ført til 21 godkjente prosjekter som er i utvikling og testing[32]. Oversikten fra fiskeridirektoratet[32], viser ulike konsepter som trenger en mengde ny teknologi.

Sammen med den teknologiske utviklingen er det behov for en kompetanseheving[14]. Det å styrke Norges posisjon avhenger av at arbeidstakeren har kunnskap om de nye systemene som skal brukes. I første rekke røkterne og de fremtidige operatørene av fremtidens automatiserte havbruk. Dette er kompetanse og kunnskap som på lik linje med oljenæringen er etterspurt i en rekke land. For å oppnå dette må utviklingen av næringen inkludere arbeidstakerne under hele prosessen. Dette legger grunnlaget for denne masteroppgaven.

1.1 Forskningsspørsmål

Formålet med denne masteroppgaven er å lage en modell for et ideelt kontrollrom for fremtidens oppdrettsnæring. Dette bygger videre på funn fra prosjektoppgaven som kartla oppgavene og behovet til oppdrettsnæringen. Modellen for kontrollrommet vil både inneholde utstyr som eksisterer i dag og utstyr som er i utvikling, eller bør utvikles. Dette tilsier at denne masteroppgaven og tilhørende forskningsspørsmål har et fremtidsperspektiv og et mål om å bidra positivt til utvikling av fremtidens kontrollrom for oppdrettsnæringen. Masteroppgavens hovedforskningsspørsmål er definert som:

Hvordan designe kontrollrom for fremtidens automatiserte oppdrettsanlegg

som vil gi operatører et optimalt BSS og SA?

For å besvare den overordnede problemstillingen er det utarbeidet fire delforsknings spørsmål nedenfor.

- Hvilke data og informasjon er nødvendig for å oppnå optimal drift?
- Hvordan bidrar automatisering og teknologisk utvikling til å minske miljøavtrykket?
- Hvordan beholdes og bedres fiskevelferd ved automatisering?
- Hvordan ivareta operatøren ved utviklingen av kontrollrommet?

Disse delforsknings spørsmål er valgt for å å dekke det økte fokuset på bærekraft og fiskevelferd. I tillegg til å kartlegge hvilken informasjon som er av nytte for operatøren, og det økonomiske og bærekraftige aspektet ved utviklingen av et kontrollrom.

1.2 Avgrensning

Havbruksnæringen omfavner mye, og det å lage et kontrollrom for fremtiden er en kompleks oppgave som skal dekke mer enn bare driften av et oppdrettsanlegg. Derfor er det forsøkt å avgrense oppgaven til å inneholde de delene av næringen som vil gi en verdi opp mot effektivisering av drift, enklere håndtering og økt fiskevelferd. Grunnen til dette er den begrensede tiden på et halvt år som er satt til å gjennomføre masteroppgaven. Ytterligere er oppgaven skrevet uten tilknytning til et selskap. Dette ble gjort for å ikke låse seg til et selskap og deres meninger, men heller få innspill fra flere forskjellige aktører i næringen. Uten et selskap som kan bistå med sine ressurser kan det ta lengre tid å finne svar på enkelte problemer. I tillegg er det kun en forsker, som også begrenser muligheten til å foreta tilfredsstillende antall intervjuer for å dekke operatørens behov.

Prosjektet vil ikke komme med en teknisk løsning for fremtidens kontrollrom, men vil heller kartlegge hvilke data som brukes. For modellering vil det i hovedsak tas utgangspunkt i et tradisjonelt anlegg hvor driften fjernstyres fra land. Det vil ikke utelukke bruken ute på lokasjon, og heller ikke bruken på mer automatiserte anlegg. Det skal bidra til å danne et fremtidig bilde for styring av oppdrettsanlegg som muliggjør begge deler. Modellen skal legge til rette for videre utvikling som viser standardisering av fremtidens kontrollrom for oppdrett.

Oppdrettsnæringen er en næring hvor den teknologiske utviklingen har skutt fart de siste årene. Det fører til at det er få referanser knyttet til deres industriutvikling. Derfor er det i denne studien valgt å også hente inspirasjon fra andre næringer, blant annet bilindustrien, flyindustrien og skipsnæringen.

1.3 Oppgavens oppbygning

Oppgavens innledende kapittel 1 beskriver tema og problemstilling. Deretter blir bakgrunnen for oppdrettsanlegg og relevant teoretisk grunnlag introdusert i kapittel 2. Kapittel 3 beskriver metodene og begrunnelsen for deres bruk. Videre presenteres modeller som gir en oversikt over hvordan oppdrettsanlegg drifter i kapittel 4. Resultatene fra den første runden med semistrukturerte intervjuer og videreutviklingen av dem blir lagt frem i kapitlene 5 og 6. Etterfulgt av kapittel 7 med modellering av et kontrollrom. Resultatene fra den andre runden med semistrukturerte intervjuer og videreutviklingen av dem blir lagt frem i kapitlene 8 og 9. Dette blir videre diskutert i kapittel 10. I oppgavens avsluttende kapittel 11 presenteres konklusjonen, svar på problemstillingen og videre arbeid.

2 Bakgrunn

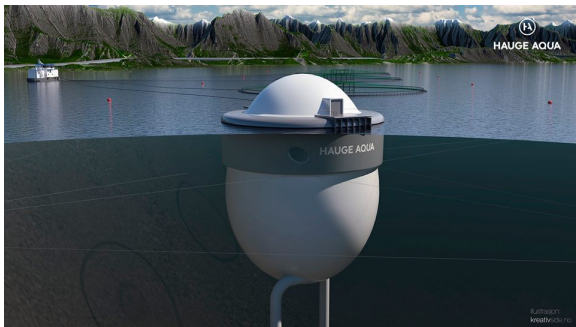
I dette kapittelet presenteres bakgrunnsinformasjon om konsepter og begreper som er brukt under masteroppgaven. Først redegjøres det kort for hva oppdrett er og det blir gitt eksempler på ulike oppdrettsanlegg. Videre introduseres konseptene *Situasjonsforståelse* (SA) og PFF. Før grunntanken rundt menneskets informasjonsprosessering og begrepet *Beslutningsstøttesystem* (BSS) blir lagt frem.



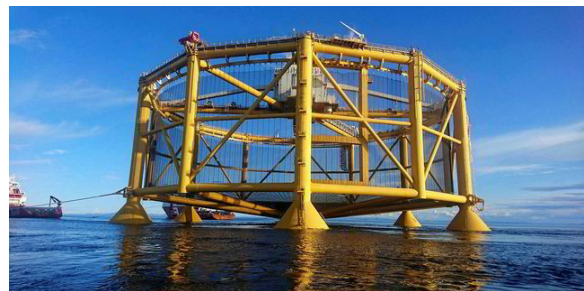
a. Tradisjonelt oppdrettsanlegg på Færøyene hentet fra iLaks [20]



b. Konzeptbildet av det landbaserte anlegget hentet fra TU[19]



c. Konzeptbildet av lukkede anlegget Egget hentet fra Hauge Aqua[5]



d. Det eksponerte anlegget Ocean Farm 1 til Salmar, foto av Håvard Volden[48]

Figur 2.1. En oversikt over ulike type oppdrettsanlegg

2.1 Oppdrett

Oppdrett av fisk begynner med befruktning av rogn og avsluttes når fisken er fullvokst og klar til slakting[3]. Dette innebærer at vi følger fisken gjennom hele livssyklusen der den vil ha ulike behov ved ulike livsstadier. Denne studien tar utgangspunkt i oppdrett av laks, hvor laksen går fra smolt til fullvokst. Dette forgår i en tidsperiode på rundt to år og da oppholder laksen seg i saltvann. Oppholdet er vanligvis i tradisjonelle åpne anlegg i sjøen, som sett på bilde 2.1.a, men mer vanlig blir det med lukkede oppdrettsanlegg på land[42][42]. Et stort satsingsprosjekt er det landbaserte anlegget til *Ecofisk*[33], sett på bilde 2.1.b. I tillegg til dette er det en utvikling for lukkede anlegg i sjø og eksponerte

anlegg i sjø. Eksempler på dette er henholdsvis [Egget](#) av Hauge Aqua og [Ocean Farm 1](#) av Salmar. Bilde som demonstrer de to anleggene er vist i henholdsvis bildene 2.1.c og 2.1.d

2.2 Situasjonsforståelse

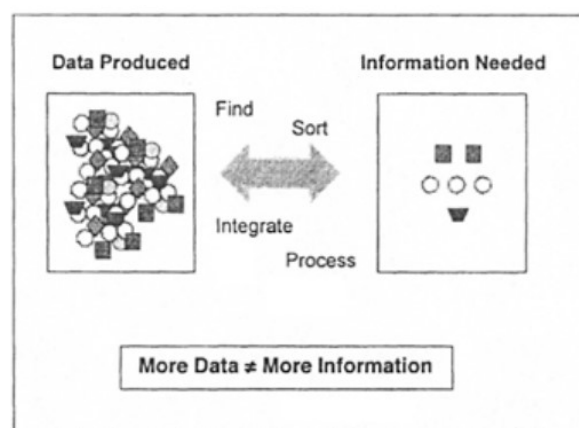
Situasjonsforståelse (SA), oversatt fra det engelske ordet Situation Awareness, har i følge Endsley den generelle definisjonen [28]:

"The perception of the elements in the environment within a volume of time and space, the comprehension of their meaning and the projection of their status in the near future."

En enklere måte å forklare SA på er en oppfattelse av hva som skjer i omgivelsene rundt seg[30]. Bruken av SA settes gjerne i forbindelse med operasjoner for å nå ulike mål og å ta beslutninger ut fra informasjonen fra omgivelsene. En kan si at SA alltid har eksistert blant mennesker. Fra forhistorisk tid måtte et menneske på jakt ha oversikt over bytte sitt, samtidig med egne omgivelser for å ikke selv bli angrepet. Likevel ble begrepet SA først tatt i bruk mot slutten av 1980-tallet, og har siden den gang hatt en sentral og viktig rolle rundt design av automasjon og styringssystemer.

Det var ved utvikling av flyindustrien en la merke til behovet for SA[30]. Utfordringen i flyindustrien lå i mangel på forståelse av hvordan piloten samlet, sorterte og prosesserte informasjon for å ta avgjørelser. Dette har videre blitt tatt med inn i designprosessen for operatører i andre industrier, deriblant i fabrikker og utvikling av biler.

Endsley [30] mener at med en økende bruk av data, vil det være viktig å filtrere bort den informasjonen som er unødvendig.



Figur 2.2. Illustrasjon av informasjonsgapet, som viser hvordan mye data ikke nødvendigvis tilsier mye nyttig informasjon [30]

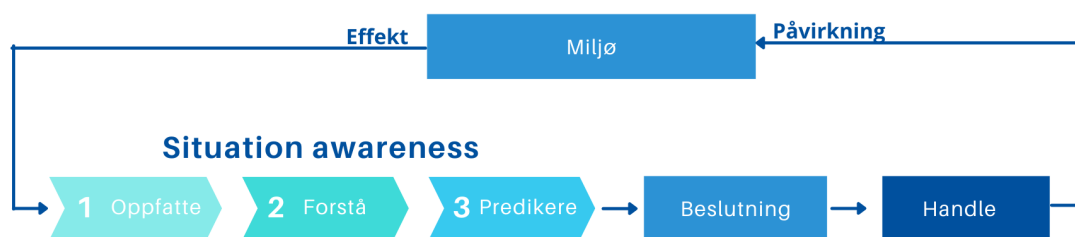
I figuren 2.2, understreker hun nettopp dette, mer data betyr ikke mer informasjon. Å filtrere data for å ekstrahere nyttig informasjon er fortsatt et fokusområde etterhvert som

automatisering har blitt en større del av den teknologiske utvikling av systemer i flere industrier[29]. Til tross for den teknologiske utviklingen og SA som et kjent konsept hender det likevel ulykker knyttet til oppfattelse, forståelse og prediksjon innen industrien. Fra sjøfartsdirektoratets ulykkesbase viser at 68% av omtrent totalt 70% av alle grunnstøtninger mellom 1999-2013 skyldes menneskelig feil[6]. De rapporterte årsakene til feil var blant annet feilnavigering, feilvurdering og uttmattelse. Dette tyder på at SA bør ha en enda mer sentral rolle i utviklingen fremover, ettersom mennesket vil ha en viktigere rolle når det oppstår kritiske situasjoner.

Som definisjonen til Endsley tilsier kan SA deles inn i tre nivåer[28]. Nivåene er presentert slik[30]:

1. **Oppfatte:** En grunnleggende evne til å oppfatte nødvendig informasjon. Uten dette vil det være utfordrende å skape et godt bilde av situasjonen.
2. **Forstå:** Evnen mennesket har til å kombinere, tolke, lagre og beholde informasjon på og utifra det forstå situasjonen og handle på en slik måte at en oppnår det ønskede målet.
3. **Predikere:** Dette er evnen mennesket har til å forutse fremtidige hendelser basert på informasjonen hen besitter, for deretter å kunne ta tidsbestemte avgjørelser.

Når de tre nivåene på plass, vil det være mulig å ta gode beslutninger, som gjør at en handler og påvirker miljøet rundt seg på en god måte. Et eksempel er bilkjøring hvor det handler om å oppfatte miljøet på veien, forstå hva som skjer og å forutsi kjøremønsteret til bilen foran deg og tilpasse egen handling deretter. Dette vil igjen påvirke miljøet og du må gjøre nye observasjoner. Dette skjer kontinuerlig, som i en sløyfe. Prosessen illustrert i figur 2.3.



Figur 2.3. Oversatt og forenklet illustrasjon av hvordan miljø har en effekt på situasjonsforståelsen [38]

2.2.1 Påvirkningsfaktorer

Det er mange faktorer som påvirker menneskets grad av SA[29]. Dette blir omtalt som The Human Autonomous System Oversight (HASO) og er faktorer som påvirker menneskets

evner for forståelse og samhandling med maskiner. De ulike faktorene er beskrevet i de etterfølgende punktene[29]:

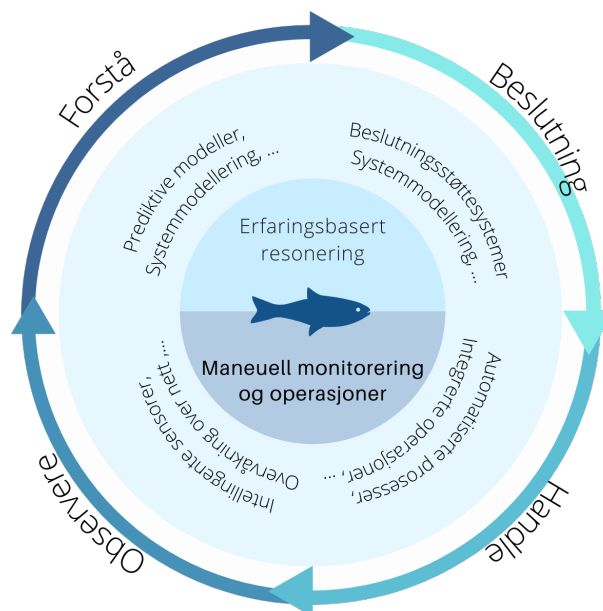
- **Tillit:** Automatiseringen fører til at arbeidet blir gjort så lenge systemet fungerer. Dette øker påliteligheten og robustheten. Det er en avgjørende faktor for at operatøren har tillit til et system. Likevel kan det virke mot sin hensikt hvis operatøren stoler for mye på systemet og derfor flytter oppmerksomheten til noe annet.
- **Oppmerksomhetsallokering:** Hvilken informasjon som får oppmerksomhet til ulike tider påvirker utfallet. I en bil vil en eksempelvis få varsel ved et punktert hjul. Varselet er designet for å trekke oppmerksomhet fra annen informasjon, og få fører til å stoppe og undersøke hjulet.
- **Grensesnitt:** Omhandler måten informasjon og operasjoner er presentert for å lage et helhetlig system. Det innebærer å presentere informasjon på en effektiv måte med signaler som forteller om tilstandene til automatiseringen og systemet. Videre må grensesnittet muliggjøre og informere hvis det er nødvendig med en styringsendring fra automatisert styring til manuell styring. I tillegg til muligheten til det å forstå og ha en forutsigbarhet for fremtidige handlinger.
- **Mentale modeller:** Mentale modeller er en representasjon av verden ut fra menneskets intuitive forståelse av situasjonen rundt seg og hvordan menneskets beslutninger gir konsekvenser. Alle vil ha ulike modeller ut fra sine erfaringer og bakgrunner. I tillegg vil mentale modeller for mer komplekse systemer i større grad avvike fra realiteten.
- **Engasjement):** Ved å la operatøren bruke sine kognitive funksjoner til å interagere med systemet, vil operatøren lettere tilegne seg informasjon som er kritisk og forstå situasjonen.
- **Nivå av automatisering:** I hvilken grad automatisering er tatt i bruk, fra helmanuelt til fullautomatisering. I tillegg til hvor i driften eller produksjonsprosessen automatiseringen tar plass.
- **Adaptiv automasjon:** Muligheten til å bytte mellom manuell og automatisk styring av operasjoner og systemer, etter en angitt tidsperiode kan bidra til økt SA.
- **Detaljnivå:** Ulike operasjoner og systemer trenger ulik grad av detaljer for å gjennomføres. Ved få instruksjoner, kan arbeidsmengden bli redusert.

Tillit til systemet kan ha motvirkende effekt hvis operatøren stoler så mye på systemet at hen ikke er på vakt. Et godt grensesnitt bidrar til at operatøren har oppmerksomheten på de oppgavene som er viktig for å tilegne seg nødvendig informasjon. Mentale modeller viser hvordan operatøren modellerer systemet som den interagerer med. Ved økt nivå automatisering kan det være utfordrende å få operatøren engasjert, ettersom systemene

fungerer uten store reguleringer. Ved kritiske situasjoner vil et adaptiv automasjon bidra til at operatøren enkelt kan gå over til manuell håndtering av situasjonen. Ved høyt detaljnivå kan operatøren risikere å miste fokus og få lavere SA.

2.3 Precision fish farming

Konseptet **Precision Fish Farming (PFF)** er utviklet av Martin Føre [34] og tar i bruk den kybernetiske tenktemåten for drift og produksjon av fisk. PFF deler oppdrettsnæringen inn i fire faser som utgjøre en syklisk prosess for hvordan den oppfatter, bestemmer, handler og observerer basert på tradisjonell og automatisert oppdrettsanlegg, vist i figur 2.4.



Figur 2.4. En syklisk representasjon av Precision fish farming oversatt til norsk, av Andreas Lien[34]

Målet med konseptet som listet under, er i følge Føre å bidra til økt velferd og helse for fisken, samtidig som det bidrar til økt produksjon, utbytte og bærekraft i kommersielt havbruk.

- Forbedre nøyaktighet, presisjon og repetisjon i oppdrett.
- Fasilitere mer autonom og kontinuerlig overvåking, og kontrollering av **Biomasse**.
- Tilby pålitelig støtte for beslutningstaking.
- Redusere avhengigheter mellom manuell arbeidskraft og subjektive vurderinger, og dermed forbedre de ansattes sikkerhet.

Den indre sirkelen henviser til hvordan oppdrettsnæringen foretar sine beslutninger for et tradisjonelt anlegg, hvor forståelsen og beslutningen tas ved erfaringbasert resonering. Handlings- og observasjonsdelen blir gjort ved manuell overvåkning og regulering.

Den ytre sirkelen viser hvordan det er ønskelig at drift og produksjon skal være i fremtiden, med større bruk av teknologi og teknisk utstyr. Dette innebærer å ta i bruk intelligente sensorer og overvåkningssystemer for enklere å kunne observere merdene. Dataene som observeres i merden er inngangsverdiene til fasen hvor operatøren skal forstå/oppfatte situasjonen basert på matematiske og prediktive modeller for situasjonen. Resultatet av dette er verdier som blir inngangsverdiene for bruk i systemer med kunstig intelligens og BSS. Dette skal bidra til at operatøren skal ta veloverveide beslutninger. Dette baserer seg på ny og historisk data, beskrevet i kapittel 2.5. For automatiserte anlegg fører disse beslutningene til igangsetting av automatiserte prosesser og operasjoner. Dette skjer i en kontinuerlig syklus.

2.4 Menneskets informasjonsprosessering

Med dagens teknologiske utvikling blir systemer mer automatiserte og avhenger i mindre grad av inngrep fra mennesker[52]. Til tross for dette må mennesker fortsatt forstå hvordan maskinene fungerer og kunne anvende de ved ulike situasjoner. Det er derfor Rasmussen[52] mener det er nødvendig med en systematisk beskrivelse og inndeling av hvordan mennesket presterer. Dette skal beskrive hvordan mennesket klarer å foreta fysiske handlinger på anlegg gjennom å observere informasjon. Ytterligere skal det kunne gjelde for flere ulike arbeidssituasjoner, fra rutineoppgaver til uforutsette og stressende situasjoner. En typisk inndeling for menneskelig adferd er[52]:

- **Ferdighetsbasert:** Denne adferden skjer automatisk, med liten oppmerksomhet og utøvende kontroll. Sansene brukes til å observere den delen av miljøet du trenger for direkte foreta en handling. Adferden brukes i daglige situasjoner, og mennesket har en evne til å sette sammen flere slike handlinger. Eksempler på dette er å skrive eller sykle, som man gjør på automatikk etter å ha lært det.
- **Regelbasert:** Når et menneske har lagret en regel i hukommelsen fra en tidligere situasjon eller det er blitt fortalt hvordan noe skal utføres, karakteriseres det som regelbasert adferd. Adferden er orientert rundt målet med oppgaven, og bruker foroverkoblingskontroll gjennom en allerede lagret regel for å nå det. Et eksempel er ved å lage en matrett ved å følge en oppskrift direkte fra en kokebok.
- **Kunnskapsbasert:** Denne adferden er også målorientert og brukes for ukjente situasjoner. Det foretas analyse av miljøet og basert på menneskets overordnede mål blir det utarbeidet en plan for gjennomføring. Planen kan bli gjennomført fysisk eller som et konsept for å anslå om målet blir nådd uten feil og mangler, før man velger hvilken plan man tar i bruk.

Til tross for inndelingen i nivåer er det ikke et konkret skille mellom de ulike nivåene for adferd og ytelse. Siden mennesker har ulike evner og bakgrunn, vil utfallet og nivået også være ulikt. For ferdighets- og regelbasert ytelse avhenger resultatene av menneskets tidligere trening på området og dets naturlige evner. Videre kan det for kunnskapsbasert ytelse avhenge av menneskets evne til å skape mentale bilder for å velge fremgangsmåte. For et kontrollrom vil alle nivåene være sentrale.

2.5 Beslutningsstøttesystem

Beslutningsstøttesystem (BSS), bedre kjent som Decision support system, spiller en sentral rolle i et kontrollrom[59]. Systemet skal, ifølge Skourup og Aune[59], hjelpe operatøren ved å bidra med handlingsvalg, estimerer og diagnoser for systemet. Dette vil BSS gjøre gjennom ulike prosessmodeller.

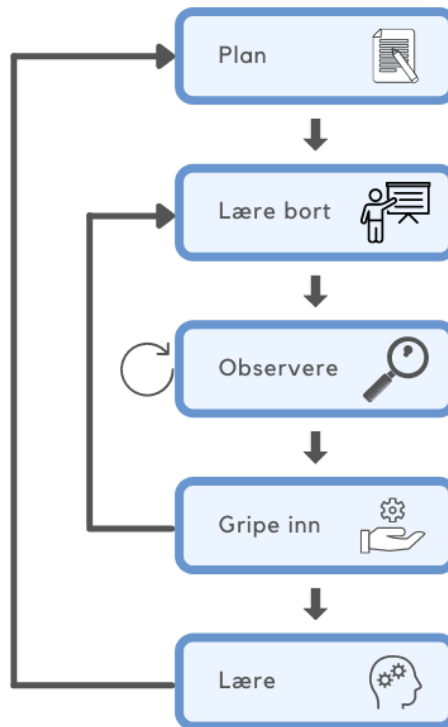
Ny informasjon og data blir generert kontinuerlig, så lagret på ulike plattformer og medier. Av den lagrede datan er det lite som blir sett på gjentatte ganger, slik som i oppdrettsnæringen [55]. Skourup og Aune[59] mener at operatører besitter individuell kunnskap basert på sine daglige erfaringer og øvelse i praksis. Denne erfaringen vil det ikke alltid være mulig å videreføre selv om det kan være til nytte for andre operatører.

Med et BSS er målet å hjelpe operatøren, men uten å fjerne mennesket som arbeider [17]. Videre skal BSS ifølge Aamodt og Nygård[17] bidra med riktig informasjon, forslag og kritikk til operatørens valg, alt utifra behov. I tillegg til å lære av sine egne erfaringer og kontinuerlig tilpasse seg sitt miljø, vil dette systemet kunne bidra til å øke kvaliteten og effektiviteten i operatørens arbeid. Et slikt system kan være enklere å realisere enn et system utelukkende basert på kunstig intelligens, men det avhenger av operatørens forståelse for systemet som tas i bruk.

Det er flere nivåer for BSS, avhengig av i hvor stor grad et system er automatisert og krever inngrep fra operatøren[59]. For BSS oppdrettsanlegg ser vi på et kunnskapsbasert system, hvor systemet basert på tidligere informasjonsdata, bidrar til å identifisere, diagnostisere og løse problemer. Dette gjøres for flere deler av driften, Skourup og Aune[59]trekker frem følgende;

- Monitorering
- Parametere
- Diagnoser
- Hendelser
- Alarmhåndtering
- Analyse av kritiske hendelser

Dette er operasjoner som krever ulik informasjon og handlingsmønstre for å ta riktig beslutning. For monitorering må operatøren inspisere flere prosessvariabler og forholdet mellom dem. I tillegg må operatøren ha et overblikk over situasjonen for å sammenligne den med ønsket mål for kvantitet, effektivitet og kvalitet. For hendelse- og alarmhåndtering er ikke det ønskede målet i fokus, men heller diagnostiseringen av situasjonen for å løse problemet. Operatøren trenger likevel et overordnet oversiktsbilde av situasjonen for å foreta en veloverveid beslutning.



Figur 2.5. Menneske administrator/operatør funksjon og deres relasjoner[57]

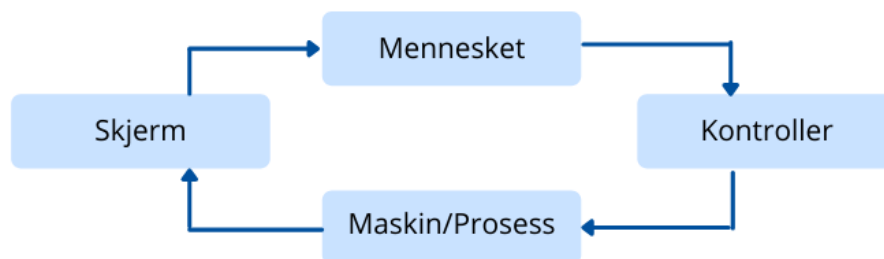
En modell som brukes som utgangspunkt for å designe et BSS er vist i figur 2.5 og laget av Sheridan [57]. Modellen viser en lukket sløyfe for hvordan en operatør overordnet skal planlegge, lære bort, observere, gripe inn, lære, for så igjen planlegge. I modellen finner vi også indre sløyfer. Den innerste sløyfen observerer hvor operatøren foretar mindre endringer som ikke gir et større inngrep på systemet. Den andre indre sløyfen er hvordan en ved å gripe inn lærer bort bakgrunnen for inngrepet, før en deretter observerer resultatet igjen. Modellen viser hvordan det til enhver tid først skal læres og deretter læres bort igjen. Dette kan ses i sammenheng med hvordan Aamodt og Nygård[17] mener at systemer og operatører skal lære av sine feil og kontinuerlig justere seg etter sitt miljø .

2.6 Kontrollrom

Et kontrollrom, også kjent som styringsrom, er ifølge Store norske leksikon, definert som: "Et rom for overvåking og styring av produksjonsprosesser"[54]. Det anses i masteropp-

gaven til å være første trinn i *DT*, nærmere beskrevet i kapittel 3.3. Kontrollrom for denne oppgaven handler om den en pågående digitalisering som omfatter økt bruk av skjermer for å overvåke prosesser og koblingsbilder fra et styringsrom. Ivergard og Hunt[40] mener det har skjedd et paradigmeskifte i utviklingen av hvordan driften av industrier foregår. I tidligere industrialder var det en person som utviklet et produkt fra start til slutt. Gjennom industrialiseringen fikk ansatte i større grad tildelt sin produksjonsoppgave som de skulle fokusere på og utføre. Slike ansvarsområder gjenspeiles i dagens produksjonslinjer hvor selve produktet beveger seg på et samlebånd fra en stasjon til en annen[53]. I nyere tid blir det også i større grad tatt i bruk komplekse maskiner som en eller flere ansatte har ansvar for å drifte[40]. Ivergard og Hunt[40] mener dette er en del av den pågående teknologiske utviklingen og at automasjon vil bli enda mer vanlig i fremtiden. Et eksempel er Henry Ford som startet med produksjon av biler på samlebånd. I dag er dette blitt normalen, ofte med bruk av flere maskiner på en gang[51]. Flere maskiner øker behovet for en overordnet oversikt over samlebåndet, på samme måte som økt bruk av teknologi og automatisering i fiskerieringen øker behovet for å få oversikt over utstyret og systemene som tas i bruk. Denne oversikten er det som legger grunnlaget for kontrollrommet [40].

Kontrollrom finnes i dag i flere industrier, deriblant i energiproduksjon, militærovervåking, skip og luftfart. Fellestrekkene for disse er at kontrollrommene brukes til å fjernstyre enkelte prosesser og at de er bemannet hele døgnet[61]. Det betyr at kontrollrommene til enhver tid skal gi en oversikt over virksomheten, prosessene og systemene det styrer[40]. Oversikten fås gjennom utstyret som er installert, slik som kamera, sensorer og kommunikasjonsverktøy. Sammenlagt bidrar dette til at den som styrer kontrollrommet kan ta beslutninger basert på mer informasjon. Det er utformet en internasjonal standard, ISO 11064, Parts 1 to 7, 2000 to 2013, som tar for seg menneskelige faktorer ved utformingen av et kontrollrom[27]. På tross av denne standarden vil oppsettet for et kontrollrom variere basert på industri og behov.



Figur 2.6. Forenklet modell av operatørs rolle i et kontrollsystem[40]

Mennesket og deres faktorer spiller en viktig rolle i hvordan et kontrollrom bør utformes[61]. Gjennom modellen 2.6 av Ivergard og Hunt[40], ser vi hvordan mennesket observerer skjermen og tar beslutninger og handler basert på gitt informasjon. Dette fører til en prosess, som blir vist på skjermene hvor mennesket på nytt kan observere. Slik fortsetter prosessen i en kontinuerlig sløyfe. Modellen til Ivergard og Hunt[40] er svært forenklet og inkluderer ikke grunnfaktorene som påvirker selve mennesket under operasjonene. Modellen kan likevel ses på som grunnlaget for et kontrollrom. Det kan

brukes til å danne mer komplekse systemer som tar hensyn til operatørens evne til å prosessere informasjon, personens kognitive evner, bakgrunnskunnskap, med mer[61]. I tillegg kan eksterne faktorer som temperatur, luftkvalitet og utforming i rommet og hvordan dette påvirker operatøren, inkluderes. Av den grunn bør et kontrollrom utformes med tanke på operatøren som skal bruke det, for å oppnå et resultat som gir en mer effektiv og smidig drift.

Ivergard og Hunt[40] fremhever den økonomiske gevinsten som den største grunnen til å ta i bruk et kontrollrom. For et selskap kan et kontrollrom bidra til en effektivisering av driften, som igjen kan føre til økt økonomiske utbytte, blant annet på grunn av behovet for mindre personell for samme produksjonsmengde. Videre kan det føre til økt sikkerhet for personalet, ettersom risikofylte arbeidsoppgaver kan fjernstyres[62]. Eksempelvis vil det å inspisere nøtene ved hjelp av en ROV fra et kontrollrom være mindre risikofyllt enn å inspisere det manuelt.

Det finnes imidlertid enkelte utfordringer ved å ta i bruk et kontrollrom. Ivergard og Hunt[40] påpeker at det kan skape en større avstand til arbeidet for operatørene. Avstanden kan potensielt medføre at arbeiderne har mindre eierskap til produktet enn tidligere, der de fulgte produktet fra start til slutt. En konsekvens av dette er at produktet ikke vil ha den samme kvaliteten, ettersom prosessen ikke finjusteres basert på at en enkel råvare har forskjellig form eller tilsvarende.

Videre kan det være utfordrende for operatøren å bli kjent med et nytt system og oppsett[61]. Samtidig som antall ansatte for oppgaversom kan automatiseres blir redusert, får hver operatør en større arbeidsmengde og et større ansvar. Kontrollrom kan også føre til at ansatte ikke har samme kompetanse som tidligere rundt det som produseres, men heller får ny kompetanse som monitorering og maskinstyring.

2.6.1 Kontrollrom på oppdrettsanlegg

Fra forarbeidet kom det frem at en fôringssentral var etablert hos en rekke av intervjuobjektene[55], dette kan ses på som en tilnærming til et kontrollrom i oppdrettsnæringen. Mowi sin operasjonssentral er vist på bilde 2.7 som et eksempel. Fôringssentralene har en rekke funksjoner og gir en oversikt over flere parametere som er knyttet til oppgaven å fôre og generell observasjon. En utfordring som ble belyst var hvordan de ulike systemene ikke fungerte sammen, og av den grunn var avhengig av tilhørende utstyr til hver enkelt oppgave. De hadde blant annet et eget eksternt system for å se på lusetellingen og biomassestørrelse, noe som i teorien er mulig å integrere[55]. Tiltross for muligheten til å integrere blir ikke dette nødvendigvis gjort, ettersom det ikke eksisterer en overordnet utvikling for oppsettet. Det blir kun lagt til flere tilleggssystemer utenfor den allerede etablerte fôringssentralen.

Det er flere oppgaver rundt driften av et oppdrettsanlegg, og et kontrollrom skal kunne gi en oversikt over hele virksomheten og dens prosesser, som beskrevet i kapittel 2.6. Av den grunn vil en utvidelse av den allerede kjente fôringssentralen kunne være en naturlig



Figur 2.7. Mowi sin operasjonsentral ved åpningen i 2019. Foto: Svein Lundestad, Herøyfjerdin-
gen

retning for å danne et kontrollrom for oppdrettsnæringen. Det er likevel viktig å ha i bakhodet at alt arbeidet i form av styring av teknisk utstyr faller over på fører, slik som fremhevet under forarbeidet[55].

Å skape et kontrollrom som skal dekke tekniske behov, i tillegg til operatørens fremkom av forarbeidet[55] å kunne by på en utfordring, også i oppdrettsnæringen. På lik linje med en som setter opp utstyret på arbeidspulten sin, har to operatører ulike preferanser på hvordan de ønsker å observere og styre prosesser. Likefullt må det være en viss likhet og struktur i oppsettet, for at en operatør skal kunne gå fra et kontrollrom til et annet uten å måtte få ny opplæring.

Med den økende bruken av teknisk utstyr og systemer i oppdrettsnæringen, er det essensielt å kartlegge hva slags informasjon og data som er nødvendig. Det handler blant annet om hva som er av nytteverdi for operatøren, driften og hvor sentral de ulike delene skal være i kontrollrommets oppsett. I tillegg er det hensiktsmessig med et fokus på data og BSS hva som kan være av større relevans i fremtiden, ettersom ønsket i denne oppgaven er å skape et kontrollrom for fremtiden. Data for de ulike arbeidsområdene er presentert i kapittel 4.4.

3 Metode

Dette kapitlet beskriver hvilken metode og fremgangsmåte som har blitt benyttet for å besvare problemstillingen. Argumenter og begrunnelser for hvorfor disse metodene er tatt i bruk, samt hva som gjør de egnet vil bli beskrevet.

Prosjektet bygger på litteratur funnet i forbindelse med forarbeidet og litteratur funnet underveis i prosessen. Grunnet den begrensede tiden er det brukt mindre ressurser på å finne nye kilder knyttet til metodene litteratursøk og samfunnsvitenskapelig forskning for kvalitativ datainnsamling. Dette kommer av at metodene som er tatt i bruk, ikke har endret seg siden arbeidet med prosjektoppgaven[55]. Ytterligere ga metodene som ble bruk som fremgangsmåten under prosjektoppgavene tilstrekkelig med informasjon for å besvare problemstillingen. I delkapitlene dette gjelder, vil det bli informert om.

Videre var det et formål å lage et design for et kontrollrom. Her var det hensiktsmessig å ta i bruk metoder for designtenkning og menneskesentrert design.

3.1 Litteratursøk

For en masteroppgave kan litteratursøk sammen med resultatene for prosjektoppgaven defineres som det teoretiske grunnlaget. Siden masteroppgaven er en videreføring av prosjektoppgaven, vil det være naturlig å gjenbruke deler av litteraturen, i tillegg til å knytte resultatene fra prosjektoppgaven opp mot eksisterende litteratur fra forskere og fagfolk. Informasjon rundt masteroppgavens problemstilling ble samlet inn gjennom tre faser på tilsvarende måte som for prosjektoppgaven[55].

3.1.1 Definisjon av problemet

I forarbeidet til masteroppgaven så jeg på problemområdet rundt design av dagens kontrollrom [55]. Dette problemområdet ble belyst gjennom et samarbeid mellom Kongsberg Maritim og Salmar Ocean i forbindelse med utviklingen av [Ocean Farm 1](#). Konklusjonen fra prosjektoppgaven tydeliggjorde et behov for en standardisering av kontrollrom basert på de kartlagte arbeidsoppgavene. Dette innebar å finne tilhørende data som kreves for hver observasjon og hver gjennomførte oppgave. Det ble tydelig gjennom [Intervjuobjekt \(IO\)](#)ene at det ikke var ønskelig å fjerne operatøren, men heller designe et oppsett som bistår operatøren i å ta egne avgjørelser. På bakgrunn av dette kom jeg frem til at det var hensiktsmessig å se nærmere på datainnholdet, brukerstøtten og designet for de ulike arbeidsoppgavene som ble kartlagt. For å danne en god modell for fremtidens kontrollrom er det fortsatt viktig å ha fisken i sentrum, men også inkludere mennesket i sløyfen.

Tema	Søkeord:
Oppdrett	<i>Oppdrett (Fish farming)</i> Fiskevelferd (fish welfare) Laks (Salmon) Havbruk (aquaculture)
Kontrollrom	<i>Kontrollrom (Control room)</i> Skipsbro (Ship bridge) Control system Styringssystem
Design	<i>Design tenking (Design thinking)</i> Human interface Situasjonsforståelse (Situation awareness) Menneske-maskin interaksjon (Human-Machine Interface)

Tabell 3.1: Oversikt over de mest brukte søkeordene

3.1.2 Bakgrunnssjekk

Etter at problemet var definert, ble det gjennomført litteratursøk. Litteratur ble funnet gjennom søkemotorene [Google Scholar](#), som samler faglitteratur fra flere forskningsportaler. Søket ble begrenset til årsintervall 1980 – 2021, med fokus på nyere artikler. Resultatene ble undersøkt og satt sammen med andre forskningsartikler. I tillegg ble det tatt i bruk dagsaktuelle nettsider på tilsvarende måte som i forarbeidet[55]. Et eksempel på dette er siden [IntraFish](#), hvor fagpersoner og forskere innenfor feltet har delt sine resultater og erfaringer. Hyppige søkeord som ble brukt kan ses i tabell 3.1. Det ble brukt både norske og engelske begreper for å få flere resultater.

3.1.3 Analyse

Analysen ble gjennomført på tilsvarende måte som i forarbeidet[55]: Bakgrunnssjekken bestod av å lese sammendragene for å vurdere forskningsartikkelens relevans. I de relevante tilfellene ble det foretatt et nærmere dypdykk og det ble gjort en vurdering på om stoffet kunne knyttes direkte eller indirekte opp mot tema. Under utvelgelsen ble det også vurdert om det var henvisninger til litteraturen og om den hadde kilder som kunne være nyttige å se nærmere på. Ettersom problemstillingen omfatter et skifte i oppdrettsnæringen var flere resultater foreldet. Prosessen kan fremstilles slik som vist i figur 3.1.



Figur 3.1. Analysemetode for litteratur

3.2 Semistrukturerte intervjuer

Semistrukturerte intervjuer er valgt som metode for å tilegne seg utfyllende informasjon om oppdrettsnæringen. Kunnskapen som ble hentet ut fra subjektiv, basert på intervjuobjektens egen erfaringer. Hvert intervjuobjekt ble intervjuet to ganger. Foruten om dette ble de semistrukturerte intervjuene gjennomført på tilsvarende måte som under prosjektoppgaven[55]: Semistrukturerte intervjuer er ofte brukt som metode for å hente informasjon knyttet til en hypotese og samtidig samle inn relevant informasjon rundt et tema[41]. I forkant av intervjuene settes det opp en rekke spørsmål som er relevant for problemstillingen, med mulighet for å stille oppfølgingsspørsmål basert på svarene fra intervjuobjektene. Alle intervjuobjektene skal inngå de samme overordnede temaene, på denne måten blir intervjuene sammenlignbare, ifølge Johannessen, Tufte og Christoffersen[41]. Det anbefales å ta notater underveis og det anses fordelaktig å transkribere intervjuene for videre bruk.

Intervjuspørsmålene ble utformet og testet på medstudenter i forkant. De ble i tillegg sendt til veileder for tilbakemelding. Basert på tilbakemeldingen og testene ble de justert for å få frem budskapet tydeligere. Siden intervjuobjektene kom fra ulike anlegg, ble deres bakgrunn en del av intervjuet. Etter hvert intervju ble innholdet transkribert og deretter ble de delt med intervjuobjektene for gjennomgang hvor de kunne komme med egne tilbakemeldinger. Prosessen er representert i figur 3.2.



Figur 3.2. Analysemetode for intervjuer

3.2.1 Utvalg og rekruttering til intervju

I forbindelse med denne masteroppgaven ble det totalt avholdt tolv intervjuer, seks under første og seks under andre intervjurunde. Det var de samme seks intervjuobjektene som ble intervjuet i hver runde. Intervjuobjektene presenteres med et tall i resultatene for å anonymisere vedkommende. Normalt antall intervjuobjekter er varierende, men det må

være nok til å belyse flere sider av problemet[41]. I arbeidet med denne oppgaven ble det valgt å ikke intervju flere intervjuobjekter, fordi det ikke dukket opp ny relevant informasjon og dermed var det ikke nødvendig å foreta flere. Dette underbygges av Johannessen, Christoffersen og Tufte i deres beskrivelse av samfunnsvitenskapelig metode [41].

I utvelgelsen av intervjuobjekter ble det vektlagt to vesentlige kriterier: tilknytning til et oppdrettsanlegg og direkte tilknytning til kontrollrom. Basert på gode erfaringer fra tidligere, ble enkelte av intervjuobjektene fra prosjektoppgaven kontaktet på nytt, i tillegg til personer anbefalt av veileder. Videre ble det sendt ut e-post til personer og selskaper som ble anbefalt under arbeidet med prosjektoppgaven. Basert på responsen og tilbakemeldingene for hva de potensielle intervjuobjektene kunne bidra med, ble det valgt ut seks personer. To av de seks intervjuobjektene ble intervjuet i forbindelse med prosjektoppgaven. Utvalget representerer personer med ulik bakgrunn, erfaring og roller, og bidrar derfor til å belyse flere aspekter ved problemstillingen.

3.2.2 Fallgruver ved intervjuer

Fallgruvene ved semistrukturerte intervjuer er de tilsvarende som for forarbeidet[55]: Det er flere elementer en bør være klar over når man skal foreta intervjuer for et best mulig resultat. Det første er hvor intervjuet blir gjennomført. Omgivelsene kan være med på å påvirke hvor trygg intervjuobjektet føler seg. I kjente omgivelser kan det være enklere å åpne seg, ifølge Tjora[63]. Det må også tas hensyn til forstyrrelser, slik som kollegaer eller telefoner. I dette tilfellet ble alle intervjuene gjennomført over videosamtale grunnet Covid-19 og gjeldende restriksjoner. Videointervju satte begrensninger for muligheten til å inspisere området og systemene de tok i bruk. At alle intervjuene ble gjennomført over videointervju styrker sammenligningsgrunnlaget.

Et annet aspekt ved gjennomføring av intervjuer er en vurdering av lengden på intervjuet. Dersom det tar for lang tid kan det føre til at færre ønsker å delta[63]. Samtidig mener Tjora at det er viktig at intervjuene ikke er for korte, dette for å sikre at intervjuobjektet får varmet opp. Første intervjurunde utført i forbindelse med denne oppgaven varte derfor i underkant av en time, avhengig av intervjuobjektene og deres ønske om å dele informasjon.

Erfaringen og bakgrunnen til intervjueren må også tas i betraktning[50]. En erfaren intervjuer kjennetegnes ved å være dyktig til å stille åpne spørsmål, klare å fange opp hva som bør ses nærmere på for å få utfyllende svar, uten å forme intervjuobjektets mening. Dette krever trening og læres i hovedsak ved mengdetrening. I dette tilfellet hadde jeg kun avholdt tilsvarende intervjuer under prosjektoppgaven. For å styrke egen trening ble det foretatt forberedelser i form av testintervjuer og lesing av metodelitteratur.

Hvordan informasjonen fra intervjuene blir lagret er et fjerde moment. Intervjueren kan velge å ta notater underveis eller ta et opptak. Hvis man velger å foreta notater underveis, må man være klar over at dette kan føre til forstyrrelser og avbrudd[63]. Flere velger derfor

å kun notere ned et par punkter underveis og heller transkribere et lyd eller videoopptak i ettertid. Det er viktig å informere deltakerne at det blir foretatt et opptak og hva det skal brukes til[63]. Intervjuobjektet har rett til å si nei til opptaket og videre bruk. Da bør man, ifølge Tjora vurdere å bruke en annen informant. Tjora mener opptak og transkripsjoner er vesentlig for å gjøre en fullverdig analyse.

3.2.3 Oppsett av intervju

Introduksjonen ved første intervjurunde startet på tilsvarende måte som ved prosjektoppgaven[55]. Først med en introduksjon fra intervjuer, sammen med introdukerende spørsmål hvor hvert IO fikk fortelle litt om seg selv og deres erfaring fra hav- og oppdrettsnæringen. Videre ble det introdusert en tabell, med oversikt over det jeg har kalt moduser, beskrevet i kapittel 4.4. For hver modus og tilhørende informasjon ble det stilt en rekke spørsmål, med tilpassede oppfølgingsspørsmål. Avslutningsvis ble det åpnet opp for å legge til tilleggsopplysninger eller dele annen informasjon som intervjuobjektet mente kunne være av relevans til oppgaven.

Andre intervjurunde begynte med å oppklare eventuelle spørsmål, før det gikk videre til å kommentere oppsettet for kontrollrommet og de ulike inndelingene i moduser. Dette oppsettet hadde IOene fått tilsendt i forkant, slik at det skulle bli enklere for dem å komme med konkrete tilbakemeldinger. For hver modus og tilhørende oppsett ble det stilt en rekke spørsmål med tilpassede oppfølgingsspørsmål. Avslutningsvis ble det igjen åpnet opp for å legge til tilleggsopplysninger eller dele annen informasjon som IO mente kunne være av relevans til oppgaven.

Intervjuguiden for de to intervjurundene finnes i vedlegg A.1 og A.2.

3.3 Designtenkning og menneskesentrert design

Begrepet **Designtenkning (DT)**, kjent som Design thinking, kan ifølge Tim Brown, adm.dir av IDEO[24], forklares slik;

“Design thinking is a human-centered approach to innovation that draws from the designer’s toolkit to integrate the needs of people, the possibilities of technology, and the requirements for business success.”

Tankegangen stammer ifølge Brown fra Thomas Edison sitt arbeid med å kombinere kunst, håndverk, vitenskap, forretningskunnskap, samt en forståelse for kunden og markedet[25]. Metoden er valgt for å utarbeide en prototype av et kontrollrom og gir mulighet til å flere runder med tilbakemeldinger. Brown[25] forklarer designtenkning som en disiplin som bruker designerens følsomhet for å finne frem til folkets behov med det som er teknologisk gjennomførbart og samtidig kan gi verdi til kunden. Det vil si at en i større grad fokuserer på å skape produkter som møter et behov hos kunden, i motsetning til å utvikle noe en

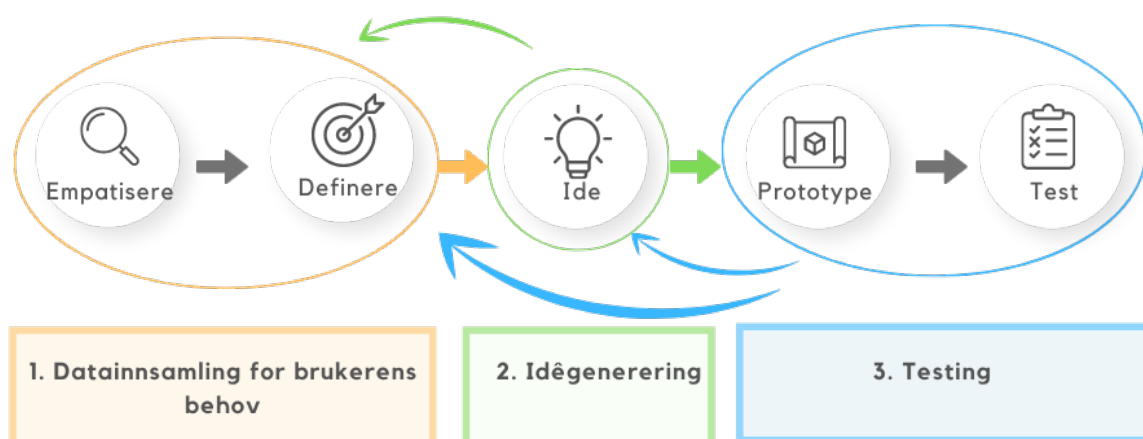
tror kunden har behov for. Modellene for ble laget gjennom [Canva](#) som er en plattform for å utforme grafisk materiale.

Ved å plassere kundens behov i sentrum, gjennom bruken av DT får vi det Brown mener er menneskesentrert design[2]. Menneskesentrert design, bedre kjent som menneskesentrert design, er en kreativ fremgangsmetode for å løse et problem hvor en får en dyp forståelse for brukeren og deres behov. Det vil si at kunden blir en aktiv del gjennom hele utviklingsfasen, gjennom muligheten til å teste og gi tilbakemeldinger. Av den grunn mener Brown at DT er en menneskesentrert design tilnærming for å skape noe nytt/innovasjon.

En generell definisjon for metoden er fortsatt manglende[45]. Dette bunner i at det ikke finnes en fasit på hvordan gode ideer kommer til. Likevel fremkommer det ifølge Liedtka en til dels enighet om prosessen, hvor det deles inn i tre hovedsteg:

1. Datainnsamling for brukerens behov: Empatiser og definer
2. Idégenerering: Idé og skape
3. Testing: Prototype og test

Disse stegene dannes i en iterativ prosess[45]. Underveis i prosessen blir det utviklet og tatt i bruk flere prototyper fra ulike genererte ideer. Disse blir testet av ulike brukergrupper, og basert på deres innspill og tilbakemeldinger skapes en videreutvikling av ideen. Det kan hende i flere runder, som gir en iterativ prosess, før det til slutt ender i et ferdig produkt. En illustrasjon av prosessene kan ses i figur 3.3.



Figur 3.3. Illustrasjon av den iterative prosessen ved design thinking

Under utviklingen av fremtidens kontrollrom kan det å ta i bruk DT være relevant. Det vil på et tidlig stadium kunne avdekke behovet til operatøren som skal ta i bruk kontrollrommet. På den måten vil en i tillegg til å dekke behovet, kunne finne mangler og problemer. Disse tilbakemeldingene ved ideene og prototypene vil så føre til at en går tilbake og gjør

forbedringer, i en iterativ prosess, for å få et best mulig resultat. I sammenheng med denne oppgaven har en til nå avdekket enkelte behov gjennom forarbeidet[55], som kan ses på som trinn hvor det dannes en forståelse for brukerens behov. Videre vil det i denne masteroppgaven gås gjennom de tre trinnene for å samle mer informasjon, skape en idé og modelleres en prototype som brukes til å få ytterligere tilbakemeldinger under intervjuer. På den måten blir prosessen designtenkning aktivt tatt i bruk.

3.3.1 utfordringer ved designtenkning

Det kan være flere utfordringer ved implementasjon av metoden DT i utviklingen av en løsning eller er et produkt[26]. En av dem er hvordan DT-prosessen går på tvers av et selskaps allerede veletablerte prosesser for utvikling. Spesielt ettersom det krever mye ressurser å ha en itererende prosess, slik det kommer frem i undersøkelsene til Carlgren [26]. Videre var gapet mellom konseptet og den faktiske utviklingen for stort, samt at tidspresset i mange tilfeller fjerner muligheten for å teste og feile.

En annen utfordring som trekkes frem er hvordan en løsning fra en avdeling brer seg ut over flere avdelinger og fagområder[26]. Til sammenligning med oppdrettsnæringen vil en digital løsning for å bestille fôr, avhenge av det fôrør og fôrleverandør trenger. Dette gjør implementeringen mer utfordrenede, ettersom det avhenger av flere ledd og faller utenfor kjente fagfelt.

Kommunikasjon mellom de ulike deltakerne i DT-prosessen er et viktig element[26]. I enkelte tilfeller tas konsulenter inn for å drive utviklingen eller lage prototypen. En utfordring ved dette er at konsulentene mangler en dypere forståelse av selskapets prosesser, behov og problemet som skal løses. Samtidig kan være utfordrende å forså hva som blir formidlet mellom partene, da de har ulike måter å kommunisere innhold på.

Videre kan det være utfordrende å finne personer som er kvalifisert til å være med på prosessen[26]. En god prosess avhenger av personer med kompetanse innenfor fagfeltet som er åpne for nye tanker og ideer. I tillegg skal personen ha evne til å analysere store mengder informasjon, samt visualisere informasjonen til et system som andre kan forstå.

3.4 Kvalitet ved valgt metode

Kvaliteten av valgt metode tilsvare prosjektoppgaven [55], med unntak av siste avsnitt i delkapittel 3.4.1 som beskriver reliabilitet ved bruk av DT.

3.4.1 Reliabilitet

Reliabilitet handler om hvorvidt en studie er pålitelig. Et nytt avsnitt om påliteligheten til metoden DT er lagt til utover prosjektoppgaven. Det resterende henger sammen med

semistrukturerte intervjuer og er informasjon hentet fra forarbeidet[55]: I følge Johannessen, Tufte og Christofferssen handler reliabiliteten om å knytte seg til nøyaktigheten av dataene, hvilke type data som brukes, hvordan dataen samles inn og hvordan dataen analyseres og bearbeides[41]. Det vil si evnen til å produsere tilsvarende data ved å etterprøve resultatene. I tilfeller hvor intervjuer danner grunnlaget for dataen vil det ikke være mulig å oppnå helt like resultater ved etterprøving fordi både intervjuer og intervjuobjekter påvirkes av eksterne miljøfaktorer som er vanskelig å styre. I tilfellet med semistrukturerte intervjuer vil det også forekomme "avsporinger" for å komme mer i dybden og forskeren selv spiller en rolle og blir en del av dataen. Reliabiliteten til kvalitativ metode måles derfor annerledes enn ved kvantitativ metode. I kvalitativ metode måles blant annet reliabiliteten gjennom åpenhet rundt fremgangsmåte og detaljerte beskrivelser av kontekst.

I denne studien er det derfor lagt vekt på åpenhet rundt metoden og refleksjon rundt egen rolle. For å styrke reliabiliteten ytterligere ble alle intervjuene tatt opp med tilfredsstillende utstyr. Opptakene inneholdt både video og klar lyd, slik at de enkelt kunne transkriberes. Transkribering øker også reliabiliteten, da stoler man ikke kun på hukommelsen til forskeren. En vil ikke oppnå etterprøving med intervjuer, men målet er å komme nær intervjuobjektet for å få økt forståelsen. Over lengre tid vil intervjuobjektene få nye synspunkter. Dette fordi bransjen er i stadig endring og etterhvert som nytt teknisk utstyr testes. I tillegg til dette vil svaret kunne være annerledes på grunn av humor, menneskelige faktorer og erfaringen til den som avholder intervjuene.

Videre finnes det svakheter ved å ta i bruk metoden for DT for å utvikle ulike tabeller og oppsett. Designet vil påvirkes av tilbakemeldingen fra intervjuene og formes basert på forskerens tanker og erfaringer. For å belyse denne svakheten begrunnes avgjørelsene som blir tatt angående videreutvikling i kapitlene 6 og 9.

3.4.2 Validitet

Validiteten er tilsvarende som i prosjektoppgaven[55]: Basert på undersøkelsen som er gjort vurderer en hvor stor validitet prosjektet har. Et viktig spørsmål, ifølge Johannessen, Tufte og Christoffersen, er hvor godt eller relevant data representerer fenomenet[41]. Det vil si i hvor stor grad resultatene kan trekke gyldige konklusjoner. Validitet kan deles inn i formene intern og ekstern validitet.

Intern validitet handler om hvorvidt vi "måler det vi tror vi måler" av Johannessen, Tufte og Christoffersen[41]. Videre forklares det at kvalitative studier ikke er valide ettersom de ikke kan måles. Likevel kan man for kvalitative undersøkelser angi grad av validitet basert på hvilken grad forskerens fremgangsmåte og funn reflekterer formålet med studiet og representasjon av virkeligheten[41].

Ekstern validitet handler om overførbarhet, hvorvidt forskningen kan overføres til lignende fenomener[41]. Hva gjelder denne studien kan resultatene fra undersøkelser om oppdrett av laks brukes for å drive oppdrett av andre fiskearter. Videre foreligger det fra Johan-

nessen, Tufte og Christoffersen[41] at opplysningene som fremkommer i en undersøkelse må systematiseres, for så å danne et forenklet bilde som kan gi nyttig informasjon eller belyse deler av et lignende fenomen.

3.4.3 Kvalitativ analyse av intervjuene

Kvalitativ analyse av intervjuer er tilsvarende som i forarbeidet[55]: Etter hvert intervju ble det transkribert gjennom Nvivo for å ivareta alle deltakernes uttalelser på nøyaktig vis. Dette førte også til at det var mulig å enklere kunne analysere intervjuene for videre arbeidsprosess. For analysen ble det brukt en tematisk analytisk metode. Det gir ifølge Boyatzis[23] mulighet for observatøren og intervjueren å bruke et bredt utvalg av typer informasjon på en systematisk måte. Dette er med på å øke funnernes nøyaktighet og forståelse i observasjoner om hendelser, mennesker og organisering. En måte å gjennomføre en slik analyse er ved koding, hvor man koder ved å følge en liste over temaer og indikatorer, enten generert basert på samlet informasjon eller teori og tidligere forskning[23]. Det blir påpekt at en slik prosess kan utelukke verdifull informasjon, samtidig som det å inkludere alt kan være utenfor studiets hensikt. I forbindelse med denne masteroppgaven har fokuset vært på informasjon som har en direkte kobling til teamet og forskningsspørsmålene. Tematisk analytisk metode ble implementert gjennom Maltrud[46] sin **Systematisk tekst sammenslåing (Systematic Text Condensation)**. Denne metoden gir muligheten for at andre skal kunne følge samme prosedyre og forstå resultatene og konklusjonen som kommer frem, noe som er med på å styrke oppgavens reliabilitet. Prosedyren har i alt fire steg, som beskrevet under.

1. **Totalinntrykk - fra kaos til temaer:** Først skimles hele transkripsjonen og det ses etter innledende temaer. Det bestemmes en kode for analyse av oppgaven og svar som direkte besvarer problemstillingen eller forskningsspørsmål blir markert.
2. **Identifisering og sortering av meningsenheter - fra temaer til koder:** I det andre steget leser vi linje for linje for å identifisere ulike meninger og argumenter rundt et tema. En mening trenger ikke å være en hel setning, men kan være deler av eller flere setninger. Derfor bør en velg å markere for mye av en setning, kontra for lite.
3. **Sammenslå - fra kode til mening:** I dette steget ble transkripsjonene for hvert intervjuobjekt kortet ned til en side. Dette bidro til å tydeliggjøre viktige punkter og meninger for hver enkelt. Deretter ble innholdet slått sammen til et skjema.
4. **Syntese - fra sammenslått til beskrivelser og konsepter:** I det siste steget, ble temaene videreutviklet og innspill fra deltakerne ble brukt til å beskrive de ulike kategoriene og konseptene. Funnene ble så satt sammen med litteraturen i drøftingsdelen i kapittel 10.

4 Modellering av kontrollsystem for oppdrett

I dette kapitlet presenteres modeller som er utviklet gjennom litteratursøk og resultater som ble fremmet i prosjektoppgaven[55]. I sammenheng med metoden for DT, beskrevet i kapittel 3.3, kan disse modellene ses på som en del av trinn to. Her blir en idé rundt innholdet og sammenhengen for et kontrollrom skapt. Modellene skal sammen gi en oversikt over hvordan oppdrettsnæringen driftes og hvilke tilhørende data som trengs for i fremtiden gjøre dette på en mer effektiv måte.

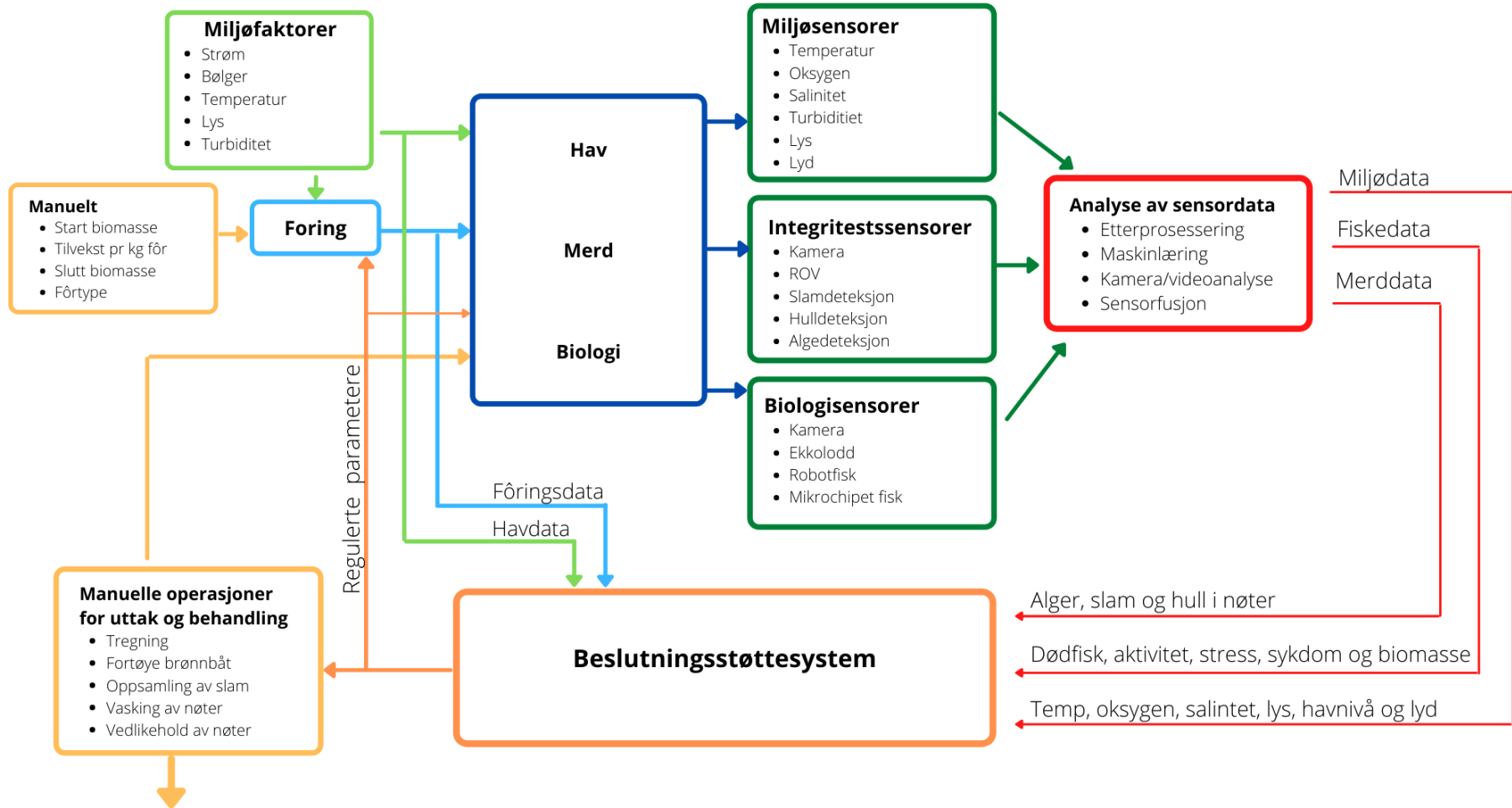
Det er utarbeidet fire modeller;

- Tilbakekoblet sløyfe
- Det teknologiske aspekt - precision fish farming
- Det menneskelige aspektet
- Modell for arbeidsoppgaver og utstyr i kontrollrommet

For de fire modellene som er beskrevet, er det forsøkt å bruke lik overordnet struktur for å kategorisere de ulike oppgavene og tilhørende data. Strukturen er ikke endelig, men heller et forsøk på å skape et helhetlig bilde for hvordan parametere og oppgaver henger sammen.

4.1 Modell for tilbakekoblet sløyfe

For å danne en oversikt over hvordan elementer i et oppdrettsanlegg henger sammen, er det gjort et forsøk på å skape og modellere en tilbakekoblet sløyfe av systemet. Modellen er utarbeidet fra den opprinnelige modellen laget av Hukkelås i forbindelse med hans fordrag under konferansen "Hvordan være sprek 100 år?"[39]. Den tilbakekoblede sløyfen tar for seg hvordan ulike parametere blir registrert av sensorer, før de analyseres og sendes til et tenkt BSS. Det er flere faktorer som spiller inn på hvordan fiskevelferden er under oppveksten, som er koblet inn i systemet. Eksempler er interne faktorer for hvordan man velger å fôre fisken, samt miljøfaktorer som temperatur og turbiditet som kan forårsakes av eksterne faktorer. De ulike delene av systemet er beskrevet nærmere i de følgende delkapitlene. Dette er ikke en fasit på et system, men en forsøkt tilnærming med de vanligste faktorene.



Figur 4.1. Reguleringsystem for et overvåknings og brukerstøttesystem for oppdrettsanlegg

4.1.1 Manuelle faktorer og reguleringer - gult

Tillatt produksjonsmengde avhenger blant annet av størrelsen på lokaliteten og merden [7]. Loven tilsier at fisketettheten i en merd ikke skal overstige $25\text{kg}/\text{m}^3$, med forbehold om at fiskeridirektoratet kan tillate unntak. Indirekte vil dette si at mengden biomasse tillat i en merd avhenger av hvor stor produksjonstillatelse oppdretteren får. Slike tillatelser varer fra 5 til 15 år, avhengig av type[8]. Den tillate produksjonsmengden deles opp i merder, hvor mengden settes inn manuelt ved oppstarten av en produksjonssyklus. I tillegg til dette bestemmes det hvor stor ønsket tilvekst av per gram fôr det skal være under produksjonssyklusen. Et ideelt nivå vil være at 1kg fôr gir 1kg . Normalen er at $1,1\text{kg}$ fôr gir 1kg fisk[4]. Denne informasjonen legges inn manuelt ettersom biomassene som settes ut kan ha forskjellig størrelse. På den måten bedres sannsynligheten for å nå sluttmålet, der fisken har en tilfredstillende størrelse til å slaktes. Type fôr varierer fra selskap til selskap, og bestemmes ofte av administrasjonen i forkant og kan påvirke utfallet [55]. Dette er derfor viderekoblet som en direkte påvirkning til hvordan fôringen fungerer, markert i lyseblått og beskrevet nærmere i delkapittel 4.1.2

Videre følger de manuelle operasjonene for uttak og behandling av fisk. Disse oppgavene utføres til en viss grad av maskiner, men mennesket er en større del av operasjonen[55]. Ved fortøyning av brønnbåt er det en operatør som styrer brønnbåten og legger til merden. For vedlikehold av nøter, ved for eksempel hull, kan en midlertidig løsning være å sette en ROV foran for å skremme bort fisken fra området i merden. Likevel avhenger det fortsatt i dag av en person som dykker ned og reparerer hullet i noten, for at det skal bli godkjent for videre bruk. Disse manuelle operasjonene vil påvirke tilstanden i merden og er derfor tilbakekoblet i sløyfen, i tillegg til at det ved overføring av fisk vil avslutte sløyfen.

4.1.2 Foring - lyseblå

Føringsdelen av den tilbakesløyfede omfatter fôrmengden som blir gitt, start og slutt på fôringen, område for utfôring, silomengde og trykk i føringslangen. Disse underpunktene er utelatt fra modellen for å gi et mer oversiktlig bilde av den tilbakesløyfede modellen.

Sammen med de eksterne faktorene; manuelle operasjoner og miljøfaktorer, beskrevet nærmere i kapitlene 4.1.1 og 4.1.3, er det ønskelig at fôringen i større grad skal påvirkes gjennom et BSS beskrevet i kapittel 4.1.7. Disse faktorene spiller samlet inn på avgjørelsen av hvordan fôring skal gjøres på en mest mulig kost- og veksteffektiv måte.

4.1.3 Miljøfaktorer - lysegrønn

Miljøfaktorer er fremstilt i lysegrønt i modellen. Miljøfaktorer inkluderer eksterne faktorer som fremkommer naturlig og påvirker fisken, deriblant vannstrøm, oksygen og temperatur [18]. Disse vil på lik linje som andre faktorer være med på å påvirke hvordan det føres, tilstanden til merden, samt beslutningene som skal tas. Slik det blir satt opp i modellen, vil

det ikke være mulig å regulere disse. Det kan likevel nevnes at lys er noe som er naturlig, men reguleres i vintermånedene for å få økt tilvekst og mindre kjønnsmodning[60]. Ytterligere vil det være et unntak for eksterne miljøfaktorene som vannstrøm, oksygen og mer for lukke det anlegg. Dette fordi røkteren selv må regulere dette gjennom tilføring og rensing av vann.

4.1.4 Hav - Merd - Biologi - mørkeblå

I mørkeblått illustreres oppdrettsanlegget hvor det er valgt å dele inn i tre mindre deler, henholdsvis hav, merd og biologi. Dette knytter parametere og sensorer sammen, da disse brukes til å observere opp mot et område. Hav er brukt om parametere knyttet til omgivelsene. Merd omhandler parametere og elementer som er knyttet til tilstanden og integriteten til merden. Eksempelvis hull og alger. Tilslutt vises biologi som omfatter fiskens tilstand og fiskens biologiske parametere.

4.1.5 Sensorer - mørkegrønn

Sensorene er inndelt i de tre underkategoriene; miljø-, integritets- og biologisensor. Dette er sensorer som skal registrere data fra henholdsvis hav, merd og biologi fra kapittel 4.1.4.

Miljøsensorer registrerer miljødata fra havet og omgivelsen rundt merden. Dette er parametere som temperatur, oksygeninnhold, salinitet og mer. Disse parametrene er de samme som miljøfaktorene som påvirker systemet forklart i delkapittel 4.1.3 og fremkommer naturlig. De endres periodevis ved vær og sesong.

Integritetssensor registrerer og observerer integriteten til merden. Det vil si om det er hull, alger eller slam i noten til merden, i tillegg til andre svakheter som kan observeres med kamera eller ROV.

Biologisensorer omfatter biomassen og dens tilhørende biologi. Dette registreres i dag med kamera og ekkolodd, fiskens velferdstilstand observeres[55]. I prosjektoppgaven kom det frem at robotfisk er under utvikling, sammen med mikrochip. Når og om dette blir tatt i bruk vil det i større grad gi en oversikt over de biologiske parametrene til fisken, blant annet hvilepuls til fisken[22]. På lik linje som med mennesker kan fiskens hjertesslag og rytme indikere stressnivå [12]. En tag vil potensielt kunne oppdage stressnivået til fisken. Dette er ønskelig å vite da det påvirker appetitten til fisken[55].

4.1.6 Analyse av sensordata - rød

I den røde delen av den tilbakekoblede modellen illustreres analysen av sensordata. Her analyseres data som kan brukes i videre prosesser. Hensikten med analysen er å fjerne

unødvendig støy og deretter prosessere innholdet, i tillegg kan det brukes maskinlæring for å hente ut informasjon som viser trender og avvik fra driften til oppdrettsanlegget.

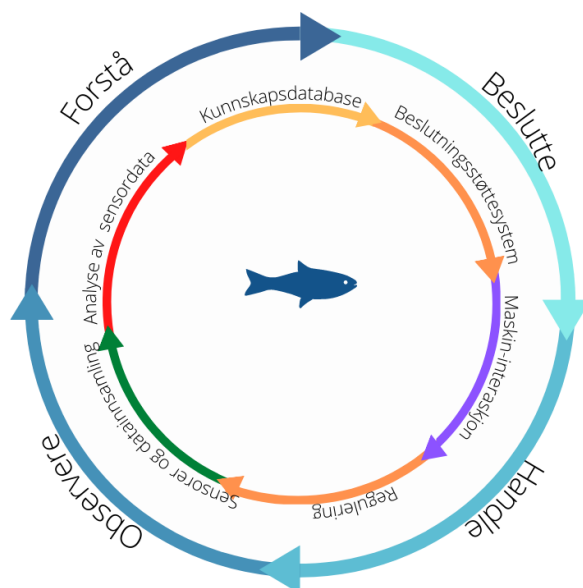
For denne modellen viderføres inndelingen fra kapitlene 4.1.4 og 4.1.3, hvor dataene som sendes ut er miljødata, merddata og fiskedata. Miljødata forteller oss om endringene i merden og omgivelsene for temperaturen, oksygen, lyd, etc. Merddata forteller oss om tilkomsten av slam, alger, hull og mulig utsatte områder. Det siste er fiskedata, som også kan omtales som biologidata, den viser aktiviteten til fisken, antall lus, antall dødfisk og mer. All dataene legges deretter frem i et BSS for oppdretteren.

4.1.7 Beslutningsstøttesystem - oransje

De analyserte sensordataene blir lagt frem for oppdretteren gjennom et BSS, beskrevet i kapittel 2.5. BSS skal bidra til veloverveide beslutninger ved reguleringer av systemet. I forbindelse med oppdrettsnæringen er det ønsket vise tidligere trender sammen med trendene i sanntid[55]. Dette vil gi et helhetlig bilde av situasjonen og ikke bare et øyeblikksbilde. Et øyeblikksbilde vil ikke gi nok informasjon til å si om det er positiv eller negativ trend for systemet, kun om det er et høyt eller lavt nivå i det eksakte øyeblikket.

4.2 Modell om det teknologiske aspektet - precision fish farming

I denne masteroppgaven er det valgt å videreutvikle og spesifisere figuren 2.4 om PFF beskrevet i kapittel 2.3. Dette er valgt for å enklere fremstille dataflyten beskrevet i modellen og koble den sammen med modellen for tilbakekoblet sløyfe og det menneskelige aspektet, henholdsvis beskrevet i kapitlene 4.1 og 4.3.



Figur 4.2. PFF videreutviklet for å enklere knyttes til oppsett av kontrollrom

Den ytre sirkelen er beholdt for å enklere koble opp mot originalmodellen, samtidig som det viser hvordan de ulike delene overlapper med hverandre. Ytterst i sirkelen er sensorer og datainnsamling. Deres oppgave er å observere systemet som er inngangsverdier til forståelsen. Dette er markert i mørkegrønt, fordi det tilsvarer sensorene som er beskrevet i kapittel 4.1.3.

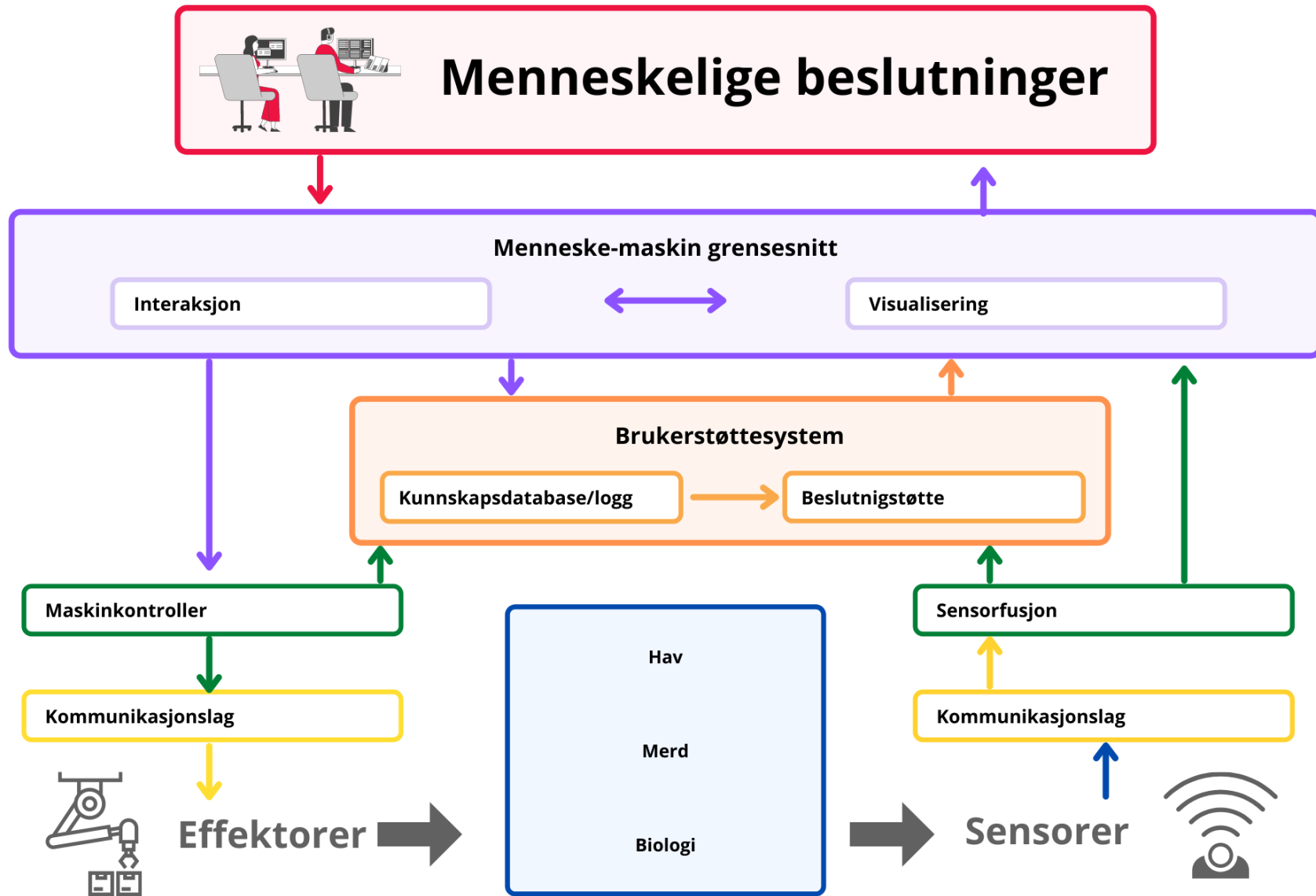
I den indre sirkelen er analyse av sensordata og kunnskapsdatabase, henholdsvis rødt og lys oransje, som sammen danner forståelsen av situasjonen. Analyse av sensordata har direkte korrelasjon til beskrivelsen i kapittel 4.1.6, mens kunnskapsdatabase er en del av den lukkede sløyfen til systemet. Likevel er dette en viktig del av det å danne en optimal drift, slik at en kan lære av tidligere situasjoner. Dette er beskrevet nærmere i kapittel 2.4.

Beslutte er den tredje delen av den originale modellen for PFF, og omhandler å ta i bruk kunnskapsdatabasen og et BSS, markert i lys oransje og oransje i modellen. Deres hensikt er beskrevet nærmere i kapitlene 2.4 og 2.5

Siste del av modellen handler om å handle, dette har en tilnærmet ekvivalens med maskininteraksjon og regulering, markert i lilla og oransje. Her interagerer operatøren med styringssystemet sitt, gjennom visualisering og fysisk interaksjon, før de faktiske reguleringene skjer. Modellen for det menneskelige aspektet, beskrevet i kapittel 4.3, forklarer dette nærmere.

4.3 Modell om det menneskelige aspektet

Et kontrollrom for oppdrettsanlegg har som primæroppgave å holde fisken levende og voksende. Dette avhenger av at operatøren som skal bruke kontrollrommet og dets tilhørende systemene klarer å forstå og oppfatte de ulike situasjonene. Dette er grunnen til at kontrollrommet er designet på en måte som gir en god SA for operatøren, beskrevet i kapittel 2.2, over biomassen og tilhørende miljø.



Figur 4.3. Modell som viser hvordan fisken er i sentrum av systemet, samtidig som mennesket er i sløyfen

Modellen i figur 4.3 viser en overordnet struktur over hvordan fisken holdes i sentrum, samtidig som mennesket er i sløyfen. Modellen, hentet fra Hukkelås[37], er bearbeidet for å enklere knyttes til oppdrettsnæringen. Den viser hvordan sensorer registrerer signaler fra havet, merden og biologiske signaler fra biomassen. Signalene sendes videre til et kommunikasjonslag som videreformidler dataene slik at de er klar til å behandles ved sensorfusjon. Det innebærer en analyse av sensordataene. De analyserte dataene blir så videresendt til BSS og/eller direkte til menneske-maskin grensesnittet. Et eksempel er oksygen, hvor oksygennivået kan fremstilles direkte for operatøren. Det kan samtidig være nyttig å sammenligne oksygennivået opp mot tidligere data og trender for tilsvarende periode. I BSS sammenlignes sanntidsdata opp mot en kunnskapsdatabase for å gi den beste BSS til operatøren, beskrevet mer detaljert i kapitlene 2.4 og 2.5. Resultatet fra sammenligningen blir så formidlet visuelt i et brukergrensesnitt for operatøren. Basert på dette tar operatøren sine avgjørelser. Der justeringer er nødvendig, interagerer operatøren med systemet gjennom menneske-maskin-laget. Interaksjonen før til et sendt signal til en maskinkontroller, som gjennom et kommunikasjonslag gjør signalet lesebart for et datasystem som utfører oppgavene, med andre ord effektorene. Dette påvirker havet, merden og biologien, som deretter sender ut nye signaler i en sløyfe.

Det menneskelige aspektet av modellen er tatt med for å demonstrere hvordan et system er bygd opp for effektiv drift med en operatør. Ved å fjerne enkelte ledd riskeres det at beslutningen som tas ikke gir ønsket resultat. Eksempelvis vil dataene bli presentert direkte for operatøren dersom man fjerner menneske-maskin-laget. Det gjøre det utfordrende for operatøren å vite om tallene som blir presentert viser et helhetlig- eller et øyeblikksbilde av situasjonen. Samtidig kan det være utfordrende å registrere de viktige dataene fordi operatøren ikke får en god SA av situasjonen, beskrevet i kapittel 2.2. Tilsvarende, hvis kommunikasjonslaget fjernes, kan det være utfordrene å analysere innkommende data. Denne modellen representerer et oppdrettsanlegg, men kan tilpasses til å representere andre tilsvarende systemer.

4.4 Modell for arbeidsoppgaver og utstyr i kontrollrommet

En forenklet modell av fremtidens kontrollrom ble utarbeidet gjennom metoden DT beskrevet i kapittel 3.3. I første runde av DT ble det utviklet en modell på bakgrunn av arbeidsoppgavene belyst i masteroppgavens forarbeid[55].

Modus	Oppgave	Data	Brukerstøtte	Alarm og Varsling	Reguleringer/inngrep
Fôring	Av/På	Biomasse Fôringsmengde Silomengde Pelletsdektetering Vannstrøm Sesong Kamera	Trender vs sanntid Logg Logg Blir pellets spist Hvor maten skal slippes ut Trend for årstid	Store avvik Store avvik Lav silomenge Pellets blir plukket opp i slam Pelletsen driver utenfor merden	Begrense/tilføy mer fôr Begrense/tilføy mer fôr Sende bestilling av fôr Endre pellets/ begrense / tilføy mer fôr Endre utfôringspunkt
	Silo og system	Silomåler Trykk i fôringslange Kamera		Lite fôr i silo Unormalt trykk i slange	Bestille påfyll Utblåsing av slange
Fiskevelferd		Stressindikatorer Dødfisk Antall lus	Trender vs. sanntid Trender vs. sanntid Trender vs. sanntid	Høyt stress nivå Høyt antall dødfisk Avvikende lusetall	Fjerne unødvendig støy Hente opp dødfisk Sette ut rensefisk
Miljøovervåkning		Dybde Oksygen Lyd Lys Temperatur Aktivitet i merd Vannstrøm Turbiditet Salinitet	Trender vs sanntid Trender vs. sanntid Trender vs. sanntid Trender vs. sanntid Trender vs. sanntid Trender vs. sanntid Trender vs. sanntid Trender vs. sanntid	Endring i dybde Lav oksygennivå Høyt lydnivå Høyt lysnivå Unormal temperatur trend Lav aktivitetsnivå Lav vannstrøm Høy turbiditet	Sjekk tilstand på merd Tilføy oksygen/skifte ut vann Fjerne unødvendig støy Fjerne unødvendig støy Sjekk tilstand på merd Øke vannstrøm Øke utskifting av vann Rense for bedre sikt av fisken
Trenging		Biomassetetthet Stressindikator Oksygen	Trender vs. sanntid Trender vs. sanntid Trender vs. sanntid	For få luftrom for fisken Høyt stress nivå Lav oksygennivå	Utvide plassen Fjerne unødvendig støy Tilføy oksygen/skifte ut vann
Fôrbåt	Tilkobling	DP Havstrøm Referansesensor	Avstand til merd Anbefalt docking område	For nærme merden Store bølger/sterke strømmer	Legg til på nytt
	Overføring	Silomengde Fôrmengde			

Tabell 4.1: Oversikt over modus, oppgave og tilhørende data med deres alarmer

Modus	Oppgave	Data	Brukerstøtte	Alarm og Varsling	Reguleringer/inngrep
Brønnbåt	Tilkobling	Kamera Sensorer for nærhet	Anbefalt avstand	utenfor anbefalt avstand	Legg til på nytt
	Overføring av fisk	Stressindikator Pumpemengde Skadeomfang Oksygen Dødfisk Kamera	Trender vs sanntid Trender vs sanntid Normal vs sanntid Trender vs sanntid	Høyt stress nivå Pumpesystem avviker Større skadeomfang Lav oksygenivå Høyt antall dødfisk	Fjerne unødvendig støy Regulere/stopp pumpen Tilføre oksygen eller skifte ut vann Hente opp dødfisk
Avlusing		Biomassetetthet Antall lus Medisinnmengde Stressindikator Skadeomfang Dødfisk etter behandling Helsetilstand	Basert på biomasse Normal vs ved avlusing Normal vs sanntid	Unormalt stressnivå Større skadeomfang	Regulere for mindre påkjenning Regulere/stopp pumpen
Integritet	Overordnet tilstand	Algedeteksjon Slamdeteksjon Hulldeteksjon Kamera ROV	Trender vs sanntid Trender vs sanntid	Stor tilvekst av alger Stor oppsamling av slam Områder med stor slitasje Setter seg fast	Rensing av not Henting/fjerning/resirkulering av slam Dykker for permanent reparasjon Fysisk dykke å fjerne
		Utskifting av vann	Oksygen Hastighet vannstrøm	Trender vs sanntid Regulert ift. biomasse	Lav oksygenivå Store avvik fra anbefaling
	Slam	Slamdeteksjon Næringsinnhold	Trender vs sanntid	Stor oppsamling av slam	Henting/fjerning/resirkulering av slam
Kommunikasjon		Samband Internett(fiber)		Mann overbord Mistet tilkobling	Redningsaksjon Opprette forbindelse

Tabell 4.2: Oversikt over modus, oppgave og tilhørende data med deres alarmer

Modellen er fremstilt som en tabell med de overordnede arbeidsoppgaver delt inn i flere "modus", deretter inn i mindre oppgaver. For hver modus og arbeidsoppgave er det listet hvilke data en trenger for å overvåke systemet. Videre er det beskrevet hva et BSS kan brukes til å representere og gi anbefalinger om. Denne kolonnen kom etter arbeidet med prosjektoppgaven, hvor det var et overordnet ønske fra IOene om å ha et system som bidrar til å ta riktige beslutninger basert på data som er oppsamlet fra tidligere sesonger[55]. I neste kolonne fremstilles forebyggende og kritiske alarmer knyttet til de ulike dataene. Dette er med for å kunne forebygge fremtidige kritiske situasjoner og for å gi en oversikt over hvor mange alarmer som vil være nødvendig ved bruken av mer avansert teknologi. Den avsluttende kolonnen beskriver tiltak som kan utføres for å endre eller forbedre den situasjonen systemet varsler. Flere av oppgavene vil avhenge av samme type data, enkelte data og tilhørende informasjon vil derfor gjenta seg i oversikten.

Et eksempel fra tabellen er modusen *trenqing*. Trenqing av fisk skjer blant annet i forbindelse med overføring av merden til brønnbåt[43]. Gjennomføringen av denne oppgaven avhenger av informasjon og data som forteller om tettheten i biomassen og hvor mye oksygen fisken har tilgang til. BSS skal i dette tilfellet vise tidligere trender i forhold til hvordan dataene er i sanntid. Det vil gi en indikasjon på om det er store avvik i sanntid fra hva den normale trenden er for de ulike dataene ved modusen *trenqing*. Videre skal trendene ovenfor sanntidsdata fremstilles grafisk for å gi en bedre SA for brukeren. Skulle sanntidsdataene vise seg å ha for stort avvik fra normal trend vil en forebyggende alarm varsle om dette. Ved for eksempel varsling av lavt oksygennivå, vil det komme en anbefaling om å tilføre oksygen fra beholder eller utskifting av vann. Ideelt sett vil BSS også kunne kalkulere hvor mye regulering som skal til for å komme tilbake til normalen.

De resterende modusene med tilhørende informasjon er representert i tabellene 4.1 og 4.2. Disse tabellene ble brukt i første intervjurunde for å få tilbakemeldinger fra IO om mangler og forbedringspotensiale. Her blir metoden DT beskrevet i kapittel 3.3 aktivt tatt i bruk.

5 Resultater ved første intervjurunde

I dette kapitlet presenteres resultatene fra den første runden med semistrukturerte intervjuer. Intervjuene gjennomgikk tabellen beskrevet i kapittel 4.4 med fokus på de overordnede modusene, oppgavene som faller under disse og deres tilhørende data. I sammenheng med metoden for *Designtenkning (DT)*, beskrevet i kapittel 3.3, kan de semistrukturerte intervjuene ses på som trinn tre. Her testes innholdet fra tabellene 4.2 og 4.1. Resultatet presenterer hvordan disse tas i bruk og kan fortelle oss noe om behovet for dataene i fremtiden.

Enkelte data gjentar seg i oppsettet, for å unngå mye repetisjon presenteres i hovedsak kun tilbakemeldinger som tilfører ny informasjon utover det som er kjent i litteratursøk. For data som gjentas, vil det refereres til respektive delkapitler. I tillegg vil enkelte punkter ikke bli direkte omtalt. Disse underkategoriene blir beholdt for å enklere kunne sammenligne med de originale tabellene 4.2 og 4.1. Videre vil det som fremkom av nye ønsker og behov for verktøy og data ved de ulike modusene bli introdusert. Disse plasseres avslutningsvis i sine respektive delkapitler og er markert med "- ny".

I tabellene 5.1 og 5.2 er en oversikt over *Intervjuobjekt (IO)* og deres bakgrunn. Dette for å gi en forståelse av *IO* sine tilbakemeldinger ut ifra deres erfaringer og daglige oppgaver i næringen. En oversikt over intervju spørsmålene finnes i vedlegg appendiks A.1.

Intervjuobjekt (IO)	Selskap og Bakgrunn:
IO 1	<i>Salmar Aker Ocean</i> Er utdannet med fagbrev innen akvakultur og begynte i 2010 sin karriere som lærling i Salmar. Hen har jobbet som driftleder og på matfiskeanlegg. Det siste året har hen vært i prosjekt som Disiplin leder for operasjoner.
IO 2	<i>Bjørøya</i> Startet med oppdrett allerede i ungdomstiden og har jobbet på settefisk anlegg i flere år. De siste årene har hen jobbet med fôring fra tilvekstsenter på land.
IO 3	<i>Salmar Aker Ocean</i> I 2016 startet hen i Salmar og fikk tidlig stilling som fôroperatør på tradisjonelt anlegg. Nå er vedkommene teknisk ansvarlig for fôrsenterene som innebærer å ha oversikt og forståelse for alt teknisk utstyr tilknyttet fôring.

Tabell 5.1: Intervjuobjektene en til seks og deres bakgrunn

Intervjuobjekt (IO)	Selskap og Bakgrunn:
IO 4	<p><i>Salmar Aker Ocean</i></p> <p>Har jobbet i næringen i over 10 år, hvor første del var på et tradisjonelt anlegg. De siste 4 årene har hen jobbet med utviklingsprosjektet OF1</p>
IO 5	<p><i>Salmar Aker Ocean</i></p> <p>Utdannet havbruksingeniør og har jobbet i ulike roller både på oppdrettsanlegg og i fôrbransjen. Har siden 2014 vært ansatt som leder og fagansvarlig for fôr og fôring i Salmar Farming segment nord.</p>
IO 6	<p><i>Lerøy</i></p> <p>Tilbrakt store deler av sin karriere i oppdrettsnæringen. Hen har tidligere vært administrerende direktør og jobber nå som prosjektleder ved selskapets fasiliteter på Hitra.</p>

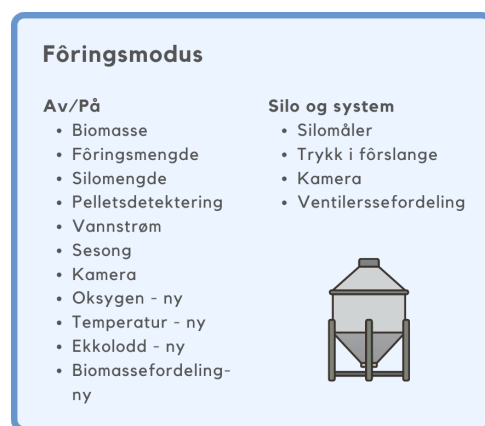
Tabell 5.2: Intervjuobjektene en til seks og deres bakgrunn

5.1 Modus i sin helhet

Tilbakemeldingene fra IOene var at en inndeling med moduser kan være en generell god løsning for fremtidens kontrollrom. Det påpekes av IO 5 at forskjellige anlegg vil ha forskjellige behov, avhengig av om de driver tradisjonelt eller mer automatiserte anlegg. I tillegg ser IO 1 viktigheten av at det er forskjellige stasjoner for ulike arbeidsoppgaver, som en for teknisk utstyr og en for fôring. Dette kom også frem under forarbeidet [55].

5.2 Fôringsmodus

IO 6 og IO 3 mener overordnet at fôringsmodusen er den viktigste modusen, og den som kommer til å bli brukt mest. En oversikt over modusen ses i figur 5.1. IO 5 ønsker at det skal settes sammen til en modus uten underoppgaver. IO 6 ønsker at det skal stå separat med underoppgaver Av/på og Silo.



Figur 5.1. Fôringsmodus med tilhørende oppgaver og data

5.2.1 Av/På

Det er oppgaven Av/På de som fôrer kommer til å se mest og dermed er sentralt for fôring, ifølge IO 3.

5.2.1.1 Biomasse

Systemer for å beregne biomasse er under utvikling og IO 2 forteller at de tester nettopp det. De er per nå nettbasert og det er et eksternt program bruker ved behov. IO 2 og IO 6 ønsker at tallene skal være mer presise enn de tallene de har i dag, det vil inkludere både utsatt vekt og fôring for å gi riktig biomassemåling Videre forteller IO 2 at en kontinuerlig måling av dette vil bli mer aktuelt og viktig for fremtiden.

Ifølge IO 3, har man et visst forhold til biomassen og dens størrelse basert på observasjoner. Hen legger til at det likevel er en data som er nyttig, men ikkeinformasjon det er behov for til enhver tid. IO 6 har ikke nøyaktig tall fra dag til dag på biomassen, den beste målingen får de ved store operasjoner som avlusning. Forutenom dette er det snittvekt basert på rundt 20 fisk.

5.2.1.2 Fôringsmengde

Fôringsmengden er essensielt å ha med, mener IO 3. De ønsker til enhver tid å vite hvor stor mengde som er fôret ut og helst i sammenheng med den planlagte utfôringsmengden for merden. Det er fôrer sin vurdering når det skal startes og stoppes, og det fôres fra en til to ganger i løpet av en dag avhengig av fiskens størrelse, forteller IO 6

5.2.1.3 Silomengde

Silomengde er normalt å inkludere og passer inn i et kontrollrom, ifølge IO 3. Den gir en oversikt over mengden som er på silo og kan ses i sammenheng med fôringsmengden, for å undersøke om systemet fungerer optimalt.

5.2.1.4 Pelletsdetektering

Per i dag har ingen av IOene gode systemer for pelletsdetektering. Hos IO 4 og IO 2 bruker operatøren kamera for å detekte pellets. IO 5 forteller at systemene de har testet ikke klarer å være konkrete nok eller observere et stort nok område. Videre sier hen at pellets foran kameranlinse ikke er så interessante, det er pellets andre steder i nøtene, de man ellers ikke ser, som er interessante. Hvis en sensor kunne ha dekket dette området ville det gitt nyttig informasjon og data. Dette samsvarer med det IO 3 mener, hen ønsker en varslings for skiftende retning på pelletsen utenfor fôringskamera.

IO 2 bruker i hovedsak kamera, men sier at det kan være hensiktsmessig med mer avansert utstyr. Kamerautstyr medfører de største kostnadene. Hvis en skal fortsette å bruke kamera, kan det være nyttig å fargelegge eller markere pelletsene som kommer frem i bildet for å skille dem fra andre partikler.

5.2.1.5 Vannstrøm

Måling og oversikt over vannstrømmen i merden, spår IO 2 at vil bli mer utbredt fremover. De har ingen konkret måling på det idag, men ser det visuelt via kamera. IO 6 og IO 4 mener at oversikt over vannstrømmen er viktig med tanke på fôring, ettersom det avgjør hvor fôringen skal føres ut. En sterk strøm som går ut midt i nettveggen vil gi enda mindre tid der pelleten oppbevarer seg i noten, forklarer IO 4. En oversikt kan forhindre unødig fôrspill. IO 1 mener også det er viktig å kjenne til vannstrømmen fordi det påvirker appetitten til fisken. Er det lavere vannstrøm enn 0,5 m/s, må det beregnes dårligere appetitt, intensiteten og mengden fôr må muligens senkes.

5.2.1.6 Sesong

Sesong alene tilfører ikke informasjon og da det allerede er kjent hvilken sesong en befinner seg i, deler IO 3. Det skyldes at det settes ut fisk flere ganger i året og merdene vil derfor ha forskjellige størrelser og være vanskelige å sammenligne. En vil også føre biomassen på forskjellige måter basert på størrelse. Hvis sesong skal brukes som informasjonskilde må den ses i sammenheng med blant annet temperatur, fiskens størrelse, årstid, med mer, konkluderer IO 3. Det samsvarer med IO 6, som sier de ser på temperatur, ettersom det påvirker appetitten.

5.2.1.7 Kamera

Kamera er det viktigste instrumentet som blir tatt i bruk under fôring. Det kommer frem av samtlige av IOene. Det samsvarer med intervjuene fra prosjektoppgaven[55]. Kamera brukes ikke bare til å observere at fisken spiser, men også til å se på blant annet vannstrøm og pellets, beskrevet i kapitlene 5.2.1.5 og 5.2.1.4.

5.2.1.8 Oksygen - ny

Samtlige av IO påpekte at det manglet oksygen i oversikten. Det påvirker fiskens appetitt og man følger med på om det er store avvik, forteller IO 2. Dette understrekes av IO 3, som sier at hvis fisken sliter med å puste vil den ikke bruke energi på å spise. Det tilsettes ikke oksygen ved lave oksygenivå, men en kan prøve å finne måter å få inn frisk sjø på. Det har hendt at IO 6 har stoppet fôringen på grunn av lave oksygenivåer. Det gjøres for å redusere aktiviteten til fisken ettersom den bruker mer oksygen når den spiser.

5.2.1.9 Temperatur - ny

Informasjon om temperatur undersøkes og registreres med tanke på fôring i starten av hver arbeidsdag, forteller IO 1. Utover det brukes den ikke aktivt under fôringsprosessen.

5.2.1.10 Ekkolodd - ny

Enkelte av IOene bruker Ekkolodd og/eller er i samtale med utviklerene av systemer som tar det i bruk. IO 4 forteller at de bruker det aktivt for å se hvor i merden fisken står. Ekkoloddene er likevel ikke plassert i tilknytning til foring og har en åpningsvinkel på kun 15 grader. Slik det er i dag forteller IO 4 at du skal være heldig hvis du får fisk og pellets foran ekkoloddene, men at det absolutt bør videreutvikles. IO 1 forteller at i tillegg til å kjenne til fordeling i merden, kan ekkolodd gi en indikasjon på om fisken spiser opp pelletsen før den går utenfor noten. Hvis det kommer frem at fisken svømmer ned for så å svømme opp igjen, kan det fortelle at mye pellets går til spille.

5.2.1.11 Biomassefordeling - ny

Informasjon om hvordan biomassen er fordelt i merdene kan være nyttig for operatør og fører, synes IO 1. Det gjør det mulig å bestemme fôringsintensiteten basert på hvor i noten biomassen befinner seg, i tillegg til hvilket utfôringspunkt som skal tas i bruk, i tilfeller hvor det er flere, legger IO 1 til.

5.2.2 Silo og system

Silo og tilhørende system er nettbasert og brukes ikke aktivt under selve fôringen, forteller IO 2.

5.2.2.1 Silomåler

Tidligere observert IO 2 siloene med kamera, men nå får de et bedre estimat av mengden, selv om det ikke er på grammet. Tilsvarende er det for IO 5, som påpeker at det er mer nyttig med et konkret tall på mengden enn gjetting som de drev med tidligere. IO 3 tar også i bruk en silomåler og påpeker at det er viktig at den er kalibrert riktig i forhold til størrelsen på siloen og ventilene som slipper ut fôret. IO 3 kjenner til andre som bruker laser og ekkolodd for å få et inntrykk av mengden fôr som er igjen i beholderen. IO 6 og IO 3 påpeker at dette kan være utfordrende å bruke ettersom siloen er formet som en trakt og dermed har en ujevn overflate som må tas i betraktning. Det er mulig å spare mye penger hvis tallene er nøyaktige, ettersom siloene er opp mot 80tonn og det kan være feil opp mot 10%, ifølge IO 6.

5.2.2.2 Trykk i fôringsslanget

Data for trykk brukes aktivt av IO 2, IO 3 og IO 5 under fôringsprosessen. De mener derfor at silo og system kan slås sammen med av/på til én oppgave under modusen fôring. De vurderer da trykk og fart. Dette gir vesentlig informasjon om fôrets kvalitet, om det går tett og generelt om fôringsmengden er for liten eller større, forteller IO 2. IO 5 informerer om at det også gir en indikasjon på hvor tøft det blir foret og om man er nødt til å regulere intensiteten. Intensiteten måles i hvor mye pellets det fôres ut med per sekund.

5.2.2.3 Kamera

Nå som det er mer vanlig med silomåler, se kapittel 5.2.2.1, brukes kamera lite i forbindelse med observasjon av siloer og systemene deres, forteller IO 6. Det blir nevnt av IO 3 at det kan brukes til å observere koblingspunktet mellom siloen og slangen for å se etter lekkasjer.

5.2.2.4 Ventiler - ny

En oversikt over hvilke ventiler som er åpne og lukket til enhver tid er informativt. Det er flere nøter og i enkelte tilfeller forskjellige lokasjoner som blir fôret samtidig. Av den grunn kan det være nyttig med en oversikt over ventilene. Slik vil en enkelt kunne slå av og på fôringen om nødvendig, sier IO 1 .

5.3 Fiskevelferdsmodus

Fiskevelferd er i økende fokus hos alle IOene. En oversikt over data kan ses i figur 5.2. Det nevnes av IO at fiskevelferd ikke ses på for seg, men overvåkes samtidig med at fisken blir fôret. Det er også alarmer som varsler hvis enkelte parametere om fiskenstilstand synker lavere enn grensesnittet, slik at det kan kontrolleres. I IO 6 sitt tilfelle ser de heller ikke aktivt på fiskevelferd utenom under fôringen, men har månedlig besøk av veterinær, i enkelte tilfeller oftere.



Figur 5.2. Fiskevelferdsmodus med tilhørende oppgaver og data

5.3.1.1 Stressindikator

Per 2021 hadde ingen av IOene metoder for å observere om fisken var stresset, foruten om visuelle observasjoner med røkteren gjør på anlegg eller via kamera. IO 5 forteller at de

kan måle svømmehastighet hos fisken. Dette kan gi en viss indikasjon på hvordan fisken har det. Likevel kunne hen ikke si med sikkerhet at det var direkte relatert til stress.

5.3.1.2 Dødfisk

Alle IOene observerer og samler opp dødfisk. Et høyt antall dødfisk over en kort tidsperiode kan gi en indikasjon på at noe er galt og en veterinær tilkalles for videre undersøkelser, forteller IO 4.

5.3.1.3 Antall lus

IO 4, IO 2, IO 5 og IO 6 er med på å bruke og teste ut lusekamera som teller antall lus. IO 6 legger til utfordringen ved at lusekamera kun ser den ene siden av fisken og at lusen kamoufleres med fiskens farge. På sommerhalvåret og under andre kritiske perioder, følger IO 4 ekstra godt med.

5.3.1.4 Tag- ny

Med tanke på å måle parametere hos fisken for å vite om fisken er stresset er IO 4 usikker på hvilke parametere som vil være mest hensiktsmessig og gi nyttig informasjon. Det kan være hvor raskt pulsen til fisken slår, men det bør undersøkes nærmere, tror IO 4.

IO 6 kjenner til tag, og mener det forteller mest om tilveksten til fisken. Hen legger til at det skaper problemer ved slakting, siden metallet i tagen ødelegger maskinene.

5.3.1.5 Fiskehelsekamera - ny

IO 1 mener det kan være nyttig med et kamera hvis det klarer å måle den samme fisken og registrere akkurat dens utvikling. Det er utfordrende å få samme fisken til å passere foran kamera på begge sider, og samtidig vite at det er den riktige fisk iblant så mange individer i en merd, mener IO 1. Skulle man i fremtiden klare dette, tror IO 1 det kan gi nyttig informasjon for hvordan fisken har tatt til seg næring, sykdomsforløp, og potensielt trenden for merden.

Fiskehelsekamera kan undersøke mangelen på skjell på siden, eller ved kjønnsmodning hos mannlig fisk, samt endring av farge, forteller IO 6.

5.3.1.6 Adferd - ny

IO 5 forteller om adferd de bruker som egen samlepost for observasjoner av fiskens oppførsel. Det er vanskelig å si om fisken er "på høgget eller ikke, en kan ikke konkret si hva det er, forklarer hen. Det hører til fiskevelferd, fisken er ikke syk, men den har en annerledes adferd en normalt. Samtidig er hen ikke trygg på om de har observert riktig, da det kun observeres over en kort periode.

5.4 Miljøovervåkningsmodus

En oversikt over innholdet i miljøovervåkningsmodus er vist i figur 5.3. For miljøovervåking gjelder tilsvarende som for fiskevelferdsmodus kapittel 5.3. IO 2 ser i hovedsak på disse dataene under føring, men bruker det ikke nødvendigvis aktivt.

IO 6 bruker miljøovervåkning til en undersøkelse i forkant av etableringen av et anlegg, under toppproduksjon og etter produksjonsrunden. Dette kartlegger om det er nødvendig med brakklegging.



Figur 5.3. Miljøovervåkningsmodus med tilhørende oppgaver og data

5.4.1.1 Dybde

Alle IOene har dybdesensorer. Hos IO 3 bruker de det kun for å se hvilken dybde kameraene befinner seg i merden. I IO 4 sitt tilfelle, blir de brukt for å undersøke at anlegget ikke har beveget seg. Spesielt viktig er det før en utforing, ettersom de fører under vann. Anlegget deres ligger generelt stabilt, men ved mottak av et par tonn fôr eller en sterk vannstrøm kan det endres.

5.4.1.2 Oksygen

Samtlige har oksygenmålere. IO 2 måler oksygennivået både i merden og utenfor merden, hvor minst to merder per lokasjon har målere på 5 og 15 meters dyp. IO 6 forteller at de ved lave oksygenverdier unngår store operasjoner, slik at fisken holder lav aktivitet og dermed bruker mindre oksygen.

5.4.1.3 Lyd

IO 5 logger lyd og trafikk på anleggene sine. Hen forteller at de ikke vet så mye om lyd og fisk, men opplever at det påvirker fisken. Spesielt ved nye utsett prøver de å unngå

unødvendig støy under fôring og planlegger derfor at båter ikke brukes i tidsrommet for fôring. Tilsvarende er det for IO 4, som mener at fisken deres har blitt vant til støyen som følge av konstruksjonene til anlegget. Dette er lyder som kommer av gjenstander som slår mot metallet som anlegget er bygget av.

IO 3 forteller om støyen som kommer som følge av blåsing i fôringsslangene. Normalt sett er det en konstant dur, som varierer basert på utfôringsintensiteten. På større anlegg med mer enn seks linjer er det montert støydemper på slangene. Selv om det støyer, mener IO 3 det er lite som kan gjøres for å redusere støyen og ser det heller ikke nødvendig med varslingsystem ved høyt lydnivå.

5.4.1.4 Lys

Hos IO 5 har de standardoppsett for lys. Det er faste datoer fra høsten til våren hvor lyset er på konstant, meddeler IO 6. Det er vanlig praksis for anlegg i Norge, spesielt i Nord-Norge, hvor det er redusert sollys i vinterhalvåret. Hos IO 4 har de et prosjekt hvor de tester om de kan bruke lys til å forlenge fôringstiden.

5.4.1.5 Temperatur

Temperatur registreres på daglig basis hos alle IOene. IO 2 og IO 3 registrerer det daglig, men uten å bruke informasjonen aktivt. IO 3 legger til at om våren kan det komme temperaturhopp som kan indikere en bra utforing og appetitt den dagen.

5.4.1.6 Aktivitet i merd

IO 4 forteller at de bruker ekkolodd for å se på aktiviteten i merden. Det gir kun et bilde av aktivitetene, men ikke faktiske tall som er målbare. Tilsvarende har IO 3 testet ekkolodd for dette, med opplevelsen av at det til tider kunne føre til ukorrekt bilde.

5.4.1.7 Vannstrøm

Samtlige av IOene ser på vannstrømmen. Det påpekes imidlertid av IO 1 og IO 5 at det er utfordrende med strøm i merd. De måler strømmen utenfor noten og ser på hastigheten inn mot anlegget. Basert på det som observeres og måles avgjør de blant annet hvordan de skal fôre ut. IO 5 legger til at fisken lager sin egen vannstrøm når den beveger seg, dette gjør en faktisk beregning mer utfordrende.

5.4.1.8 Turbiditet

IO 2 forteller at de ikke har en måte å rense anlegget på hvis det er høy turbiditet og stiller spørsmålsteget ved om en løsning i det hele tatt finnes. For dem er det operatøren som observerer og i enkelte tilfeller brukes oksygenmåler. Oksygenmåleren kan bidra til å vise de store variasjonene en får mellom natt og dag, forteller IO 2. IO 5 kjenner heller ikke til et system for å senke turbiditeten i merden. I enkelte tilfeller har de brukt luseskjørt for at alger og partikler skal gå utenfor merden, men det kan gå på bekostning av gjennomstrømning av vann. Det er en del av naturens gang, konstanterer IO 4.

5.4.1.9 Salinitet

Alle ser på salinitetsinnholdet, men det er lite de kan gjøre for å regulere det. IO 5, IO 2 og IO 3 forteller at deres lokasjoner ikke blir særlig påvirket av det og at salinitetsinnholdet er relativt stabilt. IO 2 legger til at det er mer relevant for lukkede anlegg eller anlegg nær områder med mye snøsmelting om våren.

5.4.1.10 Bølger -ny

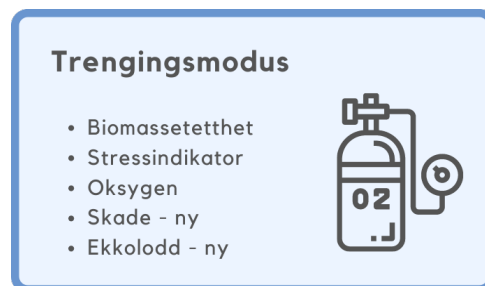
IO 4 ser på bølgene i og rundt anlegget. Det gjør de hovedsakelig med tanke på hvordan konstruksjonen til anlegget blir skadet eller utsatt. IO 1 påpeker at det kan være begrensinger for gjennomføring av operasjoner hvis det er store bølger. Eksempelvis trekker hen frem at det kan være vanskelig å sette ut eller ta opp igjen en ROV, selv om det ikke er vanskelig å bruke den under vann ved store bølger.

5.4.1.11 Havbunn - ny

IO 1 uttrykker et ønske om å ha måling eller sensor for å undersøke verdiene og tilstanden til havbunnen under merden. Slik det er i dag er det lovpålagt å ta prøver fra havbunnen for å avdekke tilstanden til bunnen, men det er lange perioder mellom hver kontroll, forklarer IO 1. Står det dårlig til med havbunnen må selskapet vente før de kan setter i gang med et nytt utsett. Hadde det vært gjort prøver med jevne mellomrom, kunne man gjort tiltak for å unngå dette og samtidig unngå en stopp i produksjonen.

5.5 Trengingsmouds

Tilbakemeldingene fra hver enkelt av IOene var at modusene trenging, brønnbåt og avlusning kunne settes sammen til en større modus, og heller deles



Figur 5.4. Trengingsmodus med tilhørende oppgaver og data

inn i oppgaver. Dette fordi det er operasjoner som foregår med hverandre, mente IO 5. Hen mente det var viktig for en effektiv trenging, ettersom modusene har operasjoner som forbindes med hverandre. Når en brønnbåt skal brukes må det trenses først, for i det hele tatt å få fisken over i brønnbåten, forklarte IO 5. En slik prosess brukes blant annet for å sende fisk til slakt og for avlusning. IO 4 tror tilsvarende, at å ha en større modus vil gjøre prosessen enklere å ha oversikt over. En oversikt over modusen tilhørende oppgaver og data før sammenslåing til en større modus er vist i figur 5.4.

Generelt er det gjort mange endringer rundt denne prosessen, meddeler IO 5. Det er under trenging de har ødelagt mest fisk gjennom årene, og en videreutvikling på dette området vil kunne minske påkjenning for fisken.

5.5.1.1 Biomassetetthet

Det er en visuell vurdering som gjøres under trenging, hvor det er en gradering for hvordan det ser ut, forteller IO 4. Hos IO 5 har de tilsvarende, men de har ikke så god oversikt over hvordan tettheten i biomassen er under vann. Der er det potensiale.

5.5.1.2 Stressindikator

IO 4 forteller at de har mulighet til å stoppe trengingsprosessen hvis de ser at noe ikke er normalt eller for å roe ned fisken. Dette gjøres også ved en visuell vurdering, forteller IO 2.

5.5.1.3 Oksygen

Alle IOene observerer mengden oksygen under prosessen. IOene har mulighet til å tilsette oksygen som forebyggende tiltak eller ved faktiske behov.

5.5.1.4 Skade - ny

Etter en behandling tar IO 5 og IO g i bruk en velferdsscore, som bidrar til å avgjøre om man kjørte for hardt eller ikke. IO 5 mener denne prosessen bør kunne automatiseres i fremtiden og ikke gjøres manuelt som i dag, da det er en person, gjerne en veterinær, som tar opp fisken, snur på den og vurderer den. Ytre skader på skjell og finne, samt om røddebuk som indikerer stress blir vurdert. Generelt mener IO 1 det kan være utfordrende å se om fisken har tatt stor skade etter en behandling. Hvis den ikke dør med en gang, kan det ta alt fra 1 uke til 2 uker før det blir oppdaget.

5.5.1.5 Ekkolodd - ny

Det blir nevnt av IO 2 at ekkolodd kan tas i bruk for å gi et bilde av hvordan fisken er spredt under trenging. Det anses likevel ikke å være et behov per i dag.

5.6 Fôrbåtmodus

IO 5 ønsker denne modusen fjernet i fremtiden, men slik det er i dag må den beholdes. IO 6 mener også denne modusen ikke er av stor betydning rundt deres daglige oppgaver og kan forenkles. En oversikt over modusen tilhørende oppgaver og data er vist i figur 5.5.

Under høysesong får IO 6 levering flere ganger i uka som bestilles i forkant og korrigeres deretter. Det fungerer godt og er et bra samarbeid mellom leverandør og logistikk.

5.6.1 Tilkobling

Fra IO 6 og IO 4 kom det frem at operatøren på oppdrettsanlegget generelt har lite med selve tilkobling av forbåten å gjøre.

5.6.1.1 DP

Samtlige av intervjuobjektene forteller at fôrbåten tar ansvar for å legge til med **Dynamisk posisjonering (DP)**. IO 6 forklarer videre at det ofte kun er ett sted å legge til på anlegget og tilkoblingen til siloene deres fungerer automatisk. Av den grunn er det ikke nødvendig at det inkluderes, forklarer IO 6. På enkelte av anleggene må siloene åpnes manuelt, på nyere anlegg skjer det gjerne automatisk, forteller IO 4

5.6.1.2 Havstrøm

En kan varsle hvis det er store bølger eller lignende, men det vet gjerne operatøren allerede, antar IO 4.



Figur 5.5. Fôrbåtsmodus med tilhørende oppgaver og data

5.6.1.3 Referansesensor

Det utveksles kommunikasjon mellom fôrbåt og operatør på anlegget, dermed tror ikke IO 3 det er nødvendig med enkelte sensorer for referanse og posisjon. Som IO 6 nevnte under DP i delkapittel 5.6.1.1, er det ofte kun ett sted å legge til.

5.6.2 Overføring

Selve overføringen ordner seg stort sett selv, forteller IO 3. De bistår i hovedsak kun ved behov. Det krever stor tillit til at det som leveres holder avtalt standard, legger hen til.

5.6.2.1 Silomengde

Fôrbåten har tilgang til informasjonen om silomengde, forteller IO 5. Det er den samme informasjon som under fôring, se kapittel 5.2.2.1.

5.6.2.2 Formengde

Bestilling av fôr skjer ved hjelp av en fylleplan hvor en sier ifra hvor stor fôrmengde en trenger, ellers bestilles fôr gjennom et tilsvarende system som er avtalt på forhånd, forteller IO 6. Denne prosessen bør være mulig å automatisere, mener IO 5, og legger til at fôrleverandøren har mulighet til å få data på mengden fôr som er på siloene ved hjelp av silomålere, beskrevet i kapittel 5.2.2.1. IO 5 mener det brukes utrolig mye resusser på akkurat dette, spesielt hvis fôrerer har ansvar for flere lokaliteter med 10-20 merder per lokalitet. Videre legger hen til at de driver et samarbeid med leverandører for å teste et slikt system. IO 1 har et samarbeid med fôrleverandør og forteller at det har fungert greit. Hen påpeker at de alltid har mulighet til å komme med endringer til fôrleverandøren, og at det er stor tillit mellom partene.

5.6.2.3 Fôrmottak - ny

IO 2 forteller at de gjerne skulle hatt et system i form av en kalender eller tilsvarende, hvor de kan registrere når levering av fôr skal skje. Per nå skriver de lastedatoene og tidspunkt for levering på en tavle med tusj, for alle mottakerne. Hen trekker frem at dersom du har fem anlegg, og hvert anlegg skal motta fôr på ulike dager og tidspunkt, kan det bli mye å holde styr på.

5.7 Brønnbåtsmodus

Se kapittel 5.5. Grunnet denne sammenkoblingen av modusen, ble flere underpunkter kun kommentert under modusen trenging, deriblant skade og stress. En oversikt over modusen tilhørende oppgaver og data før sammenslåing til en større modus er vist i figur 5.6.

5.7.1 Tilkobling

IO 4 forteller at Brønnbåten legger til med DP og oppdaget tidlig at var behov for å ha en person til å sitte og overvåke.

5.7.1.1 Kamera

Det fremkom ingen ny informasjon fra intervjuene.

5.7.1.2 Sensorer for nærhet

Tilsvarende som for fôrboat, i kapittel 5.6.1.1, er det kapteinen for brønnbåten som tar ansvar for tilkoblingen og hvor nærme de trenger å stå, forteller IO 6.

5.7.2 Overføring av fisk

For prosesser med brønnbåt er det i hovedsak lokalitetsleder som har ansvaret, forteller IO 2. IO 2 legger til at det er lite kommunikasjon med brønnbåt underveis, da de ikke er delaktig i operasjonene slik som ved avlusning og levering. Det er mulig å kommunisere med brønnbåten underveis i prosessen om nødvendig. Dette bekreftes av IO 3, IO 4 og IO 6.

5.7.2.1 Stressindikator

Se kapittel 5.5.1.2.



Figur 5.6. Brønnbåtssmodus med tilhørende oppgaver og data

5.7.2.2 Pumpemengde

Brønnbåten har oversikt over pumpemengden og hastigheten forteller IO 4. Hen ønsker at den deles til røkteren som er på ringen.

5.7.2.3 Skadeomfang

Se kapittel 5.5.1.4.

5.7.2.4 Oksygen

Se kapittel 5.5.1.3.

5.7.2.5 Dødfisk

Det fremkom ingen ny informasjon fra intervjuene.

5.7.2.6 Kamera

Samtlige av IOene forteller at observasjonene som blir gjort i hovedsak er visuelle ved overføring til en brønnbåt, enten ved å være på ringen eller ved hjelp av kamera.

5.8 Avlusingsmodus

Se kapittel 5.5. Grunnet denne sammenkoblingen av modusen, ble flere underpunkter kun kommentert under modusen trenging, deriblant skade og stress. En oversikt over modusen tilhørende oppgaver og data før sammenslåing til en større modus er vist i figur 5.7.

IO 5 la til at avlusning kan endres til sykdommer, fordi behandling- og observasjonsprosessen er tilsvarende for lus og andre sykdommer.



Figur 5.7. Avlusingsmodus med tilhørende oppgaver og data

5.8.1.1 Biomassetetthet

Se kapittel 5.5.1.1.

5.8.1.2 Antall lus

Se kapittel 5.3.1.3.

5.8.1.3 Medisinmengde

Det brukes ikke direkte medisinerer når det foretas behandlinger, forteller IO 4 og IO 6. IO 6 legger til at det i hovedsak brukes medikamenter i pellets for å unngå å få lus i første omgang.

5.8.1.4 Stressindikator

Se kapittel 5.5.1.2.

5.8.1.5 Skadeomfang

Se kapittel 5.5.1.4.

5.8.1.6 Dødfisk etter behandling

Det kan være nyttig å ha med en oversikt over dødfisk etter behandling, spesielt da det kan ta litt tid før den faktiske reaksjonen kommer, ifølge IO 1.

5.8.1.7 Helsetilstand

I dag undersøkes helsetilstand manuelt, samt ved bruk av kamera, forteller IO 2. Det vil være utfordrende å utvikle systemer som forteller om fisken er syk, spesielt siden få symptomer kan ses utenfra, forteller IO 5. Videre forteller hen at de får en pekepinn hvis appetitten går ned, mange dødfisk over en kort periode eller adferden avviker fra normalen. Hos IO 1 gjelder tilsvarende. Ved høyt antall dødfisk er det ofte for sent, spesielt ved smittsomme sykdommer. Det hadde vært ønskelig å oppdage sykdommer tidlig for å innføre tiltak på et tidligere stadium

5.8.1.8 Logg for behandling - ny

IO 2 uttrykker et ønske om et loggføringssystem for merder som har hatt problemer tidligere. Per nå kan de kun gå tilbake i mailtråder hvis de ønsker å se om en merd har vært gjennom behandling, slitt med oksygen, dødelighet eller tilsvarende. Med et loggføringssystem vil man kunne gå tilbake å se om det var en problemmerd eller et problemnot, og på den måten raskt oppdage og iverksette forebyggende tiltak.

5.8.1.9 Omregistrering etter behandling - ny

Under en behandling flytter gjerne merden seg fra en not til en annen not, forklarer IO 2. Videre forklarer hen at det fort kan "å gå i stå" og de har derfor skrevet ut en oversikt over en lokalitet med nøtene, hvor de flytter rundt på magneter for å holde oversikt over hvilken not en merd befinner seg i. Spesielt under avlusningssesongen kan en merd flytte seg fra not til not, på ukentlig basis. Enkelte opererer med å endre navnet på merden når de bytter not, men IO 2 mener det kan være utfordrende ettersom det kan bli 20 navnebytter i løpet av et år og det vil føre til tapt informasjon, ettersom flere navn identifiserer samme merd.

5.9 Integritetsmodus

En oversikt over modusen tilhørende oppgaver og data er vist i figur 5.8. Verken IO 5 eller IO 2 har et system for overvåkning av integriteten til nøtene og anleggene i sanntid. I tilfellet til IO 2 betyr det at de fysisk må dykke ned for å undersøke notene. Det er heller ikke de som tar ansvar for selve vedlikeholdet av nøtene, men det hender de gir beskjed videre, basert på sine observasjoner utført med kamera. Generelt ønsker IO 1 at det i fremtiden kunne kommet et varsel for høy begroing eller slam, slik at det automatisk kan bestilles spyling eller tilsvarende.



Figur 5.8. Integritetsmodus med tilhørende oppgaver og data

5.9.1 Overordnet tilstand

Det fremkom ingen ny informasjon fra intervjuene.

5.9.1.1 Algedeteksjon

Alger observeres visuelt med kamera og det tas prøver for å se hvilke alger det er. IO 2 forteller at alger kan spres veldig lokalt, av og til er det kun halve anlegget som er utsatt. IO 6 bruker sikteskive, og hvis siktedybden går ned, tilsier det en del alger. Variasjoner mellom sommer og vinter tas også i betraktning. Det er få tiltak som kan gjøres, forklarer IO 2, et alternativ er å sette opp et luseskjørt.

5.9.1.2 Slamdeteksjon

I praksis blir slam tatt opp sammen med dødfisk, forteller IO 5. Da ser en også etter pellets, som rapporteres med en gang. Per nå er det ingen av IO som analyserer næringsinnholdet til slammet, men IO 5 og IO 6 sier at det hadde vært interessant for å vurdere om en har fått utnyttet innholdet i pelletsene nok, samt hvordan utnyttelsen er ved ulike årstider og hvordan avhengigheten av temperatur er. Hos IO 4 har de heller ikke et system til å samle opp slam, men legger til at pelletsen som går gjennom noten gjerne blir spist opp av villfisk som befinner seg under nøtene deres.

5.9.1.3 Hulldeteksjon

For å detektere hull bruker IO 2 et eksternt selskap, som undersøker med ROV eller dykkere. Hen legger til at detektering fort kan skape mye uro i merden. Hos IO 5 er det også eksterne som foretar inspeksjonen av noten.

5.9.1.4 Kamera

En gang i uka, gitt at det er god nok sikt, foretar IO 5 en inspeksjon av noten med kamera for å få et overblikk av noten og dens integritet.

5.9.1.5 ROV

Selve spylingen skjer med en type ROV som er menneskestyrt fra en båt. ROV føres rundt og rundt i merden til de er ferdige og på den måten har en også mulighet til å oppdage hull, forteller IO 2. Ved spyling av nøter ønsker en ikke å ha restene i produksjonsområdet, men heller ta de opp, forteller IO 1. Dersom det ikke gjøres vil det forekomme partikler på fisken et par dager etter runden med ROV. IO 6 forteller at de kjører over med en egen ROV etter at en større ROV har spylt for å undersøke at den store ikke lagde hull.

5.9.1.6 Groe - ny

IO 2, IO 1 og IO 3 ser ved hjelp av kamera hvis det er groe, og gir da beskjed til de som spylar. IO 3 meddeler at de i sommerhalvåret stort sett spylar en gang i uken, og det er det eksterne som gjør. IO 1 forklarer at ved høy begroing vil det ikke bare påvirke vannkvaliteten i noten, men også kunne slite på strukturen og utstyret som brukes for å observere og måle.

5.9.1.7 Vannstrøm - ny

Vannstrøm, i form av strømretning og hastighet kan være nyttig data, ifølge IO 2. Den kan gi informasjon om hvor anlegg er utsatt og bør forsterkes. Det er ikke noe de har i dag.

5.9.2 Utskifting av vann

Ingen av IOene tilhører et lukket oppdrettsanlegg og hadde derfor ingen kommentarer til utskifting av vann.

5.9.2.1 Oksygen

Det fremkom ingen ny informasjon fra intervjuene.

5.9.2.2 Vannstrøm

Det fremkom ingen ny informasjon fra intervjuene.

5.9.3 Slam

Se kapittel 5.9.1.2.

5.9.3.1 Slamdeteksjon

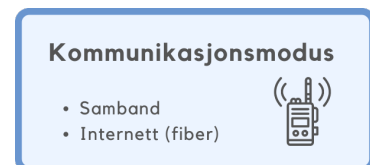
Se kapittel 5.9.1.2.

5.9.3.2 Næringsinnhold

Se kapittel 5.9.1.2.

5.10 Kommunikasjonsmodus

IO 5 påpeker viktigheten med god kommunikasjon og at det er i fokus. Spesielt med tanke på å skape tillit mellom lokalitetene, og de som sitter på land. Videre mener hen det er viktig at opplysninger deles i sanntid, slik at de interesserte partene har den informasjonen de trenger til enhver tid. Innholdet for modusen er vist i figur 5.9.



Figur 5.9. Kommunikasjonsmodus med tilhørende oppgaver og data

5.10.1.1 Samband

Hos alle IOene foregår kommunikasjonen gjennom flere forskjellige kommunikasjonssystemer, deriblant internett, telefon, sms, samband og Snapchat.

5.10.1.2 Internett(fiber)

Det blir mer vanlig å trekke fiberkabel ut til de ulike lokasjonene, forteller IO 4. Hen forteller at de er mer avhengig av dette nå som mange av systemene deres avhenger av analyse som gjøres i skyen.

5.11 Annen informasjon som ble avdekket under intervjuene

Som avrunding av intervjuene ble det åpnet for at IOene kunne tilføre ny informasjon som kunne være av interesse for temaet.

5.11.1 Utstyr må opp av noten under større operasjoner

Den største utfordringen mange leverandører ikke tenker på er at utstyret må opp av noten under større operasjoner, påpeker IO 6. Dermed er de avhengige av at det er enkelt å ta opp, slik at det ikke skaper mer arbeid. Alt utstyret må ut når noten skal spyles eller ved trenging. I tillegg må utstyret vedlikeholdes. Det samme gjelder for tilhørende ledninger. Noe av utstyret veier over 100kg, og hvis det faller ned i noten risikerer det å lage hull, som igjen fører til rømninger.

5.11.2 Koble sammen systemene

All den informasjonen du presenterer vil ha størst nytteverdi hvis de kommuniserer sammen, forteller IO 3. Enkelte av systemene som blir nevnt eksisterer allerede, men de er ikke intergret i vårt overordnede system, forteller hen. Dette gjør prosessene mindre oversiktlige enn hvis alt hadde vært integrert, via [Application Programming Interface \(API\)](#), for eksempel .

6 Videreutvikling etter første intervjurunde

I dette kapittelet vil resultatene fra de semistrukturerte intervjuene presentert i kapittel 5 brukes til å videreutvikle tabellene 4.1 og 4.2. I sammenheng med metoden *Design-tenkning* (DT), beskrevet i kapittel 3.3, kan videreutvikling av tabellen ses på som en kombinasjon av trinn en og to. Her defineres innholdet i tabellen på nytt og det skapes en ny ide. I tillegg til å fokusere på bevaring av *Situasjonsforståelse* (SA), beskrevet i kapittel 2.2, under prosessen.

De modifiserte modellene finner du i tabellene 6.1 og 6.2. Basert på disse er det designet et visuelt oppsett for hvordan de ulike modusene kan settes opp. Dette blir beskrevet nærmere i kapittel 7.

6.1 Modus i sin helhet

Tilbakemeldingene fra deltakerne er at en inndeling med moduser kan være en god løsning for å bygge fremtidens kontrollrom. Det vil derfor bli beholdt som en overordnet måte å dele inn dashbordet på.

Modus	Oppgave	Data	Brukerstøtte	Alarm og Varsling	Reguleringer/inngrep
Foring		Biomasse	Trender vs sanntid	Store avvik	Begrense/tilføy mer for
		Foringsmengde	Logg	Store avvik	Begrense/tilføy mer for
		Silomengde	Logg	Lav silomenge	Sende bestilling av for
		Pelletsdektetering	Blir pellets spist	Pellets blir plukket opp i slam	Endre pellets/ begrense / tilføy mer for
		Vannstrøm	Hastighet	Pelletsen driver utenfor merden	Endre utføringspunkt
		Trykk i foringslange		Unormalt trykk i slange	Utblåsing av slange
		Ekkolodd	Biomassefordeling		
		Ventil	Åpen/lukket		
		Kamera			
		Oksygen	Sanntid	Lavt oksygennivå	Tilføy oksygen/skifte ut vann
		Temperatur	Trender vs. sanntid	Unormal temperatur trend	Sjekk tilstand på merd
Fiskevelferd		Fiskehelsekamera	Ytre skader og bevegelse	Store skader	Inspisere merd og not
		Ekkolodd	Biomassefordeling		
		Dødfisk	Trender vs sanntid	Høyt antall dødfisk	Hente opp dødfisk
		Antall lus	Trender vs sanntid	Avvikende lusetall	Sette ut renseskum
		Tag	Normal vs Sanntid	Større avvik	
		Adferd	Logg	Større avvik	Mer observant
		Behandlingshistorikk	Logg	Gjenn tatt behandling	Mer observant
Miljøovervåking		Okysgen	Sanntid	Lav oksygennivå	
		Lyd	Sanntid		
		Lys	På/Av og tid		
		Temperatur	Trender vs sanntid	Unormal temperatur trend	Sjekk tilstand på merd
		Aktivitet i merd	Trender vs sanntid	Lavt aktivtestnivå	
		Vannstrøm	Sanntid og prognose		
		Turbiditet	Sanntid		
		Salinitet	Sanntid	Lavt/høyt nivå	Tilføy nytt vann
		Havbunn	Sanntid og Prognoser	Avvikende verdier	Endre driften

Tabell 6.1: Oversikt over modus, oppgave og tilhørende data med deres alarmer

Modus	Oppgave	Data	Brukerstøtte	Alarm og Varsling	Reguleringer/inngrep
Håndtering	Trenging	Oksygen Ekkolodd Fiskehelsekamera	Trender vs sanntid Biomassefordeling Ytre skader og bevegelse	Lavt oksygennivå Lite luftrom Store skader	Tilføre oksygen/skifte ut vann Utvide plassen Inspisere merd og not
	Brønnbåt	Kommunikasjon			
	Registrering	Behandlingshistorikk Merdoversikt	Logg Logg og omregistrering	Gjenn tatt behandling	Mer observant
Fôrbåt		Silomengde Fôrmengde Fôrmottak	Logg og prognoser Kalender	Lav silomenge	Sjekke bestilling for Endringer
Integritet	Overordnet tilstand	Algedeteksjon Slamdeteksjon Hulldeteksjon Dybde Kamera ROV Groe Vannstrøm	Trender vs sanntid Trender vs sanntid Sanntidsendring Sanntid og prognose	Over normal tilkomst av alger Avvikende mengde slam Nye eller potensielle hull Sjekke tilstand på anlegg Setter seg fast Høy begroing	Flytte merd til annen not Fjerning og spyling Dykker reparerer Fysisk dykke å fjerne spyling
	Utskifting av vann	Oksygen Hastighet vannstrøm	Trender vs sanntid Regulert ift. biomasse	Lav oksygennivå Store avvik fra anbefaling	Tilføre oksygen eller skifte ut vann Øke vannstrømmen/Lage nye innganger for vannstrøm
	Slam	Næringsinnhold			

Tabell 6.2: Oversikt over modus, oppgave og tilhørende data med deres alarmer

6.2 Foringsmodus

Tilbakemeldingene for fôringsmodusene tilsier at det er den viktigste modusen og den som blir brukt mest. Oppgaveinndeling som er foreslått med Av/På og silosystem kan slås sammen til én. Dette skyldes at man tar i bruk det majoriteten som tidligere falt under oppgaven silo, samtidig som fôringen pågår.

I begynnelsen av arbeidet med denne oppgaven ble det antatt at størrelsen på biomasse var en viktig del av fôringsprosessen, men undersøkelsene og intervjuene har vist at dette er noe som kun undersøkes i perioder og ikke til enhver tid. Det er likevel relevant å se på forventet vekst basert på fôringsmengden som er gitt, opp mot faktisk vekt. På den måten er det mulig å vite om fisken tar opp fôret som gis, eller om det er noe som avviker fra normalen.

På grunn av sammenslåingen av de ulike oppgavene blir det naturlig at silomåler og silomengde kun blir satt opp en gang. De fikk ulikt navn i første utkast av tabellen, men det kom frem at en silomålers oppgave er å vise silomengde. Loggføringen av bruk, varsling av lav silomengde og bestilling, kan beholdes slik det er satt opp.

Pelletsdetektering er fremtidsrettet, og systemene som er under utvikling blir aktivt testet av røktere. Spill av fôr er en stor konstandspost og det antas at det vil ha en sentral rolle i tiden fremover, og blir beholdt slik den står.

Under fôring så er informasjon av vannstrøm en viktig, men komplisert del. For brukeren må det fortelle hastighet og helst hvor fôret potensielt bør slippes ut, for å bistå operatøren med fôringen. Varsling om endret retning kan være nyttig for å minske fôrspill.

I undersøkelsene kom det frem at trykk er det som brukes mest under fôring sammen med kameraobservasjoner. Det var ikke satt opp BSS for dette i tabell 4.1, men det kan likevel være hensiktsmessig å ha med en logg. På den måten er det mulig å se hvordan intensiteten til utfôringen endrer seg i løpet av en dag og potensielt en lengre periode om ønskelig. For varslingssystemet og reguleringene blir det ingen endringer.

I sammenheng med silomengde under fôring trengs det informasjon om ventilene til siloene. Et behov for varsling ble ikke nevnt under intervjuene og det krever ingen direkte inngrep.

Kamera beholdes slik det står. Det er ikke ønskelig med direkte varslingssystem for kameraet, foruten når det ikke fungerer. Det er likevel noe som observeres av operatøren og som per nå ikke kan varsles om før fisken faktisk dør. En løsning kan være å sette opp en planlegging for vedlikehold av kamerautstyr. Kamera som tidligere lå under silo og system, fjernes ettersom den blir overflødig i forhold til silomåler.

Oksygen er livsnødvendig for fisken, og skal være med. I BSS er fokuset hvordan oksygennivået er i sanntid. Det kan gis et varsel ved lavt nivå for å fôre mindre og gjøre operatøren mer observant på fiskens oppførsel. Det vil ikke føre til direkte inngrep.

Temperatur skal være med i neste tabell. Det brukes ikke aktivt, men å undersøke det daglig er vanlig.

Biomassefordeling er ønskelig informasjon for brukeren under fôring. Informasjonen kommer i form av et visuelt bilde som viser fordelingen slik at det kan fôres med høy intensitet i deler av noten med flere fisker. Det er ikke direkte behov for varsling og heller ingen direkte inngrep som kan gjøres for å fordele biomassen ut i noten. En måte å få en slik oversikt på er ved bruk av ekkolodd og ved å videreutvikle utstyret for en større åpningsvinkel.

Ut i fra tilbakemeldingene for informasjon om sesong har den ingen verdi alene. Det vil heller være hensiktsmessig å integrere den inn sammen med BSS for biomasse.

6.3 Fiskevelferdsmodus

Fiskevelferd er i økende fokus hos deltakerne, til tross for at det ikke overvåkes hele døgnet hos enkelte bedrifter. Av den grunn bør det fortsatt være en modus.

Å måle stress hos fisken er ikke mulig slik det er i dag, men er ønskelig å få til i fremtiden. Gjennom intervjuene kom det frem at det å måle stress alene, ikke nødvendigvis vil gi en indikasjon på hvorfor fisken er stresset. En mulig løsning er å slå sammen denne informasjonen med ønsket om data for fiskehelsekamera og adferd. Hvis en kan knytte informasjon til den enkelte fisk og dens utvikling kan man finne roten til stress og adferd, som videre kan føre til nyttige tiltak for å bedre fiskehelsen. Et naturlig oppsett blir derfor fiskehelsekamera, med BSS for fiskens ytre skadeforløp, bevegelsesmønster og i sammenheng med vekst. I tillegg kan man ha en varsling hvis det forekommer store skader eller flere skader over kort tid.

Det ble ikke nevnt som en mangel fra informantene å ha med biomassestørrelse, men undertegnede tenker at det er naturlig å se fiskens vekst i sammenheng med fiskevelferd. Brukerstøtten bør være slik som under fôringsmodus, se kapittel 6.2.

Dødfisk blir stående som tidligere. I tillegg til å hente opp dødfisken, bør det være en enkel måte å varsle veterinær på, som et inngrep.

Data for antall lus som kommer fra lusekamera blir stående slik det er.

Tag ble omtalt av deltakerne og kan ha potensiale. Det blir lagt til med BSS med hensikt å vise data for potensiell puls og oksygenopptak, sammenlignet med normalen til den fisken. Hva som gir den mest nyttige informasjon må undersøkes nærmere og har mulighet for forbedring. Varslingen vil inntreffe der det er store avvik og inngripen avhenger av hvilken parametere som avviker.

En mulighet for å registrere adferden til fisken må legges til i oppsettet etter anbefaling. Et BSS kan være en grafisk fremstilling av loggføringen for adferden som viser avvik.

Det gir også en mulighet til å sammenligne trekk for nåværende og tidligere adferd. For varslingsystem kan det være store avvik over en lengre periode. Ettersom fisken ikke nødvendigvis er syk, kan det være vanskelig å gjøre spesifikke inngrep og en må være observant under en slik periode.

Det bør legges til en mulighet for loggføring av sykdommer som tilhører en spesifikk merd, beskrevet i kapittel 6.5.

6.4 Miljøovervåkingsmodus

For miljøovervåking gjelder tilsvarende som for fiskevelferdsmodus i kapittel 6.3. Det utelukker derfor ikke bruken av deler av dataene som fortsetter å være relevant for fremtidens kontrollrom og blir beholdt som en overordnet modus.

Dybdesensor blir flyttet til integritetsmodus, se kapittel 6.7.

I tillegg til å se på vannstrøm for foring, kapittel 6.2, er det fortsatt relevant å ha den med tanke på konstruksjon og hvordan den treffer anlegget. For åpne anlegg vil det trolig ikke være behov å vite hvordan trenden til vannstrømmen skal være, men hva den er i sanntid og basert på matematiske modeller i sammenheng med det kommende været. Varsling er det ikke behov for og det kan heller ikke gjøres direkte tiltak for å påvirke vannstrømmen. For lukkede anlegg kan vannstrømmen reguleres, og BSS bør bidra med en matematisk modell basert på fôringsmengde som kan avgjøre hastigheten. Når man måler lav/høy vannstrøm av fiskens biomasse kan en varsling gå av og tiltak vil være å øke/senke den.

For måling og data for oksygen er det for tradisjonelle anlegg ingen vanlige reguleringsmuligheter. Det fremkommer heller ikke behov for å se oksygentrenden, kun hva den er i sanntid.

Lyd og støy blir omtalt som det samme av IOene og det er derfor naturlig å endre dataene til dette i tabellen. Videre er det sanntidsdata som er relevant, og dermed kan behovet for varsling og tiltak fjernes.

For data om lys, blir det ikke gjort direkte målinger på lysstyrken og det er heller ingen direkte varslingsbehov eller reguleringer. Det fremtidige behovet for data for lys kan forstås til å være om det er av- eller påslått og hvor lenge det har vært det. For sommertid hvor det i deler av Norge er konstant lys, er det ingen behov eller tiltak for å gjøre det mørkere.

Temperatur i vann og overvann blir registret hver dag. En prognose basert på værmeldingene vil være naturlig som BSS. En varsling for store endringer har ingen direkte tiltak, men kan være nyttig til fôring.

Turbiditet måles, men det er lite som kan gjøres med det. Den blir stående som noe som måles, men uten alarmer og tiltak.

Salinitet måles av alle og blir dermed stående. Det kommer frem at salinitet er mer relevant for lukkede anlegg, som kan ha behov for varsling ved lave/høye verdier og mulighet til å regulere det med nytt vann.

Bølger og deres størrelse integreres som en del av overvåkning av vannstrømmen.

En nytt punkt som blir tatt med er havbunn. Ved å samle inn data for dagens tilstand og trenden den går mot, vil det enkelt kunne gjøres tiltak for å redusere påkjenning og skader på havbunnen. Deretter varsle om avvikende verdier og stoffer.

6.5 Fra Avlusing-, Brønnbåt- og Trenging- til Håndteringmodus

Basert på IOenes meninger vil det være hensiktsmessig å slå sammen de tidligere modusene Brønnbåt, Trenging og Avlusning. Da sitter vi igjen med det vi har valgt å kalle håndteringsmodus, ettersom det i hovedsak omhandler håndtering av fisken ved behandling og slakting.

Trenging kan settes som en oppgave, med data for oksygen, ekkolodd og fiskehelsekamera. Data for oksygen er tilsvarende som tidligere. Fiskehelsekamera sammen med ekkolodd viser hvordan biomassen fordeler seg nedover i trengingsområdet. Fiskehelsekamera varsler visuelle skader, med inngrep som å stanse prosessen helt eller endre den, slik at skadeomfanget er mindre. Ekkoloddet varsler hvis det er mangel på luftrom for fisken.

For den tidligere modusen Brønnbåt faller all tilhørende data bort. Den kan endres til å bli en oppgave, hvor den eneste informasjonen man trenger er muligheten til å kommunisere gjennom VHF. Det som tidligere var satt opp er ansvarsområder som tilfaller operatøren på brønnbåten.

Ved sykdom eller lus er det tilkalling av veterinærene som gjelder, og dette vil falle under modusen fiskevelferd i kapittel 6.3. Det vil derfor være naturlig å fjerne lusetelling fra den tidligere modusen om avlusing.

Etter en behandling ses det, på skaden til fisken. Dette faller igjen under modusen for fiskevelferd i kapittel 6.3, hvor bruk av fiskehelsekamera kan registrere ytre skader og viser dette i en trend.

Et behov som ble belyst er et loggføringsssystem for merden som har gjennomgått behandling. Det er naturlig at det forblir under denne modusen, men i tillegg legges til under modusen for fiskevelferd, se kapittel 6.3. Hvis en merd har gått gjennom flere behandlinger under en kort periode kan en varsling for å observere merden nærmere være hensiktsmessig. Direkte tiltak avhenger av behandlingene som er gjort.

Etter at en merd er håndtert blir det opplyst om at den flytter over til en annen not. En oversikt over nøtene på anlegget og tilhørende merder bør være med under denne modusen som en form for BSS, med mulighet til å endre plassering og gå tilbake i loggen

for hver merd og not. Det er ikke nødvendig med varslingsystem eller tiltak.

6.6 Fôrbåtsmodus

Det som tidligere var satt opp som oppgaven tilkobling tilfaller operatøren på fôrbåten. Modusen står dermed igjen med det som omhandler mottak og overføring, inndeling i oppgaver blir derfor ikke brukt.

Silomengde blir beholdt i oversikten, i tillegg til å legge til BSS for mengden frem i tid basert på matematiske modeller.

Data som viser mengde fôr som fôrleverandør har beregnet er nødvendig å levere. Det er ikke behov for varslings for dette, men heller mulighet til å kunne kommunisere til fôrleverandør om det trengs en mindre eller større mengde.

Et nytt datasett med en oversikt over når fôr er forventet levert, i form av en kalender. Når fôret er klart til levering og hvordan overføringen skal skje. Dette vil variere mellom anlegg ettersom, enkelte anlegg er mer automatiserte enn andre. I fremtiden vil overføringen kunne skje uten direkte kommunikasjon mellom fôrbåt og operatør. Det kan likevel være hensiktsmessig å ha en oversikt over når fôrbåten kommer.

6.7 Integritetsmodus

Ut ifra tilbakemeldingene er det ikke et umiddelbart behov for en modus som ser på integriteten til anleggene. Likevel uttrykte IOene ønske om en oversikt over integriteten og et automatisk varslingsystem som forteller om tilstanden til anlegget, for å kunne bestille spyling og vasking av nøtene.

For alger tas det prøver av vannet og observeres med kamera. Det er per i dag ikke mulig å gjøre noe for å unngå alger, men en kan se på muligheten til å flytte merden fra en not til en annen not. Dette kan gjøre siden algene kan være veldig lokale.

Slamdeteksjon er i praksis et kamera eller en ROV. Slam i seg selv har potensialet til å bli utnyttet videre. Gjennom å vise næringsinnholdet og ved hurtig prøvetakning, kan det brukes til å se på hvilke stoffer fisken tar opp fra pelletsen. Oppgaven for slam blir derfor stående slik den er.

På lik linje som slamdeteksjon er hulldeteksjon i praksis et kamera eller en ROV, og i enkelte tilfeller dykkere. I fremtiden vil det være ønskelig med et autonom ROV som observer, varsle om hull og syrer det igjen.

Kameraobservasjoner for integriteten til merden forstås å i all hovedsak skje under andre oppgaver og ved tilfeldigheter, som fører til rensing. Kamera kan likevel beholdes, ettersom det er det eneste verktøyet sammen med ROV som brukes til å observere groe, slam, hull

og alger. Ut ifra disse bildene blir spyling eller reparasjoner bestilt av eksterne parter. Et BSS som kan skille groe og slam fra hverandre i kamerabilde vil være sentralt for å bestille vasking eller fiksing av nøter.

Groe ble påpekt som naturlig å observere under integritetsmodusen, og det gjøres også ved hjelp av kamera. Ingen direkte tiltak for å unngå groe er mulig. Ved høy begroing bør det være et varsel om nødvendig spyling.

For dybden er det fremmes det behov for overvåking i sanntid, for å kunne se hvordan anlegget er plassert i havet. Ved større endringer, bør det varseles.

Vannstrøm påvirker integriteten til anlegget og beholdes i denne modusen. Det fungerer på tilsvarende måte som beskrevet i modusen miljøovervåking i kapittel 6.4.

Oppgaven Utskiftning av vann, gjelder i hovedsak for lukkede anlegg og ble ikke omtalt. Det er grunn til å tro at det fortsatt er et behov for dette og dermed blir det stående slik det er.

For oppgaven slam vil den kun omhandle en oversikt over næringsinnholdet. Selve slamdeleksjonene vil foregå under den overordnede tilstanden.

6.8 Kommunikasjonsmodus

Det blir bekreftet gjennom IOene at god kommunikasjon er en viktig del av driften på et oppdrettsanlegg. I denne oppgaven falt valget likevel på å fjerne kommunikasjon som en egen modus da det fremstår mer naturlig å integrere det inn i hele systemet. Det vil derfor fjernes fra tabellen og oversikten. Til tross for at kommunikasjon fjernes, vil kommunikasjonsverktøy fremtre som en mikrofon i modellen som blir designet i kapittel 7.1. Der vil mikrofonene, eventuelt tilsvarende, være tilgjengelig ved alle de ulike modusene.

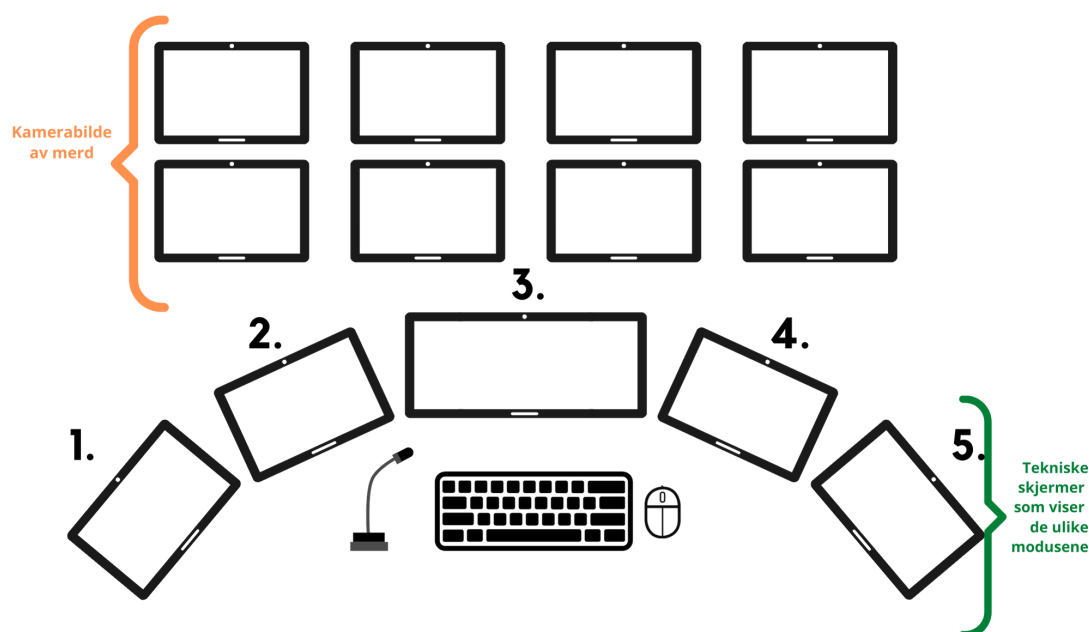
7 Modellering av kontrollrom

I dette kapitlet legges modellen for et konseptuelt kontrollrom for et fjernstyrt oppdrettsanlegg frem. Modellen er en visuell fremstilling av den informasjon og den videreutviklede tabellen fra kapittel 6. Bakgrunnen for avgjørelsene for oppsettet generelt og for hver modus blir presentert.

I sammenheng med metoden *Design tenkning (DT)*, beskrevet i kapittel 3.3, kan dette ses på som en prototype som går inn under trinn tre som er testing.

7.1 Overordnet oppsett

Det overordnede oppsettet, sett i figur 7.1, har tatt utgangspunkt i MOWI sitt oppsett fra bilde 2.7. I tillegg til dette ble bilder av føringscentralen til *Salmar* og *Bjørøya* vist underveis i intervjuene



Figur 7.1. Overordnet oppsett for kontrollrommet, med plassering av kamerabilde og tekniske skjermer

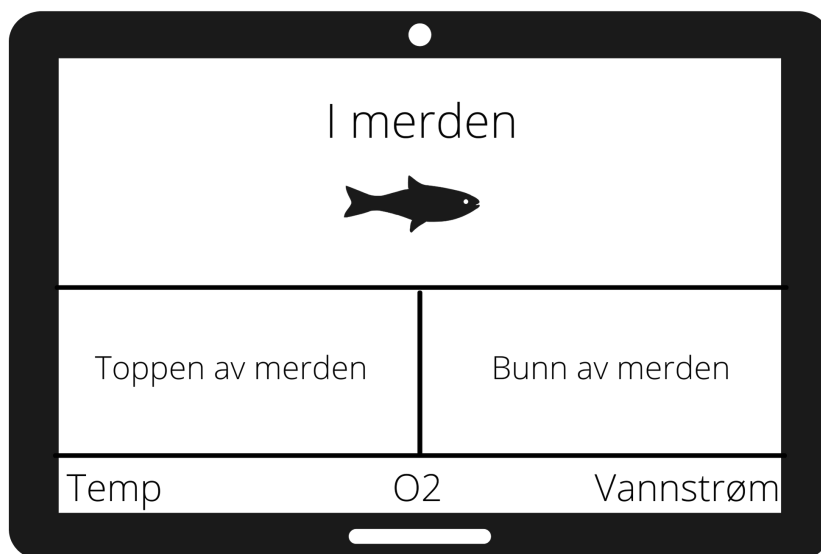
Kamerabilde var en sentral del i alle de ulike modusene som ble omtalt under intervjuene. Det ble dermed et naturlig valg å alltid ha kamerabildet synlig uavhengig av hvilke modus som ble satt opp. Antall skjermer for kamera ble satt til åtte som demonstrasjon, men vil avhenge av antall merder operatøren har oversikt over og vil variere fra selskap til selskap.

Det er satt opp fem tekniske skjermer. Skjermene 1. og 5. på ytterkanten er tenkt å inneholde informasjon som brukes mindre aktivt. Det vil si at de undersøkes i starten av en operasjon, men de trenger ikke kontinuerlig monitorering og oppmerksomhet. For skjerm 2. og 4., er det tenkt at innholdet skal brukes mer aktivt til å holde oversikt under ulike prosesser. Hovedskjermen, angitt som nr 3., er tiltenkt å utføre oppgavene og reguleringene ved de ulike modusene. Denne er også satt til å være bredere enn de andre for å kunne gi oversikt over flere deler av en prosess samtidig. Det er satt opp slik for at den mer perifere informasjonen ikke skal fjerne fokuset fra de viktige oppgavene, for å bedre ivareta en god SA.

En mikrofon, et tastatur og en mus er også satt opp. Mikrofonene er for kommunikasjon og ettersom de brukes under flere moduser ble disse mikrofonene tatt ut av de tekniske skjermene. I tillegg til mikrofon, kan hodetelefoner, telefon og VHF tas i bruk. Tastatur og mus ble tatt med som verktøy for å navigere på samme måte en gjør på en vanlig maskin. Et videre steg kan være å utvikle dette ytterligere for å øke engasjementet og bruk av kognitive evner, slik som en styringstol på skipsbroer. Et eksempel på dette er Kongsberg sin K-master for navigering og styring fra broen[11]. Dette kan igjen bidra til økt SA.

7.2 Oppsett fra kamerabilde

Skrivebordet for kamerabilde er satt opp for tradisjonelle merder. I forarbeidet kom det frem at det i hovedsak er 3 kamerabilder per merd[55]. *Toppen* og *bunnen* av merden er stillestående bilder, imens *I merden* er kamera som kan flyttes på og derfor satt til å ha en større del av skjermen som vist i figur 7.2.



Figur 7.2. Inndeling av skjerner for kamerabilde med oksygen, temperatur og vannstrøm

På nedre delen av skjermen er det satt opp tallvariabler for temperatur, oksygen og vannstrøm. Disse er inkludert ettersom denne informasjonen har stor nytteverdi i flere av modusene.

7.3 Fôringsmodus

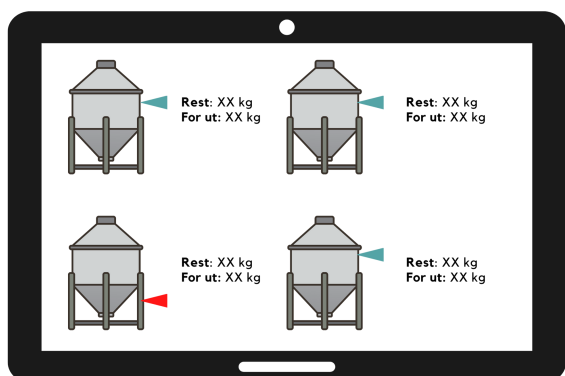
Når det gjelder fôringsmodus er alle fem skjermene tatt i bruk som demonstrert i figur 7.3. Den første 7.3.1 viser silomengden på de ulike silobeholderne. Det er tatt i bruk visuelle piler med trafikklysfarger, for å indikere når det er stor, middels og lav silomengde. I tillegg står det resterende fôrmengde på tanken, samt hvor mye som er fôret ut. Dette er beregnet med matematiske modeller.

På den andre skjermen finner vi vannstrømmen til merden, se figur 7.3.2. Den viser den matematiske simuleringen av hvordan vannstrømmen er inne i merden, med utgangspunkt i vannstrømmen utenfra og den simulerte vannstrømmen som fiskene gir. Basert på dette skal den gi et utfôringspunkt, slik at fôret holder seg i merden til det blir spist. For anlegg med overvannsfôring vil det ikke være like aktuelt med utfôringspunkt, men det kom frem i intervjuene at det trolig blir mer aktuelt i fremtiden.

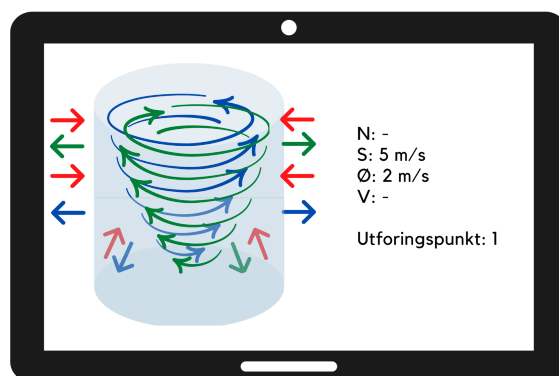
På den tredje skjermen, dvs. hovedskjermen og i figur 7.3.3, finner vi selve reguleringsystemet. Her velges hvilken lokasjon og tilhørende merder det jobbes med og hva som skal vises på de andre skjermene, ettersom hver merd vil ha ulik biomassefordeling og vannstrøm. Det bestemmes hvilke merd som skal fôres og hvor det er mulig å åpne og lukke tilhørende ventiler. Dette er visuelt fremstilt med fargene rød og grønn, for enklere oppfattelse av brukeren. Fôrerer kan bestemme hvor høyt trykk det skal fôres med. Den matematisk kalkulerte fôringsmengden blir vist som tall, satt opp mot dagens fôringsmål.

Den fjerde skjermen viser biomassefordelingen i merden. Denne var ønsket av IOene, både for å se fordelingen i merden, men også for å kunne velge intensiteten ved utfôringen. Det er tatt med en grafisk fremstilling i modellen for å vise fiskens vekst opp mot prognosene. Det kan ses i figur 7.3.4. Denne prognosen skal ta i betraktning hvilken sesong fisken ble satt ut, ettersom det vil påvirke prognosen.

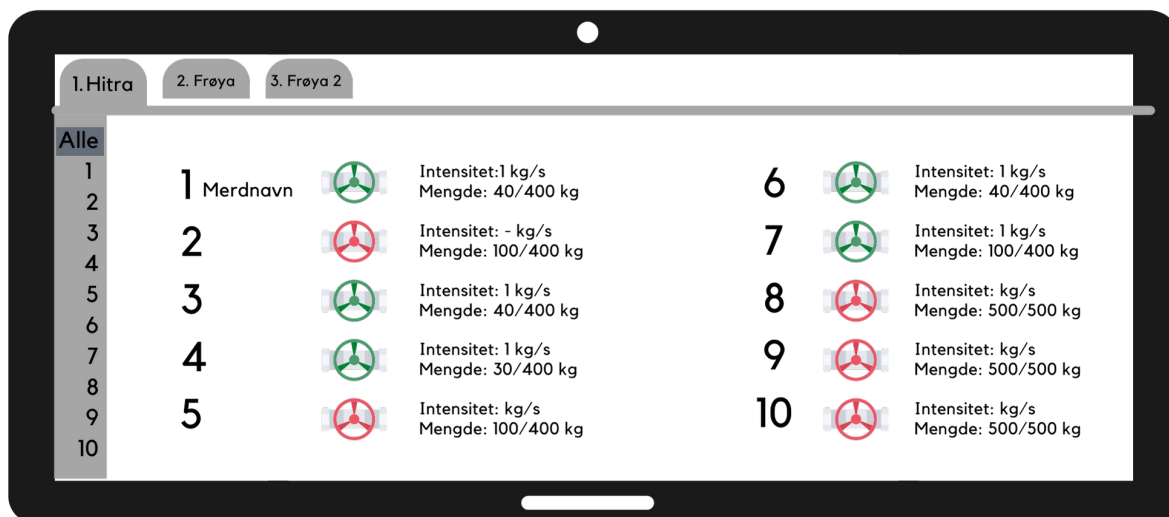
Den femte og siste skjermen markerer pelletsen i den noten som er valgt fra hovedskjermen. Pelletsdetektering er satt på en skjerm i ytterkantene ettersom det ikke er så relevant før senere i fôringsprosessen. Hvis mye pellets blir detektert skal dette varsles om i kamerabildene til tilhørende merd. Figur 7.3.5 hviser hvordan dette kan se ut.



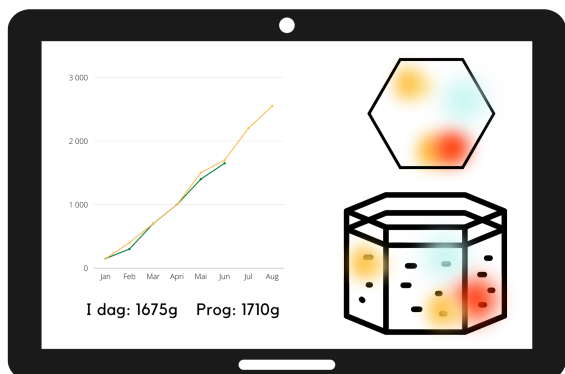
1. Silomengden



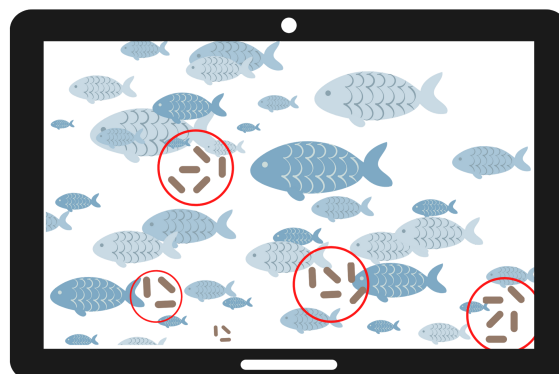
2. Vannstrøm med utføringspunkt



3. Styring av foring og dens intensitet



4. Biomassefordeling og størrelse



5. Pelletsdetektering

Figur 7.3. De tekniske skjermene under føringsmodus

7.4 Fiskevelferdsmodus

For fiskevelferd er alle fem skjermene tatt i bruk, demonstrert i figur 7.4. På den første skjermen er statistikken for antall dødfisk som er i merden og forventet gjennom en sesong eller etter en gitt behandling. I tillegg til en øvre grense som varsler ved høy dødelighet og muligheten til enkelt å kontakte veterinær. Figur 7.4.1 illustrer dette.

På den andre skjermen, figur 7.4.2 har vi fremtidens tag og den ønskede muligheten til å registrere og se historikk for adferd. Faktiske parametere er ikke bestemt, det vil avhenge av hva som blir forsket frem som nyttig i de kommende årene.

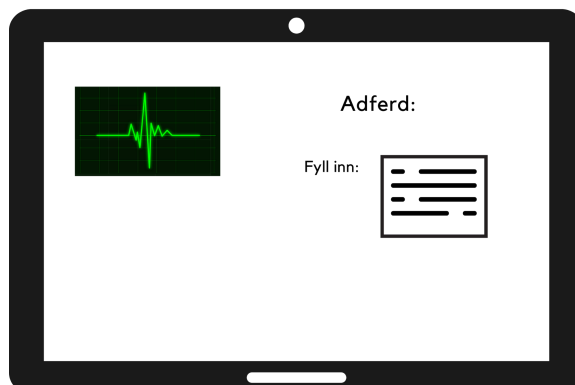
For skjerm tre, altså hovedskjermen og figur 7.4.3, skal BSS markere potensielle skader med visuelle markeringer for å enklere fange oppmerksomheten. Ytterligere viser den statistikken for antall skadede fisker som er registrert totalt. Det vil være mulig å gå tilbake i bildene for å se på de enkelte fiskene som har passert og hvordan deres skader er. Ved et unormalt høyt antall registrerte fisker er det tenkt fargekoding på tallene og varslingsmelding vist på de overordnede kamerabildene til merden.

Figur 7.4.4 viser den fjerde skjermen. Den viser biomassen, tilsvarende som under fôring, beskrevet i delkapittel 7.3

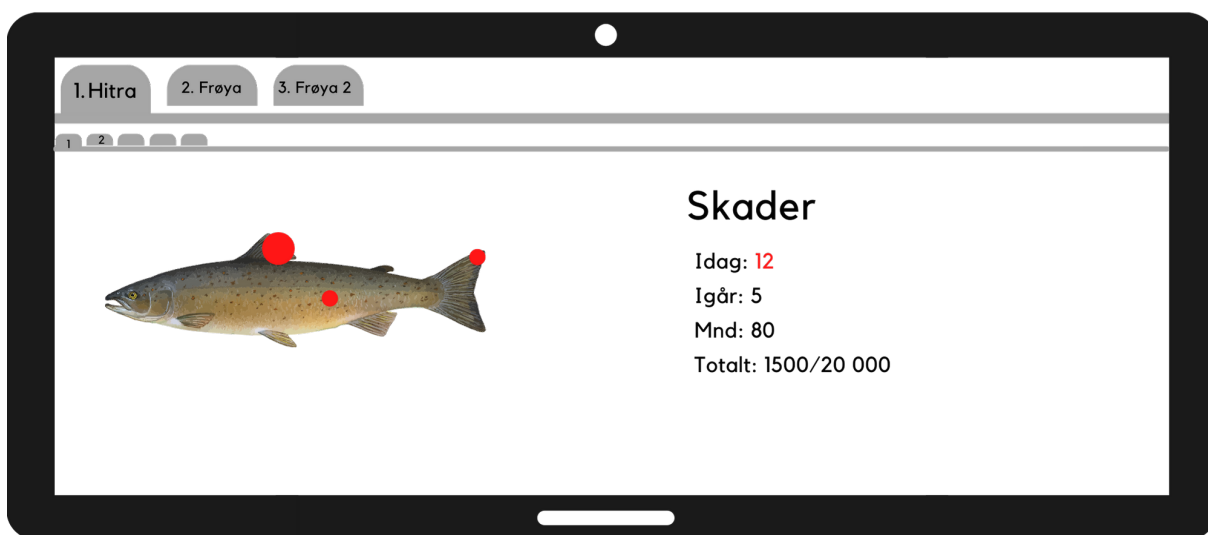
For skjerm fem, finner vi BSS for registrering og telling av lus. Det telles antatt mengde lus, opp mot det som faktisk er registrert. Behandlingshistorikk til merden vises også og er illustrert i figur 7.4.5



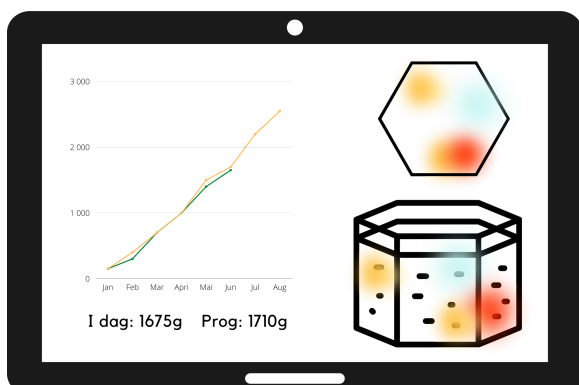
1. Dødfisk



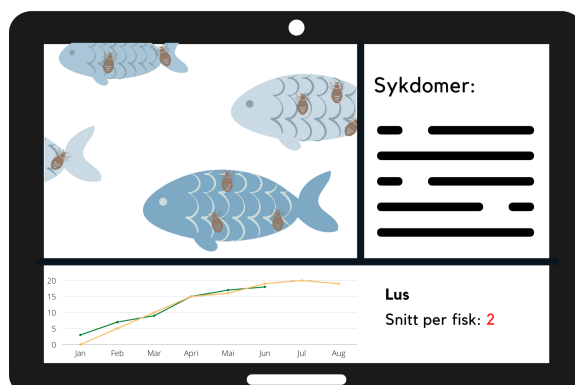
2. Tag og Adferd



3. Fiskehelsekamera



4. Biomassefordeling og størrelse



5. Lus og sykdomsforløp

Figur 7.4. De tekniske skjermene under fiskevelferdsmodus

7.5 Miljøovervåkingsmodus

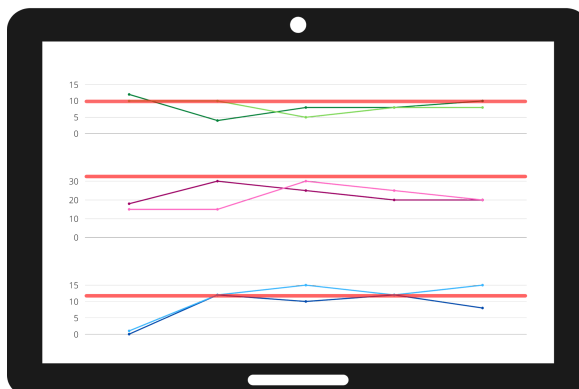
I modus for miljøovervåking blir fem skjermer tatt i bruk som demonstrert i figur 7.5. Den første skjermen viser en oversikt over havbunnen og hvilke stoffer som er registrert der ved analyse. I tillegg er det BSS som viser prognosene ved å fortsette produksjonen på tilsvarende vis. Dette er enkelt illustrert i figur 7.5.1

På den andre skjermen, figur 7.5.2, finner vi vannstrømmen til merden. Den tilsvarer tidligere modell for vannstrøm og er beskrevet i kapittel 7.3.

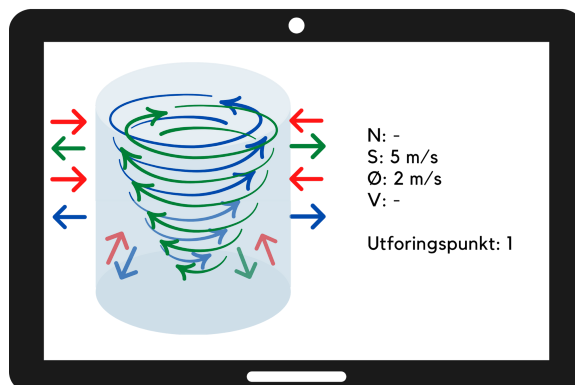
Figur 7.5.3 viser hovedskjermen med måling og prognosene for aktiviteten fisken har i merden, samt temperatur, oksygen og dybde. Disse er valgt å ha sammen, ettersom det kom frem under intervjuene at dette ofte påvirker hvordan fisken beveger seg. Ved lave eller høye verdier, blir det varslet på kamerabildene av merden det gjelder.

Den fjerde skjermen viser en oversikt over lysene som er tilknyttet nøtene. Det er det eneste som reguleres i denne modusen, med henholdsvis av og på av lysene. I tillegg til regulering av intensitet og informasjon om hvor lenge lyset har vært i bruk. Dette er modellert i figur 7.5.4

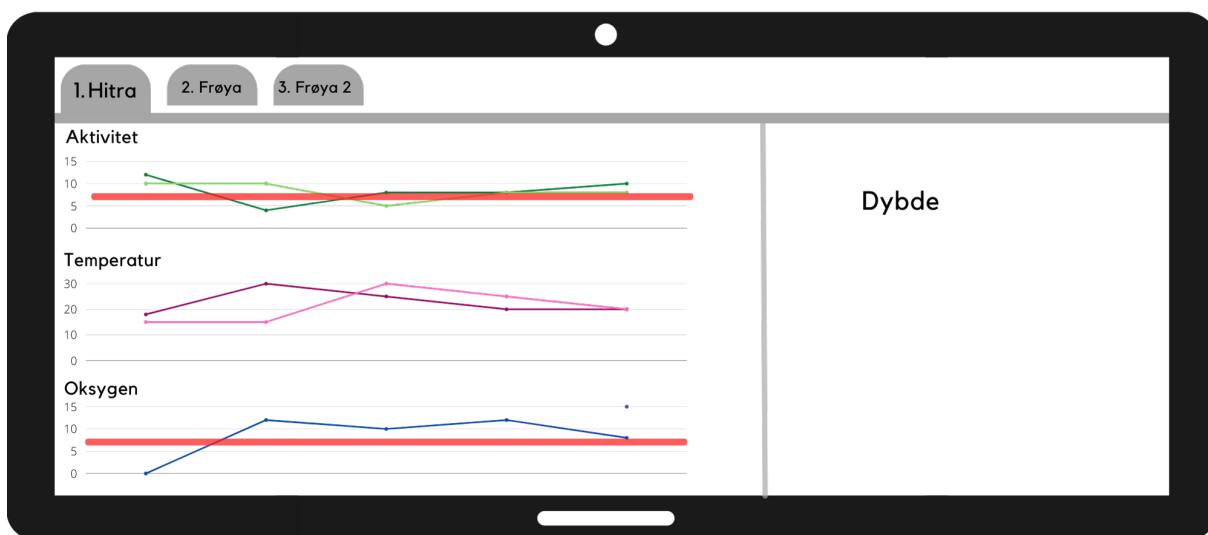
Videre på den femte skjermen finner vi salinitet, turbiditet og lyd. Parameterene vises i sanntid. For salinitet og turbiditet er i tillegg BSS som lager prognosen for fremtidige verdier. Figuren 7.5.5 viser dette.



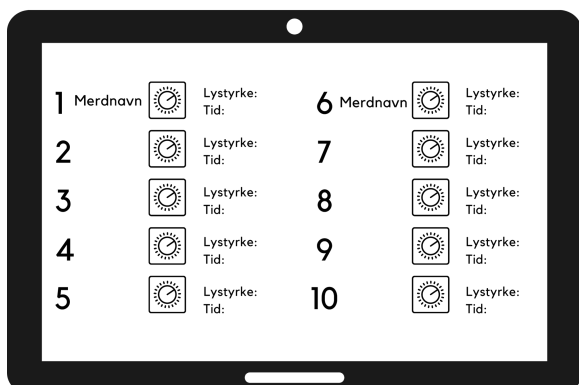
1. Innhold på havbunn



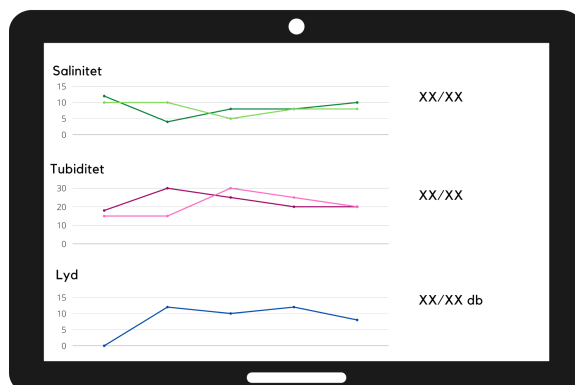
2. Vannstrøm med utføringspunkt



3. Styring av foring og dens intensitet



4. Regulering av lys



5. Salinitet, turbiditet og lyd

Figur 7.5. De tekniske skjermene under miljøovervåkingsmodus

7.6 Håndteringsmodus

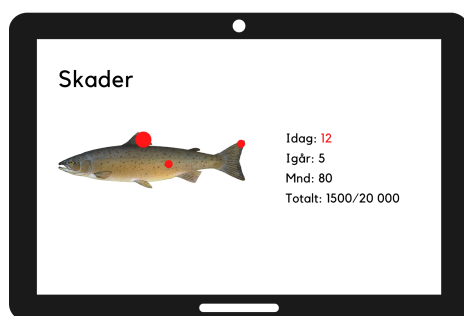
Håndteringsmodus tar kun i bruk fire av de fem skjermene, de fire er vist i figur 7.6. Dette kommer av at innholdet for modusen ble redusert betraktelig gjennom intervjuene. Den første skjermen står derfor tom og er ikke tatt med i figuren.

På den andre skjermen, figur 7.6.1, finner vi fiskehelsekamera tilsvarende delkapittel 7.4.

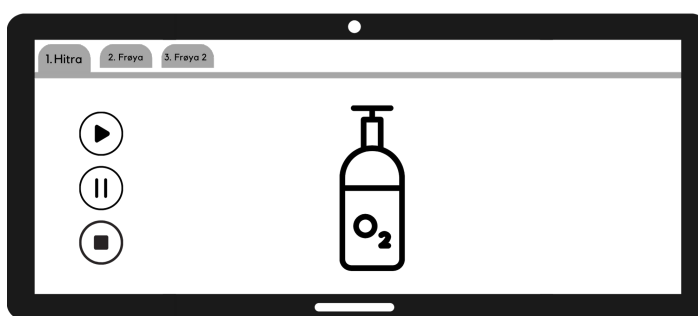
Den aktive interaksjonen med systemet skjer i hovedsak på skjerm tre, som demonstrert i figur 7.6.2. Her er det er mulig å starte, pause og stoppe trengingsprosessen, samt å tilføre oksygen.

Den fjerde skjermen, figur 7.6.3, viser biomassen i trengingsområdet, tilsvarende som under føring, beskrevet i delkapittel 7.3

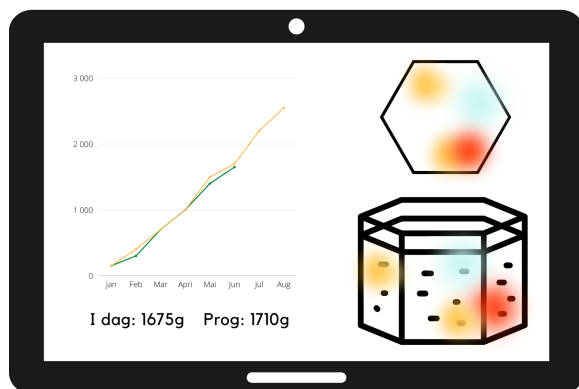
Den femte skjermen viser historisk informasjon tilknyttet hvilken not en merd er og har vært i tidligere. Tilsvarende for hvilke merder som har vært i en not. Det er mulig å registrere flytting av en merd fra en not til en annen, samt en logg for behandlinger og gjennomførte prosesser. Oppsettet er vist i figur 7.6.4.



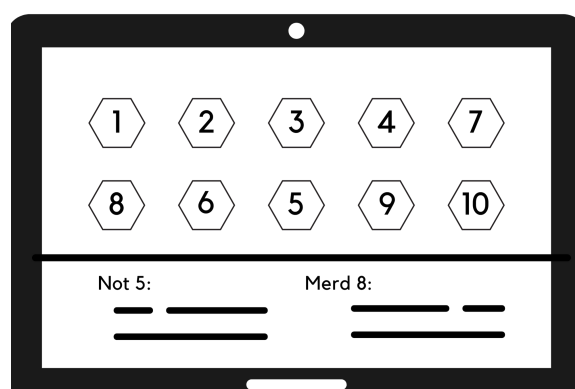
1. Fiskehelsekamera



2. Styring av trenging og tilføring av oksygen



3. Biomasse



4. Registrering

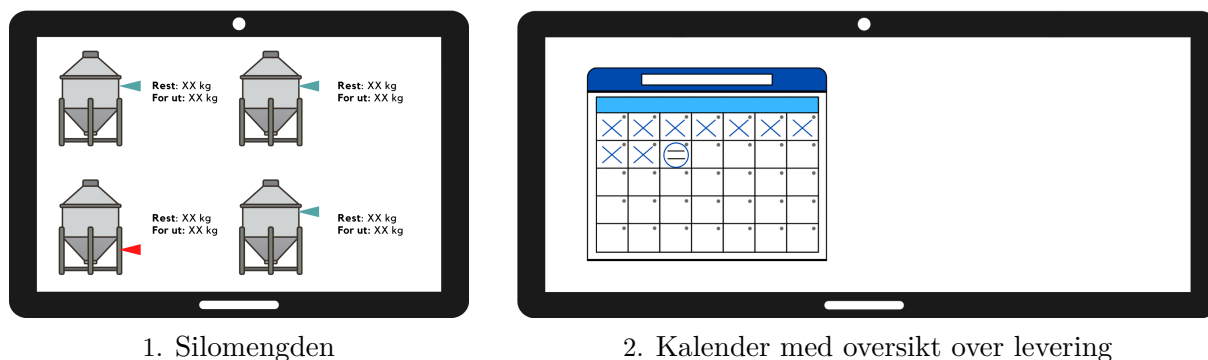
Figur 7.6. De tekniske skjermene under håndteringsmodus

7.7 Fôrbåtsmodus

Fôrbåtsmodusen tar kun i bruk to skjermer, demonstrert i figur 7.7. Dette er basert på opplysninger fra IOene og deres normale praksis, hvor fôrleverandør har hovedstyringen.

På den andre skjermen er det satt opp en oversikt over silomengden, vist i figur 7.7.1. Dette tilsvarer delkapittel 7.3.

På hovedskjermen, figur 7.7.2, finner vi en oversikt over leveringsdag og tidspunkt for de ulike anleggene. Dette var et ønske som ble belyst under intervjuene.



Figur 7.7. De tekniske skjermene under fôrbåtsmodus

7.8 Integritetsmodus

For overvåkning av integriteten til merden er det tatt i bruk fem skjermer som er vist i figur 7.8. Den første viser en grafisk fremstilling av næringsinnholdet til slammet og mengden av det.

På den andre skjermen, figur 7.8.2, finner vi vannstrømmen som er beskrevet i delkapittel 7.3. I tillegg til dette er det ønskelig at BSS skal vise hvordan det påvirker strukturen til anlegget.

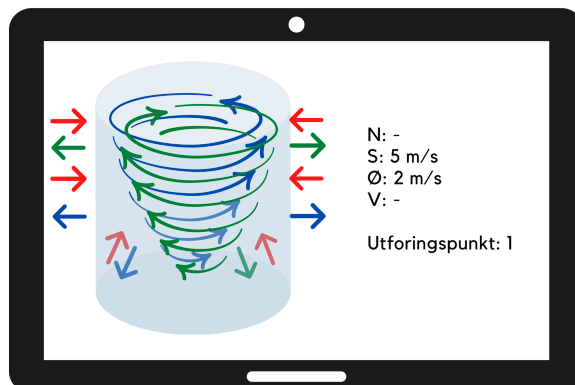
Hovedskjermen viser en ROV og er den skjermen som brukes til å navigere rundt med lokasjon. Dette er modellert i figur 7.8.3.

Utskifting av vann er det som er fremstilt i figur 7.8.4 for lukkede anlegg. Her forteller BSS deg hvordan vannstrømmen er og prognoser for hvordan vannstrømmen blir, ved å øke eller minske intensiteten til tilført vannstrøm.

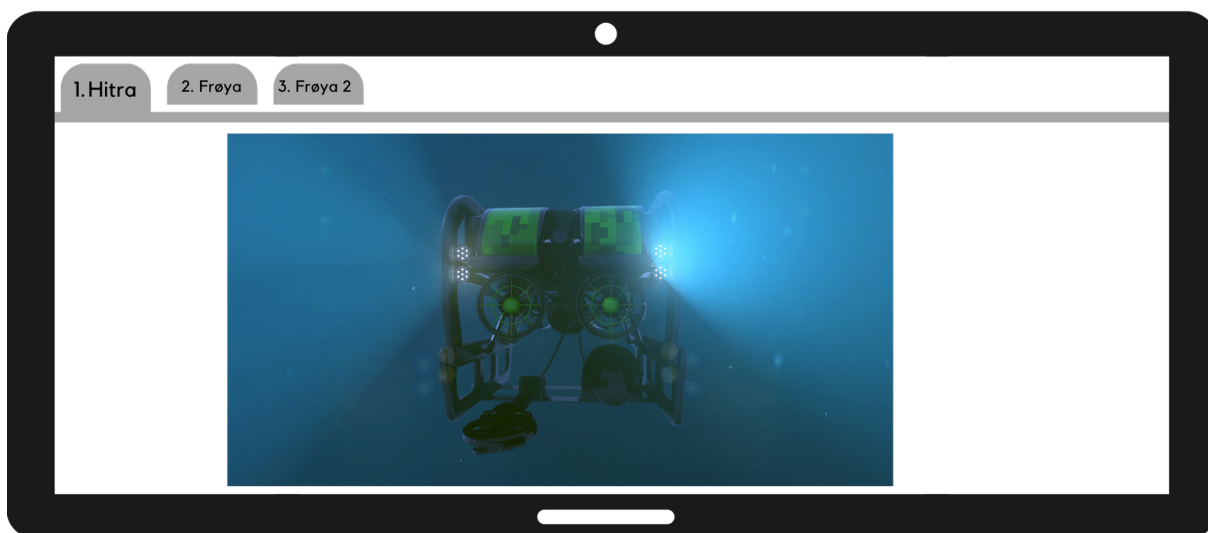
Figur 7.8.5 er en modellering av den femte skjermen som viser tilveksten av alger, groe og slam i nøtene og på anlegget. Dette fremstilles grafisk med sanntidsverdier opp mot prognoser basert på årstid og trend. Grafen inkluderer også en enkel funksjon for å bestille prøvetaking og rensing.



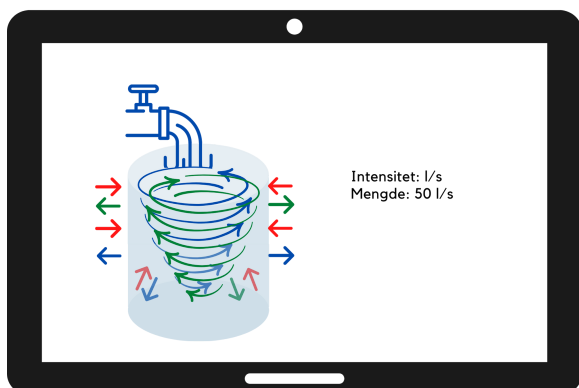
1. Næringsinnhold i slam



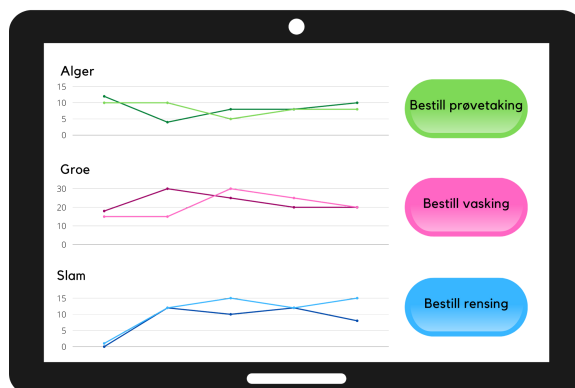
2. Vannstrøm med utforsingspunkt



3. Styring av ROV



4. Utskifting av vann for lukkede anlegg



5. Alger og groe

Figur 7.8. De tekniske skjermene under integritetsmodus

8 Resultater ved andre intervjurunde

I dette kapitlet presenteres resultatene fra den andre runden med semistrukturete intervjuer. Intervjuene tar for seg den konseptuelle modellen beskrevet i kapittel 7 med videreføring av moduser og deres tilhørende innhold. I tråd med metoden for *Design-tenkning (DT)*, beskrevet i kapittel 3.3, kan de semistrukturerte intervjuene ses på som en del av trinn tre. Her testes innholdet fra modellene beskrevet i kapittel 7. Det som legges frem i resultatene er tilbakemeldinger på oppsett, bruksområde og nødvendighet. Videre blir enkelte nye ønsker for modusene introdusert.

En oversikt over intervju spørsmålene og oppsett som ble sendt til deltakerene i forkant finnes i henholdsvis vedleggene A.2 og A.2.1. Oversikten ble sendt i forkant for at deltakerene enklere skulle kunne sette seg inn i oppsettet for å tilrettelegge for gjennomtenkte og konstruktive tilbakemeldinger under intervjuene.

I tabellene 5.1 og 5.2 er en oversikt over *Intervjuobjekt (IO)* og deres bakgrunn. Dette gir en forståelse av *IO* sine tilbakemeldinger basert på deres erfaringer og daglige oppgaver i næringen. De samme *IO*ene er intervjuet under begge intervjurundene.

8.1 Overordnet oppsett

IO 1, *IO 2*, *IO 3*, *IO 4* og *IO 6* var enig i oppsettet som ble introdusert. De påpekte at det må være mulig å ha flere eller færre skjermer om ønskelig, og at dette avhenger av anleggene som skal ta de i bruk. I *IO 5* sitt tilfelle ønsker hen å bytte om på kamerabildene og de tekniske skjermene, slik kommer kamerabildene nærmere operatøren og de tekniske er mindre i fokus. Både *IO 5*, *IO 3* og *IO 2* påpekte at det ikke måtte bli for bredt slik at det blir slitsomt for operatøren å følge med på alle skjermene. Det er viktig å tilrettelegge for god ergonomi på arbeidsplassen. *IO 2* tror en idé kunne vært å ha to skjermer som er kurvet og har ultra bredde, slik at du kan navigere mellom to skjermer istedenfor fem. *IO 2* påpeker videre at det er viktig at skjermene fungerer sømløst sammen.

Hos *IO 4* har de diskutert stillingen til operatøren og hvorvidt hen bør sitte høyere og ha skjermer på rundt 75". Dette vil gjøre det mulig å se over skjermene og ut på anlegget, samtidig som en klarer å se informasjonen som trengs. Dette gjelder mer for kontrollrom ute på anlegg, ettersom kontrollrom på land ikke har anlegg å se ut over. Det kan være begrenset med plass for å sette opp kontrollrommet slik og derfor ikke realistisk påpeker *IO 4*.

8.2 Oppsett fra kamerabilde

Det er en viss uenighet i hvordan skjermen skal deles opp med kamerabilder, men hos samtlige påpekes det at oppsettet avhenger av operatøren og ressursene som er tilgjengelig.

Hos IO 1 har de et kamera per merd, hvis skjermene deres hadde vært større kunne det være aktuelt å dele det opp ytterligere. Dette samsvarer også med det IO 3 forteller, at jo mindre bildet er, desto nærmere skjermen er operatøren avhengig av å komme. En mulig løsning kommer fra IO 2, som er muligheten til å klikke seg videre inn på de mindre kamerabildene for å gjøre dem større. Det vil si at ved å klikke på kamerabildet som viser bunnen av merden, vil den utvides til å fylle hele skjermen. IO 5 understreker at det er fisken som er i fokus og den vi trenger god oversikt over.

Med tanke på parametrene oksygen, temperatur og vannstrøm, er det enighet om at de har en sentral rolle. IO 3 legger til at i tilfeller med flere kamerabilder, kan informasjonen stå i hjørnet eller nederst på kamerabildet, ettersom parametrene kan variere fra not til not. IO 5 ønsker et system hvor det kommer en varsling når parametrene har endret seg betraktelig, men at det ikke er synlig ellers. På den måten vil operatøren kunne sette egne grenseverdier og ikke bli forstyret av små verdiendringer på skjermen til enhver tid.

8.3 Fôringsmodus

Fra samtlige av deltakerne var det enighet om innholdet som ble presentert under modusen for fôring. IO 4 og IO 6 syns denne undersøkelsen inkluderer mye riktig informasjon og at informasjonen som presenteres er av reell nytteverdi. For IO 4 er det viktig at informasjon blir presentert på en fornuftig måte til operatøren, gjerne enda mer komprimert. Det samsvarer også med IO 5 sitt ønske, om at det på hovedskjermen er et sammendrag av informasjon knyttet til den merden som blir undersøkt. Dersom det er ønske om mer detaljert informasjon, klikker operatøren seg videre inn for å få dette opp.

8.3.1 Silomengde

Samtlige av deltakerne mener at silomengde tilhører modusen for fôring, og at det ikke er behov for å en egen skjerm til dette. I IO 6 sitt tilfelle undersøkes silomengden om morgenen, før det legges bort. IO 3 ønsker i tillegg til informasjonen som står der nå, at oversikten skal innholde fôrtype på de ulike siloene og en mulighet til å bytte mellom hvilken som tas i bruk. Det bør også være mulig å kalibrere siloene slik at beregningen som blir gjort samsvarer med utfôringsmengden. Dette må gjøres regelmessig manuelt.

8.3.2 Vannstrøm

Det er ikke alle deltakerne i undersøkelsen som har måling og visualisering av vannstrøm. IO 2 forteller at dersom de hadde hatt det, ville det blitt brukt kontinuerlig. Tilsvarende er det for IO 3, de har heller ikke mulighet til å velge utfôringspunkt og kan derfor ikke gjøre store endringer basert på dette.

IO 1 har jobbet med vannstrøm og biomassemåling sammen i et større BSS. På den

måten kan de simulere hvor pelletsen slippes ut og hvordan den beveger seg i merden. Programmet tar stilling til hvor fisken er plassert, samt vannstrømmen når den velger utføringspunkt. Systemet er ikke helt nøyaktig på grunn av strømmen som fisken selv lager, men det gir en god indikasjon.

8.3.3 Hovedskjerm: Fôringsintensitet

Ifølge IO 2 er det hovedskjermen for regulering av intensitet som kommer til å bli brukt mest under fôringen. IO 4 ser også nytten av å kunne legge inn historiske tall fra tidligere produksjonsrunder, som de beregner sin utføringmengde basert på. I tillegg til at det må være mulig å endre beholdningsmengden i en merd, hvor ny beregnet utføringmengde tar høyde for tidligere historikk. IO 5 understreker viktigheten av at spesielt denne skjermen med regulering av utføring kobles sammen med innholdet i de andre skjermene.

8.3.4 Biomasse

IO 2 bruker i hovedsak informasjonen om biomassen om morgenen, men påpeker at det blir annerledes dersom du fôrer basert på ekkolodd som beskriver hvor fisken befinner seg. IO 5 mener det er nyttig å vite hvor fisken står. I tilfellet til IO 1 og IO 4 blir biomasse brukt sammen med vannstrøm som beskrevet i kapittel 8.3.2. IO 4 påpeker at det er et kostbart system og vil ikke nødvendigvis gi samme nytteverdi for et tradisjonelt anlegg.

8.3.5 Pellets

Det er systemer som markerer pellets i kamerabilde, slik som oppsettet i designet, forteller IO 4. IO 4 tror derfor det kan fjernes som en egen skjerm fra oppsettet og heller integreres i kamerabildene fra kameraoppsettet. Dette samsvarer med det IO 6 fortalte. IO 6 la også til at det må være mulig å slå markeringene i bildet av og på, ettersom en ikke nødvendigvis trenger pelletsdetektering i begynnelsen av fôringsprosessen. IO 1, IO 2 og IO 3 ønsker et slikt system, men med et større fokus på varsling ved pellets utenfor der kamerabildene er. IO 5 ønsker også dette, men da kun med et varsel som fremkommer av tilhørende kamerabilde til merden.

8.4 Fiskevelferdsmodus

Med tanke på å komprimere informasjon, tror IO 6 det ikke er nødvendig, ettersom dette er en modus du bruker når du har mer tid. I deres tilfelle er det gjerne driftledere eller veterinærer som ville brukt det. IO 1 og IO 5 ser derimot at informasjonen også her bør komprimeres. Tilsvarende som ved fôring kan det gis et sammendrag over fiskevelferden

til merdene, før en så klikker seg videre inn på detaljene. IO 6 understreker likevel det IO 5 sier, at dette er en modus som blir undersøket i ny og ne.

8.4.1 Dødfisk

Det er kan være nyttig med en indikasjon og varslings for negativ utvikling i merden, ifølge IO 2. IO 6 påpeker utfordringen med å skille individer når de ligger nederst i merden. Er fisken liten, med en vekt på rundt 200-300 g, vil den gå i oppløsning på få timer. Derfor mener hen at en beregning må ta høyde for forholdstall for å gi et godt estimat. Videre beregner de dødelighet ut fra historisk data på lokalitet, sesong for utsett og driftsleder. Hos IO 1 er det et ønske om en oversikt over antall dødfisk når en kommer på jobb, i tillegg til en alarm dersom dødeligheten er høy.

8.4.2 Tag og adferd

IO 5 forteller at vi kan se på adferd som svømmemønster, i form av endring i svømme-hastighet. Før hen legger til at de ikke finnes en fasit, men mer data kan gi en indikasjon på hva som er normalen. IO 4 ønsker dette integrert med oversikten over biomasse og vannstrøm, slik at det gir et mer helhetlig bilde av fiskene som har tag og deres adferd.

8.4.3 Hovedskjerm: Fiskehelsekamera

IO 1 er ikke kjent med at utviklingen har kommet så langt med fiskehelsekamera, men tenker at det er naturlig at det forblir på en slik modus. For IO 2 sin del bruker de et kamera i forbindelse med karakterisering av tilstanden til fisken ved slakting. I tillegg ønsker hen at disse opplysningene skal kunne registrere om en behandling av lus eller tilsvarende har vært røff, slik at en blir mer oppmerksom på dette.

8.4.4 Biomasse

IO 6 er usikker på om det er nødvendig med oversikt over biomassen i fiskevelferdsmodus. Hen tror likevel tallene kan være av nytte siden det skal ses i sammenheng med tilveksten og sykdommer fisken potensielt kan ha hatt.

8.4.5 Lus og sykdomsforløp

En oversikt over estimert antall lus får IO 2 gjennom samme teknologi som gir biomassemålingene deres. IO 2 forteller at de også er kjent med selskaper som har fått disse estimatene godkjent slik at de slipper å telle lus på tradisjonelt vis. Hos IO 1 bruker

de også estimerte tall for lus sammen med tradisjonell telling, og understreker at de følger med på trendene og utviklingen i området.

8.5 Miljøovervåkingsmodus

For miljøovervåking, mener IO 5 at det bør kunne gis et raskt sammendrag av nåværende situasjon. Ved å først få opp lokaliteten som en helhet, kan en fordype seg i parametrene tilknyttet hver not. IO 6 mener derimot at alle skjermene fint kan tas i bruk, ettersom det er informasjon som ikke brukes så mye under daglig drift. Det tar tid å flytte blikket, legger hen til.

For IO 3 er det viktig at informasjon som finnes er lagret i en database på nett. På den måten vil informasjonen være tilgjengelig for de som sitter i kontrollrommet, samtidig som driftsleder og analyseteamet har mulighet til å se nærmere på det. Det bør tas med tilsvarende parametere, slik at gruppen som skal analysere kan sette flere anlegg opp mot hverandre om ønskelig.

IO 4 mener det bør være mulig å ha informasjon om parametrene i bildet for vannstrøm og biomasse som nevnt i kapittel 8.3.2. Hen ser det hensiktsmessig å kunne fordype seg i informasjonen og ha en modus for miljøet.

8.5.1 Havbunn

IO 2 tror informasjon om havbunn i sanntid ikke har så stor nytte, da man ikke får påvirket det utover å gjøre en god jobb fra dag til dag. Tilsvarende sier IO 6, hen tror ikke skjermen for havbunn vil gi brukbar informasjon utover de tre målingene de allerede er pålagt å gjennomføre. I IO 4 sitt tilfelle ser hen en utfordring knyttet til hvor stort område som skal testes. Avhengig av lengden ned fra noten til havbunnen og vannstrømmen, vil fôr og avfall kunnen spre seg utover et stort område.

IO 5 og IO 1 er på den andre siden mer positiv til å integrere et slikt system. IO 1 ser de samme utfordringene som IO 4, men tror at nytteverdien kan være for selskapets del, for å slippe brakklegging, som igjen kan føre til økonomisk tap. IO 5 kunne tenke seg at oversikten over havbunnen utvikles til å vise en topografi av havbunnen. Den bør vise hvordan det ser ut og hvor stresspunktene er. IO 5 legger til at det bør vise hvor slammen legger seg under driften og om anlegget bør flyttes på for å minske belastningen. Dette bør vises i et statussammendrag og være et intuitivt bilde. På den måten trenger ikke operatøren å tolke selv, da det kan være utfordrende for å se en umiddelbar sammenheng.

8.5.2 Vannstrøm

Intervjuobjektene ga ingen ytterligere tilbakemeldinger angående vannstrøm.

8.5.3 Hovedskjerm: Oksygen, temperatur og aktivitet

Samtlige av IOene ytret ønske om oksygen, temperatur og aktivitet som en del av miljøovervåkingen. IO 3 mener i tillegg at det må være mulig å fra fôringsmodus enkelt kunne navigere seg frem til historikken til disse parametrene.

8.5.4 Lys

Lysset er på hele vinteren i anleggene til alle IOene. Det er kun IO 6 som forteller at de regulerer lysstyrken, avhengig av størrelsen på fisken. Hen tror midlertidig at denne reguleringen kan flyttes til fôring eller fiskevelferd, ettersom fisken påvirkes ved lysbrudd eller blinking. Dette samsvarer med det IO 5 fortalte, som også ønsker at reguleringen flyttes til fiskevelferd. For IO 3 sin del ønsker hen et varsel på når et lys har gått av, slik at de kan håndtere det og sette det på igjen når det er dagslys ute. Lys har som hovedoppgave å få mindre kjønnsmodning hos laksen, legger IO 6 til.

8.5.5 Salinitet, turbiditet og lyd

Salinitet og turbiditet måles og registreres hos samtlige IOene. IO 5 klargjør igjen at disse parametrene bør kunne settes sammen med alle de andre parametrene, fordi de sammen vil kunne påvirke appetitten til fiskene.

8.6 Håndteringsmodus

IO 6 er fornøyd med sammenslåingen av det som tidligere var avlusning, brønnbåt og trenging. IO 6 tenker at fiskehelsekamera og reguleringen er det som vil bli mest brukt under selve prosessen. Underveis i prosessen har brønnbåten informasjon om snittvekt og annen data om fisken blir lagret, forteller IO 1. Hen mener det kunne vært nyttig om denne informasjon ble delt med de som styrer med trengingen.

IO 4 og IO 5 vil at det som er vist på skjermene skal kunne brukes av de som er ute på ringen. En mulighet for å komprimere informasjonen til et nettbrett hadde vært nyttig. Foruten om det tror de begge at oppsettet kan stå slik som forslaget viser.

8.6.1 Fiskehelsekamera

IO 2 forklarer fiskehelsekamera som et eksternt kamera de senker ned i området der operasjonen skjer for å observere endringer og dødelighet. Fôringskamera brukes til å observere dødfiskhåven under behandling. IO 6 er positiv til fiskehelsekamera og ønsker

muligheten til å kunne se skader på fisken som går inn i brønnbåten. Da vil de kunne varsle slakteriet om tilstanden til fisken som er på vei.

8.6.2 Hovedskjerm: Trenging

Det fremkom ingen ny informasjon fra intervjuene.

8.6.3 Biomasse

Angående trengingsprosessen, mener IO 5 det er nyttig med oversikt over fordelingen av biomassen i noten. Det burde være et forslag på hastigheten på trengingen, basert på biomassen som er igjen i trengingsområdet. Dette samsvarer med det IO 1 ønsker angående hastigheten på trengingen. Hen forteller at brønnbåten allerede har informasjon på dette og totalen, og ønsker at begge deler skal kunne deles med røkteren i kontrollrommet eller på ringen.

8.6.4 Registrering

Informasjonen om registrering som er inkludert, oppfatter IO 1 som nyttig informasjon. Det er viktig at en slik registrering blir brukt riktig, for å unngå kaos forteller IO 6. Hen legger til at det må være mulig å ta med seg historikken videre hvis en merd splittes opp. Dette henger delvis sammen med det IO 5 fortalte om at dersom en merd bytter not, må tilhørende historikk flyttes automatisk. På den måten vil historikken følge riktig merd fra start til slutt.

8.7 Fôrbåtsmodus

IOene er enige om at automatisering av fôrleveranse er nyttig. Videre mener IO 3 det er viktig at dette kan reguleres underveis, ettersom hen opplever at 80% av bestillingene må endres. IO 5 ønsker at hendelser som påvirker utføring sendes direkte til fôrleverandører, det kan minske behovet for endringen. Et eksempel er at det registres når en merd skal sultes, slik at dette varslet vil bli sendt til fôrleverandør for å tas med i betraktning.

IO 1 foreslo en videreutvikling av denne modusen. Hen tror at tilsvarende system kan utvikles for leveranse og henting av blant annet diesel, vann og ensilasje. Det tror også de resterende IOene at bør være mulig.

8.7.1 Silomengde

Silomengde ble ikke kommentert under andre intervjurunde.

8.7.2 Kalender

Hva gjelder kalender bør det, ifølge IO 3 inneholde hvilken båt som leverer, deres eksakte posisjon og dette bør oppdateres underveis. IO 2 sier at det er uoversiktlig og krevende å holde styr på, ettersom de har ansvar for bestilling til leverandør, kommunikasjon med de som leverer og kommunikasjon med de som tar i mot. Systemer må derfor være tilgjengelig på nett, for alle parter. IO 1, ønsker en oversikt over mengden som kommer.

8.8 Integritetsmodus

Integritetsmodus er, på lik linje som i kapittel 8.5, noe som analyseres og brukeren har tid og kapasitet til å ta til seg informasjon fra flere skjermer. IO 5 ønsker at skjermene for slam og groe skal slås sammen. Videre mener IO 3 at det vil være nyttig å kunne ha denne informasjonen ute på anleggene via et nettbrett.

8.8.1 Slam

IO 5 og IO 2 ser det som interessant å se på næringsinnholdet til slammet. IO 6 mener det kan være nyttig, men understreker at de på sine settefiskeanlegg er nødt til å betale noen for å ta i mot slammet deres. På grunn av den ekstra kostnaden tror hen ikke det vil skje så mye på denne fronten, med mindre det blir lovpålagt for tradisjonelle anlegg.

8.8.2 Vannstrøm

Vannstrøm ble ikke kommentert ytterligere.

8.8.3 Hovedskjerm: ROV

Det er ikke mange selskap som har egne store ROV, forteller IO 6. Dette samsvarer med selskapene til IO 5 og IO 2, som bruker eksterne leverandører. IO 2 forteller at de har ROV og har muligheten til å se på videoen som blir spilt inn under spyling av not. Det er i hovedsak de som foretar spylingen som ser på videoen. At røkteren i kontrollrommet skal analysere innholdet en ekstra gang vil ta for mye tid og unødvendige ressurser, mener

IO 2. IO 1 ønsker at det skal være mulig å følge med på hvor ROV har vært i noten og at den kan markere hvis den oppdager hull eller andre avvik underveis.

Når det gjelder å ha en ROV tilgjengelig i kontrollrommet, mener IO 4 at denne stasjonen bør være utenom, ettersom det krever en egen operatør. I tillegg vil det være forstyrrende hvis operatørene sitter for nære hverandre. Hen legger til at de også kan sitte på forskjellige rom, slik at de kan kommunisere over høretelefoner ved behov.

8.8.4 Utskifting av vann

Det fremkom ingen ny informasjon fra intervjuene.

8.8.5 Alger og groe

Angående alger og groe forteller IO 5 at det hadde vært interessant å undersøke om de rigide vaskerundene de gjør er nødvendig. Hen legger til at dersom statistikken viser at det ikke påvirker fisken i stor grad kan det være mye penger å spare. IO 2 tror det kan være nyttig å få en varsling når det er stor oppblomstring av alger. Denne oversikten tror IO 3 kan mer relevant å ha med under miljøovervåking.

8.9 Vedlikehold - ny

Under intervjuene ble vedlikehold avdekket som et eget tema.

IO 1 avsluttet intervjuet med et ønske om en modus for vedlikehold. I lys av oppgaven ble det verdt å undersøke dette nærmere. Det ble derfor stilt et åpent spørsmål til de andre intervjuobjektene, om hva deltakerne tenkte om en modus for vedlikehold av utstyr.

En slik oversikt ville IO 1 at skulle innholde datoer for vedlikehold, datablader og reservedeler på lageret. Hen trakk frem eksempler om å undersøke kameraene ukentlig og gjøre oljeskift på generatorer månedlig. Systemet burde videre kunne kvittere ut når en jobb er gjennomført. Det viste seg at IO 6, IO 2 og IO 4 allerede har et tilsvarende system de bruker for nettopp dette. Systemet må vise en oversikt over datoer, men også varsler, ifølge IO 6. Et problem de forutså, er at kontroller og sertifiseringer blir glemt siden det er snakk om såpass mye utstyr. Noe av utstyret går også på tvers av lokasjoner

IO 5 mener vedlikehold er viktig, og sier at det første steget er å undersøke utstyret dersom operatøren oppdager avvik. Hen legger til at noe av utfordringen med automatiseringen, er å kunne stole på at utstyret er pålitelig.

9 Videreutvikling etter andre intervjurunde

Kapittel 10 omhandler en videreutvikling av oppsettet for modusene vist i kapittel 7. Det baserer seg på resultatene fra de semistrukturerte intervjuene presentert i kapittel 8. Her tas metoden *Design tenkning* (DT), fra kapittel 3.3, aktivt i bruk, samtidig som det bidrar til å ivareta behovet for *Situasjonsforståelse* (SA), fra kapittel 2.2, under en utviklingsprosess. Dette kan ses på som trinn to til tre av DT, hvor vi etter testing av de første prototypene, beskrevet i kapittel 7, går fra en forbedret idé til forbedret prototype.

9.1 Overordnet oppsett

Tilbakemeldingene fra IOene tilsier at et oppsett med kamerabilder og tekniske skjermer er riktig, og blir dermed stående slik som i figur 7.1. Det påpekes at det må være mulig å gjøre justeringer avhengig av antall ønskede skjermer, hvilken avstand det skal være til operatøren og størrelse på skjermene. Det er viktig at det er tilrettelagt for god ergonomi, slik at SA er enklere å opprettholde.

9.2 Oppsett fra kamerabilde

Kameraoppsettet må gi mulighet til å endre inndeling basert på egen vektlegging av preferanser. Parametrene flyttes inn i kamerabilde, da det kan være ulike verdier fra ulike merder på en skjerm. Den nye modelleringen er vist i figur 9.1, og viser et alternativt oppsett for samme skjerm.

Muligheten til å ha på/av pelletsdetektering, som tidligere var en del av modellen for føringsmodus finnes fortsatt, se figur 7.3. Dette er også demonstrert i figur 9.1.1 .



1. Kameraoppsett med tre inndelinger og demonstrasjon av pelletsdetektering

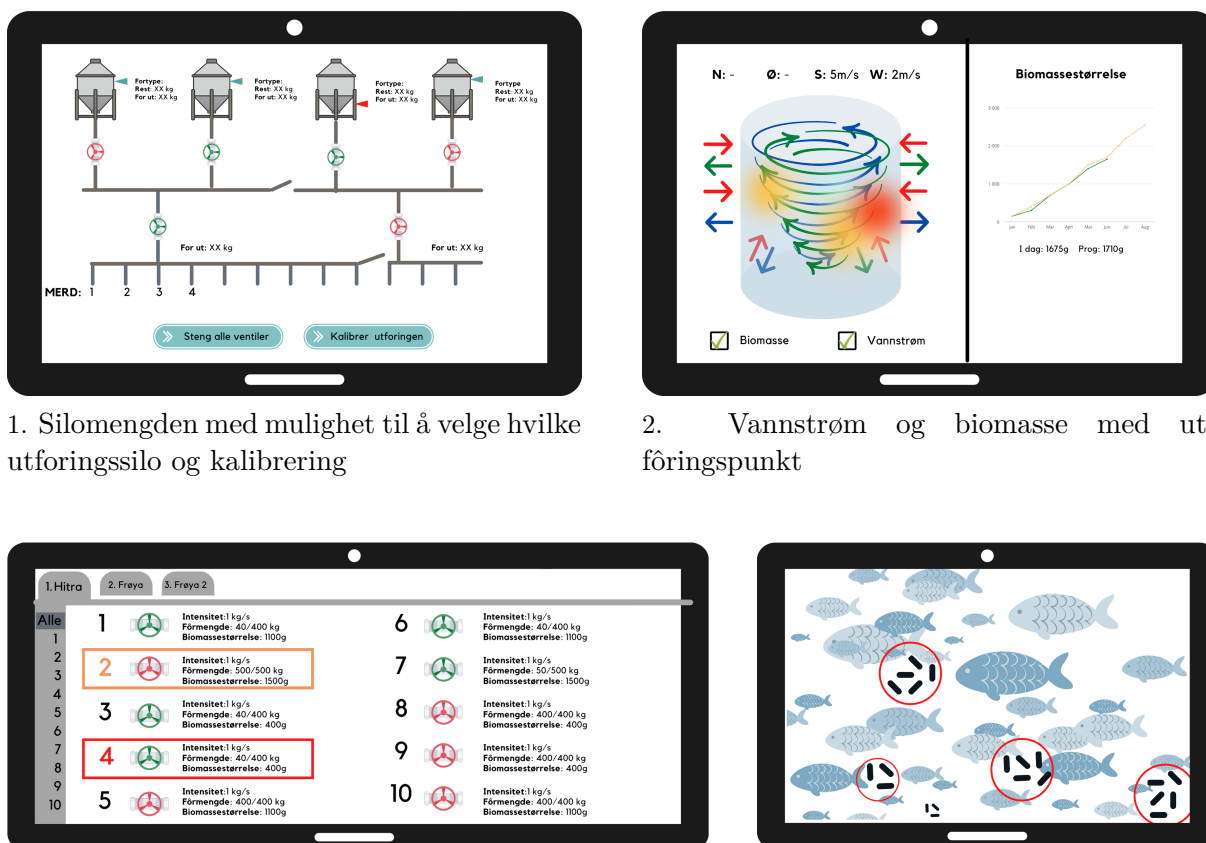
2. Kameraoppsett med to inndelinger

Figur 9.1. Alternative oppsett for kamerabilder

9.3 Fôringsmodus

Basert på ønsker om et mer komprimert oppsett for fôring, blir det gjort et forsøk på å danne et sammendrag på hovedskjermen. I tillegg kom det frem at silomengde og pelletsdetektering ikke nødvendigvis brukes aktivt, dermed kan det kuttes ned på skjermer som er i bruk.

Den nye modelleringen av fôringsmodus ses i figur 9.2.



1. Silomengden med mulighet til å velge hvilke utforsingssilo og kalibrering

2. Vannstrøm og biomasse med utfôringspunkt

3. Styring av foring og dens intensitet, sammen med et sammendrag av relevant informasjon

4. Pelletsdetektering utenfor vanlig kamerabilde

Figur 9.2. De tekniske skjermene under fôringsmodus

9.3.1 Silomengde

Oppsettet for silomengde gitt i figur 7.3.1 blir beholdt, i tillegg blir muligheten til å bytte mellom silo og kalibrering lagt til. Skjermen vil kunne hentes opp og legges ned etter eget ønske. I figur 9.2.1 vil den være 'opp'.

9.3.2 Vannstrøm og biomasse

Tilbakemeldingen om å slå sammen vannstrøm og biomasse til et større system anses gjennom denne oppgaven for å være en god løsning for å gi helhetlig BSS og forenkle SA. For at operatøren ikke skal bli overveldet av informasjon, vil muligheten til å velge hvilke parametre som er ønsket legges til i modellen, vist i figur 9.2.2. På den måten trenger operatøren kun å vite posisjonen til fisken og simuleringen for vannstrøm kan slås av.

9.3.3 Hovedskjerm: Fôringsintensitet

Hovedskjermen fortsetter å være stedet operatøren foretar reguleringer av intensiteten på. I tillegg skal det vise et sammendrag av merden når operatøren klikker seg inn til de tilhørende skjermene vil detaljene bli oppdatert til riktig not. For å markere merdens overordnede status, med blant annet biomassestørrelsen og fôrspill, markeres dette med trafikklyskoding rundt oversikten over merden. Et slikt oppsett er modellert i figur 9.2.3.

9.3.4 Pellets

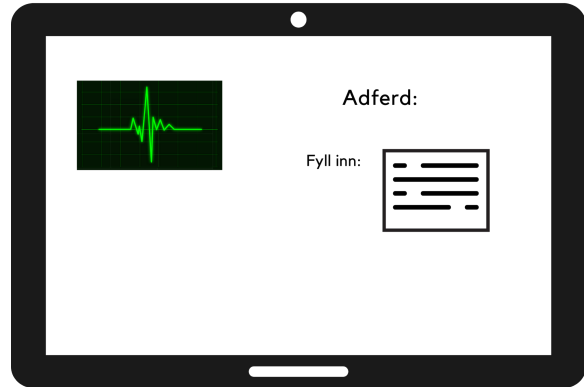
Pelletsdetektering, som vist i figur 7.3.5, er flyttet til kamerabilde i kapittel 9.2. En sensor eller kamera som registrerer pellets, ikke kamerabildene i kapittel 9.2, vil være den nye skjermen. Ved fôrspill vil det varseles i kamerabilde til den aktuelle merden og muligheten til å hente opp mer informasjon på skjerm 4, som tilsvarer tidligere oppsett vist i figur 9.2.4.

9.4 Fiskevelferdsmodus

Deltakerne hadde delvis splittede meninger om hvordan oppsettet for denne modusen burde være. En løsning kan være et kompromiss hvor man finner sammendraget på hovedskjermen og beholder skjermene som viser flere detaljer. Den nye modelleringen av fôringsmodus ses i figur 9.3



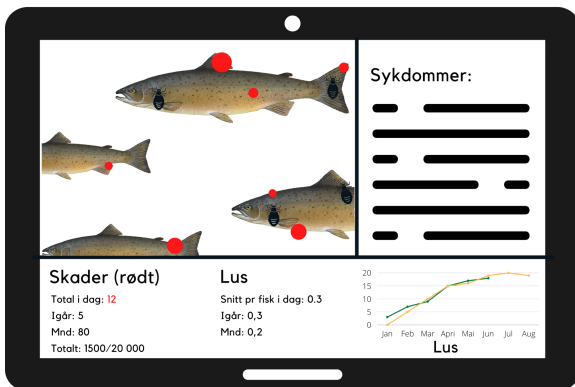
1. Dødfisk



2. Tag og Adferd

	1. Hitra	2. Frøya	3. Frøya 2
Alle			
1	1 Lus pr fisk: 1 Ytreskader: 15	Dødfisk: 10 Adferd: slap	6 Lus: 1 Ytreskader: 5 Dødfisk: 10 Adferd: normal
2	2 Lus pr fisk: 1 Ytreskader: 2	Dødfisk: 15 Adferd: normal	7 Lus pr fisk: 1,5 Ytreskader: 5 Dødfisk: 26 Adferd: slap
3	3 Lus per fisk: 0,1 Ytreskader: 5	Dødfisk: 10 Adferd: normal	8 Lus per fisk: 0,1 Ytreskader: 5 Dødfisk: 5 Adferd: aktiv
4	4 Lus per fisk: 0,1 Ytreskader: 5	Dødfisk: 10 Adferd: normal	9 Lus per fisk: 0,1 Ytreskader: 5 Dødfisk: 10 Adferd: aktiv
5	5 Lus per fisk: 0,1 Ytreskader: 5	Dødfisk: 10 Adferd: normal	10 Lus per fisk: 0,1 Ytreskader: 5 Dødfisk: 5 Adferd: normal

3. Sammendrag som forteller om biomassens velferd, med markering for kritiske merder



4. Informasjons om lus, skader og tidligere sykdomsforløp

1 Merdnavn	Lystyrke: Tid:	6 Merdnavn	Lystyrke: Tid:
2	Lystyrke: Tid:	7	Lystyrke: Tid:
3	Lystyrke: Tid:	8	Lystyrke: Tid:
4	Lystyrke: Tid:	9	Lystyrke: Tid:
5	Lystyrke: Tid:	10	Lystyrke: Tid:

5. Regulering av lys, med oversikt over intensitet og varighet

Figur 9.3. De tekniske skjermene under fiskevelferdsmodus

9.4.1 Dødfisk

Antall dødfisk blir stående slik det er satt opp tidligere, hvor prognosene tar høyde for forholdstall basert på biomassen til fisken. Ved unormal høy dødelighet går en alarm av. Figur 9.3.1 viser modellen med informasjon om forholdstall.

9.4.2 Tag og Adferd

Ettersom tag og adferd er i utvikling og det fortsatt er mye som er ukjent rundt dette, blir det stående slik som det ble satt opp i figur 9.3.2.

9.4.3 Hovedskjerm: Sammendrag om fiskevelferd

Basert på tilbakemeldingen om å danne et sammendrag blir det satt til å være på hovedskjermen, se figur 9.3.3. På hovedskjermen vil det være et sammendrag for hver merd som tilsier hvilken status den har. Sammendraget viser informasjon om antall dødfisk, lus, nye skader og adferd. Det inkluderer også et fargekodet trafikklys for at operatøren enklere skal oppdage og forstå informasjonen. Dersom operatøren har behov for flere detaljer kan hen klikke på ønsket merd. De andre skjermene vil da vise informasjon for tilhørende merd.

Fiskehelsekamera slås sammen med lus og sykdomsforløp, slik som beskrevet i kapittel 9.4.5, ettersom enkelte deltakere formidlet at de bruker systemer hvor disse delene er integrert.

9.4.4 Biomasse

Det var få kommentarer på oversikten over biomassen i tilknytning til fiskehelse. Basert på dette fjernes det fra oppsettet. Fiskehelse har heller ikke, per i dag, en direkte tilknytning til biomassen.

9.4.5 Skader, Lus og sykdomsforløp

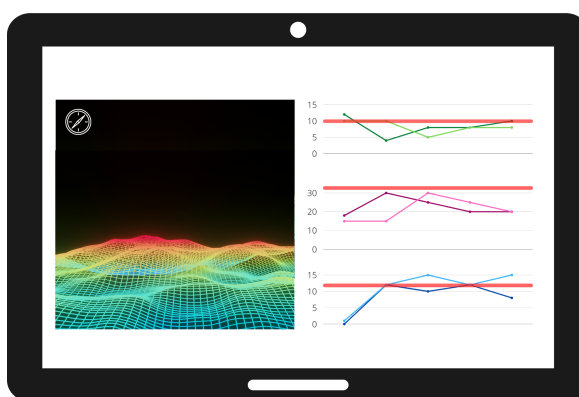
På denne skjermen finner vi nå fiskehelsekamera som tidligere befant seg på hovedskjermen, i tillegg til informasjon om lus og sykdomsforløp slik som tidligere. Det nye oppsettet er vist i figur 9.3.4.

9.4.6 Lys - lagt til

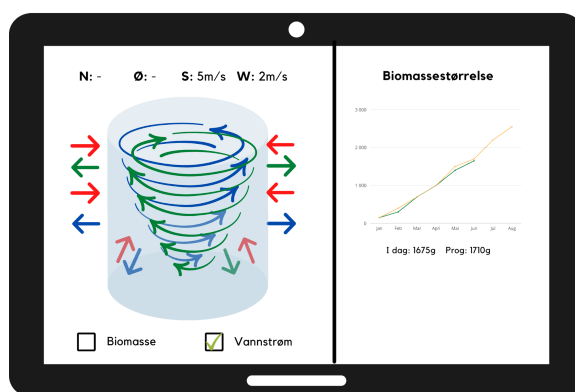
Fra tidligere var lys plassert under miljøovervåking, kapittel 7.5, men flyttes nå til fiskevelferd. Dette kommer fra tilbakemeldingene om at lys brukes for å minske kjønnsmodningen til fisken. Dersom lys brått blir slått av vil det påvirke fiskens velferd i stor grad. Oppsettet tilsvarer tidligere modell, og kan ses i figur 9.3.5

9.5 Miljøovervåkingsmodus

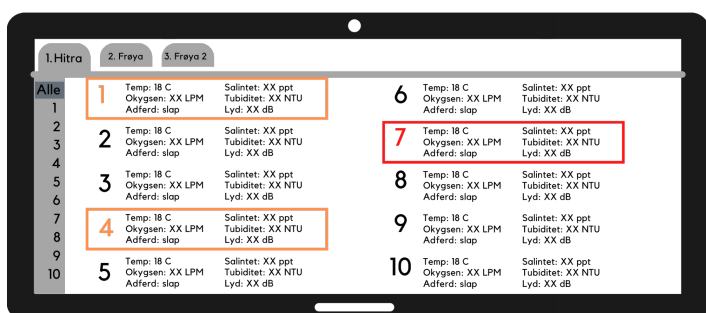
Tilsvarende som ved Fôring og Fiskevelferd, beskrevet i kapitlene 9.3 og 9.3, blir det laget et sammendrag på hovedskjermen. Modelleringen av hele modusen ses i figur 9.4



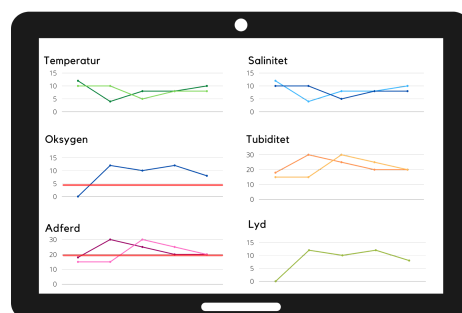
1. Topografi og næringsinnhold på havbunn



2. Vannstrøm uten bruk av biomasse



3. Sammendrag av miljøparameterene på anlegget, med markering for kritiske merder



4. Prognose og sanntidverdier for oksygen, temperatur, adferd, salinitet, turbiditet og lyd

Figur 9.4. De tekniske skjermene under miljøovervåkingsmodus

9.5.1 Havbunnen

IOene var splittet i sine meninger om nytten ved denne oversikten. Den ble opprinnelig tatt med basert på et ønske etter første intervjurunde, i kapittel 5.4.1.11, for å unngå brakklegging av anlegg. Gitt at det skal beholdes, kan det antas at det for større anlegg kan være et nyttig verktøy å lage en topografisk oversikt slik som IO 5 nevner. For et mindre anlegg er det derimot usikkerhet rundt den økonomiske gevinsten. En modell av skjerm for havbilde er satt til å være som i figur 9.4.1, som viser topografien og næringsinnholdet til havbunnen. Det er ikke gitt at alle vil få bruk for eller ønsker dette i sitt oppsett.

9.5.2 Vannstrøm

Vannstrøm kobles til biomassen slik som beskrevet i kapittel 9.3.2. Biomassen hører ikke direkte til under modus for miljøovervåking, men blir lagt til for at operatøren ikke skal trenge å gjøre seg kjent med ulike versjoner for tilsvarende informasjon. Her vil operatøren heller kunne avslå informasjon om biomassefordelingen i samme system og på denne måten unngå kjennskap til et nytt et, samtidig som SA blir opprettholdt.

9.5.3 Hovedskjerm: Sammendrag om miljøparametere

Hovedskjermen endres til å vise et sammendrag av parametrene, oksygen, temperatur og adferd, som tidligere, samt salinitet, turbiditet og lyd. Ved avvikende tall vil dette vises i form av trafikkllys med fargekoding, samt i form av popup-varsler. Hovedskjermen er vist i figur 9.4.3

9.5.4 Lys - fjernet

Flyttes til fiskevelferd, se kapittel 9.4.6.

9.5.5 Salinitet, turbiditet og lyd

De faktiske tallene er integrert i hovedskjermen, se kapittel 9.5.3. På denne skjermen har oksygen, temperatur og adferd blitt inkludert, se figur 9.4.4. Dette er gjort for å beholde muligheten for en grafisk fremstilling av verdiene. Denne skjermen trenger ikke nødvendigvis å være oppe til enhver tid, men gir mulighet for operatøren å se hvordan endringene er gjort. En slik fremstilling kan også dras opp på hovedskjermen når en ønsker å se nærmere på dette.

9.6 Håndteringsmodus

Tilbakemeldingen for det overordnede systemet er at alle de ulike skjermene bør være med, og kun trenger enkelte få justeringer. Videre må det være mulig å komprimere informasjonen til et nettbrett. Trolig vil det være tilfredstillende i første omgang å ha de ulike skjermene som faner, demonstrert i figur 9.5. Modellen i form av tekniske skjermer for kontrollrommet kan ses i figur 9.6



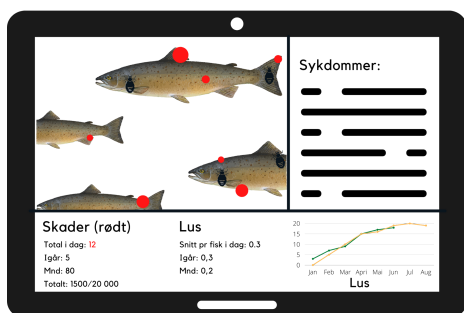
Figur 9.5. Håndteringsmodus i versjon for nettbrett med faner for de forskjellige delene av moduset

9.6.1 Fiskehelsekamera, lus og sykdomsforløp

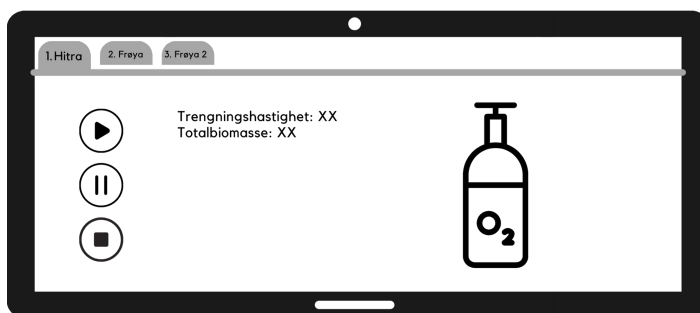
På lik linje som under modusen for fiskevelferd, kapittel 9.4, kommer det frem gjennom denne undersøkelsen at det kan være lurt å inkludere lus og sykdomsforløp for å ha en kontinuitet i de ulike systemene og gi en enklere SA for operatøren. Her vil det også være mulig å velge bort deler av informasjon om ønskelig. Muligheten til å kommunisere det som skjer på lokaliteten med slakteriet vil også være tilgjengelig, slik at de vet hva som kan gjøres med fisken som er på vei. Modellene ses i figur 9.6.1.

9.6.2 Hovedskjerm: Trening og tilføring av oksygen

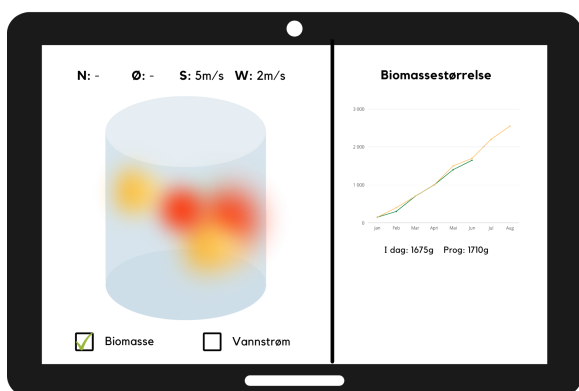
Det legges til muligheten for popup-varsling ved store skader under trengingsprosessen. Under kapitlet for biomasse, kapittel 8.6.3, kom det frem et ønske om å få informasjon



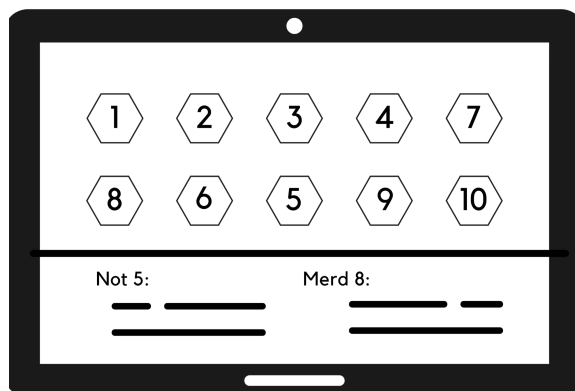
1. Informasjon om lus, skader og tidligere sykdomsforløp



2. Styring av trenging og tilføring av oksygen, med hastighet og totalbiomasse



3. Biomasse og vannstrøm, uten vannstrøm



4. Registrering ved flytting av merd

Figur 9.6. De tekniske skjermene under håndteringsmodus

om trengingshastighet og totalen. Sammenfattet tyder undersøkelsene i denne oppgaven på at det egner seg å ha på hovedskjermen hvor reguleringene foregår. Ny modell er vist i figur 9.6.2.

9.6.3 Vannstrøm og biomasse

Tilsvarende som ved foring og fiskevelferd, henholdsvis kapitlene 9.3 og 9.4, blir vannstrøm og biomasse slått sammen. Dette er vist i figur 9.6.3

9.6.4 Registrering

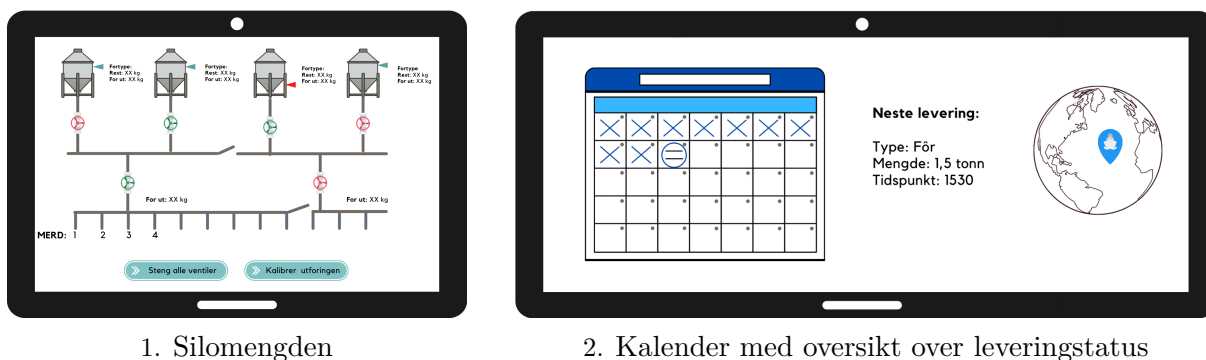
Oppsettet for registrering forblir likt, se figur 9.6.4, men med muligheten til å endre avhengig av hvor mange merder og lokaliteter operatøren har ansvar for. Ved flytting av merd eller splittelse av merd skal systemet flytte og/eller kopiere tilhørende historikk med merden til neste not. Samtidig vil ny data begynne å bli registrert for merden i samme logg.

9.7 Fra forbåts- til leveringsmodus

Den tidligere modusen fôrått endres til å hete levering, ettersom det er potensiale i å integrere bestilling, levering og henting av henholdsvis diesel, vann og ensilasje. Det er i fremtiden naturlig at det kommer på plass et tilsvarende system for dette.

Videre er det enighet hos deltakerne at det ikke er nødvendig med ytterligere informasjon om bestilling og levering av fôr, gitt at bestillingen forstatt kan justeres.

Den komplette modellen for leveringsmodus er vist i figur 9.7.



1. Silomengden

2. Kalender med oversikt over leveringstatus

Figur 9.7. De tekniske skjermene for leveringsmodus

9.7.1 Silomengde

Visualiseringen endres til å være tilsvarende som silomengden under foring, kapittel 9.3.1, demonstrert i figur 9.7.1

9.7.2 Hovedskjerm: Kalender

Kalenderen endres til å inneholde eksakt posisjon som båter sender ut på vei til levering. Videre åpnes muligheten for å bruke samme system til å registrere levering for blant annet diesel, vann og ensilasje. Grunnet utvidelsen til å inkludere diesel og mer, må kalenderen også ha mulighet til å legge inn ulike typer leveringer, samt kommende mengde. Figur 9.7.2 viser dette.

9.8 Integritetsmodus

Under integritet har operatøren mulighet og tid til å se på flere skjemer samtidig, dermed blir det å ta i bruk alle skjermene beholdt. Det er ønskelig å ta med seg denne informasjon-

nen ut, tilsvarende som ved håndtering i kapittel 9.5 kan de ulike skjemene være faner på et nettbrett. Den komplette modelloversikten for modusen kan ses i figur 9.8.

9.8.1 Slam

Oppsettet for slam er uendret fra tidligere og ses i figur 9.8.1, med mulighet til å oppgraderes avhengig av hva som skjer i utviklingen av slam.

9.8.2 Vannstrøm

Tilsvarende som ved fôringsmodus, kapittel 9.3.2, vist i figur 9.8.2

9.8.3 Hovedskjerm: ROV

Det kommer frem at flere av deltakerne bruker eksterne selskaper og operatører til å styre ROV. Dette gjør at hypotesen om å ha en skjerm for styring av ROV faller gjennom. Basert på intervjuene forstås det at de har et behov for å se hvor ROV er og har vært i noten, samt markere avvik på et kart. Tilsvarende finnes for robotstøvsugere, som viser hvor de har vasket. På den måten kan operatøren i kontrollrommet frigjøre tid som kan brukes på annet enn å se på en tre timers film laget av ROV under vasking og spyling. Dette er modellert i figur 9.8.3

9.8.4 Utskifting av vann

Den blir stående som i kapittel 7.8 og ses i figur 9.8.4.

9.8.5 Alger og groe

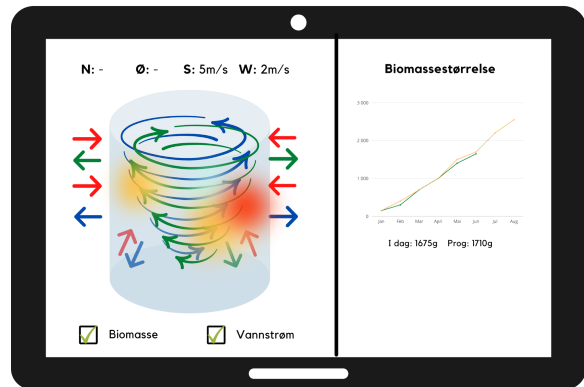
Beholdes slik den er, se figur 9.8.5. For videreutvikling av BSS bør dette kunne varsel når det er nødvendig å ta prøver eller spyle noten.

9.9 Vedlikeholdsmodus

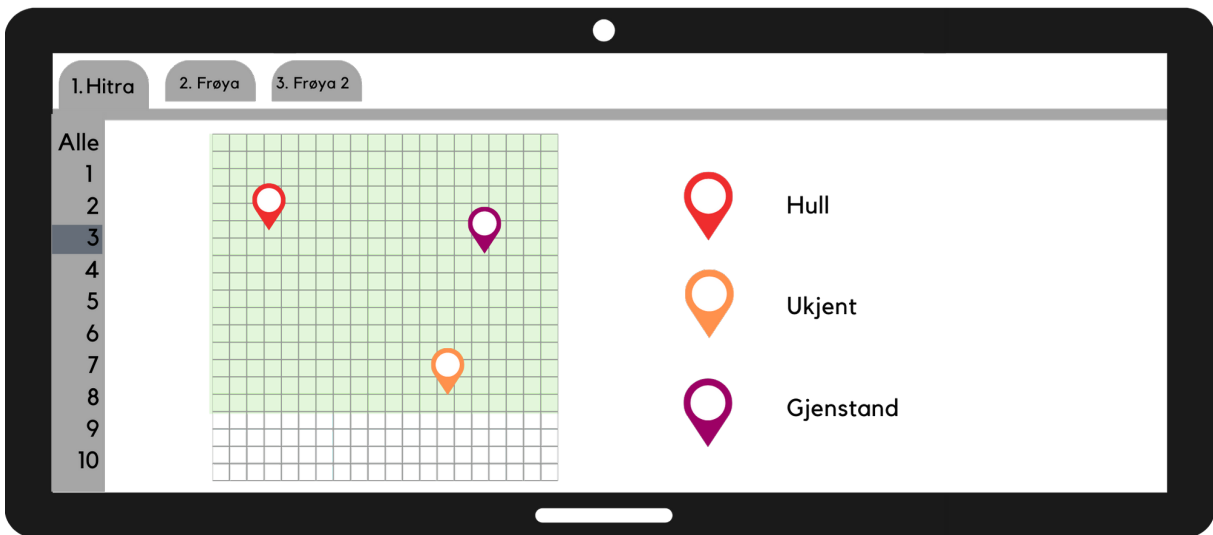
Siden dette er en ny modus vil det være et første utkast for modellen og det er ikke tid til å få nye tilbakemeldinger. Dette er noe som burde gi en oversikt over alt utstyret og det vil være tid til å lese av flere skjermer samtidig. Vedlikeholdsmoduset bør også være tilgjengelig over internett, slik at det kan gis tilgang fra ulike datamaskiner og



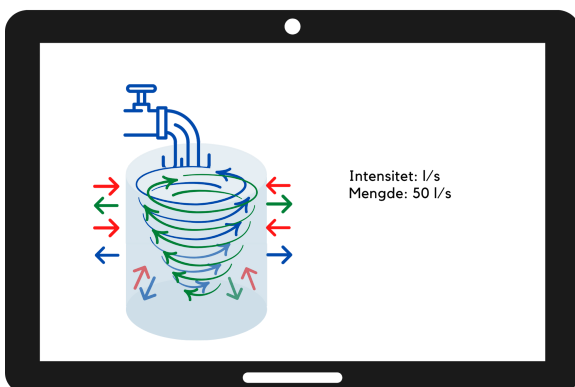
1. Næringsinnhold i slam



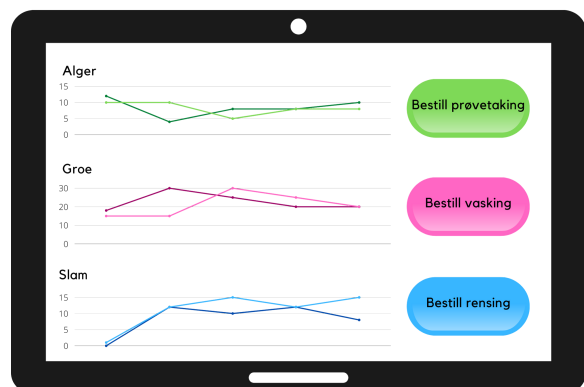
2. Vannstrøm og biomasse



3. Oversikt over ROV har vært med markeringer for funn.



4. Utskifting av vann for lukkede anlegg



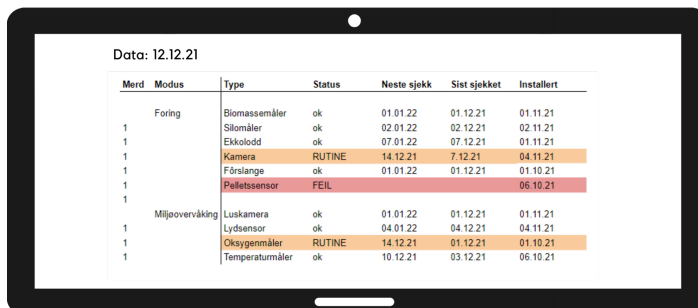
5. Alger, groe og slam

Figur 9.8. De tekniske skjermene under integritetsmodus

kontrollrom på tvers av lokaliteter. Basert på disse tilbakemeldingene fra intervjuene kan det være hensiktsmessig med en inndeling som beskrevet i det etterfølgende delkapittelet. En modell av modusen ses i figur 9.9.



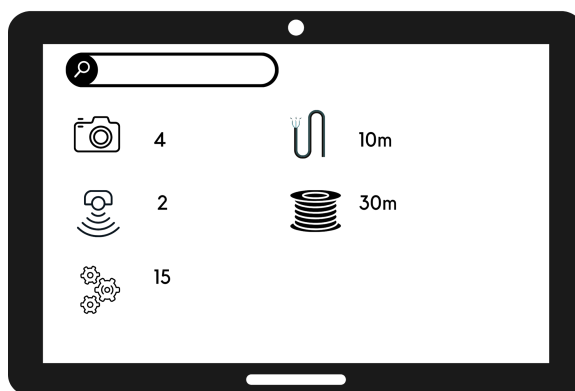
1. Datatablad for de ulike systemene



Data: 12.12.21

Merd	Modus	Type	Status	Neste sjekk	Sist sjekket	Installert
1	Foring	Biomassemåler	ok	01.01.22	01.12.21	01.11.21
		Slomåler	ok	02.01.22	02.12.21	02.11.21
		Ekkolodd	ok	07.01.22	07.12.21	01.11.21
		Kamera	RUTINE	14.12.21	7.12.21	04.11.21
		Førslange	ok	01.01.22	01.12.21	01.10.21
1		Pellettsensor	FEIL			06.10.21
1						
1	Miljøovervåking	Luskamera	ok	01.01.22	01.12.21	01.11.21
		Lydsensor	ok	04.01.22	04.12.21	04.11.21
		Oksygenmåler	RUTINE	14.12.21	01.12.21	01.10.21
		Temperaturmåler	ok	10.12.21	03.12.21	06.10.21

2. Oversikt over servicestatus for utstyr



3. Oversikt over reservedeler

Figur 9.9. De tekniske skjermene under vedlikeholdsmodus

9.9.1 Datablader

En oversikt over datablader til tilhørende system som blir navigert i fra hovedskjermen, figur 9.9.1

9.9.2 Hovedskjerm: Status for vedlikehold

Figur 9.9.2 viser en oversikt over utstyret det er behov å håndtere i den kommende perioden, samt det som har blitt korrigert og kvittert ut. Samtidig kan det stilles inn en varsling for å se hva som må håndteres lengre frem i tid. Det bør komme varslinger når det nærmer seg, slik at en forsikrer seg om at ting blir undersøket.

Det vil være aktuelt med en mulighet til å sortere utstyret basert på not, kategori eller status. Det vil gi en oversikt over alt utstyret i en not, samt når de ulike sensorene var

satt ut og undersøket sist, eller alle kameraene på lokaliteten og deres status. Det kan være nyttig fordi en tekniker som kommer for å korrigere et kamera vil da ha mulighet til å vite om det er behov for å undersøke andre kamera i nærmeste fremtid og dermed kunne gjøre det samtidig

9.9.3 Reservedeler

Modellen i figur 9.9.3 viser en oversikt over hvilke reservedeler som er på lager og hvilke som må bestilles.

10 Drøfting

I dette kapitlet drøftes resultatene av litteratursøk, semistrukturerte intervjuer og modellene, presentert i kapitlene 2.6-9. Funnet blir diskutert og satt i sammenheng med hvert delforskningsspørsmål. Til slutt, for hvert delforskningsspørsmål, foreslås en oppsummering og mulige tiltak for å bidra til å sikre et kontrollrom med fisken i sentrum og mennesket i sløyfen. Drøftingsdelen vil legge grunnlaget for besvarelsen av problemstillingen og konklusjonen i kapittel 11.

10.1 Hvilke data og informasjon er nødvendig for å oppnå optimal drift?

Gjennom de semistrukturerte intervjuene fremkom det at for fremtidens kontrollrom vil det være et behov for en større mengde data og informasjon for å oppnå så optimal drift som mulig.

Med utgangspunkt i prosjektoppgaven[55] ble tabellene 4.1 og 4.2 utformet. Denne oversikten hadde som hensikt å inkludere alle oppgaver og all tilhørende data, for å danne et helhetlig bilde av innholdet i et kontrollrom. Tilbakemeldingen fra første runde med semistrukturerte intervjuer viste at mengden data og informasjon som var nyttig for å gjennomføre disse oppgavene, i enkelte tilfeller var mer og i andre tilfeller mindre omfattende.

Det er også et økonomisk aspekt å ta hensyn til når det kommer til å investere i ny teknologi som skal bidra til å innhente data og informasjon. En optimal drift i et økonomisk perspektiv vil være å sitte igjen med et utbytte etter endt produksjonsrunde. Hvis utbyttet blir mindre, på grunn av investering av teknisk avansert utstyr, kan det ses på som mindre optimalt. Det kan være variasjoner grunnet sykdom som ikke er mulig å ta høyde for i en produksjonssyklus. Av den grunn bør større investeringer av utstyr ses på i et perspektiv over flere år. Det bør også tas høyde for at ny og mer avansert teknologi som vil gi enda bedre resultat blir utviklet fortløpende og dette vil igjen kreve nye investeringer.

For trenging, brønnbåt og avlusning som ble videreutviklet til håndtering, kapittel 7.6, belyses hvordan en tidligere omfattende oppgave har blitt en mindre del av operatørens ansvarsområde grunnet teknologisk utvikling. Operatøren trenger fortsatt informasjon og data om statusen på oppgaven, men i mindre grad enn tidligere. Dette skyldes at brønnbåten tar et større ansvar under prosessen, samtidig som manuelle operasjoner i større grad kan gjøres på avstand. Videre kan en se at mye av informasjonen som ble brukt fra den tidligere inndelingen for håndtering inneholdt tilsvarende data og at oppgavene hadde en sammenheng. Flere av IOene gjennomførte sine behandlinger av fisk via brønnbåt, og tok i bruk en trengingsprosess for å pumpe opp fisken. Det vil derfor bety merarbeid for operatøren å bytte mellom disse modusene for å foreta avlusing, som

anses som en oppgave. Det er også behov for informasjon om antall skadet fisk, samt muligheten til å se fiskens biomassefordeling nedover i trengingsområdet.

Et tettere samarbeid mellom fôrere og fôrleverandører har ført til at mindre mengde informasjon er nødvendig i kontrollrommet for å foreta bestillinger. Det er i større grad vanlig at fôrleverandør gjør utregningen for mengden fôr, basert på data som fôrleverandør har direkte tilgang til, deriblant silomengde og biomassestørrelse. Hvis det i tillegg utvikles et BSS som sender varsel om sulting og andre behandlingstyper, vil beregningen kunne bli enda bedre. Likevel vil det nok alltid være nødvendig med reguleringer i enkelte tilfeller, men dette kan skje uavhengig av om denne prosessen skjer med manuell eller automatisk bestilling.

IOene så behov for mer informasjon og data om fiskevelferd enn først antatt. Det ble fokusert på teknologi som tag og fiskehelsekamera som er i utvikling i dag, og som antas å ha en mer sentral rolle i fremtiden. Muligheten for loggføring av sykdommer, viste seg for et av IOene å være å bli tilbake i mailtråder. Bakgrunnen til at det er ønsket mer informasjon om fiskevelferd skyldes kapasiteten og verktøyene som gir mulighet til å analysere fiskens adferd og knytte det opp mot kunstig intelligens. Et punkt ved dette er likevel at teknologien og informasjonen vi analyserer avhenger av observasjonen fra teknisk utstyr, ikke av røkteren slik som tidligere. Tidligere var ikke disse dataene og informasjonene like nødvendige, fordi røkteren i større grad var på ringen og hadde et nærmere forhold til fiskens normale adferd.

Gjennom intervjuene oppstod det et nytt behov, nemlig data og informasjon over alt det tekniske utstyret. Data som forteller oss mer om annen data og utstyr. Det gjelder både fysisk vedlikehold, samt programvareoppdateringer. Selv om dataene og informasjonen er tilstede, er det dessverre ingen garanti for at det blir fulgt opp. Dette er noe de fleste forbrukere har et forhold til, for eksempel i form av oppdateringer til det nyeste operativsystemet på mobilen eller datamaskinen. En ny oppdatering, betyr nødvendigvis ikke at brukeren velger å oppdatere. Til tross for at teknologien som leser av dataene er på plass, er det dermed ikke gitt at dataene er korrekt og pålitelig.

Forskjellige typer oppdrettsanlegg vil ha forskjellige behov for hvilke data og informasjon som er relevant. Dette kom tydelig frem ved at IOene var enige om selve oppsettet og forslaget om inndelinger i moduser, men var uenige om hvilke informasjon og data de ulike modusene skulle inneholde. Et viktig punkt som ble nevnt var at systemene ikke må være rigide, men de bør ha en viss mulighet til og både endres og tilpasses. Dette bør være i et gitt intervall, i form av inndeling av skjermen og hvilket utstyr som tas i bruk. For større anlegg som OF1 vil det være naturlig med mer informasjon som i større grad tar hensyn til integriteten, kontra et tradisjonelt anlegg. Innholdet i dette kontrollrommet kan ses på som en tilnærming som dekker ønsket og mer enn minstekravet for innholdet i fremtidens kontrollrom. Velger selskapet å ta i bruk mer utstyr vil brukerstøttesystemet kunne gi mer nøyaktig informasjon enn ved bruk av mindre utstyr.

Precision Fish Farming (PFF): Gitt at operatøren har all informasjonen hen trenger i det videreutviklede oppsettet vi har i kapittel 9, er det fortsatt usikkert om en vil oppnå

optimal drift sett i sammenheng med den videreutviklede modellen for PFF, beskrevet i kapittel 4.2. Ut ifra kommentarene som kom frem inneholder modellen for kontrollrommet de nødvendige dataene og informasjonen for å kunne observere et oppdrettsanlegg. Videre er det lagt til grunn at det blir utformet matematiske modeller som foretar analyse av de inngående dataene, som blir satt i sammenheng med kunnskapsdatabasen beskrevet i kapitlene 2.4 og 2.5. Dette legger grunnlaget for BSS som presenterer informasjonen for operatøren og er de avgjørende stegene for at de samlede dataene og informasjonen kan bidra til å oppnå optimal drift.

For å oppsummere, så er det utfordrende å legge til grunn eksakt hvilke data og informasjon som behøves for å oppnå optimal drift. Likevel vil resultatene fra videreutviklingen i kapittel 9 kunne bidra til å legge til grunn hvilke arbeidsområder som er relevant for operatøren i form av moduser. Modusenes faktiske datainnhold vil variere ut ifra viljen og de økonomiske midler ledelsen gir til å investere i ny teknologi, ønsker fra operatør og det faktiske behovet til et gitt anlegg.

10.2 Hvordan bidrar automatisering og teknologisk utvikling til å minske miljøavtrykket?

Med større fokus og behov for det grønne skiftet på verdensbasis, er det naturlig at også oppdrettsnæringen fortsetter sitt fokus på bærekraftig og miljøvennlig utvikling. Senest i desember 2021 ble det lagt frem en rapport hvor lakseoppdrett utmerket seg som særdeles bærekraftig sammenlignet med annen proteinproduksjon[21].

Et stort miljøavtrykk kommer gjennom fôret som laksen får i løpet av sin livssyklus. Ved bruk av mer avansert teknologisk utstyr, slik som pelletesdetektering utenfor kjent kamerabilde, vil det være mulig å minske fôrspill. Det vil kunne bidra til økonomisk gevinst for bedriften, samt et mindre miljøavtrykk i form av fôrspill og slam. Et annet aspekt rundt fôret er å være kjent med innholdet i fôret og hvilke verdi det har for fiskens vekt, slik at en får maksimal tilvekst ved å ta i bruk minimalt med ressurser.

Ved å ha en bedre overordnet oversikt over den biologiske biomassen kan det også føre til bedre fiskevelferd. Dette kan igjen føre til at flere fisker overlever og gir utbytte i form av mat til befolkningen. I grove trekk vil all fisken bli fôret frem til de dør eller slaktes. Fisken som går til slakt vil være til nytte for samfunnet, dødfisken derimot, vil kun virke negativt i regnskapet for miljøet. Dette fordi den har brukt ressurser uten å være en ressurs i form av mat.

En bedre oversikt over dataene som er under miljøovervåking og integritet, henholdvis 9.5 og 9.8, kan bidra positivt til miljøregnestykket. Ved å ha forutsigbarhet i form av prognoser hvor man har mulighet til å gå tilbake i historisk data for å forstå hvordan oppgaver og prosesser bør håndteres. Eksempelvis ved å tilegne seg informasjon og opparbeide en database om groe og alger, kan et fremtidig BSS fortelle om det vil være nødvendig å spyle eller ikke. En positiv effekt ved dette er at slam og annet søppel fra næringen ikke

blir spredd og spylt utover andre områder enn nødvendig.

Utnyttelse av potensialet i slam kom tydelig frem under prosjektoppgaven[55]. IOene under masteroppgaven så også dette potensialet, i form av næringsinnhold som kan videreutnytted. En utfordring på tradisjonelle anlegg vil være å finne en effektiv måte å samle opp slammen på, uavhengig av om det gjøres manuelt eller automatisert. Videre må det i større grad legges tilrette for tiltak og initiativ som belønner de som fokuserer på utnyttelsen av slam i videre verdikjede. Gitt at oppdrettselskapene må fortsette å betale for å kvitte seg med slammet sitt, vil det ikke gi økonomisk gevinst med tiltak for å samle det opp.

En topografisk oversikt over havbunnen som blir nevnt under intervjuene, kan bidra til å kartlegge hvordan avfall og spill brer seg utover havbunnen. Ved konstant overvåkning har systemet potensialet til å oppdage negative endringer på havbunnen og varsle om tiltak som kan gjøres. Ideelt sett vil det også kunne si noe om anlegget bør flyttes for å få bedre forhold. Utfordringen rundt hvordan denne overvåkingen kan gjennomføres er enda ukjent. Et alternativ er å ha ROV til å analysere havbunnen kontinuerlig. Da blir det viktig å ta høyde for at tiltak ikke skal gå på bekostning av andre biologiske vesener ved å forstyrre dem.

En negativ side ved automatisering og teknologisk utvikling er at det kan føre til behov for jevnlig bytte og vedlikehold av det teknologiske utstyret. Eldre utstyr kan ende opp med å samle støv, tiltross for at det fortsatt fungerer. Aspektet ved vedlikehold krever nødvendigvis ikke helt nye ressurser, men generelt vil det for teknisk utstyr som skal tåle vann og tøffe omgivelser, være behov for hyppige runder med vedlikehold og bytte av deler. Dette gjelder ikke kun for oppdrettsnæringen, men generelt ved teknologisk utstyr.

Likefullt kan automatisering og teknologisk utvikling bidra til å minske miljøavtrykket. Å ta i bruk ny teknologi må ses på som en langsiktig investering for å bidra til et minsket miljøavtrykk. Oppdrettsnæringen anses som en mer bærekraftig måte å dyrke frem en proteinrik ressurs på, sammenlignet med andre dyreproteinprodusenter[21]. Med den voksende befolkningen i verden, vil det derfor være naturlig at oppdrettsnæringen som en sentral samfunnsaktør tar en tydeligere rolle.

10.3 Hvordan beholdes og bedres fiskevelferd ved automatisering?

De seneste årene har det blitt et økt fokus på dyrevelferd generelt, dette inkluderer også oppdrettsfisk[44]. Det er nødvendig å bevare bevisstheten rundt forsvarlig produksjon av fisk, også ved økt automatisering i næringen.

Automatisering fører til et økt fokus på innhenting av data og informasjon fra sensorer, som lagres i et loggføringssystem. Gitt at dette er gjort på en måte som gjør dataene presenterbare i et BSS vil operatøren enklere kunne se biomassens utvikling gjennom en

produksjonssyklus. På den måten bidrar automatisering til at det er enklere å se trender hos fisken. På den måten kan korrektive tiltak tas der det er negative trender.

Mer utstyr kan potensielt bety mer støy. Dette gjelder både på anlegget og i nøtene. Det kom frem gjennom intervjuene at fisken ofte blir vant til støy og lyder som er konstante slik som during fra en förslange. Høyere lyder fra båter eller plutselige lyder så ut til å påvirke fiskens velferd negativt. Det vil ikke være mulig å unngå all støy på et anlegg for å drifte på normalt vis, men det bør gjøres et forsøk på å redusere den ved utvikling av nye anlegg. Akkurat hvor mye støy fisken kan tåle ble ikke kjent i løpet av denne undersøkelsen.

Tidligere manuelle operasjoner slik som mottak av fôr krevde at røkteren var ute og tok imot fôret. Nå kan røkteren i større grad sitte i et kontrollrom og ordne alt til mottaket derifra. Dette frigjør tid som kan brukes på andre oppgaver, deriblant fiskevelferd. Automatisering vil gi røkteren mulighet til å flytte fokusområdet over på andre vesentlige deler av driften. Det er likevel ikke gitt at fokuset alltid vil flyttes til å observere fiskens velferd nærmere. Dette vil avhenge av at selskapet fremmer dette som en viktig del av utviklingen.

Veterinærer kommer med jevne mellomrom for å undersøke et utvalg fisk og deres tilstand. Kontrollrommet, slik det er tenkt, vil gi mulighet for veterinærer å se på de samme dataene og informasjonen som røkteren. På den måten vil veterinæren hyppigere kunne bistå digitalt ved usikkerheter hos røkterne, samtidig som det vil være enklere å koble sine egne prøvetakinger med de historiske dataene. Det vil føre til at veterinærene får en mer analytisk tilnærming til fisken som kan svekke SA, men kan også resultere i mer konkrete tiltak for å bedre fiskevelferden.

Avstand og automatisering av det operatøren jobber med kan føre til at kunnskapsområdet endres, som beskrevet i kapittel 2.6. Dette gjør at røkteren som tidligere forsto fiskens behov, risikerer å bli mer fokusert på de ulike verdiene som parameteren viser, kontra det som kan observeres med det blotte øye. Av den grunn er det viktig at resultatet og observasjonene har samme fokus, selv om hvordan oppgaven gjennomføres endres.

De senere årene har vi fått en mer aktiv forbruker som bryr seg om hvor maten de spiser kommer fra og hvor den er produsert[35]. Det har bidratt til å sette mer fokus på fiskevelferden i produksjonsprosessen, både med og uten automatisering. Dette har ført til at Fiskeri- og kystdepartementet sammen med Helse- og omsorgsdepartementet vil innføre nye merkekrav for fersk fisk som omsettes til forbruker[56]. Dette fokuset bidrar til at næringen i større grad må fokusere på fiskevelferd for å tilfredstille markedet og ha et godt omdømme.

Satt i sammenheng med PFF fra kapittel 2.3 og gitt at kontrollrommet er designet for å oppfylle målene ved PFF-konseptet, skal dette per definisjon bidra til økt velferd og helse for fisken. Dette avhenger av at dataene blir observert og forstått av systemet som analyserer det, samt at røkteren ikke trenger å ta subjektive beslutninger for å handle.

Det er utfordrende å si konkret hvordan en skal beholde fiskens velferd i fokus under

automatisering. Det som kan sies er at automatisering bidrar til effektivisering av tidskrevende oppgaver, som frigir tid til å fokusere mer på fiskevelferd. Videre vil ikke et selskap komme utenom fiskevelferd under produksjonssyklusen hvis de ønsker at maksimalt antall fisk når slaktestørrelse. Automatisering har dermed potensiale til å gi røktene mer tid til å fokusere på fiskevelferd.

10.4 Hvordan ivareta operatøren ved utviklingen av kontrollrommet?

Gjennom prosjektoppgaven ble det belyst et potensialet ved å bruke DT til å designe et kontrollrom som tar høyde for mennesket som skal bruke det [55]. På denne måten ble fokuset i større grad rettet mot operatørens SA under utviklingen. DT dannet grunnlaget for å holde mennesket i sløyfen og gjennom intervjuene er det fokusert på å få konkrete og konstruktive innspill.

En av utfordringene som ble belyst er at økt bruk av kontrollrom og sentralisering av styringssystem vil gi den som fører nye og flere administrative oppgaver. Det kan føre til at tiden og fokuset på føringen reduseres. Det er heller ingen garanti for at de som tidligere var ute på anlegg og fôret, ønsker å flytte seg til land for å jobbe med føring og administrative oppgaver. Det kan være flere grunner til dette, deriblant ønske om å beholde den fysiske tilnærmingen ved å jobbe nærmere fisken.

En av bakgrunnene for økt automatisering er et underliggende ønske om å fjerne de menneskelige faktorene som kan føre til ulykker, beskrevet i kapittel 2.2. Dette er også et av målene ved PFF, hvor driften av et oppdrettsanlegg ideelt sett ikke avhenger av manuell arbeidskraft og subjektive vurderinger fra operatøren. Det utelukker likevel ikke at operatøren må ta beslutninger og samhandle med maskinene, men disse skal være basert på matematiske og predikative modeller for situasjonen. Dette vil kunne minske menneskelige subjektive feil, men det kan også føre til at operatøren føler seg overflødig og dermed er mindre oppmerksom.

Satt i sammenheng med modelleringen av det menneskelige aspektet, se figur 4.3, ser en viktigheten ved at data og informasjon blir bearbeidet før det blir presentert for operatøren. Dette ble fremhevet av IOene. De påpekte nytteverdien for operatøren av å få presentert komprimert og ekstrahert informasjon i de ulike modusene. På den måten slipper operatørene å bruke tid på å tolke informasjon i ulike situasjoner.

Følgen av to runder med intervjuer ga tid og mulighet for å komme med nye tilbakemeldinger etter første gjennomgang. Etersom oppgavens bakgrunn var ny ved første intervjurunde, fikk IOene mulighet til å reflektere videre rundt problemstillingen og hvilke ønsker og behov de hadde for fremtiden. I tillegg gjorde den visuelle fremstillingen det enklere å forstå hvordan dataene kan bli tatt i bruk. Det ga en indikator på brukerens behov og at tanker modner etter hvert som utviklingen foregår. Spesielt ettersom dette er en næring med hurtig teknologisk utvikling, vil gjentatte iterasjonsrunder i større grad

dekke ny teknologi og operatørens ønske.

Operatører er mennesker, og har dermed forskjellige behov og ønsker. Dette ble tydelig under intervjuene, da IOene hadde ulike meninger om samme konsept, deriblant hvordan fôring bør bestilles. Slike subjektive uenigheter vil gjøre det utfordrende å ivareta alle operatørens behov i utviklingen av ett enkelt kontrollrom. Likevel bør det være en begrensning for hvor store forskjeller det kan være mellom hvert kontrollrom for et oppdrettsanlegg, slik at en operatør fra en lokalitet, kan flytte seg fra et kontrollrom til et annet. Et standardisert kontrollrom med mulighet for enkelte justeringer vil, basert på disse tilbakemeldingene, være mest hensiktsmessig.

Utviklingstillatelsene[31] åpnet opp for testing av nye systemer og teknologi, som et resultat av dette ble OF1 utviklet og satt i produksjon. Det var OF1 anlegget som la grunnlaget for problemstillingen i prosjektoppgaven[55], hvor deres kontrollrom hadde mangler knyttet til operatørens behov. I forbindelse med utviklingen av Smart Fish Farm (SFF), som er en større videreføring av OF1, er det i dag større fokus på hva operatøren trenger. OF1 kan ses på som en prototype i utviklingen av SFF.

Oppdrettsnæringen har en av de mest risikoutsatte arbeidsplassene i Norge[1]. Den teknologiske utviklingen bidrar til å minske deler av risikoen, ettersom enkelte operasjoner blir automatisert og styrt på avstand fra et kontrollrom. Fremdeles vil det ikke kunne fjerne den totale risikoen, da det fører med seg et økt behov for vedlikehold av utstyr og vakthold på lokaliteten. Videre vil nye lokaliteter kunne plasseres i områder som kan være mer værutsatt, som kan gjøre arbeidet på lokalitet mer risikofyllt.

For å ivareta operatørens behov ved utviklingen av kontrollrom, vil det viktigste være at operatøren er deltakende i prosessen. Det fører til bedre kjennskap til systemet, samtidig som det gir operatøren eierskap. Utviklingen av et automatisert kontrollrom vil kreve flere iterasjoner med testing og forbedringer. Flere iterasjoner kan føre til nye oppdagelser ved bruken av systemet som kan bidra til en bedre SA. Videre vil det å beholde operatøren som en del av prosessen kunne bidra til en økonomisk gevinst for selskapet. Utstyr som utvikles uten å kunne brukes vil ikke være av verdi.

11 Konklusjon - Erfaring

I dette kapitlet presenteres konklusjonen på oppgavens overordnede forskningsspørsmål:

*Hvordan designe kontrollrom for fremtidens automatiserte oppdrettsanlegg som vil gi operatører et optimalt **Beslutningsstøttesystem (BSS)** og **Situasjonsforståelse (SA)**?*

Konklusjonen bygger videre på delforskningsspørsmålene, diskutert og besvart i kapittel 10.

11.1 Svar på problemstillingen

For å styrke Norges posisjon som verdens største sjømatnasjon kreves det en kompetanseheving innenfor innføring og bruk av ny teknologi [10]. Masteroppgaven bidrar til litteraturen knyttet til oppdrettsnæringen og gir en økt forståelse av hvordan teknologi, i samsvar med mennesket, kan utnyttes for optimalisert drift. Resultatene fra denne masteroppgaven indikerer hvordan et optimalt oppsett for fremtidens kontrollrom kan se ut, jamfør den konseptuelle modellen presentert i kapittel 9. Modellen tydeliggjør hvordan kategorisering av oppgaver kan bidra til at operatøren enklere kan fokusere på informasjonen og utstyret som er nødvendig i de ulike situasjonene. Gjennom **Designntenkning (DT)** sin iterasjonsprosess inkluderes behovene til operatøren som har kjennskap til driften og systemene. Dette danner grunnlaget for hvordan et optimalt beslutningsstøttesystem kan være i fremtidens kontrollrom og bidrar til å øke operatørens **SA**.

Modusene som er utarbeidet danner grunnlag for en standardisering av kategorisering for fremtidens kontrollrom. Innenfor hver modus vil det være tilrettelagt for mindre justeringer for å bedre operatørens **SA**. **BSS** konkrete anbefalinger til operatøren vil betinges av mengden utstyr det investeres i for innsamling og analyse av data. Desto flere sensorer og annet utstyr som blir tatt i bruk, desto mer presis datagrunnlag vil en kunne få for å designe optimale **BSS**.

11.2 Evaluering av eget arbeid

Under arbeidet med denne oppgaven er utstyr og informasjon knyttet til oppdrettsnæringen studert. Dette ble gjort gjennom en ny analyse av prosjektoppgaven, litteratursøk og semistrukturerte intervjuer. Intervjuene ble avholdt i to runder for å få en tilnærming i tråd med metoden for **DT**. Det kunne vært fordelaktig å få sendt tabellen som ble omtalt i første intervjurunde til **IO**ene på forhånd. Det ville gitt **IO**ene mer tid til å sette seg inn i alle delene, og muligens gitt mer konkrete tilbakemeldinger. Det ble gjort med modellen for andre intervjurunde. Fire av de seks intervjuobjektene hadde tilknytning til Salmar. Det kunne vært hensiktsmessig at flere selskaper ble representert. De tre **IO**ene har ulike

roller i Salmar og var ikke kjent med hverandres deltakelse.

Et ønske fra forarbeidet var å komme i kontakt med noen som hadde erfaring fra [Resirkulerende akvakultursystemer \(RAS\)](#)-anlegg. Det lot seg ikke gjøre ettersom de anbefalte henvisningene ikke hadde mulighet.

Grunnet Covid-19 har det ikke vært mulig å besøke ulike oppdrettsanlegg slik som planlagt. Dette gjør at enkelte oppgaver og situasjoner har vært uklare og tatt lang tid å forstå. Et eller flere anleggsbesøk ville potensielt styrket oppgaven og gitt en økt forståelse og et helhetlig bilde av driften.

Dette var min første erfaring med å drive en [DT](#)-prosess. En mer erfaren forsker både innenfor [DT](#) og oppdrettsnæringen ville muligens avgrenset punkter tidligere i prosessen. Gjennom enda flere runder med iterasjon, kunne det vært unngått å bruke tid på unødvendige punkter.

Videre påvirker intervjuerfaringen til intervjuer resultatene for oppgaven. Tidligere erfaring strekker seg til intervjuene som ble avholdt i forbindelse med forarbeidet. Det å gjennomføre intervjuer handler om mengdetrening, og en mer erfaren intervjuer ville i større grad kunnet stille åpne oppfølgingsspørsmål. Dette kunne ha resultert i mer utfyllende og innholdsrike svar.

11.3 Forslag til videre arbeid

For videre arbeid vil det være naturlig å ha flere iterasjonsrunder med testing av konseptmodellen, beskrevet i kapittel 9. Det er fordi det ble gjort flere endringer fra kapittel 7 til kapittel 9, som indikerer at [DT](#) gir mulighet til å forbedre oppsettet. Videre vil det også være naturlig å distribuere denne modellen til flere selskaper for å dekke ulike deler av næringen. På den måten fås et bredere spekter av tilbakemeldinger. Eksempelvis hvordan fôrleverandør ser på kommunikasjon og bestilling av fôr. I tillegg til å se på muligheten for å få på plass tilsvarende system for diesel og ferskvann. En kan også ta i bruk spørreundersøkelse for å samle inn kvantitativ data om det modellerte kontrollrommet.

Når modellen har vært gjennom et flere antall iterasjoner som gjør at innholdet og oppsett er tilfredsstillende, vil det være naturlig å kontakte selskaper som leverer de ulike systemene og utstyret. Dette for å undersøke hvordan man kan implementere et slikt kontrollrom hvor de ulike systemene kommuniserer i et system. Det vil innebære at utstyrsleverandører bidrar med [API](#) som kan implementeres i et større system.

A Vedlegg

Her er en oversikt over malene for intervjurundene, samt den forhåndsente modellen brukt under andre intervjurunde.

A.1 Mal for første intervjurunde

Intervjuobjektets bakgrunn

- Hva er din bakgrunn i oppdrettsnæringen?
- Hva er ditt forhold til bruk av teknisk utstyr i forbindelse med oppdrett?

Tabell

Vi skal nå gå gjennom et sett med moduser, oppgaver, tilhørende data, tenkt brukerstøtte, varslinger og potensielle inngrep. Vi går punktvis gjennom tabellen og spørsmålene for hver modus:

- Hva tenker du om denne modusen?
- Hvilken data trenger du?
- Er det noe her som ikke blir brukt?
- Hvordan ønsker du at brukerstøttesystemet skal være?
- Hvilke alarmer trengs?
- Er det noe som mangler eller bør fjernes?

Oppsett generelt

- Hva tenker du om inndeling i moduser?
- Ville du gjort inndelingen på en annen måte? I så fall hvordan?
- Er det noen moduser du mangler eller som er unødvendige?
- Vil dette være tilfredsstillende for deres daglig behov?
- Ønsker du noe ytterligere fra brukerstøttesystem enn det som er nevnt til nå?
- Ønsker du noen ytterligere alarmer enn det som er nevnt til nå?
- Noe annet du ønsker å legge til?

A.2 Mal for andre intervjurunde

Modell

Vi skal gå gjennom modellen som er satt opp ut ifra tilbakemeldingene jeg fikk i forbindelse med tabellen under første intervjurunde. Den er på lik linje delt inn i moduser og representerer en visuell fremstilling av innholdet i tabellen. For hver modus stilles spørsmålene A.2.

Oppsett generelt

- Er det noe jeg kan oppklare med oppsett jeg sendte på mail?
- Hva synes du om antall og oppsettet for kameraskjermer?
- Hva synes du om antall og oppsettet for tekniske skjermer?
- Hva tenker du om hvordan kamera- og de tekniske skjermene er satt i forhold til hverandre?
- Noe annet du ønsker å legge til?

Kameraoppsett

- Hva tenker du om inndelingen?
- Hvor mange kamerabilder bruker dere?
- Er det noen parametere du vil ha med som mangler?

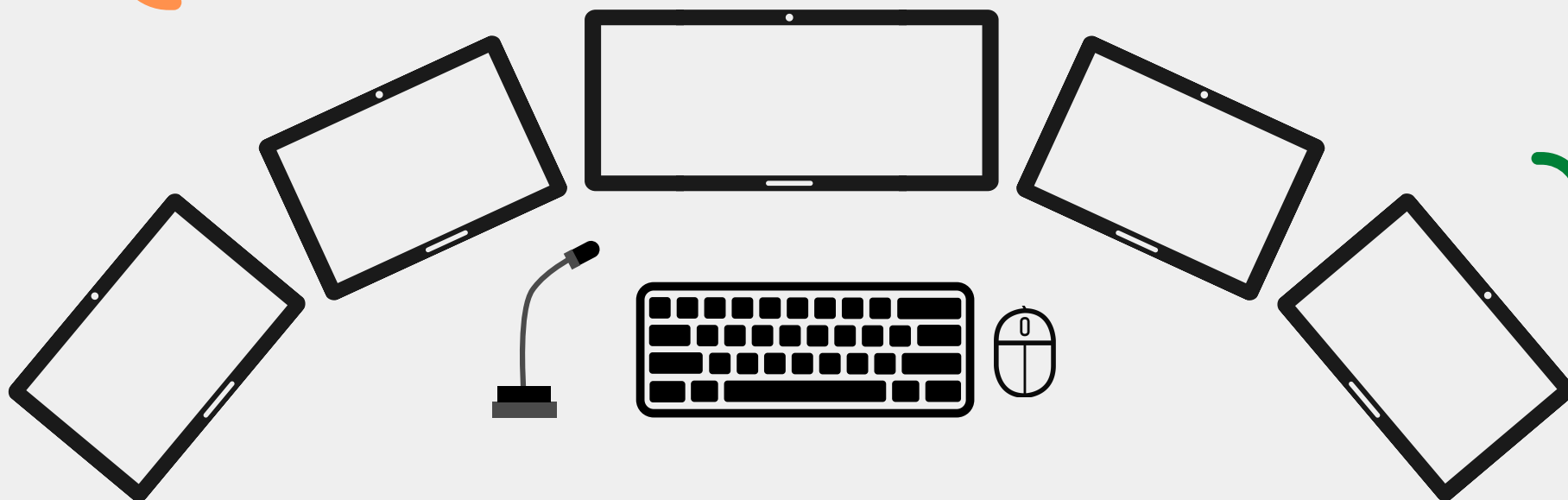
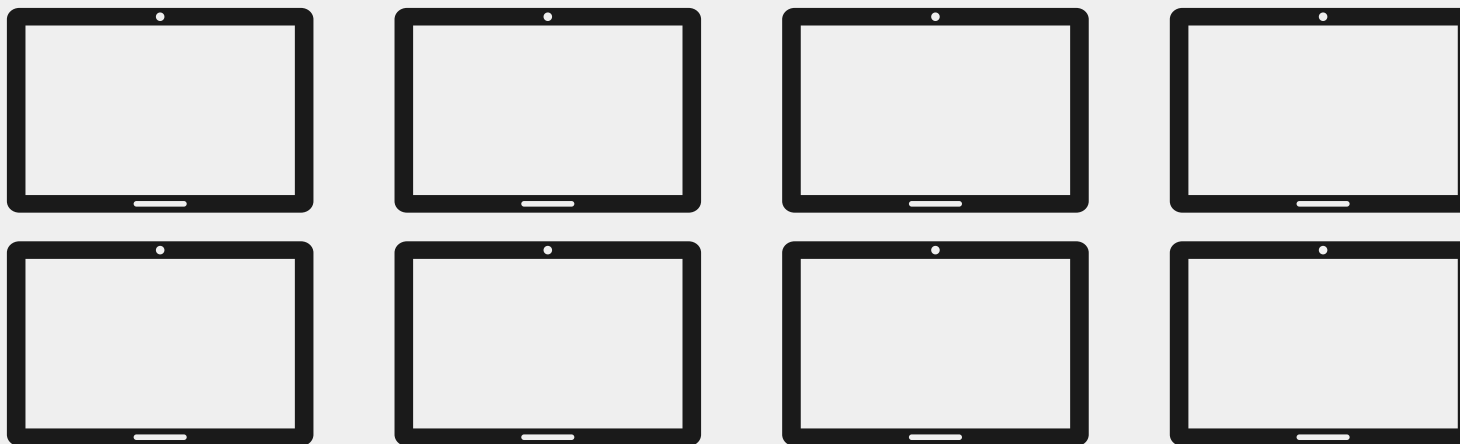
Moduser

- Hva tenker du om innholdet i denne modusen?
- Hva tenker om hovedskjermen?
- Er det noe av informasjonen som bør plasseres mer sentralt?
- Vil du gjort inndelingen på en annen måte? Isåfall hvordan?
- Trenger alle skjermene å være oppe til enhver tid?
- Hvem vil det være naturlig at bruker denne modusen?
- Ønsker du noe ytterligere fra brukerstøttesystem enn det som er vist til nå?
- Ønsker du noe ytterligere alarmer enn det som er nevnt til nå?
- Noe annet du ønsker å legge til?

A.2.1 Modell for andre intervjurunde

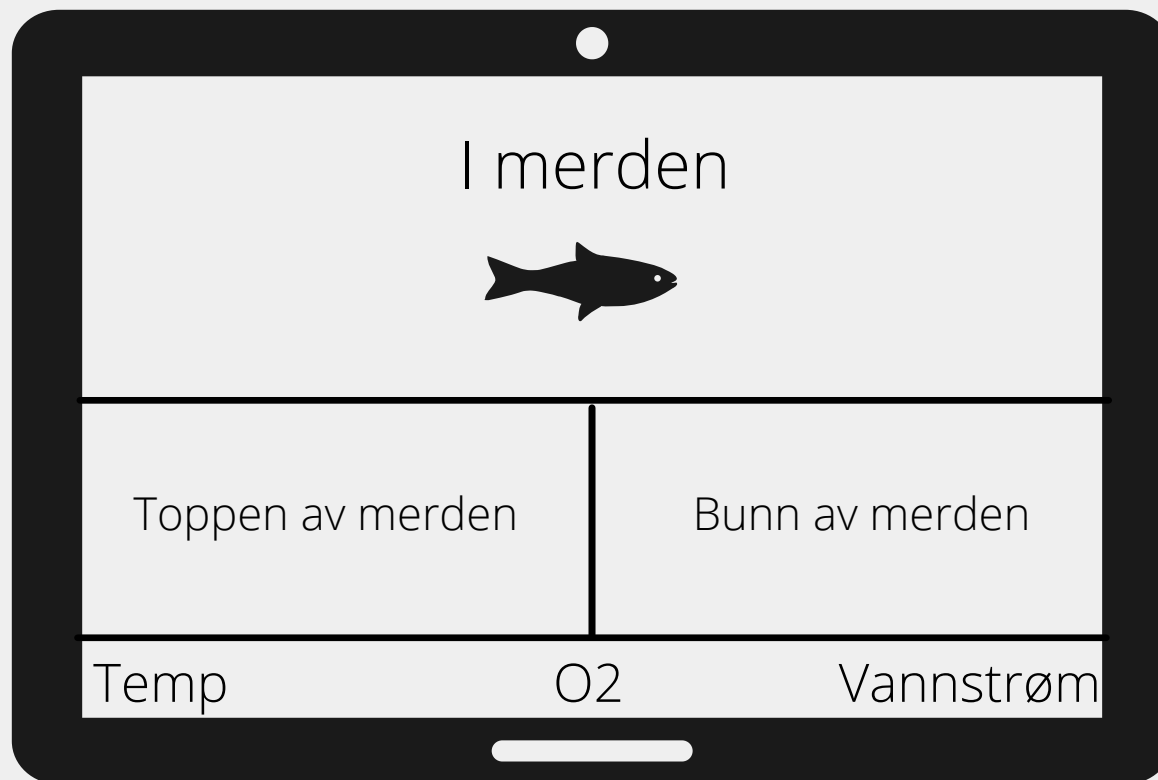
Overordnet oppsett

Kamerabilde av merd



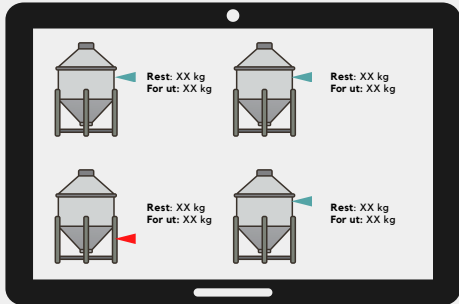
Tekniske skjermer som viser de ulike modusene

Kamerabilde av merder oppsett

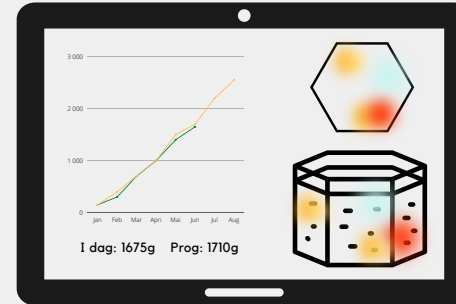


Vannstrøm
Hastighet: m/s
Retning inn mot merden

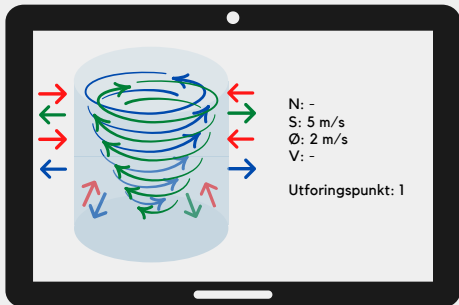
Foring



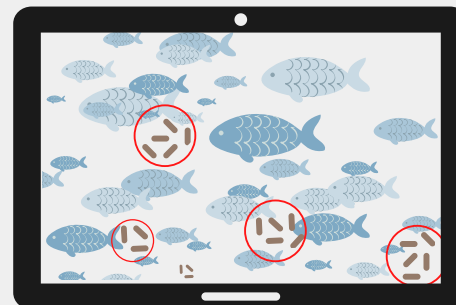
- 1. Silomengde**
Viser mengden fôr på de ulike siloene, samt mengden som er fôret ut. Varsler ved lite fôr



- 4. Ekkolodd og Størrelse**
Viser biomassefordelingen i den angitte merden og størrelsen på fisken. Størrelsen er grafisk med prognose vs sanntid.



- 2. Vannstrøm**
Viser en matematisk simulering av vannstrømmen i merden og anbefalt utføringspunkt

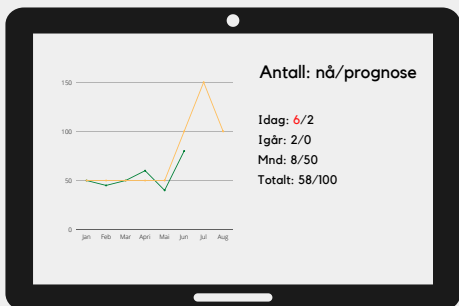


- 5. Pelletsdetektering**
Oppdager pellets som ikke blir spist, samt markerer de i på skjerm bilde

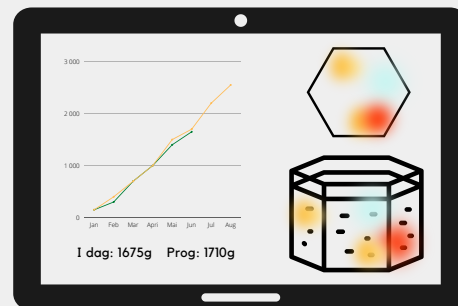
	1. Hitra	2. Freya	3. Freya 2
Alle			
1			
2	1 Merdnavn	Intensitet: 1 kg/s Mengde: 40/400 kg	6
3			
4	2	Intensitet: - kg/s Mengde: 100/400 kg	7
5	3	Intensitet: 1 kg/s Mengde: 40/400 kg	8
6			
7	4	Intensitet: 1 kg/s Mengde: 30/400 kg	9
8			
9	5	Intensitet: kg/s Mengde: 100/400 kg	10
10			

- 3. Hovedskjerm**
Her velger enn hvilken not som fôres, og har mulighet til å åpne og lukke tilhørende ventiler. I tillegg bestemmes hvor høyt trykk det skal fôres med. Den matematiske kalkulerede foringsmengde blir vist som tall, satt opp mot dagens fôringsmål.

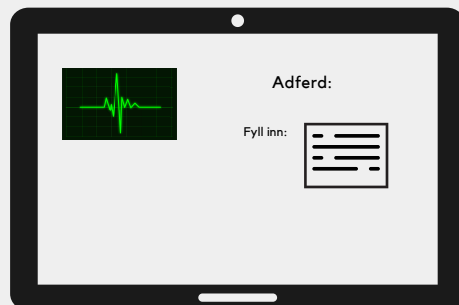
Fiskevelferd



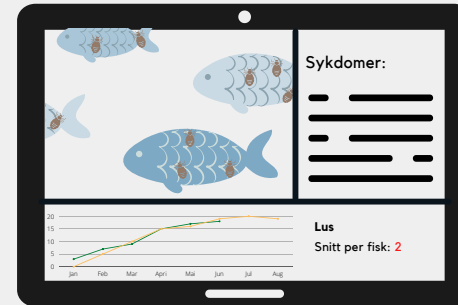
1. **Dødfisk**
Antall dødfisk sanntid vs prognose



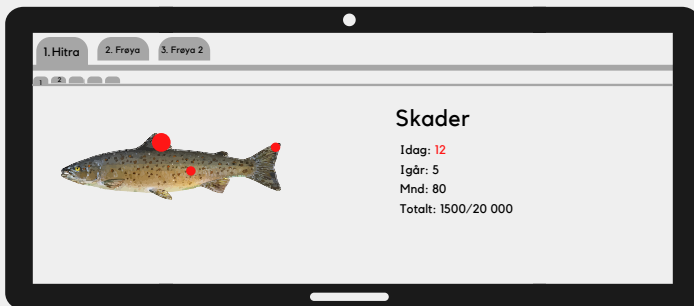
4. **Biomasse**
Viser biomassefordelingen i den angitte merden og størrelsen på fisken ved hjelp av ekkolodd. Strørrelsen er grafisk med trend vs sanntid.



2. **Tag og adferd**
Sanntidstilstand for angitt fisk. Hjerter satt opp som eksempel, mulighet for mer avhengig av nytteverdien til de ulike målingene.

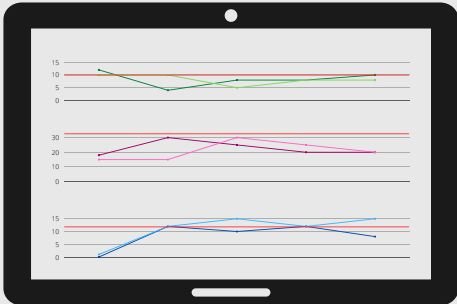


5. **Antall lus og sykdomsforløp**
Luse kamera med antall lus. Tidligere data for sykdomsforløp til merden

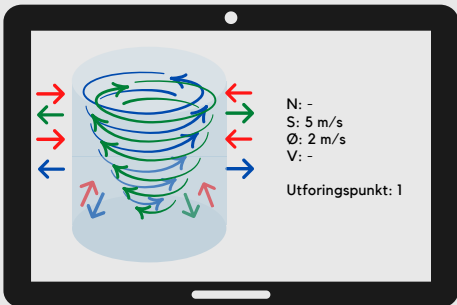


3. **Hovedskjerm**
Fiskehelsekamera som markerer potensielle skader på fisken som passerer. Mulighet for å se bilder fisk som har passert tidligere og deres skader. Tall på totalt antall fisk som har passert opp mot fiskene med skader. Høyt antall sette kritiske farge på skjerm bilde av merd

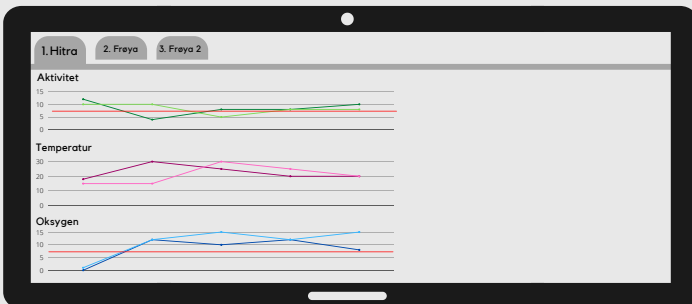
Miljøovervåkning



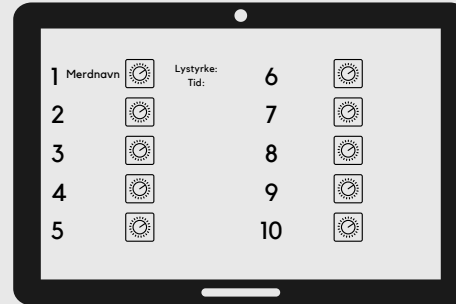
1. Havbunn
Resultater fra analyse av havbunnene og fremtidige prognoser.



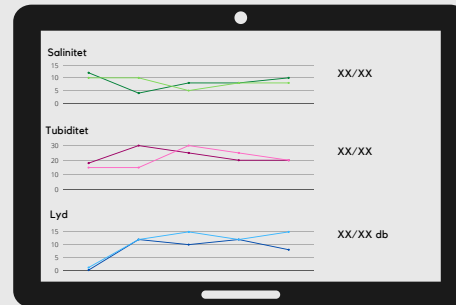
2. Vannstrøm
Viser en matematisk simulering av vannstrømmen i merden og anbefalt utføringspunkt



3. Hovedskjerm
Aktiviteten i merden sanntid vs tidligere for å se trenden. Sammenligne dette opp mot oksygen og temperatur sanntid og trend. Varsle ved lave verdier

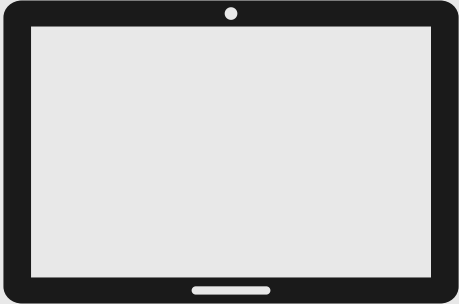


4. Lys
-

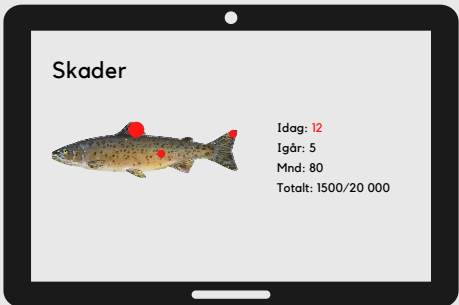


5. Salinitet, Turbiditet, lyd
Sanntidsverdier i tall og grafisk

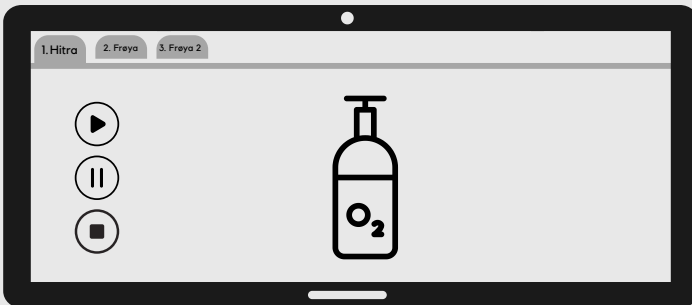
Håndtering



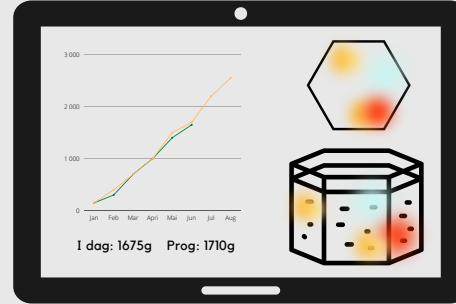
1. TOM



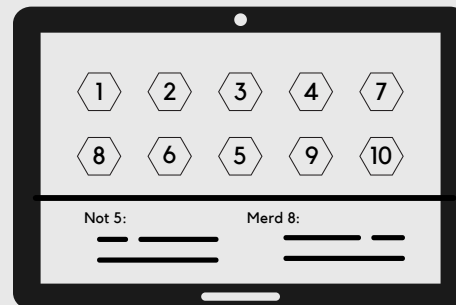
2. **Fiskehelsekamera**
Fiskehelsekamera som markerer potensielle skader på fisken som passerer. Mulighet for å se bilder fisk som har passert tidligere og deres skader. Tall på totalt antall fisk m og uten skader.



3. **Hovedskjerm**
Mulighet til å stoppe tregning og tilføre oksygen i merden



4. **Biomasse**
Viser biomassefordelingen i den angitte merden og størrelsen på fisken ved hjelp av ekkolodd. Strørrelsen er grafisk med trend vs sanntid.

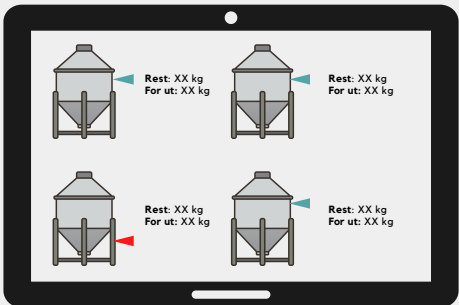


5. **Registrering**
Oversikt over alle notene og merdene som er i dem. I tillegg til mulighet til å registre behandling og sjekke logg

Forbåt



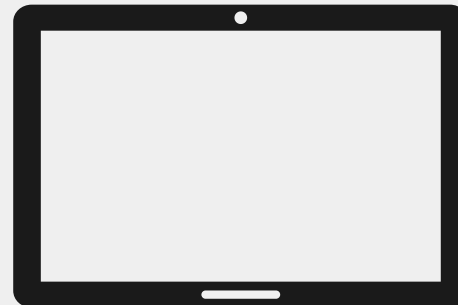
1. TOM
-



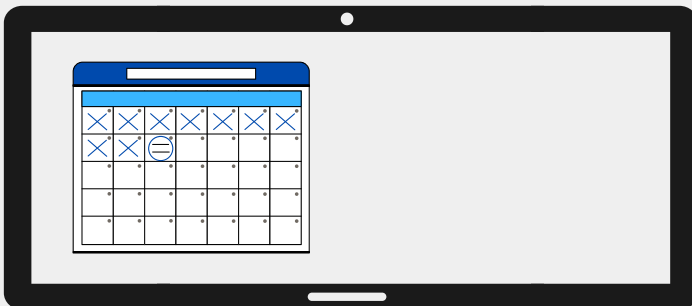
2. **Silomengde**
Viser mengden fôr på de ulike siloene, samt mengden som er fôret ut. Varsler ved lite fôr



4. TOM
-



5. TOM
-

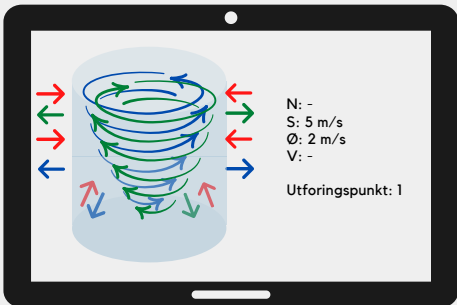


3. **Hovedskjerm**
Kalender med oversikt over forventet levringsdag og tidspunkt på de ulike anleggene.

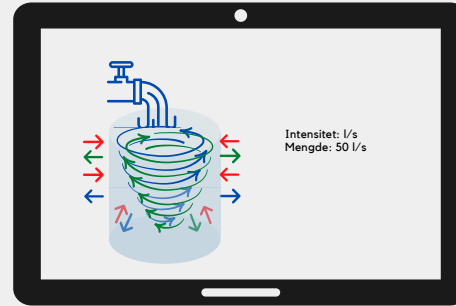
Intergritetsovervåkning



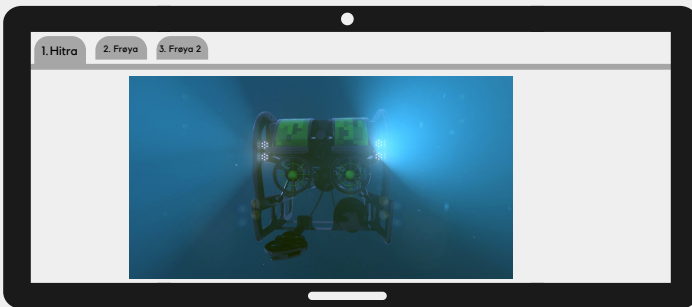
- 1. Slam**
Viser mengden slam og næringsinnholdet til slammet. Samt fremtidige funksjoner for å fjerne det.



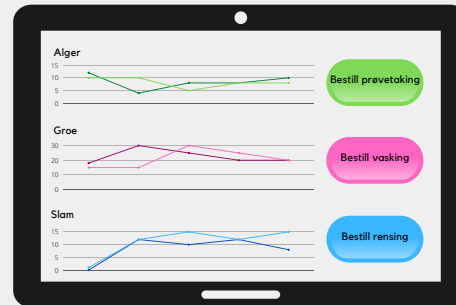
- 2. Vannstrøm**
Viser en matematisk simulering av vannstrømmen i merden og hvordan den påvirker strukturen til anlegget



- 4. Utskifting av vann**
Regulering av vannstrøm for lukkede anlegg. Samt prognose for hvordan det sprer seg i merden.



- 3. Hovedskjerm**
Navigering av ROV og tilhørende bilde



- 5. Alger og groe**
Hviser mengden alger, slam og groe som er på nøtene og anlegget, sammen med trender i en grafisk framstilling. I tillegg til funksjon for å fjerne det

References

- [1] Arbeidsskader. URL: <https://www.barentswatch.no/havbruk/arbeidsskader>.
- [2] Design thinking frequently asked questions (faq). URL: <https://designthinking.ideo.com/faq/whats-the-difference-between-human-centered-design-and-design-thinking>
- [3] Fra fjord til bord. URL: <https://laks.no/lakseproduksjon/>.
- [4] Hvor mye fôr trengs for å vokse frem en fisk? URL: <https://www.skretting.com/no/aapenhet-og-tillit/ofte-stilte-spoersmaal/hvor-mye-for-trengs-for-aa-vokse-frem-en-fisk/>.
- [5] Illustrasjonsbilde egget. URL: <https://haugeaqua.com/technology/egget>.
- [6] Meld. st. 35 (2015–2016). URL: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-35-20152016/id2502679/?ch=5>.
- [7] Forskrift om etablering, drift og sykdomsforebyggende tiltak ved oppdrettsanlegg (drifts- og sykdomsforskriften) - kapittel iii. drift, 1998. URL: <https://lovdata.no/LTI/forskrift/1998-12-18-1409/\T1\textsection19>.
- [8] Forskrift om tillatelse til akvakultur for laks, ørret og regnbueørret (laksetildelingsforskriften), 2004. URL: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-12-22-1798>.
- [9] Verdiskaping basert på produktive hav i 2050, 2012. URL: https://www.sintef.no/globalassets/upload/fiskeri_og_havbruk/publikasjoner/verdiskaping-basert-pa-produktive-hav-i-2050.pdf.
- [10] Verdens fremste sjømatnasjon, Mar 2013. URL: <https://www.regjeringen.no/contentassets/435e99fc39b947d79ca929eff484ac75/no/pdfs/stm201220130022000dddpdfs.pdf>.
- [11] K-master bridge solutions, May 2015. URL: <https://www.kongsberg.com/contentassets/99614846ae014a4aace217dc8885bb71/k-master-bridge-solutions.pdf>.
- [12] Hjertebank, May 2017. URL: <https://nhi.no/symptomer/hjerte-og-kar/hjertebank/#:~:text=Nårduerengsteligeller,denvanligsteårsakentilhjertebank>.
- [13] Offshore fish farming, Jul 2020. URL: <https://www.salmar.no/en/offshore-fish-farming-a-new-era/>.
- [14] Blått hav, grønn fremtid, 2021. URL: <https://www.regjeringen.no/contentassets/564afd76f1e34ccda982f785c33d21b9/no/pdfs/211524-regjeringens-havrapport.pdf>.

- [15] Nøkkeltall, Nov 2021. URL: <https://seafood.no/markedsinnsikt/nokkeltall/>.
- [16] Ras, Aug 2021. URL: <https://www.skretting.com/no/innovasjon/vaare-innovasjoner/ras/>.
- [17] Agnar Aamodt and Mads Nygård. Different roles and mutual dependencies of data, information, and knowledge—an ai perspective on their integration. *Data & Knowledge Engineering*, 16(3):191–222, 1995.
- [18] Jon Albretsen, Alexander Christian Beck, Martin Biuw, Mats Brockstedt Olsen Huserbråten, Tina Kutti, Bjørn Olav Kvamme, Øystein Skagseth, Kjell Rong Utne, Frode Bendiksen Vikebø, and Vidar Wennevik. Havbruk til havs–fysiske miljøbetingelser og økosystempåvirkning. *Rapport fra havforskningen*, 2019.
- [19] Thomas Førde Maritim 16. aug. 2021 11:00, Odd Richard Valmot, Journalist, Tore Tennøe, and Direktør i Teknologirådet. Her kommer et av norges største landbaserte oppdrettsanlegg, Aug 2021. URL: <https://www.tu.no/artikler/her-kommer-et-av-norges-storste-landbaserte-oppdrettsanlegg/512536>.
- [20] Aslak Berge. Lakselus har vært et minst like stort problem på færøyene som i norge, May 2015. URL: <https://ilaks.no/lakselus-har-vaert-et-minst-like-stort-problem-pa-faeroyene-som-i-norge/>.
- [21] Aslak Berge. Laksedominans da verdens mest bærekraftige proteinprodusenter ble kåret, Dec 2021. URL: <https://ilaks.no/laksedominans-da-verdens-mest-baerekraftige-proteinprodusenter-ble-karet/>.
- [22] Katarina Berthelsen. "ocean farm 1" blir et flytende laboratorium, Feb 2018. URL: <https://www.kyst.no/article/ocean-farm-1-blir-et-flytende-laboratorium/>.
- [23] Richard E Boyatzis. *Transforming qualitative information: Thematic analysis and code development*. sage, 1998.
- [24] Tim Brown. Design thinking frequently asked questions (faq). URL: <https://designthinking.ideo.com/faq/how-do-people-define-design-thinking>.
- [25] Tim Brown et al. Design thinking. *Harvard business review*, 86(6):84, 2008.
- [26] Lisa Carlgren, Maria Elmquist, and Ingo Rauth. The challenges of using design thinking in industry—experiences from five large firms. *Creativity and Innovation Management*, 25(3):344–362, 2016.
- [27] Janett Edmonds. Applying human factors engineering to control room upgrade projects and to the design of new build control rooms. *The Keil Centre*, 2015. URL: <https://www.icheme.org/media/8464/xxv-paper-18.pdf>.
- [28] Mica R Endsley. Design and evaluation for situation awareness enhancement. In *Proceedings of the Human Factors Society annual meeting*, volume 32, pages 97–101. Sage Publications Sage CA: Los Angeles, CA, 1988.

- [29] Mica R Endsley. *Human-automation interaction and the challenge of maintaining situation awareness in future autonomous vehicles*. CRC Press, 2019.
- [30] Mica R Endsley and Daniel J Garland. *Situation awareness analysis and measurement*. CRC Press, 2000.
- [31] Fiskeridirektoratet. Utviklingstillatelser, Feb 2016. URL: <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tildeling-og-tillatelser/Saertillatelser/Utviklingstillatelser>.
- [32] Fiskeridirektoratet. Kunnskap fra utviklingsprosjektene, Jan 2021. URL: <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tildeling-og-tillatelser/Saertillatelser/Utviklingstillatelser/Kunnskap-fra-utviklingsprosjektene>.
- [33] Thomas Førde. Her kommer et av Norges største landbaserte oppdrettsanlegg, Aug 2021. URL: <https://www.tu.no/artikler/her-kommer-et-av-norges-storste-landbaserte-oppdrettsanlegg/512536>.
- [34] Martin Førde, Kevin Frank, Tomas Norton, Eirik Svendsen, Jo Arve Alfredsen, Tim Dempster, Harkaitz Eguiraun, Win Watson, Annette Stahl, Leif Magne Sunde, and et al. Precision fish farming: A new framework to improve production in aquaculture, Nov 2017. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1537511017304488>.
- [35] Tom Jørgen Gangsø. Bærekraftig mat – bryr vi oss?, Sep 2021. URL: <https://www.intrafish.no/kommentarer/barekraftig-mat-bryr-vi-oss-/2-1-1070904>.
- [36] Alf Håkon Hoel. verdens fiskerier, Mar 2021. URL: https://snl.no/verdens_fiskerier.
- [37] Thor Hukkelås. Forelesning 3. self driving car, 2020.
- [38] Thor Hukkelås. Forelesning 7. ships and maritim operations, 2020.
- [39] Thor Hukkelås. Havbrukskybernetikk, Oct 2021.
- [40] Toni Ivergard and Brian Hunt. *Handbook of control room design and ergonomics: a perspective for the future*. CRC Press, 2008.
- [41] Asbjørn Johannessen, Per Arne Tufte, and Line Christoffersen. *Introduksjon til samfunnsvitenskapelig metode*, volume 4. Abstrakt Oslo, 2010.
- [42] Reidun Lilleholt Kraugerud. Ulike typer oppdrettsanlegg, Sep 2021. URL: <https://nofima.no/fakta/ulike-typer-oppdrettsanlegg/>.
- [43] TS Kristiansen and OB Samuelson. Fiskevelferd ved bruk av slaktemerd for oppdrettsfisk, 2005.
- [44] Landbruksdepartementet. St.meld. nr. 12 (2002-2003), 2003. URL: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/stmeld-nr-12-2002-2003-/id196533/?ch=9>.

- [45] Jeanne Liedtka. Perspective: Linking design thinking with innovation outcomes through cognitive bias reduction. *Journal of product innovation management*, 32(6):925–938, 2015.
- [46] Kirsti Malterud. Systematic text condensation: a strategy for qualitative analysis. *Scandinavian journal of public health*, 40(8):795–805, 2012.
- [47] Bård Misund. Fiskeoppdrett, Feb 2021. URL: <https://snl.no/fiskeoppdrett>.
- [48] Marthe Njåstad. Fiskeridirektoratet kan ikke utelukke at det dreier seg om en større rømming fra havmerden, Sep 2020. URL: <https://www.intrafish.no/nyheter/fiskeridirektoratet-kan-ikke-utelukke-at-det-dreier-seg-om-en-storre-romming-fra-2-1-867336>.
- [49] Salmar Ocean. Søknad om klarering av lokalitet i norskehavet for smart fish farm pilotprosjekt, Jan 2021. URL: https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tema/Havbruk-til-havs/kunngjoring-soknad-om-klarering-av-lokalitet-for-akvakultur-i-norskehavet/_/attachment/download/a7b5fd31-d0ab-4aee-89d0-e47eb33f35ef:16d8934c6924e66970cebaf68718c653fa1278d9/soknad-klarering-lokalitet-Norskehavet-0.pdf.
- [50] Kristen Olson and Ipek Bilgen. The role of interviewer experience on acquiescence. *Public Opinion Quarterly*, 75(1):99–114, 2011.
- [51] Magne Brekke Rammen. Henry ford, Dec 2018. URL: https://snl.no/Henry_Ford.
- [52] Jens Rasmussen. Skills, rules, and knowledge; signals, signs, and symbols, and other distinctions in human performance models. *IEEE transactions on systems, man, and cybernetics*, (3):257–266, 1983.
- [53] Knut A. Rosvold. samleband, Dec 2018. URL: <https://snl.no/sambleband>.
- [54] Knut A Rosvold. Kontrollrom, Feb 2019. URL: <https://snl.no/kontrollrom>.
- [55] Tia Celine Sandhu. Fremtidens kontrollrom for høyt automatiserte oppdrettsanlegg. Technical report, Department of Engineering Cybernetics, NTNU – Norwegian University of Science and Technology, June 2020.
- [56] Kjersti Sandvik. Fersk fisk skal merkes, Aug 2008. URL: <https://www.fiskeribladet.no/nyheter/fersk-fisk-skal-merkes/8-1-8872>.
- [57] Thomas B Sheridan. *Telerobotics, automation, and human supervisory control*. MIT press, 1992.
- [58] Thomas Skjørten. Hva er api?, Jul 2021. URL: <https://www.visma.no/blogg/hva-er-api-sporsmal-og-svar/>.
- [59] Charlotte Skourup and Arthur Aune. Decision support in process control plants. *IEE CONTROL ENGINEERING SERIES*, pages 223–236, 2001.

- [60] Therese Soltveit. Led-lys gir økt vekst for laksen, Sep 2018. URL: <https://www.kyst.no/article/led-lys-gir-oek-vekst-for-laksen/>.
- [61] Neville A Stanton, Paul Salmon, Daniel Jenkins, and Guy Walker. *Human factors in the design and evaluation of central control room operations*. CRC Press, 2009.
- [62] Steinar Sund. Vil redusere risiko med automatisering, Jun 2016. URL: <https://www.tu.no/artikler/vil-reducere-risiko-med-automatisering/347460>.
- [63] Aksel Tjora. *Kvalitative forskningsmetoder i praksis. 3. utgave*. Gyldendal, 01 2017.

