



UiT Norges arktiske universitet

Fakultetet for biovitenskap, fiskeri og økonomi (BFE)

Norges fiskerihøgskole (NFH)

**Kartlegging av dødelighet og vekst i produksjonen av triploid settefisk
(*Salmo Salar L.*) i perioden 2017-2021 i et norsk settefiskanlegg**

Christoffer Frantzen

Masteroppgave i fiskeri- og havbruksvitenskap FSK-3960 (60 stp.) Mai 2023

Forord

Da sitter jeg her og teller mai 2023. Det betyr én ting, og det er at det hele begynner å nærme seg slutten. Denne masteroppgaven er et avsluttende kapittel i min tid som student på Norges fiskerihøgskole. For en tid det har vært! Disse fem årene har gitt meg en ryggsekk full av faglig kunnskap, erfaringer, opplevelser og gode venner som jeg kommer til å dra stor nytte av i fremtiden. Flinke forelesere og gode diskusjoner med medstudenter har bidratt til et godt læringsutbytte.

Først og fremst vil jeg takke mine veiledere Tore Seternes og Signe Annie Sønvinen for god veiledning og deling av kunnskap. Jeg vil spesielt rette en takk til Tore for gode samtaler på kontoret. Døren har alltid stått åpen, og det har betydd mye, både på solskinns- og regnværsdager. En stor takk rettes til Espen Berthung for korrekturlesing av oppgaven.

Videre vil jeg rette min oppmerksomhet til den eksterne bedriften. Tusen takk for et godt samarbeid, og for at dere har delt det aller helligste med meg. Uten dere hadde det ikke blitt noen oppgave.

Tusen takk til familie, kjæreste og venner for god support på veien. Det har betydd mye. En spesiell takk må jeg gi til mine gode venner på modulen for gode samtaler, sosiale lag og generelt mye hygge. Ingen nevnt, ingen glemt. Uten dere hadde dette blitt kjedelig.

Christoffer Frantzen

Tromsø, mai 2023

Sammendrag

Noen av de største utfordringene i dagens oppdrett av atlantisk laks (*Salmo Salar L.*) er knyttet til påvirkninger av miljøet. Rømming av oppdrettslaks er en stor miljøutfordring da det er fare for at rømt oppdrettslaks kan påvirke vill laks genetisk i tillegg til spredning av lakselus (*Lepeophtheirus salmonis*). Produksjon triploid laks er en måte å produsere steril laks på, og et tiltak for å gjøre oppdrettsnæringen mer bærekraftig. Produksjonen av triploid laks har primært bydd på velferdsmessige utfordringer sammenlignet med produksjon av diploid laks, spesielt i matfiskanlegg på sjøen. Det har vært spekulert i at problemene starter allerede i settefiskproduksjonen. Hensikten med denne masteroppgaven er å kartlegge dødelighet og vekst blant triploid settefisk i et norsk settefiskanlegg. Historiske produksjonsdata fra settefiskanlegget i perioden fra 2017-2021 vil analyseres. Det var ingen signifikant forskjell i total dødelighet mellom diploid 43,27% ($\pm 13,64\%$) og triploid 65,58% ($\pm 27,29\%$). Den totale dødeligheten var høyest ved innsett av triploid rogn på klekkeriet i perioden vår/sommer (80,04% $\pm 29,04\%$) sammenlignet med høst/vinter (29,53% $\pm 22,43\%$), men ingen signifikante forskjeller. Det var signifikant høyere total dødelighet på klekkeriet (289 837 \pm 456 264) stk, Veksthall 1 (193 037 \pm 81 150) stk og startfôring (185 581 \pm 107 882) stk sammenlignet med de andre avdelingene. På enhetsnivå var det ingen forskjeller i total dødelighet på de ulike avdelingene. Diploid settefisk så ut til å vokse raskere de første månedene i settefiskanlegget, men dette utjevnet seg etter hvert i produksjonen. Det var ingen forskjeller i total dødelighet mellom diploid og triploid gruppe. Blant triploid settefisk var den totale dødeligheten høyest i starten av produksjonen.

Innholdsfortegnelse

1	Innledning.....	1
1.1	Problemstilling og forskningsspørsmål.....	2
1.2	Hypoteser	2
2	Teori	4
2.1	Produksjon av atlantisk laks i Norge.....	4
2.1.1	Utfordringer i lakseoppdrett	5
2.1.2	Grønne konsesjoner	8
2.2	Settefiskproduksjon	9
2.2.1	Settefiskanlegg	9
2.2.2	Avdelinger.....	9
2.2.3	Gjennomstrømningsanlegg.....	10
2.2.4	Resirkuleringsanlegg	11
2.2.5	Vannkvalitet i settefiskproduksjon.....	12
2.2.6	Dyrevelferd i settefiskproduksjon	14
2.3	Produksjon av steril laks- triploidisering	16
2.3.1	Utfordringer med triploid laks.....	17
2.4	Valgt anlegg	18
3	Materiale og metode.....	20
3.1	Kvantitativ forskningsmetode	20
3.2	Innsamling av data	21
3.3	Konseptuell modell og valg av variabler.....	23
3.4	Bearbeiding og analyse av data.....	25
3.4.1	Normalfordeling	26
3.4.2	Deskriptiv statistikk.....	26
3.4.3	Mann-Whitney U.....	27
3.4.4	Kruskal-Wallis	28

3.5	Metodisk kvalitet.....	28
3.5.1	Reliabilitet	28
3.5.2	Generalisering	29
3.6	Etiske vurderinger	29
4	Resultater.....	30
4.1	Dødelighet og destruksjon i hele anlegget	30
4.2	Dødelighet og destruksjon på avdelingsnivå.....	35
4.3	Dødelighet og destruksjon på enhetsnivå.....	37
5	Diskusjon.....	44
5.1	Dødelighet og destruksjon.....	44
5.1.1	Dødelighet og destruksjon i hele anlegget	44
5.1.2	Dødelighet og destruksjon på avdeling- og enhetsnivå.....	47
5.2	Vekst.....	48
5.3	Alternativ metode for sterilisering	49
5.4	Begrensninger i material og metode.....	49
5.5	Veien videre	51
6	Konklusjon	52
7	Referanseliste	53
8	Vedlegg	58
8.1	Vedlegg 1- Resultater fra de statistiske analysene	58
8.2	Vedlegg 2- Produksjonsdata.....	64

1 Innledning

En stadig voksende befolkning gir økt matbehov. Eksportverdien av norsk sjømat har eksplodert de siste ti årene og 2022 ble tidenes beste år for eksport av norsk sjømat. Produksjonen på 2,9 millioner tonn sjømat ga en eksportverdi på 151,4 milliarder kroner (Norges Sjømatråd, 2023). Norsk sjømat har en nøkkelrolle i det grønne skiftet og vil være avgjørende for dagens samfunnsutfordringer ved økt matbehov, klimaendringer og helse (Norges Sjømatråd, 2020a). Potensialet av norsk sjømat er stort, og vil være viktig for disse samfunnsutfordringene. Den største andelen av eksporttallene kommer fra havbruk, og spesifikt lakseoppdrett.

Oppdrettsnæringen er stor i Norge og kommer til å bli større i fremtiden (Lock mfl., 2022). Samtidig er noen av de største utfordringene i norsk lakseoppdrett knyttet til påvirkning av miljøet. En viktig oppgave for oppdrettsnæringen vil være å redusere miljøavtrykket. Redusert miljøavtrykk har stått sentralt i lang tid, og har allerede gjort oppdrettsnæringen mer bærekraftig. En av de aller største utfordringene knyttet til miljø i oppdrettsnæringen er rømming av oppdrettslaks fra anleggene. Rømming av laks fra oppdrettsanlegg kan være med på å påvirke villfiskbestanden genetisk, og kan føre til spredning av mer lakselus (*Lepeophtheirus salmonis*) i norske elver (Miljødirektoratet, 2022). I 2013 ga Nærings- og fiskeridepartementet ut såkalte grønne tillatelser der et av kriteriene for å møte miljøutfordringene, var å produsere steril oppdrettsfisk (Forskrift om løyve til havbruk med matfisk, 2013).

Produksjon av triploid laks er en måte å produsere steril laks på, og dermed et tiltak for å gjøre næringen mer bærekraftig. Det ligger til grunn flere fordeler med å produsere triploid laks, men også utfordringer som oppdrettsnæringen må ta på alvor. En fordel med produksjonen av triploid laks er at det forhindrer genetisk påvirkning på villaks ved rømming. Samtidig gir denne produksjonen utfordringer knyttet til velferdsmessige problemer. Erfaringene rundt dette med triploidisering av oppdrettslaks har gitt både forkjempere og motstandere (Hoddevik, 2023).

På matfiskanlegg i sjøen er det gjennomført flere undersøkelser som skal avdekke velferden blant triploid laks i kommersielt oppdrett. Tredje samlerapport til Stien, Sambraus, Kristiansen, mfl. (2021) tar for seg velferd for triploid laks på matfisklokaliteter, og sier at

høyere dødelighet blant triploid oppdrettslaks kan ha en sammenheng med utilfredsstillende smoltkvalitet. Med bakgrunn i denne litteraturen rundt tematikken med dårlig velferd blant triploid laks på sjø, vil hovedtema til denne masteravhandlingen være produksjon av triploid settefisk i et norsk settefiskanlegg.

1.1 Problemstilling og forskningsspørsmål

Hensikten med denne masteroppgaven er å kartlegge dødelighet og vekst blant triploid settefisk, gjennom å undersøke historiske produksjonsdata fra flere årganger triploid settefisk i et bestemt settefiskanlegg. Dette skal gjøres ved å undersøke følgende forskningsspørsmål:

1. «Er det en forskjell i total dødelighet mellom diploid og triploid settefisk i et bestemt settefiskanlegg»?
2. «Er det en forskjell i total dødelighet på triploide innlegg mellom ulike avdelinger i et bestemt settefiskanlegg»?
3. «Er det en forskjell i total dødelighet på triploide innlegg på tvers av enheter i ulike avdelinger, i et bestemt settefiskanlegg»?
4. «Er det en forskjell i total dødelighet og når på året triploid rogn blir satt inn på klekkeriet i et bestemt settefiskanlegg»?
5. «Sett i et utviklingsperspektiv over flere år, er det noen forskjell i vekst mellom diploid og triploid settefisk»?

1.2 Hypoteser

Erfaringer knyttet til hovedtemaet i oppgaven vil ligge til grunn for enkelte antakelser til de ulike forskningsspørsmålene. Disse antagelsene presenteres som ulike hypoteser og metodene vil undersøke om disse hypotesene er sanne eller ikke. For hver antagelse er det definert en nullhypotese (H_0) og en alternativ hypotese (H_1). De ulike antakelsene med hypoteser som skal testes i masteroppgaven er følgende:

«Produksjon av triploid settefisk gir ulik total dødelighet enn produksjon av diploid settefisk i settefiskfasen».

H_0 : «Det er ingen forskjell mellom total dødelighet på triploide og diploide individer i settefiskfasen».

H₁: «Det er en forskjell mellom total dødelighet på triploide og diploide individer i settefiskfasen».

«Det er ulik total dødelighet blant triploide individer tidlig i settefiskfasen».

H₀: «Det er ingen forskjell i total dødelighet mellom avdelinger på et bestemt settefiskanlegg».

H₁: «Det er en forskjell i total dødelighet mellom avdelinger på et bestemt settefiskanlegg».

«På enhetsnivå vil det være enkelte enheter med ulik total dødelighet enn andre».

H₀: «Det er ingen forskjell i total dødelighet på tvers av enhetene i de ulike avdelingene».

H₁: «Det er en forskjell i total dødelighet på tvers av enhetene i de ulike avdelingene».

«Det er ulik total dødelighet på triploide individer ved rogninnlegg i høst- og vintermånedene sammenlignet med våren og sommeren».

H₀: «Det er ingen forskjell på total dødelighet og tidspunkt på året rognen blir satt inn på klekkeriet».

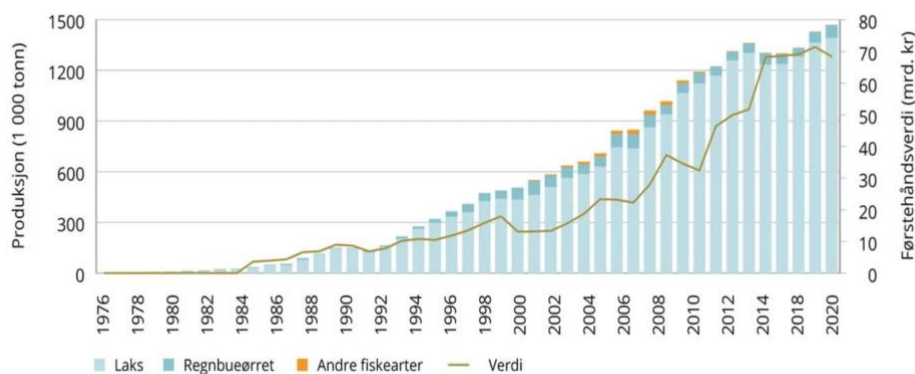
H₁ «Det er en forskjell på total dødelighet og tidspunkt på året rognen blir satt inn på klekkeriet».

Det er viktig å bemerke at alle forskningsspørsmålene ikke har en egendefinert nullhypotese. Dette er på grunn av metodisk kvalitet på datagrunnlaget.

2 Teori

2.1 Produksjon av atlantisk laks i Norge

Oppdrett av atlantisk laks (*Salmo salar L.*) og regnbueørret (*Oncorhynchus mykiss*) hadde et gjennombrudd på 1980-tallet og oppdrettsnæringen har siden den gang ikke sett seg tilbake. Fra dens beskjedne inntreden på midten av 1900-tallet har norsk oppdrett av atlantisk laks og regnbueørret blitt en ledende næring i Norge (Nærings- og fiskeridepartementet, 2021). Figur 1 viser utviklingen i produksjonen av matfisk (atlantisk laks og regnbueørret i hovedsak) fra gjennombruddet på starten av 80-tallet og frem til 2020. Produksjonen av atlantisk laks har flatet ut det siste tiåret. Dette skyldes flere faktorer, som blant annet mangel på tilgjengelig areal langs kysten, teknologiutvikling og hvordan næringen håndterer de største utfordringene innenfor norsk akvakulturvirksomhet.



Figur 1. Årlig produksjon og førstehåndsverdi av laks, regnbueørret og andre fiskearter. Figuren viser produksjon (1000 tonn) og førstehåndsverdi (mrd.kr) av laks, regnbueørret og andre fiskearter fra år 1976-2020. X-aksen viser årstall, mens y-aksene viser produksjon i volum og førstehåndsverdi (Nærings- og fiskeridepartementet, u.å.).

Bærekraft er et nøkkelbegrep som må stå i sentrum skal næringen utvikle seg enda mer. Norges Sjømatråd (2020b) konkluderer med at sjømat er løsningen for å nå FNs bærekraftsmål frem mot 2030. Seniorforsker i Nofima, Eirik Mikkelsen mener det er vanskelig å kvantifisere hvor bærekraftig oppdrettsnæringen er per dags dato. Selv om næringen jobber aktivt for en mer bærekraftig fremtid viser indikatorene tegn på at havbruk fortsatt har en vei å gå når det kommer til både økonomisk, miljømessig og sosial bærekraftig utvikling (Mikkelsen, 2020).

Laksens livssyklus kan deles inn i ulike faser. Stamfisk blir brukt som foreldre til neste generasjon av oppdrettslaks. Stryking av stamfisk skjer når stamfisken er kjønnsmoden og klar for gyting. Her blir rogn og melke tatt ut fra henholdsvis hun- og hanfisken for å starte befruktningsprosessen av eggene. Etter omtrent en måned utvikles de befruktede eggene til øyerogn (Blom & Opheim, 2022). Eggene blir videre fraktet til et settefiskanlegg. På settefiskanlegget går laksen gjennom de største endringene i livssyklusen.

Produksjonsperioden på et settefiskanlegg kan variere fra 6-18 måneder på med hensyn til ønsket størrelse på smolten som settes ut i sjøen (Havforskningsinstituttet, 2021; Persson mfl., 2022). Den første fasen på et settefiskanlegg skjer på klekkeriet. Her blir øyerogn satt inn, som etter et visst antall døgngrader klekker til plommeseckyngel. På dette stadiet livnærer yngelen seg selv fra plommesekken. Noen uker etter klekking flyttes yngelen til større kar hvor den tar til seg næring fra fôr. Yngelen kalles på dette tidspunktet for parr. For at laksen skal bli klar til utsett i sjø må den smoltifiseres. Dette er en prosess hvor parr går gjennom fysiologiske endringer for å senere tåle saltvann. Etter smoltifiseringen kalles laksen for smolt, og blir så fraktet til matfiskanlegg når smolten har nådd ønsket størrelse. På et tradisjonelt matfiskanlegg på sjøen lever laksen fra 12-18 måneder, til ønsket slaktevekt på 3-6kg er oppnådd (Havforskningsinstituttet, 2021). Når laksen er ferdig slaktet blir den enten solgt hel, eller prosessert videre.

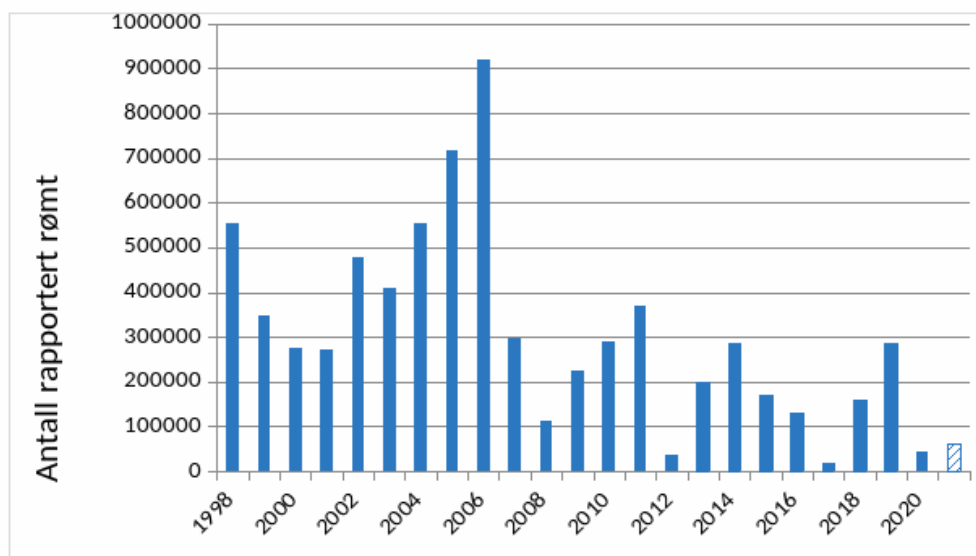
2.1.1 utfordringer i lakseoppdrett

Mesteparten av matfiskoppdrett av atlantisk laks skjer ute på sjøen i åpne merder (Naturvernforbundet, 2020). Utvikling og forbedring av dette konseptet har alltid stått i fokus og vært essensielt for bærekraftig utvikling av denne produksjonen. Innovasjon i oppdrettsnæringen kommer som en konsekvens av utfordringene som oppdrettsnæringen har stått ovenfor siden oppstarten. Produksjonen av laks i åpne merder byr på flere utfordringer som er knyttet til negativ påvirkning av miljøet. Angående miljøpåvirkning er hovedutfordringene rømming av fisk, spredning av lakselus, fôrspill, støy fra produksjonen og utslipp av kjemikalier ved større operasjoner (Miljødirektoratet, 2022). Andre viktige utfordringer i lakseoppdrett er tidlig kjønnsmodning, sykdom og mangel på egnede lokasjoner for etablering av flere anlegg langs norskekysten. Disse problemene vil gi betydelige begrensninger for videre vekst i næringen. Derfor er det essensielt å aktivt jobbe med å imøtekomme nevnte problemer på best mulig måte.

2.1.1.1 Rømming

Rømming av oppdrettslaks fra tradisjonelle anlegg med åpne merder blir sett på som en stor fare for miljøet rundt. Problemet med rømt oppdrettslaks er faren for genetisk påvirkning på villaksbestanden i norske vassdrag. I motsetning til oppdrettslaks, som lever i fangenskap og tilpasser seg et liv i merder, er villakset tilpasset for å leve i et fritt miljø. Flesteparten av rømt oppdrettslaks vil derfor dø som følges av sult, predasjon eller sykdom, men det vil alltid være en andel som overlever og søker ut til norske elver og videre påvirke villaksbestanden. Rømt oppdrettslaks kan påvirke villaksen ved enten å ta over det naturlige habitatet, påvirke genetisk ved paring, predasjon eller ved spredning av sykdommer. Samspillet mellom antallet rømt oppdrettslaks og tilstanden til villaksbestanden i et område vil være av stor betydning for å kvantifisere faren ved eventuelle rømninger. Hvis et stort antall rømte oppdrettslaks beveger seg i områder hvor villaksbestanden er liten, vil dette medføre større konsekvenser enn hvis det hadde vært motsatt (Lekang mfl., 2016).

Rømningsstatistikk fra fiskeridirektoratet viser til innrapporterte rømningshendelser fra norske oppdrettsanlegg flere år tilbake i tid. Med unntak av et par år så viser statistikken at antall innrapporterte hendelser med bekreftet rømming ikke har redusert nevneverdig fra 2016 til 2022. Antall meldte hendelser ligger rundt 40 det siste tiåret (Fiskeridirektoratet, 2023). Statistikken på antall rapporterte rømt fra oppdrettsanlegg i Norge (figur 2) viser en positiv tendens fra 2006 og frem til i dag. Det reelle tallet på rømt oppdrettslaks vil nok være høyere ettersom alle hendelser ikke blir rapportert inn til myndighetene.



Figur 2. Rømt oppdrettslaks i Norge. Figuren viser hvor mange rapporterte laks som er rømt fra norske oppdrettsanlegg i perioden fra 1998-2021. X-aksen viser årstall, mens y-aksen viser antall rapportert rømt (Wennevik mfl., 2022).

Mesteparten av rømminger fra oppdrettsanlegg i Norge er forårsaket av slitasje og hull i nøtene. Så lenge lakseoppdrett skjer i åpne merder vil det alltid være forekomster av rømt oppdrettsfisk, også i fremtiden. Teknologitvillingen gjenspeiler fortsatt ikke forvalternes og næringens nullvisjon for rømt oppdrettslaks. Samtidig har nye standarder for krav til design av flåter, fortøyning, merder og nøter vært med på å redusere antall rømminger i norske oppdrettsanlegg (Afewerki mfl., 2022).

2.1.1.2 Tidlig kjønnsmodning

Tidlig kjønnsmodning er en annen utfordring i lakseoppdrett og blir ofte assosiert med dårlig fiskevelferd. Prosessen med kjønnsmodning hos atlantisk laks er kompleks og sammensatt. Faktorer som påvirker kjønnsmodningen er eksponering av ulike lysregimer, fysisk robusthet, diett, fettlagre og temperatur (Crouse mfl., 2022). Tidlig kjønnsmodning skaper negative ringvirkninger. Kjønnsmodningen er en omfattende prosess som fisken bruker mye energi på. Nofima publiserte i 2018 en rapport hvor de så på grad av kjønnsmodning som velferdsindikator på oppdrettslaks. Problemet med tidlig kjønnsmodning er ikke noe som bare oppleves etter utsett av laks i sjø, men også på en tidligere fase i livssyklusen. Hanlaks opplever dette på parrstadiet, som igjen fører til hemmet smoltifisering og dårligere robusthet for livsfasen i sjøen. Hormonendringer hos kjønnsmoden laks påvirker immunforsvaret i

negativ forstand. Dette gjør også at laksen blir mer mottakelig for sykdommer i tillegg til redusert helsetilstand (Noble mfl., 2018).

Tiltak som oppdrettsnæringen jobber med for å redusere problemet med tidlig kjønnsmodning er utvikling av forskjellige lysregimer, temperaturstyring i lukkede anlegg på land og på sjøen og forbedret fôrstrategier. Til tross for dette opplever oppdrettere fortsatt dette som et problem. Tidlig kjønnsmodning gir økende kostnader på bakgrunn av dårligere vekst, redusert kvalitet på fisken og et marked som er mindre betalingsvillig for produktet (Iversen mfl., 2016).

2.1.2 Grønne konsesjoner

Regulering av oppdrettsnæringen hadde sin start i 1978, og har som formål å sikre at tekniske, biologiske og ikke minst miljømessige krav blir tatt hensyn til og fulgt opp. En oppdretter måtte da ha en lisens for å kunne drive med produksjon av laks i merder på sjøen. Dette kunne skaffes gjennom konsesjoner (Olaussen, 2018). I 1985 trådte den første akvakulturloven i kraft. Dette var loven om oppdrett av fisk, skalldyr m.v, hvor formålet var å bidra til at oppdrettsnæringen kunne få en balansert og bærekraftig utvikling med fokus på lønnsomhet og distriktene (Fiskeoppdrettsloven, 1985, § 1). Denne loven rettet seg kun mot matfiskproduksjonen, og ga ingen krav til produksjon av smolt i settefiskanlegg. I 2005 ble loven opphevet, og erstattet med en ny lov, som i utgangspunktet hadde samme hensikten, men var mer omfattende. Akvakulturvirksomheten i Norge i dag er regulert gjennom Akvakulturloven (2005) og en rekke forskrifter. Gjennom den nye loven og de ulike forskriftene kom det i 2013 strenge reguleringer som pekte mot driften av akvakulturanlegg, spesielt rettet mot ørret- og lakseoppdrett. Disse reguleringene gjaldt et maksimalt antall fisk i hver merd (200 000stk), maksimalt tillatt biomasse per konsesjon på 780 tonn (945 tonn i Troms og Finnmark) og reguleringer knyttet til antall tillatte lakselus per fisk.

Helt siden FNs bærekraftsmål frem mot 2030 ble publisert har bevaring av miljøet stått sentralt. Oppdrettsnæringen, med forskere og oppdrettere i sentrum er blitt tvunget til å tenke annerledes enn tidligere. Legitimering av en næring som ønsker å utvikle seg og bli enda større, har vært og er fortsatt en utfordring. Dette på bakgrunn av til dels det ryktet oppdrettsnæringen har, men mest av alt for de miljøutfordringene som har vist seg reelle. I 2013 vedtok Nærings- og fiskeridepartementet en forskrift om tildeling av løyve til havbruk med matfisk av laks, ørret og regnbueørret i sjøvann. Denne forskriften hadde i likhet med

akvakulturloven som formål om å legge til rette for en bærekraftig og konkurransedyktig havbruksnæring. Bakgrunnen for de nye konsesjonene var at de skulle tildeles bedrifter og organisasjoner som hadde bærekraft i fokus. Bedriftene og organisasjonene måtte også vise til en utvikling innen teknologi og drift som var med på å redusere de miljøutfordringene oppdrettsnæringen hadde med rømming av laks og spredning av lakselus (Forskrift om løyve til havbruk med matfisk, 2013). Dette er bakgrunnen i de såkalte grønne konsesjonene. Alle kunne søke om å få muligheten til å kjøpe disse konsesjonene, så lenge de kunne imøtekomme de kravene som ble stilt i forhold til bekjempelse av lakselus, og hvordan det enkelte selskapet skulle redusere risikoen for påvirkning av rømt laksefisk på villaksbestanden.

2.2 Settefiskproduksjon

2.2.1 Settefiskanlegg

Produksjon av settefisk i Norge skjer i all hovedsak på land. De siste tiårene har teknologien utviklet seg innenfor smoltproduksjonen, som også har gitt økt produktivitet. Størrelsen på smolten og antall smolt produsert per anlegg har hatt en betydelig vekst, samtidig som produksjonstiden har redusert kraftig (Bergheim mfl., 2009). I følge Fiskeridirektoratet (2022) har antall selskaper og tillatelser i drift med settefiskproduksjon avtatt fra 1994 og frem til 2021. I 1994 var det 254 selskaper og 314 tillatelser mens i 2021 var det 109 selskaper og 181 tillatelser. Det interessante er at til tross en nedgang i antall selskaper og tillatelser er det en solid oppgang i antall solgte laksesmolt for utsett i sjø i samme tidsperiode. I 2021 viste salgsdata fra fiskeridirektoratet at det ble solgt i overkant av 400 000 000 laksesmolt fra norske settefiskanlegg.

Utviklingen som er nevnt over viser at teknologiutviklingen har økt effektiviteten i produksjonen. Produksjonen av laksesmolt i ferskvann kan gjennomføres med bruk av to ulike systemer for vanntilførsel. Dette er enten gjennomstrømningsanlegg eller resirkuleringssystemer (RAS), eller i kombinasjon med begge.

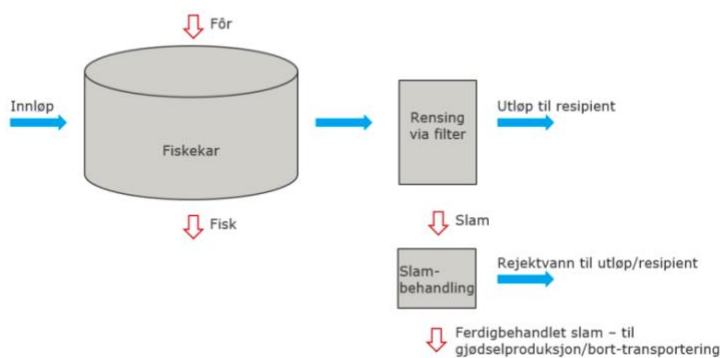
2.2.2 Avdelinger

Et tradisjonelt settefiskanlegg er delt inn i ulike avdelinger. Hvor mange og hvilke avdelinger er forskjellig fra anlegg til anlegg, og er avhengig av kapasitet og størrelse. Fisken begynner på klekkeriet for deretter å bli flyttet til neste avdeling der startfôring skjer. Utstyr på denne

avdelingen er tilpasset liten fisk, noe som tilrettelegger for god vekst. Etter at fisken har stått i en periode på startfôring, er den klar til å flyttes videre. Dette vil være på avdelinger som gjerne kalles for påvekst der enkelte anlegg benytter seg av påvekst 1 og påvekst 2. I disse avdelingene blir fisken smoltifisert, og fôret frem til ønsket størrelse før den videre blir satt ut i matfiskanlegg på sjø eller på land.

2.2.3 Gjennomstrømningsanlegg

Gjennomstrømningsanlegg har tradisjonelt sett vært dominerende i produksjonen av settefisk. Den største fordelen er at et gjennomstrømningsanlegg er billigere å drifte sammenlignet et RAS-anlegg. Prinsippet med dette systemet er ikke veldig avansert. Mengden vann som brukes i produksjonen hentes fra en ekstern vannkilde. For eksempel fra en elv eller en innsjø. Etter at råvannet er behandlet renner det videre inn i karene hvor fisken står. Det vil være en kontinuerlig tilgang av vann fra den eksterne kilden i et slikt system, og totalt sett krever det relativt store mengder med tilførsel av vann. Når vannet renner ut av karene, blir det behandlet gjennom ulike filtre og videre ført ut til en resipient. Slam blir tatt vare på og brukt i andre sammenhenger som for eksempel til gjødsel i landbruk. Figur 3 viser forenklet hvordan dette systemet fungerer i praksis (Kolarevic mfl., 2014).



Figur 3. Illustrasjon over et tradisjonelt gjennomstrømningsanlegg. Figuren viser en forenklet illustrasjon over hvordan et tradisjonelt gjennomstrømningsanlegg fungerer. Vann fra eksterne kilder blir kontinuerlig fraktet til karene hvor fisken står via innløpet. Avløpsvannet blir fraktet ut av karene og renses via filtre, før det går gjennom utløp til en resipient (Miljødirektoratet, 2019).

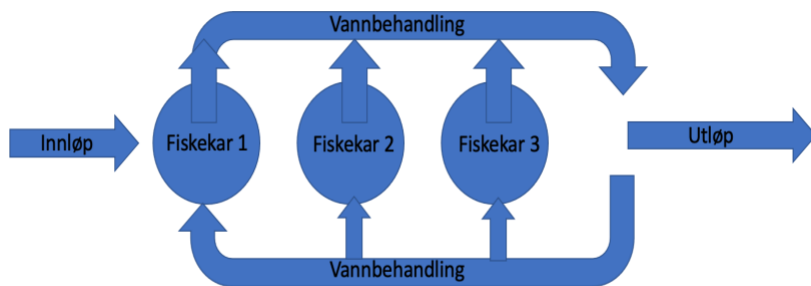
Den største utfordringen for de tradisjonelle gjennomstrømningsanleggene er avhengigheten av kontinuerlig tilgang på råvann fra naturen. Kontinuerlig inntak av nytt vann krever til enhver tid behandling av inntaksvannet og utløpsvannet. Dette er kostbart, spesielt for mindre

bedrifter som praktiserer bruk av de eldste og mest tradisjonelle anleggene. Naturlige svingninger med tanke på årstidene blir derfor en utfordring for anlegg med gjennomstrømming. Lite nedbør på somrene og kalde vintre med lave temperaturer vil påvirke produksjonen negativt i de tradisjonelle anleggene. Både høyt inntak av nytt råvann og naturlige svingninger vil være faktorer som er med på å påvirke vannkvaliteten. I et gjennomstrømningsanlegg vil det være større utfordringer knyttet til styring av miljøparametere enn i et RAS-anlegg, og på bakgrunn av dette konkluderer Hjeltnes mfl. (2012) med at grunnlaget for dyrevelferd er bedre i enkelte RAS-anlegg sammenlignet med de mest tradisjonelle gjennomstrømningsanleggene.

2.2.4 Resirkuleringsanlegg

Konseptet rundt RAS-teknologien har vært brukt i lang tid, og stammer flere tiår tilbake i tid (Murray mfl., 2014). Mangel på kontinuerlig tilgang på råvann i produksjonen, som i utgangspunktet vil si mangel på godt egnede lokasjoner for drift av gjennomstrømningsanlegg, har gjort at RAS-anlegg er det som står i fokus i settefiskproduksjonen i dag. Økningen i produksjonen av atlantisk laks i Norge medfører også et økende behov for laksesmolt. I den forbindelse vil også etterspørselen av anlegg med RAS øke.

I motsetning til gjennomstrømningsanlegg, blir vannet som brukes i produksjonen resirkulert og brukt på nytt. Dette gjør at avhengigheten av tilgang på råvann reduseres. Vannet blir rensed gjennom mekaniske og/eller biologiske filtre og sterilisering, og tilsatt oksygen før det videre kan brukes på nytt igjen. Det anvendes design på disse RAS-anleggene, men i hovedsak er prinsippet det samme. Dette er illustrert i figur 4. Faktoren om hvor mye av vannet som resirkuleres og brukes på nytt igjen avhenger av i hvilken grad vannet renses. Per i dag har de fleste RAS-anleggene såpass gode rensesystemer at andelen av gjenbruk ligger godt over 90% (Ahmed & Turchini, 2021).



Figur 4. Illustrasjon over et RAS-system. Figuren viser en forenklet illustrasjon over hvordan prinsippene i et tradisjonelt RAS-anlegg ser ut. Innløp av nytt vann i fiskekarene, hvor mesteparten av det brukte vannet resirkuleres og brukes på nytt, mens en mindre mengde går til en resipient via utløp.

I gjennomstrømningsanlegg vil temperaturen i vannet påvirkes av naturlige svingninger, med kalde temperaturer om vinteren og varmere om sommeren. Dette gjør produksjonen noe mer uforutsigbar, sammenlignet med RAS-anlegg hvor slike kritiske faktorer kan styres. Styring av temperaturer og andre miljøparametere bidrar til en mer effektiv produksjon, samtidig som det gjør det enklere å holde produksjonen i gang året rundt (Ahmed & Turchini, 2021).

På tross av alle fordelene med RAS vil det også være noen utfordringer knyttet til bruken av slike anlegg. Den største ulempen med RAS, sammenlignet med gjennomstrømningsanlegg, er det høye strømforbruket. Det anslås at RAS-anlegg har omlag 24-40% høyere totalt strømforbruk i produksjonen sammenlignet med tradisjonelle gjennomstrømningsanlegg (d'Orbcastel mfl., 2009). Teknologien i RAS krever god kompetanse, og dette vil kreve et høyere antall ansatte i produksjonen sammenlignet med gjennomstrømningsanlegg.

2.2.5 Vannkvalitet i settefiskproduksjon

Vekstøkning i produksjonen av atlantisk laks tvinger oppdretterne til å tenke innovativt og utvikling av RAS bidrar til det. Redusert tilgjengelighet på råvann fører til et økt kunnskapsbehov innenfor bruken av RAS-anlegg. En optimal produksjon av laksesmolt krever en høy kvalitet på råvannet som tas inn i systemene. Hvis kvaliteten på inntaksvannet ikke er tilstrekkelig nok, er det nødt til å behandles slik at verdiene på ulike miljøparametere er i samsvar med det som anbefales til produksjon av laksesmolt (Fjellheim mfl., 2010).

I et resirkuleringsanlegg er alkalitet et mål på vannets bufferkapasitet (Fjellheim mfl., 2010). Ibanez mfl. (2008) definerer bufferkapasitet som en løsning av stoffer som har til hensikt å

nøytralisere små endringer i pH i et miljø. Et biofilter i RAS-anlegg har til hensikt å omdanne totalt ammonium nitrogen (TAN) til nitrat. I disse biofiltrene er alkalitet en hemmende faktor for nitrifikasjon hvis verdiene er under 45mg/L CaCO₃. Råvann som tilføres RAS-anlegg har som regel verdier som er under det som er anbefalt. Dette betyr at alkalitet er noe som må tilføres (Fjellheim mfl., 2010).

pH er et annet parameter som er viktig for nitrifikasjonen i biofiltre i RAS-anlegg. Lave pH-verdier gjør at hastigheten på nitrifikasjonen reduseres betydelig (Fjellheim mfl., 2010). Råvann som tas inn i produksjonen av laksesmolt inneholder i utgangspunktet lavere verdier av pH enn det som er anbefalt i RAS-anlegg. Anbefalte pH-verdier for optimal produksjon av laksesmolt i Norge ligger rundt 7. I tillegg til lave pH-verdier i råvannet, bidrar også produksjon av laksesmolt til reduksjon i pH-nivået. Karbondioksid som skilles ut fra fisken og fra bakterier i biofilteret er eksempler på dette (Bergheim mfl., 2009; Fjellheim mfl., 2010).

Problematikken med for mye metaller i vannet er ofte knyttet til lave pH-verdier og tilstedeværelse av aluminium. Lave pH-verdier fører til forsuring, mens uorganiske, labile former av aluminium fører til toksisitet. Smoltstadiet er den fasen av laksens livssyklus som er mest sårbar (Kroglund mfl., 2007). Det vil være helt vesentlig å ha kontroll på mengden av metaller i vannet, da for høye konsentrasjoner vil være gjellereaktivt. Tilsetning av kalsium i vannet beskytter gjellene til fisken mot akkurat dette, og kan tilføres ved å bruke bufferløsning som inneholder kalsium (Fjellheim mfl., 2010).

Totalt organisk karbon (TOC) finnes allerede i råvannet som brukes i produksjonen. Høye forekomster av TOC bidrar til økt transport av metaller. For høye mengder av dette kan behandles ved bruk av samme behandling som brukes på drikkevannet. Ozon er et stoff som kan brukes for å frigjøre metaller, i tillegg til å fungere som desinfiseringsmiddel og for å klare vannet (Fjellheim mfl., 2016).

Temperaturen i vannet som brukes i produksjonen av laksesmolt er en vesentlig faktor. Lave temperaturer hemmer vekst hos fisken, samtidig som for høye temperaturer kan være med på å skape misdannelser. Optimal temperatur vil avhenge av størrelse på fisken og hvilken fase av livssyklusen den er i, men Fjellheim mfl. (2016) konkluderer med at 12-16 grader er et optimalt spenn for å oppnå best mulig vekst hos laksesmolt i settefiskproduksjon. I gjennomstrømningsanlegg vil temperaturene variere etter hvilken årstid man befinner seg i.

Råvannet som tas inn i settefiskproduksjonen i Norge har som regel lavere temperaturer enn det som er anbefalt. Dette gjelder både nord og sør i landet (Kristensen mfl., 2009).

2.2.6 Dyrevelferd i settefiskproduksjon

Relasjon og holdning til dyr har stor påvirkningskraft på hvordan mennesker velger å behandle dyrene. Gjennom generasjoner har ikke synet på hva som er akseptabel dyrevelferd i fiskeri- og oppdrettsnæringen alltid vært den samme. Erfaring og mer kunnskap om fisken har vært med på å flytte grensene på hva som karakteriseres som god dyrevelferd i denne næringen. Lover og forskrifter har vært med på å definere hva som er akseptabel dyrevelferd, og banet vei for hvordan dyr skal behandles (Tørud mfl., 2019).

Lover og forskrifter om dyrevelferd har utviklet seg og blitt forbedret siden midten av 1800-tallet. Dyrevernslova (1974) var den første loven som omfattet fisk og som skulle sørge for at dyrene ikke kom i fare for å lide unødvendig. Denne loven ble i 2010 byttet ut med dyrevelferdsloven, hvor formålet er god dyrevelferd og hvor respekt for dyrene står sentralt. Dyrevelferdsloven forteller også at dyr har egenverdi uavhengig av hvilken grad av nytteverdi de har for menneskene (Dyrevelferdsloven, 2009).

Hva som defineres som god dyrevelferd er vanskelig å presisere på bakgrunn av at dyr ikke kan si noe om hvordan de har det. Kolarevic mfl. (2017) fremhever i sin håndbok om velferdsindikatorer for oppdrettslaks tre ulike forståelser av begrepet «dyrevelferd». Det første synet omhandler at god vekst og ytelse er oppfattet som god dyrevelferd. En annen oppfatning av dette begrepet sikter mot retten til et naturlig liv. Med dette menes det at dyret skal leve i et mest mulig naturlig miljø med naturlig vekst og ytelse. Det tredje synet sikter mot at dyrene har egne følelser og er følelsespreget. I samme håndboken defineres dyrevelferd som «livskvalitet som oppfattes av dyret selv» (Kolarevic mfl., 2017, s.14)

Måling av velferd blant fisk kan skje på individ- og gruppenivå. I settefiskanlegg og matfiskanlegg på sjø kan velferdsindikatorer på gruppenivå være dødelighet, tilvekst, appetitt, sykdom og atferd. I kapittelet om tidlig kjønnsmodning ble det nevnt at blant annet dette var sett på som en velferdsindikator. Fordelene med å vurdere velferd på gruppenivå er at dette kan gjøres uten håndtering av fisken, sammenlignet med individnivå hvor det kreves undersøkelser av enkeltindivider. På gruppenivå er dødelighet den velferdsindikatoren som er brukt mest blant norske oppdrettere. Høyere dødelighet i et anlegg vil være en indikator på at velferden er/har ikke vært god nok i anlegget, og er et tegn på å sette inn tiltak for videre drift

i anlegget (Tørud mfl., 2019). Kolarevic mfl. (2017) beskriver langsiktig eller akkumulert dødelighet som en retroperspektiv velferdsindikator som gir en indikasjon på hvordan velferden har vært hos en produksjonsgruppe eller over lengre perioder. Langsiktig dødelighetsrate kan brukes som en retroperspektiv velferdsindikator, mens daglig telling, som kategoriseres som kortsiktig dødelighetsrate, kan benyttes som en operasjonell velferdsindikator (Kolarevic mfl., 2017).

Oppdrettsnæringen er pålagt å rapportere om ulike forhold til myndighetene. Matfiskanlegg på sjøen og settefiskanlegg har ulike krav om hva som skal rapporteres, og hvor ofte ulike forhold skal rapporteres. I følge Akvakulturdriftforskriften (2008, § 13-58) skal akvakulturanlegg med settefisk månedlig rapportere om antall fisk, snittvekt og dødelighet på enhetsnivå. I tillegg heter det at mattilsynet skal varsles umiddelbart om det er uavklart forhøyet dødelighet i settefiskanlegget, mistanke om sykdom på liste 1, 2 eller 3, eller andre forhold som har medført til alvorlige velferdsmessige konsekvenser for fisken (sykdom, skade og svikt). I en rapport som mattilsynet publiserte i 2014 ble det konkludert med at kvaliteten på smolten som settes ut på matfiskanlegg var en av hovedårsakene til dødelighet på matfisklokalitetene (Mattilsynet, 2014). Det rapporteres generelt sett flere saker inn til myndighetene fra matfiskanlegg sammenlignet med settefiskanlegg. Av velferdsmessige hendelser som rapporteres inn fra settefiskanlegg er årsakene knyttet til vaksinerings, sykdom, telling, sortering og en god del under kategorien «uavklart dødelighet» (Tørud mfl., 2019)

I settefiskanlegg forventes det en høyere avgang (dødelighet og destruksjon) tidlig i produksjonsfasen. Dette gjelder i perioden fra rognen er lagt inn til startfôringen er ferdig. Sommerset mfl. (2022) skriver i fiskehelsesrapporten for 2022 at 43% av samlet dødelighet i settefiskfasen forekommer i vektgruppen 0-3 gram. Rognkvaliteten har mye å si for dødeligheten i denne fasen. Videre påpekes det at driftsforholdene som er på et settefiskanlegg har betydning for laksens prestasjon i matfiskfasen. I likhet med rognkvaliteten sin påvirkning på høyere dødelighet i startfasen av settefiskfasen er høyere dødelighet de første ukene i matfiskfasen forårsaket av grad av smoltifisering på laksen (Sommerset mfl., 2022).

De vanligste virussykdommene som oppstår i ferskvannsfasen og gjennom produksjonen av laksesmolt er infeksiøs pankreasnekrose (IPN), hjerte- og skjelettmuskelbetennelse (HSMB), og laksepox. Bakteriesykdommer som laksefisk kan være utsatt for i norske settefiskanlegg er flavobakteriose, furunkulose, bakteriell nyresyke (BKD), yersiniose og mykobakteriose.

Soppsykdommer blant laksefisk i Norge kan deles inn i overflatiske mykoser og systematiske mykoser. Overflatiske mykoser på laks kommer som regel fra *Saprolegnia spp.* og er mest utbredt i norske klekkerier (Sommerset mfl., 2022).

Vaksinering av oppdrettsfisk har både positive og negative sider. De positive sidene med vaksinering er i all hovedsak knyttet til en betydelig reduksjon av bakterielle sykdommer etter utsett på matfiskanlegg. Helt siden norske oppdrettere begynte med vaksinasjon av oppdrettsfisk har dette i tillegg til en reduksjon i bakterielle sykdommer, vært med på å redusere avgang, redusere bruken av antibiotika og vært en nøkkel for forbedring av fiskevelferd. De negative sidene med vaksinasjon er relatert til bieffekter av vaksinen og av selve prosessen med vaksinering (Tørud mfl., 2019).

2.3 Produksjon av steril laks- triploidisering

Sterilisering av laks står sentralt for noen av utfordringene oppdrettsnæringen står ovenfor. Forskning på sterilisering av laks har vært i vinden i lang tid, og det undersøkes fortsatt på hvilke metoder som er best. Oppdrettsnæringen tror at sterilisering av laks vil gi positive ringvirkninger og gi en positiv økonomisk og miljømessig utvikling.

Det finnes flere metoder som steriliserer fisk. To vanlige metoder for sterilisering av oppdrettslaks er gjennom triploidisering og genredigering. Praktisering av triploid laks er den metoden som er mest brukt til nå. Genredigering er per i dag ikke tillatt i produksjon i Norge. Forskere bruker mye ressurser på å finne den best egnede metoden for sterilisering av laks til produksjon av oppdrettslaks (Nofima, 2022). I tillegg til de to metodene som er nevnt over har seniorforskere Helge Tvedten og Øivind Andersen har gjennom et forsøk testet en ny metode for sterilisering av oppdrettslaks. Denne metoden gikk ut på å fjerne de embryonale kimcellene i lakseeggene, slik at laksen aldri ble kjønnsmoden (Andersen mfl., 2022).

Triploidisering av oppdrettsfisk er et virkemiddel som er tatt i bruk for å imøtekomme noen av utfordringene som oppdrettsnæringen står ovenfor. Dette er knyttet opp mot problematikken rundt faren ved rømming av oppdrettslaks fra oppdrettsanlegg og tidlig kjønnsmodning. Interessen rundt triploidisering innenfor akvakultur er noe som stammer helt tilbake til midten av 70-tallet, og har vært i bruk i produksjonen av laksefisk i lang tid. Hovedmålet med dette er å gjøre fisk steril. Triploide individer har celler med tre komplette sett av kromosomer, sammenlignet med diploide individer som kun har celler med to sett kromosomer (Madaro mfl., 2022).

Kort tid etter at eggcellene er befruktet inneholder de tre sett kromosomer, et sett fra faren og to sett fra moren. Under normale omstendigheter vil et sett kromosomer fra moren forlate eggcellen. Dette kalles for et diploid individ. Ved triploidisering vil prosessen blokkeres slik at eggcellen beholder tre sett kromosomer. Triploidisering av atlantisk laks kan gjøres ved to ulike metoder. Dette er enten ved trykkbehandling eller temperaturbehandling. Førstnevnte er den metoden som i stor grad anbefales for storskala produksjon, da denne er den som har vist seg mest effektiv (Benfey, 2016).

2.3.1 utfordringer med triploid laks

Til tross for fordelene ved produksjon av steril oppdrettslaks, spesielt triploid laks, er det fortsatt utfordringer og negativiteter knyttet til selve produksjonen. Produksjonen av steril triploid laks har et dårlig rykte grunnet velferdsmessige utfordringer sammenlignet med diploid laks. Triploid laks er mer utsatt for virus- og bakteriesykdommer enn diploid laks. I tillegg ser man fysiologiske endringer som deformiteter i ryggstøyle og underkjeven, og forekomst av katarakt (Stien, Sambraus, Sæther, mfl., 2021). Triploidisering av atlantisk laks kan gi morfologiske forskjeller fra diploide individer. Disse forskjellene kan være dårligere farge på fileten og økt forekomst av gjelleforkortelse (Fraser mfl., 2022).

Noen av problemene oppstår allerede i settefiskproduksjonen, men de fleste problemene kommer til synet etter at post-smolt er satt ut i matfiskanlegg i sjøen. Problemene indikerer dårligere fiskevelferd blant triploide individer sammenlignet med diploide. Dette gjelder både i settefiskproduksjonen på land og etter at fisken er satt ut i sjøen. Dårligere fiskevelferd gir utfordringer knyttet til både produksjonen og omdømmet. Fra et økonomisk perspektiv vil disse utfordringene ikke bidra til en økonomisk bærekraftig utvikling.

På bakgrunn av velferdsmessige utfordringer i produksjonen av triploid oppdrettslaks fattet nærings- og fiskeridepartementet i samarbeid med mattilsynet et vedtak i 2021 om at det ikke ville bli gitt flere tillatelser med triploidisering som metode for sterilisering av oppdrettslaks. I praksis betydde dette at alle selskap som hadde grønne konsesjoner med produksjon av triploid oppdrettslaks som et krav, ble nektet å fortsette med dette inntil videre. Selskapene som fortsatt hadde triploid laks i sjøen måtte fase dette ut, og i dialog med mattilsynet komme med en ordning på hvordan disse grønne konsesjonene skulle forvaltes videre. Løsningen på dette ble i hovedsak at selskaper som inneha denne typen konsesjoner fikk tillatelse til å

produsere diploid laks. Dette unntaket gjelder frem til mattilsynet tar en endelig beslutning om hvorvidt triploid produksjon er fiskevelferdsmessig forsvarlig eller ikke.

2.4 Valgt anlegg

Grunnlaget for resultatene i denne masteroppgaven baserer seg på reelle produksjonsdata fra et bestemt settefiskanlegg i et bestemt selskap. Settefiskanlegget er i seg selv et gammelt anlegg, men har blitt pusset opp og modernisert. På dette anlegget er det produsert både diploid og triploid smolt i ferskvann, og anlegget har per i dag en årlig kapasitet på rundt 2,5 millioner smolt.

Anlegget er utviklet til et moderne settefiskanlegg, og praktiserer en hybrid produksjon med både system for gjennomstrømning og RAS. Anlegget har et eget klekkeri (KL), og avdelingene videre i produksjonen er i hovedsak delt inn i en startfôringsavdeling (STF), veksthall 1 (VH1) og veksthall 2 (VH2). I tillegg har anlegget en sorteringshall (SH), vaksinehall (VH) og en leveringshall (LH). Karene i SH og VH har vært et supplement for VH1 når det har vært få kar tilgjengelig. Tabell 1 gir en oversikt over de ulike avdelingene, hvor mange kar det er i hver avdeling og hvilket vannsystem som benyttes. Det er viktig å presisere at de ulike avdelingene har vært benyttet i ulik grad på tvers av innleggene. Noen innlegg har vært innom alle karene i produksjonen, mens andre innlegg har hatt mindre fisk og dermed har det kanskje ikke vært nødvendig å benytte seg av alle karene. Hvert årskull består av ulike rogninnlegg. Det vil si at det kan være flere rogninnlegg i hvert årskull, som videre betyr at det er mulig å drive produksjon av flere innlegg samtidig.

Tabell 1. Avdelinger i settefiskanlegget. Tabellen gir en oversikt over de ulike avdelingene i settefiskanlegget, med antall enheter og hvilket vannsystem som brukes i hver avdeling.

Avdeling	Antall enheter	Vannsystem
Klekkeri (KL)	4 Skap	Gjennomstrøm
Startfôring (STF)	10 Kar	Gjennomstrøm
Sorteringshall (SH)	2 Kar	Gjennomstrøm
Vaksinehall (VH)	3 Kar	Gjennomstrøm
Veksthall 1 (VH1)	12 Kar	Gjennomstrøm
Veksthall 2 (VH2)	4 Kar	RAS
Leveringshall (LH)	2 kar	Gjennomstrøm

Selskapet kjøper inn rogn fra eksterne leverandører. Disse blir satt inn på KL frem til rognen er klekket og klar for å begynne på startfôring. Når fisken er ferdig på STF, blir den satt over på vekstavdelingen i gjennomstrømningsanlegget. Dette er i utgangspunktet VH1, men SH og VH benyttes også når kapasiteten er lav. I denne perioden, før fisken flyttes over til RAS og VH2, blir all fisken vaksinert mot bakterielle sykdommer. Smoltifiseringen i anlegget starter som regel før den blir flyttet over til RAS-avdelingen. I VH2 settes fisken på påvekst, og fôres frem til den er klar for å settes i sjøen. Anlegget produserer diploid smolt mellom 80-100 gram, mens den triploide smolten må etter kravene for grønne tillatelser være på 100 gram (Stien mfl., 2019).0

Tabellen over viser at det kun er en avdeling i settefiskanlegget som benytter seg av det moderne RAS-systemet. Dette er i VH2, hvor det er fire ulike kar som går på dette systemet. Gjennomstrømning er det vannsystemet som ellers benyttes i de resterende avdelingene.

Total dødelighet i dette anlegget kategoriseres inn i dødelighet og destruksjon. Definisjonen på hva som skiller dødelighet og destruksjon i akkurat dette settefiskanlegget er at all fisk som plukkes død ut av enhetene går under kategorien for dødelighet. Dette skyldes i all hovedsak en naturlig dødelighet. På den andre siden vil all fisk som tas levende ut av enhetene gå under kategorien destruksjon. «Tapere», «svimere» og «pinner» går blant annet inn under denne kategorien.

3 Materiale og metode

Dette kapittelet beskriver fremgangsmåten og metoden som er blitt brukt i oppgaven. Jeg forklarer først valg av metode for deretter å gjennomgå innsamlingsprosessen. Til slutt vil valg av metoder for analyse av datamaterialet bli beskrevet.

Denne oppgaven baserer seg på en kvantitativ forskningsmetode. Jacobsen (2022) utdyper at kvantitativ forskningsmetode egner seg best når forhåndskunnskapen til temaet som undersøkes er god, og med en relativt klar problemstilling. Han sier videre at metoden er godt egnet når problemstillingen tvinger forskeren til å beskrive hyppigheten eller omfanget av et fenomen. For å besvare hensikten med oppgaven og påfølgende forsknings spørsmål vil derfor en kvantitativ metode passe utmerket. Dødelighet og destruksjon er variabler som blant annet kan si noe om hvordan triploid settefisk presterer over en gitt periode.

Det er viktig å legge til grunn at valg av metode i et samfunnsvitenskapelig perspektiv er noe annerledes sammenlignet med en biologisk og økologisk tilnærming. I samfunnsvitenskap brukes ofte en slik metode med mål om å samle inn og analysere data fra mennesker. I motsetning til dette brukes en kvantitativ forskningsmetode i biologien og økologien med mål om å samle inn og analysere data fra naturlige systemer og populasjoner. Ettersom forsknings spørsmålene i denne oppgaven baserer seg på triploid settefisk, er det naturlig å velge en biologisk og økologisk tilnærming til metoden. Til tross for at det finnes forskjeller i bruk av denne metoden vil det alltid være likheter når det kommer til hovedprinsippene om validitet, reliabilitet og generalisering. Metoden baserer seg på en innsamling og bearbeidelse av data, og det krever en nøyaktighet i begge tilfellene for at metoden skal fremstå som troverdig (Bryman, 2016).

3.1 Kvantitativ forskningsmetode

Kvantitativ forskningsmetode er ofte ansett som en ekstensiv metode. Dette betyr i hovedtrekk at metoden tar for seg flere enheter, men til tross for dette er de relativt lukket. Med lukket menes det at informasjonen som samles inn er definert av forskeren på forhånd. I motsetning til dette er kvalitative metoder ofte intensive, hvor disse metodene bygger på undersøkelser av få enheter som defineres som åpne. Fordelen med kvalitative metoder er muligheten til å gå mer i dybden, og det oppnås dermed en bredere forståelse av det som undersøkes (Jacobsen, 2022). Johannessen mfl. (2016) forklarer forskjellen på en kvalitativ

og kvantitativ tilnærming på den måten at kvalitative metoder opererer med innsamling og bearbeiding med tekst, mens kvantitative metoder baserer seg på tall.

Formålet med kvantitativ forskningsmetode er å danne et datagrunnlag som lett kan systematiseres, og videre legges inn på datamaskiner i en standardisert form slik at ulike variabler kan analyseres både for seg selv og på tvers ved hjelp av ulike statistikkprogrammer. Dette er nok en av de aller største fordelene med bruk av kvantitativ metode. Andre fordeler med bruk av denne metoden er presisjon og effektivitet. Med presisjon menes det at datamaterialet bygger på stor nøyaktighet og eksakte måleinstrumenter hvor konklusjonen baserer seg på resultater som fremkommer i reelle prosentandeler eller antall. Effektivitet forklares på den måten at metoden gjør det mulig å samle inn og sammenligne store mengder med data (Jacobsen, 2022).

På den andre siden finnes det også noen svakheter med en kvantitativ tilnærming. I motsetning til en kvalitativ tilnærming vil det sosiale aspektet ikke ligge til grunn ved en kvantitativ metodikk. Dette medfører at metoden feiler på å fastslå de forklaringene bak datamaterialet som ligger dypere enn bare tallene i seg selv. Med dette menes det at metoden ikke fanger opp følelser og holdninger (Rahman, 2020).

3.2 Innsamling av data

Kategorisering av datamaterialet som samles inn baserer seg på hvilke data som samles inn, og hvilken måte de er samlet inn på. Innsamling av primærdata er dominert av spørreundersøkelser med lukkede svaralternativer. Valg av kvantitativ metode gir også muligheten til å benytte seg av sekundærdata. Med sekundærdata menes det at forskeren ikke samler inn informasjonen fra en direkte kilde. Informasjonen er basert på allerede eksisterende data, som er samlet inn for et annet formål enn det forskeren har planlagt. Sekundærdata i kvantitative metoder blir ofte kategorisert som registerdata (Jacobsen, 2022).

Denne oppgaven er basert på sekundærdata. Etter samtale over e-post med ekstern bedrift i mai 2022 ble det inngått et uformelt samarbeid om bruk av bedriftens produksjonsdata for å besvare forskningsspørsmålene. Høsten 2022 ble det signert en avtale mellom student og veileder, og den eksterne bedriften. Sekundærkilden til datainnsamlingen var bedriftens egne databaser.

Dataene ble eksportert fra AKVA fishtalk og inn i programvaren Microsoft Excel, før dem så ble mottatt på e-post og lagret i Microsoft Excel. Med regelmessig kommunikasjon mellom student og ekstern bedrift ble det ved flere anledninger samlet inn data. Data som ble samlet inn ved den første anledningen var akkumulert dødelighet og destruksjon i settefiskanlegget. Bearbeidingen av slike data viste seg å være mer utfordrende enn først antatt. Den største utfordringen med bearbeiding av akkumulerte data i et settefiskanlegg er at det er vanskelig å følge en fiskegruppe gjennom hele produksjonen. På grunn av at fisken sorteres og flyttes jevnlig, vil det være vanskelig å følge en enhet med fisk fra den settes inn på settefiskanlegget, og frem til utsett på sjøen. Dermed vil ikke en slik tilnærming av datamaterialet stemme overens med oppgavens formål, når det kommer til dødelighet og destruksjon på avdeling- og enhetsnivå. Det ble derfor i etterkant samlet inn dødelighet- og destruksjonsdata på avdeling- og enhetsnivå, målt i antall. Bearbeiding av slike data gir et mer riktig bilde med tanke på oppgavens forskningsspørsmål.

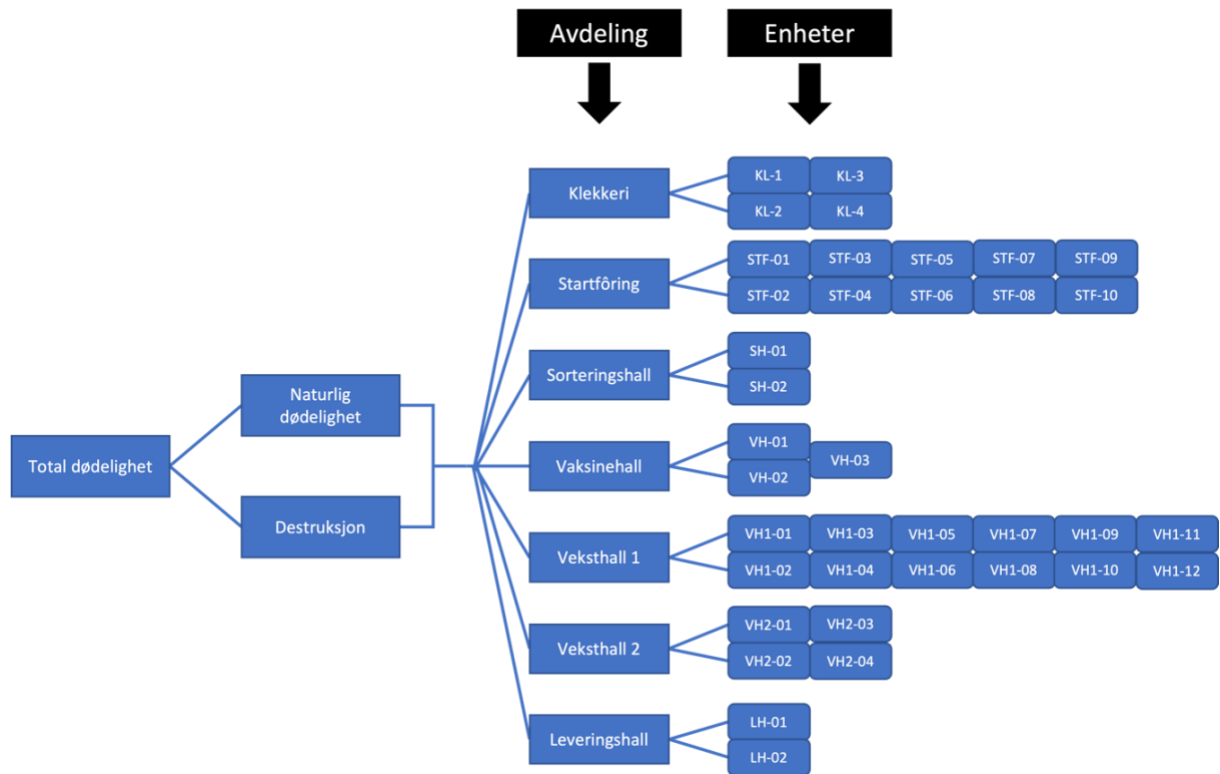
AKVA fishtalk er en programvare som bedrifter i oppdrettsnæringen bruker som et verktøy for å samle data. Denne porteføljen kan brukes i hele verdikjeden, fra stamfisk til slakt. Dødelighet, destruksjon og miljødata er eksempler på data som samles inn i denne porteføljen. Fordelene med en programvare av denne typen er at den i tillegg til å samle data gir en veldig oversiktlig produksjonskontroll og muligheten for å gjennomføre sterke analyser, både biologisk og økonomisk.

Om en igjen trekker inn det Rahman (2020) sier om utfordringene med bruken av en kvantitativ metode, vil dette absolutt være relevant å trekke inn mot arbeidet i denne oppgaven. I seksjon 3.2 ble det nevnt at metoden i denne oppgaven i hovedsak dreide seg om innsamling av sekundærdata. Datamaterialet som er samlet inn er produksjonsdata fra ekstern bedrift. Forklaringer og følelser bak materialet kommer ikke til synet ved innsamlingen. På et settefiskanlegg er det ofte flere driftsteknikere som gjennomfører målinger og registreringer. Det er også vanlig at det praktiseres skiftordninger. Det vil aldri være noen fasit på hvordan den daglige driften av anlegget gjennomføres. Registreringer og målinger som er gjort, og som er bakgrunnen for dette datamaterialet, vil med all sannsynlighet være gjort på forskjellige måter. I tillegg strekker datamaterialet seg over flere år, og det vil da være vanskelig å få noen forklaring på eksempelvis bakgrunnen for eventuelle uteliggere i dataene.

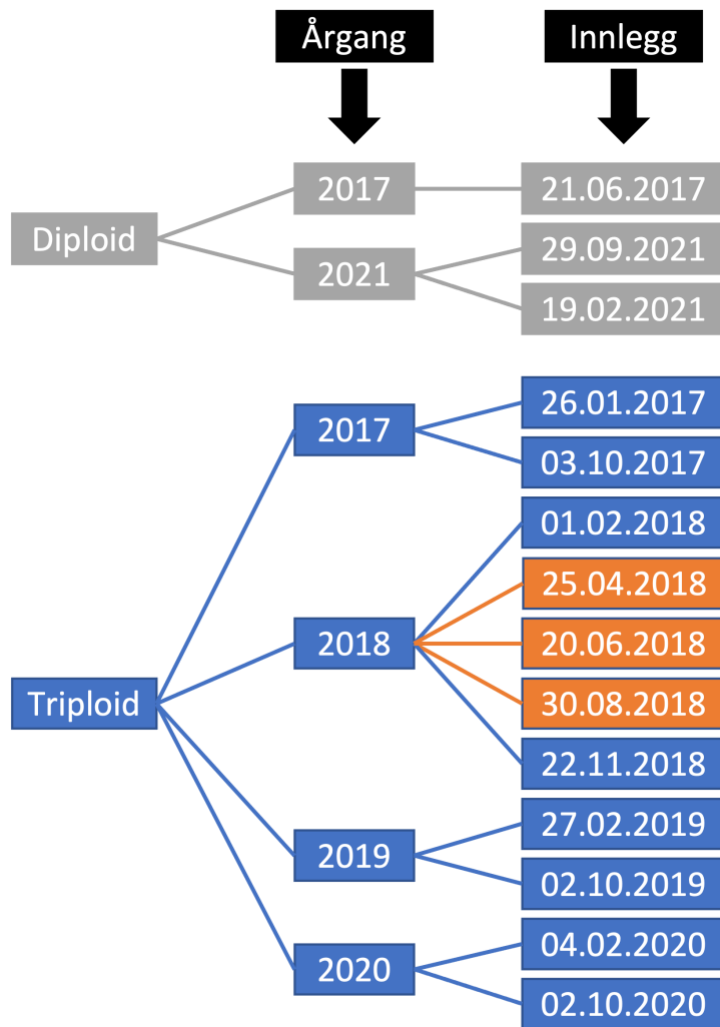
3.3 Konseptuell modell og valg av variabler

Datamaterialet som ble samlet inn inneholdt primært dødelighet og destruksjon i hele settefiskanlegget fra 2017 til 2021. Det er produsert både triploid og diploid settefisk i denne perioden. Total dødelighet, som representerer naturlig dødelighet og destruksjon, er målt i antall døde fisk. For å svare på hensikten og forskningsspørsmålene har det vært nødvendig å benytte seg av ulike variabler. Variablene som er valgt har basert seg på dødelighet og destruksjon på flere nivåer i settefiskanlegget. De ulike variablene som ble valgt er total dødelighet og vekst i hele anlegget fra 2017-2021, total dødelighet på triploide og diploide innlegg, total dødelighet på avdelingsnivå og til slutt total dødelighet på enhetsnivå.

Denne oppgaven baserer seg på et konseptuelt modelldesign. Dette modelldesignet er et rammeverk som gir en oversikt over sammenhengen mellom de ulike variablene som er valgt. Implementering av en slik modell gir en helhetlig oversikt over hvordan variablene påvirker hverandre, og kan være med på å tydeliggjøre valg av forskningsspørsmål (Dreyer & Grønhaug, 2004). Som nevnt i innledningen har bakgrunnen for de valgte forskningsspørsmålene vært at tidligere funn har indikert dårlig velferd blant triploid laks i matfiskanlegg ute på sjøen. Et av argumentene for at velferden blant triploid laks på sjøen er dårlig har vært rettet mot dårlig velferd allerede i settefiskproduksjonen. Det har da vært naturlig å benytte seg av variabler som er direkte knyttet mot velferdsindikatorer i produksjonen av triploid smolt i norske settefiskanlegg. Dødelighet, destruksjon og vekst er avhengige variabler som påvirkes av de uavhengige variablene triploid/diploid laks, tidspunkt på rogninnlegg, avdelinger på settefiskanlegget og enheter i de ulike avdelingene (figur 5 og 6).



Figur 5. Konseptuell modell over variablene. Figuren viser en konseptuell oversikt over variablene som ble testet ved hjelp av statistiske analyser. Den avhengige variabelen total dødelighet ble testet mot de uavhengige variablene avdeling og enheter.



Figur 6. Konseptuell modell over variablene. Figuren viser en konseptuell oversikt over variablene som ble testet ved hjelp av statistiske analyser. De grå boksene indikerer diploide innlegg. De blå boksene er innlegg som er i kategorien høst/vinter, mens de oransje boksene indikerer innlegg i kategorien vår/sommer.

I tillegg til total dødelighet ble det også hentet ut andre produksjonsdata som temperatur, pH, oksygen på enhetsnivå, dødelighetsårsaker (se vedlegg 2, figur 1) og tilvekst.

Miljøparameterne ble hentet inn for å kunne trekke inn vannkvalitet i settefiskanlegget som en ekstra variabel. På grunn av sporadiske målinger og generelt dårlig kvalitet på disse, ble de ikke tatt med likevel. Dødelighetsårsaker og tilvekst er tatt med.

3.4 Bearbeiding og analyse av data

Etter datainnsamlingen var ferdig ble alt av datamaterialet lagt inn i Microsoft Excel for bearbeiding. Kategoriseringen og analysene av datamaterialet gikk ut på en flerstegs-modell. En slik flerstegs-modell gikk i prinsippet ut på å analysere datamaterialet etter inndeling i ulike kategorier. Første kategori var dødelighet og destruksjon i hele anlegget, fra årgang

2017-2021 basert på diploide og triploide grupper. Andre kategori var dødelighet og destruksjon på triploide grupper i hele anlegget, fra årgang 2017-2021 basert hvilken årstid rognen ble satt inn på KL. Tredje kategori var dødelighet og destruksjon på avdelingsnivå i settefiskanlegget, på alle triploide og diploide innlegg, fra årgang 2017-2021. Fjerde kategori var dødelighet og destruksjon på enhetsnivå i de ulike avdelingene på settefiskanlegget, på alle triploide grupper, fra årgang 2017-2021. Datamaterialet ble analysert ved hjelp av statistiske analyser i programvaren IBM SPSS Statistics (SPSS).

3.4.1 Normalfordeling

Parametriske analyser er en kvantitativ metode, og en av de metodene som er mest anvendt ved bruk av statistiske analyser. Bruk av parametriske metoder, som eksempelvis variansanalyse og ulike T-tester, krever blant annet at datamaterialet i analysene er uavhengige og tilnærmet normalfordelte (Skovlund, 2017). Hvis dataene ikke er normalfordelte kan man benytte seg av ikke-parametriske metoder. En av forskjellene på parametriske og ikke-parametriske metoder er at parametriske metoder benytter de reelle observerte verdiene direkte, mens noen ikke-parametriske metoder bruker ordningsrekkefølge til observasjonene. Dette gjøres ved å gi observasjonene rangering fra verdien 1 og oppover. Skovlund (2017) beskriver at fordelene ved å bruke ikke-parametriske metoder er hvis observasjonene har en eller flere ekstremverdier, eller om det er så få observasjoner at det vil være vanskelig å si noe om formen på fordelingen.

Datamaterialet som er analysert i denne masteroppgaven møter ikke kriteriene for parametriske metoder. En av utfordringene er at dataene ikke er normalfordelt eller tilnærmet normalfordelt. En annen utfordring er at det er få observasjoner, og dermed vanskelig slå fast hvilken form det er på fordelingen. På bakgrunn av dette ble det valgt ikke-parametriske metoder for å analysere de ulike observasjonene i de ulike kategoriene.

3.4.2 Deskriptiv statistikk

Bruk av deskriptiv statistikk er en enkel og ukomplisert metode å benytte seg av for å beskrive karakteristikk eller faktorer til et gitt utvalg. Metoden anvendes for å avdekke tendenser og variasjoner i utvalget. Deskriptiv statistikk gir numeriske og grafiske svar for tendens og variasjon i utvalget. Tendens kan måles i eksempelvis gjennomsnitt og median, mens variansen i utvalget kan tallfestes ved bruk av for eksempel standardavvik og variasjonsbredde (Fisher & Marshall, 2009). Deskriptiv statistikk er hyppig brukt i analysen

av datamaterialet i denne masteroppgaven. Ettersom forskningsspørsmålene i hovedsak handler om å avdekke tendenser i total dødelighet på ulike nivå i settefiskanlegget, er deskriptiv statistikk en naturlig metode å bruke. Deskriptive metoder som ble anvendt i analysen var for det meste gjennomsnittsverdier og standardavvik. Det ble brukt deskriptiv statistikk i analysen av vekstmålingene på settefiskanlegget.

3.4.3 Mann-Whitney U

Mann-Whitney U (MWU) er en ikke-parametrisk metode som sammenligner medianen til to uavhengige utvalg, og bestemmer om det er en statistisk signifikant forskjell mellom de to gruppene. Prinsippet med testen er at den rangerer observasjonene. MWU rangerer observasjonene og tar hensyn til rangverdiene i de to uavhengige utvalgene, og ikke medianverdiene direkte. MWU tar utgangspunkt i nullhypotesen om at det ikke er noen forskjeller mellom gruppene, og tester videre om nullhypotesen skal beholdes eller forkastes. En fordel med å bruke MWU er at den er ikke avhengig av normalfordelte data. En annen fordel er at det stilles lavere krav til kvaliteten på datamaterialet. Det betyr at utvalgsstørrelsen på de to ulike utvalgene kan variere, og testen kan benyttes om utvalgsstørrelsen er lav. I tillegg er denne testen, på bakgrunn av rangeringen av observasjonene, veldig robust med ekstremverdier. MWU er også tidseffektiv og ryddig å bruke i statistikkprogramvaren SPSS (MacFarland mfl., 2016).

MWU ble brukt til å svare på nullhypotesene om at fordelingen av total dødelighet er den samme mellom to uavhengige grupper. MWU ble brukt for å identifisere om det var statistisk signifikans (med et konfidensintervall på 95%) mellom total dødelighet i diploide og triploide innlegg i settefiskanlegget fra 2017-2021, og total dødelighet mellom utsett av triploid rogn i årstidene høst/vinter og vår/sommer i samme tidsperiode. I tillegg ble denne testen tatt i bruk for å avdekke om det var betydelige forskjeller i total dødelighet mellom enheter i avdelinger som kun hadde to enheter (SH og LH).

Denne typen av test for to uavhengige utvalg ble valgt ovenfor andre tester på bakgrunn av tre årsaker. Den første årsaken var at datamaterialet som ble analysert ikke var normalfordelt. Årsak nummer to var at datamaterialet inneholdt ekstremverdier. Ekstremverdier i denne sammenhengen kan knyttes opp mot høyere dødelighet på bakgrunn av naturlige årsaker eller menneskelig svikt på settefiskanlegget. Den tredje og siste årsaken for valg av denne testen var at utvalgsstørrelsen på de ulike gruppene var få og skjevfordelt.

3.4.4 Kruskal-Wallis

Kruskal-Wallis (KW) er en ikke-parametrisk statistisk test som vurderer om det er noen statistisk forskjell blant tre eller flere uavhengige utvalg. Denne testen er brukt for å indentifisere om det er statistisk signifikante forskjeller i total dødelighet mellom avdelingene, og mellom enhetene i de ulike avdelingene i settefiskanlegget, i tidsperioden fra 2017 til 2021. KW er en variansanalyse og er på mange måter en utvidelse av MWU. KW kan sammenlignes med den parametriske testen ANOVA. Vurderingen om en skal benytte seg av KW eller ANOVA som variansanalyse avhenger av hvilke kriterier datamaterialet som skal analyseres møter. De to aller største fordelene med å benytte seg av KW er at denne testen er mer fleksibel enn ANOVA, på de måtene at testen ikke krever at dataene er normalfordelt, eller at variasjonen mellom gruppene ikke trenger å være homogen. I tillegg er den lik MWU i måten den anvendes på. Dataene blir rangert, og dermed er testen robust med ekstremverdier blant observasjonene (McKight & Najab, 2010).

Også denne testen tar utgangspunkt i nullhypotesene om at fordelingen av total dødelighet er tilfeldig mellom utvalgene. KW ble anvendt for å avdekke om det var signifikant forskjell i total dødelighet i settefiskanlegget mellom avdelingene, og mellom enheter i avdelinger som hadde flere enn to enheter. KW var en velegnet metode å bruke for datasettet som ble samlet inn i denne masteroppgaven, ettersom dataene ikke var normalfordelte eller tilnærmet normalfordelte. I tillegg var utvalgsstørrelsen liten og ujevn, variansen i observasjonene var ikke tilnærmet lik mellom gruppene og datamaterialet inneholdt ekstremverdier.

3.5 Metodisk kvalitet

3.5.1 Reliabilitet

Reliabilitet er datamaterialets pålitelighet og sier noe om nøyaktigheten av dataene, hvordan de samles inn og hvilke metoder som brukes for å analysere dataene (Johannessen mfl., 2016). Ved innsamling av sekundærdata må man være kritisk til dataene og kilden, på grunn av at kilden kanskje har hatt andre formål med innsamlingen av dataene. Påliteligheten til datamaterialet i denne oppgaven anses å være høy. Data for dødelighet, destruksjon og vekst er hentet inn fra bedriftens egen database. En utfordring med reliabiliteten til datagrunnlaget, spesielt med tanke på dødelighet og destruksjon, vil oppstå i fasen hvor avgang i settefiskanlegget defineres som dødelighet og destruksjon. Erfaring fra ansatte, og en tydelig

definisjon på hva som går under dødelighet og destruksjon, bør være nok til å definere dataene som reliabel. Dødelighet- og destruksjonsdata lagres i ulike former, og kan presenteres på ulike måter. Dette kan være daglig, ukentlig, månedlig, akkumulert, prosentvis, per avdeling eller per enhet. Prosentvis total dødelighet på avdeling- og enhetsnivå har vært utfordrende å bruke i denne masteroppgaven, da det ikke er enkelt å få en oversikt over hvor mye fisk som har vært på en avdeling eller i en enhet.

3.5.2 Generalisering

Generalising kan betegnes som overførbarhet, og betyr i korte trekk at funn i undersøkelser av mindre utvalg, kan overføres til større populasjoner innenfor samme kontekst (Jacobsen, 2022). Det vil være krevende å trekke en beslutning i hvor stor grad funnene i denne oppgaven er overførbar til andre settefiskanlegg som produserer triploid settefisk. Graden av overførbarhet vil påvirkes av flere faktorer. Det er ingen krav til hvilket vannsystem som skal brukes i norske settefiskanlegg. Noen benytter seg av gjennomstrømningsanlegg, RAS eller som valgt anlegg i denne oppgaven, en hybrid løsning. En annen faktor er geografisk plassering av gjennomstrømningsanlegg, hvor varierende temperaturer vil ha sin betydning. Ulike metoder for daglig drift kan også ha en betydning for resultatet. Likevel vil funnene være med på å gi en pekepinn på ulikhetene i total dødelighet og vekst mellom diploid og triploid settefisk, og hvor i produksjonen det er størst total dødelighet.

3.6 Etiske vurderinger

Etter at student og bedrift inngikk samarbeidet ble to kontrakter signert. Den første kontrakten var en standardavtale utarbeidet av UiT Norges arktiske universitet, om utføring av masteroppgave i samarbeid med bedrift eller en annen ekstern virksomhet. Denne avtalen ble signert av student, veileder og ekstern bedrift. Den andre kontrakten ble signert av student og ekstern bedrift og var en avtale om konfidensialitet i forbindelse med masteroppgaven. Med konfidensialitet ble det avtalt full taushet, hvor bedriftens navn ikke skal bli nevnt i oppgaven. I tillegg ble det avtalt en gjennomgang av masteroppgaven mellom student og bedriften før eventuell publisering. Konfidensialiteten har stått i fokus gjennom hele prosessen, da resultatene baserer seg på bedriftens egne produksjonstall.

4 Resultater

4.1 Dødelighet og destruksjon i hele anlegget

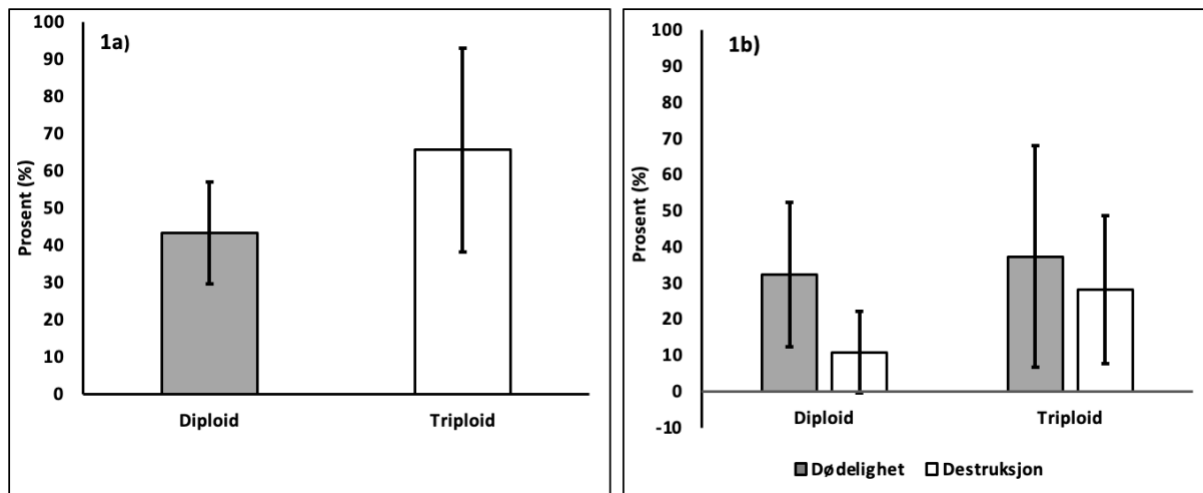
Tabell 2 viser oversikten over alle innlegg som var i settefiskanlegget fra 2017-2021, for både diploide og triploide innlegg. Tabellen gir en oversikt over årgang, tidspunkt på innsett av rogn på KL, hvor mange rogn som ble satt inn, og dødelighet og destruksjon i hver gruppe.

Tabell 2. Dødelighet og destruksjon i anlegget fra 2017-2021, Tabellen viser alle innleggene (diploid og triploid) som har vært i anlegget fra 2017-2021, med en oversikt over årgang, tidspunkt på første utsettsdato på hvert innlegg, antall rogn lagt inn på KL, dødelighet i antall, destruksjon i antall og total dødelighet i antall. Til slutt er det en summering av innleggene.

Årgang	Tidspunkt	Triploid	Antall rogn	Dødelighet antall	Destruksjon antall	Total dødelighet antall
2017	26.01.2017	Ja	1 142 000	183 971	198 015	381 986
2017	21.06.2017	Nei	1 350 000	282 060	204 652	486 712
2017	03.10.2017	Ja	1 288 600	238 727	395 205	633 932
2018	01.02.2018	Ja	1 000 000	256 065	127 513	383 578
2018	25.04.2018	Ja	600 000	266 430	199 664	466 094
2018	20.06.2018	Ja	600 000	569 690	91 490	661 180
2018	30.08.2018	Ja	700 000	196 994	168 705	365 699
2018	22.11.2018	Ja	1 200 000	227 756	519 897	747 653
2019	27.02.2019	Ja	1 200 000	242 599	453 161	695 760
2019	02.10.2019	Ja	1 000 000	267 405	732 595	1 000 000
2020	04.02.2020	Ja	1 200 000	209 533	270 385	479 918
2020	02.10.2020	Ja	1 375 000	1 375 000	0	1 375 000
2021	19.02.2021	Nei	1 400 000	290 313	196 388	486 701
2021	29.09.2021	Nei	960 565	536 066	30 785	566 851
Total			15 016 165	5 142 609	3 588 455	8 731 064

Tabellen viser at det har vært tre diploide innlegg siden 2017 og hele 11 triploide innlegg i samme periode. Hver årgang har to innlegg på forskjellige tidspunkt, utenom årgang 2018 som har fem forskjellige innlegg.

Figur 7 viser prosentvis gjennomsnittlig total dødelighet med destruksjon med og total dødelighet på alle innlegg i diploide (n=3) og triploide (n=11) grupper fra 2017-2021, i hele settefiskanlegget. Total dødelighet representerer både dødelighet og destruksjon. Prosenten i figuren er beregnet ut fra antallet som er i kategorien dødelighet, destruksjon og total dødelighet, opp mot antall rogn som er satt inn på KL i hvert innlegg. Gjennomsnittsverdien med standardavvik i figur 7 er regnet ut fra de nevnte verdiene i tabell 2.

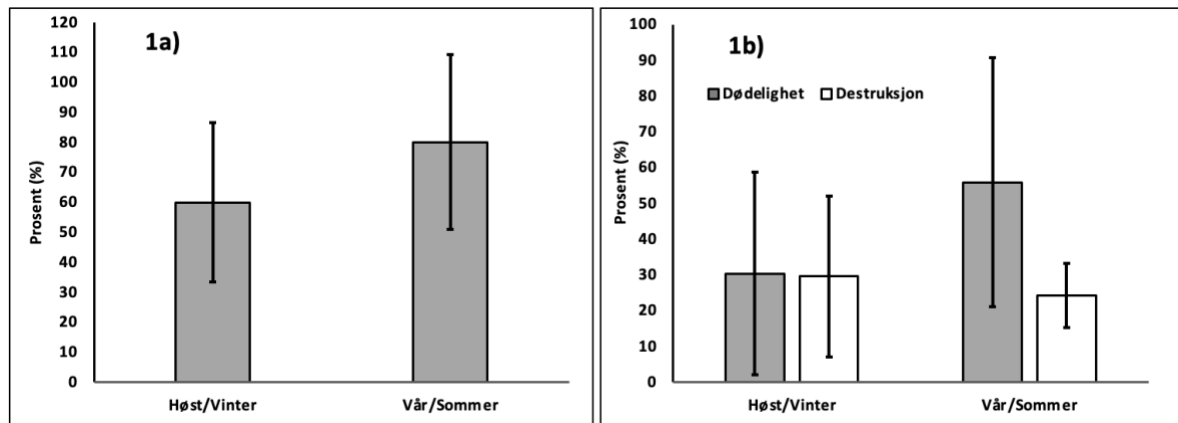


Figur 7. Total dødelighet i diploide gruppe mot triploid gruppe. Figur 1a) viser gjennomsnittlig total dødelighet i prosent mellom diploide og triploide grupper. Figur 1b) viser gjennomsnittlig dødelighet og destruksjon mellom diploide og triploide grupper. Tallene representerer alle diploide og triploide innlegg som har vært i settefiskanlegget fra 2017-2021.

Resultatet viser at den totale dødeligheten fra 2017-2021 i settefiskanlegget var høyest i triploide gruppe sammenlignet med diploide gruppe. Gjennomsnittlig total dødelighet i triploid gruppe gjennom disse årene var 65,58% ($\pm 27,29\%$) mens resultatene fra diploid gruppe viste 43,27% ($\pm 13,64\%$). Resultatene viser videre at både dødelighet og destruksjon var høyere i triploide grupper, henholdsvis 37,38% ($\pm 30,62\%$) og 28,21% ($\pm 20,51\%$), sammenlignet med diploide grupper hvor verdiene henholdsvis viste 32,48% ($\pm 20\%$) og 10,80% ($\pm 11,27\%$). De statistiske analysene fra Mann Whitney U-testene viste at det ikke var noen signifikant forskjell på total dødelighet fra 2017-2021 mellom de to gruppene (vedlegg 1, tabell 1).

Figur 8 viser prosentvis gjennomsnittlig total dødelighet inndelt i dødelighet og destruksjon på alle triploide innleggene som har vært i settefiskanlegget fra 2017-2021, basert på hvilket tidspunkt på året rognen er satt inn på KL. Høst/vinter (n=8) representerer månedene fra september til februar, mens vår/sommer (n=3) representerer månedene fra mars til august.

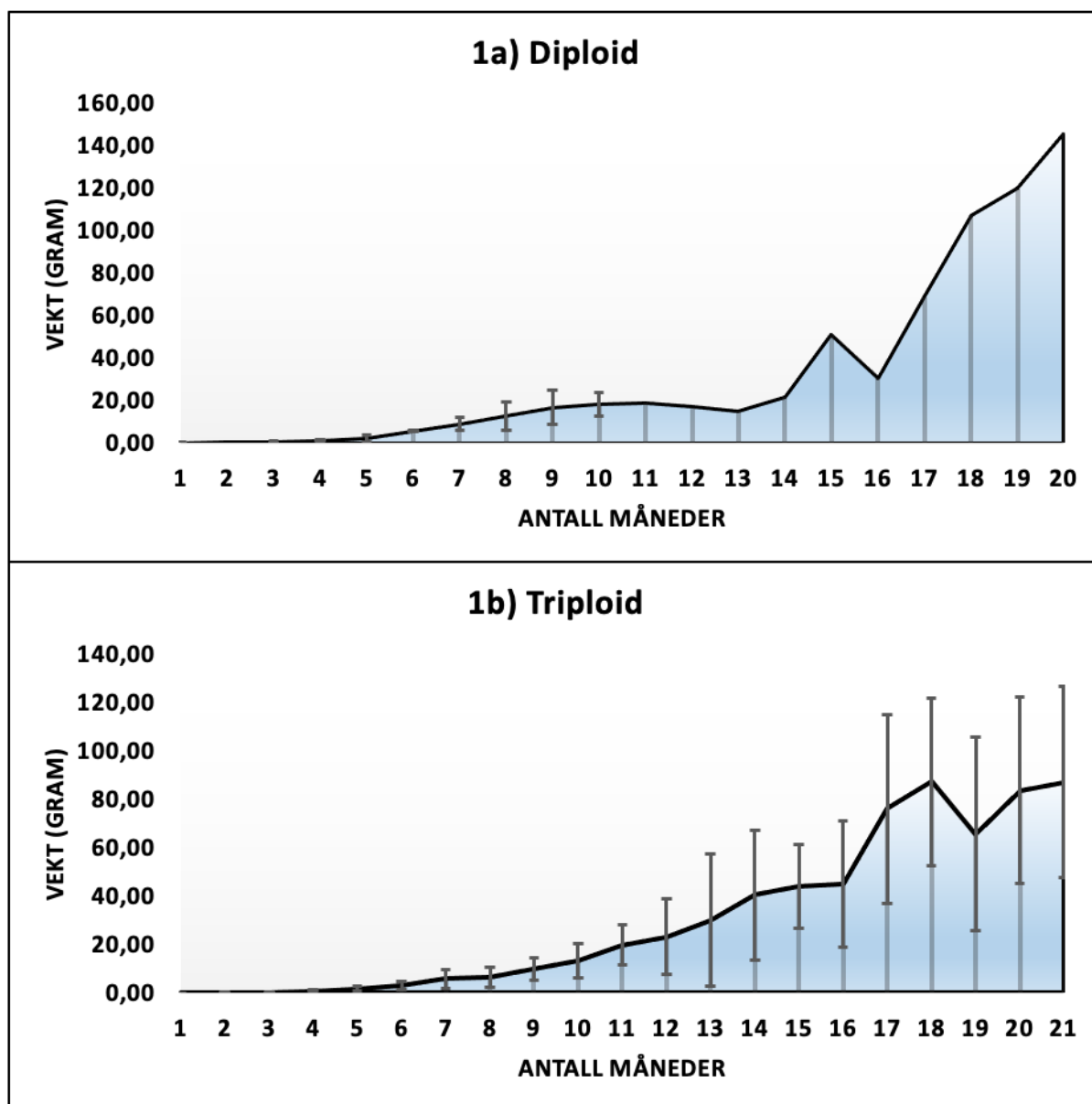
Figuren viser den gjennomsnittlige totale dødeligheten med dødelighet og destruksjon, fra rogninnlegg til levering. Variansen er vist i standardavvik, og indikerer avviket i total dødelighet.



Figur 8. Total dødelighet på triploide grupper ved forskjellige innleggs-tidspunkt. Figuren viser prosentvis gjennomsnittlig total dødelighet (dødelighet og destruksjon) i alle triploide innleggene fra 2017-2021 basert på tidspunktet rognen er satt inn på KL i settefiskanlegget.

Resultatene viser at den gjennomsnittlige totale dødeligheten i anlegget var høyest gjennom produksjonen når rognen ble satt inn på KL i perioden vår/sommer (80,04% ±29,04%) sammenlignet med perioden høst/vinter (59,88 ±26,60%). Resultatene fra figur 8 viser videre at den gjennomsnittlige dødeligheten var høyest i perioden vår/sommer (53,83% ±34,84%), mens destruksjonen var høyest i perioden høst/vinter (29,53% ±22,43%). De statistiske analysene som ble gjort i MWU-testene viste at det var ingen signifikante forskjeller mellom noen av gruppene (vedlegg 1, tabell 2).

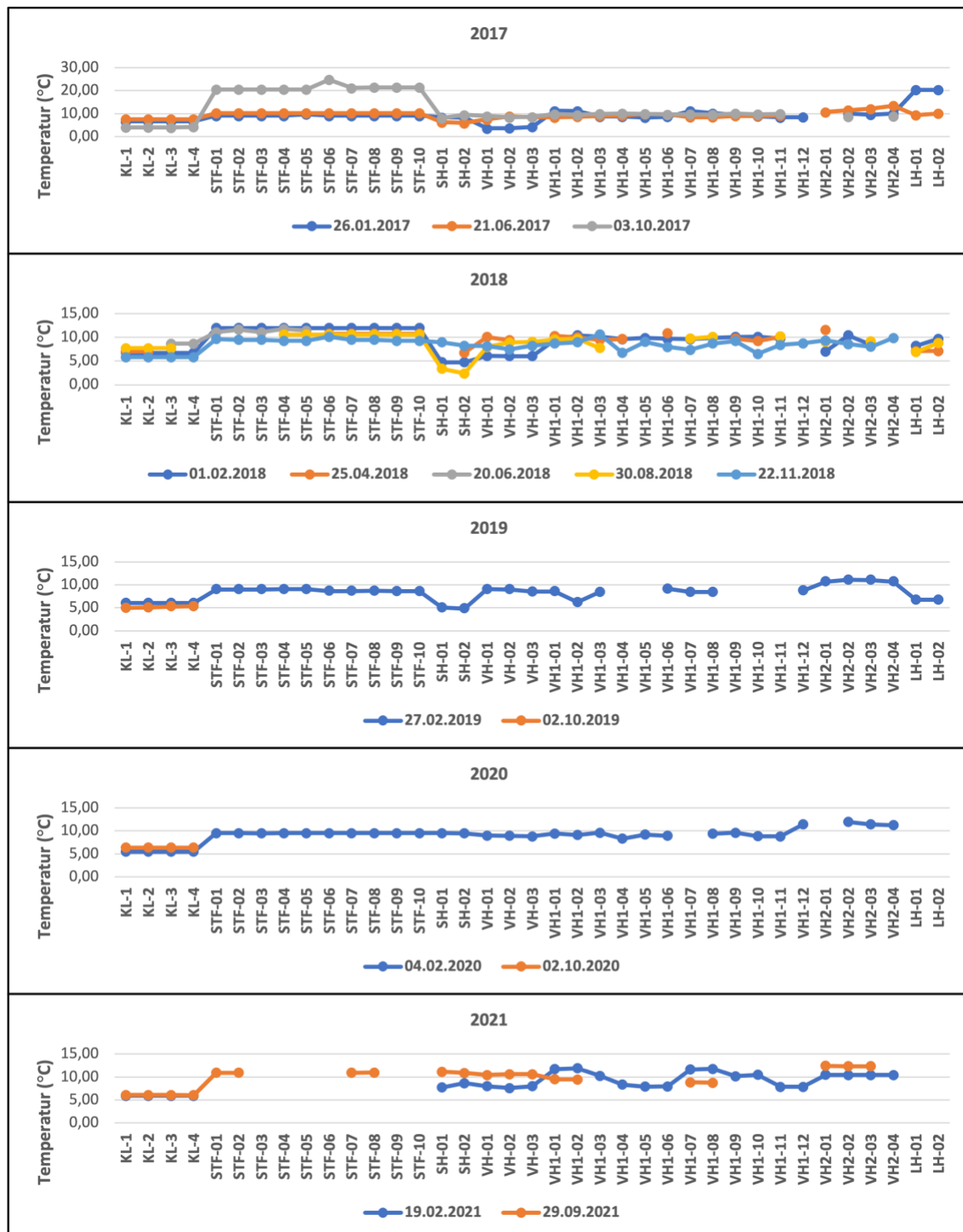
Figur 9 viser gjennomsnittlige endringer i vekt på diploide (n=2) og triploide (n=9) innlegg i perioden 2017-2021. Tallene representerer et gjennomsnitt av vektprøver som er gjennomført i settefiskanlegget sist hver måned på alle innleggene. Variansen er vist i standardavvik.



Figur 9. Endring i vekst etter antall måneder etter innlegg. Figuren viser endring i vekst i gram etter antall måneder etter rogninnlegg på KL. X-aksen viser antall måneder etter utsett, mens y-aksen viser vekt i gram. **1a) Diploid** viser gjennomsnittlig vekst i gram opptil 20 måneder etter innlegg, mens **1b) Triploid** viser gjennomsnittlig vekst i gram opptil 21 måneder etter innlegg.

Resultatet viser at fisk i diploid gruppe i gjennomsnitt står i settefiskanlegget opp til 20 måneder etter rognen er satt inn på KL. I de triploide innleggene viser vektprøvene at fisk i gjennomsnitt står opp til 21 måneder i anlegget. Diploid gruppe har høyere vekst de første månedene, men dette jevner seg utover i produksjonssyklusen. Figur 9 viser også at det er reduksjoner i vekst i både diploid og triploid gruppe. Dette skyldes at fisken er blitt sortert, og en stor andel av den minste fisken er tatt med i beregningen. Det kommer også frem fra figur 9 at triploid gruppe når en vekt på 100 gram tidligere enn diploid gruppe.

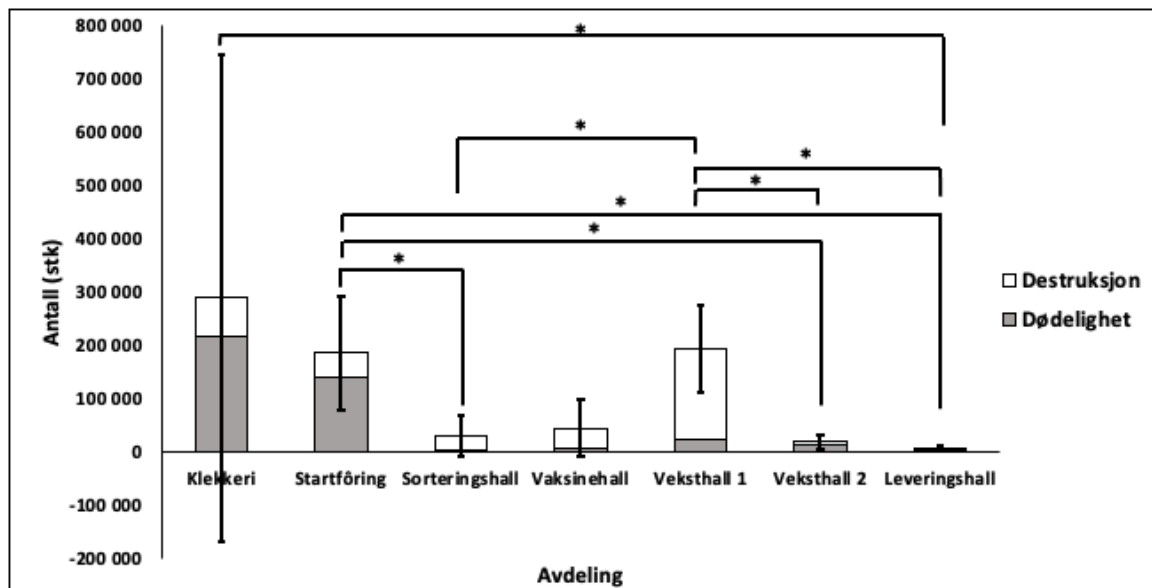
Figur 10 viser temperaturmålinger i produksjonen på alle diploide og triploide innleggene, i perioden fra 2017-2021. Målingene viser et gjennomsnitt fra hver enhet, og verdien i seg selv er et gjennomsnitt fra alle dyp i enhetene på hver avdeling.



Figur 10. Temperaturmålinger fra 2017-2021. Figuren viser temperaturmålinger fra alle produksjonene i hver avdeling på settefiskanlegget fra 2017-2021. Fargekodene representerer de ulike innleggene i hvert år. X-aksen viser avdeling og enhet, mens y-aksen viser temperatur (°C). Målingene er et gjennomsnitt fra alle dyp i hver enhet.

4.2 Dødelighet og destruksjon på avdelingsnivå

Figur 11 viser gjennomsnittlig total dødelighet med standardavvik for triploide innlegg delt inn i dødelighet og destruksjon i antall døde individer i KL (n=11), STF (n=9), SH (n=8), VH (n=8), VH1 (n=8), VH2 (n=8) og LH (n=6). Den totale dødeligheten representerer alle triploide innleggene som har vært fra 2017-2021.



Figur 11. Total dødelighet i hver avdeling på triploide innlegg. Figuren viser gjennomsnittlig total dødelighet inndelt i dødelighet og destruksjon, i antall døde individer mellom hver avdeling på settefiskanlegget. Tallene representerer alle triploide innlegg, fra 2017-2021. X-aksen viser hvilken avdeling, mens y-aksen viser antall døde individer.

*-($p \leq 0,05$) viser statistisk signifikans fra testen KW mellom noen av avdelingene.

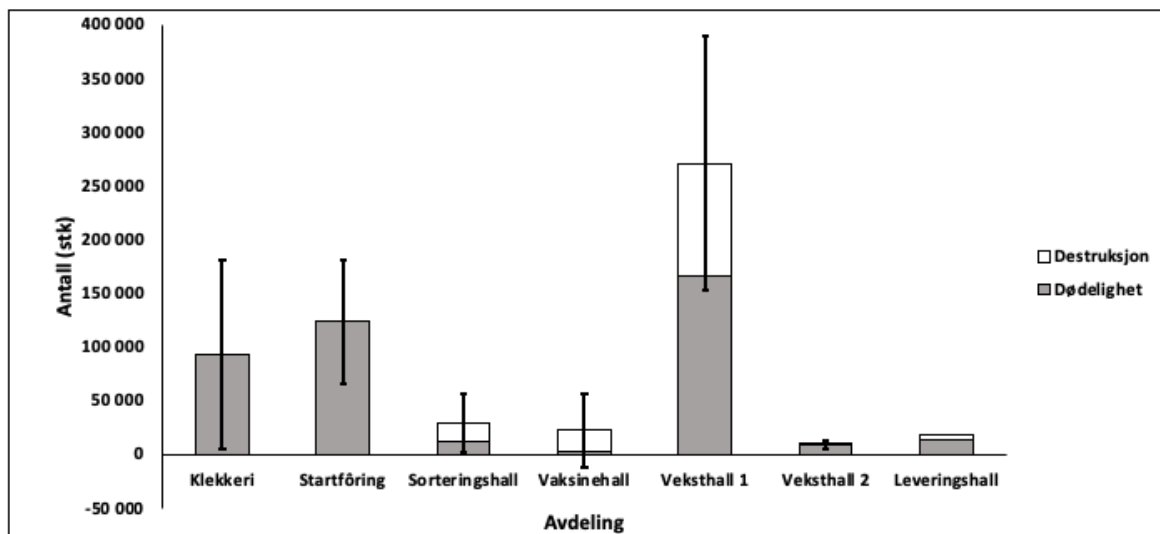
Resultatene viser at i KL var det en gjennomsnittlig total dødelighet på 289 837stk ($\pm 456 364$ stk). Dette er den avdelingen med høyest gjennomsnittlig total dødelighet på triploide innlegg fra 2017-2021. Variasjonen i denne avdelingen er også den høyeste. Den totale dødeligheten på KL var signifikant høyere enn den totale dødeligheten i LH (vedlegg 1, tabell 3).

STF hadde en signifikant høyere gjennomsnittlig total dødelighet sammenlignet med SH, VH2 og LH (vedlegg 1, tabell 3). Målingen på gjennomsnittlig total dødelighet i STF var 185 581stk ($\pm 107 882$ stk). Dette var tredje høyest blant triploide innlegg i perioden fra 2017-2021.

VH1 hadde en gjennomsnittlig total dødelighet på 193 097stk (\pm 81 150stk). Dette var den avdelingen med nest høyest måling av antall døde individer på triploide innlegg i perioden 2017-2021. Resultatene viste at den totale dødeligheten i VH1 var signifikant høyere enn i SH, VH2 og LH (vedlegg 1, tabell 3).

Ellers var den gjennomsnittlige totale dødeligheten i VH 44 823stk (\pm 53 345stk), SH 29 912stk (\pm 37 049stk), VH2 18 289stk (\pm 12 314) og LH 65 08stk (\pm 3 949stk). Analysen fra KW sin variansanalyse viste ingen signifikante forskjeller mellom disse fire gruppene (vedlegg 1, tabell 3).

Figur 12 viser gjennomsnittlig total dødelighet inndelt i destruksjon og dødelighet, i antall døde individer i KL (n=3), STF (n=2), SH (n=3), VH (n=3), VH1 (n=3), VH2 (n=3) og LH (n=1). Utvalget i denne figuren er hentet fra et diploid innlegg i 2017 og to diploide innlegg i 2021. Variansen er vist i standardavvik, og viser variansen av total dødelighet innad i de forskjellige avdelingene.



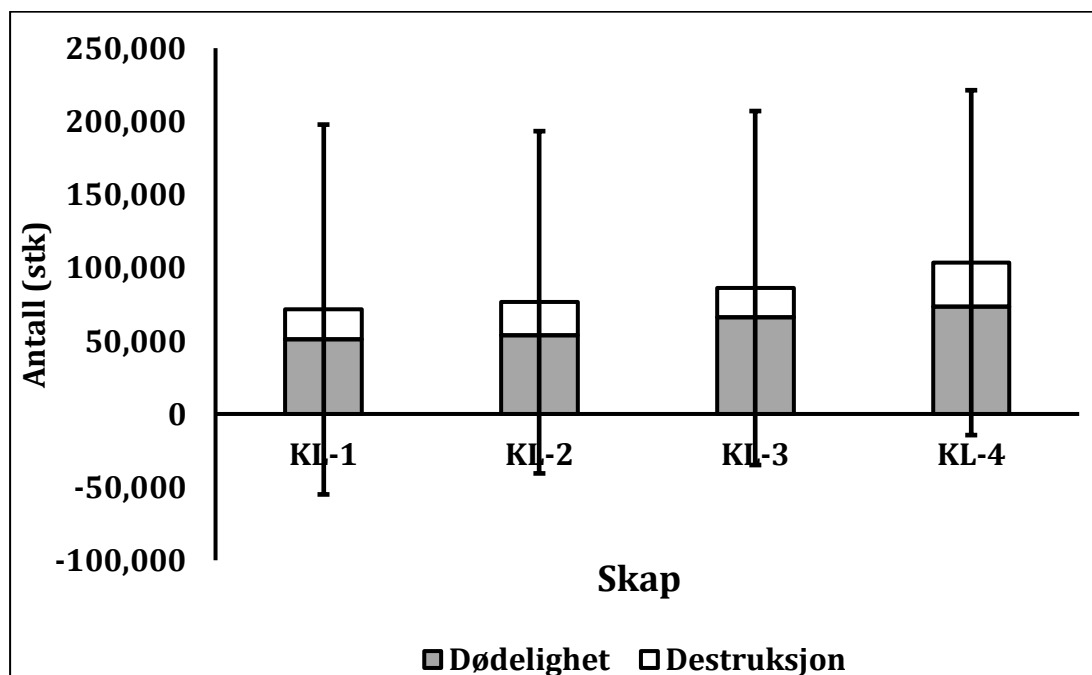
Figur 12. Total dødelighet i hver avdeling på diploide innlegg. Figuren viser en gjennomsnittlig total dødelighet inndelt i dødelighet og destruksjon mellom hver avdeling på settefiskanlegget. Tallene representerer et diploid innlegg i 2017 og to diploide innlegg i 2021. X-aksen viser hvilken avdeling, mens y-aksen viser antall døde individer.

Resultatene viser at den gjennomsnittlige totale dødeligheten var høyest i VH1 (271 246stk, \pm 119 010stk). VH1 hadde også høyest dødelighet og destruksjon sammenlignet med de andre avdelingene. Etter VH1 var STF den avdelingen med nest høyest gjennomsnittlig total

dødelighet (123 455stk, $\pm 58\,280$ stk). Avdelingen med tredje høyest gjennomsnittlig total dødelighet var KL (92 859stk $\pm 87\,582$ stk).

4.3 Dødelighet og destruksjon på enhetsnivå

Figur 13 viser gjennomsnittlig total dødelighet inndelt i dødelighet og destruksjon i de ulike skapene KL-1 (n=10), KL-2 (n=10), KL-3 (n=11) og KL-4 (n=9) i KL. Utvalget er fra alle triploide innleggene som har vært i perioden 2017-2021 i settefiskanlegget. Variansen er vist i standardavvik, og gir et bilde på varians i gjennomsnittlig total dødelighet i de ulike skapene.



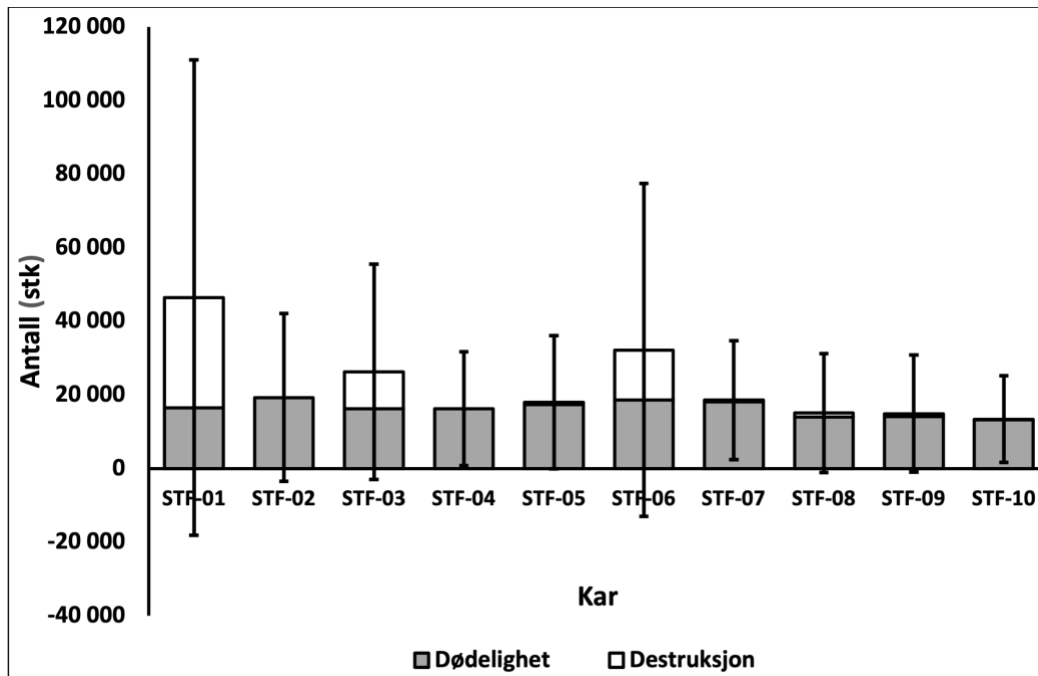
Figur 13. Total dødelighet i KL. Figuren viser gjennomsnittlig total dødelighet inndelt i dødelighet og destruksjon på triploide innlegg i KL, fra år 2017-2021. X-aksen viser de ulike skapene, mens y-aksen viser antall døde individer i antall stk.

Resultatene fra figur 13 viser at den gjennomsnittlige totale dødeligheten er 71 379stk ($\pm 126\,383$ stk) i KL-1, 76 319stk ($\pm 116\,957$ stk) i KL-2, 84 064stk ($\pm 120\,969$ stk) i KL-3 og 96 731stk ($\pm 117\,846$ stk) i KL-4. Den gjennomsnittlige totale dødeligheten er høyest i KL-4 sammenlignet med de tre andre skapene. Resultatet fra KW' variansanalyse viste ingen signifikante forskjeller i total dødelighet, dødelighet og destruksjon mellom de ulike skapene (vedlegg 1, tabell 4).

Figur 14 viser gjennomsnittlig total dødelighet inndelt i dødelighet og destruksjon i karene STF-01 (n=7), STF-02 (n=7), STF-03 (n=7), STF-04 (n=8), STF-05 (n=8), STF-06 (n=8),

STF-07 (n=8), STF-08 (n=8), STF-09 (n=8) og STF-10 (n=8) i avdelingen STF. Utvalget er alle triploide innleggene som har vært i settefiskanlegget i perioden 2017-2021.

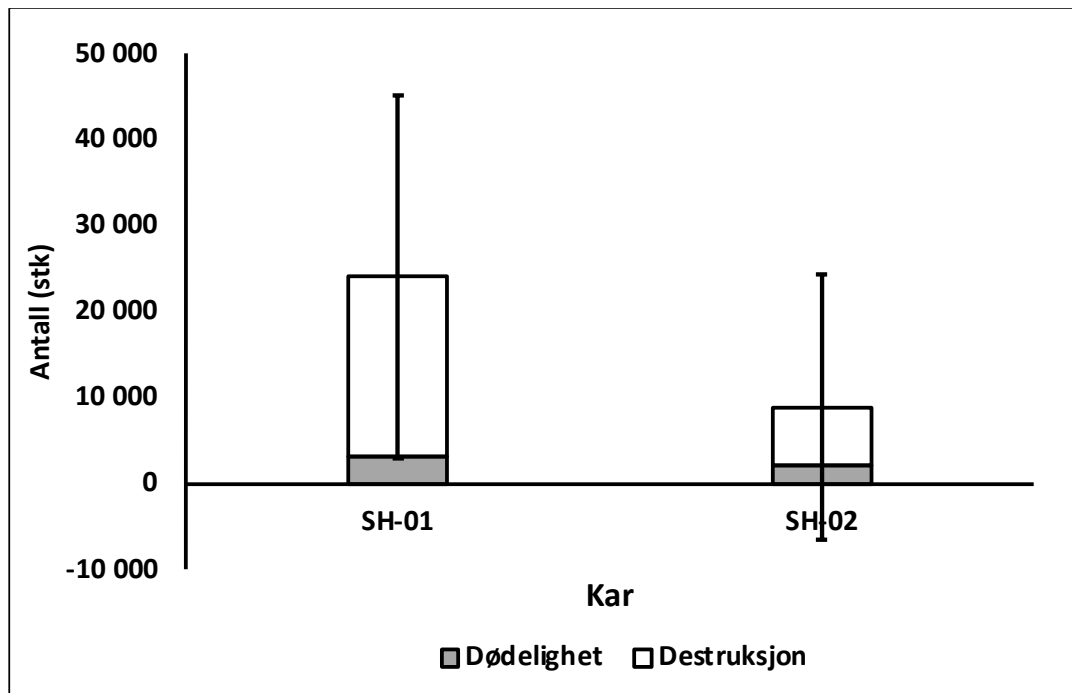
Standardavviket gir et bilde på variasjonen i gjennomsnittlig total dødelighet i de ulike karene.



Figur 14. Total dødelighet i STF. Figuren viser gjennomsnittlig total dødelighet inndelt i dødelighet og destruksjon på triploide innlegg i STF, fra år 2017-2021. X-aksen viser de ulike karene i avdelingen, mens y-aksen viser antall døde individer i antall stk.

Resultatene viser at den gjennomsnittlige totale dødeligheten var høyest i karene STF-01 (46 428stk ± 64 612stk), STF-03 (26 282stk ± 2 9234stk) og STF-06 (32 162stk ± 45 233stk) sammenlignet med resterende. Antall døde individer i disse tre karene var ikke signifikant høyere sammenlignet med resterende kar i STF (vedlegg 1, tabell 5). I likhet med den totale dødeligheten, var antall destruerte fisk høyest i de samme karene. Resultatene viser også at det ikke skiller seg ut noen kar når det kommer til dødelighet. Variansen er størst i karet STF-01.

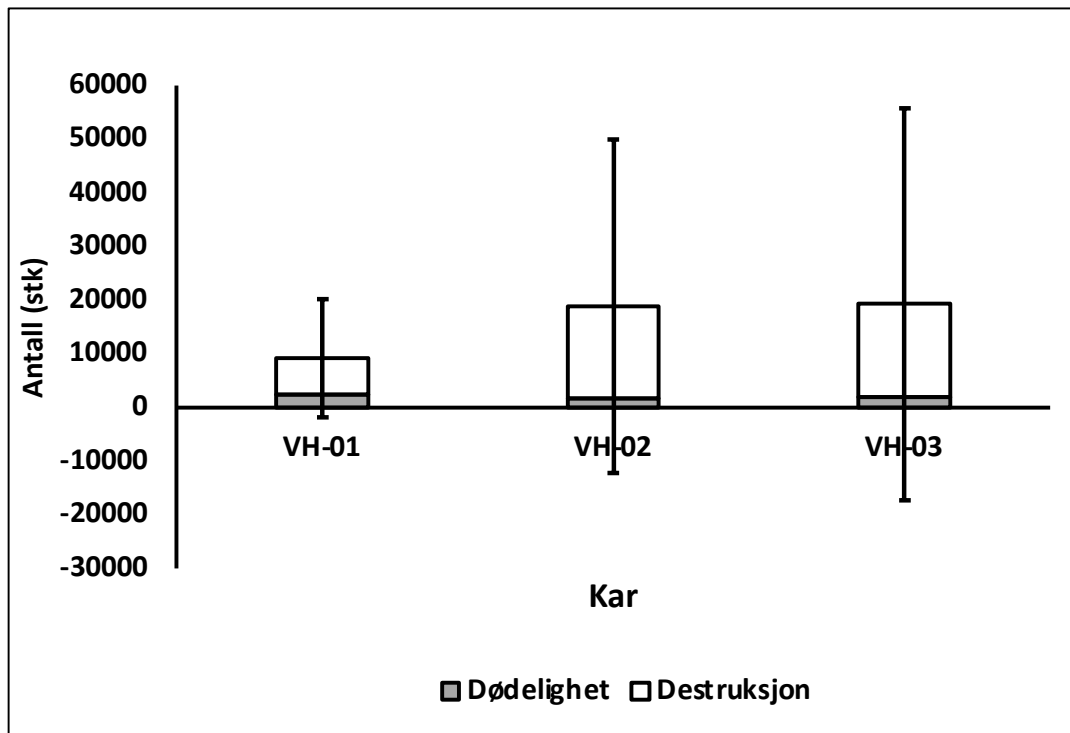
Figur 15 viser gjennomsnittlig total dødelighet inndelt i dødelighet og destruksjon i karene SH-01 (n=7) og SH-02 (n=8) i SH. Utvalget er alle de triploide innleggene som har vært i SH fra 2017-2021, og gjennomsnittet er regnet ut fra antall døde og destruerte individer i denne perioden. Variansen er vist i standardavvik, og representerer variansen til gjennomsnittlig total dødelighet i de ulike karene i avdelingen.



Figur 15. Total dødelighet i SH. Figuren viser gjennomsnittlig total dødelighet inndelt i dødelighet og destruksjon på triploide innlegg i SH, fra år 2017-2021. X-aksen viser de to ulike karene i avdelingen, mens y-aksen viser antall døde individer i stk.

Resultatene viser at gjennomsnittlig total dødelighet var høyest i SH-01 (24 056stk \pm 24 233stk) sammenlignet med SH-02 hvor antall døde var 8863 \pm 17 810stk). Videre viser resultatene at dødelighet og destruksjon var høyest i SH-01. Det er ingen signifikante forskjeller i total dødelighet mellom SH-01 og SH-02 (vedlegg 1, tabell 6).

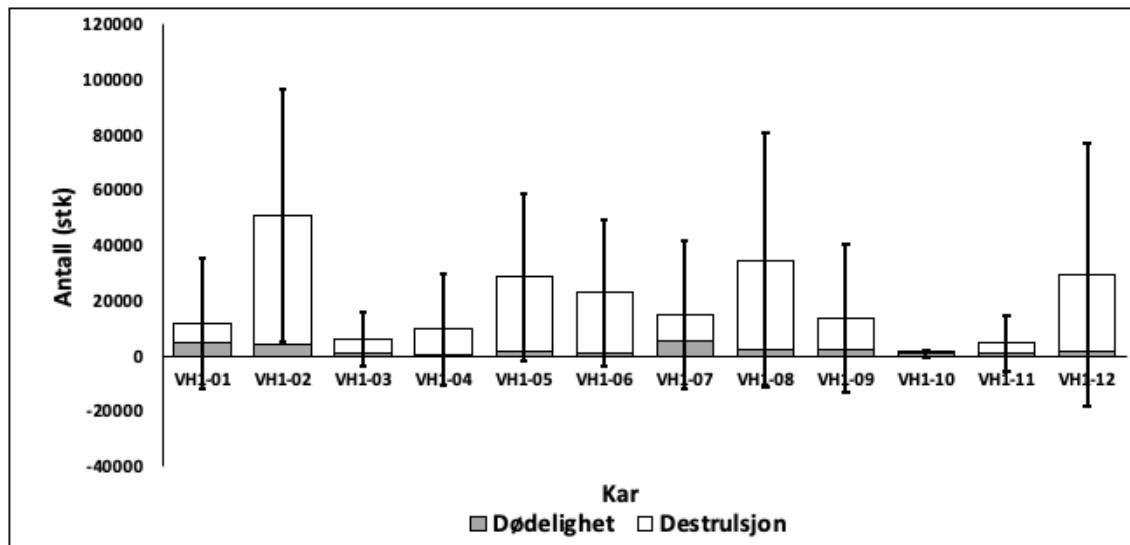
Figur 16 viser gjennomsnittlig total dødelighet i karene VH-01 (n=8), VH-02 (n=9) og VH-03 (n=7) i VH. Utvalget er alle triploide innlegg som har vært i VH fra 2017-2021, og gjennomsnittet er regnet ut fra antall døde og destruerte i denne perioden. Variansen er vist i standardavvik og viser variansen i gjennomsnittlig total dødelighet i karene.



Figur 16. Total dødelighet i VH. Figuren viser gjennomsnittlig total dødelighet inndelt i dødelighet og destruksjon på triploide innlegg i VH, fra år 2017-2021. X-aksen viser de ulike karene i VH, mens y-aksen viser antall døde individer målt i antall stk.

Resultatene viser at gjennomsnittlig total dødelighet i perioden 2017-2021 var høyest i karene VH-02 (18 776stk ± 31 033stk) og VH-03 (19 259stk ± 36 464stk) i VH. Videre viser resultatene at dødeligheten var høyest i VH-01, mens antall fisk destruert var høyest i VH-02 og VH-03 i samme perioden. Analysen viste ingen signifikante forskjeller i total dødelighet mellom noen av karene i VH (vedlegg 1, tabell 7). Variansen i total dødelighet er størst i karene VH-02 og VH-03.

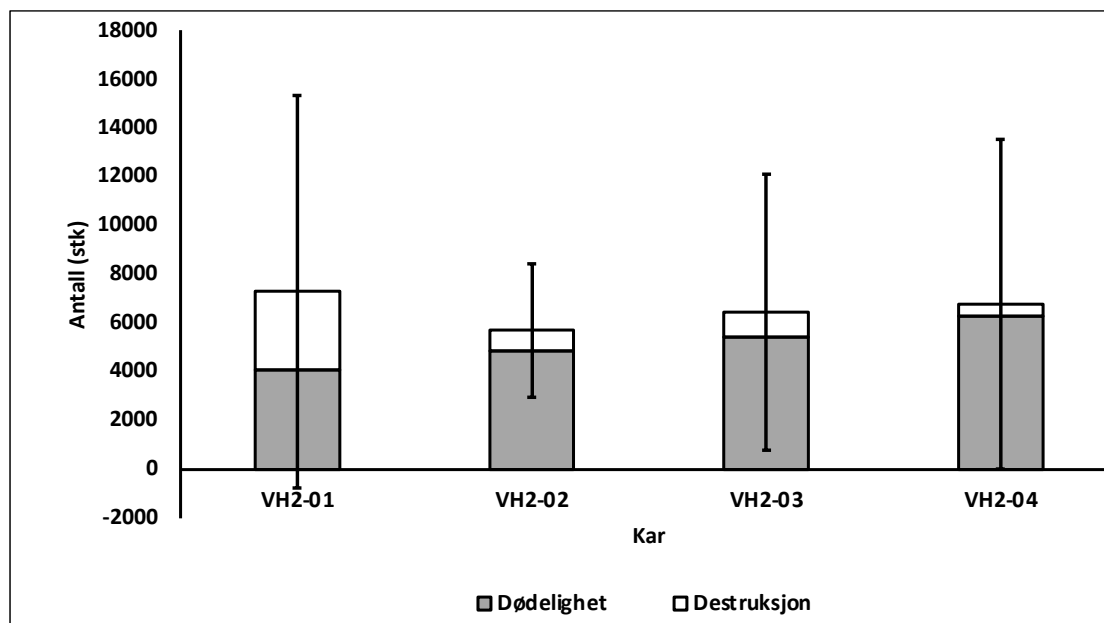
Figur 17 viser total gjennomsnittlig total dødelighet inndelt i dødelighet og destruksjon i karene VH1-01 (n=8), VH1-02 (n=8), VH1-03 (n=7), VH1-04 (n=6), VH1-05 (n=5), VH1-06 (n=7), VH1-07 (n=6), VH1-08 (n=7), VH1-09 (n=7), VH1-10 (n=5), VH1-11 (n=7) og VH1-12 (n=4) i VH1. Utvalget er alle triploide innleggene som har vært i VH1 gjennom perioden fra 2017-2021. Variansen er vist i standardavvik, og viser variansen i total dødelighet i karene i VH1.



Figur 17. Total dødelighet i VH1. Figuren viser gjennomsnittlig total dødelighet inndelt i dødelighet og destruksjon på triploide innlegg i VH, fra år 2017-2021. X-aksen viser de ulike karene i VH1, mens y-aksen viser antall døde individer målt i antall stk.

Resultatene viser at VH1-02 var det karet i VH1 som hadde høyest gjennomsnittlig total dødelighet med 51 105stk ($\pm 45\,745$ stk). Antall fisk destruert var også høyest i dette karet. Bortsett fra VH1-02, skiller VH1-05 (28 799stk $\pm 30\,136$ stk) VH1-08 (34 772 $\pm 46\,016$ stk) og VH1-12 (29 463stk $\pm 47\,467$ stk) seg ut med høyere gjennomsnittlig total dødelighet sammenlignet med resterende kar i VH1. Ut fra KW' variansanalyse viste ingen av karene noen signifikante forskjeller total dødelighet (vedlegg 1, tabell 8). Variansen i VH1 er størst i de karene hvor den gjennomsnittlig totale dødeligheten er høyest.

Figur 18 viser gjennomsnittlig total dødelighet inndelt i dødelighet og destruksjon i karene VH2-01 (n=6), VH2-02 (n=6), VH2-03 (n=6) og VH2-04 (n=5) i VH2. Utvalget er alle triploide innlegg som har stått i VH2 i perioden fra 2017 til 2021. Variansen er vist i standardavvik, og viser avviket i total dødelighet i hvert kar i avdelingen.

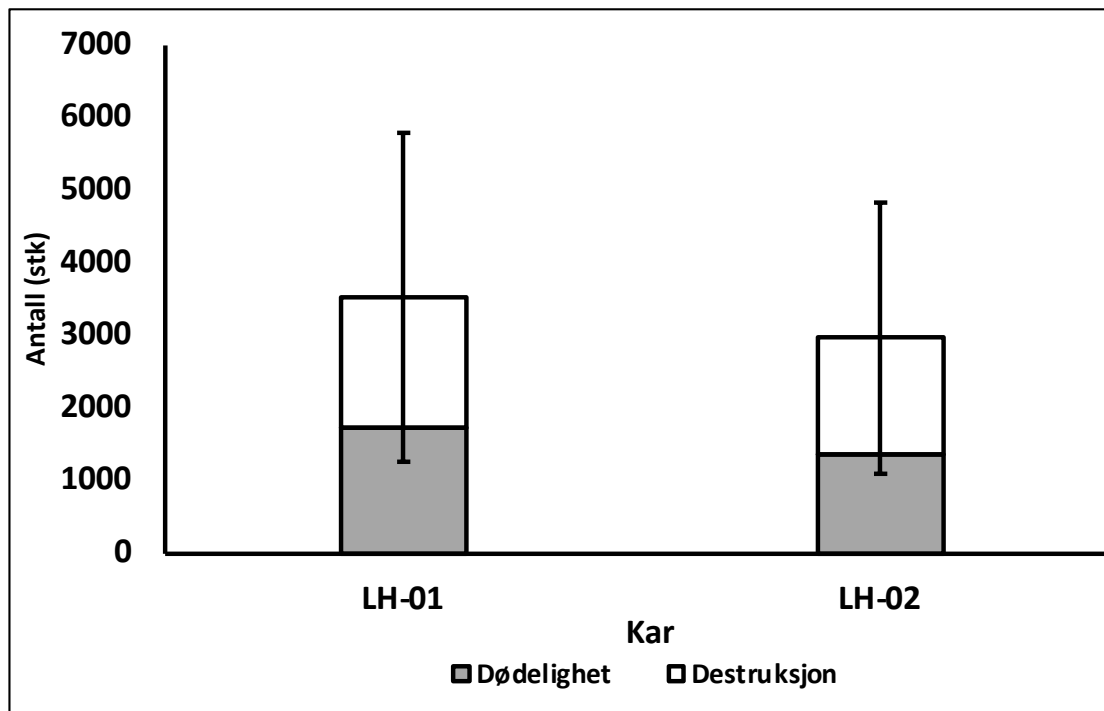


Figur 18. Total dødelighet i VH2. Figuren viser gjennomsnittlig total dødelighet inndelt i dødelighet og destruksjon på triploide innlegg i VH, fra år 2017-2021. X-aksen viser de ulike karene i VH2, mens y-aksen viser antall døde individer målt i antall stk.

Resultatene fra figur 18 viser at VH2-01 har lavest gjennomsnittlig dødelighet, men høyest gjennomsnittlig total dødelighet ($7\,301 \text{ stk} \pm 8\,060 \text{ stk}$) sammenlignet med kar VH2-02 ($5\,708 \text{ stk} \pm 2\,735 \text{ stk}$), VH2-03 ($6\,446 \text{ stk} \pm 5\,667 \text{ stk}$) og VH2-04 ($6\,780 \text{ stk} \pm 6\,757 \text{ stk}$).

Resultatene viser også at antall destruerte fisk i perioden fra 2017 til 2021 var høyest i VH2-01. Ingen av forskjellene i total dødelighet mellom de fire karene i VH2 var signifikante (vedlegg 1, tabell 9).

Figur 19 viser gjennomsnittlig total dødelighet inndelt i dødelighet og destruksjon i karene LH-01 ($n=6$) og LH-02 ($n=6$) i LH. Utvalget er alle de triploide innleggene som har vært innom denne avdelingen i settefiskanlegget, i perioden fra 2017 til 2021. Variansen er vist i standardavvik, og viser avviket i total dødelighet i de to ulike karene i LH.



Figur 19. Total dødelighet i LH. Figuren viser gjennomsnittlig total dødelighet inndelt i dødelighet og destruksjon på triploide innlegg i VH, fra år 2017-2021. X-aksen viser de to ulike karene i LH, mens y-aksen viser antall døde individer målt i antall stk.

Resultatet fra figur 19 viser at dødelighet er høyest i LH-01 sammenlignet med LH-02. Den totale gjennomsnittlige dødeligheten i LH er 3 530stk ($\pm 2\,266$ stk) i LH-01 og 2 977stk ($\pm 1\,866$ stk) i LH-02 i perioden fra 2017-2021. Ingen av forskjellene i total dødelighet mellom disse karene var signifikante (vedlegg 1, tabell 10).

5 Diskusjon

Hensikten med denne oppgaven var å kartlegge total dødelighet og vekst blant triploid settefisk i et norsk settefiskanlegg. Oppgaven har en retrospektiv tilnærming, og historiske produksjonsdata fra 2017-2021 ble samlet inn og analysert for å besvare forskningsspørsmålene.

5.1 Dødelighet og destruksjon

5.1.1 Dødelighet og destruksjon i hele anlegget

Resultatet fra hele settefiskanlegget viste ingen forskjell i total dødelighet mellom diploide ($43,27\% \pm 13,64\%$) og triploide innlegg ($65,58\% \pm 27,29\%$) i perioden 2017-2021. Dette betyr at H_0 om at «det er ingen forskjell mellom total dødelighet på triploide og diploide individer i settefiskfasen» beholdes. På tross av ingen signifikante forskjeller mellom gruppene viste resultatene at total dødelighet, dødelighet og destruksjon var høyest blant triploide innlegg.

Resultatene fra denne oppgaven står i kontrast til funn fra tidligere studier når det kommer til dødelighet og destruksjon hos triploide individer i ferskvann (Benhaïm mfl., 2020; McGeachy mfl., 1995). Det er verdt å legge merke til at ulike studier som har undersøkt forskjeller i prestasjon mellom diploide og triploide individer benytter ulike begreper. I denne oppgaven er begrepene «total dødelighet», «dødelighet» og «destruksjon» brukt, mens andre studier bruker begrepet «overlevelsessevne». Benhaïm mfl. (2020) undersøkte i sin studie hvordan triploid atlantisk laks presterte i forhold til diploid atlantisk laks, oppdrettet under lavere temperaturer (8°C) i ferskvann tidlig (etter klekking) i settefiskfasen. Det ble konkludert med at sannsynlig overlevelsessevne var betydelig høyere i triploid gruppe (97%) sammenlignet med diploid gruppe (85%) i første fase etter klekking, ved lavere temperaturer. McGeachy mfl. (1995) har også undersøkt om det var noen forskjeller i hvordan oppdrettet triploid og diploid atlantisk laks presterte i ferskvann. Undersøkelsen varte i perioden fra eggene ble befruktet og frem til 8 uker etter startfôring. Resultatene hadde noen interessante funn når det kom til overlevelsessevne. Overlevelsessevnen i diploid gruppe var høyere enn triploid gruppe frem til startfôring. Etter startfôringen viste målingene i kumulativ overlevelsessevne høyere score i triploid gruppe sammenlignet med diploid gruppe.

På den andre siden viser også resultatene i denne oppgaven likheter sammenlignet med funn fra tidligere studier når det kommer til dødelighet og destruksjon på triploid atlantisk laks i ulike stadier i settefiskfasen. Fraser mfl. (2014) undersøkte hvilken effekt tre ulike temperaturer under klekking hadde på overlevelsessevne på triploide og diploide individer, fra befruktning av egg og frem til 100 grams smolt. Periodene på settefiskanlegget var delt opp i ulike faser. Resultatene viste først og fremst at overlevelsessevnen var høyest i alle fasene i diploid gruppe sammenlignet med triploid gruppe, uavhengig av hvilken temperatur som ble brukt under klekking. To andre publikasjoner støtter også resultatene i denne oppgaven, med høyere dødelighet på triploid laks i ferskvannsfasen i settefiskanlegg sammenlignet med diploid laks. Cotter mfl. (2002) viste i sine resultater til en signifikant høyere dødelighet i triploid gruppe sammenlignet med diploid gruppe i ferskvannsfasen. Nuez-Ortín mfl. (2017) viste til en lavere overlevelsessevne (91%) i triploid gruppe sammenlignet med diploid gruppe (94%) frem til parr-stadiet på laksen. I en norsk studie fra 2015 ble det undersøkt hvilken effekt sterilisering og ulike dietter hadde på blant annet dødelighet i ferskvann- og saltvannsfasen. Resultatene viste at dødeligheten blant triploid laks var signifikant høyere sammenlignet med diploid gruppe i ferskvannsfasen (Fjelldal mfl., 2016).

I studiene til både Cotter mfl. (2002); Fraser mfl. (2014); Nuez-Ortín mfl. (2017) ble det ikke utpekt noen spesielle årsakssammenhenger til at dødeligheten i de triploide gruppene var høyere enn i de diploide gruppene. Fjelldal mfl. (2016) peker derimot på at det er større behov for en økende mengde fosfor i dietten til triploid atlantisk laks, sammenlignet med diploid atlantisk laks. Dette vil ha positiv effekt på blant annet den høye dødeligheten blant triploid laks. Settefiskanlegget som har vært undersøkt i denne oppgaven kjøper både sterilisert og ikke sterilisert rogn fra eksterne leverandører, både i Norge og i utlandet. En av årsakene til at den totale dødeligheten er høyere i de triploide innleggene fra 2017-2021 kan være på bakgrunn av dårlig kvalitet på rognen som settes inn på KL. Selskapet har ingen kontroll på prosessen rundt sterilisering av rognen. Prosessen i etterkant av steriliseringen, og selve steriliseringen kan absolutt være en årsak til høyere total dødelighet gjennom de ulike fasene i settefiskanlegget. Det har i tidligere studier blitt spekulert i at økt dødelighet blant triploid atlantisk laks sammenlignet med diploid atlantisk laks gjennom settefiskfasen kan være forårsaket av prosessen rundt sterilisering av rognen (Fjelldal & Hansen, 2010).

Temperatur og oksygenmetning er to faktorer som er med på å påvirke til økt dødelighet blant triploide individer både på settefiskanlegg og i produksjon ute på sjøen. Dette gjelder spesielt ved høyere temperaturer og hypoksis (undermetning av oksygen) (Fraser mfl., 2012). Styling

av temperatur i gjennomstrømningssystemet i settefiskanlegget er påvirket av kilden som vannet hentes fra. Dette gjør at temperaturen svinger etter de naturlige forholdene i omgivelsene. Resultatene fra figur 10 viste at temperaturen var lavest i KL, og økte utover i produksjonen ved de ulike innleggene. Temperaturforskjellene på de ulike innleggene varierte ikke voldsomt, tross ulike tidspunkt på innsett av rogn på KL. Svakheten med temperaturmålingene er at verdiene er gitt som et gjennomsnitt ved alle dypene i enhetene. Rådataene for temperaturmålingene er ikke tatt med i betraktning, grunnet tilgang på kun gjennomsnittsverdier. Målinger hver dag, eller over en periode kunne gitt et mer nøyaktig resultat, og gitt et bedre bilde på de naturlige svingningene. Det vil være vanskelig å konkludere om temperaturen har spilt en viktig rolle for den totale dødeligheten i anlegget.

Store variasjoner i miljøet er en faktor som må tas med i betraktning for å prøve å forklare at triploide innlegg hadde høyere total dødelighet sammenlignet med diploide innlegg. Tidligere studier har i sine undersøkelser slått fast at triploid laksefisk presterer dårligere i varierende miljø sammenlignet med diploide individer (Koenig mfl., 2011; Kozfkay mfl., 2006). Selv om undersøkelsene til Koenig mfl. (2011) og Kozfkay mfl. (2006) er gjort i artenes naturlige frie habitat, vil dette kunne være overførbart til settefiskanlegg som bruker gjennomstrømningssystem. Disse systemene tar til enhver tid inn nytt råvann fra naturen. Naturlige svingninger i vannkvaliteten vil gjøre det utfordrende for oppdrettere å kontrollere fiskens miljø i slike systemer. Dårligere prestasjon som en konsekvens av varierende miljøforhold vil kunne være en årsak til økt total dødelighet blant triploid laksefisk.

Det var ingen forskjell i total dødelighet og hvilket tidspunkt på året rognen ble satt inn på KL. Med en p-verdi under 0,05 beholdes H_0 om at «det er ingen forskjell på total dødelighet og tidspunkt på året rognen blir satt inn på klekkeriet». Få studier har undersøkt dette tidligere med triploid atlantisk laks. Det er nærliggende å tro at den totale dødeligheten er høyere gjennom produksjonen når rognen blir satt inn i på KL i høst- og vintermånedene, på grunn av lavere temperaturer i disse månedene. Nye innlegg i høst- og vintermånedene, som står i settefiskanlegget over 12 måneder vil i tillegg få to perioder med kaldere temperaturer. På tross av dette viste altså resultatene ingen store forskjeller i total dødelighet basert på tidspunkt på innlegg.

5.1.2 Dødelighet og destruksjon på avdeling- og enhetsnivå

Resultatene fra dødelighet og destruksjon på avdelingsnivå i triploid gruppe viste signifikante ($p < 0,05$) forskjeller i forekomst av dødelighet og destruksjon på ulike avdelinger i settefiskanlegget. For den triploide gruppen hadde avdelingene KL (289 837stk \pm 456 364stk), STF (185 581stk \pm 107 882stk) og VH1 (193 097stk \pm 81 150stk) høyest dødelighet og destruksjon målt i antall døde fisk, sammenlignet med de fire andre avdelingene SH, VH, VH2 og LH. Resultatene fra diploid gruppe viste at dødeligheten og destruksjonen var høyest i de samme avdelingene som triploid gruppe, men ingen signifikante forskjeller fra de andre avdelingene. Den gjennomsnittlige totale dødeligheten var derimot lavere i diploid gruppe i de nevnte avdelingene. Fellesnevneren for de tre avdelingene med høyest dødelighet og destruksjon er at dette er de første avdelingene som fisken står i over en lengre periode. Etter KL blir fisken flyttet på STF og videre til VH1. På bakgrunn av resultatene fra den statistiske analysen om total dødelighet på avdelingsnivå forkastes dermed H_0 om at «det er ingen forskjell i total dødelighet mellom avdelinger på et bestemt settefiskanlegg».

Resultatene av dødelighet og destruksjon på avdelingsnivå i denne oppgaven er lik tidligere resultater. Andre studier som også undersøkte overlevelsessevnen blant triploid laks i settefiskanlegg rapporterte om høyere dødelighet i perioden fra eggene befruktes og frem til fisken er på startfôring (Cotter mfl., 2002; Taylor mfl., 2011; Taylor mfl., 2013).

KL var den avdelingen som hadde høyest gjennomsnittlig total dødelighet i triploid gruppe. Til sammenligning med diploide innlegg var i tillegg den gjennomsnittlige totale dødeligheten på KL høyere blant de triploide innleggene. Det ble tidligere i oppgaven nevnt at rognkvaliteten har stor betydning, og at dårlig kvalitet på innsatt rogn kan føre til høy dødelighet. Vanntemperaturen ved klekkingen av rogn på KL kan også ha en innvirkning på dødeligheten i klekkeprosessen. Det er i tidligere studier påvist at dødeligheten på triploid rogn er signifikant høyere sammenlignet med diploid rogn (Fraser mfl., 2014; Piferrer mfl., 2009). Fraser mfl. (2014) konkluderer også i sin studie at vanntemperaturer på 6 grader i klekkeriet gir lavere dødelighet blant triploid rogn sammenlignet med høyere temperaturer. Gjennomsnittstemperaturene på KL varierte etter både innlegg og årstid, og lå mellom 4 grader og 8 grader.

VH2 er den eneste avdelingen med RAS i settefiskanlegget. Sammenlignet med avdelingene med gjennomstrømningssystem, er VH2 en av avdelingene i både diploid og triploid gruppe

med lavest total dødelighet i settefiskanlegget i perioden fra 2017-2021. På tross av få studier som har undersøkt forholdet mellom total dødelighet og vannsystem i hybride settefiskanlegg, konkluderer to studier med at dødeligheten blant atlantisk laks er høyere i RAS sammenlignet med gjennomstrømningsanlegg (Gåsnes mfl., 2021; Kolarevic mfl., 2014). Det kan tenkes at en av årsakene til forskjellen i total dødelighet mellom RAS og avdelingene med gjennomstrøm er at fisken står betydelig lengre i avdelingene med gjennomstrømning enn i VH2.

Resultatene viste ingen forskjeller i total dødelighet mellom enhetene i de ulike avdelingene. Dermed beholdes H_0 om at «det er ingen forskjell i total dødelighet på tvers av enhetene i de ulike avdelingene». Dette ble tatt med for å undersøke om det var noen enheter i de ulike avdelingene som skilte seg ut med tanke på total dødelighet.

5.2 Vekst

Det var ingen markante forskjeller i antall måneder diploide og triploide innlegg sto i settefiskanlegget i perioden fra 2017-2021. Begge gruppene sto omtrentlig like lenge fra rognen ble satt inn, til siste fisken ble satt ut i sjøen. Diploid gruppe så ut til å være større ved levering sammenlignet med triploid gruppe. Et av kravene for produksjon av steril laks under de grønne tillatelsene var at smolten som ble satt ut i sjøen skulle være minst 100 gram. Dette kan være en av grunnene til at den triploide smolten virker å være mindre ved utsett i sjøen sammenlignet med diploid smolt. Sammenligner man de to gruppene, er det en liten antydning til at diploid gruppe har bedre vekst de første månedene. Noen måneder ut i produksjonen virker det som om dette utjevner seg, og triploid gruppe ser ut til å vokse like bra som diploid gruppe. Om man ser på variansen (standardavviket) i figur 9, ser det faktisk ut som om triploid gruppe når 100 gram tidligere enn diploid gruppe.

Tidligere studier viser til samme resultater i vekst mellom diploid og triploid settefisk. Nuez-Ortín mfl. (2017) rapporterte om lavere vekst hos triploide individer i forkant og under startfôringen. Resultatene fra samme studien viste vider at veksten blant triploide individer kunne sammenlignes med diploide individer i parr-stadiet. Taylor mfl. (2011) viste til noen av de samme resultatene i vekst som denne oppgaven. Måling av diploide atlantisk laks under startfôring viste signifikant høyere vekst, frem til 6 uker etter startfôringen, sammenlignet med triploide individer. Det kan være flere årsaker til forskjellen i vekst de første månedene i produksjonen på settefiskanlegget. En av grunnene kan være knyttet til atferden i karene. Om

samme fisken alltid blir stående øverst i vannsøylen, vil det være problematisk for fisken under å få samme tilgangen på fôr som de over. Dette problemet oppstår nok ikke utelukkende bare blant triploide individer, men kan også forekomme hos diploid fisk. Det vil uansett være verdt å nevne at det kan være en årsaksforklaring. En annen årsak kan være forskjell i fôrforbruket mellom gruppene (Amoroso mfl., 2016).

5.3 Alternativ metode for sterilisering

På bakgrunn av mye forskning og dårlige resultater rundt triploidisering av oppdrettslaks, kommer stadig nye metoder for sterilisering. Både næringen, forbrukerne og myndighetene har tro på at sterilisering av oppdrettsfisk er veien å gå for å bli mere bærekraftig. Det antas at en sterilisert laks som har god fiskevelferd og gode vilkår for vekst vil vokse raskere og nå slaktevekt tidligere enn vanlig laks i dag (Andersen mfl., 2022).

Andersen mfl. (2022) beskriver en metode for sterilisering av laks som går ut på å produsere en reproduktiv steril fisk ved hjelp av å blokkere utviklingen av kimcellene som blir kjønnsceller. En viktig fordel med å produsere reproduktiv steril oppdrettslaks er at denne metoden for sterilisering gjør det mulig å produsere fertil stamfisk. Samtidig som den har muligheten for å reprodusere ved behov, vil den ikke være til trussel for villaksen ved en eventuell rømning fra oppdrettsanlegg. Hovedfunnene hos (Andersen mfl., 2022) viser at den sterile laksen scorer bra på velferdsindikatorerne, og presterer på samme nivå som fertil oppdrettslaks. Güralp mfl. (2020) viser også til en alternativ metode for sterilisering av laks, hvor det klippes vekk en del av genene som er avgjørende for å produsere kjønnsceller.

5.4 Begrensninger i material og metode

Innsamling og analyse av sekundærdata er en metode som både har sine styrker og svakheter, som nevnt i kapittel 3.2. I arbeidet med denne masteroppgaven har den største fordelen med benyttelse av en slik metode vært at det er veldig tidseffektivt. Innsamlingen i dette arbeidet har ikke stilt krav til noen fysisk tilstedeværelse på settefiskanlegget. Dette har gjort at fokuset har vært på å samle inn gode nok data for å besvare forskningsspørsmålene. På tross av at metoden har vært tidseffektiv, har det også medført noen utfordringer. Den største svakheten har vært knyttet til forståelsen av datamaterialet som ble samlet inn. Samtalene med settefiskanlegget har vært sporadisk, og på grunn av ulike årsaker har det dessverre ikke vært

noen fast kommunikasjon. Dette har gjort at det har tatt tid før spørsmål knyttet til settefiskanlegget og datagrunnlaget har blitt besvart.

Datamaterialet som har vært samlet inn for denne oppgaven strekker seg over flere år. I dette tidsspennet kan det være naturlig å tenke at det har vært utskiftninger blant de ansatte på settefiskanlegget. Dette kan være en faktor som er med på å utfordre nøyaktigheten til datamaterialet. Mennesker vil ha ulike oppfatninger av den daglige driften av et settefiskanlegg, og det kan føre til at kvaliteten på for eksempel registreringer, målinger og rutiner har vært ulik i dette tidsspennet.

Begrenset datamaterialet er en svakhet i material og metode. Oppgaven baserer seg på rådata som dekker dødelighet og destruksjon i settefiskanlegget. Ideelt sett ville flere variabler i resultatene gitt en større tyngde i diskusjonen. Rådata for føring, og flere parameter for vannkvalitet er eksempler på flere variabler som kunne vært med på å gi en bredere forklaring rundt resultatene i denne masteroppgaven.

Settefiskanlegget har i perioden fra 2017-2021 produsert 11 triploide innlegg og kun 3 diploide innlegg. Denne skjevheten gjør det vanskelig å analysere disse to gruppene på tvers av hverandre, og det vil være utfordrende å trekke en konklusjon siden utvalget på diploid gruppe er såpass mye lavere enn triploid gruppe.

Datamaterialet som er samlet inn er robuste data. Total dødelighet i hele anlegget i perioden fra 2017-2021 er målt i prosent. Dette var mulig da det var gode data tilgjengelig for forholdet mellom antall rogn satt inn og total dødelighet i settefiskanlegget på slutten av hvert innlegg. Dødelighets- og destruksjonsdata i settefiskanlegget er rapportert og presentert på enhetsnivå. I settefiskanlegg er det normalt å flytte og sortere fisken mellom enhetene ofte. Dette gjør at ulike fiskegrupper innad i hvert innlegg ofte blir blandet sammen, uten noen form for identifisering. Dette gjør at det er umulig å følge en gruppe med fisk gjennom et innlegg i settefiskanlegget. Dette var bakgrunnen for valget om å betegne dødelighet og destruksjon i antall døde individer på avdeling- og enhetsnivå, da akkumulert dødelighet og destruksjon ikke ga et riktig bilde. Det samme gjelder også med dataene for vekst. I denne oppgaven ble vekst vurdert månedlig.

5.5 Veien videre

Ettersom mattilsynet har bestemt at det på grunn av fiskevelferdsmessige årsaker ikke skal være triploid oppdrettslaks i sjøen etter 2023, vil et naturlig oppfølgingsspørsmål være hva som skjer med de grønne tillatelsene som selskapene fikk kjøpe billigere med vilkår om å blant annet produsere steril laks for å hindre genetisk påvirkning av villfiskbestanden ved en eventuell rømming. Mattilsynets beslutning bygges opp av en rekke studier som har undersøkt forskjeller i produksjonen av diploid og triploid oppdrettslaks. Konklusjonene i disse artiklene er enstydige. Velferdsindikatorerne for triploid oppdrettslaks er lav, og dødeligheten er for høy sammenlignet med diploid oppdrettslaks. Det spekuleres også i at triploid oppdrettslaks er mer utsatt for bakterielle- og virusykdommer. Dette medfører også økonomiske utfordringer, med lavere produksjonsvolum og høyere produksjonskostnader (Madaro mfl., 2022; Stien, Sambraus, Kristiansen, mfl., 2021; Stien, Sambraus, Sæther, mfl., 2021). De aller største utfordringene som kommer med produksjon av triploid oppdrettslaks, også de som er nevnt over her, kommer tydeligst frem i produksjonen på matfiskanleggene på sjøen.

På tross av mye usikkerhet og negativitet knyttet til produksjonen av triploid oppdrettslaks, finnes det både forskere og aktører som ikke gir helt slipp på denne metoden enda. Bortoletti mfl. (2022) slår fast at triploidisering er veien å gå, og oppsummerer sin forskning med at bruken av triploide individer vil hjelpe oppdrettsnæringen til å bli mer bærekraftig når det kommer til miljø, i tillegg til at fiskevelferden i produksjonen er god. Det børsnoterte sjømatelskapet, Grieg Seafood, gjorde en storsatsing i 2020 da de kjøpte opp 11 sjølokaliteter og et RAS-anlegg for oppdrett av laks i Øst-Canada, vel vitende om at det på noen lokaliteter var et krav om å produsere steril oppdrettslaks (Berge, 2020).

Velferden blant oppdrettslaksen bør stå i sentrum når det i fremtiden skal tas en beslutning om veien videre med tanke på produksjonen av triploid laks. Sterilisering av oppdrettslaks vil være et viktig verktøy å bruke for å redusere faren for negativ påvirkning på villfiskbestanden, og en tanke til videre forskning kan være å utforske alternative metoder for sterilisering.

6 Konklusjon

Hovedmålet med denne masteroppgaven var å kartlegge dødelighet og vekst blant triploid ved å analysere historiske produksjonsdata fra et bestemt settefiskanlegg i Norge. Dette ble undersøkt ved å svare på fem forskjellige forskningsspørsmål som omhandlet forskjell i dødelighet og vekst mellom diploid og triploid settefisk, total dødelighet blant triploid settefisk på avdeling- og enhetsnivå og total dødelighet basert på hvilken årstid triploid rogn ble satt inn på klekkeriet.

1. Undersøkelsen viste at det ikke var noen betydelig forskjell i total dødelighet mellom diploid og triploid settefisk. På tross av ingen signifikante forskjeller, viste resultatene likevel at det var høyere total dødelighet blant triploid settefisk.
2. Resultatene viste at det var en betydelig forskjell i total dødelighet mellom ulike avdelinger i settefiskanlegget. Total dødelighet i KL var signifikant høyere enn total dødelighet i LH. Total dødelighet i STF var signifikant høyere enn i SH, VH2 og LH. Avdelingen VH1 hadde signifikant høyere total dødelighet enn avdelingene SH, VH2 og LH.
3. Statistiske analyser viste at det ikke var noen betydelige forskjeller i total dødelighet mellom de ulike enhetene i de forskjellige avdelingene.
4. Det var ingen betydelige forskjeller i total dødelighet mellom innsett av rogn på klekkeriet i årstidene høst/vinter og vår/sommer.
5. Historiske data for vekst fra perioden 2017-2021 viste at diploid settefisk vokste raskere de første månedene i produksjonen enn triploid settefisk. Den triploide fisken utjevnet denne forskjellen utover i produksjonen, og resultatene viste videre at begge gruppene står omtrent like lenge i settefiskanlegget, fra rognen blir satt inn på klekkeriet og frem til den siste fisken er satt ut i sjøen.

Hovedkonklusjonen er at det ikke var noen forskjell i total dødelighet mellom diploid og triploid settefisk i settefiskanlegget i perioden fra 2017-2021. Den totale dødeligheten var høyest i starten av settefiskproduksjonen blant triploid settefisk, og det var ingen forskjell i total dødelighet mellom enhetene i de ulike avdelingene. Diploid settefisk vokste raskest de første månedene, men dette utjevnet seg utover i produksjonen.

7 Referanseliste

- Afewerki, S., Asche, F., Misund, B., Thorvaldsen, T. & Tvetenas, R. (2022). Innovation in the Norwegian aquaculture industry. *Reviews in Aquaculture*.
- Ahmed, N. & Turchini, G. M. (2021). Recirculating aquaculture systems (RAS): Environmental solution and climate change adaptation. *Journal of Cleaner production*, 297, 126604.
- Akvakulturdriftforskriften. (2008). *Forskrift om drift av akvakulturanlegg* (FOR-2008-06-17-822). Lovdata. <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2008-06-17-822>
- Akvakulturloven. (2005). *Lov om akvakultur (akvakulturloven)* (LOV-2005-06-17-79). <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2005-06-17-79?q=akvakulturloven>
- Amoroso, G., Adams, M., Ventura, T., Carter, C. & Cobcroft, J. M. (2016). Skeletal anomaly assessment in diploid and triploid juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and the effect of temperature in freshwater. *Journal of Fish Diseases*, 39(4), 449-466.
- Andersen, Ø., Tveiten, H., Thesslund, T. & Kleppen, H.-P. (2022). Evaluering av helse, velferd og tilvekst hos steril laks etter embryonal blokkering av kimcellene.
- Benfey, T. J. (2016). Effectiveness of triploidy as a management tool for reproductive containment of farmed fish: Atlantic salmon (*Salmo salar*) as a case study. *Reviews in Aquaculture*, 8(3), 264-282.
- Benhaïm, D., Leblanc, C. A., Horri, K., Mannion, K., Galloway, M., Leeper, A., Knobloch, S., Sigurgeirsson, Ó. & Thorarensen, H. (2020). The effect of triploidy on the performance, gut microbiome and behaviour of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*) raised at low temperature. *Applied Animal Behaviour Science*, 229, 105031.
- Berge, A. (2020). *Grieg Seafood kjøper Per Griegs storsatsing i Øst-Canada*. Hentet 09.05 fra <https://ilaks.no/grieg-seafood-kjoper-per-griegs-storsatsing-i-ost-canada/>
- Bergheim, A., Drengstig, A., Ulgenes, Y. & Fivelstad, S. (2009). Production of Atlantic salmon smolts in Europe—Current characteristics and future trends. *Aquacultural Engineering*, 41(2), 46-52.
- Blom, B. & Opheim, K. (2022). *Bidrar samdrift og samlokalisering til bærekraftig verdiskaping? En studie av samdrift, samlokalisering og bærekraft i oppdrett av laks og regnbueørret i Norge*.
- Bortoletti, M., Maccatrozzo, L., Peruzzi, S., Strand, J. E. T., Jobling, M., Radaelli, G. & Bertotto, D. (2022). Dietary effects on biomarkers of growth, stress, and welfare of diploid and triploid Atlantic salmon (*Salmo salar*) during parr-smolt transformation. *Aquaculture Reports*, 24, 101123.
- Bryman, A. (2016). *Social research methods*. Oxford university press.
- Cotter, D., O'Donovan, V., Drumm, A., Roche, N., Ling, E. N. & Wilkins, N. P. (2002). Comparison of freshwater and marine performances of all - female diploid and triploid Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture Research*, 33(1), 43-53.
- Crouse, C., Davidson, J. & Good, C. (2022). The effects of two water temperature regimes on Atlantic salmon (*Salmo salar*) growth performance and maturation in freshwater recirculating aquaculture systems. *Aquaculture*, 553, 738063.
- d'Orbcastel, E. R., Blancheton, J.-P. & Aubin, J. (2009). Towards environmentally sustainable aquaculture: Comparison between two trout farming systems using Life Cycle Assessment. *Aquacultural Engineering*, 40(3), 113-119.
- Dreyer, B. & Grønhaug, K. (2004). Uncertainty, flexibility, and sustained competitive advantage. *Journal of business research*, 57(5), 484-494.
- Dyrevelferdsloven. (2009). *Lov om dyrevelferd* (LOV-2009-06-19-97). <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2009-06-19-97>

- Dyrevernlova. (1974). *Lov om dyrevern*, (LOV-1974-12-20-73).
<https://lovdata.no/dokument/NLO/lov/1974-12-20-73>
- Fisher, M. J. & Marshall, A. P. (2009). Understanding descriptive statistics. *Australian critical care*, 22(2), 93-97.
- Fiskeoppdrettsloven. (1985). *Lov om oppdrett av fisk, skalldyr m.v.* (LOV-1985-06-14-68).
<https://lovdata.no/dokument/NLO/lov/1985-06-14-68>
- Fiskeridirektoratet. (2022). *Akvakulturstatistikk: settefiskproduksjon av laks, regnbueørret og ørret*. Fiskeridirektoratet. Hentet 26.01 fra <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tall-og-analyse/Akvakulturstatistikk-tidsserier/Laks-regnbueoerret-og-oerret/Settefiskproduksjon>
- Fiskeridirektoratet. (2023). *Rømmingsstatistikk*. Hentet 01.02 fra <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tall-og-analyse/Roemningsstatistikk>
- Fjelldal, P. a., Hansen, T., Lock, E. J., Wargelius, A., Fraser, T., Sambraus, F., El - Mowafi, A., Albrektsen, S., Waagbø, R. & Ørnstrud, R. (2016). Increased dietary phosphorous prevents vertebral deformities in triploid Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture nutrition*, 22(1), 72-90.
- Fjelldal, P. G. & Hansen, T. (2010). Vertebral deformities in triploid Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) underyearling smolts. *Aquaculture*, 309(1-4), 131-136.
- Fjellheim, A., Hess-Erga, O., Attramadal, K. & Vadstein, O. (2016). *Resirkulering av vann i settefiskproduksjon*. Hentet 30.01 fra https://folk.ntnu.no/skoge/diplom/prosjekt19/more-info-on-projects/RAS/7127-2017%20-%20RAS%20guide_NO_low.pdf
- Fjellheim, A., Kristensen, T., Åtland, Å. & Rosseland, B. O. (2010). Råvannskvalitet i norske settefiskanlegg for laks relatert til vannkvalitetskrav i resirkuleringsanlegg. *Vann*, 1, 2010.
- Forskrift om løyve til havbruk med matfisk. (2013). *Forskrift om tildeling av løyve til havbruk med matfisk av laks, aure og regnbogeaure i sjøvatn i 2013* (FOR-2013-06-24-754). <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2013-06-24-754>
- Fraser, T., Fleming, M., Poppe, T., Hansen, T. & Fjelldal, P. (2014). The effect of ploidy and incubation temperature on survival and the prevalence of aplasia of the septum transversum in Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Journal of Fish Diseases*, 37(3), 189-200.
- Fraser, T. W., Fjelldal, P. G., Hansen, T. & Mayer, I. (2012). Welfare considerations of triploid fish. *Reviews in Fisheries Science*, 20(4), 192-211.
- Fraser, T. W., Hansen, T. J., Remø, S. C., Olsen, R. E. & Fjelldal, P. G. (2022). Triploid Atlantic salmon × brown trout hybrids have similar seawater growth and welfare issues as triploid Atlantic salmon, but both were heavier at harvest than their diploid counterparts. *Aquaculture*, 552, 737975.
- Güralp, H., Skaftnesmo, K. O., Kjærner-Semb, E., Straume, A. H., Kleppe, L., Schulz, R. W., Edvardsen, R. B. & Wargelius, A. (2020). Rescue of germ cells in dnd crispant embryos opens the possibility to produce inherited sterility in Atlantic salmon. *Scientific reports*, 10(1), 18042.
- Gåsnes, S. K., Oliveira, V. H., Gismervik, K., Ahimbisibwe, A., Tørud, B. & Jensen, B. B. (2021). Mortality patterns during the freshwater production phase of salmonids in Norway. *Journal of Fish Diseases*, 44(12), 2083-2096.
- Havforskningsinstituttet. (2021). *Tema: Laks i oppdrett*. Hentet 02.11.2022 fra <https://www.hi.no/hi/temasider/arter/laks/laks-i-oppdrett>
- Hjeltnes, B., Bæverfjord, G., Erikson, U., Mortensen, S., Rosten, T. & Østergård, P. (2012). *Risk assessment of Recirculation Systems in Salmonid Hatcheries*. Hentet 31.01 fra <https://vkm.no/download/18.3a33d0ea16122420c393dc33/1516971511354/Risk%20A>

[ssessment%20of%20Recirculation%20Systems%20in%20Salmonid%20Hatcheries.pdf](#)

- Hoddevik, B. (2023). *Triploid laks: bare ulemper*. Hentet 09/05 fra <https://www.hi.no/hi/nyheter/2023/april/triploid-laks-bare-ulemper>
- Ibanez, J. G., Hernandez-Esparza, M., Doria-Serrano, C., Fregoso-Infante, A., Singh, M. M., Ibanez, J. G., Hernandez-Esparza, M., Doria-Serrano, C., Fregoso-Infante, A. & Singh, M. M. (2008). Alkalinity and Buffering Capacity of Water: Reference Chapters: 6, 8. I. Springer.
- Iversen, M., Myhr, A. I. & Wargelius, A. (2016). Approaches for delaying sexual maturation in salmon and their possible ecological and ethical implications. *Journal of Applied Aquaculture*, 28(4), 330-369.
- Jacobsen, D. I. (2022). *Hvordan gjennomføre undersøkelser? : innføring i samfunnsvitenskapelig metode* (4. utgave. utg.). Cappelen Damm akademisk.
- Johannessen, A., Christoffersen, L. & Tuft, P. A. (2016). *Introduksjon til samfunnsvitenskapelig metode* (5. utg. utg.). Abstrakt.
- Koenig, M. K., Kozfkay, J. R., Meyer, K. A. & Schill, D. J. (2011). Performance of diploid and triploid rainbow trout stocked in Idaho alpine lakes. *North American Journal of Fisheries Management*, 31(1), 124-133.
- Kolarevic, J., Baeverfjord, G., Takle, H., Ytteborg, E., Reiten, B. K. M., Nergård, S. & Terjesen, B. F. (2014). Performance and welfare of Atlantic salmon smolt reared in recirculating or flow through aquaculture systems. *Aquaculture*, 432, 15-25.
- Kolarevic, J., Stien, L. H., Espmark, Å. M. O., Gomez, D. I., Sæther, B.-S., Nilsson, J., Oppedal, F., Wright, D. W., Nielsen, K. V., Gismervik, K., Iversen, M. H. & Noble, C. (2017). Velferdsindikatorer for oppdrettslaks: Hvordan vurdere og dokumentere fiskevelferd - Del B. Bruk av operative velferdsindikatorer for ulike oppdretts- og produksjonssystem. I.
- Kozfkay, J. R., Dillon, J. C. & Schill, D. J. (2006). Routine use of sterile fish in salmonid sport fisheries: are we there yet? *Fisheries*, 31(8), 392-401.
- Kristensen, T., Åtland, Å., Rosten, T., Urke, H. & Rosseland, B. (2009). Important influent-water quality parameters at freshwater production sites in two salmon producing countries. *Aquacultural Engineering*, 41(2), 53-59.
- Kroglund, F., Finstad, B., Stefansson, S., Nilsen, T., Kristensen, T., Rosseland, B., Teien, H. & Salbu, B. (2007). Exposure to moderate acid water and aluminum reduces Atlantic salmon post-smolt survival. *Aquaculture*, 273(2-3), 360-373.
- Lekang, O.-I., Salas-Bringas, C. & Bostock, J. (2016). Challenges and emerging technical solutions in on-growing salmon farming. *Aquaculture international*, 24, 757-766.
- Lock, E. J., Sanden, M., Strand, Ø., Haugan, P. M. & Frøyland, L. (2022). *Hva betyr klimaendringene for norsk sjømat? . Havforskningsinstituttet*. Hentet 09/05 fra <https://www.hi.no/hi/nyheter/2022/desember/hva-betyr-klimaendringene-for-norsk-sjomat>
- MacFarland, T. W., Yates, J. M., MacFarland, T. W. & Yates, J. M. (2016). Mann–whitney u test. *Introduction to nonparametric statistics for the biological sciences using R*, 103-132.
- Madaro, A., Kjøglum, S., Hansen, T., Fjelldal, P. G. & Stien, L. H. (2022). A comparison of triploid and diploid Atlantic salmon (*Salmo salar*) performance and welfare under commercial farming conditions in Norway. *Journal of Applied Aquaculture*, 34(4), 1021-1035. <https://doi.org/10.1080/10454438.2021.1916671>
- Mattilsynet. (2014). *Tap av Laksefisk i Sjø*. [https://www.mattilsynet.no/fisk_og_akvakultur/fiskevelferd/tap_av_laksefisk_i_sjo_2014.15430/binary/Tap%20av%20laksefisk%20i%20sj%C3%B8%20\(2014\)](https://www.mattilsynet.no/fisk_og_akvakultur/fiskevelferd/tap_av_laksefisk_i_sjo_2014.15430/binary/Tap%20av%20laksefisk%20i%20sj%C3%B8%20(2014))

- McGeachy, S. A., Benfey, T. & Friars, G. (1995). Freshwater performance of triploid Atlantic salmon (*Salmo salar*) in New Brunswick aquaculture. *Aquaculture*, 137(1-4), 333-341.
- McKight, P. E. & Najab, J. (2010). Kruskal - wallis test. *The corsini encyclopedia of psychology*, 1-1.
- Mikkelsen, E. (2020). *Kan vi vite om norsk lakseoppdrett er bærekraftig?* Hentet 04.11.2022 fra <https://forskersonen.no/fiskehelse-meninger-oppdrett/kan-vi-vite-om-norsk-lakseoppdrett-er-baerekraftig/1672669>
- Miljødirektoratet. (2019). *Kunnskapsgrunnlag for rensing av utslipp fra landbasert akvakultur*. Hentet 26.01 fra <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m1568/m1568.pdf>
- Miljødirektoratet. (2022). *Akvakultur*. Hentet 01.02 fra <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/vann-hav-og-kyst/Akvakultur-fiskeoppdrett/>
- Murray, F., Bostock, J. & Fletcher, D. (2014). Review of recirculation aquaculture system technologies and their commercial application.
- Naturvernforbundet. (2020). *Oppdrett*. Hentet 01.02 fra <https://naturvernforbundet.no/laer-mer/hav-og-strand/oppdrett/>
- Noble, C., Nillson, J., Stien, L. H., Iversen, M., Kaolarevic, J. & Gismervik, K. (2018). *Velferdsindikatorer for oppdrettslaks: Hvordan vurdere og dokumentere fiskevelferd. 3. utgave*. Nofima, Havforskningsinstituttet, Veternærinstituttet, NORD universitet og University of Stirling.
- Nofima. (2022). *Steril oppdrettslaks har det godt*. Hentet 06.02 fra <https://kommunikasjon.ntb.no/pressemelding/steril-oppdrettslaks-har-det-godt?publisherId=9232871&releaseId=17925827>
- Norges Sjømatråd. (2020a). *Sjømat er avgjørende for økt matproduksjon, klima og helse*. Hentet 02.03 fra <https://seafood.no/aktuelt/Fisketanker/sjomat-er-avgjorende-for-okt-matproduksjon-klima-og-helse/>
- Norges Sjømatråd. (2020b). *Slik kan Norge selge sjømat for 200 milliarder innen 2030*. Hentet 04.11.2022 fra <https://seafood.no/aktuelt/nyheter/slik-kan-norge-selge-sjomat-for-200-milliarder-innen-2030/>
- Norges Sjømatråd. (2023). *Norge eksporterte sjømat for 151,4 milliarder kroner i 2022*. Hentet 02.03 fra <https://seafood.no/aktuelt/nyheter/norge-eksporterte-sjomat-for-1514-milliarder-kroner-i-2022/>
- Nuez-Ortín, W. G., Carter, C. G., Wilson, R., Cooke, I. R., Amoroso, G., Cobcroft, J. M. & Nichols, P. D. (2017). Triploid Atlantic salmon shows similar performance, fatty acid composition and proteome response to diploids during early freshwater rearing. *Comparative Biochemistry and Physiology Part D: Genomics and Proteomics*, 22, 67-77.
- Nærings- og fiskeridepartementet. (2021). *Norsk havbruksnæring*. Hentet 02.11.2022 fra <https://www.regjeringen.no/no/tema/mat-fiske-og-landbruk/fiskeri-og-havbruk/1/oppdrettslaksen/Norsk-havbruksnaring/id754210/>
- Nærings- og fiskeridepartementet. (u.å.). *Havbruksstrategien- Et hav av muligheter*. Hentet 02.11.2022 fra <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/havbruksstrategien-et-hav-av-muligheter/id2864482/?ch=3>
- Olaussen, J. O. (2018). Environmental problems and regulation in the aquaculture industry. Insights from Norway. *Marine Policy*, 98, 158-163.
- Persson, D., Nødtvedt, A., Aunsmo, A. & Stormoen, M. (2022). Analysing mortality patterns in salmon farming using daily cage registrations. *Journal of Fish Diseases*, 45(2), 335-347.

- Piferrer, F., Beaumont, A., Falguière, J.-C., Flajšhans, M., Haffray, P. & Colombo, L. (2009). Polyploid fish and shellfish: production, biology and applications to aquaculture for performance improvement and genetic containment. *Aquaculture*, 293(3-4), 125-156.
- Rahman, M. S. (2020). The advantages and disadvantages of using qualitative and quantitative approaches and methods in language “testing and assessment” research: A literature review.
- Skovlund, E. (2017). Når bør man velge en ikke-parametrisk metode? *Tidsskrift for Den norske legeforening*.
- Sommerset, I., Nielsen-Wiik, J., Oliveira, V., Moldal, T., Bornø, G., Brun, E. & Haukaas, A. (2022). *Fiskehelse rapporten 2022 (5a/2023)*. <https://www.vetinst.no/rapporter-og-publikasjoner/rapporter/2023/fiskehelse rapporten-2022>
- Stien, L. H., Sambraus, F., Kristiansen, T. S., Fjellidal, P. G., Sæther, P. A. & Martinsen, L. (2021). *Tredje samler rapport: Velferd for triploid laks i Nord-Norge-Sluttrapport, utsett 2019 (2021-44)*. (Rapport fra havforskningen, Issue. Havforskningsinstituttet. <https://www.hi.no/hi/nettrapporter/rapport-fra-havforskningen-2021-44>
- Stien, L. H., Sambraus, F., Sæther, P. A., Lind, M. B., Kristiansen, T. S., Nilsson, J. & Fjellidal, P. G. (2021). *Andre samler rapport: velferd for triploid laks i Nord-Norge-Sluttrapport, utsett 2018 (2021-13)*. (Rapport fra havforskningen, Issue. Havforskningsinstituttet. <https://www.hi.no/hi/nettrapporter/rapport-fra-havforskningen-2021-13>
- Stien, L. H., Sæther, P. A., Kristiansen, T. S., Fjellidal, P. G. & Sambraus, F. (2019). *Første samler rapport: Velferd for triploid laks i Nord-Norge Fra utsett til slakt, utsett 2014-2017 (2019-47)*. Havforskningsinstituttet. <https://www.hi.no/en/hi/nettrapporter/rapport-fra-havforskningen-2019-47>
- Taylor, J., Preston, A. C., Guy, D. & Migaud, H. (2011). Ploidy effects on hatchery survival, deformities, and performance in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 315(1-2), 61-68.
- Taylor, J. F., Sambraus, F., Mota-Velasco, J., Guy, D. R., Hamilton, A., Hunter, D., Corrigan, D. & Migaud, H. (2013). Ploidy and family effects on Atlantic salmon (*Salmo salar*) growth, deformity and harvest quality during a full commercial production cycle. *Aquaculture*, 410, 41-50.
- Tørud, B., Bang Jensen, B., Gåsnes, S., Grønbech, S. & Gismervik, K. (2019). *Dyre velferd i settefiskproduksjonen Småfiskvel (Rapport 14 - 2019)*. Veterinørinstituttet. <https://www.vetinst.no/rapporter-og-publikasjoner/rapporter/2019/dyre velferd-i-settefiskproduksjonen-smafiskvel>
- Wennevik, V., Ambjørndalen, V. M., Aronsen, T., Bakke, G. O., Diserud, O. H., Fiske, P., Fjeldheim, P. T. & Florø-Larsen, B. (2022). *Rømt oppdrettslaks i vassdrag i 2021 : Rapport fra det nasjonale overvåkningsprogrammet (2022-21)*. Havforskningsinstituttet. <https://www.hi.no/hi/nettrapporter/rapport-fra-havforskningen-2022-21>

8 Vedlegg

8.1 Vedlegg 1- Resultater fra de statistiske analysene

Tabell 1. Statistisk analyse av total dødelighet mellom diploid og triploid gruppe i settefiskanlegget.

Tabellen viser resultatet av en MWU-test av gjennomsnittlig total dødelighet mellom diploid og triploid gruppe i settefiskanlegget, fra 2017-2021.

Independent-Samples Mann-Whitney U Test Summary

Total N	14
Mann-Whitney U	15,000
Wilcoxon W	21,000
Test Statistic	15,000
Standard Error	6,423
Standardized Test Statistic	-,234
Asymptotic Sig.(2-sided test)	,815
Exact Sig.(2-sided test)	,885

Tabell 2. Statistisk analyse av total dødelighet mellom årstider. Tabellen viser resultatet av en MWU-test av gjennomsnittlig total dødelighet i triploid gruppe mellom høst/vinter og vår/sommer i settefiskanlegget, fra 2017-2021.

Independent-Samples Mann-Whitney U Test Summary

Total N	11
Mann-Whitney U	6,000
Wilcoxon W	12,000
Test Statistic	6,000
Standard Error	4,899
Standardized Test Statistic	-1,225
Asymptotic Sig.(2-sided test)	,221
Exact Sig.(2-sided test)	,279

Tabell 3. Statistisk analyse av total dødelighet på avdelingsnivå. Tabellen viser resultatet av KW' enveis variansanalyse av gjennomsnittlig total dødelighet på avdelingsnivå i settefiskanlegget fra 2017-2021. Justert signifikansverdi «Adj. Sig» er et resultat av Bonferronis' test for korreksjon.

Pairwise Comparisons of Avdeling

Sample 1-Sample 2	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj. Sig. ^a
Leveringshall-Sorteringshall	7,417	9,120	,813	,416	1,000
Leveringshall-Vekthall2	8,167	9,120	,895	,371	1,000
Leveringshall-Vaksinehall	11,417	9,120	1,252	,211	1,000
Leveringshall-Klekkeri	28,621	8,570	3,340	<,001	,018
Leveringshall-Startföring	35,056	8,900	3,939	<,001	,002
Leveringshall-Veksthall1	36,792	9,120	4,034	<,001	,001
Sorteringshall-Vekthall2	-,750	8,443	-,089	,929	1,000
Sorteringshall-Vaksinehall	-4,000	8,443	-,474	,636	1,000
Sorteringshall-Klekkeri	21,205	7,847	2,702	,007	,145
Sorteringshall-Startföring	27,639	8,206	3,368	<,001	,016
Sorteringshall-Veksthall1	-29,375	8,443	-3,479	<,001	,011
Vekthall2-Vaksinehall	3,250	8,443	,385	,700	1,000
Vekthall2-Klekkeri	20,455	7,847	2,607	,009	,192
Vekthall2-Startföring	26,889	8,206	3,277	,001	,022
Vekthall2-Veksthall1	28,625	8,443	3,390	<,001	,015
Vaksinehall-Klekkeri	17,205	7,847	2,193	,028	,595
Vaksinehall-Startföring	23,639	8,206	2,881	,004	,083
Vaksinehall-Veksthall1	-25,375	8,443	-3,005	,003	,056
Klekkeri-Startföring	-6,434	7,590	-,848	,397	1,000
Klekkeri-Veksthall1	-8,170	7,847	-1,041	,298	1,000
Startföring-Veksthall1	-1,736	8,206	-,212	,832	1,000

Tabell 4. Statistisk analyse av total dødelighet i KL. Tabellen viser resultatet av KW' enveis variansanalyse av gjennomsnittlig total dødelighet i avdelingen KL i settefiskanlegget fra 2017-2021. Justert signifikansverdi «Adj. Sig» er et resultat av Bonferronis' test for korreksjon.

Pairwise Comparisons of Skap

Sample 1-Sample 2	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj. Sig. ^a
KL1-KL3	-3.900	5.098	-.765	.444	1.000
KL1-KL2	-4.000	5.098	-.785	.433	1.000
KL1-KL4	-8.122	5.238	-1.551	.121	.726
KL3-KL2	.100	5.098	.020	.984	1.000
KL3-KL4	-4.222	5.238	-.806	.420	1.000
KL2-KL4	-4.122	5.238	-.787	.431	1.000

Tabell 5. Statistisk analyse av total dødelighet i STF. Tabellen viser resultatet av KW' enveis variansanalyse av gjennomsnittlig total dødelighet i avdelingen STF i settefiskanlegget fra 2017-2021. Justert signifikansverdi «Adj. Sig» er et resultat av Bonferronis' test for korreksjon.

Pairwise Comparisons of Kar					
Sample 1-Sample 2	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj. Sig. ^a
STF-08-STF-10	-,500	11,186	-,045	,964	1,000
STF-08-STF-09	-,500	11,186	-,045	,964	1,000
STF-08-STF-03	5,446	11,579	,470	,638	1,000
STF-08-STF-07	6,500	11,186	,581	,561	1,000
STF-08-STF-02	6,875	11,579	,594	,553	1,000
STF-08-STF-04	7,625	11,186	,682	,495	1,000
STF-08-STF-01	8,161	11,579	,705	,481	1,000
STF-08-STF-05	10,750	11,186	,961	,337	1,000
STF-08-STF-06	12,750	11,186	1,140	,254	1,000
STF-09-STF-04	7,125	11,186	,637	,524	1,000
STF-10-STF-04	7,125	11,186	,637	,524	1,000
STF-09-STF-05	10,250	11,186	,916	,359	1,000
STF-09-STF-06	12,250	11,186	1,095	,273	1,000
STF-10-STF-06	12,250	11,186	1,095	,273	1,000
STF-09-STF-03	4,946	11,579	,427	,669	1,000
STF-09-STF-01	7,661	11,579	,662	,508	1,000
STF-10-STF-01	7,661	11,579	,662	,508	1,000
STF-09-STF-07	6,000	11,186	,536	,592	1,000
STF-10-STF-07	6,000	11,186	,536	,592	1,000
STF-09-STF-10	,000	11,186	,000	1,000	1,000
STF-09-STF-02	6,375	11,579	,551	,582	1,000
STF-10-STF-03	4,946	11,579	,427	,669	1,000
STF-10-STF-02	6,375	11,579	,551	,582	1,000
STF-10-STF-05	10,250	11,186	,916	,359	1,000
STF-03-STF-07	-1,054	11,579	-,091	,927	1,000
STF-03-STF-02	1,429	11,958	,119	,905	1,000
STF-03-STF-04	-2,179	11,579	-,188	,851	1,000
STF-03-STF-01	2,714	11,958	,227	,820	1,000
STF-03-STF-05	-5,304	11,579	-,458	,647	1,000
STF-03-STF-06	-7,304	11,579	-,631	,528	1,000
STF-07-STF-02	,375	11,579	,032	,974	1,000
STF-07-STF-04	1,125	11,186	,101	,920	1,000
STF-07-STF-01	1,661	11,579	,143	,886	1,000
STF-07-STF-05	4,250	11,186	,380	,704	1,000
STF-07-STF-06	6,250	11,186	,559	,576	1,000
STF-02-STF-04	-,750	11,579	-,065	,948	1,000
STF-02-STF-01	1,286	11,958	,108	,914	1,000
STF-02-STF-05	-3,875	11,579	-,335	,738	1,000
STF-02-STF-06	-5,875	11,579	-,507	,612	1,000
STF-04-STF-01	,536	11,579	,046	,963	1,000
STF-04-STF-05	-3,125	11,186	-,279	,780	1,000
STF-04-STF-06	-5,125	11,186	-,458	,647	1,000
STF-01-STF-05	-2,589	11,579	-,224	,823	1,000
STF-01-STF-06	-4,589	11,579	-,396	,692	1,000
STF-05-STF-06	-2,000	11,186	-,179	,858	1,000

Tabell 6. Statistisk analyse av total dødelighet i SH. Tabellen viser resultatet av en MWU-test av gjennomsnittlig total dødelighet i avdelingen SH i settefiskanlegget fra 2017-2021..

Total N	15
Mann-Whitney U	18,000
Wilcoxon W	54,000
Test Statistic	18,000
Standard Error	8,641
Standardized Test Statistic	-1,157
Asymptotic Sig.(2-sided test)	,247
Exact Sig.(2-sided test)	,281

Tabell 7. Statistisk analyse av total dødelighet i VH. Tabellen viser resultatet av KW' enveis variansanalyse av gjennomsnittlig total dødelighet i avdelingen VH i settefiskanlegget fra 2017-2021. Justert signifikansverdi «Adj. Sig» er et resultat av Bonferronis' test for korreksjon.

Pairwise Comparisons of Kar

Sample 1-Sample 2	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj. Sig. ^a
VH02-VH01	,500	3,391	,147	,883	1,000
VH02-VH03	-1,893	3,510	-,539	,590	1,000
VH01-VH03	-1,393	3,510	-,397	,692	1,000

Tabell 8. Statistisk analyse av total dødelighet i VH1. Tabellen viser resultatet av KW' enveis variansanalyse av gjennomsnittlig total dødelighet i avdelingen VH1 i settefiskanlegget fra 2017-2021. Justert signifikansverdi «Adj. Sig» er et resultat av Bonferronis' test for korreksjon.

Pairwise Comparisons of Kar					
Sample 1-Sample 2	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj. Sig. ^a
VH1-10-VH1-11	-,114	10,733	-,011	,992	1,000
VH1-10-VH1-1	6,686	10,733	,623	,533	1,000
VH1-10-VH1-9	7,600	11,593	,656	,512	1,000
VH1-10-VH1-7	9,200	11,593	,794	,427	1,000
VH1-10-VH1-4	11,067	11,099	,997	,319	1,000
VH1-10-VH1-3	12,114	10,733	1,129	,259	1,000
VH1-10-VH1-8	13,000	11,593	1,121	,262	1,000
VH1-10-VH1-12	-14,067	13,386	-1,051	,293	1,000
VH1-10-VH1-6	17,000	11,593	1,466	,143	1,000
VH1-10-VH1-2	19,150	12,296	1,557	,119	1,000
VH1-10-VH1-5	25,900	12,296	2,106	,035	1,000
VH1-11-VH1-1	6,571	9,798	,671	,502	1,000
VH1-11-VH1-9	7,486	10,733	,697	,486	1,000
VH1-11-VH1-7	9,086	10,733	,847	,397	1,000
VH1-11-VH1-4	10,952	10,198	1,074	,283	1,000
VH1-11-VH1-3	12,000	9,798	1,225	,221	1,000
VH1-11-VH1-8	12,886	10,733	1,201	,230	1,000
VH1-11-VH1-12	-13,952	12,649	-1,103	,270	1,000
VH1-11-VH1-6	16,886	10,733	1,573	,116	1,000
VH1-11-VH1-2	19,036	11,489	1,657	,098	1,000
VH1-11-VH1-5	25,786	11,489	2,244	,025	1,000
VH1-1-VH1-9	-,914	10,733	-,085	,932	1,000
VH1-1-VH1-7	-2,514	10,733	-,234	,815	1,000
VH1-1-VH1-4	-4,381	10,198	-,430	,667	1,000
VH1-1-VH1-3	-5,429	9,798	-,554	,580	1,000
VH1-1-VH1-8	-6,314	10,733	-,588	,556	1,000
VH1-1-VH1-12	-7,381	12,649	-,584	,560	1,000
VH1-1-VH1-6	-10,314	10,733	-,961	,337	1,000
VH1-1-VH1-2	-12,464	11,489	-1,085	,278	1,000
VH1-1-VH1-5	-19,214	11,489	-1,672	,094	1,000
VH1-9-VH1-7	1,600	11,593	,138	,890	1,000
VH1-9-VH1-4	3,467	11,099	,312	,755	1,000
VH1-9-VH1-3	4,514	10,733	,421	,674	1,000
VH1-9-VH1-8	5,400	11,593	,466	,641	1,000
VH1-9-VH1-12	-6,467	13,386	-,483	,629	1,000
VH1-9-VH1-6	9,400	11,593	,811	,417	1,000
VH1-9-VH1-2	11,550	12,296	,939	,348	1,000
VH1-9-VH1-5	18,300	12,296	1,488	,137	1,000
VH1-7-VH1-4	1,867	11,099	,168	,866	1,000
VH1-7-VH1-3	2,914	10,733	,272	,786	1,000
VH1-7-VH1-8	-3,800	11,593	-,328	,743	1,000
VH1-7-VH1-12	-4,867	13,386	-,364	,716	1,000
VH1-7-VH1-6	7,800	11,593	,673	,501	1,000

Tabell 9. Statistisk analyse av total dødelighet i VH2. Tabellen viser resultatet av KW' enveis variansanalyse av gjennomsnittlig total dødelighet i avdelingen VH2 i settefiskanlegget fra 2017-2021. Justert signifikansverdi «Adj. Sig» er et resultat av Bonferronis' test for korreksjon.

Pairwise Comparisons of Kar					
Sample 1-Sample 2	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj. Sig. ^a
VH2-03-VH2-01	,233	4,107	,057	,955	1,000
VH2-03-VH2-04	-2,833	3,916	-,724	,469	1,000
VH2-03-VH2-02	4,000	3,916	1,022	,307	1,000
VH2-01-VH2-04	-2,600	4,107	-,633	,527	1,000
VH2-01-VH2-02	-3,767	4,107	-,917	,359	1,000
VH2-04-VH2-02	1,167	3,916	,298	,766	1,000

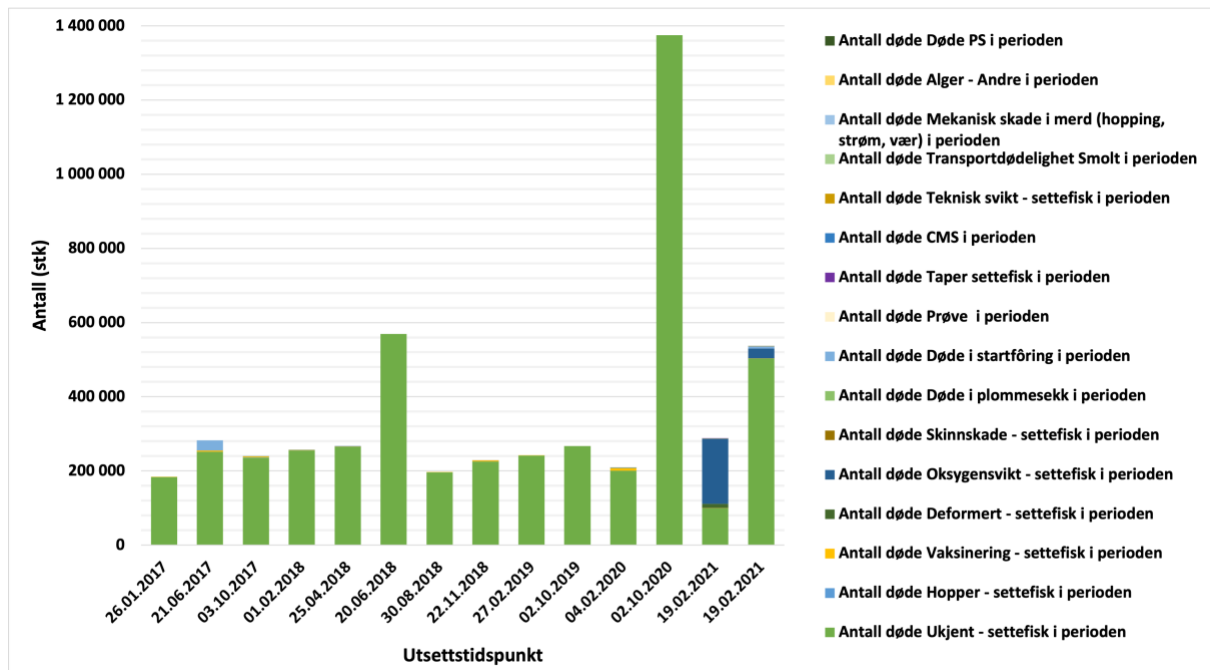
Tabell 10. Statistisk analyse av total dødelighet i LH. Tabellen viser resultatet av en MWU -test av gjennomsnittlig total dødelighet i avdelingen SH i settefiskanlegget fra 2017-2021.

Total_dødelighet across Kar

Independent-Samples Mann-Whitney U Test Summary

Total N	12
Mann-Whitney U	15,000
Wilcoxon W	36,000
Test Statistic	15,000
Standard Error	6,245
Standardized Test Statistic	-,480
Asymptotic Sig.(2-sided test)	,631
Exact Sig.(2-sided test)	,699

8.2 Vedlegg 2- Produksjonsdata



Figur 1. Registrerte dødelighetsårsaker i settefiskanlegget. Figuren viser registrerte dødelighetsårsaker i diploide og triploide innlegg i settefiskanlegget, i perioden fra 2017-2021. X-aksen viser innleggsdato, mens y-aksen viser antall (stk).

