



Universitetet  
i Stavanger

**DET TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE FAKULTET**  
**MASTEROPPGAVE**

Studieprogram/spesialisering:

Industriell Økonomi

Vårsemesteret, 2018

Åpen

Forfatter:

Fredrik Sandvær Kalager

Thomas Hellen

*Fredrik s. kalager.*

(signatur forfatter)

*Thomas Hellen*

(signatur forfatter)

Fagansvarlig:

Veileder(e): Atle Øglend

Tittel på masteroppgaven:

Kostnader knyttet til behandling mot lakselus i norsk havbruksnæring

Engelsk tittel:

Total cost of sea lice treatment in the Norwegian aquaculture

Studiepoeng: 30

Emneord:

Norsk havbruksnæring

Postsmolt

Lusekostnader

Lakselus

Sidetall: 79

+ vedlegg/annet: 6

Stavanger, 12.06.2018

## Forord

Denne masteroppgaven er skrevet som avsluttende del av mastergraden i Industriell Økonomi ved Universitet i Stavanger våren 2018.

I løpet av litteraturstudiet og ved innsamling av data har vi møtt mange hjelpsomme og dyktige fagfolk. Det er svært gledelig å se hvor stor viljen er til å hjelpe kunnskapssøkende studenter i en travel hverdag.

En spesiell takk går til Knut Senstad i konsulentselskapet Inventura AS, som har vært en nøkkelperson i forhold til innhenting av data og en god sparringspartner i fagdiskusjoner. Hans bidrag har definitivt hevet nivået på oppgaven.

Videre vil vi takke Odd Elvebø i Aquagen AS som tipset oss om emnet, og har bidratt med god veiledning, data og innspill gjennom arbeidet med oppgaven. Vi vil også takke Helge Daae som ga oss en omvisning på smoltanlegget Fjon Bruk AS, som var veldig lærerikt og nyttig for oss.

Til slutt vil vi takke intern veileder Atle Øglend for raske og presise tilbakemeldinger og god veiledning.

Oppgavens problemstilling fremstår som veldig dagsaktuell, og det har vært svært spennende å kunne fordype seg i emnet. Vi føler oss trygge på at norsk havbruk går en lys fremtid i møte.

Fredrik Sandvær Kalager

Thomas Hellen

Stavanger 12.06.18

## Sammendrag

De siste årene har produksjonsmengden av laks i den norske oppdrettsnæringen nærmest stagnert som følge av MTB-reglementet som ble innført i 2005. Allikevel har produksjonskostnadene steget. Den største prosentvise endringen ses under kostnadsposten ”*andre driftskostnader*”, som behandlingskostnaden mot lakselus utgjør en betydelig del av.

Trenden i norsk havbruk er at oppdretterne i hovedsak fokuserer på de direkte kostnadene forbundet med bekjempelse av lakselus. Det er behov for å styrke kunnskap og forståelse også om de indirekte elementene ved dagens lakselusbekjempelse. Av denne grunn fokuserer denne oppgaven på å avdekke og tallfeste de indirekte kostnadene og vise hvilke kjente og skjulte påvirkninger dette har på oppdretternes driftsresultat.

Ved hjelp av en beslutningsmodell utviklet av Inventura AS for strategisk valg av bekjempelsesetoder mot lakselus, er det i denne oppgaven undersøkt og analysert ulike scenarioer for å avdekke de skjulte indirekte kostnadene lakselusen medfører. Det er i hovedsak fokusert på behandlingsdødelighet, sulting av fisk før behandling, og nedklassing i kvalitet som påvirkende faktorer. I tillegg er det undersøkt et scenario med ulike smoltstørrelser for å avdekke hvilken effekt denne faktoren har på driftsresultat og lakseluskostnader.

Resultatene viser at totalkostnaden for lakselusbehandlingene utgjør 9,17 kroner per kilo HOG. I simuleringen ble de indirekte kostnadene estimert til 5,27 kroner per kilo. Dette er langt mer enn hva tidligere litteratur vurderer kostnaden til. De direkte kostnadene utgjør mindre enn halvparten av de totale kostnadene og margintap som er tilknyttet bekjempelse av lakselus.

Simuleringene viser at produksjonskostnaden per kilo HOG for en 130 grams og en 500 grams smolt er på henholdsvis 40,17 kroner og 38,35 kroner i det undersøkte scenarioet. Selv om postsmolten på 500 gram har en lavere produksjonskostnad, påpekes det at den økonomiske risikoen er større for postsmolt, grunnet høyere beholdningskostnad underveis i produksjonen.

## Figurliste

Figur 1: Solgt mengde norsk oppdrettslaks i perioden 1986-2016 (Fiskeridirektoratet, 2017).	5
Figur 2: Solgt mengde norsk oppdrettslaks med tilhørende produksjonskostnader i perioden 1986-2016 (Fiskeridirektoratet, 2017).....	6
Figur 3: Produksjonskostnader og salgpris for laks i perioden 1986-2016 (Fiskeridirektoratet, 2017).....	6
Figur 4: Kostnadsfordeling i norsk oppdrettsnæring 2016 (Fiskeridirektoratet, 2017).....	7
Figur 5: Historisk utvikling i kostnadsposter i perioden 1986-2016 (Fiskeridirektoratet, 2017).....	9
Figur 6: Produksjonsmetode for tradisjonell smolt og postsmolt.....	11
Figur 7: Illustrasjon av ulike stadier fra rogn til matfisk (Marine harvest, u.d.).....	12
Figur 8: Inkubasjonstanker for rogn ved Fjon Bruk - Kilde: Egne bilder.....	12
Figur 9: Kar i settefiskanlegg for produksjon av smolt ved Fjon Bruk - Kilde: Egne bilder ..	13
Figur 10: Illustrasjon av forskjellen mellom gjennomstrømningsanlegg og RAS-anlegg (Terjesen, 2016).....	15
Figur 11: Kritiske faktorer i et RAS-anlegg.....	16
Figur 12: Gjennomsnittlig månedsvise lusepåslag i perioden 2013-2017 (Lusedata, u.d.).....	19
Figur 13: Utvikling i bruk av rensefisk i perioden 1998-2016 (Fiskeridirektoratet, 2017).....	26
Figur 14: Kostnadsutvikling for rensefisk i perioden 1998-2016 (Fiskeridirektoratet, 2017).	27
Figur 15: Vurdering av produksjonsområder i henhold til trafikklysordningen (iLaks, 2017)	28
Figur 16: Biomassens verdi som en funksjon av tid (Asche & Bjørndal, 2011).....	32
Figur 17: Biomassens verdi som en funksjon av tid ved flere utsett (Asche & Bjørndal, 2011).....	33
Figur 18: Illustrasjon av Cobweb-modellen.....	34
Figur 19: Sensitivitetsanalyse av enkelte kostnadsposter fra figur 4 (Fiskeridirektoratet, 2017).....	36
Figur 20: Scenarioanalyse for estimering av produksjonskostnader i 2017.....	41
Figur 21: Scenarioanalyse for 5 og 10 % endring i produksjonskostnad.....	44
Figur 22: Lokalitetsparametere i lusemodell.....	47
Figur 23: Generasjonsparametere i lusemodell.....	47
Figur 24: Startup- og kostnadsparametere i lusemodell.....	49
Figur 25: Variable produksjonskostnader i lusemodell.....	50
Figur 26: Rensefisk kostnad i lusemodell.....	50
Figur 27: Vekttap ved slakting i lusemodell.....	50
Figur 28: Salgsparametere i lusemodell.....	51
Figur 29: Valg av behandlingsmetode og tidspunkt i lusemodell.....	52
Figur 30: Valg av behandlingsmetode og tidspunkt i lusemodell.....	52
Figur 31: Totale produksjonskostnader og driftsmargin ved ulike behandlingsdødeligheter..	59
Figur 32: Vekstkurve på ukesbasis for utsett 01.04.....	60
Figur 33: Forskjell i produksjonstid til 5,5 kilo med og uten sulting.....	61

## Tabelliste

Tabell 1: Beregnede produksjonskostnader per kilo produsert fisk i perioden 2008-2016 (Fiskeridirektoratet, 2017).....	7
Tabell 2: Oversikt over behandlingsmetode og antall lusebehandlinger i perioden 2011-2016 – Kilde: (Veterinærinstituttet, 2017).....	23
Tabell 3: Produksjonskostnad for en smolt antatt 100 gram (Fiskeridirektoratet, 2017).....	37

Tabell 4: Produksjonskostnad for postsmolt fra 100-500 gram.....	40
Tabell 5: Kostnadsposter og tilhørende prosentvis økning i kostnader de tre foregående årene .....	41
Tabell 6: Data brukt i estimeringen av produksjonskostnader - kilde: (Bjørndal & Skram, 2017).....	42
Tabell 7: Estimering av produksjonskostnader for ulike smoltstørrelser basert på tidligere litteratur.....	42
Tabell 8: Estimert salgspris ved ulike smoltstørrelser .....	43
Tabell 9: NNV og IRR for ulike investeringer og kapasiteter .....	44
Tabell 10: Input-parametere for scenario 1 og 2.....	53
Tabell 11: Resultater fra behandlingsdødelighet i scenario 1 .....	54
Tabell 12: Resultater for sulting i scenario 1 .....	54
Tabell 13: Resultater for nedklassing i scenario 1 .....	55
Tabell 14: Totale behandlingskostnader for scenario 1 .....	56
Tabell 15: Input-parametere for sensitivitetsanalyse til behandlingsdødelighet.....	56
Tabell 16: Resultat fra sensitivitetsanalyse for behandlingsdødelighet .....	58
Tabell 17: Resultat fra sensitivitetsanalyse for ulike behandlingsdødeligheter .....	60
Tabell 18: Forskjell i driftsresultat ved 3 ekstra sultedager per behandling .....	61
Tabell 19: Reell forskjell i driftsresultat mellom 6 og 9 sultedager per behandling.....	62
Tabell 20: Sensitivitetsanalyse på smoltstørrelse .....	63
Tabell 21: Resultater fra sensitivitetsanalyse på smoltstørrelse .....	63

# Innholdsfortegnelse

<b>Forord</b>	<b>ii</b>
<b>Sammendrag</b>	<b>iii</b>
<b>Figurliste</b>	<b>iv</b>
<b>Tabelliste</b>	<b>iv</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>1</b>
1.1 Bakgrunn for oppgaven	1
1.2 Problemstilling og forskningsspørsmål	3
<b>2. Norsk oppdrettsnæring</b>	<b>4</b>
2.1 Reguleringer og bestemmelser	4
2.1.1 Akvakulturloven	4
2.1.2 Konesjoner og reguleringer	4
2.2 Historisk produksjons- og produktivitetsutvikling	5
2.3 Utviklingskonesjoner	9
<b>3. Produksjonsprosess i sjøbasert oppdrettsnæring</b>	<b>11</b>
3.1 Produksjon fra rogn til matfisk	11
3.1.1 Settefiskproduksjon	12
3.1.2 Matfiskproduksjon	13
3.1.3 Bearbeidelse og transport	13
3.2 Postsmolt	13
3.3 RAS-anlegg	14
<b>4. Fiskehelsen i norsk oppdrettsnæring</b>	<b>17</b>
4.1 Lakselus	17
4.1.1 Forskrift om bekjempelse av lakselus i akvakulturanlegg	18
4.1.2 Lusepåslag de fem foregående årene	18
4.2 Lakselusens påvirkning	19
4.3 Fiskehelse og økning i produksjonskostnader	20
4.4 Avlusningsmetoder	22
4.5 Medikamentelle metoder	23
4.5.1 Fôr	23
4.5.2 Vaksiner	24
4.5.3 Badebehandlinger	24
4.6 Ikke-medikamentelle metoder	25
4.6.1 Laser	25
4.6.2 Rensefisk	26
4.6.3 Termisk	28
4.7 Trafikklysordningen	28
<b>5. Teori</b>	<b>29</b>
5.1 Investeringsanalyse	29
5.1.1 Netto-nåverdi-metoden (NNV)	29
5.1.2 Internrentemetoden (IRR)	30
5.1.3 Sensitivitetsanalyse	31
5.1.4 Scenarioanalyse	31
5.2 Bioøkonomisk analyse	31
5.2.1 Optimalt slaktetidspunkt og rotasjonsproblemet	32
5.3 Cobweb-modellen	33
5.4 Lusekostnader	34
<b>6. Kostnadsestimering postsmolt</b>	<b>36</b>

6.1	<i>Sensitivitetsanalyse av kostnadspostene i havbruk</i>	36
6.2	<i>Kostnader ved produksjon av postsmolt</i>	37
6.2.1	<i>Produksjonskostnader for postsmolt på 500 gram</i>	37
6.2.2	<i>Faste kostnader</i>	38
6.2.3	<i>Variable kostnader</i>	38
6.2.4	<i>Øvrige kostnader</i>	39
6.2.5	<i>Totale produksjonskostnader postsmolt</i>	39
6.2.6	<i>Scenarioanalyse for kostnader i 2017</i>	40
6.2.7	<i>Produksjonskostnader for smolt og postsmolt ved ulike størrelser</i>	42
6.3	<i>Salgspris for postsmolt</i>	42
6.4	<i>Investeringskostnader og lønnsomhet for et RAS-anlegg</i>	43
6.4.1	<i>Påvirkninger på NNV</i>	44
<b>7.</b>	<b>Kostnadsestimering lus</b>	<b>46</b>
7.1	<i>Forklaring av lusemodell fra Inventura</i>	46
7.2	<i>Inputkostnader</i>	52
7.3	<i>Direkte og indirekte kostnader</i>	53
7.3.1	<i>Scenario 1: Alle direkte og indirekte kostnader inkluderes</i>	53
7.3.2	<i>Scenario 2: Direkte kostnader</i>	55
7.3.3	<i>Resultater fra scenarioanalysen</i>	55
7.4	<i>Sensitivitetsanalyse behandlingsdødelighet</i>	56
7.4.1	<i>Lusebehandlingsstrategi</i>	57
7.4.2	<i>Produksjonskostnader per generasjon levende vekt ved slakting</i>	58
7.4.3	<i>Produksjonskostnad per kilo slaktet fisk, levende vekt</i>	58
7.4.4	<i>Slaktekostnad HOG og relaterte kostnader per generasjon</i>	59
7.4.5	<i>Driftsmargin og margin per generasjon HOG ved ulike behandlingsdødeligheter</i>	59
7.5	<i>Sensitivitetsanalyse antall sultedager</i>	60
7.6	<i>Smoltstørrelse og påvirkning på lakselusproblemet</i>	62
<b>8.</b>	<b>Diskusjon</b>	<b>64</b>
8.1	<i>Lønnsomhet i en syklisk bransje</i>	64
8.2	<i>Postsmolts innvirkning på MTB</i>	65
8.3	<i>Totale lusekostnader</i>	66
8.4	<i>Indirekte lusekostnader</i>	67
8.5	<i>Direkte kostnader</i>	70
8.7	<i>RAS-anlegg</i>	72
8.8	<i>Lakseoppdrett i fremtiden</i>	73
<b>9.</b>	<b>Konklusjon</b>	<b>75</b>
<b>10.</b>	<b>Bibliografi</b>	<b>76</b>
<b>Appendix A</b>	<b>Forskrifter og regelverk for fremtidens oppdrett</b>	<b>80</b>
<b>Appendix B</b>	<b>Beregninger av NNV for investering i RAS-anlegg</b>	<b>82</b>
<b>Appendix C</b>	<b>Beregninger gjort for indirekte kostnader</b>	<b>83</b>
<b>Appendix D</b>	<b>Vekst for smoltutsett gitt per uke</b>	<b>85</b>

# 1. Innledning

## 1.1 Bakgrunn for oppgaven

Norsk oppdrettsnæring har vært en lang suksesshistorie med stor vekst, etablering av nye arbeidsplasser, gode økonomiske resultat og inntreden i markeder verden rundt.

I de siste 20 årene har havbruksnæringen vokst til å bli en betydelig eksportnæring for Norge, og norsk oppdrettslaks er nå en etterspurt eksportvare i over 100 land (laks.no, u.d.). Havbruk er i dag Norges nest største næring målt i omsetning, og den produserer omtrent fire ganger mer biomasse enn det samlede norske landbruk.

Det ble i 2017 produsert over 1,2 millioner tonn norsk laks med en førstehandsverdi på over 60 milliarder kroner (Statistisk sentralbyrå, 2018). I rapporten ”*Verdiskapning basert på produktive hav i 2050*” belyses det et potensial for en femdobling av produksjon i havbruksnæringen, og det finnes politisk vilje for å tilrettelegge for dette under visse miljø og bærekraftige kriterier (Olafsen, Winther, Olsen, & Skjermo, 2012). En slik vekst vil føre til areal- og miljømessige utfordringer, og for å nå dette målet må næringen utvikle, optimalisere og ta i bruk nye produksjonsmetoder.

Landbasert oppdrett gjennom RAS<sup>1</sup>-anlegg er et hett tema i havbruksnæringen, men mange er skeptiske til de høye investeringskostnadene dette medfører. Tiden vil vise om landbasert oppdrett blir den nye standarden, enten som postsmoltleveranse eller som påvekstanlegg frem til slakt, men en naturlig mellomstasjon er nok landbasert postsmoltproduksjon<sup>2</sup>.

Fiskeri- og kystdepartementet har innført en prøveordning som tillater produksjon av settefisk på land opp til en kilo. Tidligere har smolten blitt flyttet ut på matfiskanlegget i saltvann så snart den er smoltifisert<sup>3</sup>, tradisjonelt sett med en vekt på 80-100 gram (Iversen, et al., 2015). Den nye ordningen åpner opp for at smolten blir satt ut i merdene med en høyere vekt enn tidligere, og på denne måten blir eksponeringstiden for lakselus og sykdommer i sjø redusert (Havforskningsinstituttet, 2011).

---

<sup>1</sup> RAS er forkortelsen for recirculating aquaculture system. I et RAS-anlegg resirkuleres store deler av vannet før det brukes på nytt.

<sup>2</sup> Produksjon av smolt opp til en kilo.

<sup>3</sup> Biologiske endringer som gjør at fisken kan gå fra å leve i ferskvann til å leve i saltvann.



Hypotesen er at den reduserte eksponeringstiden for laksen i sjø vil føre til lavere dødelighet, mer robust fisk, kortere produksjonssykluser, hyppigere brakklegging av lokaliteter og lavere kostnader knyttet til avlusing og sykdommer. På grunn av dagens maksimale tillatte biomasse reglement, MTB<sup>4</sup>, vil ikke nødvendigvis bruk av postsmolt alene øke produksjonen av matfisk i Norge. Uten MTB-begrensningen ville produksjonen ha økt, ettersom man flytter inntil 20 % av biomassen til en produksjonsfase utenfor MTB-begrensningen hvis man setter ut en fisk på en kilo i et sjøanlegg (Fiskeri og havbruksnæringens forskningsfond, 2014).

I 2017 hadde Norge den høyeste eksportverdien av laks noensinne, hele 5 % høyere enn i 2016 (Norges sjømatråd, 2018). Allikevel viser statistikk at utviklingen i produksjonsmengden nærmest har stagnert siden 2010 (Fiskeridirektoratet, 2017). Dette er i hovedsak grunnet lover og reguleringer motivert av bekymringer overfor miljømessige negative konsekvenser av fortsatt vekst, spesielt tilknyttet lakselus, i tillegg til manglende tilgang på teknologi.

Norsk havbruksnæring har opplevd store svingninger i driftskostnader siden starten av oppdrettseventyret på 1970-tallet. I lengre perioder har produksjonskostnadene vært ned mot 20 kroner per kilo sløyd vekt, men en har også opplevd produksjonskostnader over 40 kroner per kilo sløyd vekt. Fôr har vært, og er den desidert største enkeltkostnaden, og har gjerne utgjort mer enn 50 % av produksjonskostnadene (Fiskeridirektoratet, 2017).

Utviklingen i de senere år viser at produksjonskostnadene har økt betydelig, og synes ikke å stagnere. Mer spesifikt begynte de å øke i 2005, hvilket kan ses direkte som et resultat av den nye MTB-begrensningen, samt strenge krav til lave forekomster av lakselus på fisken. Fôrkostnadene er fremdeles den største enkeltkostnaden, men utfordringene med lakselus er at dens direkte behandlingskostnad viser til den største enkeltøkningen i kostnadsbildet de siste årene. Utfordringene med lakselus, tilhørende kostnader og marginforringelser vil derfor belyses nærmere i denne oppgaven.

---

<sup>4</sup> Maksimal tillatt biomasse i sjøanlegg til enhver tid.

## 1.2 Problemstilling og forskningsspørsmål

Formålet med denne oppgaven er å avdekke kostnadsstrukturene tilknyttet lakselus, og analysere hvordan postsmolt vil kunne avdempe kostnad- og margintapet som næringen opplever i dag.

Med denne problemstillingen skal det i denne oppgaven belyses følgende forskningsspørsmål:

- Hvilken betydning har lakselus for lønnsomheten til oppdretterne?
- Hva er de direkte kostnadene ved dagens lakselusbehandlinger?
- Hva er de største faktorene som inngår i de indirekte lusekostnadene?
- Hvor stor del av kostnadsbildet utgjør indirekte kostnad- og marginforhold?
- Hvordan vil postsmolt fra RAS-anlegg påvirke driftsresultatet til oppdretterne?

Årsaken til at denne problemstillingen blir undersøkt er at flere av disse momentene er mangelfullt rapportert og således uteblir fra sentrale beslutningstakere. Det er lite data og faglitteratur som støtter opp under de indirekte kostnadene ved lakselusbekjempelse i norsk havbruksnæring. Forskningsmiljøene etterstreber å kartlegge disse indirekte elementene, men få har greid å belyse dette på en god og helhetlig måte frem til i dag. Det kan virke som om mange oppdrettere har en målsetning om lavest mulig produksjonskostnad, uten et tydelig strategisk fokus på å maksimere driftsresultat.

## 2. Norsk oppdrettsnæring

### 2.1 Reguleringer og bestemmelser

Den norske havbruksnæringen er strengt regulert av myndighetene. For å kunne drive oppdrett på en lokasjon må oppdretter gjennom en omfattende godkjennelsesprosess som involverer fylkeskommunen, Fiskeridirektoratet, Mattilsynet og Kystverket.

Mengden produsert laks i norsk oppdrettsnæring styres av tillatelsessystemet, som sier at ingen kan drive oppdrett av laks uten konsesjon. Det finnes i tillegg regler for maksimal tillatt biomasse en kan ha i sjøen til enhver tid. Dette gjelder både på selskaps- og lokasjonsnivå. En standard MTB er på 780 tonn, med unntak av Troms og Finnmark der det kan gis en MTB på 945 tonn. Bakgrunnen for den utvidede tillatelsen er begrunnet med lavere sjøtemperaturer og tilhørende redusert tilvekst (Fiskeridirektoratet, 2016).

#### 2.1.1 Akvakulturloven

Den norske oppdrettsbransjen reguleres i all hovedsak av akvakulturloven. Loven sier at *”havbruk skal etableres, drives og avvikles på en miljømessig forsvarlig måte”* (Sjømatrådet, 2016). Formålet med akvakulturloven er å fremme lønnsomhet og konkurransekraft på en bærekraftig og verdiskapende måte langs den norske kysten.

som nevnt i kapittel 2.1, settes det høye krav til de som kan drive med oppdrett. Godkjente oppdrettere blir tildelt en konsesjon til oppdrett.

#### 2.1.2 Konsesjoner og reguleringer

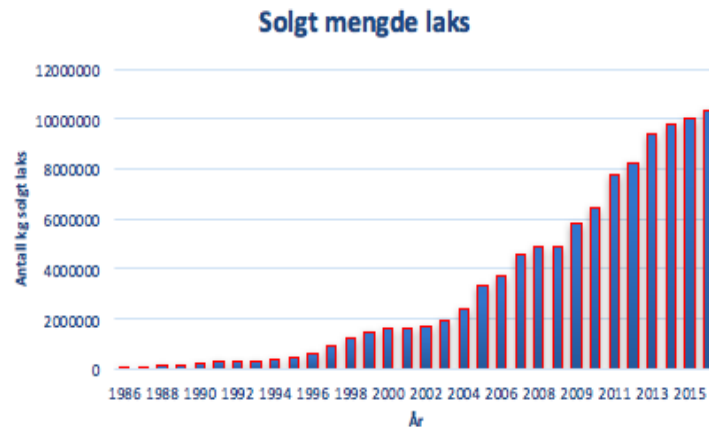
En konsesjon kan beskrives som en tillatelse til å drive havbruksvirksomhet. Konsesjonen gis av Fiskeridepartementet, og blir kun utstedt til de som kan dokumentere miljøforsvarlig drift, tilstrekkelig overvåkning, krav til utstyr, opprydding etter endt drift og tiltak ved en eventuell rømming (Sjømatrådet, 2016).

Norsk lakseoppdrett er regulert gjennom månedlige innrapporteringer av MTB på alle oppdrettslokasjoner. Denne metoden har vært gjeldende siden 2005, og dens påvirkning vil bli nærmere diskutert i kapittel 2.2. Før innføringen av MTB-begrensningen ble næringen regulert av fôrkvoter som på samme måte virket begrensende på mengden fisk ved de ulike lokasjonene.

## 2.2 Historisk produksjons- og produktivitetsutvikling

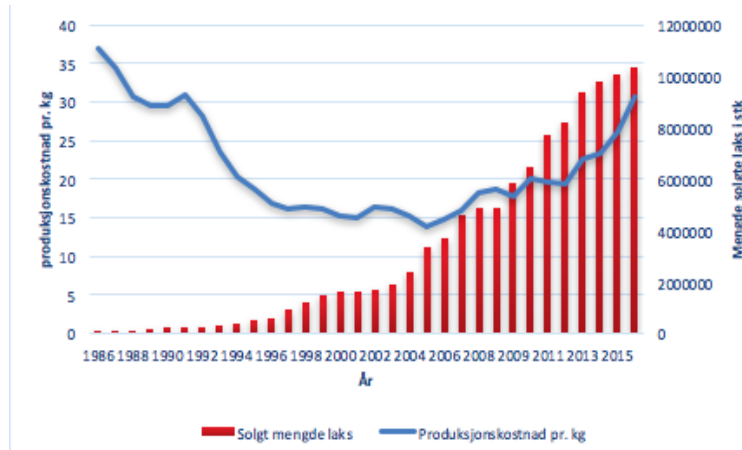
I 2014 sto Norge for over halvparten av verdens produksjon av oppdrettslaks.

Oppdrettsindustrien som omhandler laks startet i det små på 60-tallet, men ble en fullverdig industri på 80-tallet (Asche & Bjørndal, 2011). Fra 1986 til 2016 økte gjennomsnittssalget av norsk laks per selskap fra i underkant av 90 tonn til i overkant av 10 350 tonn i 2016 (Fiskeridirektoratet, 2017). Den solgte mengden norsk oppdrettslaks i perioden 1986-2016 er vist i Figur 1.



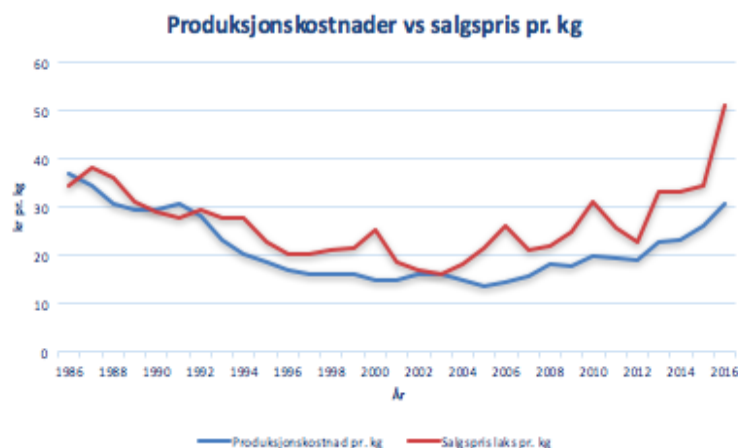
Figur 1: Solgt mengde norsk oppdrettslaks i perioden 1986-2016 (Fiskeridirektoratet, 2017)

Den totale produksjonen av norsk oppdrettslaks var i 2016 over 1,2 millioner tonn (Statistisk sentralbyrå, 2016). Mens produksjonen av laks har mangedoblet seg siden fiskeridirektoratet begynte å føre statistikk i 1986, har produksjonskostnadene historisk sett falt over den samme perioden frem til 2005. Deretter har produksjonskostnadene igjen begynt å øke, men er fremdeles lavere enn det de var i perioden 1986 til begynnelsen av 90-tallet, som illustrert i Figur 2. Dette er en klar indikasjon på at næringen har gjennomgått store omveltninger underveis, hvilket har ført til markante økninger i produktivitet, og hvor mye laks industrien får ut per konsesjon de har (Asche, Sørvig, Sandvold, & Zhang, 2013).



Figur 2: Solgt mengde norsk oppdrettslaks med tilhørende produksjonskostnader i perioden 1986-2016 (Fiskeridirektoratet, 2017)

Av grafen i Figur 2 ser en at produksjonskostnadene synker markant frem til 2005, der kostnadene er på sitt laveste. Dette kan ses i sammenheng med resultatene fra Figur 3, som viser at kiloprisen for salg av laks var veldig lav i perioden 2002-2003. De lave prisene førte til at industrien ytterligere måtte kutte kostnader for å ha en fortjeneste på produksjonen av oppdrettslaks. Fra 2005 ble det nye reguleringsystemet innført, der man gikk over til MTB. Denne endringen medførte oppheving av lokasjonsbegrensninger som igjen la grunnlag for ytterligere vekst og optimisme i næringen. I praksis medførte denne endringen i reguleringene til at næringen i utgangspunktet kunne øke sin kapasitet med 50 % (Iversen , et al., 2015).



Figur 3: Produksjonskostnader og salgspris for laks i perioden 1986-2016 (Fiskeridirektoratet, 2017)

Økningen i produktivitet har bakgrunn i ny teknologi, innovasjon og forbedringer. Spesielt viktig har forbedringene i inputfaktorer vært, og særlig tilgangen til funksjonelle og gode fiskevaksiner. I følge (Asche , Sørvig, Sandvold, & Zhang, 2013) står disse forbedringene for rundt 2/3 av den norske oppdrettsindustrien bedring i produktivitet.

Blant disse inputfaktorene står også fôr svært sentralt. Fôrkostnader står gjerne for rundt 50 % av de totale produksjonskostnadene<sup>5</sup> tilknyttet den norske oppdrettsnæringen. Tallene er hentet fra fiskeridirektoratets rapport “Lønnsomhetsundersøkelse for laks og regnbueørret” (Fiskeridirektoratet, 2017). Dette er kostnaden av all laks produsert for hele landet per kalenderår, med andre ord både små og stor laks. Kostnadene er også oppgitt for ”hel fisk” som betyr i sultet og bløgget<sup>6</sup> tilstand. Kostnadene er gjennomsnittlige tall for innrapporterte selskaper. En oversikt over kostnadene i perioden 2008-2016 kan ses i Tabell 1.

Tabell 1: Beregnede produksjonskostnader per kilo produsert fisk i perioden 2008-2016 (Fiskeridirektoratet, 2017)

Beregnete kostnader pr. kg produsert fisk (rundvekt)										
Gjennomsnittstall pr. selskap for hele landet										
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Smoltkostnad pr. kg	Kr	2,13	1,97	2,45	2,27	2,16	2,19	2,52	2,72	3,18
Fôrkostnad pr. kg	Kr	9,93	9,99	10,98	11,00	10,85	11,50	11,83	13,18	14,55
Forsikringskostnad pr. kg	Kr	0,15	0,14	0,15	0,14	0,12	0,11	0,10	0,13	0,13
Lønnskostnad pr. kg	Kr	1,45	1,30	1,69	1,60	1,55	1,80	1,92	2,07	2,28
Avskrivninger pr. kg	Kr	1,08	1,01	1,16	1,09	1,15	1,23	1,26	1,58	1,80
Annen driftskostnad pr. kg	Kr	2,93	2,94	3,30	3,36	3,26	5,58	5,54	6,31	8,71
Netto finanskostnad pr. kg	Kr	0,95	0,39	0,29	0,19	0,22	0,28	0,20	0,16	-0,04
Produksjonskostnader pr. kg	Kr	<b>18,61</b>	<b>17,73</b>	<b>20,03</b>	<b>19,66</b>	<b>19,31</b>	<b>22,69</b>	<b>23,38</b>	<b>26,15</b>	<b>30,60</b>
Slaktekostnad pr. kg	Kr	2,37	2,38	2,84	2,52	2,67	2,64	2,46	2,95	3,26
Sum kostnad pr. kg	Kr	<b>20,98</b>	<b>20,11</b>	<b>22,87</b>	<b>22,18</b>	<b>21,98</b>	<b>25,33</b>	<b>25,83</b>	<b>29,10</b>	<b>33,86</b>

En grafisk fremstilling av de ulike kostnadspostene og deres størrelse i forhold til total produksjonskostnad kan ses i Figur 4.



Figur 4: Kostnadsfordeling i norsk oppdrettsnæring 2016 (Fiskeridirektoratet, 2017)

I de senere år har det skjedd store teknologiske og biologiske fremskritt for norsk oppdrettsnæring. MTB-begrensningen fra 2005 la til rette for produksjonsvekst, samtidig som begrensningene fra myndighetene ble mindre. En økning i produksjon på nærmere 50 % for oppdretterne førte til at flere valgte å investere i større anlegg for å kunne utnytte

<sup>5</sup> Summen av totale faste og variable kostnader.

<sup>6</sup> Fisken tømmes for blod

produksjonsmengden maksimalt. Dette førte til en stor produksjonsvekst som illustrert i Figur 1 og 2.

Andre underliggende årsaker for produktivitetsveksten har sammenheng med teknologiske nyvinninger som i større grad enn tidligere er med på å automatisere produksjonsprosesser. Dette fører til at en trenger færre ansatte på jobb for å utføre de samme arbeidsoppgavene som tidligere. Ergo ser en også en stor produktivitetsøkning i perioden fra 2005-2016. Denne produktivitetsøkningen måles gjerne i produksjon per årsverk (Fiskeridirektoratet, 2017). Normtallet per årsverk viser til en reduksjon de siste årene. Det har i de senere år blitt stilt sterkere krav til bekjempelse av sykdommer og parasitter, og da spesielt i forhold til luseproblemet. Drivere bak dette er hensyn til fiskevelferd, villaks og næringens omdømme. Iverksatte tiltak og nyvinninger mot lus har økt produktivitet og produksjon, men bærer igjen en kostnad som gjerne blir lagt i posten ”*andre driftskostnader*”. Når tilhørende kostnader til et så stort problem som lakselus blir satt i en kostnadspost med andre faktorer, er det vanskelig å avdekke den virkelige påvirkningen det har på det totale kostnadsbildet.

Et annet sentralt moment som er en del av målsetningen med denne oppgaven er å belyse tapene i margin<sup>7</sup> som dagens bekjempelse av lakselus utgjør. Det er en kjensgjerning at næringen som sådan måler, rapporterer og stimulerer produksjonsleddet til å oppnå lavest mulig produksjonskostnad per kilo. Oppdretterne som evner å sikre seg et optimalt driftsresultat<sup>8</sup> per tildelt laksegenerasjon vil nok skape de største selskapsverdiene og således være morgendagens vinner. Dette er helt sentralt, særlig så lenge en har de høye lakseprisene som nå opplevs. Luseproblemet blir nærmere belyst i kapittel 4.1.

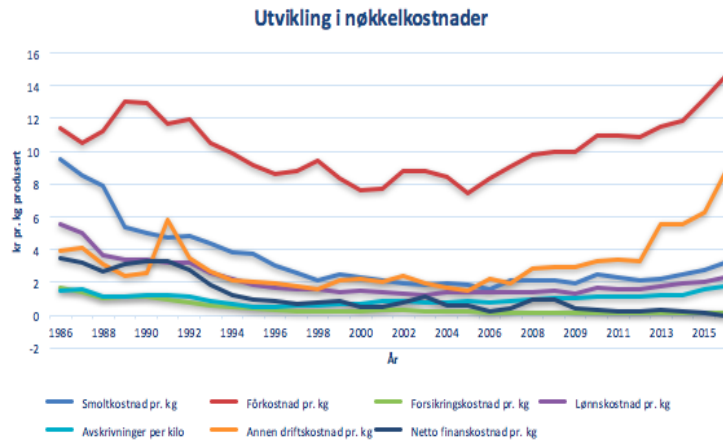
En observerbar trend i norsk oppdrettsnæring er det minkende antallet selskaper i drift (Fiskeridirektoratet, 2017). Dette indikerer at oppkjøp og fusjoner har forekommet hyppig. Oppkjøp og fusjoner skaper færre men større selskaper som står sterkere i forhandlinger med leverandører. Oppdretterne kan på denne måten dra nytte av stordriftsfordeler<sup>9</sup>. En annen stordriftsfordel er at selskap med flere lisenser kan optimalisere utnyttelsen av MTB ved å slakte på tvers av sine lisenser. Den reelle kostnadsøkningen for mindre oppdrettere kan derfor ha økt mer enn det gjennomsnittstallene i Figur 2, 3 og 5 viser.

---

<sup>7</sup> Differansen mellom salgspris laks per kilo og produksjonskostnad per kilo produsert laks.

<sup>8</sup> Differansen mellom driftsinntekter og driftskostnader.

<sup>9</sup> Kostnadsstruktur der langsiktige gjennomsnittlige kostnader faller med økende produksjon. (Idsøe, 2014)



Figur 5: Historisk utvikling i kostnadsposter i perioden 1986-2016 (Fiskeridirektoratet, 2017)

Figur 5 illustrerer de økende kostnadene for havbruksnæringen fra 1986-2016.

Fôrkostnadene står for rundt halvparten av utgiftene i perioden, og er isolert sett den utgiftsposten som har økt mest i kroner. Selv om en i perioden fra 2010-2016 ser en markant økning i fôrpriser, utgjør fôrkostnadene en mindre andel av det totale kostnadsbildet enn tidligere. Dette indikerer at utviklingen også er negativ for de andre kostnadspostene. Økningen i fôrkostnadene kan relateres til råvarepris, valuta og transportkostnader (Øglend & Asche, 2016). Dette er faktorer det er vanskelig å overstyre da det i utgangspunktet er et resultat av tilbud og etterspørsel i markedet. Det vil derfor i denne oppgaven rettes fokus mot utgiftsposten med den høyeste prosentvise økningen, ”andre driftskostnader” som lusebekjempelse utgjør en betydelig del av.

### 2.3 Utviklingskonsesjoner

Det gis per dags dato ikke ut nye tradisjonelle konsesjoner for oppdrettsanlegg. I 2015 åpnet derimot regjeringen for å gi ut gratis utviklingskonsesjoner til prosjekter og konsepter med teknologiske nyvinninger eller biologiske/miljømessige forbedringer. Dette skal fungere som en subsidiering som stimulerer til å løse utfordringene i næringen. Hovedutfordringen knyttet til nye driftsformer, eksempelvis nedsenkbare, permanent nedsenkede, lukkede eller offshore-anlegg, er at de estimerte etablerings- og driftskostnadene er høyere enn for tradisjonelle anlegg. Risikoen knyttet til dette, kombinert med usikkerheten som følger med den høye lakseprisen de siste årene, har gjort at aktører med solide resultater er skeptiske til å ta i bruk slik teknologi uten insentiver.



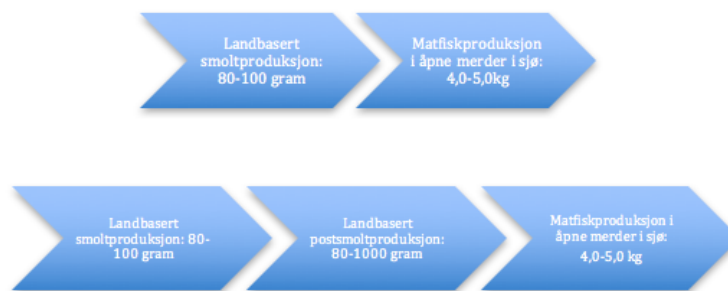
En utviklingskonsesjon er per definisjon;

*”Utviklingstillatelsene er en midlertidig ordning med særtillatelser som kan tildeles prosjekter som innebærer en betydelig innovasjon og betydelige investeringer. Formålet er å legge til rette for utvikling av teknologi som kan bidra til å løse en eller flere av de miljø- og arealutfordringene som akvakulturnæringen står overfor, for eksempel ved konstruksjon av prototyper og testanlegg, industriell design, utstyrsinstallasjon og fullskala prøveproduksjon”* (Fiskeridirektoratet, 2017). Ytterligere informasjon om utviklingskonsesjoner og regelverk kan ses i Appendix A.

Den økonomiske oppsiden ved å få tildelt en utviklingskonsesjon har vist seg som svært attraktiv, og det har kommet inn over 100 søknader fra selskaper som ønsker konsesjoner mellom 2 og 12 tusen tonn (Fiskeridirektoratet, 2018).

### 3. Produksjonsprosess i sjøbasert oppdrettsnæring

Generelt sett har det i Norge gjennom årene vært vanlig å produsere smolt på 80-100 gram i settefiskanleggene, før smolten blir satt i tradisjonelle åpne merder i sjøanleggene (Iversen , et al., 2015). I de senere år har det derimot blitt observert en økende trend i bruken av RAS-anlegg. I tillegg til at den gjennomsnittlige smoltvekten har økt, har også gjennomsnittlig slaktevekt blitt noe redusert. Produksjonsmetode for tradisjonell smolt og postsmolt er illustrert i Figur 6.

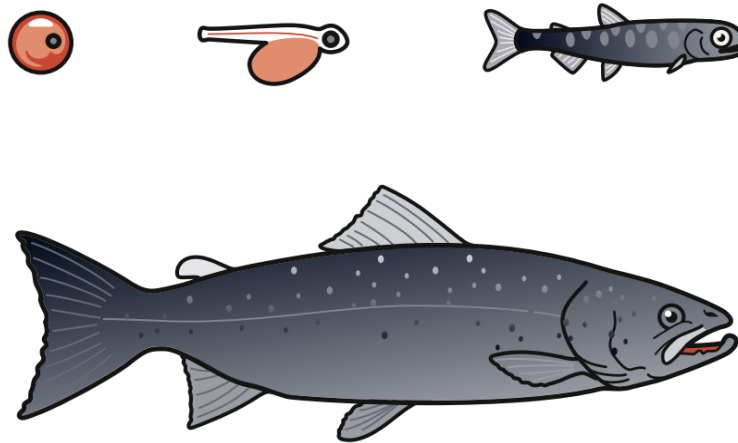


Figur 6: Produksjonsmetode for tradisjonell smolt og postsmolt

Hypotesen bak bruken av postsmolt er at en får større og mer robust fisk i sjøfasen, redusert produksjonstid i sjø, redusert eksponeringstid for sykdommer og parasitter, samt lavere behandlingsdødelighet og frekvens. Postsmolt og RAS-anlegg blir videre utdypet i kapittel 3.2 og 3.3.

#### 3.1 Produksjon fra rogn til matfisk

Produksjonen av norsk oppdrettslaks er en tids- og ressurskrevende prosess. Hele produksjonsprosessen deles inn i avlsarbeid, settefiskproduksjon, matfiskproduksjon og bearbeidelse og produksjon. Produksjonskategoriene er nærmere forklart i underkapitlene 3.1.1 til 3.1.4 og er enkelt illustrert i Figur 7.



Figur 7: Illustrasjon av ulike stadier fra rogn til matfisk (Marine harvest, u.d.)

### 3.1.1 Settefiskproduksjon

I det første produksjonssteget blir lakserogn lagt til klekking i inkubasjonstanker i ferskvann som vist i Figur 8. Disse bildene er tatt fra inkubasjonstankene ved Fjon bruk. I inkubasjonstankene er det vanlig med et antall på rundt 5000 rogn per liter vann. Rognen klekkes etter ca. 500 døgngrader<sup>10</sup> og blir plommesekkkyngel. Plommesekken er fiskens naturlige ”nistepakke” som er fylt med næring. Denne næringen vil fortæres av fisken i løpet av en periode på rundt 300 døgngrader<sup>11</sup> (Erko seafood, u.d.).

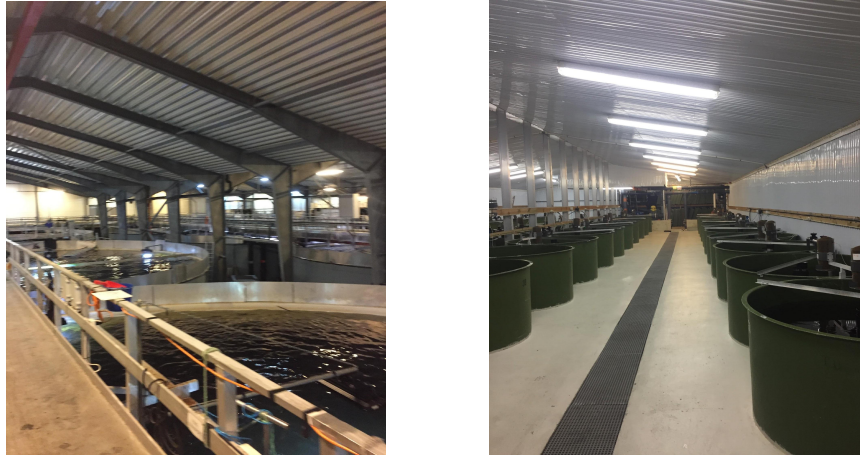


Figur 8: Inkubasjonstanker for rogn ved Fjon Bruk - Kilde: Egne bilder

Yngelen flyttes deretter fra klekkeriet og over i fiskekar som vist i Figur 9. Der tar fisken til seg annen type næring, i form av spesialtilpasset fiskefor kalt startfôr.

<sup>10</sup> Døgngrader er gitt ved sammenhengen mellom vanntemperatur og antall døgn fisken oppholder seg i vannet. Eksempelvis vil en temperatur på 15°C i 2 dager tilsvare 30 døgngrader.

I dette stadiet vokser yngelen seg vanligvis til mellom 80-100 gram, hvorav settefisken de 2 siste månedene gjennomgår en smoltifisering - en morfologisk prosess som klargjør fisken for et liv i sjøvann. (Iversen , et al., 2015)



*Figur 9: Kar i settefiskanlegg for produksjon av smolt ved Fjon Bruk - Kilde: Egne bilder*

### 3.1.2 Matfiskproduksjon

I den tredje prosessen blir fisken fraktet ut til sjøanleggene med brønnbåter. Mengden smolt er avhengig av størrelsen på oppdrettsanleggene, men består gjerne av rundt 1 million smolt fordelt på 6-8 driftsenheter.

Smolten står gjerne i merdene 12-22 måneder basert på smoltstørrelse, tidspunkt på året for utsett, vekstfaktorer, slaktevekt samt andre faktorer gjennomgås nøyere i kapittel 3.3 (Salmar, u.d.).

### 3.1.3 Bearbeidelse og transport

Den siste prosessen i produksjonen av norsk oppdrettslaks innebærer behandling og transport. Herunder gjelder slaktekostnader, bløgging, pakking og transport av laksen til bestemte mottak, der laksen blir behandlet eller videre distribuert for salg.

## 3.2 Postsmolt

Postsmolt kan karakteriseres som den første perioden fisken gjennomgår etter smoltifisering. Det finnes ingen fastsatt vekt for at fisken skal kunne kalles en postsmolt, men med bakgrunn i Stortingets proposisjon om tillatelse til å la den vokse til 1,0 kilo, brukes denne vekten gjerne som et utgangspunkt (CtrlAQUA, u.d.).

Tradisjonelt sett har smoltifisert laks blitt satt ut i matfiskanlegg ved 80-100 gram. Et annet alternativ er å la smolten vokse videre i et landbasert anlegg eller i et lukket flytende anlegg. Stortingsproposisjon tillater oppdretterne å la smolten vokse frem til den er 1,0 kilo i settefiskanleggene før den må overføres til matfiskanlegg.

Faste produksjonskostnader<sup>12</sup> er høyere i slike anlegg, men det kan være vanskelig å tallfeste verdien av økt fiskevelferd. Dersom man unngår et alvorlig sykdomsutbrudd eller en avlusning, kan det ha betydelig påvirkning for lønnsomheten.

Postsmolt er et resultat av næringens ønske om å korte ned produksjonstiden i sjø, noe som reduserer risikoen for lusepåslag, sykdommer og andre kostnadsdrivere. Postsmoltstrategien handler om å forbedre fiskevelferden, og oppnå en mer stabil og bærekraftig produksjon (Senstad & Bolstad, 2017).

### 3.3 RAS-anlegg

I de senere år har miljøet og faktorer som påvirker miljøet blitt stadig mer i vinden. Dette gjelder også oppdrettsnæringen. Som nærmere forklart i kapittel 2.1 stilles det strenge krav til oppdretterne fra myndigheter, og en ser i tillegg en økende trend i antall interessenter.

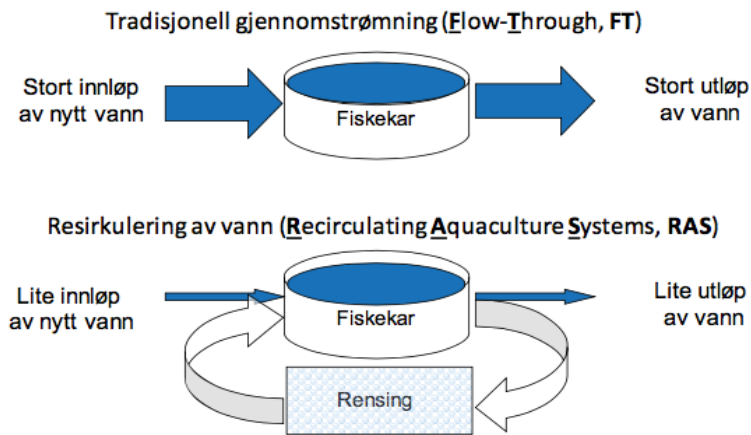
De tradisjonelle gjennomstrømningsanleggene for smoltproduksjon er basert på et system der ferskvann blir tilført via naturlig fall fra elv eller innsjø, og brukt én gang, før slam og avfall fjernes, og det pumpes ut igjen. Prosessen er gjentagende under smoltproduksjonen. I de siste 20 årene har utviklingen av et resirkulerende settefiskanlegg vært stor. RAS-anlegg har fått fotfeste i den norske oppdrettsnæringen, og denne teknologien er nå tilnærmet enerådende ved bygging av nye settefiskanlegg (Terjesen, 2016).

Et RAS-anlegg kan konstrueres på ulike måter, men hovedprinsippene er like; Dette innebærer at vannet i anlegget tilføres tilfredsstillende mengder oksygen og avfallsstoffene blir fjernet, før vannet på nytt oksideres og gjenbrukes. Avfallsstoffene fjernes ved bruk av mekaniske og biologiske filter. Resirkuleringsgraden til et velfungerende RAS-anlegg ligger gjerne mellom 95-99 % (Bregnballe, 2015).

---

<sup>12</sup> Kostnader som er uavhengig av størrelsen på produksjonen. Eksempelvis lønn, avskrivninger, vedlikehold, transport og diesel.

Figur 10 er en forenklet modell som viser forskjellen mellom et tradisjonelt gjennomstrømningsanlegg, og et anlegg som benytter seg av RAS-teknologi.



Figur 10: Illustrasjon av forskjellen mellom gjennomstrømningsanlegg og RAS-anlegg (Terjesen, 2016)

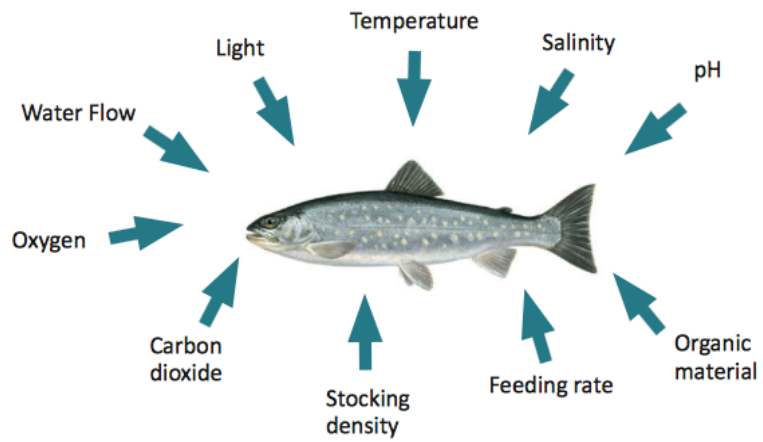
Fra et miljøperspektiv er den største fordelen med et RAS-anlegg den begrensede bruken av vann som følge av resirkuleringen. Umiddelbar nærhet til en vannkilde er dermed i mindre grad en begrensende faktor i forhold til de tradisjonelle gjennomstrømningsanleggene. Dette åpner opp for større valgfrihet i forhold til lokasjonen på smoltanleggene. Allikevel vil det være nærliggende å tro at smoltanleggene vil bygges i nærheten av sjøen for å begrense lang transport til brønnbåtene, som igjen medfører en høyere kostnad.

Fjerning og behandling av slam og avfallsstoffer fra smoltanlegget vil være enklere og billigere enn i et tradisjonelt gjennomstrømningsanlegg. Grunnen til dette er at det tilføres lite nytt vann inn i anlegget som må renses og filtreres. Det ses nå på muligheten for å omgjøre slam fra slike anlegg for å produsere biogass og gjødsel (iLaks, 2017).

Det viktigste ved bruk av et RAS-anlegg er imidlertid oppdretterens kontroll over kritiske faktorer vedrørende smolten. Oppdretteren er ikke lenger avhengig av ytre faktorer som vannmengder, vannets renhet, temperaturer, og oksygeninnhold. Å ta i bruk et RAS-anlegg reduserer avhengigheten av ytre faktorer i varierende grad basert på vann i anlegget.

Ved å kontrollere og styre disse faktorene gis smolten i større grad optimale vekstforhold som igjen medfører at oppdretter kan oppnå stabile vekstkurver over flere produksjonssyklusler. Dette gjør produksjonsplanleggingen lettere, da oppdretter har gode og nøyaktige estimater på tidspunktet fisken har oppnådd den riktige størrelsen før den overføres til et matfiskanlegget.

Figur 11 illustrerer interne og eksterne faktorer som påvirker fiskens vekst og velvære. Disse faktorene kan være lettere å overvåke og kontrollere i et RAS-anlegg enn i et gjennomstrømningsanlegg.



*Figur 11: Kritiske faktorer i et RAS-anlegg*

## 4. Fiskehelsen i norsk oppdrettsnæring

Dødelighet grunnet sykdom representerer den største alvorlige utfordringen i dagens oppdrettsnæring (Havforskningsinstituttet, 2016) (Veterinærinstituttet, 2018). Sykdom inkluderer både virusinfeksjoner, bakterielle infeksjoner og parasitter. Havbruksnæringen er utsatt for en rekke sykdommer, og med jevne mellomrom oppdages også helt nye sykdommer. Smitteoverføring fra oppdrettslaks til villaks er vanskelig å dokumentere. Det er sannsynlig at det forekommer, men det er vanskelig å konkludere med hvor stort problemet er (Havforskningsinstituttet, 2016). En annen utfordring er at rømt oppdrettslaks vandrer opp i elvene og formerer seg med villaksen som kan føre til at ”genetisk forurensing” oppstår.

De tette populasjonene i oppdrettsmerdene kan føre til enkel spredning av sykdommer. Det er en alvorlig utfordring at sykdom overføres mellom nærliggende lokasjoner, og det er grunn til å anta at utfordringene bare vil øke dersom det blir tettere mellom lokasjonene. En av grunnene til at havbruksnæringen vegrer seg for å konstruere enda større oppdrettsanlegg er risikoen for sykdomsutbrudd som kan true hele biomassen på anlegget. Et eventuelt sykdomsutbrudd i et større anlegg vil ha større og mer alvorlige økonomiske konsekvenser enn for lokaliteter med lavere biomasse. Sannsynligheten for sykdom reduseres med større avstand mellom lokasjonene.

### 4.1 Lakselus

Lakselus forekommer naturlig i norsk fauna, og er den mest utbredte parasitten som smitter laks. Lakselusen fester seg på laksen, og livnærer seg på slim, blod og hud. Dette kan påføre laksen sår og infeksjoner, og lus i større mengder vil redusere fiskevelferden. Formeringen av lus skjer hele året, men utfordringen er størst i sommerhalvåret, med høye gjennomsnittlige temperaturer i sjøen (Lusedata, u.d.).

Norske oppdrettere er pålagt å gjennomføre lusetelling i sine merder ukentlig. Dersom reglene ikke overholdes, kan det bli utdelt bøter eller tatt ut sanksjoner mot oppdretter.

Ytterligere informasjon om lusetelling blir presentert i kapittel 4.1.1

Næringen bekjemper lakselusen på flere fronter i dag. Bekjempelsen gjøres ved hjelp av ulike former for kjemikalier, ferskvann, behandling med oppvarmet vann, ulike former for skrubbing, og rensefisk som leppefisk og rognkjeks.



Lakselusen har allerede utviklet resistens mot kjemikalier og ferskvann, og dette er derfor ikke optimale avlusingsmetoder. På lokasjoner hvor det er liten avstand mellom anleggene kan lusen spre seg fra anlegg til anlegg og forverre situasjonen (Havforskningsinstituttet, 2009).

Myndighetene har gjennom de siste årenes konsesjonstildelinger gitt incentiver til utvikling og testing av ny teknologi som reduserer problemene knyttet til lakselus. Gjennom ulike tiltak har myndighetene valgt å redusere produksjonsveksten av oppdrettslaks i norske fjorder frem til næringen får kontroll på luseproblematikken.

#### 4.1.1 Forskrift om bekjempelse av lakselus i akvakulturanlegg

Bekjempelse av lakselus er utdypet i ”*forskrift om bekjempelse av lakselus i akvakulturanlegg*”. Forskriften er gitt fra Fiskeridepartementet med formålet;

*“Å redusere forekomsten av lakselus slik at skadevirkningene på fisk i akvakulturanlegg og i villlevende bestander av laksefisk minimaliseres, samt redusere og bekjempe resistensutvikling og lakselus”* (Lovdata, 2017).

I forskriften er det blant annet krav til utarbeidede planer for bekjempelse av lakselus som også kan gjelde nærliggende anlegg basert på lokasjon og hydrografiske forhold. Planene skal i tillegg inneholde ukentlig rapporteringer av sjøtemperatur og telling av lakselus.

- Ved sjøtemperatur over 4 °C skal det telles lakselus på ukentlig basis.
- Ved sjøtemperatur under 4 °C skal det telles lakselus hver 14. dag.

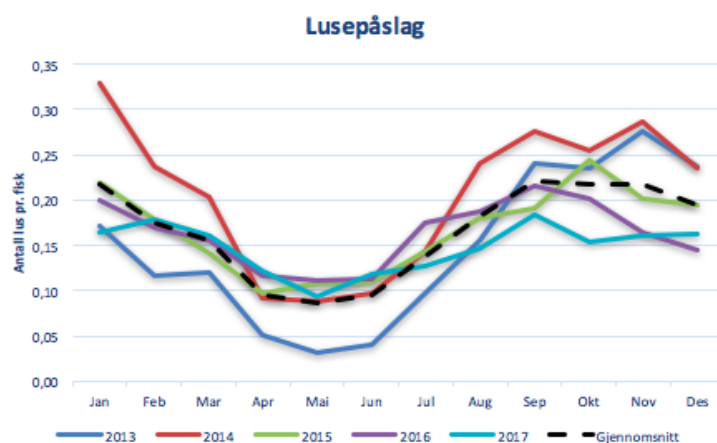
Ved telling av lakselus stilles det krav til en maksimal øvre grense på 0,2 voksen hunnlus i gjennomsnitt per fisk i perioden uke 16 til 21. I perioden uke 22 til 15 er den øvre grensen på 0,5 voksen hunnlus i gjennomsnitt gjeldende. Alle resultater rapporteres deretter inn (Lovdata, 2017).

#### 4.1.2 Lusepåslag de fem foregående årene

Lusedata.no har i de senere år begynt å føre statistikker på gjennomsnittlig antall lus per fisk i de ulike fylkene i Norge. Figur 12 viser gjennomsnittstallene for hele Norge i perioden 2013-

2017. Figuren viser store forskjeller i mengden lus de ulike årene. Dette anses å være en medvirkende årsak til at det er vanskelig å tallfeste den totale reelle kostnaden lus har for oppdrettsbransjen, da det forekommer store variasjoner i antall lus fra år til år.

Trenden er at lusepåslaget begynner å øke i juni, når sjøtemperaturen øker. Deretter er det en bratt stigning i antall lus frem til september-oktober, før lusepåslaget jevner seg ut. Når sjøtemperaturen faller i oktober-november, begynner lusepåslaget gradvis å redusere seg.



Figur 12: Gjennomsnittlig månedvis lusepåslag i perioden 2013-2017 (Lusedata, u.d.)

## 4.2 Lakselusens påvirkning

I 2015 døde 13,6 % av laksen i norske oppdrettsmerder. Dette er en kombinasjon av naturlig dødelighet, sykdom og lusebehandling (Berge, 2016).

Laks med lusesmitte vil oppleve redusert appetitt og vekst. I tillegg vil sår og økt stressnivå som et resultat av lusepåvirkningen gjøre oppdrettslaksen mer utsatt for andre sykdommer. Lusesmitte fører vanligvis ikke direkte til høyere dødelighet blant oppdrettslaks, men den sekundære påvirkningen kan føre til en økning i dødelighet (Abolofia, Asche, & Wilen, 2017). Lusesmitten vil ikke bare påvirke oppdrettslaksen, men har også direkte innvirkning på villaks og andre marine arter.

Lusen vil vanligvis formere seg hele året grunnet det store antallet verter i merdene. Deretter kan lakselusen potensielt spre seg fra merdene og ut i sjøen. Dette skjer ved at lusen “slipper” eggene sine direkte ut i vannet, slik at strømminger kan føre eggene med seg ut i åpen sjø. I merdene blir antallet lus kontrollert ved telling, og påfølgende behandling om nødvendig for å

holde lusenivået innenfor regelverket. Havbruksnæringen har erkjent at de har en utfordring med lakselus, og at lakselusen er et problem for villaksstammen. Den største utfordringen for villaksstammen er at oppdrettsanleggene i stor grad er plassert i fjordene hvor villaksen foretar sin årlige gytevandring, og der villsmolten utvandrer. Tidligere møtte villaksen lusen som voksen ute i havet, men på grunn av plasseringen av oppdrettsanleggene nær laksens gyteområder, blir den ville laksesmolten i dag utsatt for unaturlige mengder lakselus når den kommer ut i fjordene om våren. Konsekvensen av dette er økt dødelighet av villakssmolt. Et eksempel som illustrerer dette problemet godt er Havforskningsinstituttet sine undersøkelser i 1999-2001, der resultatene kan tyde på en dødelighet på opp mot 80-90 % dødelighet på utvandrende villsmolt (Miljødirektoratet, 2015). I tillegg viser analyser at lakselusen kan ha redusert antallet villaks med 50 000 stykker hvert år i perioden 2010-2014 (Vitenskapelig råd for lakseforvaltning, 2017). Dette viser at luseproblemet for norsk oppdrettsnæring og fauna er omfattende.

#### 4.3 Fiskehelse og økning i produksjonskostnader

Ved nærmere undersøkelse av produksjonskostnadene i norsk oppdrettsnæring later det til at den reelle kostnaden forbundet lus er større enn kun selve avlusningsmetodene og arbeidet forbundet med dette. Flere av kostnadspostene i Tabell 1 og Figur 5 har økt betraktelig i de senere år, og har ved observasjon direkte tilknytning til problemet med lakselus. Fire av kostnadspostene vil nærmere diskuteres og redegjøres for i underkapitlene 4.3.1-4.3.4. På dette tidspunktet vil det ikke være mulig å tallfeste de indirekte kostnadene<sup>13</sup>. Dette vil derimot undersøkes og analyseres nærmere i kapittel 7 og 8.

##### 4.3.1. Smoltkostnader

Som en kan se av Figur 5 har smoltkostnadene per kilo produsert, økt fra 1,85 til 3,18 kroner per kilo i perioden 2005-2016. Dette kan ses i lys av at det i samme periode er en tendens til at større smolt blir produsert før den blir satt i merdene. Økningen i smoltstørrelse har bakgrunn i et ønske om å produsere smolt som er mer robust, samtidig som en reduserer eksponeringstid i sjø før laksen når slaktevekt (Terjesen, 2016).

---

<sup>13</sup> Kostnader og margintap som ikke kommer med på regnskapet, men er knyttet til tapte driftsinntekter. Hoveddriverne er økt dødelighet, redusert slaktekvalitet og redusert tilvekst.

Ønsket om redusert eksponeringstid i sjø har sammenheng med ønsket om å unngå sykdommer og lakselus, og kan derfor ses på som en indirekte faktor som påvirker kostnadsveksten forbundet med smoltproduksjonen.

Kostnadene for settefiskanlegg har økt på samme måte som for matfiskanlegg. Dette er naturligvis også grunnet en generell prisstigning og andre eksternaliteter.

#### 4.3.2 Fôrkostnader

Figur 5 viser at fôrkostnadene har økt fra 7,46 til 14,55 kroner per kilo i perioden 2005-2016. Fôrkostnadene er sammensatt av ulike volatile råvarer, hvilket kan beskrive de store svingningene i fôrprisene historisk sett. I tillegg har en svak norsk krone bidratt til at det har vært dyrere å importere fôrråvarer fra utlandet.

Utover dette har bruken av spesialfôr økt i de senere år. Blant annet er det observert en firedobling i bruken av funksjonelle spesialfôr siden 2000 (Iversen , et al., 2015). Et av formålene med spesialfôret er å stimulere vekst og skape en mer robust fisk, både i forhold til håndtering, men også i forbindelse med motstandsdyktighet mot lus. Dette fôret er naturlig nok dyrere enn det vanlige fôret og vil være forklarende for noe av økningen i fôrkostnadene.

Som beskrevet i kapittel 4.2, vil en fisk med lus oppleve nedsatt appetitt og vekst. Dette har direkte innvirkning på den økonomiske og biologiske fôrfaktorer<sup>14</sup>, Lønnsomhetsrapporten fra Fiskeridirektoratet oppgir en økonomisk fôrfaktor<sup>15</sup> på 1,25 som et landsgjennomsnitt i 2016 (Fiskeridirektoratet, 2017). Med redusert appetitt og vekst vil fôrfaktoren øke, hvilket impliserer økte fôrkostnader.

#### 4.3.3 Lønnskostnader

Lønnskostnadene har steget til tross for en opplevd økning i produktivitet i den norske oppdrettsnæringen. En av grunnene til denne økningen i lønnskostnader kom i 2008 med begrensningen om maksimalt 200 000 fisk per merd (Lovdata, 2008).

---

<sup>14</sup> Biologisk fôrfaktor er mengden fôr brukt for at fisken skal vokse én kilo.

<sup>15</sup> Økonomisk fôrfaktor er mengden fôr brukt per kilo slaktet fisk

Det er også knyttet relativt store kostnader til telling av lus. (Iversen , et al., 2015) estimerer at en mellomstor lokasjon bruker 0,4 årsverk på lusetelling hvert år.

I forhold til firma, kompetanse og ressurser tilgjengelig har det også blitt mer vanlig med innleid arbeidskraft i form av avlusing og andre operasjoner på anlegg. Det stilles også strengere krav til renhold av notene i anleggene som benytter seg av rensefisk. De overnevnte faktorene vil alle øke lønnskostnadene, samtidig som det er et resultat av indirekte kostnader forbundet med lakselus.

#### 4.3.4 Andre driftskostnader

Figur 5 viser at den prosentmessige største økningen i kostnader ligger under “*andre driftskostnader*”, som lusebekjempelse utgjør en betydelig del av. I tillegg til direkte kostnader<sup>16</sup> finner en også indirekte kostnader knyttet til bekjempelse av lakselus. Dette har bidratt til at gjennomsnittlig slaktevekt har gått ned en halv kilo fra 2010 til 2016 (Nodland, 2017). Dette er med stor sannsynlighet knyttet til luseproblematikken, som blant annet begrenser vekst og appetitt. Det er også en betydelig mengde fisk som dør i forbindelse med lusebehandling, noe som påvirker lønnsomheten per generasjon.

#### 4.4 Avlusningsmetoder

Det har skjedd store forandringer i fremgangsmåtene for behandling av lakselus i den norske oppdrettsnæringen, men man har ikke lykket med å finne en optimal metode, og det er fortsatt flere utfordringer knyttet til helse og velferd i norsk akvakultur (Veterinærinstituttet, 2017).

Som beskrevet i kapittel 2.2 har oppdrettsnæringen hatt en tilnærmet nullvekst i forhold til produsert mengde siden 2012. Allikevel har antallet lusebehandlinger økt markant over samme tidsperiode. Bruken av ikke-medikamentelle metoder var tilnærmet flat i perioden 2012-2015, før bruken eksploderte i 2016. Dette vil naturligvis ha sammenheng med inntreden av ikke-medikamentelle behandlinger i 2011-2012, og en naturlig skepsis i bransjen. Fra 2015 til 2016 ser en derimot en økning på hele 634 % som vist i Tabell 2.

---

<sup>16</sup> Kostnader som blir ført inn i regnskapet, eksempelvis brønnbåt, lønn, avlusningsmiddel / kjøp og innleie av lekter, servicefartøy og brønnbåter, samt fjerning av dødfisk.

Tabell 2: Oversikt over behandlingsmetode og antall lusebehandlinger i perioden 2011-2016 (Veterinærinstituttet, 2017)

Lusebehandlinger	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Medikamentelle behandlinger	1348	2249	2185	3477	3269	1941
Ikke-medikamentelle behandlinger		136	110	176	185	1174
Sum behandlinger	1348	2385	2295	3653	3454	3115

Tabellen viser at oppdrettsnæringen fremdeles har store utfordringer med lakselus og behandlingsmetoder. Hele 3115 behandlinger ble registrert i 2016. Dette problemet underbygges videre av en spørreundersøkelse i Fiskehelse rapporten fra 2016, der 93 % av de spurte fiskehelsepersonale opplever betydelig dødelighet ved ikke-medikamentell avlusning, og 65 % av de spurte opplever betydelig dødelighet ved medikamentell behandling (Veterinærinstituttet, 2017).

#### 4.5 Medikamentelle metoder

De medikamentelle metodene for avlusning har lenge vært de klart mest brukte behandlingene mot lakselus. En medikamentell behandlingsmetode kan karakteriseres ved bruk av kjemiske stoffer som blir tilsatt enten i fôr, eller ved badebehandlinger. Fordelen ved å bruke medikamentelle metoder for avlusning er den begrensede håndteringen av fisken, som har vist seg å være en signifikant faktor i forhold til stress, vekstnivå og dødelighet i etterkant av avlusningene (Veterinærinstituttet, u.d.). I de følgende underkapitlene vil de medikamentfrie behandlingene kort presenteres og analyseres.

##### 4.5.1 Fôr

Mange oppdrettere velger å benytte seg av helsefôr for å redusere lusepåslag. Forskjellen fra vanlig fôr er at helsefôr inneholder funksjonelle ingredienser som styrker fiskens immunforsvar, skinn og slimlag.

Et av problemene som kan oppstå ved bruk av spesialfôr mot lus er redusert appetitt blant bestanden i merden. Hvis dette er tilfellet vil konsentrasjonen av lusemiddelet ikke være tilstrekkelig høyt nok til å ta livet av all lusen. Dette medfører at den mest motstandsdyktige lusen vil være igjen, og etter gjentatte behandlinger med samme behandling kan lusen utvikle genetisk resistens mot behandlingen (Torrison, Nilsen, & Horsberg, 2009).

#### 4.5.2 Vaksiner

Vaksiner er et virkemiddel for å beskytte oppdrettsfisken mot sykdommer og parasitter. Regelverket krever vaksiner mot enkelte sykdommer, men sier også at det er ulovlig å vaksinere mot noen sykdommer. I akvakulturforskriftens §63 står det at all settefisk som et minimum må vaksineres mot furunklose, vibriose og kaldtvannsvibriose (Lovdata, 2008).

I dag er vaksineringen av laks viktig for å unngå sykdom og redusere dødeligheten. En reduksjon i vaksineringen ville ha ført til større problemer med sykdom og store konsekvenser for dyrevelferd og miljø (Berg, Fjelldal, & Hansen, 2007).

Det observeres bivirkninger ved dagens vaksineringsregime, og ytterligere optimalisering og nyvinning er essensielt, slik at fisken kan vaksineres uten skadepåvirkninger i etterkant. Bivirkningene som kan oppstå etter vaksineringsregime er blant annet perioder med lavere appetitt, redusert vekst og deformasjoner i skjelett. Disse bivirkningene er forskjellige fra vaksine til vaksine, og er avhengig av fiskens biologi. Omfanget av bivirkningene beskrives gjennom ytre faktorer som eksempelvis temperatur, størrelse, fisketetthet i merden og mengde lys.

#### 4.5.3 Badebehandlinger

Av medikamentelle metoder er badebehandling med avlusningsmiddelet hydrogenperoksid ( $H_2O_2$ ) det vanligste. Tidligere ble det dratt en presenning rundt merden, men nå flyttes fisken over i brønnbåter før hydrogenperoksid blir tilsatt vannet. Det er mange aspekter å ta hensyn til ved bruk av medikamenter, og det er spesielt viktig å overvåke fiskevelferden. Høy sjøtemperatur gjør peroksidene giftig for laksen og lav temperatur gjør at laksen lettere mister risp og tar skade.

På toppen av dette har lakselusen begynt å utvikle resistens mot behandlingen, og man har derfor i stor grad gått bort fra hydrogenperoksid. Problemet oppstår siden behandlingen ikke dreper all lus, og de overlevende utvikler resistente gen. Dette er et faremoment og en svakhet ved all medikamentell badebehandling (Torrison, Nilsen, & Horsberg, 2009).

Trenden er derfor at bruken av hydrogenperoksid blir mindre brukt, selv om det også benyttes til behandling av amøbegjellesykdom (AGD). En rapport fra Veterinærinstituttet viser at ferskvannsbehandling har bedre effekt enn  $H_2O_2$ -behandling mot AGD, samtidig som

ferskvannsbehandling er betydelig mer skånsomt for fisken enn det som er tilfellet ved H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-behandling (Veterinærinstituttet, 2017).

Badebehandlingene er ressurskrevende og dyre, men det er tidligere rapportert om tilfeller opp mot 97-100 % effektivitet på behandlingene (Finstad, 2014).

#### 4.6 Ikke-medikamentelle metoder

Medikamentfrie metoder for avlusing i den norske oppdrettsnæringen har økt betraktelig de senere år. I 2016 var så mye som en tredjedel av lusebehandlingene medikamentfrie (Veterinærinstituttet, 2017). Felles for alle medikamentfrie avlusningsbehandlinger av laks i den norske oppdrettsnæringen, er at fisken må håndteres på en eller flere måter beroende på valgt behandlingsmetode, og kan karakteriseres ved at metoden ikke tar i bruk kjemiske stoffer for fjerning av lus. Grunnen til at bruken av ikke-medikamentelle metoder har opplevd en så stor vekst kan forklares med redusert miljøavtrykk ved bruk av metodene, en økende resistensutvikling mot medikamentelle stoffer, samt redusert skepsis til metodene grunnet gode resultater.

##### 4.6.1 Laser

Laser er en optisk avlusningsmetode. Laseren har en sensor som automatisk detekterer lus i merden. Teknologien fungerer ved at laseren sender ut pulseringer i vannet som momentant tar livet av lusen, før den koagulerer. Denne prosessen skjer i løpet av millisekunder (Nofima, 2017).

Laserteknologien er en relativt ny type teknologi som ikke er like utbredt og utprøvd som enkelte andre avlusningsmetoder. Det er derfor vanskelig å tallfeste hva denne formen for avlusning koster, og hvilken effekt det har på luseproblemet. I følge (Nofima, 2017) vil kostnadene forbundet med optisk avlusning ligge på 1,18 kroner per kilo produsert laks. Hvorvidt dette er basert på de direkte kostnadene forbundet med fjerningen av lakselus er usikkert, men grunnet den relativt lave kostnaden er det grunn til å anta at den reelle kostnaden er høyere. Diskusjonen rundt direkte og indirekte kostnader forbundet med lakselus presenteres i kapittel 7 og 8.



#### 4.6.2 Rensefisk

Bruken av rensefisk har økt betydelig de siste årene. En rensefisk er en fiskeart av annen opprinnelse enn laksen, og kjennetegnes ved at den spiser lus i merdene. Figur 13 viser den store utviklingen i bruk av rensefisk i perioden 1998-2016 (Fiskeridirektoratet, 2017).



Figur 13: Utvikling i bruk av rensefisk i perioden 1998-2016 (Fiskeridirektoratet, 2017)

Rognkjeks og bergnebb er de to artene som primært brukes som rensefisk i norsk oppdrettsnæring. Tidligere gikk denne metoden i stor grad ut på å sette ut vill rognkjeks og bergnebb i merdene, men grunnet stor etterspørsel har man i senere tid begynt med oppdrett av leppefisk og rognkjeks.

Det vil være nærliggende å tro at bruken av rensefisk ikke tidligere har vært større grunnet den begrensede erfaringen med bruk av disse. I de senere år melder stadig flere oppdrettsanlegg om gode erfaringer med bruk av rensefisk. Dette har som vist i Figur 13 ført til en enorm økning i antall rensefisk-utsett i norsk havbruksnæring. Dette til tross for at prisen i takt med mengden utsatt rensefisk har økt betydelig, som vist i Figur 14 (Fiskeridirektoratet, 2017).



Figur 14: Kostnadsutvikling for rensefisk i perioden 1998-2016 (Fiskeridirektoratet, 2017)

Grunnen til at oppdretterne i stor grad har fokusert på disse to artene, er at fisken fungerer under suboptimale og krevende forhold. Forskjellen mellom de to artene er at berggylden er mest effektiv i perioder med høyere sjøtemperatur og vice versa. I perioder med lav sjøtemperatur vil berggylden være mer statisk, ved at den nesten trer inn i en dvaleperiode (Skretting, u.d.). Det kan derfor være ideelt med en blanding av disse to rensefiskene for å oppnå best mulig resultat.

Bruken av rensefisk i norske oppdrettsanlegg er ikke uproblematisk.

Det har lenge vært knyttet stor usikkerhet til rensefiskens velferd. Det oppleves i perioder stor dødelighet blant rensefisk ved utsett, uten at årsakene er tilstrekkelig belyst.

Rengjøringen av de tradisjonelle merdene må gjøres hyppigere. Det har vist seg at rensefisk gjerne spiser groe i merdene istedenfor lusen. Det må i tillegg tilrettelegges for skjulesteder for rensefisken for å gjøre den mer komfortabel (Nofima, 2017).

Optimal miks av oppdrettslaks og rensefisk er vanskelig å anslå, men det er vanlig at ca. 5 % av bestanden i merden består av rensefisk (Skiftesvik, Mortensen, & Bjelland). Dette tallet er ikke fastsatt, men beror på elementer som geografisk plassering, antall lus, temperatur og miljøpåvirkninger. I enkelte oppdrettsanlegg blir det rapportert om så mye som 15-20 % rensefisk i merdene, avhengig av hvilke andre behandlingsmetoder som brukes (Aldrin, 2017).

### 4.6.3 Termisk

Termisk lusebehandling omhandler bruken av varmt vann i avlusningen. Fisken blir eksponert for sjøvann som holder mellom 28-34 grader i 20-30 minutter. Det oppvarmede sjøvannet fører til at lusens muskler lammes. Den har derfor ikke lenger evnen til å suge seg fast på fisken, og faller av (Nofima, 2017).

Per i dag finnes det to ulike metoder forbundet med termisk avlusing, Optilicer og Thermolicer. Prinsippene bak behandlingene er i utgangspunktet tilnærmet like, og innebærer at fisken blir pumpet og avsilt i et rør med oppvarmet sjøvann (Thermolicer), eller i et åpent bad med oppvarmet sjøvann (Optilicer). Fisken blir deretter avsilt på nytt og tilbakeført i merden (Nofima, 2017).

Fordelen med termiske avlusningsmetoder er at de har meget stor kapasitet. Metodene kan behandle fra 100-400 tonn fisk per time. (iLaks, 2017)

### 4.7 Trafikklysordningen

Regjeringen har innført et trafikklyssystem som deler sjøareal langs hele Norskekysten inn i grønt, gult og rødt basert på hvor kritisk lusesituasjonen er lokalt. Trafikklysene er utarbeidet av en ekspertgruppe, basert på risiko, historiske lusetall, samt temperatur og salinitet.

Formålet er å tilrettelegge for å økt produksjon lokalt dersom miljøsituasjonen ligger til rette for det. Produksjonen vil altså i stor grad bestemmes av lakselussituasjonen, og lokaliteter kan få både mindre og større produksjonsvolum. Tiltaket skal sikre en bærekraftig produksjon i tråd med nærmiljøet (iLaks, 2017). Et eksempel på en av utredningene ved bruk av trafikklysordningen er gitt i Figur 15.

Produksjonsområde	Ekspertgruppens vurderinger av risiko	Usikkerhet	Departementets vurdering
1: Svenskegrensen til Jæren	Lav	Meget sikker	
2: Ryfylke	Moderat	Noe usikkerhet	
3: Karmøy til Sotra	Høy	Noe usikkerhet	
4: Nordhordland til Stadt	Moderat	Rel stor usikkerhet	Store variasjoner innad
5: Stadt til Hustadvika	Moderat	Noe usikkerhet	
6: Nordmøre til Sør-Trøndelag	Moderat	Rel stor usikkerhet	På grensen til rødt
7: Nord-Trøndelag med Bindal	Moderat	Noe usikkerhet	
8: Helgeland til Bodø	Lav	Lite usikkerhet	
9: Vestfjorden og Vesterålen	Lav	Lite usikkerhet	
10: Andøya til Senja	Lav	Noe usikkerhet	På grensen til gult
11: Kvaløya til Loppa	Lav	Stor sikkerhet	
12: Vest-Finnmark	Lav	Lite usikkerhet	Altaelva mod. påvirket
13: Øst-Finnmark	Lav	Stor sikkerhet	

Figur 15: Vurdering av produksjonsområder i henhold til trafikklysordningen (iLaks, 2017)

## 5. Teori

Gjennomgående for teoridelen i denne oppgaven er konseptet «*steady state cost analysis*».

Dette betyr i prinsippet at en antar at både settefisk- og matfiskanlegget er fullt funksjonelt til enhver tid uten produksjonsstans og tidsavbrudd (Asche & Bjørndal, 2011).

### 5.1 Investeringsanalyse

*Capital budgeting* kan beskrives som prosessen som fører frem til beslutningen hvorvidt en aksepterer eller forkaster muligheten til å gjennomføre et prosjekt. Et godt beslutningsgrunnlag bør fortelle investoren/beslutningstakeren to ting:

- Beslutningsgrunnlaget må fortelle investoren hvorvidt det er en god investering eller ei.
- Beslutningsgrunnlaget bør kunne rangere ulike prosjekter opp mot hverandre slik at investoren velger prosjektet med den potensielt høyeste gevinsten. (Hillier & Ross, 2013)

Som vurderingsgrunnlag stod valget mellom *Netto nåverdimetoden* (NNV), *Internrentemetoden* (IRR), *tilbakebetalingsmetoden*, *den diskonterte tilbakebetalingsmetoden*, *the average accounting return method*, og *profitabilitetsindeksen* (PI) (Ross, Westerfield, Jaffe, & Bradford, 2011).

Av de overnevnte vurderingsgrunnlagene er det i utgangspunktet kun én metode som oppfyller og er konsistent for de to overnevnte punktene. NNV bruker alle prosjektets kontantstrømmer uavhengig av prosjektets levetid og når kontantstrømmene inntreffer. Dette står i kontrast til flere av de overnevnte metodene, og er en av de fremste pådriverne for å velge metoden. I tillegg bruker NNV utelukkende de diskonterte kontantstrømmene, der det tas hensyn til pengenes tidsverdi (Ross, Westerfield, Jaffe, & Bradford, 2011). NNV velges videre med bakgrunn i svakheter ved de andre modellene. IRR brukes som et supplement til NNV, da det ses på som det viktigste alternativet til NNV.

#### 5.1.1 Netto-nåverdi-metoden (NNV)

Det finnes ulike metoder for å beregne hvorvidt et prosjekt vil være lønnsomt eller ei. I denne oppgaven tas det som nevnt i kapittel 5.1 utgangspunkt i *netto nåverdimetoden* (NNV).

Modellen er godt egnet ved vurdering av investeringer da den tar hensyn til tidsverdien av penger. Dette vil si at alle fremtidige kontantstrømmer diskonteres med en positiv rente  $r$ , og en finner på denne måten nåverdien av fremtidens kontantstrømmer.

Formelen for NNV er gitt ved;

$$NNV = \sum_{t=1}^T -I_0 + \frac{C_t}{(1+r)^t} \quad (1)$$

Der  $I_0$  er den totale investeringskostnaden i år 0,  $C_t$  er kontantstrømmen  $C$  gitt i år  $t$ ,  $r$  er diskonteringsrenten, og  $t$  er antall perioder.

Aksepteringskriteriet ved bruk av nåverdimetoden er  $NNV > 0$ . Dette tilsier at prosjektet har en større inntjening enn påløpende investeringskostnad.

Størrelsen på diskonteringsrenten  $r$  er vanligvis gitt, og representeres ofte av faktorer som inflasjon og den risikofrie renten du hadde fått ved å sette pengene i banken.

### 5.1.2 Internrentemetoden (IRR)

En annen metode som kan brukes for å avgjøre hvorvidt et prosjekt er levedyktig er *internrentemetoden* (IRR), som er den diskonterte renten som setter NNV lik 0. Dette representerer den laveste diskonteringsfaktoren som gjør investeringen lønnsom. Teorien sier at investeringen er lønnsom dersom internrenten ikke overstiger prosjektets eller aksjonærenes avkastningskrav  $r$ . Til grunn for beregningen av IRR ligger antagelsen om at alle fremtidige kontantstrømmer kan reinvesteres.

NNV og IRR vil generelt gi den samme anbefalingen om hvorvidt en bør foreta en eventuell investering. Det finnes derimot to unntak;

- Ved ukonvensjonelle kontantstrømmer som endrer fortegn mer enn en gang. En kan da få enten flere eller ingen IRR.
- I uavhengige prosjekter
  - De initielle investeringene er svært ulik i størrelse
  - Kontantstrømmene genereres ved ulike tidspunkt

### 5.1.3 Sensitivitetsanalyse

En sensitivitetsanalyse er et verktøy som brukes for å modellere hvordan ulike verdier av en enkelt uavhengig variabel påvirker en annen avhengig variabel under et gitt antall antagelser (Pannell, 2017). I denne oppgaven blir sensitivitetsanalysen brukt som et hjelpemiddel for å avdekke hvilke faktorer som inneholder usikkerhet. Ved å modellere de usikre parameterne kan en se hvilken påvirkning de har på prosjektenes lønnsomhet.

Før gjennomføringen av en slik analyse er det viktig at alle inputfaktorer som skal inn i modellen analyseres, slik at eventuelle usikkerheter redegjøres for. Deretter kan en velge verdienes minima og maksima med tilhørende usikkerhet, og på denne måten konstruere et best/worst case, der de aktuelle verdiene vil ligge i utfallsrommet mellom de to ytterpunktene.

### 5.1.4 Scenarioanalyse

Scenarioanalysen har flere likheter med sensitivitetsanalysen. Hovedforskjellen er at en scenarioanalyse kan analysere flere av inputvariablene samtidig. Variasjon av flere variabler gjør det mulig å avdekke sammenhenger og avhengighet mellom variablene som undersøkes. Dette gjør at man kan analysere hvordan flere variabler påvirker utfallet, og dette kan ofte vise seg å være en mer realistisk fremgangsmåte enn i sensitivitetsanalysen der en enkeltvis undersøker variabler.

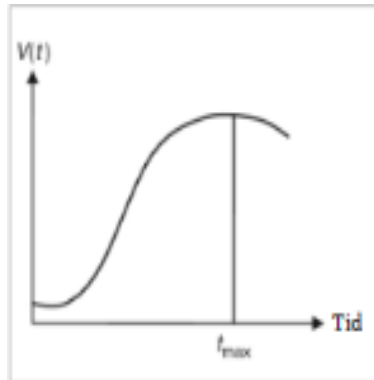
## 5.2 Bioøkonomisk analyse

En vellykket oppdretter er avhengig av en god produksjonsplan med hensiktsmessig bruk av ressurser i form av smoltutsett, allokering og utslakting av fisken til rett tid. I en bioøkonomisk analyse vil oppdretteren ses på som en investor som investerer i fisk, og analysen vil dermed forstås best gjennom et investeringsperspektiv.

Investoren søker maksimal nåverdi av investeringen sin ved å bestemme det optimale slaktetidspunktet  $t$ . Den teoretiske modellen bygger på Faustmann sin modell for optimal rotasjonstid i skogsindustrien, men har i de senere år blitt videreutviklet og tilpasset bruk for akvakultur (Asche & Bjørndal, 2011) (Krogstad & Bugge, 2013).

### 5.2.1 Optimalt slaktetidspunkt og rotasjonsproblemet

Biomassen vil ha sin høyeste vekt, og dermed verdi ved tiden  $t_{max}$  som vist i Figur 16. Som et resultat av naturlig dødelighet vil allikevel den største verdien av biomassen forekomme før dette tidspunktet.



Figur 16: Biomassens verdi som en funksjon av tid (Asche & Bjørndal, 2011)

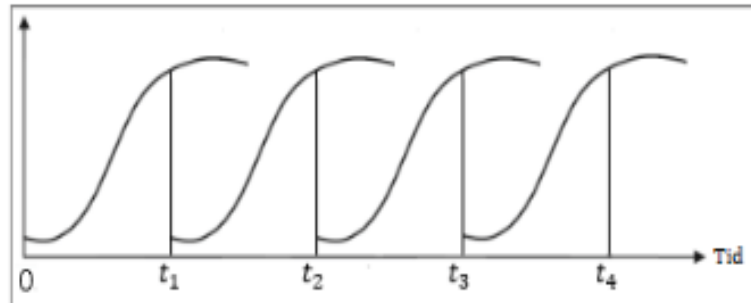
Når oppdretter velger å slakte ut merden ved tiden  $t$  vil han oppnå en gevinst tilsvarende  $V(t)$ . Til en gitt rente  $r$ , kunne oppdretteren hatt en avkastning ved tiden  $t$  gitt ved  $rV(t)$  ved å sette pengene i banken og ikke foreta investeringen. Oppdretterens fortjeneste ved å ha fisken stående lengre i sjøen er gitt ved den deriverte av verdifunksjonen (Asche & Bjørndal, 2011).

Med bakgrunn i dette er det to forhold oppdretter burde tenke på under bestemmelse av om utslaktingen skal finne sted eller ikke;

- Unngå å slakte fisken hvis  $V'(t) > rV(t)$ . Dette betyr i praksis at oppdretter tjener mer på å ha fisken stående i sjøen enn ved å sette pengene i banken ved renten  $r$ .
- Slakt fisken hvis  $V'(t) < rV(t)$ . Dette betyr at renten oppdretter får i banken eller som han investerer risikofritt i, vil gi større fortjeneste enn ved å ha fisken stående i merden.

Den overordnede regelen for optimalt slaktetidspunkt er at fisken slaktes når marginaløkningen i fiskens verdi er lik alternativkostnaden (Asche & Bjørndal, 2011). Alternativkostnaden representerer her muligheten for å investere risikofritt, eller sette pengene i banken med renten  $r$ .

Rotasjonsproblemet bygger på det samme prinsippet som optimalt slaktetidspunkt, med unntak av at den tar for seg flere utsett der oppdretter slakter fisk for å frigjøre kapasitet i merdene. Utsettene er derfor avhengig av hverandre. Ved å anta at produksjonsvolum og andre parametere er konstante, kan smoltutsettene ses på som en rekke ekvivalente investeringer. Dette prinsippet er vist i Figur 17.



Figur 17: Biomassens verdi som en funksjon av tid ved flere utsett (Asche & Bjørndal, 2011)

### 5.3 Cobweb-modellen

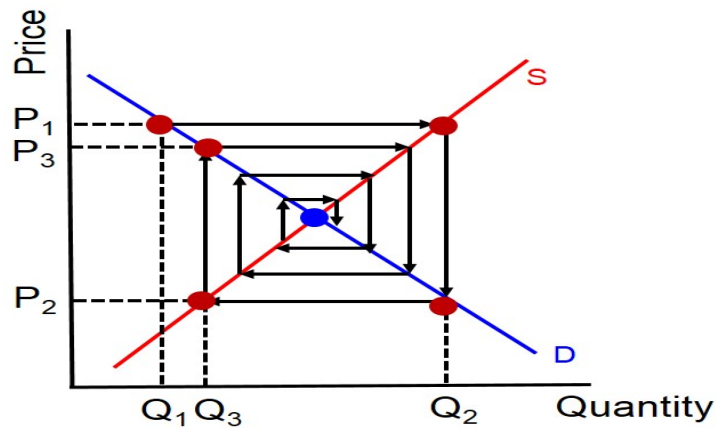
Variasjonen i laksepris kommer av ubalansen mellom tilbud og etterspørsel i markedet. Laksemarkedet kan karakteriseres som en syklisk bransje, og i Norge slaktes gjerne laksen på ugunstige tidspunkt grunnet MTB-begrensningen. Det vil for noen være mer gunstig å fokusere på optimalisering av MTB, altså høyest mulig produksjon, fordi gevinsten av å selge på rett tidspunkt er lavere enn ved gevinsten en oppnår ved høyere produksjon.

Den enkleste modellen for å beskrive syklisk atferd relatert til kvantitet og pris kalles *Cobweb* eller *Spindelvevsmodellen* (Tomek & Kaiser, 2014).

Spindelvevsmodellen baserer seg på at tidsforsinkelsen mellom eventuelle salgsinntekter og produksjonskostnader fører til en forskyvelse i tilbud- og etterspørselskurven. En høy laksepris vil føre til at mange vil produsere laks for neste periode, noe som vil føre til en lavere laksepris i påfølgende periode. Dette vil i sin tur føre til at færre vil produsere laks i perioden etter, og lakseprisen vil dermed øke igjen. Slik fortsetter periodene i henhold til Figur 18 før markedet til slutt finner likevekten.

Modellen tar utgangspunkt i en rekursiv atferd, der kvantitet og priser bestemmes sekvensielt. Dette er en sentral mekanisme i havbruksnæringen, hvor tidsforsinkelsen fra planlegging av utsett til ferdig slaktet laks gjerne strekker seg minst 2 år. Modellen er med på å forklare hvorfor analytikere historisk sett har hatt vanskeligheter med å spå lakseprisene.





Figur 18: Illustrasjon av Cobweb-modellen (Ezekiel, 1938)

### 5.4 Lusekostnader

Oppdrettslaks med høyt lusepåslag vil ha redusert appetitt- og vekst, høyere fôrfaktor og større sjanse for å pådra seg sykdommer (Costello, 2006).

Disse faktorene kan få store konsekvenser for oppdrettsfisken. (Mustafa, Rankaduwa, & Campbell, 2001) hevder at den reduserte veksten på oppdrettslaksen kan reduseres så mye som 200 gram per fisk over en enkelt produksjonssyklus. Dette vil undersøkes nærmere i simuleringene utført i kapittel 7.

(Abolofia, Asche, & Wilen, 2017) har utviklet en modell for å se på den økonomiske påvirkningen lus har på profitten til et oppdrettsanlegg over én periode. Påvirkningen ses gjennom den diskonterte profitten oppdretter sitter igjen med etter eventuelle lusebehandlinger, og er gitt ved følgende sammenheng i ligning 2;

$$\pi(T) = P(T) * (B_0 + \int_0^T B(t, L(t)) * dt) * e^{-rT} - C_f * \int_0^T FCR * B(t, L(t)) * e^{-rt} * dt - C_r \sum_{n=1}^N e^{-rT_n} \quad (2)$$

Der T er tiden for utslakting, P(T) er lakseprisen per kilo,  $B_0$  er initiell lusefri biomasse, B(.) er veksten til biomassen,  $C_f$  er enhetskostnaden på fôret, FCR er fôrfaktoren, r er oppdretterens diskonteringsrente,  $C_r$  er kostnaden for lusebehandlingen, N er antall behandlinger, og  $T_n$  er tiden behandling  $n \in [1, N]$  forekommer.

Modellen viser den økonomiske påvirkningen lus har på én enkelt produksjonssyklus. Modellen er videre bygget opp ved å se på den direkte økonomiske påvirkningen oppdretteren opplever ved et luseangrep, ved å sammenligne inntjeningen i én produksjonssyklus med luseangrep, og én produksjonssyklus uten. Denne sammenhengen uttrykkes i ligning 3 ved;

$$\begin{aligned} \pi(T)^{ingen-lus} - \pi(T)^{lus} = & e^{-rT} * P(T) \sum_{i=1}^I \int_{t_{i-1}}^{t_i} (B(t, 0) - B(t, L(t))) dt \\ & - C_f * FCR * \sum_{i=1}^I \int_{t_{i-1}}^{t_i} (B(t, 0) - B(t, L(t))) * e^{-rt} * dt + C_r * \sum_{n=1}^N e^{-rT_n} \end{aligned} \quad (3)$$

Ligning 3 er sammensatt av tre uttrykk som hver for seg representerer en påvirkende faktor ved et eventuelt luseangrep;

- Det første uttrykket representerer den reduserte inntekten oppdretteren opplever som en følge av lavere slaktet biomasse. Bakgrunnen for lavere utslaktet biomasse er beskrevet i kapittel 4.1, der et luseangrep med stor sannsynlighet medføre høyere dødelighet og redusert vekst grunnet sulting og dårlig appetitt i påfølgende dager etter behandling.
- Det andre uttrykket representerer kostnadene forbundet med fôrkostnader. Ved et luseangrep vil fisken som beskrevet i kapittel 4.1 ha redusert appetitt, noe som fører til at mer fôr kan gå til spille, altså at fôrfaktoren øker, eller det kan gjøre at oppdretteren kan redusere kostnadene forbundet med fôr, ved at mengden fôr reduseres i forhold til et scenario uten lus.
- Det tredje uttrykket representerer kostnadene forbundet med antall lusebehandlinger. Dette kan variere mye i forhold til tidspunkt for utsett, og den store variasjonen i mengde lus fra år til år som vist i Figur 12. Det avhenger også av valgt behandlingsmetode og mengden lus som skal bekjempes.

Disse faktorene vil bli nærmere analysert i kapittel 7, med unntak av at kostnaden ved fôrspill antas å være inkludert under redusert appetitt og tapt tilvekst på fisken.

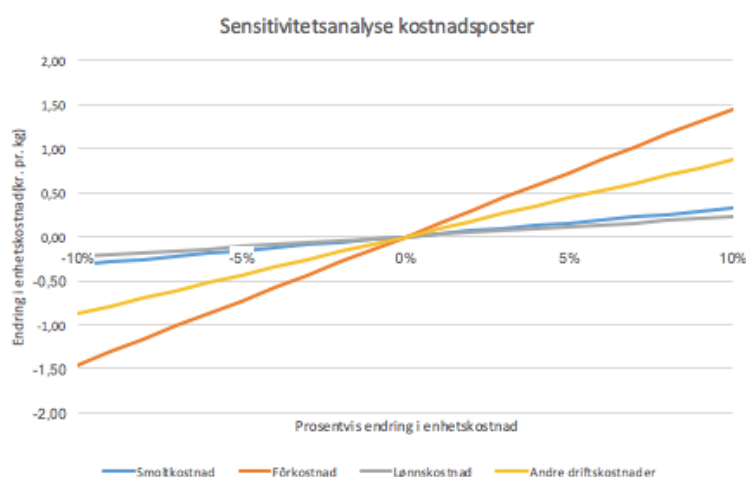
## 6. Kostnadsestimering postsmolt

Kjernen i oppgaven er å analysere og avdekke trender i kostnadsbildet for havbruk. Hovedfokuset ligger på direkte og indirekte lusekostnader, samt kostnadsbildet for produksjon av postsmolt. Analysene består i hovedsak av sensitivitetsanalyser, men inneholder også en kort vurdering av inntektssiden for å danne et bilde av lønnsomheten.

### 6.1 Sensitivitetsanalyse av kostnadspostene i havbruk

Innledningsvis ble det utført en enkel sensitivitetsanalyse for å analysere forskjellen i produksjonskostnad per kilo på de ulike kostnadspostene med innvirkning i luseproblemet. Alle data er hentet fra *lønnsomhetsrapport for laks og regnbueørret*, og er gjennomsnittlige kostnader for hele den norske havbruksnæringen i 2016 (Fiskeridirektoratet, 2017).

I sensitivitetsanalysen ble det valgt å se på en kostnadsendring på  $\pm 10\%$  som vist i figur 19. Som ventet var det størst endring i førkostnadene, som har den høyeste enhetsprisen i produksjonskostnadene. En 10 % økning i førkostnader representerer en økt kostnad på hele 1,46 kroner per kilo produsert laks. Av grafen i Figur 5 fremkommer det likevel at førkostnadene generelt sett ikke har variert med  $\pm 10\%$ , og det vil derfor være nærliggende å tro at dette heller ikke vil skje i fremtiden. Grunnen til dette er at det allerede er mye bruk av spesialfôr, samt at det reduserte antallet oppdrettere bidrar til stordriftsfordeler ved forhandlinger med leverandører.



Figur 19: Sensitivitetsanalyse av enkelte kostnadsposter fra figur 4 (Fiskeridirektoratet, 2017)

Variasjonen på  $\pm 10\%$  i denne sensitivitetsanalysen er reelle for enkelte av kostnadspostene, men konservative for andre kostnadsposter. Eksempelvis kan et år med store utfordringer

knyttet til lus ved et oppdrettsanlegg medføre betydelig høyere kostnader enn  $\pm 10\%$  og omvendt i kostnadsposten ”andre driftskostnader”.

## 6.2 Kostnader ved produksjon av postsmolt

### 6.2.1 Produksjonskostnader for postsmolt på 500 gram

Fra lønnsomhetsundersøkelsen for settefisk fra 2016 ble det innhentet gjennomsnittstall for produksjon av smolt på landsbasis (Fiskeridirektoratet, 2017). Verdiene er nødvendigvis ikke representative for alle oppdrettere, men gir et godt grunnlag for videre beregninger i denne oppgaven. I Tabell 3 er produksjonskostnaden for smolt presentert med tilhørende enhetskostnader.

Tabell 3: Produksjonskostnad for en smolt antatt 100 gram (Fiskeridirektoratet, 2017)

Kostnadsposter	Enhet	Enhetspris	Prosentvis andel
Rogn og yngelkostnader	Stk	1,68 kroner	16,72 %
Fôrkostnader	Stk	1,74 kroner	17,31 %
Forsikringskostnad	Stk	0,09 kroner	0,90 %
Vaksinasjonskostnad	Stk	1,32 kroner	13,13 %
Lønnskostnad	Stk	1,94 kroner	19,30 %
Avskrivninger	Stk	0,84 kroner	8,36 %
Energi	Stk	0,5 kroner	4,98 %
Andre driftskostnader	Stk	1,72 kroner	17,11 %
Netto rentekostnad	Stk	0,22 kroner	2,19 %
Total produksjonskostnad	Stk	10,05 kroner	100 %

Tallene representerer den gjennomsnittlige smoltprisen på landsbasis, og er gitt i kroner per stykk. Altså er tallene uavhengig av smoltstørrelse. For de videre beregningene og analysene som skal gjøres i denne oppgaven behøves det et referansetall, og det ble derfor undersøkt gjennomsnittlige smoltstørrelser. Fra rapporten *Kostnadsdrivere i lakseoppdrett* fremkommer det at den gjennomsnittlige størrelsen på smolt har økt fra 80 til rundt 100 gram i de senere år (Iversen, et al., 2015). Det finnes grunn til å hevde at gjennomsnittsstørrelsen har vokst ytterligere siden rapporten ble laget, men det besluttes å ta utgangspunkt i denne rapporten. Videre i denne oppgaven antas det derfor at kostnadene gjelder for smolt med en vekt på 100 gram. For å se nærmere på kostnadene forbundet med produksjonen av postsmolt vil tallene fra Tabell 3 brukes videre, dog i en modifisert versjon slik at de vil være gjeldende for postsmolt i 2017. Endringene vil diskuteres nærmere i de følgende underkapitlene. I resten av

dette kapitlet vil produksjonskostnad og salgspris for postsmolt analyseres. Det er fokusert på postsmolt på 500 gram, og dette vil være gjeldende om ikke annet er oppgitt.

### 6.2.2 Faste kostnader

Enkelte av kostnadspostene fra Tabell 3 vil være faste uavhengig av størrelsen på smolten. Herunder gjelder rogn- og yngelkostnader samt vaksinasjonskostnader. Kostnaden forbundet med rogn og yngel vil være fast da den vil forekomme uavhengig av om smolten blir 100 eller 500 gram. Det antas i tillegg at vaksinasjonskostnaden er fast, da det ikke vil være behov for flere vaksinasjoner på tross av at smolten er større enn den tradisjonelt har vært.

### 6.2.3 Variable kostnader

Kostnaden for å produsere postsmolt på 500 gram vil naturligvis være høyere enn ved produksjon av smolt på 100 gram. Spesielt vil økningen i fôr- og tilhørende kostnader utgjøre en større del av det totale kostnadsbildet.

For å beregne fôrkostnaden for en smolt på 500 gram antas det at en kan bruke den samme økonomiske fôrfaktoren som ved produksjon av matfisk i merder, da smolten vanligvis ville ha stått i sjøen ved denne størrelsen. I kapittel 4.3.2 ble det funnet at den gjennomsnittlige økonomiske fôrfaktoren på landsbasis var 1,25. Det er tatt utgangspunkt i en fôrkostnad på 14,55 kroner per kilo, hentet fra Tabell 1.

I tillegg til den økonomiske fôrfaktoren må en ta hensyn til omregningsfaktoren fra levende fisk til rund vekt<sup>17</sup>. Fra Fiskeridirektoratet sin lønnsomhetsundersøkelse er denne satt til 1,067 (Fiskeridirektoratet, 2017). Dette forholdstallet brukes for å gi et mer representativt og nøyaktig sammenligningsgrunnlag for salgs- og produksjonskostnader.

Med denne informasjonen tilgjengelig, utledes det et uttrykk der fôrkostnaden beregnes som en funksjon av smoltstørrelse, gitt ved;

$$\frac{(W_{stor} - W_{tradisjonell})}{R} * FCR * C_f \quad (4)$$

---

<sup>17</sup> Rund vekt representerer laksens vekt etter sulting (før utslakting) og bløgget.

Der  $W_{stor}$  er vekten på postsmolten gitt i kilo,  $W_{tradisjonell}$  er den gjennomsnittlige vekten på solgt smolt, hentet fra (Fiskeridirektoratet, 2017), R er omregningsfaktoren fra levende til rund vekt, FCR er fôr faktoren, og  $C_f$  er enhetskostnaden på fôr.

For en postsmolt på 500 gram, forutsatt 400 gram vekst, utgjør fôrkostnaden dermed;

$$\frac{(0,5kg - 0,1kg)}{1,067} * 1,25 * \frac{14,55kr}{kg} = 6,82kr$$

Kostnaden på 6,82 kroner blir brukt i videre beregninger.

#### 6.2.4 Øvrige kostnader

For de andre øvrige kostnadene antas det at størrelsesordenen er basert på tiden den tradisjonelle smolten vokser seg til rundt 100 gram fra rognstadiet, hvilket kan ta opp mot et år. Fra en artikkel om Eidesvik settefisk hevder daglig leder at postsmolten vil ha en vekt på rundt 500 gram etter 3-5 måneder ekstra i anlegget (Kyst.no, 2018).

(Alsвик, 2016) hevder at de øvrige kostnadene som avskrivninger, energi og andre driftskostnader kan reduseres med en tredjedel som følge av produksjonstiden på mellom tre og fem måneder for en postsmolt på 500 gram. Dette hensyntas ikke i de videre beregningene i denne oppgaven. Dette er et resultat av manglende informasjon om hvordan de ulike kostnadspostene endrer seg som følge av størrelse. Det ble derfor besluttet at de øvrige kostnadene holdes konstante, og dette legges til grunn for de videre beregningene.

#### 6.2.5 Totale produksjonskostnader postsmolt

Videre modelleres de totale kostnadene for produksjon av 500 grams postsmolt (400 gram vekst) ved hjelp av overnevnte underkapitler. Resultatene er presentert i Tabell 4, der det fremkommer at produksjonskostnaden for en postsmolt på 500 gram er 13,45 kroner. Her er rogn- og yngelkostnadene satt til null kroner, da denne kostnaden allerede har forekommet ved utviklingen av den tradisjonelle smolten på 100 gram.

Produksjonskostnaden er som forventet høyere enn for produksjon av smolt på 100 gram, der Fiskeridirektoratet oppgir en gjennomsnittlig smoltkostnad på 10,05 kroner som vist i Tabell 2. Det bemerkes at det er usikkerhet tilknyttet dette estimatet grunnet antagelsene om de øvrige kostnadene nærmere forklart i kapittel 6.3.4.

Tabell 4: Produksjonskostnad for postsmolt fra 100-500 gram

Kostnadsposter	Enhet	Enhetspris	Prosentvis andel
Rogn og yngelkostnader	Stk	0 kroner	0,00 %
Førkostnader	Stk	6,82 kroner	67,86 %
Forsikringskostnad	Stk	0,09 kroner	0,90 %
Vaksinasjonskostnad	Stk	1,32 kroner	13,13 %
Lønnskostnad	Stk	1,94 kroner	19,30 %
Avskrivninger	Stk	0,84 kroner	8,36 %
Energi	Stk	0,5 kroner	4,98 %
Andre driftskostnader	Stk	1,72 kroner	17,11 %
Netto rentekostnad	Stk	0,22 kroner	2,19 %
Total produksjonskostnad	Stk	13,45 kroner	100 %

Den gjennomsnittlige salgsprisen for smolt er oppgitt å være 11,54 kroner per stykk (Fiskeridirektoratet, 2017). Denne prisen må kostnadsføres og legges til den totale produksjonskostnaden til postsmolten. Det antas at denne kostnaden må bæres uavhengig om den produseres in-house eller om den kjøpes av ekstern smoltprodusent.

Med disse antagelsene og tallene fra Fiskeridirektoratet anslås en total produksjonskostnad for en postsmolt på 500 gram, inkludert anskaffelseskostnaden å være;  
 $13,45 \text{ kroner} + 11,54 \text{ kroner} = 24,99 \text{ kroner}.$

#### 6.2.6 Scenarioanalyse for kostnader i 2017

De beregnede kostnadene for postsmolten brukt i kapittel 6.2.5 er gjennomsnittlige verdier på landsbasis fra 2016. Disse prisene er nødvendigvis ikke representative for 2017, og det ble i denne sammenheng utført en scenarioanalyse. I analysen ble det sett på den gjennomsnittlige prosentvise kostnadsøkningen de tre foregående årene, der prosentatsen ble multiplisert inn med den gjeldende kostnaden for 2016 i fanen “forventet fremtidig salgspris”. De ulike innparameterne i scenarioanalysen er presentert i Tabell 5.

Tabell 5: Kostnadsposter og tilhørende prosentvis økning i kostnader de tre foregående årene (Fiskeridirektoratet, 2017)

Kostnadsposter	Enhetspris	Prosentvis endring de 3 foregående år
Rogn og yngelkostnad	0 kroner	
Fôrkostnad	6,82 kroner	11,0 %
Forsikringskostnad	0,09 kroner	12,0 %
Vaksinasjonskostnad	1,32 kroner	
Lønnskostnad	1,94 kroner	9,0 %
Avskrivninger	0,84 kroner	19,0 %
Energi	0,5 kroner	
Andre driftskostnader	1,72 kroner	26,0 %
Netto rentekostnad	0,22 kroner	-72,0 %
Smoltkostnad	11,54 kroner	8,0% (+ 15,0% margin(
<b>Total kostnad</b>	<b>24,99 kroner</b>	

Tallene fra lønnsomhetsrapporten inneholder tall frem til 2016, og det observeres en økende trend i kostnadsbildet for de ulike kostnadspostene over tid. Figur 20 viser scenarioanalysen med utgangspunkt i Tabell 5, som ble utført i Microsoft Excel.

Scenariosammendrag

Endringsceller:

	Nåværende produksjonskostnad	Forventet produksjonskostnad 2017
Rogn_og_yngelkostnader	0	0
Fôrkostnader	6,82	7,57
Forsikringskostnad	0,09	0,10
Vaksinasjonskostnad	1,32	1,32
Lønnskostnad	1,94	2,11
Avskrivninger	0,84	1,00
Energi	0,50	0,50
Andre_driftskostnader	1,72	2,17
Netto_rentekostnad	0,22	0,05
Smoltkostnad	11,54	14,19

Resultatceller:

<b>Total_produksjonskostnad</b>	<b>24,99</b>	<b>29,02</b>
---------------------------------	--------------	--------------

Figur 20: Scenarioanalyse for estimering av produksjonskostnader i 2017

Av scenariosammendraget konstruert i Excel kommer det frem at kostnadsutviklingen de tre foregående årene fører til en økning i produksjonskostnaden på en 500-grams postsmolt med 4,03 kroner, tilsvarende en prosentvis økning på 16,13 %. Her er det tatt hensyn til økningen i produksjonskostnader både for smolt og postsmolt.



### 6.2.7 Produksjonskostnader for smolt og postsmolt ved ulike størrelser

For å beregne produksjonskostnadene for smolt og postsmolt ved ulike størrelser ble det tatt i bruk en alternativ metode. Dette ble gjort ved å se på kostnadsestimeringer gjort i tidligere litteratur fra (Bjørndal & Skram, 2017). Det ble i tillegg foretatt samtaler med Helge Daae i Alsaker Fjordbruk AS og Knut Senstad i Inventura AS. Dataene er presentert i Figur Tabell 6.

Tabell 6: Data brukt i estimeringen av produksjonskostnader (Bjørndal & Skram, 2017)

Litteratur	125 gram	400 gram	600 gram
Bjørndal & Skram (2017)		23,00 kroner	29,30 kroner
Berget (2016)			29,40 kroner
Industry source		26,50 kroner	36,00 kroner
Hiddenfjord		19,95 kroner	
Helge Daae	16,00 kroner		
Gjennomsnitt	16,00 kroner	23,15 kroner	31,57 kroner

Fra dataene i Tabell 6 ble det sett på den relative kostnadsøkningen per intervall for å finne produksjonskostnaden for de ulike smoltstørrelsene. Gjennomsnittene er justert opp noen prosenter, for å ta høyde for en eventuell kostnadsøkning i løpet av årene. Kostnaden for en postsmolt på 500 gram samsvarer svært godt med resultatet fra kapittel 6.2.6, og det tas videre utgangspunkt i de estimerte kostnadene fra Tabell 7 for videre beregninger og simuleringer.

Tabell 7: Estimering av produksjonskostnader for ulike smoltstørrelser basert på tidligere litteratur

	100	125	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
tilgjengelige data		16,00						25,00				33,00
kostøkning pr intervall			0,82	1,64	1,64	1,64	1,64		2,00	2,00	2,00	
smolt størrelse	100	125	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
antatt kostnadskurve	12,50	16,00	16,82	18,45	20,09	21,73	23,36	25,00	27,00	29,00	31,00	33,00

### 6.3 Salgspris for postsmolt

Produksjonsprisen for postsmolt ble i kapittel 6.2 estimert, og det ses videre på salgsprisen oppdretterne skal ta for smolten ved videresalg. I utgangspunktet står oppdretterne relativt fritt til å legge til et påslag på prisen for å oppnå ønsket avkastning, men dette beror naturligvis på forholdet mellom tilbud og etterspørsel.

I denne oppgaven tas det utgangspunkt i arbeidet til Bjørndal og Skram med en modell der smoltprisen bestemmes av en fast kostnad på 11 kroner pluss en variabel kostnad på 0,06

kroner per gram smolten veier (Bjørndal & Skram, 2017). Tabell 8 viser de ulike beregnede salgprisene for smolt ved forskjellige størrelser.

Tabell 8: Estimert salgpris ved ulike smoltstørrelser (Bjørndal & Skram, 2017)

Smoltvekt (gram)		100	125	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
Liv kost (kr. / stk)	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00
Kostnad (kr) pr. gram	0,06	6,00	7,50	9,00	12,00	15,00	18,00	21,00	24,00	27,00	30,00	33,00	36,00
Prod kost pr. smolt (kr)		kr 17,00	kr 18,50	kr 20,00	kr 23,00	kr 26,00	kr 29,00	kr 32,00	kr 35,00	kr 38,00	kr 41,00	kr 44,00	kr 47,00

Resultatene fra Tabell 8 viser at oppdretterne av postsmolt vil ha større marginer ved videresalg. Ved salg av postsmolten på 500 gram vil oppdretteren ha en margin på  $(41 \text{ kroner} / 29,02 \text{ kroner}) - 1 = 41,28 \%$  hvilket er betydelig høyere enn den gjennomsnittlige marginen en oppnår ved salg av tradisjonell smolt på 100 gram. I dette tilfellet har oppdretter en fortjeneste på  $(11,54 \text{ kroner} / 10,05 \text{ kroner}) - 1 = 14,83 \%$  (Fiskeridirektoratet, 2017). Fenomenet med høyere fortjeneste ved produksjon av større smolt samsvarer godt med informasjon gitt av Helge Daae i Alsaker Fjordbruk.

Resultatene viser derfor at det kan være svært fordelaktig for produsentene av postsmolt ved distribusjon til oppdrettere i tradisjonell merdbasert drift. En årsak som kan forklare dette er den foreløpige manglende konkurransen, da det er et fåtall av norske smoltprodusenter som produserer postsmolt opp mot 500 gram. Dette gjør at prisen i stor grad kan settes av smoltselskapene, men de er avhengige av å kunne reagere hurtig ved prisendringer fra andre selskaper for å unngå å tape markedsandeler.

#### 6.4 Investeringskostnader og lønnsomhet for et RAS-anlegg

I artikkelen *postsmolt uten RAS-anlegg på land*, konkluderer forfatterne med at et moderne RAS-anlegg med en kapasitet på 2000-5000 tonn vil innebære en investeringskostnad på mellom 300 og 600 millioner kroner (Senstad & Bolstad, 2017). For å rettfærdiggjøre en slik investering benyttes nåverdimetoden i ligning 1 med resultatene fra dette kapittelet for å avgjøre hvorvidt en slik investering bør gjøres.

Analysen ble delt i fire for å undersøke de ulike sammensetningene av investeringskostnad og produksjonsvolum. Dette gjøres med bakgrunn i de store sprangene i kostnadsestimaterne for et moderne RAS-anlegg og tilhørende produksjonskapasiteter.

For de videre beregningene antas det at prosjektet har en levetid på 15 år og et avkastningskrav på 10 %. Med andre ord er diskonteringsrenten i dette tilfellet satt til 10 %.

Løsningene viser store sprang i inntjening og forventet nåverdi av investeringene. Tabell 9 viser de beregnede netto nåverdiene samt tilhørende IRR for de ulike alternativene. Verdiene er beregnet med utgangspunkt i ligning 1, og fullstendig utregning kan ses i Appendix B.

Tabell 9: NNV og IRR for ulike investeringer og kapasiteter

Investering	Kapasitet (tonn)	IRR (%)	NNV (millioner)
300	2000	11,54	31,35
300	5000	30,10	528,37
600	2000	2,07	-268,65
600	5000	15,27	228,37

Som forventet er det store forskjeller i beregnede NNV for prosjektene, da det er store forskjeller i størrelse på investeringen og den forventede produksjonsmengden. Resultatene viser at alternativ 1, 2, og 4 bør aksepteres da dette er prosjektene som gir  $NNV > 0$ .

Tildelingskriteriet i kapittel 5.1 tilsier at en bør velge prosjektet som gir størst avkastning, i dette tilfellet alternativ 2 med en NNV på 528,37 millioner kroner med en IRR på 30,10 %. I alle resultatene fremkommer det overenstemmelse mellom NNV og IRR, hvilket bidrar til å styrke validiteten til resultatene.

Av Tabell 9 ser en at alternativ 1, 2 og 4 alle har internrente  $r$  større enn avkastningskravet på 10 %. Alternativ 3 har en internrente på 2,07 %, hvilket er betydelig mindre enn avkastningskravet. Dette alternativet bør derfor ikke investeres i.

#### 6.4.1 Påvirkninger på NNV

For å undersøke hvordan en variasjon i produksjonskostnader vil påvirke NNV ble det utført en scenarioanalyse der de antatt viktigste og mest volatile kostnadspostene fôr, lønn, andre driftskostnader og smoltprisen ble justert  $\mp$  5 og 10 %. Resulterende verdier for produksjonskostnaden er gitt i Figur 21.

Scenariosammendrag		Gjeldende verdier:	5% økning i kostnad	10% økning i kostnad	5% reduksjon i kostnad	10% reduksjon i kostnad
Endringsceller:						
Förkostnader		7,57	7,95	8,33	7,19	6,81
Lønnskostnad		2,11	2,22	2,33	2,01	1,90
Andre driftskostnader		2,17	2,28	2,38	2,06	1,95
Smoltkostnad		14,19	14,90	15,61	13,48	12,77
Resultatceller:						
Total produksjonskostnad		29,02	30,32	31,62	27,71	26,41

Figur 21: Scenarioanalyse for 5 og 10 % endring i produksjonskostnad

Økningen i kostnadene medfører at alternativ 1 får en negativ NNV på -4,61 millioner kroner ved 5 % kostnadsøkning, og en negativ NNV på -40,56 millioner ved en kostnadsøkning på 10 %. Dette viser hvor sensitiv NNV-beregningene er i forhold til kostnadene forbundet med

de kritiske kostnadspostene det her undersøkes for. For at alternativ 3 skal godtas i henhold til akseptkriteriet beskrevet i kapittel 5.1, må produksjonskostnaden være 19,31 kroner. Dette ble funnet ved å gjøre en *what-if analysis* i Microsoft Excel. Denne produksjonskostnaden er svært usannsynlig for en postsmolt på 500 gram, og alternativ 3 bør derfor utelukkes fra vurderingen om investering.

De andre alternativenes NNV og IRR endres naturligvis ettersom produksjonskostnaden synker eller øker, men de endrer ikke fortegn, og blir dermed ikke videre analysert.

## 7. Kostnadsestimering lus

Skadevirkningene som følge av lakselus er den største utfordringen for fiskehelsen i norsk oppdrettsnæring (Veterinærinstituttet, 2018). I tillegg har lakselusen en enorm påvirkning på driftsresultatene til norske oppdrettere. Kjennskap til de indirekte kostnadene lusen fører med seg er essensielle i fremtidig planlegging, kartlegging og valg av ulike behandlingsmetoder samt negativ påvirkning på marginer (Senstad & Bolstad, 2017).

For å belyse de indirekte kostnadene forbundet med lusebehandling ble Inventura sin beslutningsmodell for lakselus brukt. Dette er et nettbasert modellverktøy for næringen slik at oppdretter kan få en faktabasert og nøytral oversikt over kostnad- og marginforringelser ved ulike behandlingsmetoder. På denne måten kan oppdretter få frem de totale direkte og indirekte kostnadene samt margintapene knyttet opp mot benyttede behandlingsmetoder. Modellen fungerer som et hjelpemiddel for å fatte rasjonelle og velkalkulerte beslutninger slik at driftsmarginen til hver utsatt laksegenerasjon kan optimaliseres.

Modellen er en generasjonsbasert planleggingsmodell for hvert enkelt utsett på hver enkelt lokasjon med kjente temperaturer og andre sentrale driftsparametere inkludert lokale kostnadsparametre. Nedenfor er noen av prinsippene bak denne modellen vist.

### 7.1 Forklaring av lusemodell fra Inventura

Modellen er en generasjonsbasert planleggingsmodell for hvert enkelt utsett på hver enkelt lokasjon med kjente temperaturer og andre sentrale driftsparametere inkludert lokale kostnadsparametre. Nedenfor er noen av prinsippene bak denne modellen vist.

#### **Input-siden.**

I dette steget av simuleringen legges de fleste variable verdiene inn ved hjelp av rullgardinmenyer. De ulike variablene og tilhørende valgte verdier er diskutert under påfølgende underoverskrifter.

#### ***Lokalitetsparametre***

Lokalitetsparametrene gir informasjon om generasjonen, og hvilken region utsettet hører til. I denne analysen er det tatt utgangspunkt i et utsett i Hordaland fylke. Punktens betydning i Figur 22 er nedenfor diskutert ytterligere;

Lokalitetsparameter		
Selskap/kunde		
Lokalitet		
Generasjon	1	2018 S1
Modelleringsdato	2	25.04.2018
Region	3	Hordaland

Figur 22: Lokalitetsparametere i lusemodell

1. Dette punktet omhandler generasjonen som blir satt ut i merdene. Punktet har en direkte kobling til punkt 4 under generasjonsparametere. Her er det satt at smoltutsettet skjer den 01.04.18. Dette er et vår-utsett, hvor smolten blir omtalt som en 1-åring, derav S1.
2. Viser datoen modelleringen fant sted.
3. Hordaland er den valgte regionen. Dette punktet har direkte kobling til gjennomsnittstemperaturer for regionen.

### Generasjonsparametre

Generasjonsparametrene gir ytterligere informasjon om generasjonen og omhandler tidspunkt for utsett, smoltvekt, antall smolt, slaktevekt og øvrig informasjon som omhandler den enkelte generasjonen. Punktene betydning i Figur 23 er nedenfor diskutert ytterligere;

Generasjonsparametre		
Startdato	4	1. apr. 2018
Smoltvekt	5	130 g
Antall smolt	6	1 250 000
Smoltkostnad	7	kr 16,00
Akk. Forventet dødelighet eks. lusebehandlingsstrategi (%)	8	12 %
Planlagt slaktevekt	9	5 500 g
Justert standard veksttabell	10	100 %
Biomassen vil splittes i flere mærer	11	No
Fiskens kroppsvekt ved flyttetidspkt.	12	6
Antall mærdet før flytting		
Antall mærdet etter flytting		
Biologisk førfaktor (bFCR)	13	1,10
Førkostnad (NOK/kg)	14	kr 13,50

Figur 23: Generasjonsparametere i lusemodell

4. Startdatoen er direkte koblet til gjennomsnittstemperaturer og punkt 3 i lokalitetsparametrene. Modellen setter ingen begrensning for utsett.
5. Smoltvekten representerer vekten smolten har ved utsett. Smoltvekten er direkte koblet opp mot veksttabellen modellen benytter seg av. Dette har sammenheng med ulik vekst ved ulik vekt.

6. Størrelsen på utsettet bestemmes av antallet smolt satt ut.
7. Her settes smoltkostnaden oppdretter har betalt eller brukt for å produsere en smolt ved den gitte vekten i punkt 5. I denne oppgaven er det tatt utgangspunkt i beregningene fra kapittel 6.2.7 der det ble funnet en pris på 16 kroner per smolt med en vekt på 125 gram.
8. Den akkumulerte forventede dødeligheten er antallet fisk som dør naturlig i løpet av produksjonstiden til en enkelt generasjon. Etter samtale med Knut Senstad i Inventura ble det enighet om at en 12 % dødelighet kunne være naturlig, særlig med tanke på utfordringer med PD<sup>18</sup> for Vestlandet. Behandlingsdødelighet knyttet til lakselusbekjempelse kommer som tillegg til nevnte basisdødelighet og vises i modellen. Videre antas basisdødeligheten lik hver uke i produksjonsperioden.
9. Den gjennomsnittlige slaktevekten for laks ble bestemt til å være 5500 gram. Dette er en relativt høy slaktevekt, men ble valgt for å belyse kostnadene som følger med når stor fisk dør. Modellen er laget slik at laksen vokser ut uken den skal slaktes. Dette betyr i praksis at laksen vil være minimum 5500 gram ved utslakting.
10. Det benyttes standard veksttabell i modellen. I simuleringene som ble gjort ble det valgt 100 %, som tilsvarer en standard vekst uten lus. Dette ble gjort for å se på den reelle virkningen det har på vekst og produksjonstid som diskutert i kapittel 7.5.
11. Punkt 11 og 12 er sett bort fra i simuleringene som er gjort. Formålet med disse punktene er at oppdrettere kan flytte biomassen sin i flere merder, eksempelvis for å holde seg innenfor MTB-reglementet. Dette er ikke hensyntatt da det ikke er relevant i forhold til problemstilling og formål for denne oppgaven.
12. Tilsvarende som i punkt 11, men her blir det sett på fiskens vekt ved flytting. Dette velges da det er naturlig å tro at en prosentvis andel av fisken vil dø ved håndtering, og fiskens størrelse er en viktig faktor i de reelle ekstrakostnadene det medfører.
13. Den biologiske fôrfaktoren er i denne oppgaven satt til 1,10. Dette er lavere enn gjennomsnittet som er brukt i beregningen av postsmolt, og gjennomsnittene fra fiskeridirektoratet. Fôrfaktoren er svært varierende fra selskap til selskap, og det ble besluttet å redusere den i simuleringene for å gi et tydeligere bilde av kostnadene forbundet med lus.

---

<sup>18</sup> PD er forkortelsen for Pankreassykdom. Ved smitte vil fisken vanligvis slutte å spise som et resultat av muskelskader som også rammer spiserørsmuskulatur. Etter 2-3 uker vil fisken vanligvis dø. (Veterinærinstituttet, u.d.)

14. Fôrprisen ble satt til 13,50 kroner per kilo. Dette er lavere enn gjennomsnittet rapportert fra fiskeridirektoratet. I likhet med fôr faktoren er det også variasjoner i fôrkostnader for ulike selskaper, og det ble besluttet å redusere denne kostnaden noe.

### ***Startup og kostnadsparametre***

Denne delen av modellen er beregnet i Microsoft Excel og tar for seg alle kostnader forbundet med oppstartskostnader for hver ny generasjon smolt, faste årlige kostnader, avskrivningskostnader og årlige lønnskostnader for lokasjonen basert på de satte input-parametrene. Verdiene er valgt slik at modellen representerer og samsvarer med de oppgitte produksjonskostnadene fra kapittel 6, og Fiskeridirektoratet sin *lønnsomhetsundersøkelse* (Fiskeridirektoratet, 2017). Alle simuleringene som er utført i kapittel 7 har bakgrunn i de samme startup- og kostnadsparametrene fra Inventura.

Forsikringskostnadene er uendret og satt som en standard i alle simuleringer. Tallene er erfaringstall fra Inventura og er presentert i Figur 24.

<b>Startup- og kostnadsparametre</b>		
Generasjonens startupkostnad, eks. smolt	kr	1 900 000
Faste årlige kostnader	kr	3 600 000
Årlige avskrivningskostnader	kr	5 700 000
Årlige lønnskostnader pr lokalitet	kr	11 600 000
Forsikring, NOK/fisk	kr	10,00
Forsikring, NOK/kg	kr	17,00
Forsikringspremie, % av verdi		1,50 %

Figur 24: Startup- og kostnadsparametre i lusemodell

### ***Variable produksjonskostnader***

De variable produksjonskostnadene<sup>19</sup> i Figur 25 representerer kostnader forbundet med ensilasje av dødfisk, brønnbåtkostnader, prosesseringskostnader, markedsføringsavgift og transportkostnad. Kostnadene endrer seg som en funksjon av alle foregående input-parametere. Unntaket er markedsføringsavgiften på 0,3 % som er den lovpålagte nasjonale avgiften.

<sup>19</sup> Kostnader knyttet til produksjonen som kan variere; eksempelvis fôr, forsikring og lusebehandling



Variable produksjonskostnader		
Ensilasje	kr	2,00
Brønnbåtkostnad per slaktet kg	kr	1,50
Prosesseringskostnad pr kg HOG	kr	3,00
Markedsføringsavgift		0,30 %
Transportkostnad pr kg HOG, FOB Oslo	kr	0,75

Figur 25: Variable produksjonskostnader i lusemodell

### Rensefisk kostnad

I modellen kan en velge hvorvidt en vil inkludere rensfisk som en del av lusebekjempelsen eller ei. Det ble valgt å se bort fra denne behandlingen i videre simuleringer. Input-boksen er vist i Figur 26.

Rensefisk kostnad		
Rensefiskratio		12 %
Kostnad pr rensfisk	kr	14,00
Årlige notrensingskostnader ifm rensfisk	kr	1 260 000

Figur 26: Rensefisk kostnad i lusemodell

### Vekktap fra slakting

I forbindelse med lusebehandlinger sultes fisken i et gitt antall dager før behandlingen finner sted. Det rapporteres i tillegg om dårlig appetitt blant fisken i de påfølgende dagene etter behandling. I den illustrerte simuleringen i figur 27 er vekttapet på 3 %. Dette betyr at fisken har 3 % redusert vekst ved et gitt utslaktingstidspunkt i forhold til et scenario uten lusebehandling. Påvirkningen av dette er diskutert i kapittel 7.2.4. I tillegg er det satt en verdi på 2 % redusert vekt som følge av blodtap. Fra den sultede bløgete tilstanden er det så justert for ytterligere 11,5 % sløydesvinn. Disse faktorene spiller alle inn på HOG<sup>20</sup> som er produksjonskostnaden for en sløyd, bløget og sultet fisk og kan ses i Figur 27.

Vekttap ved slakting	
Vekttap fra sulting	3,0 %
Vekttap fra blodtap	2,0 %
Vekttap sløyd	11,5 %

Figur 27: Vekttap ved slakting i lusemodell

### Salgsparametre

Salgsparametrene i figur 28 viser hvor stor mengde av den enkelte generasjonen som tilhører de ulike kvalitetsklassene, samt deres tilhørende salgspriser. I utgangspunktet antar modellen

<sup>20</sup> head on gutted - Helfisk sløyd med hode, sultet og bløget.

at 90 % av biomassen blir superior, 4 % ordinær og 6 % produksjonskvalitet. Det er antatt en superior markedspris på 60 kroner per kilo, og tilhørende 1,50 og 12,0 kroner reduksjon i salgspris for henholdsvis ordinær- og produksjonskvalitet. Disse tallene er basert på Inventura sine erfaringstall. Ved en nedklassing som skyldes lusebehandling er det antatt at kvaliteten går direkte fra Superior- til Produksjonskvalitet.

Salgsparameter			
Superior			90 %
Ordinær			4 %
Produksjon			6 %
Superior markedspris pr kg	kr		60,00
Ordinær markedspris pr kg (-1,50 kr)	kr		58,50
Produksjon markedspris pr kg (-12,00 kr)	kr		48,00

Figur 28: Salgsparametere i lusemodell

### Simulering av behandlinger

I denne fanen i beslutningsmodellen bestemmes behandlingsmetodene for de to scenarioene, heretter kalt A og B. Modellen lar brukeren velge mellom 16 ulike lusebehandlinger, som vist i Figur 29.

Behandlingsmetode og tidspunkt for behandlingen bestemmes ved å sette et kryss i fanen under den valgte behandlingsmetoden. Tidspunktet for behandlingen bestemmes ved å sette krysset til tilhørende "Generasjons-uke". Modellen inneholder informasjon om kostnader til alle de ulike behandlingsmetodene. Disse kostnadene legges automatisk til når modellen oppdateres. På denne siden setter en også den valgte behandlingsdødeligheten og nedklassifiseringen i kvalitet. Begge verdiene oppgis i prosent.

Modellen simulerer en hel generasjon der all enkeltfisk inngår hver gang i valgte lusebehandling, og at all fisk i gjennomsnitt vokser likt fra uke til uke. Ofte er laks minst 75 uker i sjø, og med nevnte 16 mulige behandlingsvalg håndterer modellen de aller fleste tenkte regimer som er aktuelle.

Choose from list			Strategi A														Choose from list			Strategi B																	
Kalenderuke	Generasjons-uke	Vekt pr individ	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	Dato	Kalenderuke	Generasjons-uke	Vekt pr individ	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
14	1	142																01.04.2018	14	1	142																
15	2	156																08.04.2018	15	2	156																
16	3	171																15.04.2018	16	3	171																
17	4	188																22.04.2018	17	4	188																
18	5	207	x															29.04.2018	18	5	207	x															
19	6	229																06.05.2018	19	6	229																
20	7	255																13.05.2018	20	7	255																
21	8	284																20.05.2018	21	8	284																
22	9	317																27.05.2018	22	9	317																
23	10	354																03.06.2018	23	10	354																
24	11	394																10.06.2018	24	11	394																
25	12	438																17.06.2018	25	12	438																
26	13	425						x										24.06.2018	26	13	444				x												

Figur 29: Valg av behandlingsmetode og tidspunkt i lusemodell

## Output

I denne fanen i modellen beregnes alle outputs ved hjelp av en kompleks makro i Excel. Modellen bruker alle input-verdier sammen med veksttabellen fra Skretting ”Growth table for *Salmo Salar* v112” og gir nøyaktige utregninger for alle kostnader og inntekter knyttet til produksjonen av den enkelte generasjon. Et utklipp fra modellen i Figur 30 viser et utdrag av informasjonen modellen tilbyr.

Sea Lice Strategy				
Increased yield & fish welfare, reduced costs and increased margins				
Smoltutbytte og overlevelse	Kunde	Generasjon		2018 S1
	Lokalitet	Strategi A	Strategi B	25.04.2018
Dato for smoltutsett		01.04.2018	01.04.2018	
Antall smolt satt ut		1 250 000	1 250 000	-
Antall fisk slaktet		945 383	987 139	-41 756
Prosentandel av fisk satt ut som blir slaktet		75,6 %	79,0 %	-3 %
Antall død fisk (ekskl. lusebehandling)		150 010	150 006	4
Antall død fisk relatert til lusebehandling		154 607	112 855	41 752
Slaktvekt (gram)		5 504	5 585	-82
Antall uker til slaktevekt nås		70	69	1
Slaktet biomasse (ka. rund i not)		5 202 942	5 513 314	-310 372
Yield (biomasse slaktet (rund fisk) / # smolt satt ut) (kg)		4,16	4,41	-0,25

Figur 30: Valg av behandlingsmetode og tidspunkt i lusemodell

Modellen er begrenset ved at den tar for seg en hel generasjon av gangen. Dette gjøres da modellens hensikt er å gi et faktabasert beslutningsgrunnlag for eier og driftsfolk av generasjonen for å sikre best mulig grunnlag for optimalt driftsresultat per generasjon. Dette gjør at oppdretter ikke detaljert må følge den enkelte merd dag for dag. Videre antar modellen en lineær behandlingsdødelighet.

## 7.2 Inputkostnader

Blant inputkostnadene finner vi oppstartskostnadene ved hver generasjon, som inkluderer men ikke er begrenset til rengjøring, inspeksjon og vedlikehold. Dette gjelder servicebåter, flåter og merder. Totalsummen for oppstartskostnadene i simuleringen kommer her på

1,9 millioner kroner som vist i Figur 24. I tillegg kommer faste årlige kostnader som inkluderer, men ikke begrenses til veterinærer, dykkere, spyling av merder og luseskjørt. Dette er utgifter som kommer uavhengig av selve produksjonen, og er ekskludert smolt. Denne kostnadsposten kommer totalt på 3,6 millioner kroner per år i denne fremstillingen, og kan ses i Figur 24.

Smoltkostnadene som er brukt i modellen er hentet fra Tabell 8, og er ekstrapolert ut ifra reelle kostnader på enkelte smoltstørrelser hentet fra Alsaker Fjordbruk, Hiddenfjord og øvrig litteratur på emnet. Det antas at estimatene ikke er helt nøyaktige, men dette skal ha svært liten effekt på simuleringene, ettersom en endring på et par kroner i smoltkostnad vil utgjøre en svært liten del av det totale kostnadsbildet.

### 7.3 Direkte og indirekte kostnader

For å illustrere de direkte og indirekte kostnadenes størrelse og resulterende effekt på oppdretters driftsmargin utføres det to scenarioanalyser som tar for seg ulike parametere.

Alle tall som angår produksjon og kostnader er hentet fra utførte simuleringer, og presentert i Tabell 10. Disse tallene brukes i videre beregninger.

Tabell 10: Input-parametere for scenario 1 og 2

<i>Antall smolt satt ut 01. April</i>	1 250 000 stykker
<i>Antall lusebehandlinger for generasjonen</i>	8 behandlinger, hvorav 6 med Thermolicer
<i>Behandlingsdødelighet</i>	1,0 % behandlingsdødelighet per behandling
<i>Antall sultedager per behandling</i>	6 dager
<i>Slaktevekt</i>	5,5 kilo
<i>Nedklassing ved behandling</i>	1,0 % nedklassing fra superior til produksjon per behandling
<i>Total produksjonskostnad HOG i boks</i>	40,17 kroner per kilo
<i>Driftsresultat HOG i boks</i>	18,21 kroner per kilo

#### 7.3.1 Scenario 1: Alle direkte og indirekte kostnader inkluderes

##### **Behandlingsdødelighet 1 %**

Fra Tabell 10 er det forutsatt en 1 % behandlingsdødelighet for generasjonen for 7 av 8 utførte lusebehandlinger. Dødeligheten medfører at den resterende levende fisken i sjøanlegget må bære kostnaden for den døde fisken. Det blir i tillegg færre fisk å fordele de faste kostnadene på, og oppdretter vil oppleve et tap i margin som skyldes inntekten han kunne hatt hvis den

døde fisken vokste til 5,5 kilo med et driftsresultat på 18,21 kroner per kilo fra Tabell 10.

Nedenfor er det beregnede margintapet vist i Tabell 11.

Tabell 11: Resultater fra behandlingsdødelighet i scenario 1

<i>Behandlingsdødelighet</i>	
Død rund biomasse relatert til behandlingsdødelighet	158 407 kg
Antall dødfisk fra behandlingene	79 693 stykker
Produksjonskostnad for dødfisk relatert til behandling	4,56 millioner kroner
Margintap ved 18,21kr/kg	7,98 millioner kroner
Sum kostnad og margintap	12,54 millioner kroner

Av resultatene ser en at behandlingsdødeligheten alene står for 12,54 millioner kroner i tapt margin med en 1 % behandlingsdødelighet som illustrert i dette scenarioet.

Fullstendige beregninger for resultatene i Tabell 11 kan ses i Appendix C.

### **Sulting**

Fra Tabell 10 er antall sultedager per behandling satt til 6 dager. Dette inkluderer sultingen før behandling, samt redusert appetitt i påfølgende dager etterpå. Totalt vil det i dette scenarioet tilsvare 42 sultedager for de 7 avlusningene, inkludert behandlingen med presenning.

Sultingen anses som tapt tilvekst i den grad at den tapte veksten ikke kan tas igjen under noen omstendigheter. Grunnen til dette er at det antas at slaktetidspunktet på forhånd er bestemt, og at en vet at fisken vil være minimum 5,5 kilo ved dette tidspunktet.

Fra veksttabellen i Appendix D, fremkommer det at en stor fisk gjerne vokser 400-500 gram per måned i sjø. Videre brukes en gjennomsnittlig verdi på 450 gram for den store fisken. Dette tilsvarer en gjennomsnittlig vekst på 112,5 gram per uke. De 42 sultedagene utgjør seks uker, og den totale tapte tilveksten for fisken i de seks ukene blir 675 gram. Dette er betydelig høyere enn hva (Mustafa, Rankaduwa, & Campbell, 2001) anslo i sitt arbeid fra 2001. Det beregnede margintapet er beregnet i Tabell 12.

Tabell 12: Resultater for sulting i scenario 1

<i>Sulting</i>	
Antall slaktefisk	1 020 297 stykker
Antall gram tapt tilvekst	675 gram
Totalt sultetap	688 700 kg
Tapt margin ved 18,21 kr/kg driftsmargin	12,54 millioner kroner
Økning i faste kostnader	592 282 kroner

Det totale sultetapet på 688 700 kilo utgjør et tap i margin på hele 12,54 millioner kroner for dette scenarioet. I tillegg vil de faste kostnadene øke med 592 282 kroner. Til sammen et tap i

margin på hele 13,13 millioner kroner grunnet sultingen av fisken i forbindelse med behandling. Fullstendige beregninger for resultatene i Tabell 12 kan ses i Appendix C.

### ***Slaktekvalitet ved 1 % nedklassing***

Fra Tabell 10 er det forutsatt en 1 % nedklassing ved hver av behandlingene foruten den første orale behandlingen. Modellen forutsetter et tap i margin på 12 kroner per kilo ved nedklassing fra superior til produksjonskvalitet som det er sett på i dette scenarioet. Det beregnede margintapet er vist i Tabell 13.

*Tabell 13: Resultater for nedklassing i scenario 1*

<i>Nedklassing</i>	
Antall fisk slaktet	1 020 297
Økning i mengde fisk med produksjonskvalitet	7,0 %
Tap i margin	3,94 millioner kroner

Resultatene viser at nedklassingen i kvalitet som følge av behandlingene medfører et tap i margin på 3,94 millioner kroner i form av tapte salgssinntekter da oppdretter får en salgpris på 48 kroner per kilo for denne fisken. Fullstendig beregning for resultatene i Tabell 13, kan ses i appendix C.

### **7.3.2 Scenario 2: Direkte kostnader**

Det kanskje mest direkte og innlysende som dukker opp er at de faste kostnadene må fordeles på mindre biomasse, slik at produksjonskostnaden per kilo øker, og at marginen per fisk i generasjonen minker. Denne utregningen er gjort i scenario 1, og ble estimert til å være 592 282 kroner.

Det snakkes gjerne om beholdningskostnaden<sup>21</sup>, altså kroner per kilo for å produsere laksen opp til dagens størrelse. Beholdningskostnaden øker ved tapt tilvekst og ved redusert biomasse grunnet dødelighet, fordi det blir færre kilo biomasse å fordele utgiftene på.

### **7.3.3 Resultater fra scenarioanalysen**

I Tabell 14 presenteres forskjellen mellom beregnede kostnader for luseproblemet for én generasjon i forhold til om oppdretter ser på de direkte- eller indirekte kostnadene. De direkte behandlingkostnadene er basert på Inventuras erfaringstall.

<sup>21</sup> Totalkostnaden knyttet til biomassen som er under produksjon.

Tabell 14: Totale behandlingskostnader for scenario 1

Margintap som følge av behandlingsdødelighet	12,54 millioner kroner
Margintap som følge av sulting	13,13 millioner kroner
Margintap som følge av nedklassing	3,94 millioner kroner
Totalt margintap	29,61 millioner kroner
Indirekte kostnad/margintap i kroner per kilo	5,27 kroner per kilo
Direkte behandlingskostnader	3,90 kroner per kilo
Totale behandlingskostnader	<b>9,17 kroner per kilo</b>

Som resultatene viser vil kostnaden forbundet med lus være betraktelig større enn det som gjerne fanges opp ved at oppdretter observerer at han har færre fisk å fordele de faste kostnadene på, slik at den kostnadsposten øker. Scenario 1 og 2 er vidt forskjellige på den måten at scenario 1 inkluderer alle parametere, mens scenario 2 kun tar for seg den mest synlige parameteren. Dette ble utført for å illustrere hvor stort det tapte driftsresultatet faktisk er, og hvor viktig det er å tallfeste de reelle inntektstapene. Av resultatene fremkommer det en total behandlingskostnad for dette scenarioet på 9,17 kroner per kilo, der de indirekte kostnad- og margintap er 135 % høyere enn de normalt observerbare direkte kostnadene fra scenarioet. Alle disse kost- og margintap er påvirket av vekstmønster, markedspris og oppdretters egen kostnadsbase. Dette er bare vist som et eksempel for en gjennomsnittlig oppdretter på Vestlandet.

#### 7.4 Sensitivitetsanalyse behandlingsdødelighet

Behandlingsdødelighet er et usikkerhetsmoment i den norske oppdrettsnæringen. Dødeligheten kan variere stort fra anlegg til anlegg, og beror på fiskens helse og velferdssituasjon, i tillegg til valgte behandlingsmetoder for å bekjempe lakselusen. I dette delkapittelet gjøres det en sensitivitetsanalyse hvor det avdekkes hvilken påvirkning behandlingsdødeligheten har på de totale direkte og indirekte lusekostnadene, og hvilken effekt det har på driftsmarginen til en generasjon fisk. Input-parametrene for sensitivitetsanalysen er presentert i Tabell 15.

Tabell 15: Input-parametere for sensitivitetsanalyse til behandlingsdødelighet

Antall smolt satt ut 01. April	1 250 000 stykker
Antall lusebehandlinger for generasjonen	8 behandlinger, hvorav 6 med Thermolicer
Antall sultedager per behandling	6 dager
Basisdødelighet for generasjonen	12 %
Markedspris for kvalitet superior	60 kroner per kilo, sultet, sløyd og bløgget
Behandlingsdødelighet	0,0-2,0 % med intervaller på 0,5 %

I modellen ble det simulert 5 scenarier med ulike dødelighetsrater relatert til lusebehandlingene. Det ble testet for 0 %, 0,5 %, 1,0 %, 1,5 % og 2 % behandlingsdødelighet, for å gi et bredt perspektiv på den faktiske effekten denne parameteren kan medføre. Intervallet 0,5-2,0 % ses som reelt for oppdrettere på Vestlandet, mens scenarioet med 0 % behandlingsdødelighet betraktes som et idealtilfelle.

#### 7.4.1 Lusebehandlingsstrategi

De direkte lusebehandlingskostnadene er som beskrevet konstante uavhengig av tilknyttet dødelighetsrate ved behandling. Dette bygger igjen på at selskapet som utfører behandlingene gjerne har fastsatte time eller dagsrater på lektere og utstyr som brukes i prosessen. Disse ratene er også antatt konstante uavhengig av dødelighetsrate, da denne analysen skal illustrere hvor stor påvirkning dødelighetsraten har på marginene til oppdretter for en generasjon.

Grunnen til at antall fisk som dør er en essensiell parameter å undersøke nærmere er fordi den resterende overlevende fisken må bære kostnaden til fisken som dør under behandling. Dette forstås som en indirekte kostnad, da kostnaden ikke fremkommer som en direkte utgift for oppdretter, men oppstår som et implisitt resultat av behandlingen som utføres.

I det undersøkte scenarioet skiller det så mye som 710 tonn biomasse HOG akkumulert i forskjell på 0 % og 2 % behandlingsdødelighet. En kostnad, les margintap som alene tilsvarer 14,20 millioner kroner i tapt driftsresultat gitt *superior* kvalitet med salgspris på 60,0 kroner per kilo, og en produksjonskostnad HOG i boks på 40,0 kroner.

Resultatene viser store forskjeller i sentrale kostnadsposter som driftsmargin, produksjonskostnad per kilo, og den totale slaktede biomassen. Tabell 16 viser markante forskjeller mellom kostnadene og margintapet knyttet til de illustrerte lusebehandlingene. Som forventet er de direkte kostnadene ekvivalente som et resultat av likt antall behandlinger, samt like behandlingsmetoder ved de samme tidspunktene.



Tabell 16: Resultat fra sensitivitetsanalyse for behandlingsdødelighet

Behandlingsdødelighet	0 %	0,5 %	1,0 %	1,5 %	2,0 %
Produksjonskostnad	27,37 kr/kg	28,07 kr/kg	28,81 kr/kg	29,58 kr/kg	30,38 kr/kg
Slakteklar biomasse	5054 tonn	4867 tonn	4688 tonn	4512 tonn	4344 tonn
HOG					
Salgsinntekt	295 millioner kr	284 millioner kr	273 millioner kr	263 millioner kr	253 millioner kr
Totalt kostnad HOG	38,44 kr/kg	39,29 kr/kg	40,17 kr/kg	41,09 kr/kg	42,05 kr/kg
Driftsresultat	101 millioner kroner	93 millioner kroner	85 millioner kroner	78 millioner kroner	71 millioner kroner
Direkte kostnader	21,87 millioner kr	21,87 millioner kr	21,87 millioner kr	21,87 millioner kr	21,87 millioner kr

De indirekte kostnadene forbundet med lusebehandlingene er i dette tilfellet essensielt å undersøke nærmere. De indirekte kostnadene i denne simuleringen er basert på prosentvis antall fisk som dør under behandling, og essensielle parametere som er forklarende for resultatene er presentert i er i underkapitlene 7.4.2-7.4.5 diskutert nærmere.

#### 7.4.2 Produksjonskostnader per generasjon levende vekt ved slakting

Fôrkostnadene vil minke ettersom dødeligheten øker. Dette er et direkte resultat av at et redusert antall fisk må fôres, og denne kostnadsposten vil dermed være mindre ved eksempelvis 2 % dødelighet enn ved 1 % dødelighet. De 7 behandlingene med tilhørende 6 dager sulting resulterer i 42 tapte fôringsdøgn som er grunnet lusebehandlingene.

Forsikringskostnadene er direkte forbundet med biomassen en har tilgjengelig i merdene ved et tidspunkt t. Det viser seg som forventet at forsikringskostnadene minker ved høyere behandlingsdødelighet grunnet lavere biomasse å forsikre. Dette er en mindre kostnad sett i forhold til totale produksjonskostnader, men er allikevel verdt å bemerke.

#### 7.4.3 Produksjonskostnad per kilo slaktet fisk, levende vekt

I produksjonskostnadene per generasjon levende vekt ved slakting, er et flertall av kostnadspostene like, et resultat av at kostnadene er satt uavhengig av antall fisk som produseres. I dette tilfellet ses det på kostnadene i forhold til antall kilo slaktet fisk, som gir et tydeligere bilde på de faktiske kostnadene som forekommer.

Produksjonskostnaden per kilo slaktet fisk viser at alle faktorene endres ettersom behandlingsdødeligheten endrer seg. Dette er essensielle tall å se nærmere på da disse

representerer de faktiske kostnadene oppdretter bør forholde seg til i produksjonen av en generasjon.

#### 7.4.4 Slaktekostnad HOG og relaterte kostnader per generasjon

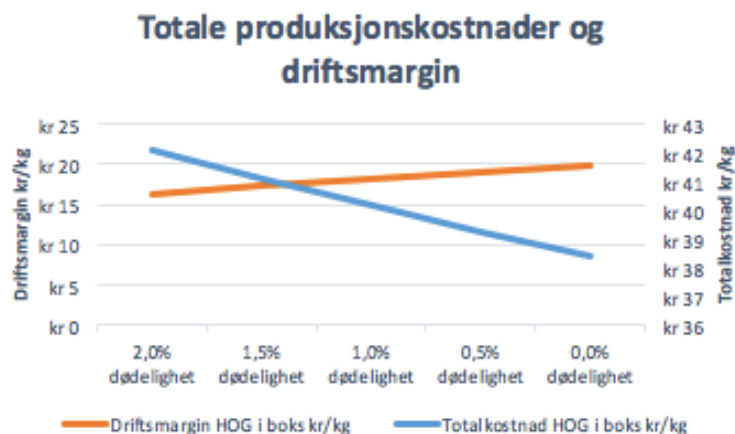
Slaktekostnad og tilhørende kostnadsposter som eksempelvis brønnbåt og markedsføringskostnader vil som forventet minke samtidig som dødeligheten øker, som et resultat av færre fisk og mindre biomasse å behandle.

#### 7.4.5 Driftsmargin og margin per generasjon HOG ved ulike behandlingsdødeligheter

Driftsmarginen oppdretterne har etter utslakting av den enkelte generasjonen er gitt ved uttrykket;

$$\text{Driftsmargin} = I_{tot} - (K_{prod} + K_{marked,slakt}) \quad (5)$$

Der  $I_{tot}$  er den totale inntekten,  $K_{prod}$  er den totale produksjonskostnaden og  $K_{marked,slakt}$  er slakte og markedsføringskostnader. Oppdretters driftsmargin og produksjonskostnader HOG ved de ulike behandlingsdødelighetene er illustrert i Figur 31.



Figur 31: Totale produksjonskostnader og driftsmargin ved ulike behandlingsdødeligheter

Fra Tabell 16 ser en at resulterende driftsmargin gitt de ulike behandlingsdødelighetene varierer mellom i underkant av 71 og 101 millioner kroner for samme generasjon. Dette tilsvarer en driftsmargin HOG ferdig slaktet i boks på mellom 16,33 og 19,94 kroner. Det er med andre ord hele 30 millioner kroner i forskjell på driftsresultatet per generasjon. De tilhørende indirekte kostnadene forbundet med de ulike behandlingsdødelighetene er presentert i Tabell 17.

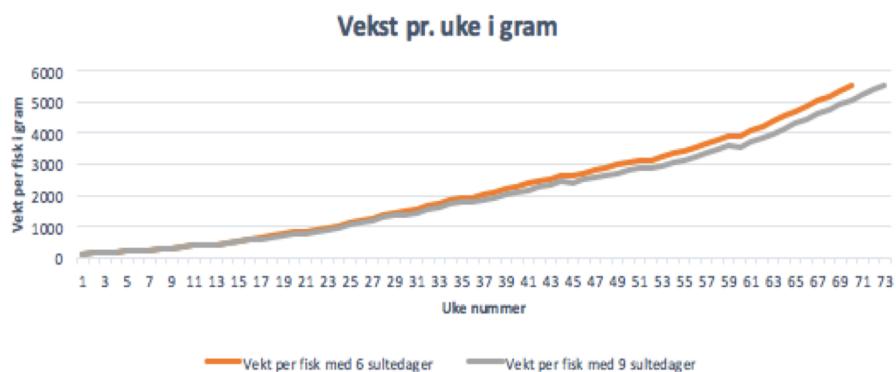
Tabell 17: Resultat fra sensitivitetsanalyse for ulike behandlingsdødeligheter

Behandlingsdødelighet	0 %	0,5 %	1,0 %	1,5 %	2,0 %
Død rund biomasse	0kg	81 503 kg	159 560 kg	234 277 kg	305 745 kg
Antall dødfisk	0	40 449 stk	79 674 stk	117 705 stk	154 572 stk
Prod. Kost dødfisk	0kr	2,29 millioner kr	4,60 millioner kr	6,93 millioner kr	9,29 millioner kr
Margintap ved 60kr/kg	0kr	4,80 millioner kr	9,07 millioner kr	12,83 millioner kr	15,26 millioner kr
Sum prod. og margin	0kr	7,09 millioner kr	13,67 millioner kr	19,76 millioner kr	24,55 millioner kr

## 7.5 Sensitivitetsanalyse antall sultedager

Videre ble det analysert hvilken påvirkning antall sultedager har på driftsresultatet. Dette ble gjort med formål å avdekke den reelle kostnaden forbundet med redusert vekst.

Simuleringen skal belyse forskjellen mellom seks og ni sultedager i et scenario med 8 lusebehandlinger. Sultedagene er ment å illustrere sultingen før lusebehandlingen i tillegg til redusert tilvekst og appetitt i de påfølgende dagene etter at behandlingen er utført. Fra Appendix D er det konstruert en vekstkurve på ukesbasis, som vist i Figur 32. Smoltstørrelsen er 130 gram.



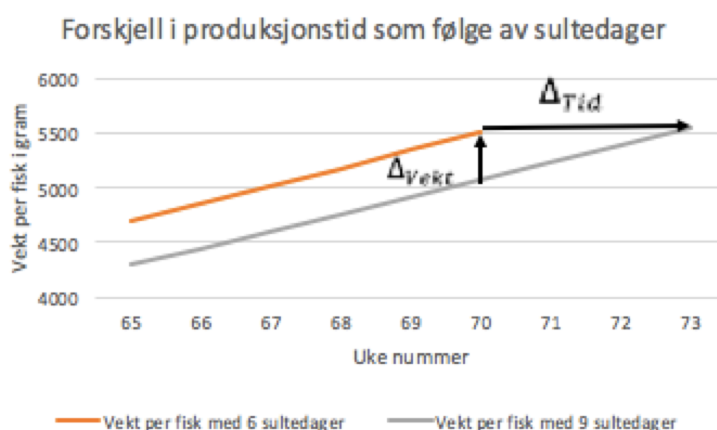
Figur 32: Vekstkurve på ukesbasis for utsett 01.04.

Av kurven ser en at de to grafene følger hverandre frem til uke 13, da den første behandlingen med 1 % dødelighet finner sted. De tre ekstra sultedagene gir noe utslag, men blir mer fremtredende ettersom de øvrige mekaniske behandlingene finner sted i uke 21, 30, 36, 45, 52 og 60. Fra Appendix D og Figur 32, finnes resultatene presentert i Tabell 18.

Tabell 18: Forskjell i driftsresultat ved 3 ekstra sultedager per behandling

	Scenario 1 - 6 sultedager	Scenario 2 - 9 sultedager
Antall uker i sjø	70 uker	73 uker
Antall sultedager per behandling	42 dager	63 dager
Driftsresultat	85,37 millioner kr	85,53 millioner kr

Resultatene fra Tabell 18 er gitt at laksen i begge scenarioer får vokse til 5,50 kilo. En må her være oppmerksom på at all fisk blir fremfôret til alle når 5,5 kilo levende vekt. Ettersom målet med denne analysen er å vise forskjellen i margin gitt og som følge av sulting, gjøres det en ny analyse. Fra Figur 33 og Appendix D finner en at de 21 ekstra sultedagene utgjør at scenarioet med 9 sultedager har oppnådd en vekt på 5071 gram etter 70 uker i sjø. På dette tidspunktet er både  $\Delta_{Vekt}$  og  $\Delta_{Tid}$  kjente parametere, og det utføres ytterligere en analyse for å se virkningen av dette.



Figur 33: Forskjell i produksjonstid til 5,5 kilo med og uten sulting

Alle andre faktorer holdes konstante, med unntak av inn-parameteren *planlagt slaktevekt* i *scenario 2* som i dette tilfellet settes til 5071 gram. Av resultatene fremkommer det en driftsmargin på 77,29 millioner kroner. Ved å sammenligne driftsmarginen i *scenario 1* i Tabell 18, med driftsmarginen til *scenario 2*, finner en det reelle tapet i margin for oppdretteren.

Den tapte marginen kan uttrykkes ved forskjellen mellom driftsmargin i *scenario 1*, der laksen står i sjø i 70 uker og blir 5502,9 gram og *scenario 2* der den samme fisken står i sjø i 70 uker og blir 5071,0 gram som vist i Tabell 19.

Tabell 19: Reell forskjell i driftsresultat mellom 6 og 9 sultedager per behandling

	Scenario 1 - 6 sultedager	Scenario 2 - 9 sultedager	Forskjell Δ
Slaktevekt	5502,9 gram	5071,0 gram	431,9 gram
Antall uker i sjø	70 uker	70 uker	0
Driftsresultat	85,37 millioner kr	77,29 millioner kr	8,08 millioner kr

Som dette eksempelet viser vil en avkortning i biomasseutviklingen på tre uker utgjøre et direkte tap i driftsresultatet på 8,08 millioner kroner. Sulteffekten er derfor sammen med dødelighet de mest negative indirekte økonomiske faktorene ved avlusing slik det her er tenkt gjennomført for en hel generasjon.

## 7.6 Smoltstørrelse og påvirkning på lakselusproblemet

I den tradisjonelle produksjonsmodellen i den norske oppdrettsnæringen tilbringer smolten vanligvis 12-22 måneder i sjø før den har vokst seg stor nok til å slaktes. Disse månedene i sjø gjør laksen sårbar i forhold til ulike faktorer, der lakselus kanskje er den faktoren med størst påvirkning.

(Berget, 2016) illustrerte hvordan den reduserte eksponeringstiden i sjø med en postsmolt på 1,0 kilo ville ha i forhold til perioder med høyt lusepåslag og sykdomspress. I denne oppgaven er det ikke sett på så stor postsmolt. Grunnen til dette er oppfattelsen om at produksjon av så stor postsmolt ligger så langt frem i tid at det vil være mer nærliggende å undersøke postsmolt i størrelsesomfanget 130-500 gram.

Basert på de samme prinsippene som Berget, ble det analysert hvilken effekt økt smoltstørrelse vil ha på eksponering mot periodene med høyt lus og sykdomspress i perioden juli-desember. Spesielt er lusepresset høyt i perioden juli-oktober. (Berget 2016).

Analysen bygger på følgende parametere presentert i Tabell 20. I analysen er det antatt at en ved å sette ut en 300 grams postsmolt vil spare én avlusing, og ved utsett av en 500 grams postsmolt vil spare 3 avlusinger kontra utsett av en tradisjonell 130 grams smolt.

Tabell 20: Sensitivitetsanalyse på smoltstørrelse

	130 gram	300 gram	500 gram
Antall smolt satt ut 01. April	1 250 000	1 250 000	1 250 000
Antall uker i sjø	70 uker	63 uker	56 uker
Antall lusebehandlinger for generasjonen	8 behandlinger	7 behandlinger	5 behandlinger
Antall sultedager per behandling	6 sultedager	6 sultedager	6 sultedager
Basisdødelighet for generasjonen	12 %	12 %	12 %
Markedspris for kvalitet superior	60 kr	60 kr	60 kr
Nedklassing ved behandling	1 % per behandling	1 % per behandling	1 % per behandling
Behandlingsdødelighet	1 % per behandling	1 % per behandling	1 % per behandling

Simuleringen bygger på tre ulike utsett med ulik størrelse på smolten. Det er forutsatt at alle utsettene skjer den 01. April, og det er dermed fokusert på vårsmolt. De beregnede verdiene fra modellen er presentert i Tabell 21.

Tabell 21: Resultater fra sensitivitetsanalyse på smoltstørrelse

Smoltstørrelse	130 gram	300 gram	500 gram
Produksjonskostnad	28,81 kr/kg	27,75 kr/kg	27,29 kr/kg
Biomasse HOG	4689 tonn	4824 tonn	4909 tonn
Salgsinntekt	273,7 millioner kr	282,2 millioner kr	288,3 millioner kr
Totalkostnad HOG	40,17 kr/kg	38,90 kr/kg	38,35 kr/kg
Driftsresultat	85,4 millioner kr	94,6 millioner kr	100,1 millioner kr
Driftsresultat HOG	18,21 kr/kg	19,60 kr/kg	20,39 kr/kg
Direkte kostnader	21,9 millioner kr	18,4 millioner kr	11,7 millioner kr
Indirekte kostnader	29,6 millioner kr	25,5 millioner kr	15,6 millioner kr

Som forventet viser resultatene en reduksjon i de sentrale kostnadspostene ved bruk av større smolt. Dette har sammenheng med at en sparer avlusinger, noe som også påvirker sulting, nedklassing og behandlingsdødelighet, som inngår i de indirekte kostnadene til produksjonen av den enkelte generasjon.

## 8. Diskusjon

### 8.1 Lønnsomhet i en syklisk bransje

Havbruksnæringen er som råvaremarkeder flest, syklisk. Dette betyr at næringen preges av konjunkturer som gjerne varer noen år. De siste årene har norsk havbruksnæring opplevd en høykonjunktur, med god lønnsomhet for de aller fleste aktører og ledd i næringen.

Siden produksjonskostnadene jevnt over er forutsigbare, påvirkes lønnsomheten i stor grad av lakseprisen. Lakseprisen er naturligvis en funksjon av tilbud og etterspørsel. Som økonomisk teori tilsier, finnes det også for dette markedet et likevektspunkt hvor tilbud og etterspørsel møtes. Lakseprisen er likevel hverken stabil eller konstant, og dette er det flere grunner til. Det globale laksemarkedet vokser kraftig, men i ulik grad i forskjellige regioner. Effekten av stor variasjon i tilbud og etterspørsel bidrar til ustabile priser. En annen viktig faktor er den relativt sett lange forsinkelsen mellom produksjonsstart og salg av sluttprodukt. Dette fenomenet kan forklares av spindelvevsmodellen i kapittel 5.3.

Det er knyttet usikkerhet til laksenæringens fremtidige vekst. Dette på tross av at en opplever gode tider, hvor den økende lakseprisen fører til omsetningsrekorder for flere oppdrettere. Produksjonsvolumet i den norske oppdrettsnæringen har vært tilnærmet flatt de fem siste årene. Dette tilsier at det i stor grad kun har vært den økende lakseprisen som har bidratt til veksten i omsetningen til oppdrettsselskapene. Dette kan bli problematisk på sikt, da det er vanskelig å arbeide og forutse fremtiden i en næring hvor veksten primært kun er et resultat av prisoppgang. Det er grunn til å tro at prisveksten enten vil stagnere, eller at prisen blir så høy at konsumentene finner substitutter for den norske oppdrettslaksen.

Aberet er at selv om lønnsomheten i næringen er god, har den høye lakseprisen til en viss grad kamuflert de bakenforliggende årsakene til økningen i kostnadsbildet. Dette har gjort at aktører som ubevisst tar suboptimale strategiske beslutninger omkring lakselusbekjempelse likevel har hatt god lønnsomhet. I dagens havbruksnæring er det alt for få beslutningsmodeller som understøtter muligheten for enda større driftsresultater for den enkelte lokasjon.

Selv om Norge er i verdenstoppen på havbruk og teknologiske løsninger, vil dagens produksjonstak gjøre at Norge kan seile akterut som internasjonal aktør på lang sikt. Det er

naivt å forsinke teknologiske nyvinninger, og nye driftsmetoder i redsel for at oppdrettsanleggene skal flyttes ut av landet.

Myndighetenes motvilje til å dele ut nye lisenser er en åpenbar påvirkning på den stagnerende produksjonen. Dette er fordi utnyttelsen av de allerede utdelte lisensene gjerne har nådd sine maksima. En mulig løsning er at noen av de utdelte utviklingskonsesjonene bidrar til mer bærekraftig produksjon.

Hvis man får hevet produksjonstaket for norsk oppdrettslaks gjennom å redusere lusepåslaget, eksempelvis gjennom bruk av postsmolt, vil næringen fortsette å vokse i tråd med det internasjonale markedet. Da må trafikklystiltaket ha anledning til å virke, da dagens MTB-reglement alene ikke vil heve produksjonstaket.

Introduksjonen av trafikklysordningen viser at myndighetene representert av fiskeriministeren er klar over utfordringen, og proaktiv i forhold til tiltak. Myndighetene sender ut tydelige signaler om at de har ambisjoner om å øke produksjonsvolumet i havbruksnæringen, men at dette ikke skal gå på bekostning av miljøet.

## 8.2 Postsmolts innvirkning på MTB

Det eksisterer en misforståelse om at postsmolt vil øke produksjonen av laks i Norge, grunnet kortere produksjonstid i sjø. Utfordringen i Norge ligger derimot ikke i å utnytte lokalitets-MTB'en best mulig, da utvinningsgraden generelt er høy.

Det finnes i tillegg til lokalitets-MTB en konsern-MTB for hele selskapet, noe som gjør det mulig å flytte biomassens potensial mellom lokaliteter innad i selskapet (de store konsernene består gjerne av mange selskaper), slik at man oppnår best mulig utnyttelse av den totale konsern-MTB'en.

I dag utnytter norske selskaper MTB'en tilnærmet optimalt, og gevinsten av økt produksjon grunnet postsmolt er neglisjerbar (Bjørndal & Skram, 2017) (Furuset, 2016). Postsmolt vil derimot redusere antall fisk i sjøen, samt produksjonstiden i sjø. Dette vil indirekte redusere risikoen for rømning, luseeksponering og potensielt dødelighet. Et annet poeng er at brakkleggingsstrategien blir enklere om man har færre anlegg å koordinere.



En tommelfingerregel er at bruk av postsmolt øker slaktevekten med omtrent halvparten av differansen i smoltvekt. Om man øker smoltvekten fra 100 til 1000 gram vil slaktevekten bli 450 gram større for hver fisk. Dette fører til at man kan produsere samme mengde fisk på færre lokasjoner, og sannsynligvis redusere produksjonstiden i sjø mellom 6-9 måneder. (Furuset, 2016)

Det akademiske forskningsarbeidet som foreligger knyttet til optimalt slaktetidspunkt og rotasjonsproblemet baserer seg på ett og ett utsett, og ikke flere lokaliteter samtidig. Under litteraturstudiet ble det ikke avdekket teori som angår optimalisering av flere utsett og flere lokaliteter. Det optimale slaktetidspunktet for et utsett vil ha langt mindre betydning for lønnsomheten enn det samlede optimale slaktetidspunktet for konsernet i forhold til MTB-utnyttelse. Det er grunn til å anta at rotasjonen og slaktetidspunktene vil forskyves ved bruk av postsmolt, og dette vil være en sentral faktor for lønnsomheten til oppdretterne. Dette vil være et interessant tema for videre forskning.

For å oppnå optimal produksjon må hvert anlegg produsere opp mot lokalitets-MTB. I tillegg vil man unngå å sette ut stor fisk sammen med liten fisk, slik at den lille fisken blir hengende etter og stjele konsern-MTB. Det bør legges til rette for at merdene på den enkelte lokalitet bør slaktes så nære hverandre som mulig, for å unngå at en eller to merder (liten del av biomassen) blir hengende etter, og påvirker neste utsett eller produksjonen på andre lokaliteter.

MTB er et komplisert fagområde, og det favner ikke denne oppgaven å lage eksempler eller modeller for MTB-optimalisering. Dette er likevel et sentralt tema som i svært stor grad påvirker lønnsomheten til næringen, ikke minst på grunn av at laks slaktes i MTB-bulker, og gjerne på suboptimale tidspunkt i forhold til markedspris.

### 8.3 Totale lusekostnader

I rapporten *kostnadsdrivere i lakseoppdrett* anslår Nofima en samlet lusekostnad på 2,33 kroner per kilo i 2014 (Iversen , et al., 2015). Det påpekes at anslaget er usikkert og basert på enkelte antagelser fra forfatterne.

Ved bruk av simuleringsmodellen fra Inventura i kapittel 7.3 ble det anslått en total kostnad og effekt av margintap på til sammen 9,17 kroner per kilo HOG. I dette anslaget er det lagt til grunn de totale lusebehandlingskostnadene inkludert direkte og indirekte kostnader.

Estimatet til Nofima er betydelig lavere, og støtter opp mot utsagnet fra Knut Senstad om at oppdrettere kun fanger opp rundt en tredjedel av det økonomiske tapet knyttet til lakselus. (Petersen , 2018)

Totalkostnaden for håndtering av lakselus fra Nofima fremstår lav, og det kan være grunn til å tro at kostnadspostene for lus er underdimensjonert. Eksempelvis er de indirekte kostnadene slik de blir tolket, gitt ved ”tap” og er estimert til 0,22 kroner per kilo (Iversen , et al., 2015). I modellen fra Inventura står de direkte lusekostnadene per kilo alene for 3,90 kroner, hele 67 % høyere enn den anslåtte totalkostnaden fra Nofima.

Ved ensidig å kun se på de direkte lakseluskostnadene løper hele næringen risiko på å ta feil beslutninger om den absolutt mest sentrale driftsforstyrrelsen. For det første måles ikke forstyrrelsen korrekt, aktørene har ikke tilgang til interne egne data, og investeringsbeslutninger antas derfor å ikke alltid være optimale. Derved løper en risiko på å forringe en av de mest påvirkbare forstyrrelsene omkring driftsmarginen til hver utsatt generasjon, og da til ukjente nivåer.

Sett i lys av forskningsrådets prosjekt ”*Salmon lice. The effect on reputation, economics and industry development*” hevder prosjektleder Frank Asche at lakselusen i gjennomsnitt koster 3,50 kroner per kilo slaktet laks i midt Norge, og nærmere 5 kroner per kilo lengre sør i landet (Forskningsrådet, 2016). Dette er nærmere resultatene som fremkommer i denne analysen, men forskjellen er fremdeles markant, og det stilles spørsmål ved hvorvidt alle påvirkende faktorer for luseproblematikken inkluderes i den øvrige litteraturen på emnet.

#### 8.4 Indirekte lusekostnader

Som fremkommer av simuleringene er de indirekte kostnadene knyttet til lusebehandling på en størrelse som påvirker bunnlinja betydelig, og de er derfor en kritisk faktor for lønnsomheten. Selv om alle oppdrettere forstår at dødfisk og avlusinger stjeler en betydelig del av marginen, er det lite informasjon og åpenhet rundt hvor mye disse faktorene påvirker lønnsomheten.

Det er et tankekors at dette temaet ikke har blitt belyst i større grad tidligere. Denne oppgaven har i hovedsak fokusert på de økonomiske aspektene ved lusebehandling, men dette er også et biologisk problem som omhandler fiskehelse og miljøet rundt lokalitetene.

### **Dødelighet**

I tillegg til den naturlige dødeligheten i oppdrettsanleggene, finnes det også dødelighet forbundet med ulike behandlinger. I denne oppgaven har behandlingsdødeligheten primært vært illustrert til den mekaniske avlusningsmetoden Thermolicer. Andre ikke-medikamentelle metoder kunne også vært brukt i simuleringene med samme indirekte forstyrrelse, og gitt samme type resultat. Denne oppgaven fremstiller ikke den ene metoden som bedre eller dårligere enn konkurrentene, men er benyttet som et konkret eksempel. En har her basert seg på innleie av lekter/servicefartøy, samt innleie av brønnbåter/spesialfartøy der slike fartøy blir benyttet. Døgnrater som er gjeldene for norsk havbruk er lagt til grunn for slike tjenester. Det ble utført sensitivitetsanalyser der en så på hvilken påvirkning behandlingsdødeligheten har på tapt margin, hvilket viste seg å påvirke bunnlinjen betydelig.

I kapittel 7.4 ble det observert et gjennomsnittlig tap i margin på 1,95 millioner kroner med en behandlingsdødelighet på 1 %. Dette inkluderer produksjonen av dødfisk, samt margintapet oppdretter opplever da han ikke får solgt fisken. Kostnadene er gjeldende med et driftsresultat på 18,21 kroner per kilo HOG.

En behandlingsdødelighet på 1 % koster altså oppdretteren nærmere 2,0 millioner kroner per behandling per generasjon med 1,25 millioner smolt. I simuleringen er det antatt 7 behandlinger med som medfører behandlingsdødelighet i løpet av en generasjon. Dette tilsvarer en total kostnad på 13,67 millioner kroner per generasjon.

Utviklingen av avlusningsmekanismer har vært store i de senere år. I og med at mekanisk avlusing er såpass nytt, er det nærliggende å tro at utviklingen her har vært enda større. Dette vil si at hvis en oppdretter sitter på utstyr som er 2-3 år gamle kan dette allerede være utdatert i forhold til eksempelvis behandlingsdødelighet. Med utgangspunkt i eksempelet ovenfor vil en reduksjon i behandlingsdødelighet fra 1,0 % til 0,5 % nærmest halvere tapet i marginen. (Ytreberg, 2015) meddeler at en Thermolicer koster rundt 18,5 millioner per stykk. Eksempelvis vil det ta kun noen måneder for en gjennomsnittsoppdretter med flere produksjonslokasjoner å dekke inn investeringskostnaden for en ny Thermolicer. Det er derfor

essensielt for oppdretter å se på det reelle tapet i margin som lakselusen fører med seg, da mindre grep og justeringer kan utgjøre store forskjeller i det endelige driftsresultatet.

### **Slaktekvalitet**

I forhold til slaktevekten skiller en mellom superior, ordinær og produksjonskvalitet, rangert fra beste til dårligste kvalitet. I likhet med diskusjonen under dødelighetskapittelet vil en 1 % nedgradering i slaktekvalitet<sup>22</sup> ha stor innvirkning på den tapte marginen. I kapittel 7.3 ble det gjort en analyse som viser at nedgraderingen i produksjonskvalitet tilsvarer et tap i margin på nesten 600 000 kroner per behandling, per sjøanlegg. Her er det lagt til grunn en biomasse på 4941 tonn, inkludert den naturlige dødeligheten.

Diskusjonen rundt hvordan dette kan bedres vil i likhet med behandlingsdødeligheten i stor grad omhandle utstyr og behandlingsmetode. Med så store påvirkninger på marginen som en ser i begge tilfellene ses det som svært fordelaktig å investere i nytt utstyr og/eller behandlingsmetoder som kan redusere både behandlingsdødelighet og andel av populasjonen som nedgraderes i kvalitet grunnet brukt metode. De samlede kostnadene er av den størrelsesordenen at store investeringer med moderat levetid kan gjøres. Altså kan en investering i nytt forbedret utstyr og eller rask innfasing av nye metoder være nedbetalt i løpet av svært få måneder, slik at dette skaper varige merverdier.

### **Sultedager**

Tapt tilvekst grunnet sultedager viser seg å kunne forlenge produksjonstiden, og eventuelt føre til at laksen slaktes på en suboptimal vekt. Simuleringene i kapittel 7.5 viste at ved åtte avlusninger ville forskjellen mellom seks og ni sultedager føre til en redusert tilvekst på 491 gram ved en produksjonstid på 70 uker, der fisken med flest sultedager slaktes ved 5071 gram. Dette er tapt biomasse per fisk, og den totale kostnaden for de totalt 21 ekstra sultedagene utgjør et gjennomsnittlig tap i margin på 1,15 millioner kroner per behandling. Den totale kostnaden beløp seg til hele 8,08 millioner kroner for det undersøkte scenarioet.

---

<sup>22</sup> Laks deles inn i tre kategorier etter slaktekvalitet.

- *Superior* er fisk uten lyter fra sykdom eller behandling,
- *Ordinær* er laks med lukkede sår
- *Produksjon* er laks med åpne sår

Sultedager skal også ta hensyn til redusert appetitt i etterkant av avlusning, noe som gjør faktoren vanskelig å bestemme nøyaktig. Biologisk vekst er ikke en eksakt vitenskap, og det forekommer naturlige variasjoner fra generasjon til generasjon. I forsøket er alle faktorer konstante bortsett fra antall sultedager, som kan påvirkes av eksterne faktorer i forbindelse med avlusningen, eller grad av redusert appetitt i etterkant. I forsøket er det satt åtte avlusninger med henholdsvis seks og ni sultedager. Dette resulterte i en endring på over 8 millioner på driftsresultatet.

Dette er en betydelig sum, men utslaget ville blitt mye større om man hadde kjørt sensitivitet på antall avlusninger i tillegg. Dette ble vurdert som unødvendig ettersom hovedpoenget var å avdekke at hver eneste sultedag har markant påvirkning på driftsresultatet.

Resultatene fra kapittel 7.4 viser at oppdretterne vil ha rom for større investeringer i nytt og forbedret utstyr, spesielt med tanke på en reduksjon i kostnadene forbundet med lakselus. Det undersøkte scenarioet viser et tap i margin på 29,61 millioner kroner, tilsvarende 9,17 kroner per kilo HOG for en enkelt generasjon. Om dette er tilfellet for alle norske oppdrettere, vil det årlige margintapet som følge av lusebehandling overstige 11 milliarder kroner på landsbasis for 2017.

## 8.5 Direkte kostnader

Trenden i norsk havbruk er at oppdretterne i hovedsak fokuserer på de direkte kostnadene. Dette utgjør i overkant av halvparten av den totale lusekostnaden, og er en sentral del av kostnadsbildet. De direkte lusekostnadene inkluderer, men er ikke begrenset til brønnbåt, lønn, avlusningsmiddel, innleie av lekter, servicefartøy og brønnbåter, samt fjerning av dødfisk. Selv om det innkjøpsmessig kan være litt forskjeller mellom oppdrettsselskapene, vil kjøp av varer og tjenester knyttet til lakselusbekjempelse være ganske standardisert. Om denne kostnadsposten varierer 10 % vil det ha marginal effekt i forhold til merverdien det medfører å skaffe til veie det utstyret som gir lavest dødelighet og produksjonsforstyrrelser.

Av denne grunn fokuserer oppgaven på å avdekke og tallfeste de indirekte kostnadene, og ulike sensitiviteter knyttet til disse. Dette betyr ikke at oppdretterne skal miste fokuset på direkte kostnader, men at dette bare er en mindre og relativt standardisert del av driftsresultatet.

Til slutt poengteres det at det i mange tilfeller vil lønne seg å gå i dybden på anskaffelseskostnaden. Med tanke på størrelsesforholdet mellom direkte og skjulte, indirekte kostnader, kan det være grunn til å anta at mange oppdrettere har hatt for stort fokus på direkte produksjonskostnader, og ikke sett margintapet de indirekte elementene medfører. De direkte kostnadene inkluderer både basisvarer som eksempelvis brønnbåt, hvor dagraten i mindre grad avhenger av kvaliteten på tjenesten, men også spesialprodukter, som eksempelvis luselektre, hvor kvaliteten og effektiviteten er proporsjonal med dagraten. Det er derfor mer hensiktsmessig å gjøre en kostnad-nytte-analyse for å finne den optimale avlusingsstrategien, heller enn å fokusere på å minimere en kostnadspost hvor lav kvalitet vil påvirke margintapet betydelig.

### 8.6 Postsmolts innvirkning på driftsresultatet

I innledningen ble det presentert en hypotese om at bruk av postsmolt ville redusere eksponeringstid i sjø, føre til lavere dødelighet, mer robust fisk, kortere produksjonssykluser, hyppigere brakklegging av lokaliteter og lavere kostnader knyttet til avlusing og sykdommer

Resultatene fra analysen samsvarer godt med hypotesen. For det første viser Tabell 20 at et utsett ved 500 gram sammenlignet med et utsett på 130 gram, reduserer eksponeringstiden i sjø med tre og en halv måned. Dette betyr i praksis at lokaliteten kan brakklegges oftere. I tillegg til dette gir resultatene en indikasjon på at man ved å sette ut større smolt kan redusere antall eksponeringsperioder med stort luse- og sykdomspress til én periode. Dette vil på sin side gi lavere kostnader knyttet til avlusing, sykdommer og dødelighet forbundet med behandling av disse.

Det bemerkes likevel at periodene med høyt lusepåslag og smittepress ikke nødvendigvis vil forekomme. Et høyt lusepress er avhengig av lusens tilstedeværelse i nærheten av sjøanlegget. Perioden fra August til Desember er perioden med gode vekstvilkår for lus, bakterier og smitte grunnet høye sjøtemperaturer. Denne perioden oppfattes derfor ofte som kritisk da forholdene for spredning og utvikling ligger til grunn.

Det er interessant at marginen blir omtrent 2 kroner høyere per kilo for 500 grams smolt enn for 130 grams smolt. I eksempelet vil dette utgjøre omtrent 15 millioner kroner for et utsett. Dette funnet er med på å bygge opp under teorien om at kjøp av postsmolt eller investeringer i RAS-anlegg kan være lønnsomt som vist i kapittel 6.4. Dette viser også entydig i retning av at

lusekostnaden er av en slik størrelse at oppdretterne bør strekke seg langt for å unngå hver eneste avlusing.

## 8.7 RAS-anlegg

Ved å belyse de indirekte kostnadene knyttet til avlusing, samt å komme med realistiske eksempler på investeringer og løsningsmetoder, ønsker denne oppgaven å motivere oppdrettere til å løse luseutfordringen med nye driftsmetoder og teknologier.

Å investere i et RAS-anlegg for produksjon av postsmolt til 600 millioner kroner fremstår som en enorm investering for konservative oppdrettere. Et av hovedargumentene er at man ikke ser behovet for å ta risiko og redusere marginene sine når man tross alt har hatt høy lønnsomhet de siste årene.

Overgangen til postsmolt kommer til å skje gradvis, og smoltstørrelsen har økt jevnt og trutt de siste årene. Det er ingen grunn til å produsere størst mulig smolt, og det er lite sannsynlig at kostnadsnivået i Norge tillater å produsere smolt opp mot 1000 gram i RAS-anlegg. Dette ble vist i analysen i kapittel 6.4.1. På sikt kan man likevel se for seg lønnsomhet for et RAS-anlegg. Hvis postsmolt resulterer i sterkere smolt og mindre lus som følge av kortere eksponeringstid i sjø, vil postsmolt også bli en eksklusiv salgsvare. De færreste aktørene har finansiell kapasitet og vilje til å gjennomføre slike investeringer, og det er rimelig å anta en solid inntekt dersom overflødig smoltproduksjon blir solgt til konkurrenter.

Den økonomiske usikkerheten til slike RAS-anlegg er i hovedsak knyttet til lakseprisen, og teknologien bak. Dersom postsmolt opp mot kiloet skulle dø grunnet menneskelig svikt, behandlingsavgang, teknisk svikt eller sykdom, vil det gi alvorlige økonomiske konsekvenser langt utover dagens normalsmolt. Dette skyldes at postsmolt har en betydelig større beholdningsverdi<sup>23</sup> og vokser markant raskere enn normalsmolten. Følgelig må produsenter av postsmolt sikre seg, og minst være klar over de ulike kostnads- og margintapene som kan inntreffe. Det vil bli enda viktigere for disse oppdretterne å sikre seg tilgang og bruk av lignende verktøy som det har blitt belyst i denne oppgaven.

---

<sup>23</sup> Verdien av biomassen i anlegget.

Teknologien bak RAS-anlegg er en av driverne for at postsmolt har vært i vinden de siste årene. Postsmolt kan også produseres i flytende lukkede anlegg eller i tradisjonelle gjennomstrømningsanlegg for smoltproduksjon. Det er på nåværende tidspunkt uklart hva som er den beste strategien, men funnene i simuleringene viser at lusekostnaden er såpass stor at det bør være svært interessant for oppdrettere å vurdere alle produksjonsmuligheter for å unngå eller redusere lusepåslaget.

En av hypotesene bak RAS-anleggene er at den produserer sterkere og mer motstandsdyktig smolt, både mot sykdommer og lakselus. Dette er ikke tatt hensyn til i beregningene gjort i kapittel 7.5, med unntak av antagelsen om et redusert antall behandlinger ved bruk av postsmolt. Hvis hypotesen viser seg å stemme vil det være spennende å se hvilke utslag det reelt sett vil ha på oppdretterens profitt, eller hvor mye tapet i margin kan reduseres.

Det totale margintapet estimert i kapittel 7.4, beløp seg til hele 9,17 kroner per kilo HOG for en enkelt generasjon. Ved å bryte dette ytterligere ned kan en se hvilken påvirkning de enkelte postene som medfører tapet i margin tilsvarer. Eksempelvis vil en reduksjon i behandlingsdødelighet fra 1,0 % til 0,5 % medføre en reduksjon i margintapet på hele 6,58 millioner kroner per generasjon fisk, funnet fra resultatene i kapittel 7.4. Disse elementene vil medføre en lavere produksjonskostnad, som på sin side igjen kan ha stor påvirkning på resultatene fra netto nåverdi-beregningene. I praksis betyr dette at hvis det skulle vise seg at smolten blir sterkere og mer motstandsdyktig i et RAS-anlegg, kan tapet i margin reduseres kraftig, slik at en kan optimalisere driftsresultatet.

## 8.8 Lakseoppdrett i fremtiden

Et viktig poeng er at mange oppdrettere er nysgjerrige, men samtidig usikre på hva de nye driftsformene vil resultere i, grunnet investering og høyere produksjonskostnad. Denne oppgaven viser med tydelighet at den driftsformen med størst driftsmargin er vinneren. Kombinasjonen av lite fokus på indirekte kostnader (tapt lønnsomhet) og høye investeringskostnader har gjort konservative oppdrettere skeptiske til nye driftsformer. I simuleringene er det benyttet en laksepris på 60 kroner per kilo, som er i tråd med hva analytikerne forventer de neste årene. Lakseprisen har, blant annet grunnet lang produksjonstid og varierende tilbud og etterspørsel, vist seg å være svært vanskelig å spå. Enkelte hevder også at denne svært gode perioden for norske oppdrettere vil bli etterfulgt av en lavkonjunktur.



Gradvis større postsmolt er en driftsform som ikke nødvendigvis trenger å basere seg på store investeringskostnader. Dersom oppdretter velger å sette ut større smolt for å redusere eksponert tid i sjø, vil de indirekte kostnadene knyttet til avlusing sannsynligvis heve driftsmarginen for de fleste oppdrett. I tillegg oppnår man synergieffekter som mindre spredning av lus mellom anlegg.

Som vist i simuleringene i kapittel 7, vil kombinasjonen av færre avlusinger, mindre dødelighet og mindre tapt tilvekst påvirke bunnlinja i så stor grad at det er vanskelig å se for seg hvordan mellomstor postsmolt kan unngå å bli bransjestandard.

Et svært viktig poeng angående postsmolt er at beholdningskostnaden underveis øker, noe som fører til at eksempelvis alge- eller sykdomsutbrudd med påfølgende driftsforstyrrelser vil ha større økonomiske konsekvenser enn for tradisjonell smolt.

## 9. Konklusjon

Hovedfunnet i simuleringene er at den totale kostnaden og de faktiske reelle margintap knyttet til lakselusbehandlingene som her er belyst er på 9,17 kroner per kilo HOG gitt en markedspris på 60 kroner per kilo HOG. Av dette er over halvparten knyttet til skjulte, ikke normalt opplyste indirekte kostnads- og marginforhold som ikke kommer med i regnskapet, og som ikke blir en del av det overordnede beslutningsgrunnlaget ved dagens lakselusbekjempelse.

Dette er tapte driftsmarginer i hovedsak grunnet tapt tilvekst, nedklassing av slaktekvalitet og økt dødelighet. Det er helt sentralt at oppdretterne forstår forskjellen mellom margin og netto fortjeneste etter at kostnadene er fratrukket, kontra det å i hovedsak fokusere på direkte kostnader. Marginen betyr mye mer for lønnsomheten enn hva kostnadene gjør. Summen på 9,17 kroner per kilo HOG er langt over hva Nofima og andre forskningsinstitusjoner har operert med. Dette skyldes at det med stor sannsynlighet ikke har blitt tatt hensyn til de indirekte kostnadene tidligere, samt at usikkerheten rundt tallene har vært stor.

Den totale behandlingkostnaden utgjør enorme summer for oppdretterne. Skulle Norge som sådan i snitt ha disse forholdene, snakker vi om over 11 milliarder kroner i årlig effekt for å bekjempe lakselus. Det er sentralt at oppdrettsnæringen tar innover seg denne kunnskapen slik at det blir lettere å ta riktige beslutninger angående innkjøps- og behandlingsstrategier.

Postsmolt er et steg i riktig retning for å redusere lusepåslaget gjennom redusert eksponeringstid i sjø. Det poengteres at smoltstørrelsen gradvis har blitt større de siste årene, og at det er usikkerhet knyttet til hva som er den rette smoltstørrelsen for å optimalisere lønnsomheten og MTB-utnyttelsen. Et annet viktig funn er at postsmolt ikke vil øke produksjonsvolumet i Norge, ettersom det allerede produseres tilnærmet optimalt oppunder lokalitetenes pålagte MTB-begrensninger. På den andre siden kan det gjøre det lettere å optimalisere konsern-MTB ved at en kan flytte biomassens potensial mellom lokasjoner. En postsmolt på 500 gram i dette studiet gitt 3 færre lusebehandlinger, gir en produksjonskostnad som er 2 kroner lavere per kilo enn en tradisjonell smolt. Risikoen ved bruk av postsmolt er at beholdningskostnaden er større underveis, noe som gir oppdretter en større økonomisk nedside dersom lus, alger eller sykdom fører til massedødelighet.

## 10. Bibliografi

- Abolofia, J., Asche, F., & Wilen, J. E. (2017). *The cost of lice: Quantifying the impact of parasitic sea lice on farmed salmon*. Marine resource economics.
- Aldrin, M. (2017). *Reduksjon av luseutvikling ved bedre bruk av eksisterende muligheter*. Norsk regnesentral.
- Alsvik, E. T. (2016). *Det er størrelsen det kommer an på – Lønnsomhetsanalyse for ny produksjonsmodell og bruk av storsmolt*. UiS.
- Aarhus, I. J., Fredheim, A., Høy, E., & Winther, U. (2011, Juni 03). *Kartlegging av ulike teknologiske løsninger for å møte de miljømessige utfordringene i havbruksnæringen*. Hentet Juni 11, 2018 fra [www.regjeringen.no](http://www.regjeringen.no):  
[https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/fkd/vedlegg/rapporter/2011/sintef\\_kartlegging\\_ulike\\_teknologiske\\_loesninger2011.pdf](https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/fkd/vedlegg/rapporter/2011/sintef_kartlegging_ulike_teknologiske_loesninger2011.pdf)
- Asche, F., Sørvig, A., Sandvold, H. N., & Zhang, D. (2013). *Salmon aquaculture: larger companies and increased production*. Department of industrial economics, university of Stavanger. Taylor & Francis.
- Asche, F., & Bjørndal, T. (2011). *The economics of salmon aquaculture*. Wiley-Blackwell.
- Berg, A., Fjelldal, P. G., & Hansen, T. (2007). *Bivirkninger av vaksinasjon*. Hentet April 23, 2018 fra [www.imr.no](http://www.imr.no):  
[https://www.imr.no/filarkiv/2007/03/3.9.6\\_Bivirkninger\\_av\\_vaksinasjon.pdf/nb-no](https://www.imr.no/filarkiv/2007/03/3.9.6_Bivirkninger_av_vaksinasjon.pdf/nb-no)
- Berge, A. (2016, Oktober 31). *Urovekkende høy dødelighet på laks i oppdrett*. (Ilaks.no, Produsent) Hentet April 24, 2018 fra [www.ilaks.no](http://www.ilaks.no): <https://ilaks.no/urovekkende-hoy-dodelighet-pa-laks-i-oppdrett/>
- Berget, Å. (2016). *Postsmolt - en nøkkel til videre vekst?* UiS.
- Bjørndal, T., & Skram, A. (2017). *Land based farming of salmon - Economic analysis*. NTNU Ålesund.
- Bregnballe, J. (2015). *A guide to recirculation aquaculture*. The food and agriculture organization of the United Nations (FAO) and EUROFISH international organisation.
- Costello, M. J. (2006). *Ecology of sea lice parasitic on farmed and wild fish*. Cellpress.
- CtrlAQUA. (u.d.). *Definisjoner*. Hentet Mai 13, 2018 fra [www.ctrlaqua.no](http://www.ctrlaqua.no):  
<http://ctrlaqua.no/nb/om-ctrlaqua/definisjoner/>
- Ditlefsen, A. (2007, August 20). *Norges forskningsråd, Salmon thrive on electric lightning*. Hentet April 23, 2018 fra [www.forskningsradet.no](http://www.forskningsradet.no):  
<https://www.forskningsradet.no/en/Newsarticle/Salmon+thrive+on+electric+lightning/1236685398877>
- Erko seafood. (u.d.). *Laksens livssyklus*. Hentet April 23, 2018 fra [www.erkoseafood.no](http://www.erkoseafood.no):  
<https://erkoseafood.no/laks/>
- Ezekiel, M. (1938). *The cobweb theorem*. The quarterly journal of economics.
- Finstad, Ø. (2014, September 01). *Kverker lakselus med god kjemi*. Hentet Mai 04, 2016 fra [www.dn.no](http://www.dn.no): <https://www.dn.no/gasellene/2012/11/30/kverker-lakselus-med-god-kjemi>
- Fiskeri og havbruksnæringens forskningsfond. (2014, September 23). *NFR-OPP: Optimalisert Postsmolt Produksjon (NFR 217502/E40)*. Hentet Juni 01, 2018 fra [www.fhf.no](http://www.fhf.no):  
<https://www.regjeringen.no/contentassets/33616cac689647ddb5505ec672fb7f9/havforskningsinstituttet.pdf>
- Fiskeridirektoratet. (2016, 09 20). *Biomasse*. Hentet April 23, 2018 fra [www.fiskeridir.no](http://www.fiskeridir.no):  
<https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Drift-og-tilsyn/Biomasse>
- Fiskeridirektoratet. (2017, Februar 11). *Lønnsomhetsundersøkelse for laks og regnbueørret: Matfiskproduksjon*. Hentet April 24, 2018 fra [www.fiskeridir.no](http://www.fiskeridir.no):  
<https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Statistikk->

- akvakultur/Loennsomhetsundersoekelse-for-laks-og-regnbueoerret/Matfiskproduksjon-laks-og-regnbueoerret
- Fiskeridirektoratet. (2017, November 02). *Lønnsomhetsundersøkelse for laks og regnbueørret: Settefiskproduksjon*. Hentet April 24, 2018 fra [www.fiskeridir.no](http://www.fiskeridir.no): <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Statistikk-akvakultur/Loennsomhetsundersoekelse-for-laks-og-regnbueoerret/Settefiskproduksjon-laks-og-regnbueoerret>
- Fiskeridirektoratet. (2017, Oktober 26). *Rensefisk*. Hentet Mai 13, 2018 fra [www.fiskeridir.no](http://www.fiskeridir.no): <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Statistikk-akvakultur/Akvakulturstatistikk-tidsserier/Rensefisk>
- Fiskeridirektoratet. (2017, August 08). *Utviklingstillatelser*. Hentet Mai 04, 2018 fra [www.fiskeridir.no](http://www.fiskeridir.no): <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tildeling-og-tillatelser/Saertillatelser/Utviklingstillatelser>
- Fiskeridirektoratet. (2018, April 20). *Oversikt over søknader om utviklingstillatelser*. Hentet April 24, 2018 fra [www.fiskeridir.no](http://www.fiskeridir.no): <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tildeling-og-tillatelser/Saertillatelser/Utviklingstillatelser/Soekere-antall-og-biomasse>
- Forskningsrådet. (2016, September 09). *Lakselus spiser av fortjenesten*. Hentet Juni 10, 2018 fra [www.forskningsradet.no](http://www.forskningsradet.no): [https://www.forskningsradet.no/prognett-havbruk/Nyheter/Lakselus\\_spiser\\_av\\_fortjenesten/1254018969973](https://www.forskningsradet.no/prognett-havbruk/Nyheter/Lakselus_spiser_av_fortjenesten/1254018969973)
- Furuset, A. (2016, Oktober 25). *Finansanalytiker og toppsjefer tar ofte feil om storsmolt. Intrafish*.
- Havforskningsinstituttet. (2009, April 07). *Lakselus*. Hentet Mai 03, 2018 fra [www.imr.no](http://www.imr.no): <http://www.imr.no/temasider/parasitter/lus/lakselus/nb-no>
- Havforskningsinstituttet. (2011, Februar 28). *Høring av forslag om økt individvekt for settefisk av laks, ørret og regnbueørret (prøveordning)- utkast til forslag om endring i forskrift om drift av akvakulturanlegg (akvakulturdriftsforskrift)*. Hentet Juni 01, 2018 fra [www.regjeringen.no](http://www.regjeringen.no): <https://www.regjeringen.no/contentassets/33616cac689647d4bb5505ec672fb7f9/havforskningsinstituttet.pdf>
- Havforskningsinstituttet. (2016). *Risikovurdering norsk fiskeoppdrett 2016*. Havforskningsinstituttet.
- Hillier, D., & Ross, S. A. (2013). *Corporate finance*. McGraw-Hill.
- Horgheim, J., & Morland, A. (2017). *Miljøovervåking i havbruk*. Hentet April 23, 2018 fra [www.seasmart.no](http://www.seasmart.no): [http://www.seasmart.no/pdf/SeaSmart\\_Miljøtabeller%2010817.pdf](http://www.seasmart.no/pdf/SeaSmart_Miljøtabeller%2010817.pdf)
- Idsøe, J. (2014, Juni 09). *Stordriftsfordeler*. Hentet Juni 04, 2018 fra [www.snl.no](http://www.snl.no): <https://snl.no/stordriftsfordeler>
- iLaks. (2017, Mai 30). *Nytt anlegg omgjør slam fra fiskeoppdrett til gjødsel*. Hentet Mai 13, 2018 fra [www.ilaks.no](http://www.ilaks.no): <https://ilaks.no/nytt-anlegg-omgjor-slam-fra-fiskeoppdrett-til-gjodsel/>
- iLaks. (2017, August 15). *Nytt avlusingskonsept fra Steinsvik har kapasitet på 300 tonn fisk i timen*. Hentet Mai 28, 2018 fra [www.ilaks.no](http://www.ilaks.no): <https://ilaks.no/nytt-avlusingskonsept-fra-steinsvik-har-kapasitet-pa-300-tonn-fisk-i-timen/>
- iLaks. (2017, Juni 16). *Trafikklys indikerer laksevest i nord*. Hentet Juni 04, 2018 fra [www.ilaks.no](http://www.ilaks.no): <https://ilaks.no/trafikklys-indikerer-laksevekst-i-nord/>
- Iversen, A., Hermansen, Ø., Andreassen, O., Brandvik, R. K., Marthinussen, A., & Nystøyl, R. (2015). *Kostnadsdrivere i lakseoppdrett*. Nofima.
- Krogstad, M. F., & Bugge, C. (2013). *Optimering og analyse av rotasjonsproblemet i oppdrettsbransjen - effekten av en ny produksjonsregulering*. NHH. NHH.
- Kyst.no. (2018, Februar 18). *Eidesvik settefisk bygger nytt postsmolt-anlegg - kan nesten halvere tiden i sjø*. Hentet April 24, 2018 fra [www.kyst.no](http://www.kyst.no):

- <https://www.kyst.no/article/eidesvik-settefisk-bygger-nytt-postsmolt-anlegg-kan-nesten-halvere-tiden-i-sjoe/>
- laks.no. (u.d.). *Lakseeventyret*. (www.laks.no, Produsent) Hentet fra www.laks.no: <https://laks.no/lakseeventyret/>
- Lovdata. (2008, August 01). *Forskrift om drift av akvakulturanlegg. (akvakulturdriftsforskriften)*. Hentet Mai 13, 2018 fra www.lovdata.no: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2008-06-17-822>
- Lovdata. (2011, August 16). *Forskrift om krav til teknisk standard for flytende akvakulturanlegg (NYTEK-forskriften)*. Hentet Mai 03, 2018 fra www.lovdata.no: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2011-08-16-849>
- Lovdata. (2017, Mars 06). *Forskrift om bekjempelse av lakselus i akvakulturanlegg*. Hentet Mai 13, 2018 fra www.lovdata.no: <https://lovdata.no/dokument/LTI/forskrift/2017-03-06-275>
- Lusedata. (u.d.). *Om lakselus*. Hentet April 23, 2018 fra www.lusedata.no: <http://lusedata.no/om-lakselus/>
- Marine harvest. (u.d.). *Laksens livssyklus*. Hentet Juni 04, 2018 fra www.marineharvest.no: <http://marineharvest.no/products/seafood-value-chain/>
- Miljødirektoratet. (2015, Januar 21). *Lakselus*. Hentet April 23, 2018 fra www.miljodirektoratet.no: <http://www.miljodirektoratet.no/no/Tema/Arter-og-naturtyper/Villaksportalen/Pavirkninger/Lakselus/>
- Mustafa, A., Rankaduwa, W., & Campbell, P. (2001). *Estimating the cost of sea lice to salmon aquaculture in eastern Canada*. Can Vet.
- Nodland, E. (2016, Mars 21). *Fisken i lukkede anlegg kan også bli syk*. Hentet April 23, 2018 fra www.ilaks.no: <https://ilaks.no/fisken-i-lukkede-anlegg-kan-ogsaa-bli-syk/>
- Nodland, E. (2017, Februar 01). *Den gjennomsnittlige slaktevekten har gått ned med en halv kilo*. Hentet Mai 13, 2018 fra www.ilaks.no: <https://ilaks.no/den-gjennomsnittlige-slaktevekten-har-gatt-ned-med-en-halv-kilo/>
- Nofima. (2017). *Beste praksis for medikamentfrie metoder for lakseluskontroll (MEDFRI)*. Nofima.
- Norges sjømatråd. (2018, Januar 08). *En million tonn laks for 64,7 milliarder kroner i 2017*. Hentet Juni 06, 2018 fra www.seafood.no: <https://seafood.no/aktuelt/nyheter/en-million-tonn-laks-for-647-milliarder-i-2017/>
- Olafsen, T., Winther, U., Olsen, Y., & Skjermo, J. (2012). *Verdiskapning basert på produktive hav 2050*. DKNVS, NTVA.
- Pannell, D. J. (2017, Januar 30). *Sensitivity analysis: strategies, methods, concepts, examples*. Hentet April 24, 2018 fra dpannell.fnas.uwa.edu.au: <http://dpannell.fnas.uwa.edu.au/dpap971f.htm>
- Petersen, M. (2018, Februar 18). *Lusen koster oppdretterne mange ganger det man tror*. Hentet Mai 13, 2018 fra www.kyst.no: <https://www.kyst.no/article/lusen-koster-oppdretterne-mange-ganger-det-man-tror/>
- Poppe, T. T. (2017). *Laks og lus - en dyrevelferdsmessig umulighet*. Norsk veterinærtidsskrift.
- Regjeringen. (2011, August 16). *Ny NYTEK-forskrift fastsett*. Hentet fra www.regjeringen.no: <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/ny-nytek-forskrift-fastsett/id652397/>
- Ross, S. A., Westerfield, R. W., Jaffe, J. F., & Bradford, J. D. (2011). Core principles and applications of corporate finance. I S. A. Ross, R. W. Westerfield, J. F. Jaffe, & J. D. Bradford, *Core principles and applications of corporate finance*. McGraw-Hill Education - Europe.
- Salmar. (u.d.). *Oppdretts ABC*. Hentet April 23, 2018 fra www.salmar.no: <https://www.salmar.no/oppdrettens-abc/>

- Saue, O. A. (2017, Oktober 12). *Storsmolt på frammarsj: - Næringa er i ein brytningsperiode*. Hentet Juni 04, 2018 fra [www.ilaks.no](http://www.ilaks.no): <https://ilaks.no/storsmolt-pa-frammarsj-naeringa-er-i-ein-brytningsperiode/>
- Senstad, K., & Bolstad, B. T. (2017, Oktober 01). Omfanget av indirekte kostnader ved lusebehandling. *Norsk fiskeoppdrett*.
- Senstad, K., & Bolstad, B. T. (2017). *Postsmolt uten RAS-anlegg på land*. Norsk fiskeoppdrett.
- Sjømatrådet. (2016, mai 09). *Norske regler for miljø og oppdrett*. Hentet april 23, 2018 fra [www.laksefakta.no](http://www.laksefakta.no): <https://laksefakta.no/laks-og-miljo/norske-regler-for-miljo-og-oppdrett/>
- Skiftesvik, A. B., Mortensen, S., & Bjelland, R. M. (u.d.). *Bruk av rensefisk - muligheter og begrensninger*. Hentet April 24, 2018 fra [www.imr.no](http://www.imr.no): [https://www.imr.no/filarkiv/2016/03/bruk\\_av\\_renseskisk\\_muligheter\\_og\\_begrensninger.pdf/nb-no](https://www.imr.no/filarkiv/2016/03/bruk_av_renseskisk_muligheter_og_begrensninger.pdf/nb-no)
- Skretting. (u.d.). *Rensefisk må læres*. Hentet April 24, 2018 fra [www.skretting.com](http://www.skretting.com): <https://www.skretting.com/nb-NO/arter/rognkjeks/rensefisk-ma-laes/>
- Statistisk sentralbyrå. (2016, Juni 02). *Aquaculture, 2015, preliminary figures*. Hentet April 23, 2018 fra [www.ssb.no](http://www.ssb.no): <https://www.ssb.no/en/jord-skog-jakt-og-fiskeri/statistikker/fiskeoppdrett/aar-forelopige/2016-06-02>
- Statistisk sentralbyrå. (2018, Mai 31). *Akvakultur*. Hentet Juni 01, 2018 fra [www.ssb.no](http://www.ssb.no): <https://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/statistikker/fiskeoppdrett/aar-forelopige>
- Terjesen, B. F. (2016). *Ras teknologi: Hvordan går utviklingen?* Hentet April 2018, 2018 fra [www.sjf.no](http://www.sjf.no): <http://www.sjf.no/getfile.php/3763419.2344.bqyabtuyuu/Nofim+BRAS+%281%29.pdf>
- Tomek, W. G., & Kaiser, H. M. (2014). *Agricultural product prices* (5. utgave. utg.). Cornell university press.
- Torrison, O., Nilsen, F., & Horsberg, T. E. (2009, November 12). *Vil aldri bli kvitt lakselusproblemene*. Hentet April 23, 2018 fra [www.vetinst.no](http://www.vetinst.no): <https://www.vetinst.no/sykdom-og-agens/lakselus>
- Veterinærinstituttet. (2017). *AGD-behandlingsstrategier - Dose-Respons-Studier med hydrogenperoksid og ferskvann*. Veterinærinstituttet.
- Veterinærinstituttet. (2017). *Fiskehelserapporten 2016*. Veterinærinstituttet.
- Veterinærinstituttet. (2018). *Fiskehelserapporten 2017*. Veterinærinstituttet.
- Veterinærinstituttet. (u.d.). *Lakselus*. Hentet April 23, 2018 fra [www.vetinst.no](http://www.vetinst.no): <https://www.vetinst.no/sykdom-og-agens/lakselus>
- Veterinærinstituttet. (u.d.). *Pankreassykdom (PD)*. Hentet Juni 09, 2018 fra [www.vetinst.no](http://www.vetinst.no): <https://www.vetinst.no/sykdom-og-agens/pankreassykdom-pd>
- Vitenskapelig råd for lakseforvaltning. (2017, Juni 28). *Lakselus kan ha gitt 50 000 færre villaks hvert år i perioden 2010 til 2014*. Hentet April 23, 2018 fra [www.vitenskapsradet.no](http://www.vitenskapsradet.no): <https://www.vitenskapsradet.no/Nyheter/Nyhetsartikkel/ArticleId/4294/Lakselus-kan-ha-gitt-50-000-faerre-villaks-hvert-ar-i-perioden-2010-til-2014>
- Øglend, A., & Asche, F. (2016). *The relationship between input-factor and output prices in commodity industries: The case of norwegian salmon aquaculture*. *Journal of Commodity Markets*.
- Ytreberg, R. (2015, August 23). *Søkkrik på luse lønn*. Hentet Mai 14, 2018 fra [www.dn.no](http://www.dn.no): <https://www.dn.no/nyheter/naringsliv/2015/08/21/2142/Havbruk/skkrik-p-luselnn>

## Appendix A – Forskrifter og regelverk for fremtidens oppdrett

Det finnes offentlige krav til spesifikasjonene for norske oppdrettsanlegg, Norsk Standard 9415:2009. Oppdretterne har også generelle konstruksjonsspesifikasjoner og DNV GL sitt regelverk å støtte seg til.

Standard Norge har fastsatt standarder for flytende oppdrettsanlegg i bilaget NS 9415:2009. Bilaget inneholder blant annet krav til lokalitetsundersøkelse, risikoanalyse, utforming, dimensjonering, utførelse, montering og drift. (Lovdata, 2011)

I tillegg til NS 9415 finnes NYTEK, som er en forskrift om tekniske krav til flytende akvakulturanlegg. Fra 01.01.2012 trådte en ny NYTEK-forskrift i kraft. Forskriften skjerper inn krav om teknisk utforming av akvakulturanlegg, og har som overordnet mål å redusere risikoen for rømning. (Regjeringen, 2011)

NYTEK er et hjelpemiddel for å kontrollere at NS94 blir gjennomført, fulgt opp og evaluert. Forskriften regulerer blant annet forankringssystemet tilknyttet oppdrettsanlegget og flåter. Dette innebærer krav om sertifisering av fortøyningskomponenter og fortøyningsanalyse med tanke på dimensjonering og laster. Det er også krav om en helhetlig anleggssertifisering som validerer at anlegget er i tilfredsstillende stand, og kravene til sertifiseringsorganets uavhengighet er skjerpet.

Dagens regelverk gjelder nåtidens tradisjonelle oppdrettsanlegg, noe som medfører at nedsenkbare systemer i kommersiell bruk vil trenge et oppdatert regelverk. Lukkede anlegg er i hovedsak flytende, og er derfor omfattet av NYTEK, men kritiske komponenter som pumper, filter, sensorer og lignende er ikke tilstrekkelig dekket av forskriften. Denne problemstillingen er myndighetene kjent med, og forskriftene revideres jevnlig, i tråd med den teknologiske utviklingen.

Det at NYTEK-forskriften spesifikt gjelder for flytende oppdrettsanlegg, fører til at det i fremtiden må utvikles nye regelverk for anlegg festet i havbunnen, eller landbaserte anlegg. Nye løsninger, spesielt for lukkede anlegg, vil i hovedsak være flytende. Dette betyr at lukkede anlegg omfattes av NYTEK, men de kan ha pumper, siler, rister eller lignende som kan utgjøre rømningsrisiko. Det er svært viktig at spesifikasjoner og standarder følger med teknologiutviklingen for å unngå uønskede hendelser som kan føre til økonomisk tap, negative konsekvenser for miljøet eller personskader. (Aarhus, Fredheim, Høy, & Winther,

2011)





## Appendix C – Beregninger gjort for indirekte kostnader

### Beregninger behandlingsdødelighet

Fra modellen, finner en parameterne *død rund biomasse relatert til behandlingsdødelighet* og *antall dødfisk fra behandlingene* med tilhørende verdier presentert i Tabell 10.

For å beregne økningen i produksjonskostnader for dødfisken relatert til behandlingen bruker en sammenhengen mellom mengde død rund biomasse og produksjonskostnaden for fisken. Denne sammenhengen er gitt ved;

$$158\,407\text{kg} * 28,81 \frac{\text{kr}}{\text{kg}} = 4,56 \text{ millioner kroner.}$$

Margintapet ved driftsresultatet på 18,21 kroner per kilo er gitt ved antallet dødfisk fra behandlingene multiplisert med forventet slaktevekt og driftsresultatet. Dette representerer inntjeningen en *kunne* hatt på denne fisken, og er gitt ved;

$$79\,693 * 5,5\text{kg} * 18,21 \frac{\text{kr}}{\text{kg}} = 7,98 \text{ millioner kroner.}$$

Det totale tapet i margin uttrykkes deretter ved å summere de to faktorene;

$$4,56 \text{ millioner kroner} + 7,98 \text{ millioner kroner} = 12,54 \text{ millioner kroner.}$$

### Beregninger sulting

Fra modellen finner en antallet slakteklar fisk til å være 1 020 297 stykker. Med antagelsen om en tapt tilvekst på 675 gram gitt ved 450 gram i måneden multiplisert med antall sultedager som i dette tilfellet er 42.

Det totale sultetapet i kilo uttrykkes ved forholdet mellom antall fisk og estimert sultetap i gram gitt ved;

$$1\,020\,297 * 0,675\text{kg} = 688\,700 \text{ kg}$$

Deretter beregnes tapet i margin ved forholdet mellom totalt sultetap i kilo og driftsresultat HOG kroner per kilo ved;

$$688\,700 \text{ kg} * 18,21 \frac{\text{kr}}{\text{kg}} = 12,54 \text{ millioner kroner}$$

I tillegg til dette vil den reduserte mengden fisk føre til en økning i de faste kostnadene gitt ved forholdet mellom sultetapet i kilo, og de faste operasjonelle kostnadene på 0,86 kroner per kilo. Økningen i de faste kostnadene er gitt ved;

$$0,86 \frac{\text{kr}}{\text{kg}} * 688\,700\text{kg} = 592\,288 \text{ kroner}$$

## **Beregninger nedklassing**

I likhet med sultescenariot finnes antallet slakteklar fisk i outputet fra modellen. Denne verdien er 1 020 297 stykker. I tillegg til dette vet en at med en 1 % nedklassing per behandling foruten den orale behandlingen i uke 5, tilsvarer dette en økning i antall fisk fra superior til produksjonskvalitet med 7 %. Margintapet ved nedklassingen uttrykkes ved;

$$1\ 020\ 297 * 7\ \% * 12kr = 3,94\ \text{millioner kroner}$$

## Appendix D – Vekst for smoltutsett gitt per uke

Uke nummer	Vekt per fisk (gram) med 6 subtdager	Vekt per fisk (gram) med 9 subtdager	Uke nummer	Vekt per fisk (gram) med 6 subtdager	Vekt per fisk (gram) med 9 subtdager
1	152,3	152,3	65	4896,9	4252,7
2	155,7	155,7	66	4856,2	4446,2
3	170,6	170,6	67	5011,0	4601,3
4	187,6	187,6	68	5178,4	4757,1
5	207,1	207,1	69	5340,2	4913,5
6	229,3	229,3	70	5502,9	5071,0
7	254,5	254,5	71		5228,4
8	283,6	283,6	72		5385,6
9	316,7	316,7	73		5543,4
10	353,8	353,8			
11	394,9	394,9			
12	437,8	437,8			
13	444,2	425,3			
14	491,1	470,9			
15	541,0	519,6			
16	593,9	571,1			
17	649,6	625,5			
18	708,1	682,7			
19	769,3	742,6			
20	832,9	805,0			
21	842,1	787,3			
22	907,9	850,7			
23	976,1	916,5			
24	1046,1	984,1			
25	1121,2	1056,7			
26	1203,0	1134,1			
27	1285,0	1215,5			
28	1373,0	1300,0			
29	1464,7	1390,1			
30	1477,8	1364,9			
31	1570,5	1453,7			
32	1662,7	1542,3			
33	1752,3	1628,5			
34	1841,9	1714,7			
35	1931,6	1801,2			
36	1944,1	1777,4			
37	2029,9	1859,4			
38	2115,9	1941,7			
39	2201,8	2024,0			
40	2287,4	2106,2			
41	2372,6	2188,0			
42	2457,2	2269,4			
43	2542,2	2351,2			
44	2627,3	2433,3			
45	2692,2	2410,8			
46	2722,4	2490,3			
47	2805,6	2570,2			
48	2888,7	2650,0			
49	2970,4	2728,5			
50	3051,8	2806,8			
51	3136,9	2888,7			
52	3149,2	2865,1			
53	3239,4	2951,5			
54	3321,1	3040,3			
55	3428,6	3132,9			
56	3524,1	3234,1			
57	3648,3	3343,7			
58	3772,1	3462,6			
59	3903,9	3593,3			
60	3923,9	3551,1			
61	4073,0	3693,5			
62	4227,0	3841,0			
63	4381,9	3989,7			
64	4538,7	4140,4			
65	4696,9	4292,7			
66	4856,2	4446,2			
67	5017,0	4601,3			
68	5178,4	4757,1			
69	5340,2	4913,5			
70	5502,9	5071,0			
71		5228,4			
72		5385,6			
73		5543,4			