



Behandlingsatferd knyttet til lakselus i norsk lakseoppdrett

En kvantitativ studie av et utvalg aktører i Nordland

Maren Nilsen og Mia Neverlien

Veileder: Linda Nøstbakken

Masterutredning i Finansiell økonomi og Samfunnsøkonomi

NORGES HANDELSHØYSKOLE

Dette selvstendige arbeidet er gjennomført som ledd i masterstudiet i økonomi- og administrasjon ved Norges Handelshøyskole og godkjent som sådan. Godkjenningen innebærer ikke at Høyskolen eller sensorer innestår for de metoder som er anvendt, resultater som er fremkommet eller konklusjoner som er trukket i arbeidet.

Sammendrag

Den norske oppdrettsnæringen assosieres gjerne med skyhøye driftsmarginer og eventyrlig vekst. I de senere år har det likevel ikke bare vært rosenrødt, men stagnerende vekst og økt lakselusproblematikk. Lakselus er av flere omtalt som næringens største utfordring, med betydelige kostnader. Myndighetene er aktivt på banen og har fastsatt en grenseverdi for antall lus som aktørene selv må påse å ikke overgå. Aktørene påser dette ved å gjennomføre ulike tiltak og behandlinger mot lakselus, som medfører høye kostnader. Behandling mot lakselus er således et strategisk viktig valg.

Vår utredning studerer valget om å behandle mot lakselus, og ønsker å svare på om det foreligger foretaksspesifikke forskjeller i behandlingsatferd. En tenkelig forskjell mellom foretak vi studerer er grad av internalisering av eksternaliteter tilknyttet behandling mot lakselus. Slike eksternaliteter finnes ettersom lakselus overføres med havstrømmer mellom oppdrettsanlegg. Vi ønsker å finne ut om foretaks ulike grad av internalisering av eksternaliteter påvirker valget om å behandle. Basert på økonomisk teori om eksternaliteter undersøker vi nærmere om høy grad av internalisering fører til behandling ved lavere nivå av lakselus.

Vi studerer behandlingsatferden til et utvalg aktører i Nordland ved å benytte et unikt datasett bestående av flere relevante faktorer for valget om å behandle. Datasettet er innsamlet for 26 lokaliteter i Nordland. For å kunne avdekke smitteoverføring av lakselus i vårt utvalg og identifisere internalisering av eksternaliteter, benyttes også funn fra tidligere forskning innen smitteoverføring.

Gjennom logistiske regresjoner identifiserer vi forskjeller i aktørers behandlingsatferd, det også for gitte nivå av lakselus. Vi finner at internalisering av eksternaliteter påvirker behandlingsatferden til foretak. Resultatene viser at det er forskjeller mellom foretak som har høy grad av internalisering og foretak med mindre grad av internalisering. Derimot finner vi svært beskjeden støtte for at høy grad av internalisering fører til at man behandler ved lavere nivåer av lakselus.

Forord

Denne utredningen er skrevet våren 2017 ved Norges Handelshøyskole (NHH) og inngår som en avsluttende del av masterstudiet i økonomi og administrasjon. Utredningen utgjør 30 studiepoeng og er skrevet innen hovedprofilene Samfunnsøkonomi og Finansiell økonomi.

Tematikken oppdrett ble valgt basert på interesse rundt en spennende næring for norsk økonomi. Lakseoppdrett har blitt utforsket mye de senere årene, men lite med tanke på behandlingsatferd og eksternaliteter knyttet til lakselus. Selv om arbeidet har vært både krevende og utfordrende, har det vært et semester med svært bratt læringskurve og hyggelig samarbeid. Vi sitter igjen med omfattende kunnskap om en dagsaktuell og spennende utfordring for oppdrettsnæringens videre vekst.

Vi ønsker å rette en stor takk til vår veileder Linda Nøstbakken. Vi har satt veldig stor pris på gode, konstruktive og ikke minst raske tilbakemeldinger gjennom hele semesteret.

Bergen, juni 2017

Maren Nilsen

Mia Neverlien

Innholdsfortegnelse

Sammendrag	3
Forord	4
Innholdsfortegnelse	5
Figurer	8
Tabeller	10
1. Introduksjon	13
2. Tidligere forskning	15
3. Kontekst	20
3.1 Hva er lakseoppdrett?	20
3.2 Produksjonsprosessen	21
3.3 Utvikling i eierskapsstruktur i oppdrettsbransjen	23
3.3.1 Utviklingen i hele landet	23
3.3.2 Utviklingen i Nordland	25
3.4 Utvikling i lusenivåer	27
3.4.1 Lakselus over tid	27
3.4.2 Bruk av legemidler	30
3.4.3 Kostnader i forbindelse med lakselus	31
4. Lakselus	34
4.1 Innledning	34
4.2 Lakselus og dens biologi	34
4.3 Spredning og smittepress	36
4.4 Utfordringene knyttet til lakselus	38
4.4.1 Lakselusens kostnader og problemet med resistens	38
4.4.2 Utfordringer for villaks	40
4.4.3 Oppdrettsnæringens problem med tillit.....	40
4.5 Tiltak fra myndighetene	41
4.5.1 Regulering	42
4.5.2 Andre tiltak mot lakselus fra myndighetenes side	45
4.5.3 Trafikklyssystemet	46
4.6 Ulike metoder for bekjempelse av lakselus	48
4.6.1 Medikamentelle virkemidler	48

4.6.2	Ikke-medikamentelle virkemidler	48
4.6.3	Kostnader ved bruk av virkemidler mot lakselus.....	50
4.7	Oppsummering av kapittelet	52
5.	Økonomisk teori.....	53
5.1	Eksternaliteter	53
6.	Metode.....	57
6.1	Undersøkellesdesign.....	57
6.2	Kvalitativ <i>versus</i> kvantitativ tilnærming.....	57
6.3	Regresjonsanalyse	58
6.3.1	Minste kvadraters metode	59
6.3.2	Logistisk regresjon.....	60
6.3.3	Paneldata og faste effekter	62
6.3.4	Korrelasjonsanalyse	63
7.	Data	65
7.1	Utvalget.....	65
7.2	Foretakene.....	67
7.3	Datakilder, innsamling og bearbeiding	69
7.3.1	Datakilder.....	70
7.3.2	Datainnsamling og variabler	71
7.3.3	Strukturering og bearbeiding av datasettet.....	76
7.3.4	Ekstremverdier	77
7.4	Deskriptiv statistikk	77
8.	Empirisk modell.....	80
8.1	Grunnmodell.....	80
8.1.1	Antall lakselus	81
8.1.2	Sjøtemperatur	82
8.1.3	Rensefisk	83
8.1.4	Grønne konsesjoner.....	83
8.1.5	Smitteoverføring	83
8.1.6	År	84
8.1.7	Foretak	84
8.2	Andre uavhengige variabler	85
8.2.1	Måned i produksjonssyklusen - størrelsen på laksefisken	86
8.2.2	Høstutsett <i>versus</i> vårutsett	87
8.2.3	Våravlusning	87

8.2.4	Internalisering	87
8.3	Oppsummering av modellvariabler	88
9.	Analyse	90
9.1	Resultater	90
9.1.1	Korrelasjonsanalyse	90
9.1.2	Modell 1-3	91
9.1.3	Modell 4-7	100
9.2	Diskusjon av regresjonsmodellenes resultater	107
9.3	Evaluering av modellen	112
9.4	Potensielt utelatte variabler	114
9.5	Analysens validitet	114
10.	Konklusjon	117
11.	Litteraturliste	118
12.	Vedlegg	124
	Vedlegg 1 – Oversikt over eierskap i utvalget	124
	Vedlegg 2 – Gjennomsnittlig voksen hunnlus før og etter manglende verdier er fylt ut	125
	Vedlegg 3 – Persentiler for vurdering av ekstremverdier	126
	Vedlegg 4 - Korrelasjonsmatrise voksen hunnlus og fastsittende lus	127
	Vedlegg 5 – Bivariat regresjon for å velge lag	128
	Vedlegg 6 – Fullstendige regresjonsresultater Modell 1, 2 og 3	130
	Vedlegg 7 – Sannsynlighet for behandling Modell 1	132
	Vedlegg 8 – Signifikansnivå for interaksjonen Modell 2	133
	Vedlegg 9 – Signifikansnivå for interaksjonen Modell 3	134
	Vedlegg 10 - Fullstendige regresjonsresultater Modell 4, 5, 6 og 7	136
	Vedlegg 11 - Signifikansnivå for interaksjonen Modell 4	139
	Vedlegg 12 Signifikansnivå for interaksjonen Modell 6	140
	Vedlegg 13 - Signifikansnivå for interaksjonen Modell 7	141
	Vedlegg 14 - VIF-test	142
	Vedlegg 15 – Hosmer og Lemeshow test	143
	Vedlegg 16 – ROC-kurver	145
	Vedlegg 17 – Linktest for Modell 1, 3 og 7	147

Figurer

Figur 3.1 Totalt antall foretak som produserer matfisk av laks, regnbueørret og ørret i Norge i perioden 1973-2015	24
Figur 3.2 Andel produsert mengde matfisk av laks, regnbueørret og ørret for de ti største foretakene i Norge (1996-2015).....	25
Figur 3.3 Totalt antall foretak som produserer matfisk av laks, regnbueørret og ørret i Nordland, perioden (1999-2015)	26
Figur 3.4 Antall voksne hunnlus per fisk 2002-2017 for Nordland og næringen totalt.....	28
Figur 3.5 Antall voksne hunnlus per fisk for Nordland og næringen totalt på månedsnivå. ...	29
Figur 3.6 Totalt solgt mengde matfisk og ”andre driftskostnader” per kg. for 2008-2016	32
Figur 7.1 Kart over utvalgets lokaliteter med illustrativ smitteoverføring	Error! Bookmark not defined.
Figur 9.1 Modell 1	95
Figur 9.2 Modell 2	95
Figur 9.3 Sannsynligheten for behandling ved lusenivå fra 0 til 1	Error! Bookmark not defined.
Figur 9.4 Sannsynligheten for behandling ved lusenivå fra 0 til 2	Error! Bookmark not defined.
Figur 9.5 Signifikansnivå for interaksjonen L1Voksenhun## i foretak	98
Figur 9.6 Signifikansnivå for interaksjonen L1Voksenhun## i foretak	99
Figur 9.7 Sannsynlighet for behandling ved internalisering.....	106
Figur 9.8 Signifikansnivå for interaksjonen internalisering## L1Voksenhun.....	106
Figur 9.9 ROC-kurven for modell 1	113

Tabeller

Tabell 3.1 Antall behandlinger mot lakselus 2011-2016	31
Tabell 7.1 Oversikt over utredningens variabler.....	72
Tabell 7.2 Deskriptiv statistikk for utredningens variabler	78
Tabell 7.3 Deskriptiv statistikk for nivå på L1Voksenhun ved behandling	78
Tabell 7.4 Deskriptiv statistikk for nivå på lakselus ved behandling per foretak.....	79
Tabell 8.1 Oversikt over variablene benyttet i den empiriske analysen	89
Tabell 9.1 Resultater modell 1, 2 og 3	91
Tabell 9.2 Resultater modell 6 og 7	100

Begreper

Akvakultur

Akvakultur er av akvakulturloven definert som produksjon av akvatiske organismer. Med akvatiske organismer forstås vannlevende dyr og planter. Som produksjon regnes ethvert tiltak for å påvirke levende akvatiske organismers vekt, størrelse, antall, egenskaper eller kvalitet (Akvakulturloven, 2005)

Havbruksnæringen/oppdrettsnæringen

Havbruksnæringen/oppdrettsnæringen vil gjennom utredningen referere til oppdrett av laksefisk i Norge.

Konsesjon/tillatelse

Konsesjon, også kalt akvakulturtillatelse er en lisens som gir rettighet til å drive med oppdrett av fisk. I Norge må man inneha en konsesjon for å kunne produsere laksefisk. Konsesjoner tildeles av staten og gir begrensninger på hvor og hvor mye som kan produseres.

Lokalitet

Begrepet lokalitet beskriver et geografisk avgrenset område. I forbindelse med oppdrett brukes det om selve området produksjonen foregår på. Også lokaliteter, altså hvor produksjonen skal foregå må søkes om. En konsesjon kan knyttes til opptil 4 eller 6 lokaliteter innen samme produksjonsområde.

Laksefisk

Da datasettet ikke skiller mellom de ulike artene, vil begrepet laksefisk i denne oppgaven inkludere laks, sjøørret, regnbueørret og sjørøye. Begrepet laksefisk, fisk og laks vil benyttes til å dekke alle de overstående artene.

Lakselus

Et lite krepsdyr som lever som en parasitt på laksefisken. Lusene livnærer seg på laksen og kan forårsake skader på fisken. Lakselus måles som gjennomsnittlig antall lakselus per fisk basert på et utvalg tellinger.

Smitteoverføring

Overføring av lakselus mellom lokaliteter. Altså hvordan en lokalitet kan påvirke nivået av lakselus ved en annen lokalitet.

Internalisering av eksternaliteter

En eksternalitet er i utredningen definert som situasjoner hvor en aktørs økonomiske velferd blir direkte påvirket av andre aktørers atferd i økonomien. Behandling mot lakselus medfører positive eksternaliteter i oppdrettsnæringen. Internalisering av eksternaliteter gjelder graden en aktør selv får nytte fra eksternalitetene knyttet til egen behandling.

1. Introduksjon

Oppdrettsnæringen som tidlig på 1970-tallet ble sett på som en distriktsnæring av nærmest ubetydelig størrelse, har siden den gang hatt en eventyrlig vekst. Så eventyrlig at norsk laksefisk tidvis omtales som “den nye oljen”. De siste årene har derimot veksten stagnert. En økende luseproblematikk, og økende problemer med resistens mot behandlingsmidler byr på store utfordringer. Myndighetene regulerer næringen strengt. Det gir økonomiske utfordringer for oppdretterne, i tillegg til at lakselus og behandling i seg selv gir utfordringer knyttet til fiskevelferden. Næringens viktigste interessenter, konsumentene, har også i økende grad begynt å sette press på aktørene når det kommer til fiskevelferd og medikamentbruk.

I Veterinærinstituttet sin årlige fiskehelse rapport for 2016 (Hjeltnes et al., 2017) utpekes igjen lakselus som en av de største utfordringene for norsk oppdrettsnæring. I rapporten påpekes det at lakselus ikke bare er en utfordring for villaksen men også oppdrettsfisken selv. Lakselus er derfor et problem næringen i må forholde seg til og forsøker å kontrollere på best mulig måte. I dag kontrolleres lakselus vanligvis ved en kombinasjon av kontinuerlig kontroll med rensfisk, behandling mot lakselus og forebyggende tiltak. Dette vil være nødvendig for å sikre at aktørene holder seg innenfor lover og regler bestemt for næringen. Tiltakene er meget kostbare for aktørene, og således viktige beslutninger som vurderes nøye.

Vi ønsker å analysere hva som påvirker valget om å gjennomføre en behandling. Velger foretak å gjennomføre en behandling mot lakselus bare på bakgrunn av den lovbestemte grenseverdien for antall voksen hunnlus, eller er det også foretaksspesifikke karakteristika som påvirker det enkelte foretak sitt strategiske valg?

Myndighetene har uttalt at luseproblematikken må løses før næringen kan vokse. I 2017 innføres et nytt system kalt ”Trafikklyssystemet” for regulering av lakselus som skal åpne for muligheter til vekst. Systemet innebærer at flere aktørers mulighet til vekst vurderes under ett og vil således føre til felles konsekvenser når det kommer til vekst eller ikke. Gjennom å regulere på områdenivå vil lokaliteter og foretak i høyere grad påvirkes av hverandres atferd, da andre aktører sitt nivå på lakselus vil kunne avgjøre ens egen mulighet til vekst. Dette systemet vil derfor aktualisere behandlingsatferd og således gjøre vår analyse av behandlingsatferd aktuell og interessant.

I denne utredningen ønsker vi å besvare problemstillingen:

Foreligger det foretaksspesifikke forskjeller i behandlingsatferd og påvirkes i så fall behandlingsatferd av graden av internalisering av eksternaliteter?

Vi vil i kapitlet om tidligere forskning presentere hvilke hypoteser som vil bli testet for å belyse og svare på problemstillingen. Problemstillingen vil bli belyst ved å gjøre en analyse av behandlingsatferd blant et utvalg aktører i Nordland.

Utredningen vil starte med å presentere tidligere forskning på lakseoppdrett og lakselus både fra økonomisk og biologisk perspektiv. Dette gjøres for å kartlegge status innen feltet og for å motivere denne utredningens problemstilling. I kapittel 3 gis en innføring i hvordan lakseoppdrett foregår og oversikt over utviklingen i næringen med tanke på eierskapsstruktur og luseproblematikk. Kapittel 4 gir en detaljert innføring i lakselusenes biologi, smitte, utfordringer og reguleringer. Dette danner grunnlaget for vår empiriske analyse og hvordan modellen senere bygges opp. Kapittel 5 tar for seg relevant økonomisk teori for utredningens hypoteser. I de påfølgende kapitlene 6, 7 og 8 redegjøres det for utredningens metode, data og empiriske modell. Analysen og resultatene presenteres i kapittel 9 hvor resultatene også drøftes i sammenheng med tidligere presentert teori. I kapittel 10 avslutter vi med en kort konklusjon.

2. Tidligere forskning

Når det kommer til oppdrettsnæringen og lakselus finnes det mye tidligere forskning, både fra økonomiske og biologiske aspekt. Lakselus er et aktuelt tema og et problem som fanger mye interesse. Tidligere forskning vil være nyttig da det kan gi økt innsikt og forståelse av næringen og dens viktige mekanismer, og således bidra til utforming av nye hypoteser. I det følgende vil vi derfor gjennomgå tidligere forskning som er av relevans for behandling mot lakselus. Da vi ikke kan finne noe tidligere forskning på atferd knyttet til behandling mot lakselus og eksternaliteter, vil vi også kort presentere tidligere forskning som tar for seg aktørers atferd knyttet til eksternaliteter innenfor jordbruk.

Blant økonomiske studier innen lakseoppdrett finner vi flere som studerer og estimerer kostnadene knyttet til lakselus. En aktuell rapport er “Kostnadsdrivere i lakseoppdrett” utarbeidet av Iversen et. al (2015), som studerer hva som har drevet den økende trenden i produksjonskostnadene i lakseoppdrett de siste årene. Gjennom omfattende intervjuer av sentrale norske aktører i oppdrettsnæringen finner de at kostnadsøkningen i stor grad kommer fra økte fôrkostnader og økning i ”andre kostnader”. Lakselusproblematikken ansees som den viktigste driveren for økningen i disse kostnadene. At kostnader knyttet til lakselus er betydelige for aktørene i næringen er de ikke alene om å konkludere (Costello, 2009) (Mustafa et al., 2001). Videre påpeker Iversen et al. at deltakerne i undersøkelsen presenterer ulike løsninger for bekjempelse og kontroll av lakselus som medfører ulike kostnader. Det kan tenkes at ikke bare verktøyene de benytter varierer, men også at dette reflekterer ulike strategier for bekjempelse mot lakselus. Betydelige kostnader hos et foretak vil generelt alltid vektlegges og vurderes nøye. Foretak vil alltid forsøke å finne den mest effektive kostnadsminimerende strategien. Således kan Iversen et al. sine funn om både lakselus som betydelig kostnad og bruk av ulike verktøy i bekjempelsen støtte opp om våre hypoteser om forskjell i aktørers valg om å behandle mot lakselus.

En annen økonomisk studie som studerer og estimerer kostnadene knyttet til lakselus er Løe og Kjellesvik (2016). De skiller seg fra Iversen et al. ved at de i tillegg til de direkte kostnadene forsøke å estimere de indirekte kostnadene knyttet til lakselus. Gjennom omfattende spørreundersøkelser i bransjen estimerer de en direkte lusekostnad på 2,87 kroner per kilo laksefisk, og en total både direkte og indirekte kostnad på 7,25 kroner per kilo laksefisk. De finner også at de indirekte kostnadene knyttet til behandling mot lakselus

er større jo lenger ut i produksjonssyklusen en kommer. Det er et interessant funn med tanke på økonomiske insentiv for behandlingsatferd.

For å forstå hva lakselus er, hvordan de infiserer laksefisk og videre hvordan lakselus spres og overfører smitte, finnes det flere relevante biologiske studier. For forståelse av generell biologi, utvikling og stadier for infisering har Havforskningsinstituttet egne temaside hvor de har publisert informasjon om slike fakta fra tidligere forskning. Videre vil forskning om smittespredning være relevant. Dalvin & Johnsen (2015) studerer hvordan sjøtemperatur påvirker lakselusens utvikling, størrelse og infestasjonssuksess. De hevder at sjøtemperaturen vil påvirke utviklingen fra et stadium til et annet i lakselusens livssyklus, og utviklingen vil ha en positiv sammenheng med temperaturen. De finner også at jo raskere utvikling, jo mindre tid vil lusene kunne være frittsvømmende i havet, da de raskere vil sulte og dø. Således vil lavere temperatur sakte ned farten på utviklingen og derfor gjøre at lakseluslarven i flere døgn kan svømme fritt i havet. De knytter videre utviklingen opp mot havstrømmer. Jo lavere temperatur, jo flere døgn i havet og derfor flere dager til å bli fraktet med strømmene. Konklusjonen er derfor at de viktigste faktorene for smittespredning av lakselus er sjøtemperatur og havstrømmer. Forskningen bekrefter at lakselus spres i havet og således kan lakselus fra et anlegg infisere et annet anlegg og utgjøre negative eksternaliteter.

Det finnes relativt ny forskning på hvordan smitteoverføringen mellom anlegg er. Relevant og nyttig forskning på dette område er blant annet gjennomført av Havforskningsinstituttet sammen med Fiskeridirektoratet og Mattilsynet. Dette er blitt samlet og presentert i Ådlandsvik (2015) sin rapport "Forslag til produksjonsområder i norsk lakse- og ørretoppdrett". I rapporten foreslås det å dele Norge inn i 11-13 produksjonsområder basert på klyngeanalyse av en influensmatrise som kvantifiserer potensiell smitteoverføring mellom to anlegg. Influensmatrisen er basert på modellering av spredning. Modellspredning er igjen et resultat av en strømmodell (Albretsen et al., 2011) og Havforskningsinstituttets modell for transport og spredning av lakselus (Asplin et al., 2014); (Johnsen et al., 2014). Produksjonsområdene skal reflektere områder som smitter lakselus seg imellom basert på forskning. Områdene vil være av interesse først og fremst for å velge et utvalg, og videre for å forstå hvilke lokaliteter som potensielt smitter hverandre.

Overføringen av smitte mellom anlegg vil kunne omtales som eksternaliteter. Noen tidligere studier har studert eksternaliteter i oppdrettsnæringen av laks. Derimot finner vi ikke noen studier som studerer konkret effekten av eksternaliteter knyttet til lakselus har på

behandlingsatferden til aktørene. Tveterås (2002) studerer om geografisk konsentrasjon, typisk klynger, innen akvakultur har eksternaliteter. Mer formelt studerer han om det i akvakultur finnes kostnadsbesparinger knyttet til agglomerasjonseksternaliteter. Han finner signifikante kostnadsbesparelser forbundet med å lokalisere lakseoppdrett geografisk konsentrert, som tyder på positive agglomerasjonseksternaliteter. Han nevner at fiskesykdommer kan være en blant flere negative eksternaliteter. Videre at sykdomseksternaliteter er forventet å øke med tettheten av akvakulturanlegg samt redusere produktiviteten. Han poengterer at slike negative eksternaliteter kan ødelegge for de positive eksternalitetene forbundet med å være geografisk konsentrert. Han nevner derimot ikke i studiet hvordan behandling kan innebære agglomerasjonseksternaliteter.

Et annet økonomisk aspekt studert innenfor oppdrettsnæringen er konsolidering. En studie gjennomført av Marøy (2011) påpeker en sterk konsolideringstrend i næringen og studerer blant annet hva som driver denne. Ved å studere historiske tall fant han lite støtte for at større aktører var mer lønnsomme sett i forhold til mindre aktører. Ved bransje- og makroanalyse og analyse av stordriftsfordeler fant han likevel tegn til at de større aktørene økonomisk sett gjør det bedre. Han nevner også noen andre forklaringer til hva som kan tenkes å ha drevet konsolideringen, men ingen spesifikt om eksternaliteter. Et annet forskningsarbeid som studerer konsolideringen i oppdrettsnæringen i lys av eksternaliteter er Nøstbakken (Marøy, 2011). Nøstbakken studerer om økende skalafordeler kan forklare konsolideringen, eller om eksternaliteter knyttet til sykdommer og parasitter kan forklare den. Det vises til teoretiske resultater for at eksternaliteter knyttet til sykdommer og parasitter gir insentiv til å konsolidere i områder hvor foretaket allerede produserer laksefisk.

Som nevnt innledningsvis finner vi ingen tidligere forskning som studerer effekten eksternaliteter knyttet til lakselus har på ulike aktørers behandlingsatferd. Det finnes derimot flere studier av atferd og eksternaliteter innenfor andre næringer. Ett eksempel er Pfeiffer & Lin (2012) sitt studie kalt *Groundwater Pumping and Spatial Externalities in Agriculture*, som studerer atferd og eksternaliteter innenfor jordbruk. Som det fremgår av tittelen studerer de om atferden til bønder som deler en felles ressurs, grunnvann, påvirkes av eksternaliteter. Eksternalitetene kan eksistere da en enkelt bondes utvinning av grunnvann kan påvirke en annen bondes utvinningskostnad og den totale mengde tilgjengelig grunnvann. Pfeiffer & Lin finner at atferden til bøndene påvirkes av eksternaliteter knyttet til utvinningen og at rundt 2 % av total utpumping er ineffektiv grunnet eksternalitetene. Vi anser studiet å støtte

opp om at eksternaliteter kan påvirke atferd og at det er interessant å empirisk studere dette nærmere i kontekst av oppdrettsnæringen i Norge.

Basert på tidligere forskning presentert over vil flere hypoteser kunne være aktuelle for å svare på oppgavens problemstilling. Vi ønsker i denne utredningen å studere hva som påvirker aktørers valg om å gjennomføre en behandling mot lakselus, altså behandlingsatferd. Da vi ikke kan finne noe tidligere empirisk forskning som studerer akkurat dette, vil vi måtte starte med en enkel modell for valget om å behandle. Vår første hypotese vil være at foretaksspesifikke karakteristika påvirker en enkelt aktør sitt valg om å behandle. Dette vil vi teste ved en regresjonsmodell som inkluderer flere variabler vi tror kan ha en effekt på valget om å behandle. Mer konkret ønsker vi å teste om foretaksspesifikke karakteristika sammen med antall voksne hunnlus, fastsittende lakselus, sjøtemperatur og smitteoverføring har en effekt på valget om å gjennomføre en behandling. I tillegg vil vi også kontrollere for bruk av renseskiv, grønne konsesjoner og årstall. Det er tenkelig at lakselus som en vesentlig kostnadsdriver gir foretakene insentiv til å utforme individuelle kostnadsminimerende strategier. Slike strategier vil ikke nødvendigvis innebære kun brannslukkende tiltak for å holde seg innenfor regelverkets grense, men mer langsiktig planlegging for å minimere kostnader. Variabler som fastsittende lakselus og sjøtemperatur kan tenkes å være faktorer som reflekterer at aktører tenker på lakselus mer langsiktig og strategisk. Vår hypotese om foretaks individuelt forskjellige behandlingsatferd kan innebære flere ting. Eksempelvis at foretakene har ulike strategier generelt, at foretakene varierer med tanke på ferdigheter og rutiner og at atferden avhenger av foretaksspesifikke karakteristika som størrelse og eksponering av eksternaliteter fra naboanlegg.

Den biologiske forskningen om smitteoverføring vil videre støtte opp om det å stille spørsmål knyttet til behandling og eksternaliteter. Som Tveterås (2002) viser vil klynger av oppdrettsanlegg kunne medføre eksternaliteter med kostnadsbesparende effekt. Sett i sammenheng med Nøstbakken (2017) kan det altså være tenkelig at konsolidering er knyttet til ønske om å konsentrere et foretaks virksomhet geografisk. Dette kan tenkes å være fordi foretak med virksomhet på flere nabolokaliteter kan gjøre det mulig å internalisere eksternaliteter. Videre finner Pfeiffer og Lin (2012) i sitt studie empiriske bevis på at eksternaliteter påvirker atferd. Samlet vil den nevnte tidligere forskningen om eksternaliteter gi grunnlag for at det kan tenkes at grad av internalisering av eksternaliteter kan påvirke valget om å behandle. Av dette grunnlaget har vi formulert vår andre hypotese; at foretak

med flere av lokalitetene i samme fjord vil behandle ved lavere nivåer av voksen hunnlus sammenlignet med foretak med færre av lokalitetene.

Før presentasjonen av empirisk metode, data og modell for analysen av hypotesene vil det være hensiktsmessig å presentere grunnleggende og relevant teori om oppdrettsnæringen, lakselus og bekjempelse mot lakselus. Dette vil bli gjort i de følgende kapitlene 3 og 4.

3. Kontekst

Utredningen har som mål å analysere hva som påvirker foretaks beslutning om å foreta en behandling mot lakselus, og videre se om det kan være ulike foretaksspesifikke kjennetegn eller trekk som også har en effekt på beslutningen om behandling. Som denne utredningens problemstilling og forskningsspørsmål foreslår, kan det også tenkes at beslutningen gjøres ved å ta hensyn til andre forhold. Dette kan eksempelvis være foretaksspesifikke trekk knyttet til individuelle strategier og eksternaliteter. For å kunne analysere og studere dette empirisk finner vi det nødvendig å først starte med en presentasjon av hvordan lakseproduksjon foregår og hvordan laksebransjen har utviklet seg med tanke på eierskapsstruktur, lakselus og behandling. Målet vil være å gi leser en relevant kontekst og bakgrunnsinformasjon for lettere å kunne sette seg inn i utredningens empiriske modell og analyse.

Utviklingen i antall lakselus vil være en viktig faktor for behandlingsatferd og en variabel som vil bli inkludert i analysedelen. Utviklingen i både antall lakselus, antall behandlinger og behandlingskostnader vil derfor være nyttig for å få et inntrykk av utvikling både historisk sett og for perioden denne studien analyserer. Utviklingen i eierskapsstruktur vil først og fremst være et relevant aspektet da det kan knyttes opp mot smitteoverføring mellom nabolokaliteter, og hvordan en slik eksternalitet kan ha en effekt på valget om å behandle. Analysen baserer seg på et utvalg aktører i Nordland fylke, dermed vil det også være nyttig å studere utviklingen for Nordland i forhold til den generelle utviklingen i landet, og avdekke eventuelle forskjeller. Dataene i denne utredningens analyse strekker seg fra januar 2013 til april 2017, slik at utviklingen presentert i denne perioden vil kunne være relevant for forventninger til ulike variabler i de enkelte år.

3.1 Hva er lakseoppdrett?

Laksefamilien (*Salmonidae*) forbindes gjerne med en nydelig, velsmakende og lakserød fisk. Laksefamilien må derimot forstås som mer enn bare rød fisk ettersom den faktisk består av opp i mot 70 ulike arter. I Norge er den vanligste arten Atlantisk laks (*Salmo salar*), men innen laksefamilien finnes også arter som Stillehavslaks, ørret og sjøørret. Flere av artene innenfor laksefamilien eksisterer vilt i naturen i tillegg til å bli oppdrettet. Derimot ble det i 2016 hevdet av Marine Harvest (2016) at rundt 70 % av verdens totale lakseproduksjon

kommer fra oppdrett. Videre sto Norge for 53 % av verdens totale produksjon av atlantisk laks i 2015 (Laksefakta, u.å). Norsk oppdrettsnæring som startet i forholdsvis liten skala rundt 70-tallet har vokst kraftig gjennom årene, og er i dag verdens største eksportør av atlantisk laks.

For å kunne produsere laksefisk i Norge trengs en konsesjon for oppdrett av matfisk i tilknytning til en lokalitet som er godkjent for akvakultur (Akvakulturloven, 2005). Det normale ved tildeling av konsesjoner er at begge komponenter som trengs, konsesjon og lokalitet, blir gitt i samme vedtak. De to elementene ved tillatelsen kan likevel gis på ulike tidspunkt og i ulike vedtak (Fiskeridirektoratet, 2017b). Konsesjon som nødvendig tillatelse til å drive med oppdrett ble innført i 1973 (Meld. St. 16, 2014-2015). Før dette hadde hvem som helst i prinsippet mulighet til å starte med oppdrett av laksefisk, men etter Lysøutvalgets innstilling i 1973 ble den første midlertidige oppdrettsloven innført. Utgangspunktet for loven var at man ønsket å regulere den voksende næringen. Siden er det blitt en strengt regulert næring, hvor konsesjoner er blitt delt ut av staten gjennom landsomfattende men sjeldne tildelingsrunder. Frem til 2002 ble konsesjonene gitt vederlagsfritt, mens i tildelingsrunden 2002 og 2003 måtte selskapene ut med et vederlag på 5 millioner kroner per stykk (Forskrift om tildeling av matfiskkonsesjoner, 2003). Neste og til nå også siste ordinære tildelingsrunde var i 2009, hvor konsesjonene ble tildelt mot et vederlag på 8 millioner kroner.¹ Det er stor etterspørsel etter tillatelser til å drive oppdrett, og ved alle de siste tildelingsrunder har det vært flere søknader enn det har blitt gitt ut konsesjoner.

3.2 Produksjonsprosessen

Når det kommer til selve produksjonen av oppdrettslaks vil veien til en fullvoksen slakteklar fisk gå gjennom en biologisk prosess fra rogn til yngel til det som kalles matfisk. Hele produksjonssyklusen tar til sammen rundt tre år (Marine Harvest, 2016). Syklusen starter med utvelging av den beste stamfisken². Fra denne hentes rogn som videre skal befruktes og klekkes. Stamfisk velges nøye ut på bakgrunn av genetiske egenskaper som farge,

¹ Med unntak av Finnmark hvor vederlaget ble satt til 3 millioner kroner

² Stamfisk er fisk som benyttes til kunstig formering.

vekstegenskaper og sykdomsresistens (Aqua Gen AS, 2005). Rognen ligger til klekking i omtrent to måneder ved 8 °C i ferskvannskar på land før den klekkes og det kommer en tynn lakselarve ut kalt yngel (Nesfossen Smolt AS, 2017). Yngelen blir videre gjerne kalt for parr når den blir eldre og klarer å ta til seg næring fra fôr. Prosessen fra yngel til parr skjer i ferskvann, og for at fisken skal kunne omstilles til et liv i havet går den gjennom siste fase i ferskvann kalt smoltifisering. Fisken når rundt 100 gram i kontrollerte omgivelser i ferskvann før den settes ut i merder i havet. Totalt foregår rundt 10-16 måneder av produksjonssyklusen i ferskvann, før smolten settes ut i havet og videre lever og vokser der i rundt 14-24 måneder til den når rundt 4-5 kg (Marine Harvest, 2016). Det må nevnes at veksten derav produksjonstiden i stor grad avhenger av sjøtemperaturen, ettersom fisken vil vokse raskest de stedene i havet og delene av året hvor temperaturen er høyest. Optimal sjøtemperatur for atlantisk laks er ifølge Marine Harvest mellom 8 og 14 °C (Marine Harvest, 2016).

Ettersom denne utredningen fokuserer på behandling mot lakselus, vil utredningen forholde seg til den delen av produksjonssyklusen som foregår i havet, altså matfiskproduksjon. Det er naturligvis fordi smitte og behandling mot lakselus skjer i denne delen av produksjonssyklusen. Som det fremgår av gjennomgangen over vil foretak som har matfiskproduksjon ha rundt 14-24 måneders produksjonssyklus hvor det produseres levende, slakteklar laksefisk. Med andre ord vil oppdrett innebære en biologisk produksjonsprosess hvor det investeres i biologiske eiendeler, altså levende laksefisk. En biologisk produksjonsprosess vil være påvirket av flere interne og eksterne faktorer, som igjen kan påvirke driftsresultatet i stor grad (Marine Harvest, 2016). Faktorer som kan påvirke den biologiske produksjonsprosessen negativt blir gjerne omtalt som kilder til biologisk risiko. I lakseoppdrett vil kvaliteten og den totale vekten på slakteklar laksefisk være av stor betydning for verdsettelsen av laksefisken og/eller driftsinntekten til foretaket. På den måten vil faktorer som påvirker kvalitet og vekst hos laksefisken negativt være betydelige biologiske risikokilder. De mest omtalte biologiske risikokildene knyttet til oppdrett av laks er gjerne dødelighet, lakselus og andre sykdommer. Videre vil også sjøtemperatur og andre vær- og vindforhold være viktige biologiske risikokilder som påvirker den biologiske produksjonsprosessen. Det må nevnes at utviklingen i næringen over tid har innebåret betydelige investeringer i utstyr, rutiner, medisiner og strategier for å redusere slik biologisk risiko, spesielt relatert til fiskehelse. I tillegg har oppdrettsnæringen også andre typer operasjonell risiko som påvirker dem i stor grad. En betydelig og mye omtalt operasjonell

risiko er den som knytter seg til næringens salg og tilbud av laksefisk. Denne risikoen er et resultat av flere forhold, blant annet at oppdretternes resultater er svært avhengige av prisen på laksefisken, som har både kortsiktige og langsiktige variasjoner. Variasjonene i prisen skyldes variasjoner i tilbud og etterspørsel som igjen er et resultat av faktorer som biologiske utfordringer, kvaliteten på fisken, endringer i konsum, endringer knyttet til lisenser for å produsere og lignende.

Oppsummert har altså oppdrettsnæringen i Norge utviklet seg og vokst mye siden starten på 70-tallet. Norsk oppdrett er videre svært betydelig for verdens tilbud av atlantisk laks. Produksjonen av laksefisk har en omfattende og lang produksjonssyklus med flere faser. Videre vil prosessen bli påvirket av flere eksterne og interne faktorer som utgjør en betydelig potensiell biologisk risiko for aktørene i næringen. Som nevnt er en av de mest omtalte biologiske risikoene lakselus. Senere i dette kapittelet vil det bli gitt en presentasjon av utviklingen over tid for lakselus og behandling mot lakselus. Når det kommer til lakselus som utfordring er det et faktum at lakselus overføres mellom nabo-oppdrettsanlegg. Hvem som er driver med oppdrett på naboanlegget vil derfor kunne ha betydning for en enkeltaktør. Videre i dette kapittelet er det derfor interessant å presentere hvordan utviklingen i eierskapsstrukturen har vært gjennom tidene. Dette vil være viktig bakgrunn og en mulig indikasjon for argumentet om hvordan eierskapsstruktur kan påvirke en aktørs valg om å gjennomføre en behandling mot lakselus.

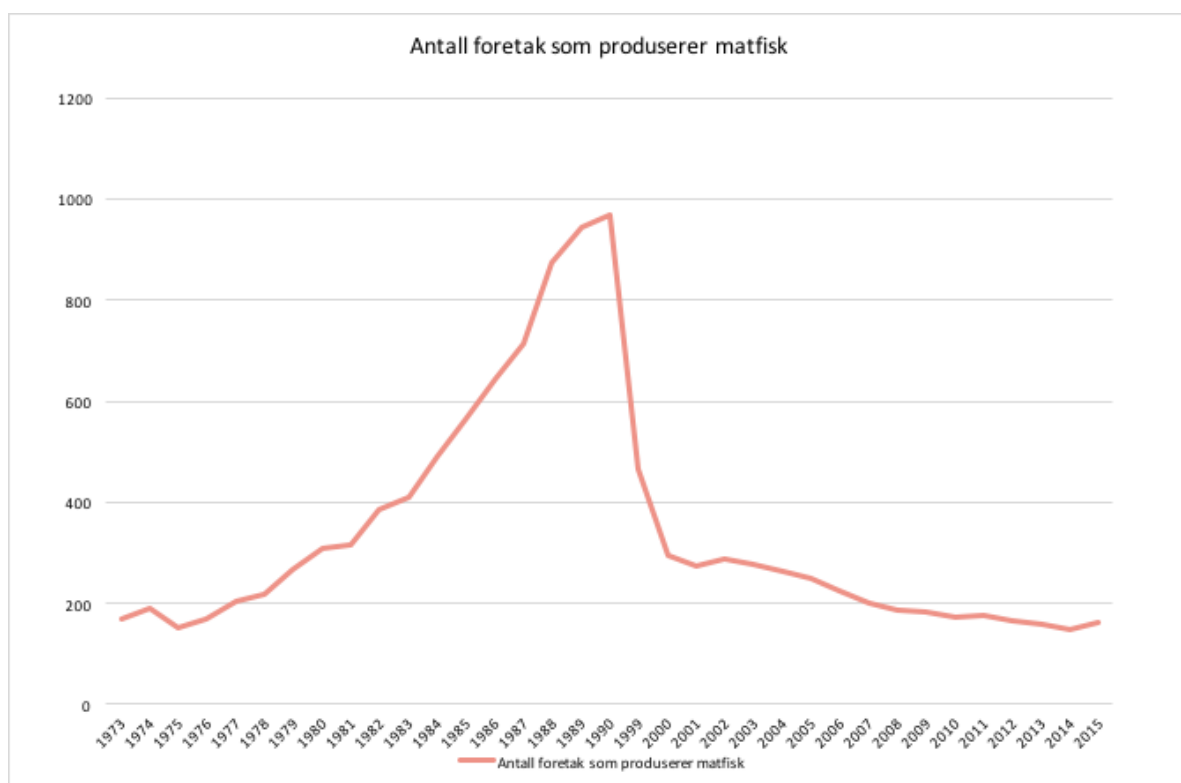
3.3 Utvikling i eierskapsstruktur i oppdrettsbransjen

3.3.1 Utviklingen i hele landet

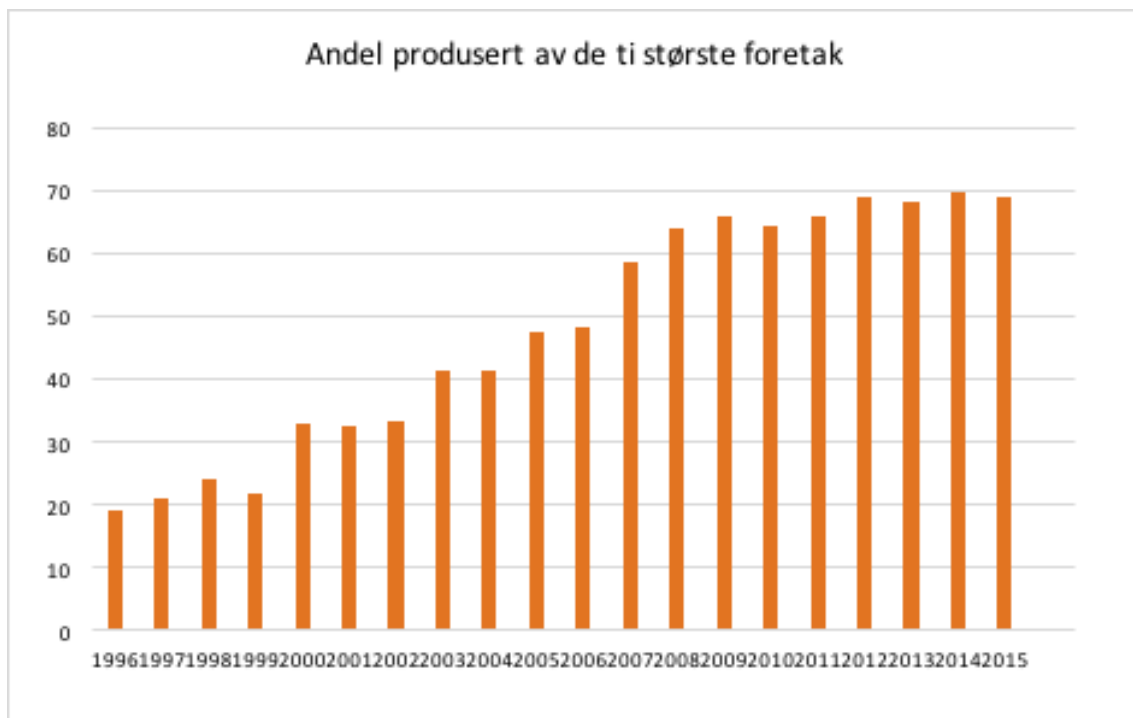
Gjennom oppdrettsbransjens historie har det skjedd drastisk utvikling i eierskapsstrukturen, hvor trenden har gått mot større og færre foretak. Det hele kan sies å ha blitt utløst da oppdrettslovens prinsipp om at oppdretterne bare kunne ha majoritetsinteresser i ett anlegg ble opphevet i 1991 (Gullestad et al., 2011).

I år 1990 var totalt 970 foretak som produserte matfisk av laks, regnbueørret og ørret (Statistisk Sentralbyrå, referert i (Steinset, 2017)). Som vist i grafen i figur 3.1, ble antall foretak kraftig redusert etter 1990. Dette hadde skyld i kombinasjonen av krise i næringen med flere konkurser, i tillegg til lovendringen i 1991 som åpnet for majoritetsinteresser i flere anlegg. Krisen innebar at næringen hadde negativ gjennomsnittlig driftsmargin. Dette

på grunn av at næringen hadde hatt overproduksjon og ble anklaget for dumping, ble ilagt en straffetoll av USA og således mistet USA som var et viktig marked (Meld. St. 16, 2014-2015). Når det kommer til antall akvakulturtillatelser, var det i år 1994 totalt 811 tillatelser for matfisk i hele landet. Siden da har tillatelsene hatt en beskjeden men jevn økning, og i år 2015 var det totalt 990 tillatelser (Fiskeridirektoratet). Videre illustrerer figur 3.2 at de ti største foretakene som produserer matfisk av laks, regnbueørret og ørret har økt sin andel av landets totale produksjon siden 90-tallet. Med dette kan det fastslås at siden 1990 har det blitt foretatt flere oppkjøp og fusjoner, som har ført til at eierstrukturen i oppdrettsnæringen har beveget seg i retning av færre og større foretak ved hjelp av horisontal integrasjon.



Figur 3.1 Totalt antall foretak som produserer matfisk av laks, regnbueørret og ørret i Norge i perioden 1973-2015. Kilde: Statistisk Sentralbyrå, referert i Steinset (2017)



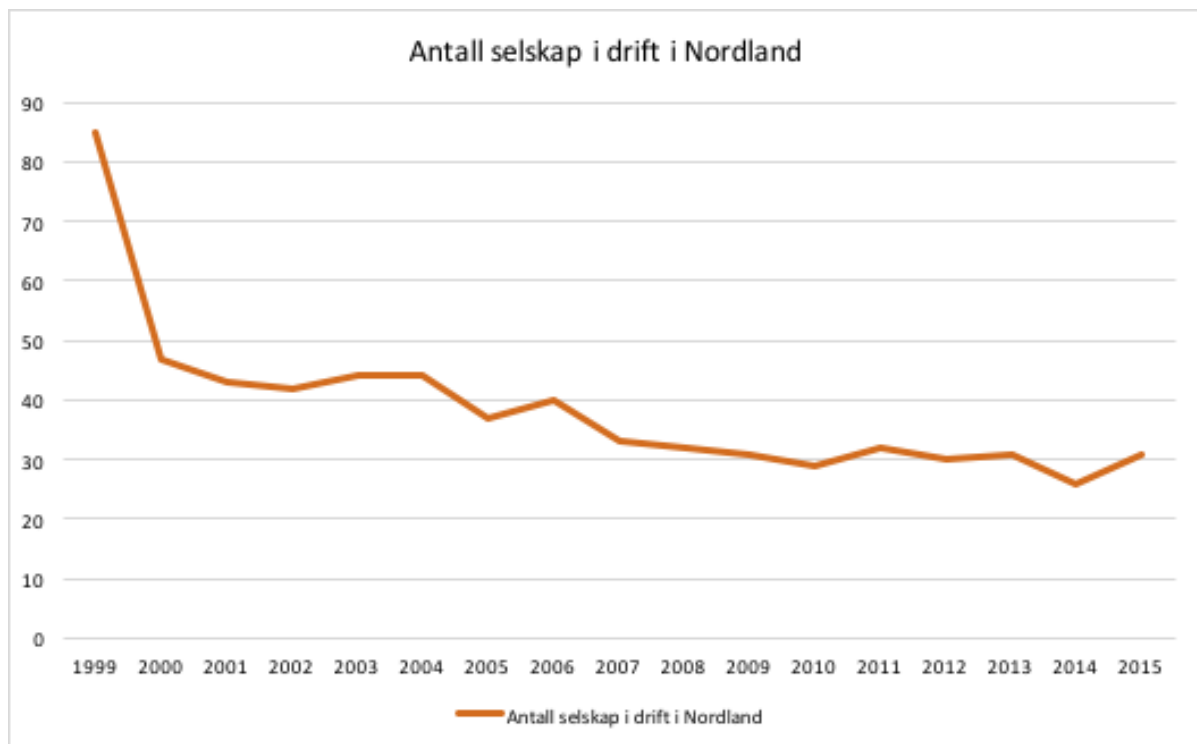
Figur 3.2 Andel produsert mengde matfisk av laks, regnbueørret og ørret for de ti største foretakene i Norge (1996-2015). Kilde: Fiskeridirektoratet, referert i Steinset (2017)

Derimot roet den kraftige konsolideringstrenden seg rundt 2009, og antall foretak i 2015 økte marginalt sett i forhold til år 2013 og 2014. Gjennom tidene har det derimot ikke bare skjedd horisontal integrering, men også vertikal integrering i oppdrettsnæringen. Det innebærer at et foretak eier og styrer flere ledd oppover og/eller nedover i verdikjeden. Slik integrasjon kan være ønskelig av flere årsaker, eksempelvis reduserte kostnader, redusert pris- og kvalitetsrisiko og økt læring.

3.3.2 Utviklingen i Nordland

Ettersom denne utredningens utvalg består av lokaliteter kun fra Nordland fylke, vil det være nyttig for videre analyse å gjøre en sammenligning av utviklingen i eierskapsstrukturen i hele landet og den utviklingen som har vært i Nordland fylke. Vi ønsker med sammenligningen å avdekke eventuelle forskjeller mellom Nordland og Norge som helhet, da dette kan ha betydning for i hvilken grad resultatene er generaliserbare.

Som det fremgår av grafen i figur 3.3 er det som for hele Norge, en fallende trend i antall foretak som produserer matfisk av laks, regnbueørret og ørret i Nordland i perioden 1999-2009. Fra 2009-2015 er det i Nordland som for hele Norge en dempet konsolideringstrend og antall foretak er i 2015 høyere enn antallet i 2013 og 2014.



Figur 3.3 Totalt antall foretak som produserer matfisk av laks, regnbueørret og ørret i Nordland, perioden (1999-2015). Kilde: Statistikkbank, (Fiskeridirektoratet).

For å oppsummere kan vi si at oppdrettsnæringens historiske utvikling i eierskapsstrukturen kjennetegnes av horisontal integrering, derav større og færre foretak som produserer laksefisk. Som nevnt i kapittelet om tidligere forskning nevner Nøstbakken (2017) to årsaker som kan forklare motivasjonen bak konsolideringstrenden som har funnet sted i oppdrettsnæringen. Den ene årsaken er skalafordeler som oppnås gjennom fordeler som spesialisering og bedre kjøpekraft. Den andre er internalisering av eksternaliteter knyttet til sykdom og parasitter (jf. kapittel 5.1 for definisjon). For denne utredningen er eierskapsstruktur som nevnt innledningsvis relevant, dette fordi sistnevnte årsak til konsolidering, altså eksternaliteter, kan knyttes opp mot lakselus og behandlingsatferd. Internalisering av eksternaliteter vil kunne være en forklaring til hvorfor et foretak som produserer på flere lokaliteter med smitteoverføring av lakselus vil ha annerledes behandlingsatferd sammenlignet med foretak med færre lokaliteter. For å kunne analysere og forstå behandlingsatferd vil det også være naturlig i dette kapittelet å gi en kort oversikt over den utviklingen som har vært knyttet til nivå på lakselus og behandling gjennom tidene. Det gjøres i det følgende.

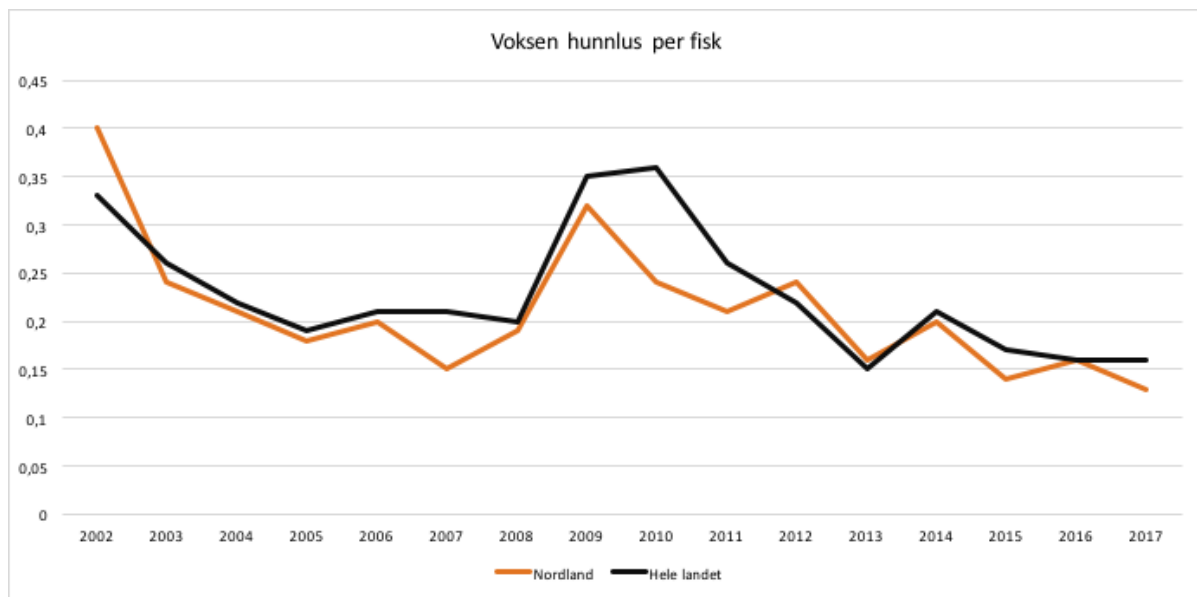
3.4 Utvikling i lusenivåer

Lakselus og mer om dens påvirkning på fisken vil beskrives i detalj i neste kapittel. I dette delkapittelet vil det være fokus på utviklingen av antall lakselus og behandlinger i grove trekk, for hele næringen nasjonalt og for regionen Nordland. Utviklingen vil være relevant da vi som nevnt i kapittel 2 om våre hypoteser vil inkludere år som kontrollvariabel i analysen. År som kontrollvariabel, altså variabel med potensiell forklaring på valget om å behandle ansees nødvendig ettersom dette kapittelet vil vise at det på årsbasis er variasjoner i lakselusnivå og behandlingsatferd. Nivået av lakselus rapporteres som antall lakselus per fisk. Ved dagens reglement er oppdrettere pålagt å telle antall lakselus per fisk hver uke, eventuelt annen hver uke dersom temperaturen ved lokaliteten er under 4 grader. Gjeldende reglement for vanlige matfiskkonsesjoner er at det skal være under 0,5 voksne hunnlus per laksefisk. Dette er med unntak for en viss periode om våren/sommeren, hvor reglementet fastsetter for spesifikke områder og uker, at det skal være færre enn 0,2 voksne hunnlus i gjennomsnitt per laksefisk. I Nordland gjelder dette unntaket for uke 21 til 26.

Det må nevnes at reglementet for både telling av lus og grenseverdier har blitt oppdatert og endret flere ganger, slik at tall mange år tilbake ikke vil være direkte sammenlignbare med nyere tall. Frem til 2013 var oppdretterne pålagt å rapportere kun en gang i måneden. Antall voksne hunnlus, fastsittende lus og lus i bevegelige stadier måtte telles hver 14. dag ved temperaturer lik eller over 4 grader, men oppdretterne var bare pålagt å rapportere inn en gang i måneden. Datasett fra tidligere enn 2013 vil dermed nødvendigvis måtte fremstilles på månedsnivå eller videre aggregert opp. Grenseverdien på 0,2 om våren ble vedtatt i mars 2017, slik at foregående år har hatt grenseverdi lik 0,5. Foregående år hadde derimot en paragraf om våravlusning, som innebar en tiltaksverdi på 0,1 lakselus i perioden mars til april.

3.4.1 Lakselus over tid

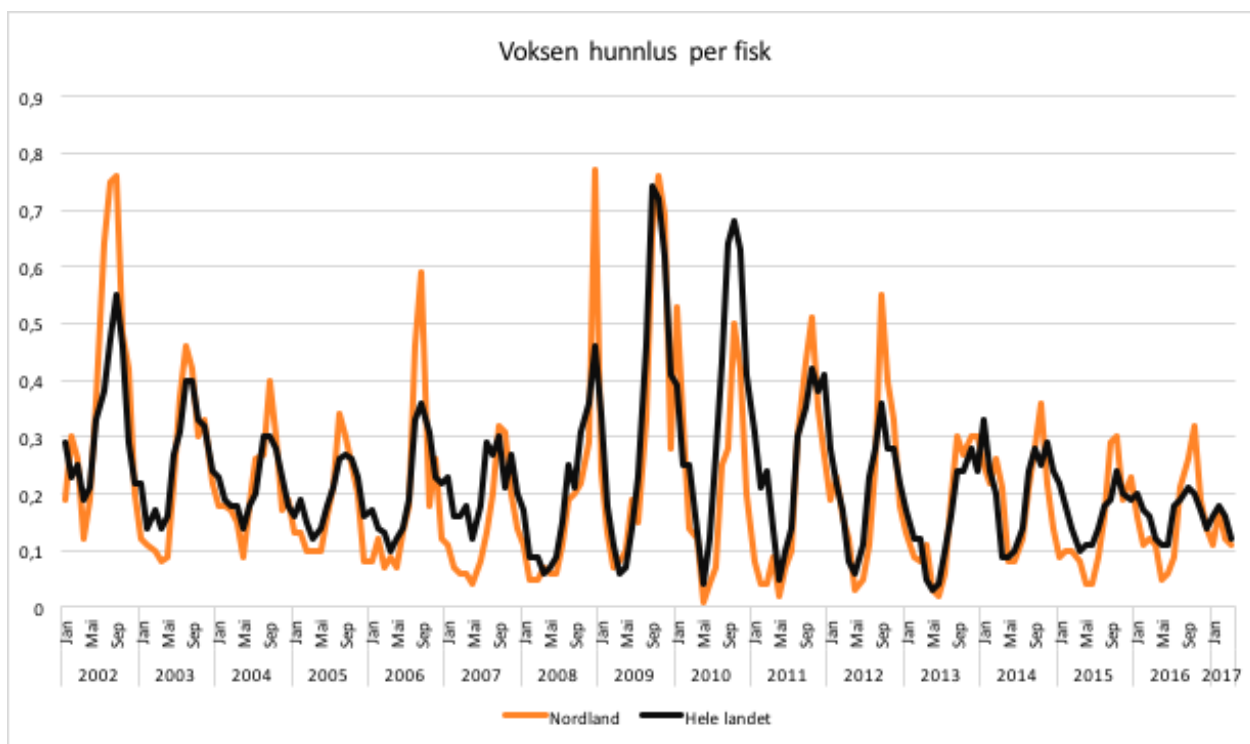
Fra figur 3.4 som illustrerer lusenivået på årsbasis kan man se et forhøyet nivå av lakselus rundt år 2009. Dette skjedde samtidig som man så en økende resistens mot behandlingsmidlene som ble brukt.



Figur 3.4 Antall voksne hunn lus per fisk 2002-2017 for Nordland og næringen totalt. Kilde: Statistikk hentet fra (Lusedata.no, 2017)

Veterinærinstituttet skriver i sin fiskehelse rapport (2010) for 2009 at det var registrert mer lus i norske anlegg gjennom 2009 enn på flere år og at det var en økende grad av resistens mot legemidlene som tidligere hadde vært svært effektive. Resistens er av Forskrift om lakselusbekjempelse av 2013 §3 (1e) definer som “mangelfull behandlingseffekt som skyldes at deler av eller hele den aktuelle lakselusepopulasjonen har arvbar nedsatt følsomhet for det farmasøytiske virkestoff som benyttes, slik at deler av eller hele populasjonen kan overleve en dose legemiddel som er dødelig for majoriteten av individene i en normalt følsom populasjon”. I Veterinærinstituttets rapport om resistensutvikling (2014) viste resultatene at områder i Nordland har middels til høy grad av resistens mot alle av de tre rapporterte medikamentelle virkemidlene. Det ser ikke ut til at situasjonen er betydelig annerledes i Nordland sammenlignet med andre områder i Norge, eksempelvis Hordaland. Det er i følge rapporten kun Finnmark som skiller seg positivt ut med høyest sensitivitet mot alle medikamentene.

Gjennomsnittlige tall vil på årsnivå kan skjule store variasjoner, og for å betrakte sykliske variasjoner er antallet voksne hunn lus per måned illustrert i grafen i figur 3.5.



Figur 3.5 Antall voksne hunn lus per fisk for Nordland og næringen totalt på månedsnivå. Kilde: Statistikk hentet fra (Lusedata.no, 2017)

Lakselusnivået i Nordland følger stort sett det gjennomsnittlige nivået for hele landet. Tallene for både hele landet og Nordland viser syklisk variasjon med lavest lusetal på våren/sommeren og toppnivå av antall lus på høsten/vinteren. I figur 3.5 ser vi at nivået overstiger grensen på 0,5 ved flere anledninger både tidlig i datasettet og i perioden mellom 2008 og 2012. De lavere toppunktene etter 2012 sammenfaller med nytt reglement på maksimalt tillatt lakselus per fisk. Lakselusforskriften trådte i kraft 1. januar 2012 innstrammet reglementet for tillatt antall lakselus. Før denne forskriften var reglementet på 0,5 voksne hunn lus per laksefisk en tiltaksgrense, nådde man 0,5 eller flere voksne hunn lus per fisk måtte man behandle. Etter forskriften av 2012 er 0,5 lus en absoluttgrense som ikke skal overstiges, og man må altså behandle før man når denne grensen. Dette aktualiserer de strategiske valgene rundt behandling i høy grad. Der hvor aktørene tidligere var pålagt å behandle i det de nådde et lusetal på 0,5, tilsier reglementet fra 2012 til i dag at de aldri skal nå grensen på 0,5 voksne hunn lus. Det kan derfor tenkes at ulike foretak vil variere i forhold til hvor sensitive de er for lusenivået de velger å behandle ved.

Fra grafen i figur 3.5 ser vi at etter 2013 overstiger ikke gjennomsnittet av antall voksne hunn lus 0,5, og nivået er generelt lavere. Enkeltobservasjoner vil likevel kunne overstige

maksgrensen. Fra figur 3.5 vil det i perioden 2013 til 2017 ikke kunne identifiseres noen ekstreme år.

3.4.2 Bruk av legemidler

Legemiddelbruken i norsk Havbruksnæring har lenge vært et omdiskutert tema. På et frokostmøte avholdt i Bergen 21.03.17 hevdet Hans Geelmuyden, seniorpartner i Geelmuyden Kiese, at havbruksnæringen har et alvorlig omdømmeproblem ettersom en stor del av befolkningen fortsatt tror at oppdrettsfisk får for mye antibiotika (Geelmuyden, 2017). Selv om bruken av antibiotika var et problem på 1980-tallet og tidlig på 1990-tallet, har effektive vaksiner gjort at næringen i dag har god kontroll på bakterieinfeksjoner. I dag brukes minimale mengder med antibiotika i produksjonen av laksefisk. I 2016 var den samlede mengden antibakterielle midler som ble brukt til oppdrettsfisk 212 kg aktiv substans, den minste mengden antibiotika rapportert siden midt på 1970-tallet (Veterinærinstituttet, 2017

). Det som derimot i de siste 10 årene har blitt en økende utfordring er bruk av andre legemidler i kampen mot lakselus.

Strengere krav om å holde lusenivået nede medfører enda større press på både forbyggende og bekjempende tiltak. Siden 2009 har bruken av legemidler mot lakselus vært høy og økende. Bruken av noen av de vanligste medikamentene har minket marginalt, men samlet sett har forbruket økt frem til 2016. I Folkehelseinstituttets sin årlige rapport om legemiddelbruk i fiskeoppdrett for 2016 ble det hevdet at salget av legemidler er synkende for første gang siden 2009 (Folkehelseinstituttet, 2017). Utviklingen skyldes i hovedsak at behandlingsmetoder mot lakselus siden 2016 i økende grad har dreid seg om ikke-medikamentelle både forebyggende og bekjempende tiltak. Dette henger sammen med at det i dag og i de siste årene har vært en økende resistensutvikling mot medikamentelle behandlinger som toppet seg i 2016. Resistensutviklingen innebærer mangelfull behandlingseffekt og lakseluspopulasjoner som overlever medikamentelle behandlinger, og således kan føre til luseskader på fisken.

Tabell 3.1 Antall behandlinger mot lakselus 2011-2016

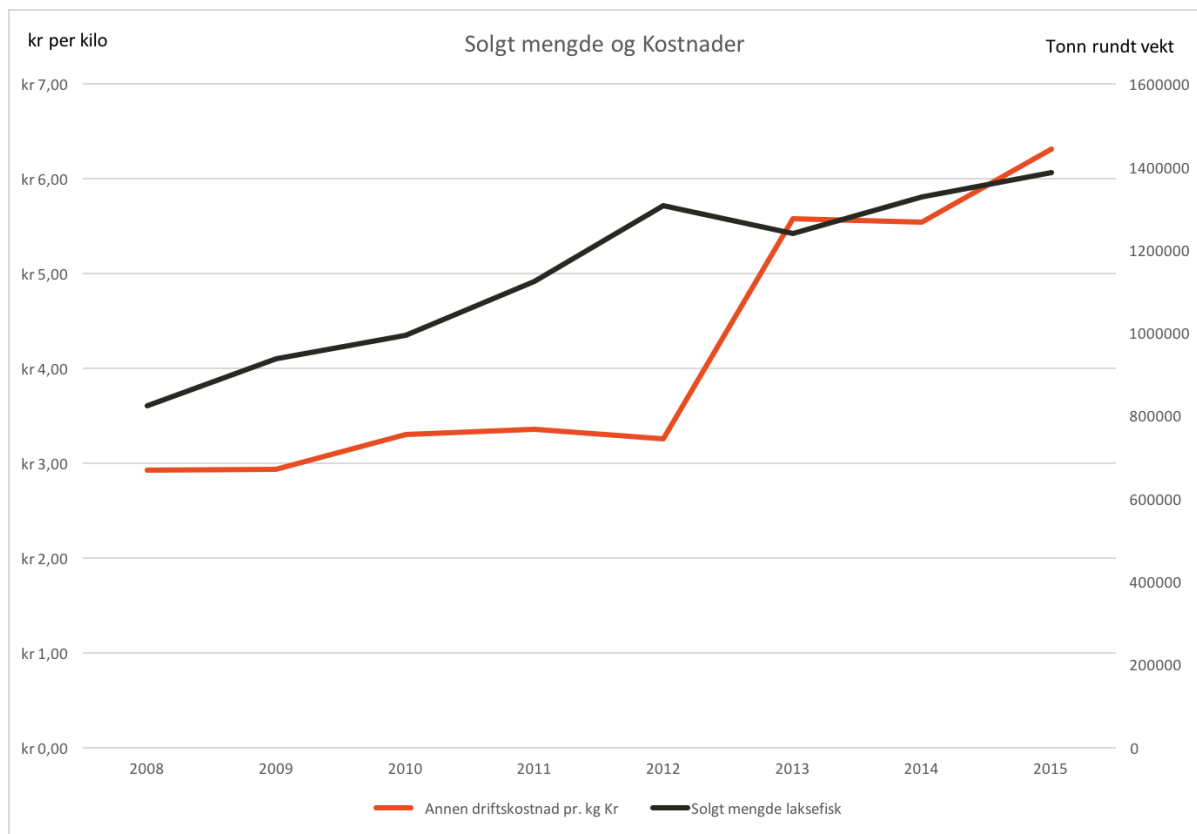
Virkestoff kategori	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Azametifos	409	691	480	749	616	257
Pyretroider	456	1155	1123	1043	660	275
Emamektin benzoat	288	164	162	481	522	607
Flubenzuroner	23	129	170	195	201	173
Hydrogenperoksid	172	110	250	1009	1270	629
Sum legemidler	1348	2249	2185	3477	3269	1941
Ikke-medikamentelle behandlinger		136	110	176	185	1174
Sum alle behandlinger	1348	2385	2295	3653	3454	3115

Kilde: Fiskehelse rapporten 2016 (Hjeltnes et al., 2017)

En bevegelse mot mer bruk av ikke-medikamentelle tiltak er nødvendig både av praktiske og miljømessige årsaker. I 2016 ble ikke-medikamentelle behandlinger brukt 6 ganger så mye som året før, mens medikamentelle behandlinger minket med 41% (Hjeltnes et al., 2017). Oppsummert kan en si at det totalt sett har vært økt antall behandlinger siden 2011. Basert på tabell 3.1 kan en forvente at vi i analysen finner at årene etter 2013 har en positiv sammenheng med valget om å behandle, da antall behandlinger etter 2013 har en markant økning. Økt behandlingshyppighet kommer derimot ikke uten kostnader. Dette vil bli presentert i det følgende.

3.4.3 Kostnader i forbindelse med lakselus

Økt behandlingshyppighet i tillegg til et skift mot mer ikke-medikamentelle tiltak har ført til en kraftig kostnadsvekst for oppdretterne. Grafen i figur 3.6 illustrerer økningen i andre driftskostnader sammen med totalt salgsvolum.



Figur 3.6 Totalt solgt mengde matfisk samt "andre driftskostnader" per kg. for 2008-2016. Kilde:(Statistisk sentralbyrå; Fiskeridirektoratet)

Tross en solid vekst i salget derav produksjonen av laksefisk, har kostnadene assosiert med produksjon og spesifikt "andre driftskostnader" økt. "Andre driftskostnader" er en samlepost i årsregnskaper som fanger opp direkte kostnader tilknyttet behandling av lakselus. Denne samleposten kan imidlertid også inkludere både reparasjoner, vedlikehold og rene administrasjonskostnader.

Store ressurser legges ned i forebyggende innsats, behandling er dyrt, og det er assosiert tap av tilvekst eller i verste fall fiskedød som følge av behandling. Av figur 3.6 kan vi se at samtidig som produksjonen øker, øker også "andre driftskostnader". Dette kan være interessant da en ut fra grunnleggende teori om stordriftsfordeler normalt kan forvente marginalt reduserte kostnader. Trenden kan blant annet tyde på at kostnader knyttet til lakselus har en motvirkende effekt på fordelene knyttet til økt produksjon. I følge Fiskeridirektoratets lønnsomhetsrapport (2015) utgjør kostnadene knyttet til fiskehelse, miljø og vedlikehold en stor del av kostnadsposten "andre driftskostnader", 53,9 % i 2015. Med andre ord vil en betydelig del av samleposten fange opp kostnader knyttet til behandling mot

lakselus. Derimot vil det i begrepet fiskehelse også inngå mange andre ulike kostander, eksempelvis kostnader knyttet til lusetelling, rensefisk, vaksiner og veterinær.

Som presentert i kapittel 2 om tidligere forskning fremstiller Iversen et al (2015) i rapporten ”Kostnadsdrivere i oppdrettsnæringen” at avlusning er en sterk kostnadsdriver, og at avlusning i økende grad er blitt ressurs- og kostnadskrevende. De estimerer en direkte lusekostnad, ekskludert tapt tilvekst og dødelighetstap, for næringen i 2014 på 2,33 kroner per kilo laksefisk eller ca. 3 milliarder kroner totalt. Løe og Kjellesvik (2016) estimerer gjennom omfattende spørreundersøkelser i bransjen en direkte lusekostnad på 2,87 kroner per kilo, og en total både direkte og indirekte kostnad på 7,25 kroner per kilo laksefisk. De finner at 45% av den totale kostnaden på 7,25 kroner kan knyttes til tilveksttap som følge av behandling, og 15,5% kan knyttes til behandlingsdød.

Det er altså estimert en økende kostnad relativ til produksjonen og betydelige beløp knyttet til å behandle. Basert på presentasjonen av utviklingen i behandlinger kan vi si at kostnader knyttet til lakselus har økt siden 2009 til 2016. År 2016 var det første året med en nedgang i behandling generelt, noe som kan tyde på at næringen har startet å bevege seg i en retning av håndtering og kontroll av lakselus ved hjelp av andre virkemidler enn behandling.

Hvorfor aktørene i oppdrettsnæringen faktisk gjennomfører disse kostbare behandlingene mot lakselus vil være temaet for neste kapittel.

4. Lakselus

4.1 Innledning

For å undersøke behandlingsatferd vil det være naturlig å gå gjennom hva lakselus er og hvorfor en må behandle mot dette. I følge Havforskningsinstituttet (2016) er lakselus den vanligste parasitten på oppdrettslaks, og blir ofte omtalt som den største utfordringen næringen generelt står overfor i dag. Lakselusene er en av de viktigste tapsårsakene til oppdrettsnæringen, og tiltakene knyttet til denne parasitten vil derfor være en viktig strategisk beslutning med betydelig påvirkning på lønnsomheten.

Vi ønsker å gi leser en forståelse for hvorfor foretak i oppdrettsnæringen velger å behandle og vil derfor forklare hvordan lakselus skader laksefisk og hvordan myndighetene regulerer lakselusproblemet strengt og at reguleringene derfor vil være en del av forklaringen til hvorfor behandling må gjennomføres. Reguleringene som blir presentert vil videre blant annet være relevante for å forstå valgte variabler i analysen, og for eksempel hvorfor enkelte uker i utvalget har manglende observasjoner grunnet sjøtemperatur. Som vi vil se består reguleringen av en grenseverdi for lakselus og ikke er en tiltaksverdi, som således legger opp til at foretakene skjønnsmessig kan vurdere når det vil være nødvendig å behandle for å holde seg innenfor grenseverdiene. Vi vil også presentere hvordan lakselus smitter og overføres mellom ulike anlegg. Noe av forskningen på smitteoverføring ble presentert i utredningens kapittel 2. Smitteoverføring og forståelse av dette er relevant i forhold til problemstillingen da den andre hypotesen i analysen baserer seg på at smitteoverføring skjer og at dette er en eksternalitet ved produksjon av laksefisk.

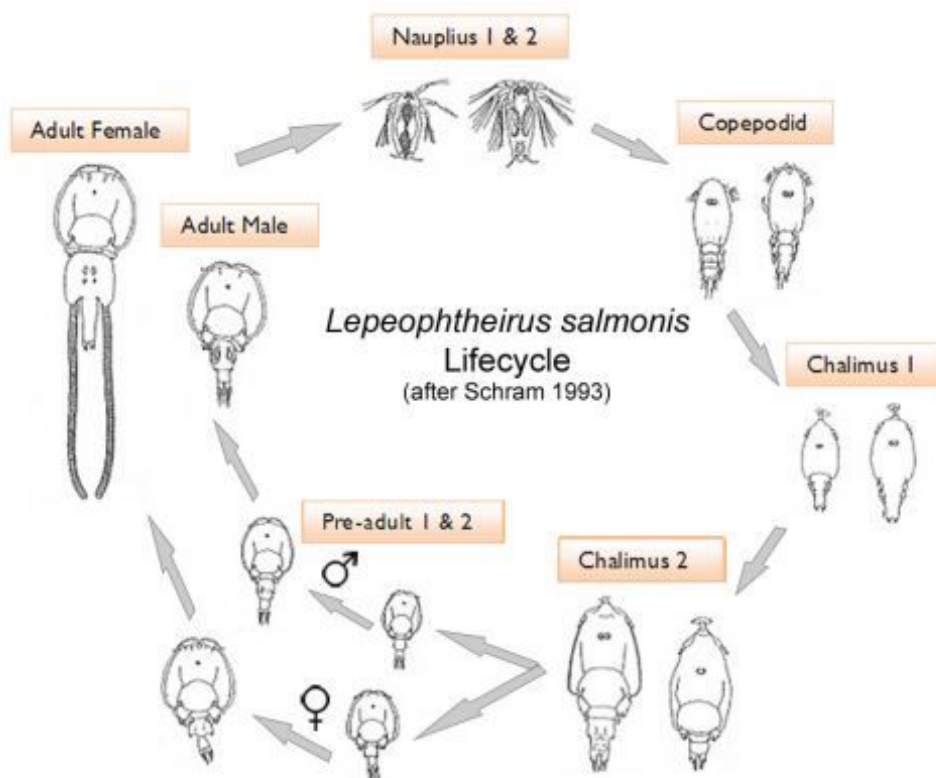
4.2 Lakselus og dens biologi

Lakselus er en parasitt som finnes naturlig i alle havområder på den nordlige halvkule (Havforskningsinstituttet, 2016). Den angriper, formerer seg og lever på laksefisk i havbruksanlegg og på sjørrret som lever i eller svømmer gjennom fjorder og kystfarvann. I tillegg følger den med villaksen fra havet når den kommer inn i fjordene for å gyte i elvene (laksefakta.no, 2016). Lakselusen lever naturlig kun i saltvann og når laksefisken går opp i elvene i ferskvann vil lakselusen falle av. Innerst i fjorder hvor elver munner ut vil det naturligvis være mer ferskvann og derfor mindre lakselus. Lakselus er altså en naturlig

parasitt, som i utgangspunktet kun blir et alvorlig problem når forekomsten av den blir for høy. Høy forekomst av lakselus skyldes fremveksten av en stor oppdrettsindustri som har ført til at vi har en ekstern vert³ for parasitten, nemlig oppdrettsfisk som er uavhengig av villfisk. For å få en bedre innsikt i hvordan lakselusene formerer seg og smitter vil vi i det følgende gjennomgå lakselusens livssyklus.

Lakselus er et lite krepssdyr, med flere utviklingsstadier fra den klekkes fra hunnlusens eggstrenger til den er voksen. Utviklingshastigheten er styrt av temperatur og hastigheten øker med temperaturen (Boxaspen, 2009). Før de er i stand til å feste seg til en vert har de tre utviklingsstadier hvor de er frittsvømmende larver, som kan spres over lange distanser med strømmen i havet (Skilbrei et al., 2015). De tre stadiene kalles *nauplius* 1 og 2 samt *copepoditt*, og det er disse stadiene en er interessert i når en skal se på spredningen av lakselus (jf. delkapittel 4.3). Det er det tredje stadiet, *copepoditten*, som infiserer/smitter fisken, og er derfor det stadiet lakselusen går fra å være frittsvømmende til å bli fastsittende (Havforskningsinstituttet, 2009a). Hvis *copepoditten* finner en laksefisk hefter den seg fast, starter å spise, og når etter hvert neste stadium. *Copepoditten* er veldig liten (0,8mm) og kan derfor være vanskelig å se på selve laksefisken før den skifter stadium (Havforskningsinstituttet, 2009a). Etter de tre første utviklingsstadiene, kommer lakselusen inn i stadiene kalt *chalimus* 1 og 2, hvor den er synlig, fastsittende og holder seg på samme sted på laksefisken. De siste tre stadiene er kalt *preadult* 1 og 2 og *adult*. Det er i disse stadiene at lakselusen begynner å bevege seg rundt på hudoverflaten til laksefisken og gjør størst skade. Når lakselusa er *adulte*, altså voksne, kan de pare seg på selve laksefisken og reproducere. Paringen skjer hele året men skjer hurtigere med økende temperaturer. Hunnlusen slipper befruktete egg ned i to lange sekker som henger ned fra henne. Eggene bærer hun til de klekkes og frigis i vannet som *nauplier*, som igjen finner sine verter og starter syklusen på ny. Vi kan med dette fastslå at lakselus er avhengige av en laksefisk for å fullføre sin livssyklus, og dersom en *copepoditt* ikke finner en vert vil den dø. Figur 4.1 forklarer og viser trinnene i lakselusens livssyklus.

³ Laksefisk som vert er en smittekilde for lakselus ettersom lakselus er avhengig av laksefisken for å fullføre sin livssyklus og skaper nye lakselus ved å pare seg på selve laksefisken (jf. senere i 4.2).



Kilde: (Marine Institute - Foras na Mara, u.å)

4.3 Spredning og smittepress

I forrige delkapittel ble livssyklusen og hvordan lakselus formerer seg gjennomgått. For utredningen vil det videre være relevant å vite hvordan nyskapte lakselus, kalt *nauplius* 1, spres i havet og smitter laksefisk. Dette vil være relevant informasjon for å få innsikt i hvordan oppdrettsanlegg på nabolokaliteter påvirker hverandre og overfører lakselus seg imellom, da dette vil igjen kunne ha innvirkning på behandlingsatferd. Det blir derfor i dette delkapittelet presenter mer grundig informasjon om spredning og smitteoverføring.

Når det kommer til spredning og smitte av lakselus er det som nevnt i forrige delkapittel 4.2 tre stadier hvor lakselusene er frittstående og kan spres rundt i vannmassen. Videre er det i det tredje stadiet kalt *copepoditt*, at lakselusene infiserer laksefisk. Lakselusenes frittstående stadier har en varighet på ca. 100 til 150 døgngrader⁴

⁴ Døgngrader = dogn*temperatur. For eksempel ved 10°C innebærer 100-150 døgngrader 10-15 dager

(Havforskningsinstituttet, 2009b) Ettersom antall døgn er lik døgngrader dividert på temperatur vil lave temperaturer kunne medføre flere døgn som frittsvømmende, og et større potensial for spredning over lengre distanser. I følge Sandvik et al. (2013) påvirkes spredningen av lus av tre faktorer. Den første er passiv transport med strømmen, den andre er turbulens og den tredje er egenbevegelse. Turbulens innebærer at transporten ikke nødvendigvis går i en rett linje, men beveger seg horisontalt på en i utgangspunktet vertikal vei. Egenbevegelse, også kalt atferd, vil variere med alder som er temperaturavhengig og kan være en funksjon av saltholdighet i vannmassen, temperatur, lys og eventuelt andre parametre (Sandvik et al., 2013). Likevel kan en si at lakselus hovedsakelig spres av havstrømmer, som er svært varierende. Variasjonene i strøm skyldes variable drivkrefter, og i følge Havforskningsinstituttet (2009b) er de viktigste drivkreftene vind, ferskvannsavrenning, tidevann og tyngdeforskjeller mellom vannmassene innenfor og utenfor fjorden. Strømforholdene varierer både i tid og geografi, hvor strømmene kan variere mye i løpet av noen timer. Geografiske forskjeller gjelder både vertikalt og horisontalt gjerne med store variasjoner over kun noen meter. Videre kan strømmene ha høy hastighet og derfor spre lakselus hurtig. I følge Havforskningsinstituttet (2009b) er det i en periode ikke uvanlig at lakselusene spres med en gjennomsnittlig strømhastighet på 0,3 m/s (ca. 1 km/t).

At strømmene varierer gjør at spredningen er veldig variabel, eksempelvis har vi at lakselus i en periode på noen dager kan spres innover i en fjord, mens de i løpet av noen andre dager kan spres utover fjorden. I tillegg er det enkelte dager hvor de nesten ikke spres noen vei i det hele tatt. Det er også blitt vist at det kan forekomme forskjellig spredning inne og ute i en fjord. Det blir på Havforskningsinstituttet (2009b) sine temasider vist resultater som hevder at antall kilometer lakselusene spres er lavere for en smittekilde inne i fjorden sett i forhold til en smittekilde lengre ute i fjorden. Mer generelt hevder de at noen lakselus kan spres veldig lang fra smittekilden (>100 km) men at de fleste likevel ikke spres lengre enn noen titalls kilometer fra kilden. Dette innebærer at overføring av lakselus kan over tid gå begge veier mellom to eller flere lokaliteter, skifte lokaliteter som en overfører til eller får lus fra, og eventuelt ha ingen overføring av lakselus til eller fra andre lokaliteter. Den eksterne smitteoverføringen vil altså kunne variere mye innenfor sitt potensielle smitteoverføringsområde.

Vi har til nå gjennomgått både hva lakselus er, hvordan deres livssyklus fungerer, hvordan de spres og smitter på egne og mellom ulike lokaliteter. Det neste som vil gjennomgås er hvilke skader og utfordringer denne parasitten faktisk kan eller vil medføre laksefisken.

4.4 Utfordringene knyttet til lakselus

I de siste årene er det blitt publisert flere artikler som omhandler lakselus. Overskriftene lyder gjerne ”Ingen bærekraft i oppdrettslaks”⁵, ”Lerøy har tømt merder for fisk på grunn av lakselus”⁶ og ”Lakselus spiste av overskuddet”⁷. Det er med andre ord ingen tvil om at lakselus i dag innebærer utfordringer for oppdretterne. Vi vil i det følgende gjennomgå mer konkret hva lakselus gjør med laksefisken, at den bringer med seg kostnader og derfor er en av de største, om ikke den største utfordringen oppdrettsnæringen har i dag. Videre vil vi også presentere utfordringer knyttet til villaks og samfunnets tillit til oppdrettsnæringen.

4.4.1 Lakselusens kostnader og problemet med resistens

Som nevnt forekommer lakselus naturlig og blir først et problem når forekomsten av lakselus er for høy. Høy forekomst henger sammen med høy produksjonstetthet av laksefisk. Det kan forklares med at oppdrett av laksefisk innebærer mange akvakulturanlegg med relativt høy tetthet av fisk sammenlignet med vill fisk i havet. Oppdrett av laks gir derfor flere verter å formere seg på for lakselusen. Oppdrettsfisk kan således medføre flere lus i havet og øker derfor smittepress slik at flere fisk rammes av lakselusene. Som nevnt i delkapittel 4.2 er det i de bevegelige stadiene lakselus gjør mest skade for sin vertsfisk. De konkrete skadene lus påfører sin vert kommer av at de spiser hud, slim og blod fra fisken. Ved mange lus på en fisk kan veksten blir svekket og det kan lages store åpne sår. Sårene åpner for infeksjoner fra for eksempel bakterier, og innvirker i tillegg saltbalansen til laksefisken (Havforskningsinstituttet, 2009c). De mest kritiske følgene kan være predasjon⁸ og fiskedød. Skadene og alvorlighetsgraden av sårene vil avhenge av antall lus per fisk og vertens størrelse og allmenntilstand. Det vil derfor være i oppdrettsnæringens interesse å holde lusenivåene lave og hindre helse- og fiskevelferdsproblemer, da lakselusene i stor grad kan skade og ødelegge produksjonen. Det må likevel nevnes at hvor lave lusenivåer som ansees nødvendig for å bevare helse- og fiskevelferd vil variere mellom oppdretterne. Ifølge Iversen et al. (2015) er det ikke alle oppdretterne som mener at dagens regulering av lakselus er

⁵ Sterud, E. 2014. Ingen bærekraft i oppdrettslaks. *Dagbladet*, 13.11.2014.

⁶Berge, A. 2016b. Lerøy har tømt merder for fisk på grunn av lakselus. *iLaks*, 11.04.2016.

⁷Nodland, E. Ibid.Lakselus spiste av overskuddet. 29.07.2016.

⁸ Predasjon er definert som at en organisme spiser hele eller deler av en annen organisme.

fornuftig og riktig. Oppdrettsnæringen har flere virkemidler de kan benytte for å hindre at lakselus skader laksefisken og for å holde antall lakselus under kontroll. Det er derfor sjeldent at oppdrettsfisk blir skadet i stor grad, og vil i realiteten aldri dø på grunn av lakselusene slik situasjonen kan være for vill laksefisk. Likevel innebærer god kontroll på lakselusene i merdene og reduserte skader på laksefisken en god del kostnader for oppdretterne. Tiltak som iverksettes mot lakselusene er en av de viktigste kostnadsfaktorene til oppdrettsnæringen i dag. Kostnadene knyttet til lakselus består av både direkte og indirekte kostnader. De indirekte kostnadene er kostnader behandlingen medfører i form av tapt tilvekst, dødelighet, høyere økonomisk førfaktor⁹ og eventuelt dårligere kvalitet på fisken og derav lavere salgspris.

En sentral utfordringen knyttet til lakselus som oppdrettsnæringen opplever i dag er resistens mot medikamentelle avlusningsmidler. Dette truer den kontrollen de normalt har i forhold til å begrense mengden lakselus. Dersom oppdretterne ikke klarer å drepe lakselus med medikamentelle virkemidler kan det komme en økning i antallet lakselus, som igjen kan føre til betydelige skader på oppdrettsfisk og annen villfisk i nærheten. Resistens er på denne måten også en utfordring som må tas på alvor for å sikre villfiskpopulasjoner (Havforskningsinstituttet, 2010b). Resistensproblemene reduserer antall verktøy oppdretterne kan benytte for å redusere lakselus. Tradisjonelt sett har de medikamentelle verktøyene vært mest kostnadseffektive både med tanke på direkte kostnader og indirekte kostnader. Andre metoder for behandling og tiltak mot lakselus, slik som mekanisk behandling og lusespisende fisk, er verktøy oppdretterne kan benytte for å både hindre, redusere og overkomme problemet med resistens. Disse andre løsningene er derimot ikke nødvendigvis de fremtidige løsningene, da også disse metodene fører til at laksefisken får andre helseplager, og rensefisk slik som arten rognkjeks er selv blitt rammet av lus og andre sykdommer. Det å ha kontroll på lakselusene kan derfor bli mer utfordrende med årene, og vi kan se en trend mot utvikling av mer radikale løsninger som endret teknologi og helt nye måter å drive oppdrettsvirksomhet på.

⁹ Økonomisk førfaktor kan defineres som mengde før som er blitt brukt per produsert kg laks.

4.4.2 utfordringer for villaks

Villaksen smittes typisk når de skal fra elvene og ut i havet, ettersom de oppholder seg i kyst- eller fjordområder før de kommer ut til havet. Oppdrett drives intenst i fjorder og kystfarvann, vil det vil derfor være et unaturlig høyt smittepress på ung villaks også kalt smolt. Smolten kan på denne måten bli vert for lakselus og gjerne for flere enn de tåler for å overleve. Ettersom den ville smolten er liten og har tynnere hud vil den være mer sårbar mot lakselus sett i forhold til en voksen villaks. Den ville smolten kan derfor bli utsatt for betydelige skader og ved for mange lus vil den dø. Villaksen blir ikke avluset slik som oppdrettsfisk og vil derfor være avhengig av at hele oppdrettsnæringen påser at lakselusene holdes under kontroll slik at villaksen overlever og kan eksistere også for kommende generasjoner. Ettersom oppdrettsnæringen har den påvirkning på villaksen som er nevnt over, blir den nøye regulert av myndighetene i Norge. Oppdrettsnæringen har på denne måten et juridisk ansvar i tillegg et etisk ansvar overfor laksefiskens velferd. Vi vil senere i delkapittel 4.5 gi en kort oversikt over hvordan havbruksnæringen blir regulert i dag.

4.4.3 Oppdrettsnæringens problem med tillit

En annen utfordring knyttet til lakselus som er verd å nevne er problemet oppdrettsnæringen har når det kommer til tillit. Havbruksnæringen er avhengig av at samfunnet har tillit til at deres produksjon tar hensyn til dyrehelse, dyrevelferd og miljø. Det kan hevdes at oppdrettsnæringen har et problem med tillit i dag, og som vil kunne være avgjørende for å få disponere mer areal av fjordene. Fjordarealene tilhører det norske folk og oppdrettsnæringen er avhengig av mer areal for å få mer vekst. Både regjeringen, lokalsamfunn og folket generelt er med på å bestemme i hvilken grad næringen reguleres, og at den eventuelt ikke får vokse før de har kontroll på lusene og ande miljøutfordringer. Næringen for oppdrett av laksefisk har for første gang på flere år hatt negativ vekst. Den får trolig ikke fortsette å vokse før det oppnås mer tillit til at produksjonen skjer på en bærekraftig måte med akseptable negative konsekvenser for resten av havet. Streng regulering og hindret vekst er en viktig utfordring som oppdrettsnæringen må håndtere for å komme videre. Vi skal i det følgende delkapittel presentere relevante reguleringer myndighetene har iverksatt for å bekjempe lakselus. I tillegg skal vi også kort gjennomgå andre relevante tiltak gjennomført av myndighetene med tanke på problematikken rundt lakselus. Reguleringer vil være relevant informasjon for denne utredningen da den blant annet kan forklare hvorfor dataene utredningen har på lakselus er rapportert slik de er. Reguleringer vil også være nyttig for å

forstå hvordan myndighetene påvirker behandlingsatferd og således for vårt valg av variabler i analysen. Videre vil andre tiltak fra myndighetenes side også avdekke andre spesielle forhold i næringen som er relevant for utredningen og analysens variabler.

4.5 Tiltak fra myndighetene

Lakselusene ble først og fremst et kjent fenomen da de ble et problem for den norske oppdrettslaksen. Tidlig på 90-tallet begynte de negative effektene et mulig forhøyet antall lakselus kunne ha på vill laks å vise seg (Boxaspen, 2009). Etter 1996 og 1997 da problemene med økte mengder lakselus på villaksbestandene toppet seg, ble det iverksatt tiltaksgrenser som innebar at oppdretterne ble pålagt å bekjempe lakselusene når mengden steg over et gitt nivå (Miljødirektoratet, 2010). At myndighetene kom på banen og startet med å regulere næringen er blant annet viktig fordi det ikke nødvendigvis er samsvar mellom den mengden lakselus som er skadelig for villaksbestandene og den mengden lakselus som gir betydelige økonomiske tap for oppdretterne. Som nevnt tidligere i utredningen er ekstern smitteoverføring av lakselus fra en enkelt aktør sin oppdrettsvirksomhet en negativ eksternalitet, da den private kostnaden en enkelt aktør får på grunn av lakselus er lavere enn den samfunnsmessige kostnaden. Det er derfor ikke gitt at oppdretterne setter i verk behandling mot lakselus som er tilstrekkelig for å sikre miljømessig bærekraftig produksjon. Videre er det også forklart tidligere hvordan en aktør kan påføre andre aktører negative eksternaliteter ved å unnlate å behandle. Det vil derfor være negative eksternaliteter mellom aktørene i oppdrettsnæringen, men også negative eksternaliteter mellom aktørene og samfunnet som helhet.

Myndighetene kan løse hele eller deler av dette problemet ved å overføre kostnadene samfunnet og andre aktører får fra de negative eksternalitetene over til aktøren, slik den private kostnaden øker. Dette gjøres ved å for eksempel vedta tvangsutslakt av all oppdrettsfisk på en lokalitet dersom lusenivået er høyere enn det loven tillater. Utfordringene med lakselus er derimot ikke den eneste miljøeffekten knyttet til oppdrettsnæringen som har ført til at myndighetene er aktivt på banen og regulerer havbruksnæringen i Norge. Andre problemer er for eksempel rømming av oppdrettsfisk og medikamentell behandling av lakselus som innebærer at en benytter kjemikalier som har negative effekter på miljøet. Bruk av kjemikalier kan skade annet dyreliv i havet, for eksempel hevdes det av (Havforskningsinstituttet, 2010a) at voksen amerikansk hummer (*Homarus americanus*) er

følsom overfor det benyttede kjemiske stoffet kalt Azametifos, og kan dø som følge av eksponering. Oppdrettslaks som rømmer og blander seg med villaks vil kunne spre sykdom og ha negativ effekt på villaksen genetiske mangfold som er viktig for villaksens tilpasningsdyktighet for endringer i miljøet (Poléo, 2007). Rømmingen vil også kunne medføre redusert rekruttering i den ville bestanden (Poléo, 2007). Forskjellige miljømessige utfordringer kan altså sies å være noe av det som har bidratt til å få myndighetene på banen. Vi skal videre gjennomgå hvem som har ansvar for reguleringen og presentere flere relevante lovbestemmelser for hvordan næringen faktisk reguleres i forhold til lakselus i dag.

4.5.1 Regulering

I Norge er det Nærings- og fiskeridepartementet som har ansvaret for nærings- og sjømatpolitikk. Det innebærer å påvirke alle politikkområder som har betydning for verdiskapingen (Nærings- og fiskeridepartementet, 2014). De skal både fremme næringslivet og bidra til en bærekraftig forvaltning av fiskeri- og havbruksnæringen (Nærings- og fiskeridepartementet, 2014). Videre har departementet flere underliggende myndighetsorgan og tilknyttede virksomheter, som skal avlaste departementet med både faglig arbeid og utførelse av tiltak. Nærings- og fiskeridepartementet har blant annet Fiskeridirektoratet som et underliggende organ og Mattilsynet som tilknyttet virksomhet som bidrar med viktig tilsynsarbeid. Videre vekst i næringen gjennom årene har ført til ytterligere regulering enn det som ble nevnt innledningsvis fra slutten av 90-tallet, og myndighetene har utarbeidet flere forskrifter som angår miljøpåvirkning og drift av oppdrettslokaliteter. Vi vil i utredningen fokusere på Forskrift om bekjempelse av lakselus i akvakulturanlegg¹⁰ fra 2012, ettersom denne er mest sentral for behandling av lakselus i oppdrettsnæringen og mest relevant for utredningens problemstilling.

Forskrift om lakselusbekjempelse har som formål å ”reducere forekomsten av lakselus slik at skadevirkningene på fisk i akvakulturanlegg og i viltlevende bestander av laksefisk minimaliseres, samt redusere og bekjempe resistensutvikling hos lakselus” (Forskrift om lakselusbekjempelse, 2012). Forskriftens formål inkluderer altså å pålegge oppdretterne et juridisk ansvar for både fisken som finnes i oppdrettsanleggene og for ville bestander.

¹⁰ Omtalt videre med sin korttittel; Forskrift om lakselusbekjempelse.

Forskrift om lakselusbekjempelse er hjemlet i Matloven (2003). Det er flere viktige paragrafer i forskriften som er relevante for denne utredningen.

En viktig bestemmelse for denne utredningen vil være §8 i Forskrift om lakselusbekjempelse. Bestemmelsen fastsetter grenseverdier for lakselus og tiltak. I §8(1) er det presisert at det blant annet innenfor spesifikke uker skal ”til en hver tid være færre enn 0,2 voksen hunnlus av lakselus i gjennomsnitt per fisk i akvakulturanlegget”. For andre spesifiserte uker skal ”være færre enn 0,5 voksen hunnlus av lakselus i gjennomsnitt per fisk”. Bestemmelsen fastsetter at akvakulturnæringens grenseverdier for lakselus er både 0,2 og 0,5 avhengig av hvilket området og hvilken uke en befinner seg i, men at det til enhver tid skal være under 0,5 voksen hunnlus av lakselus i gjennomsnitt per fisk i det enkelte anlegg. Det må likevel presiseres at paragrafen slik den er beskrevet over ble vedtatt i mars 2017. Før den tid har det kun vært en grenseverdi, nemlig 0,5 voksen hunnlus i gjennomsnitt per fisk, som har omfattet alle områder i Norge alle ukene i året. Ettersom denne utredningen har data i tidsperioden jan 2013 - april 2017 vil grenseverdien med 0,2 ikke være gjeldende for denne utredningen, men kun grenseverdien på 0,5 voksen hunnlus.

Videre lyder §8(3) som følger ”Det skal gjennomføres tiltak for å sikre at mengden lakselus ikke overskrider grensene i første og andre ledd, herunder om nødvendig utslakting av fisk”. Det innebærer at grenseverdiene ikke er tiltaksverdier slik det ble bestemt på slutten av 90-tallet (jf. innledningen til delkapittelet), hvor at en måtte iverksette tiltak først når en nådde grenseverdien. I dag er grenseverdiene en absoluttgrense og det er krav om å holde mengden voksen hunnlus under grenseverdiene. Det er derfor bestemt av denne paragraf at en skal iverksette tiltak før man når grenseverdiene og på den måten hindre at man faktisk når dem. Bestemmelsen er viktig for denne utredningen ettersom grenseverdiene i en rekke anledninger vil bli referert til.

Videre er det bestemt at flere opplysninger som er relevant for lakselus rapporteres til Mattilsynet hver uke (jf. Forskrift om lakselusbekjempelse, 2012, §10). Eksempler på opplysninger som skal rapporteres er sjøtemperatur, antallet lakselus av voksen hunnlus, lus i bevegelige og fastsittende stadier, behandling mot lakselus, hvilke virkestoff og mengde som er benyttet og mistanke om resistens. Det gis unntak for kravet om ukentlig måling og derfor rapportering dersom sjøtemperaturen er mindre enn 4°C. Dersom temperaturen er lavere enn dette vil en kunne måle og rapportere hver 14. dag (jf. Forskrift om lakselusbekjempelse, 2012, §6). Store deler av dataene vi benytter i vår analyse er slike

rapporteringspliktige data som er offentlig tilgjengelige, eksempelvis behandling, behandlingstype og rapporterte antall lakselus av voksen hunn lus, bevegelige og fastsittende. Bestemmelsen om unntak for rapportering kan forklare hvorfor rapporteringsdata som utredningen benytter kan ha manglende observasjoner i enkelte uker. De nevnte ukentlige dataene fra 2012 til i dag er tilgjengeliggjort for alle på nettsiden kalt BarentsWatch.

Forskriften om lakselusbekjempelse har inntil mars 2017 hatt §7 om samordnet behandling mot lakselus om våren (gjærne omtalt som våravlusning). Ettersom bestemmelsen har vært gjeldende siden 2013 og endret i 2016 vil den være gjeldende for denne utredningens data, og derfor relevant å nevne. Loven gikk ut på at det innenfor et visst tidsrom hvert år skal gjennomføres samordnet behandling i områder bestemt av §4. Dette dersom det påvises 0,1 lakselus eller flere av bevegelige stadier og voksen hunn lus i gjennomsnitt per fisk i tidsperioden satt for samordnet behandling. For Nordland har perioden vært satt til 26. mars til og med 1. mai hvert år. Bestemmelsen ble endret i mars 2016 til å ha samme tidsperiode for alle akvakulturanlegg i Rogaland til Finnmark, som ble 5. mars til og med 25. juni hvert år. Dette er en regulering som skal påse at lakselusnivåene er ekstra lave i perioden vill smolt vandrer ut til havet om våren. For denne utredningen vil det være en relevant bestemmelse ettersom vi kan forvente at lakselusnivåene i denne perioden er lavere enn ellers på året, i tillegg til at den vil kunne virke inn på behandlingsatferd.

Når det kommer til etterlevelse av forskriften skal Mattilsynet føre tilsyn og kan fatte vedtak for å oppnå at bestemmelsene gitt i eller med medhold i forskriften om lakselusbekjempelse etterleves (jf. Forskrift om lakselusbekjempelse, 2012, §11). Dette kan for eksempel være å kreve igangsettelse av tiltak eller at fisken må slaktes. På denne måten forsøker Mattilsynet å følge opp at oppdretterne holder lakselusnivået innenfor de lovfestede grenseverdiene. Det vil derimot være noen tilfeller i vårt utvalg hvor rapporterte antall voksen hunn lus er over grenseverdien, og således tyder på at det er rom for å presse grenseverdiene.

Forskriften gir også Mattilsynet hjemmel til å fastsette soneforskrifter for forebygging og bekjempelse av lakselus. Soneforskrift innebærer bl.a. bestemmelser om samordnet avlusning, og brakklegging (Gullestad et al., 2011) Det er i dag fastsatt en soneforskrift for Sunnhordaland, Bjørnefjorden og Hardangerfjorden. Soneforskrift for Nord-Trøndelag ble opphevet i 2014.

4.5.2 Andre tiltak mot lakselus fra myndighetenes side

I tillegg til å regulere lakselus gjennom lover og forskrifter har myndighetene i Norge satt i gang andre tiltak. Eksempelvis ble det i 2013/2014 gjennomført en ikke-ordinær tildeling av konsesjoner. Tildelingen var av grønne konsesjoner og ble gjort på bakgrunn av å fremme utvikling av løsninger som bidro i problematikken med lakselus og rømming av oppdrettsfisk. I utredningens utvalg av lokaliteter er det noen av dem som er tilknyttet grønne konsesjoner. Det kan være tenkelig at denne type konsesjon vil føre til at behandlingsatferd kan være noe annerledes enn ved vanlige matfiskkonsesjoner. Dette fordi det følger med strengere og annerledes reguleringer. En gjennomgang av grønne konsesjoner vil derfor være relevant informasjon videre for utredningens analysekapittel.

Konsesjonene tildelt i runden 2013/2014 kan deles inn i to hovedgrupper, ”lysegrønne” og ”mørkegrønne” konsesjoner. De lysegrønne konsesjonene innebar at søkeren måtte bytte inn en eksisterende konsesjon mot to nye grønne. Kjøpet av en ny konsesjon bant altså en av kjøperens eksisterende konsesjoner til reglementet gjeldene for de grønne konsesjonene. Dette kravet innebar at kun eksisterende aktører som eide konsesjoner fra før kunne søke. De mørkegrønne konsesjonene ble derimot tildelt som en egen konsesjon som ikke måtte byttes inn, dog med strengere lusegrense. I vårt utvalg er grønne tillatelser kun av typen lysegrønn.

Kravene til lysegrønne konsesjoner er i følge fiskeridirektoratet (2017b):

- ”reducere risikoen for at akvakulturproduksjonen vil påvirke vill laksefisk som følge av rømming, eller
- sikre at det hele tiden er færre enn 0,25 voksne hunnlus per fisk i anlegget, eller et utslipp av lus tilsvarende et slikt nivå. Det er ikke tillatt med mer enn 3 medikamentelle behandlinger per produksjonssyklus.”

Det er ikke tydelig hvorvidt reglementet angående lavere lusenivåer skulle gjelde konsesjoner utdelt med forbedringer innen rømming, eller kun de som ble tildelt med forbedringer innen lakselus. Usikkerheten rundt dette kommer frem da eksempelvis SalMar har bedt om en avklaring fra Nærings- og fiskeridepartementet om deres tildelte grønne konsesjonene kun innebærer krav om rømming, eller om også lusegrensen på 0,25 er gjeldende. (Furuset, 2017b)

Et annet og nyere tiltak er forslaget om de i dag mye omtalte utviklingskonsesjonene som fiskeridirektoratet foreslo i 2015. Forslaget var altså en tildeling av tillatelser til akvakultur til utviklingsformål (Fiskeridirektoratet, 2017c) Bakgrunnen for forslaget var å opprette utviklingstillatelser som skulle fremme omfattende innovasjon og teknologiutvikling for å løse næringens utfordringer rundt miljøpåvirkning og bærekraft. Det stilles krav til at konsesjonene det søkes om skal være en del av et unikt utviklingsprosjekt med betydelig innovasjon. Således skal løsningene være noe helt nytt i forhold til løsningene som ble drevet frem av grønne konsesjoner. Utviklingskonsesjonene skal bidra til å muliggjøre vesentlig vekst i havbruksnæringen med løsninger for dagens operasjonelle problemer. Løsninger og lærdommer som kommer med denne utviklingen skal komme hele næringen til gode.

Som vi har sett har myndighetene innført ulike tiltak som skal bidra til bærekraftig drift av oppdrett. Tiltakene har derimot ikke løst problemene og regjeringen har uttalt at luseproblematikken må løses før næringen kan få vokse.

4.5.3 Trafikklyssystemet

Oppdrett av laksefisk er som illustrert i grafen for utvikling i solgt mengde laksefisk og kostnader i kapittel 3.4 en næring hvor produksjonsveksten har stagnert de siste fem årene. Slik reguleringen har foregått frem til i dag har lovgivningen kun regulert på lokalitetsnivå. Dette innebærer at hovedregelen om grenseverdi på 0,5 voksne hunnlus kun har vært gjeldende og hatt innvirkning på lokalitetsnivå.¹¹ Gjennom trafikklyssystemet introduseres regulering på områdenivå, et nytt system som skal åpne for bærekraftig vekst. Bakgrunnen er at med dagens produksjonsteknologi vil alle lokaliteter i et gitt område påvirke hverandre. Gjennom det nye reglementet som skal innføres i oktober 2017 er produksjonsområdene redefinert til å omfatte områder som er ment å holde smitten mellom anleggene innenfor samme område (Hosteland, 2017). Områdene er basert på forskningen Havforskningsinstituttet har sammen med Fiskeridirektoratet og Mattilsynet. De utarbeidet en influensmatrise som kvantifiserer potensiell smitte av lakselus mellom par/klynger av anlegg, som nevnt i kapittel 2 om tidligere forskning. Det er definert 13 nye produksjonsområder der miljøbelastningen skal måles. Innenfor hvert område skal altså den

¹¹ Med unntak for bestemmelsen om felles våralusing (gjeldende i perioden 2012-2016).

miljømessige bærekraften måles, slik at veksten kan komme der miljøstatusen tillater det. Lakselus som miljøindikator er valgt på grunnlag av en nær sammenheng mellom produksjonskapasitet, nivå av lakselus på oppdrettsfisken, og påvirkningen lakselus har på vill laksefisk. Dersom lusenivået i et område er under kontroll gis det tillatelse til vekst, er det ikke under kontroll og nivået av lus er for høyt fryses eller reduseres kapasiteten; grønt, gult og rød lys.

Lusenivået i et område skal beregnes som et gjennomsnitt av antall voksne hunnlus i området, og er således et mål på smittepresset i området. Å estimere smittepresset i et område er en relevant størrelse i denne utredningen analyse. Med trafikklyssystemet justeres grensene for maksimalt tillatt antall lus til 0,2 (Grindheim, 2016). I første omgang skal bare grønt og gult lys gjelde (rødt gjelder også som gult/på stedet hvil frem til 2019). De som ligger innenfor akseptable grenser gis tillatelse til å vokse 6%, mens for de i både gul og rød sone fryses produksjonskapasiteten slik den er. (Furuset, 2017a)

Trafikklyssystemet innfører en form for kollektiv belønning/avstraffelse som åpner for å internalisere effekten av behandling, og dermed også muligheter for gratispassasjerproblemet. Hvordan en enkeltaktør opptrer vil påvirke gjennomsnittet for antall lus, men er det mange nok av andre bedrifter som behandler kan lusenivåene likevel holdes nede. På denne måten vil en enkelt oppdretter kunne være gratispassasjer og ikke behøve å behandle selv. I motsatt tilfelle hvor folk flest er dårlige på å holde lusenivåene i sine anlegg nede, vil en oppdretter som behandler mye og har lave lusenivå kunne bli straffet for at område rundt han har dårlig kontroll på sine lusenivåer. Unntak fra denne handlingsregelen om vekst eller ikke vekst, er de som i vesentlig mindre grad enn andre påvirker miljøet gjennom lakselus. Anlegg som i hele perioden 1. april til 30. september har under 0,1 hunnlus per fisk og i tillegg maksimalt en behandling per produksjonssyklus, vil bli gitt vekst uavhengig av om hele produksjonsområdet får tildelt vekst (Furuset, 2017a). Innføringen av trafikklyssystemet vil kunne føre med seg store endringer i både struktur og drift i oppdrettsnæringen. Virkningene av trafikklyssystemet vil ikke være synlig før lenge etter denne utredningens tidsramme, men disse nye reguleringene aktualiserer de strategiske og atferdsmessige valgene til bedrifter som vi ønsker å analysere.

4.6 Ulike metoder for bekjempelse av lakselus

I dette delkapittelet skal vi gjennomgå informasjon om den avhengige variabelen i regresjonene, nemlig ulike metoder som i dag benyttes for bekjempe lakselus.

Som nevnt er lakselus en utfordring som oppdrettsnæringen tar alvorlig og har økonomiske og lovmessige insentiver til å bekjempe. Vi har tidligere i dette kapittelet nevnt at oppdretterne har flere ulike verktøy eller virkemidler for bekjempelse av lakselus, som de benytter for å kontrollere skadene lakselus påfører laksefisken og etterleve lovpålagte bestemmelser. Vi vil i det følgende ha en systematisk gjennomgang av de viktigste og mest anvendte virkemidlene. Det er vanlig at en skiller mellom medikamentelle og ikke-medikamentelle virkemiddel som vil bli gjort i den følgende gjennomgangen.

4.6.1 Medikamentelle virkemidler

Den første hovedtypen av verktøy i oppdrettsnæringens verktøykasse vi velger å presentere er det som kalles medikamentell behandling. Medikamentell behandling også kalt kjemisk behandling er en samlebetegnelse for bruk av ulike legemidler for avlusning ved bad eller gjennom fôr, som fjerner lakselus. Med andre ord skiller det videre gjerne mellom to ulike typer medikamentell behandling, nemlig medikamentell badebehandling og medikamentell oralbehandling. De legemidlene som gis ved bad innebærer at det lages et bad ved å enten omslutte merden med en hel og tett presenning, eller ved at fisken pumpes inn i en brønnbåt i et lukket volum hvor fisken behandles. Legemidlene doseres direkte i vannet, lusene dør, og så pumpes enten fisken tilbake til merden eller så fjernes presenningen. De legemidlene som ikke gis som bad men som er orale tilsettes i føret til fisken. Fisken vil da spise føret som er tilsatt legemiddelet og virkestoffet transporteres så til fiskens slim, blod og muskler (MSD Animal Health, u.å). På denne måten vil lakselusen få i seg virkestoffet når den spiser laksefiskens hud og slim og vil så dø. Som vist i kapittel 3.4.2 har antallet samlede medikamentelle behandlinger foretatt i Norge blitt drastisk redusert i 2016 sett i forhold til de to foregående årene.

4.6.2 Ikke-medikamentelle virkemidler

Den andre hovedtypen av verktøy omtales gjerne som ikke-medikamentelle virkemidler, som er en samlebetegnelse for både biologiske metoder og mekaniske metoder. Mekaniske metoder går ifølge Forskrift om lakselusbekjempelse §3(1) under betegnelsen behandling

mot lakselus. Derimot er biologiske metoder som innebærer bruk av rensefisk, av forskriften ikke ansett som behandling. Rensefisk er av forskriften ansett som et mer kontinuerlig tiltak som benyttes for å holde lakselus under kontroll i akvakulturanlegg. De ikke-medikamentelle virkemidlene er blitt essensielle for oppdrettsnæringen i kampen mot lakselus i dag ettersom lakselusene over tid har utviklet resistens mot flere av de medikamentelle virkemidlene.

Det finnes i dag flere ulike mekaniske metoder for å fjerne lus, hvor bruk av ferskvann, temperert vann, spyling og laser er noen av dem (SjømatNorge, 2017). I følge Hjeltnes et al. (2017) sin fiskehelse rapport for 2016 er det hovedsakelig to mekaniske metoder som er anvendt, bruk av temperert vann og spyling med sjøvann. Det er flere system eller konsept for bruk av temperert vann, hvor systemet kalt Thermolicer er det mest benyttede (Hosteland, 2016). Annet system eller konsept som bruker temperert vann er kalt Optilicer. Konseptet benytter seg av en brønnbåt eller lekter som pumper laksen inn i en tank hvor sjøvann siles av og løsnet lakselus filtreres bort, før en så frakter laksefisken videre gjennom et rør med temperert sjøvann som holder mellom 28-32 grader (Aadland, 2014). Fisken skal fraktes gjennom det tempererte vannet i løpet av et halvt minutt, og lakselusene vil falle av og dø på grunn av den høye temperaturen (Aadland, 2014). Det mest anvendte systemet eller konseptet for spyling er kalt Hydrolicer. Hydrolicer fungerer slik at fisken transporteres gjennom et rør, hvor det kommer en sterk strøm av sjøvann gjennom. På veien gjennom skal laksefisken stå mot strømmen av sjøvann med halen først, og på denne måten vil lakselusene sin bakkropp blir løftet fra laksefiskens kropp og til slutt løsne (Berge, 2016a).

Den andre ikke-medikamentelle metoden som nevnt tidligere, rensefisk, er hyppig anvendt og et av de mest utbredte ikke-medikamentelle virkemiddelene. Det skilles gjerne mellom to typer rensefisk, nemlig leppefisk og rognkjeks, hvor det igjen finnes flere arter av leppefisk. Noen av artene av leppefisk som er blitt benyttet av vårt utvalg i analysen er bergnebb, berggylt og grønngyld, i tillegg til at flere benytter rognkjeks. Som nevnt er rensefisk en lusespisende fisk, som settes sammen med laksefisken i merdene og virker på denne måten som en kontinuerlig kontroll på lakselus. I følge Skiftesvik, Mortensen og Bjelland (2016) spiser rensefisken de fleste stadiene av lakselus, hvor spesielt voksne hunnlus med eggstrenger forsvinner raskt. Dette gjør dem godt egnet til å hindre smitte av lus. Målet med rensefisken er å holde antall lakselus nede slik at en kan unngå å gjennomføre behandlinger som medikamentell behandling mot lakselus. Selv om rensefisken spiser lakselus er den også avhengig av et eget spesialfôr, dette spesielt når det er lite lus i merden. I tillegg trenger den skjul hvor den kan gjemme seg for å hvile. Både spesialfôr og skjul er viktig for at

rensefisken skal fungere godt og effektivt. Også rengjøring av skjulet og merden er viktig for å sikre god effekt av rensefisk slik at en unngår at rensefisken velger å beite på påvekstorganismer som vil vokse i merden og på skjulet (Bjelland et al., 2016). Dersom det er god tilgang på annen næring enn lakselus i merden vil følgelig rensefisken spise mindre lus og være mindre effektiv.

4.6.3 Kostnader ved bruk av virkemidler mot lakselus

Vi har så langt kun gått gjennom hvilke virkemidler oppdrettsnæringen kan og velger å benytte seg av, samt kort hvordan de fungerer. Vi har imidlertid ikke nevnt mye om hvilke kostnader bruken av de ulike virkemidlene medfører. Kostnadene vil derfor bli gjennomgått i det følgende.

De medikamentelle og mekaniske virkemidlene vil naturligvis ha en direkte kostnad i form av innkjøp av legemiddelet enten i form av fôr eller for bruk ved bading nå det er snakk om medikamentelle virkemidler. Ved mekanisk behandling er kostnadene per kg behandlet laks ved å eie maskinen eller leie inn mekanisk fjerning som en tjeneste. For mekanisk behandling vil den direkte kostanden variere med intensitet på behandling, tidsbruk, transportkostnader og arbeidskraft (Kjellesvik og Løe, 2016). For medikamentell behandling vil også kostnader knyttet til presenning eller brønnbåt og ekstra lønnskostnader for bemanning inkluderes i de direkte kostnadene. Derimot er det ikke bare direkte kostnader knyttet til behandlingsmetodene. Også indirekte kostnader vil påløpe ved behandling, og vil være viktig og relevant for aktøren som gjennomfører behandlingen. Rensefisk, som riktig nok ikke er ansett som en behandling men et virkemiddel som kontinuerlig kontrollerer lakselus, har ingen indirekte kostnader. De brukes gjerne hyppig spesielt der hvor det er utbredt resistens mot medikamentelle behandlinger.

De indirekte kostnadene ved behandling er knyttet til at laksefisken på grunn av behandling vil få tapt tilvekst, vil kunne risikere å være av en dårligere kvalitet enn normalt og i verste fall dø. Medikamentell og mekanisk behandling krever mye håndtering av laksefisken i forkant av og under selve behandlingen (Nodland, 2016). I forkant av behandling er det vanlig at laksefisken sultes i noen dager, hvor antall dager med sulting avhenger av behandlingsmetode og sjøtemperatur (Kjellesvik og Løe, 2016). Dette gjøres for å få bedre

effekt av behandlingen ettersom miljøforholdene i behandlingsvannet blir bedre ¹². I tillegg får fisken senket stressnivå, derav økt stresstoleranse og lavere oksygenbehov, som er viktig da behandling normalt innebærer stress og mindre oksygen (lusedata.no, 2013). Naturligvis vil en sulteperiode gi tapt tilvekst ettersom fisken ikke legger på seg. I tillegg er det flere oppdrettere som hevder at fisken får redusert appetitt i etterkant av behandling (Kjellesvik og Løe, 2016). I slike tilfeller vil også dette medføre mindre tilvekst enn normalt. Redusert tilvekst vil med andre ord kunne innebære at fisken enten slaktes ved en lavere vekt enn normalt, eller at produksjonssyklusen utvides med ekstra fôringsdager, slik laksefisken oppnår høyere og ønsket slaktevekt. Tapt tilvekst er derfor en indirekte kostnad.

Den andre indirekte kostnaden er den som forbindes med økt antall laks som dør underveis i produksjonssyklusen på grunn av behandling. I løpet av en produksjonssyklus skiller det mellom normal dødelighet og dødelighet knyttet til behandling. De indirekte kostnadene til behandling mot lakselus knytter seg derfor til den dødeligheten som er forårsaket av behandling mot lakselus. Antall laks som dør på grunn av behandling reduseres jo lenger ut i produksjonssyklusen behandling foretas, men jo lenger ut i produksjonssyklusen behandlingsdød skjer, jo større laks dør. Det hevdes av Løe og Kjellesvik (2016) at selv om tidlig behandling gir lavere antall laks som dør, vil behandlingsdød senere i produksjonssyklusen være mer kostbart. Behandlingsdød er generelt begrunnet av at laksefisken må gjennom vesentlig håndtering under behandling. Dødeligheten vil derfor kunne variere med behandlingsmetode og helsetilstanden til laksefisken før og under behandling. Dette i tillegg til eventuell feilbehandling som for høy dose medisin eller for hard påkjenning under mekanisk behandling. Behandlingsdød fører naturligvis til tapte inntekter for oppdretter, og er således en indirekte kostnad.

Den siste formen for indirekte kostnad knyttet til behandling mot lakselus er dårligere kvalitet. Behandling mot lakselus vil kunne føre til skader på fisken, som gjør at laksefisken selges med en lavere kvalitet enn normalt. Da vil oppdretter måtte selge fisken til en lavere pris enn normalt. På denne måten vil lavere kvalitet grunnet behandling kunne føre til tapte inntekter og derfor ansees som indirekte kostnad. Det må likevel nevnes at de desidert viktigste og mest betydelige indirekte kostnadene knyttet til behandling er kostnadene knyttet til tapt tilvekst og økt dødelighet.

¹² Bedre miljøforhold i form av renere vann da fisken vil ha mindre avføring v/sult.

Oppsummerende kan vi si at det er kostbart for en aktør å gjennomføre en behandling mot lakselus. Valget om å behandle vil være en viktig beslutning og forsøkt gjort på en måte som er kostnadsminimerende. Således vil forståelsen av de kostnadsmessige konsekvensene være relevant for å skjønne at valg om å gjennomføre en behandling kan variere med foretaksspesifikke strategier, egenskaper og kjennetegn. Kostnadene lusebehandling innebærer for oppdrettsnæringen er en viktig ulempe ved dagens metoder, og kan ansees som ett av flere insentiv til å komme med mer radikale ideer eller andre måter å håndtere lakselus på enn de som finnes i dag.

4.7 Oppsummering av kapittelet

Som vi har vært inne på vil lakselus kreve at flere ulike behandlingstiltak iverksettes i løpet av en produksjonssyklus. Behandling innebærer uten tvil store økonomiske kostnader for foretakene i næringen. Som vi har vært inne på i tidligere kapitler og i vår andre hypotese vil lakselus og behandling mot dem inkludere eksternaliteter, som kan tenkes at blir forsøkt internalisert av foretakene i næringen. Videre har vi også vært inne på hvordan lakselus er en betydelig kilde til biologisk risiko, hvor behandling mot parasitten vil være en kostnadene knyttet til den. De foregående kapitlene har med andre ord presentert viktig og relevant informasjon som videre vil danne nødvendig bakgrunnsinformasjon for denne utredningens problemstilling, således dens analyse og hypoteser. Før det blir presentert hvordan vi metodisk ønsker å gå frem for å besvare utredningens problemstilling vil vi i det neste kapittelet gjennomgå et økonomisk perspektiv av eksternaliteter, som vil være relevant økonomisk teori for analysen og diskusjon av dens resultater.

5. Økonomisk teori

I dette kapitlet vil vi gjennomgå økonomisk teori som vil være relevant for utredningens kapittel for diskusjon av resultatene funnet i analysedelen. I utredningens analyse forsøker vi å identifisere hvilke faktorer som påvirker beslutningen om å gjennomføre en behandling mot lakselus. Vår andre hypotese ønsker å teste om foretak med flere av lokalitetene i samme fjord vil gjennomføre behandlinger ved lavere nivå av voksen hunn lus, sammenlignet med foretak med færre av lokalitetene. Denne hypotesen har som nevnt bakgrunn i tidligere forskning på eksternaliteter og generell økonomisk teori om eksternaliteter. For å kunne argumentere for om eksternaliteter fører til forskjellig behandlingsatferd mellom ulike foretak, vil vi presentere teori om eksternaliteter mer grundig i dette kapitlet.

5.1 Eksternaliteter

Som nevnt vil lakselus fra oppdrettsvirksomhet på ulike nabolokaliteter overføres mellom hverandre. Hvorvidt naboaktører velger å behandle eller ikke behandle vil kunne påvirke lusnivået hos en enkeltaktør, og dermed hvor mye denne enkeltaktøren må behandle. Behandling av lakselus har dermed effekter utover den ønskede effekten for aktøren som velger å behandle og det er dette som kalles en eksternalitet.

En eksternalitet er tilstede dersom en økonomisk aktørs velferd blir direkte påvirket av andre aktørers atferd i økonomien. Denne eksterne effekten på en økonomisk aktørs velferd kan være både positiv og negativ, derav skiller vi gjerne mellom positive og negative eksternaliteter. Hovedproblemet med eksternaliteter er at effekten ikke fanges opp i et marked. Foretak eller konsumenter tar ikke hensyn til effekten deres handlinger har på andre, dermed blir privat nytte/kostnad forskjellig fra samfunnets nytte/kostnad. Med andre ord vil en ved negative eksternaliteter ha private kostnader som er lavere enn samfunnets kostnad, og derfor produsere for mye av godet sammenlignet med hva som er et samfunnsmessig optimum. For positive eksternaliteter blir det omvendt, altså produsert for lite av godet sammenlignet med hva som for samfunnet er optimalt. Ettersom denne utredningen ønsker å belyse foretak sin beslutning om å gjennomføre behandling mot lakselus, vil det være relevant å forklare hvordan behandling mot lakselus har eksternaliteter som kan påvirke denne beslutningen.

Som nevnt i kapittel 4 finnes lakselus naturlig i havet, og er derfor i utgangspunktet ikke ansett som et problem før antall lakselus per laksefisk blir for høyt og skader fisken. I tillegg er den lovbestemte grenseverdien på 0,5 som innebærer at kostnadene øker mest når en nærmer seg dette antallet lakselus og høyere. En kan derfor si at problemet med lakselus er konvekst, ved at reduksjonen i verdien til produksjonen grunnet lakselus er konveks i antallet lakselus. Som forklart i utredningens kapittel 4 lever og formerer lakselus seg på laksefisk, og på denne måten vil oppdrettsanlegg med laksefisk være kilder til nye lakselus i havet. Lakselus i sine tidligste livsfaser vil kunne spres lange avstander med havets strømmer. Dette impliserer at oppdrettsaktivitet som finner sted på en bestemt lokalitet vil kilde til lakselus som kan infiserer egen laksefisk, men også som vil kunne spres til andre lokaliteter med havstrømmene og infisere fisk der. Overføring av lakselus fra en lokalitet til en annen vil være en negativ eksternalitet som følge av å produsere oppdrettslaks.

Videre vil behandling mot lakselus redusere mengde lakselus som lever og formerer seg på laksefisken på en lokalitet. Derav vil behandlingen redusere mengden lakselus som produseres, hvor mye som smittes internt og hvor mye som overføres til andre lokaliteter med havstrømmen. Dette innebærer at en behandling mot lakselus ikke bare vil ha en reduserende effekt på lakselusnivået hos aktør A som foretar behandlingen. Behandlingen vil også kunne ha en reduserende effekt på lakselusnivået til andre aktører, som aktør A i utgangspunktet overfører lakselus til. En behandling mot lakselus vil derfor ha positive eksternaliteter, altså redusert lakselusnivå hos de andre aktørene.

Ettersom behandling mot lakselus medfører en samfunnsmessig profitt som er høyere enn den profitten behandlende aktør får, hevder teorien at det vil bli gjennomført for lite behandling sammenlignet med hva som er samfunnets optimale mengde. Dette impliserer at jo flere foretak som overfører lakselus til hverandre, jo større er eksternalitetsproblemet, og jo mindre vil hvert enkelt foretak behandle.

Å behandle mot lakselus er som vi har sett kostbart. For å studere valgt mengde behandling kan vi betrakte en enkel modell med to aktører, A og B, som skal maksimere sin profitt ved deres lokalitet. I det aktørene skal velge sin egen behandling tas den andre aktøren sitt valg av mengde behandling som gitt. Ved smitteoverføring mellom anlegg vil den også være gitt, da det er behandling i et tidligere tidsrom som er av betydning for hvor mye smitteoverføring det er på ett gitt tidspunkt. Aktørens valg av mengde behandling blir et spill med beste respons, hvor begge reaksjonsfunksjoner er fallende i den andres behandling mot lakselus,

mens profitten til aktørene er avtagende i egen behandling og stigende i den andres behandling. Likevekten i et slikt spill med eksternaliteter vil være samfunnsøkonomisk ineffektiv fordi man ikke har internalisert effekten egen behandling har på andre, og altså ikke får all profitt av behandlingen selv.

Gjennom utviklingen av eierstruktur ble det nevnt at en løsning på problemet med eksternaliteter og det samfunnsøkonomiske tapet det medfører vil kunne være å internalisere eksternaliteten. Altså å gjøre om samfunnets profitt til privat profitt. Slik vil foretak som produserer på alle/flere av lokalitetene som overfører lakselus seg imellom få all/mer profitt knyttet til behandlingen, og derfor internalisere hele/deler av den positive eksternaliteten. Dersom en har virksomhet på alle lokalitetene som overfører smitte seg imellom med et eksogent gitt nivå av lakselus, vil en få mer profitt ved å behandle enn dersom en ikke har virksomhet på alle lokalitetene. Dette taler for at det blir mer behandling, da en nå får mer av profitten. Derimot vil svaret være annerledes dersom en ikke har ett gitt nivå på lakselus, men antar at nivået på lakselus er endogent bestemt, slik det er i virkeligheten. Da kan internalisering kunne føre til at det blir færre behandlinger. Dette fordi det er tenkelig at en strategi om å behandle ved lave nivåer av lakselus fører til at det generelt produseres færre lakselus på lokalitetene som overfører smitte seg imellom. Gjennom dette kan en oppnå et redusert nivå av lakselus i området i fremtiden og således et redusert antall behandlinger.

En annen løsning for eksternaliteter og samfunnsmessig tap knyttet til dem vil være at myndighetene regulerer. Dette er som nevnt i delkapittel 4.5 allerede noe som gjøres, og myndighetene kontrollerer dette i dag gjennom grenseverdier. Også det nye trafikklyssystemet vil kunne være en løsning. Det er fordi trafikklyssystemet legger opp til at et område med flere aktører og lokaliteter blir vurdert under ett, og ut fra hele områdets lusenivå blir det bestemt hvilke vekstmuligheter de får. Således kan en tolke at trafikklyssystemet forsøker å internalisere eksternalitetene ulike lokaliteter og akvakulturanlegg har ved sin produksjon. Dette da kollektiv belønning/avstraffelse kan gi insentiv til samarbeid i bekjempelsen mot lakselus, og således gjør at en tar hensyn til eksternalitetene knyttet til behandling.

Oppsummert vil det være klart at eksternaliteter kan spille en viktig rolle i aktørenes valg om å behandle. Basert på teorien er det tenkelig at aktører som har internalisert hele eller deler av eksternalitetene ved å drive på alle/flere av lokalitetene som har smitteoverføring vil behandle mindre, men mer ved lave nivåer av lakselus. Dette antas på bakgrunn av at

lakselusnivå er endogent bestemt. Teorien om eksternaliteter og internalisering av dem vil altså kunne være en tenkelig forklaring for ulik behandlingsatferd mellom foretak. Den gjennomgåtte teorien og forklaringer er grunnlag for vår andre hypotese om at foretak behandler ulikt i forhold til hvor mange lokaliteter de har. Det vil likevel være andre potensielle årsaker til at noen foretak har ulik behandlingsatferd, uavhengig av om de har internalisert eksternalitetene. Et eksempel på dette kan være kompetanse både med tanke på utførelse av behandlingen og rutiner for å avdekke behov for behandling. I tillegg kan behandlingsevne med tanke på tilgjengelighet og type utstyr.

Eksternaliteter vil være et viktig element i denne utredningens diskusjon av resultatene presentert i utredningens analysekapittel. Før vi kan se nærmere på resultatene av analysen og diskutere dem, vil det være nødvendig med en gjennomgang av hvordan den empiriske analysen rent metodisk vil gjennomføres. Dette vil bli gjort i det neste kapittelet.

6. Metode

Innledningsvis i dette kapitlet gjør vi kort rede for undersøkelsesdesign og kvantitativ tilnærming. Etterfulgt av en presentasjon av regresjonsanalyse med relevant teori for analyseteknikken knyttet til vår utredning. Dette er nødvendig for å argumentere for ulike valg gjort med tanke på type regresjonsmodell. Kapitlet ønsker å introdusere metodisk tilnærming for oppgaven og gi grunnleggende kunnskap for å kunne forstå og tolke resultatene til analysen.

6.1 Undersøkelsesdesign

Det er vanlig å skille mellom tre hovedtyper design for en undersøkelse; eksplorativt, deskriptivt og kausalt design (Gripsrud et al., 2010). Et eksplorativt design benyttes dersom analytikeren studerer noe som er nytt og som en derfor vet lite om, eller noe som er beskrevet lite i tidligere teori, og at en av denne grunn har som mål å *utforske* det en studerer nærmere (Gripsrud et al., 2010). Et deskriptivt design benyttes normalt dersom analytikeren har en grunnleggende forståelse av problemområdet og har som formål å *beskrive* situasjonen på et bestemt område (Gripsrud et al., 2010). Kausalt design benyttes dersom en vil undersøke en eller flere bestemte sammenhenger og forstå en eller flere *årsak-virkningssammenhenger* mellom to eller flere variabler. Kausalt design skiller seg fra et deskriptivt design ettersom det i tillegg til å finne en sammenheng, også isolerer årsaken og undersøker om denne faktisk påvirker virkningen. I utredningens analysedel og etterfølgende kapitler benyttes et kausalt design ettersom denne delen undersøker hypoteser om årsak-virkningssammenhenger mellom flere faktorer. Det kausale designet er ansett som det mest utfordrende ettersom det kan være vanskelig å slå fast at andre mulige årsaker til korrelasjonen ikke foreligger.

6.2 Kvalitativ versus kvantitativ tilnærming

Et viktig skille som raskt kommer opp når det er snakk om forskning og metode er skillet mellom kvalitativ og kvantitativ tilnærming. Forskjellen mellom tilnærmingene går på hvordan data samles inn og analyseres for å belyse og svare på problemstillingen. Kvantitativ tilnærming opererer med tall, har typisk en strukturert og lite fleksibel

innsamling og har statistiske prosedyrer for analyse (Johannessen et al., 2004). Kvalitativ tilnærming operer med tekst, og har mindre formaliserte prosedyrer for innsamling og analyse. Kvantitativ analyse benyttes typisk når en har mange enheter som en ønsker å analysere ved hjelp av statistiske analyseteknikker. Kvalitativ tilnærming benyttes ved analyseformål som innebærer sammenhenger, egenskaper eller kjennetegn som vanskelig lar seg måle og typisk når formålet innebærer å gå i dybden på et smalt felt med få enheter. For at denne utredningen skal kunne måle ulike variablers effekter på flere ulike enheter sine valg om behandling, vil vi være avhengig av målbare variabler. Utredningens problemstilling derav analysedel har som mål å finne årsaks-virkningssammenhenger som kan måles, og vil derfor avhenge av en kvantitativ tilnærming til problemstillingen.

6.3 Regresjonsanalyse

De kvantitative data som vi innsamler vil analyseres ved hjelp av regresjonsanalyse. For vår hensikt, å forsøke forklare hva som påvirker valget om å gjennomføre en behandling mot lakselus, er dette den mest egnede analyseteknikken. Før vi presenterer våre valg av variabler og regresjonsanalyser i utredningens neste kapitler vil vi kort gjennomgå relevant teori for regresjonsanalyse som teknikk for kvantitativ forskning.

Regresjon er en metode for å forklare forholdet mellom variabler. Gjennom regresjonsanalyse kan man estimere hvordan en variabel påvirkes og kan estimeres gjennom andre forklarende variabler. Regresjonsanalyse vil derfor bli benyttet i vår utredning til å vurdere hvordan utvalgte variabler påvirker behandlingsatferd. Ved empirisk forskning kreves tilstrekkelig bevis for å kunne fastslå en sammenheng med grunnlag i datamaterialet (Dahlum, 2015). For å kunne si at en har tilstrekkelig bevis benytter en gjerne p-verdier som vurderingsgrunnlag. P-verdier gir sannsynligheten for at resultatene skal ha blitt slik de er dersom sammenhengen ikke foreligger. Valgt sannsynlighet omtales normalt som valgt statistisk signifikansnivå. Dersom en velger statistisk signifikansnivå lik fem prosent vil sammenhengen ansees sann dersom p-verdien er lavere enn fem prosent, og dermed med 95 prosent sikkerhet si at dette er riktig. Vi velger i denne utredningen å benytte et signifikansnivå lik fem prosent.

6.3.1 Minste kvadraters metode

I regresjonsanalyse vil variabelen man ønsker å forutsi kalles den avhengige variabelen Y_i , mens variablene som brukes til å predikere kalles uavhengige variabler eller forklaringsvariabler X_i . Den vanligste formen for regresjon er en prediksjon av et lineært forhold mellom den avhengige og de uavhengige variablene kalt minste kvadraters metode, OLS (Ordinary Least Squares). Forholdet man estimerer kan uttrykkes som følgende:

$$Y_i = \alpha + \beta_1 x_i + \varepsilon_i$$

I ligningen over er α konstantleddet som angir hvor regresjonslinjen skjærer y-aksen. Det neste leddet β_1 er kalt regresjonskoeffisienter, og uttrykker hvor mye verdien på Y endrer seg når de ulike uavhengige variablene øker med en enhet alt annet holdt likt. Det siste leddet i formelen ε er residualverdien (feilleddet) som angir forskjellen mellom verdien modellen predikerer, Y , og den faktiske verdien for hver av observasjonene. For å kunne gjennomføre en regresjon med gyldige resultater er det en rekke forutsetninger som må være oppfylt. Metoden beskrevet ovenfor, minste kvadraters metode, starter med den grunnleggende antagelsen om et lineært forhold mellom den avhengige og de uavhengige variablene. Dette sammen med en rekke andre forutsetninger rundt spesifisering av modellen, residualene, multikollinearitet og målefeil (Johannessen et al., 2004).

Denne utredningen vil ha en binær avhengig variabel som tar verdien 1 dersom det i en enkelt uke har blitt gjennomført en behandling, og verdien 0 dersom det i en enkelt uke ikke har blitt foretatt behandling. Dermed kan Y_i i utgangspunktet bare ta verdiene 0 og 1, noe en lineær modell ikke er begrenset til. I tillegg vil et lineært forhold innebærer at man antar en konstant effekt fra økninger i den uavhengige variabelen på den avhengige. I vår modell anser vi en konstant effekt feil. Dette fordi vi antar at dersom en i utgangspunktet har et høyt nivå lakselus, eksempelvis 0,4 lakselus per laksefisk, vil sannsynligheten for behandling ved en økning på 0,1 lakselus føre til at man tangerer den lovbestemte grenseverdien. Derimot ved et utgangspunkt på 0 lus vil en økning på 0,1 lakselus antas å ha lavere effekt på sannsynligheten for behandling. Med andre ord antas det et ikke-konstant og altså ikke-lineært forhold mellom antall lakselus og sannsynligheten for behandling. Vi vil derfor benytte en ikke-lineær modell som ser på sannsynligheten for at den avhengige variabelen går fra verdien null til en, kalt logistisk regresjonsmodell.

6.3.2 Logistisk regresjon

Ved logistisk regresjon estimeres et ikke-lineært forhold mellom de uavhengige variablene og sannsynligheten for at den avhengige variabelen inntreffer. Hvor mye denne sannsynligheten øker/minker vil avhenge av verdien av den uavhengige variabelen som undersøkes.

Ved å la uthevet \mathbf{X} betegne X_1, X_2, \dots, X_n , så er sannsynligheten man søker estimere ved binær responsmodell gitt som $(P = 1) | \mathbf{X}$ (Hill et al., 1997). Sannsynligheten for at $Y = 1$, betegner vi som $\pi(\mathbf{X})$ ¹³. For å sikre at sannsynligheten alltid er mellom 0 og 1 bruker logit modellen den naturlige logaritmen hvor sannsynligheten $\pi(\mathbf{X})$ kan uttrykkes som:

$$\pi(x) = \frac{e^{\alpha + \beta x}}{1 + e^{\alpha + \beta x}}$$

Ved multipl regressjon kan det skrives som:

$$\pi(x) = \frac{e^{\alpha + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n}}{1 + e^{\alpha + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n}}$$

Formelen kan videre skrives om til:

$$\text{logit } \pi(\mathbf{X}) \equiv \log \frac{\pi(\mathbf{X})}{1 - \pi(\mathbf{X})} = \alpha + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n +$$

Forholdet mellom $\pi(\mathbf{X})$ og $1 - \pi(\mathbf{X})$ kalles oddsen for verdien $Y = 1$ når de uavhengige variablene tar verdien \mathbf{x} , definert som sannsynligheten for at $Y = 1$ inntreffer delt på sannsynligheten for at det ikke inntreffer. Ved en sannsynlighet på 0,5 vil nødvendigvis oddsen bli 1. En odds på 1 tilsier dermed at begge utfallene er like sannsynlig. Selv om $\pi(\mathbf{X})$ må være mellom 0 og 1, kan både odds og log odds ta verdier utenfor dette intervallet, dermed har man unngått problemet med at en regresjon vil kunne estimere et resultat utenfor intervallet 0 og 1. Utrykket vi får ved å ta logaritmen til oddsen kalles logiten, og det er denne vi bruker som avhengig variabel i logistisk regresjon.

¹³ Etter notasjonen brukt i Hill, C., Griffiths, W. & Judge, G. 1997. *Undergraduate Econometrics*, New York: John Wiley & Sons, Inc.

Gjennom en logit-regresjon vil koeffisientene som beregnes dermed ikke gi en endring i sannsynlighet som følge av endring i de uavhengige variablene, men en endring i logiten, et tall som ikke nødvendigvis er intuitivt for de fleste av oss.

Å ta logaritmen av en rekke tall endrer forholdet mellom tallene, men det vil ikke endre rekkefølgen. Dermed kan fortegnene av regresjonskoeffisientene ved log odds tolkes direkte som positiv eller negativ sammenheng mellom den aktuelle uavhengige og den avhengige variabelen (Wooldridge, 2016). Ved presentasjon av oddsratioen kan koeffisienter under 1 tolkes som negativ sammenheng, mens koeffisienter over 1 som positiv sammenheng. Som ved vanlig lineær regresjon må man likevel ta stilling til hvorvidt sammenhengen er statistisk signifikant eller ikke.

Tolkningen av størrelsesordrene ved en logit-regresjon er imidlertid betydelig mer komplekst enn ved en OSL. For å kunne tolke logistisk regresjon vil det være nødvendig å ha en forståelse det som gjerne kalles *odds ratio*. Dette begrepet vil bli forsøkt forklart i det følgende. Gjennom logistisk regresjon estimeres et forholdstall, odds, som beskriver forholdet mellom sannsynligheten for at behandling inntreffer og at det ikke inntreffer. I vår analyse har vi valgt at koeffisientene skal rapporteres som *odds ratioer*. Denne ratioen er forholdstallet mellom to odds, altså oddsen når den uavhengige variabel tar en bestemt verdi dividert med oddsen når den uavhengige variabel tar en annen verdi. Dette er vist ved formelen under.

$$\theta = \frac{\frac{P_1}{1 - P_1}}{\frac{P_0}{1 - P_0}}$$

P_1 og P_0 er sannsynligheten for at den avhengige variabelen skal ta verdien 1, ved de respektive verdiene av den uavhengige variabelen. Således beskriver de rapporterte oddsratioene et mål på effekten de respektive uavhengige variablene har på den avhengige variabelen, alt annet likt. En oddsratio høyere enn 1 vil dermed innebære at oddsen for den avhengige variabelen stiger ved høyere verdier av den uavhengige, en oddsratio lik 1 predikerer ingen sammenheng mellom den avhengige og uavhengige, mens en oddsratio under 1 innebærer at oddsen for å behandle minker ved økning i den uavhengige variabelen. Ved å bruke oddsratioer for å tolke størrelsen på sammenhengene vil ikke tallet oppgitt som konstantleddet være en tolkbar verdi. Videre vil et signifikansnivå på fem prosent ha et

konfidensintervall som med 95 prosent sikkerhet ikke inkluderer tallet en. Dermed kan vi med 95 prosent sikkerhet si at det er en sammenheng mellom aktuelle uavhengige variabel og den avhengige variabelen.

6.3.3 Paneldata og faste effekter

For å sikre at regresjonen ikke gir skjeve eller feil estimater vil en av forutsetningene som må være tilfredsstillende være at forventet gjennomsnittsverdi til feilledet skal være lik null for alle verdier av de uavhengige variablene. Brudd på denne forutsetningen omtales gjerne som at en har et endogenitetsproblem. Brudd på denne forutsetningen kan blant annet skyldes at en utelater en eller flere viktige variabler, som er korrelert med en eller flere av forklaringsvariablene. Således blir de utelatte variablene inkludert i feilledet, og feilledet korrelerer med en eller flere av de uavhengige variablene. Dersom en uavhengig variabel er korrelert med feilledet omtales normalt variabelen som en endogen variabel. At variabelen ikke er endogen vil være en viktig forutsetning for analyser av årsaks-virkningssammenhenger, ettersom brudd på forutsetningen kan lede til spuriøse sammenhenger. Dette innebærer at en finner feilaktige sammenhenger som egentlig skyldes en eller flere utelatte variabler.

Ved paneldata hvor en studerer flere enheter over tid, kan det tenkes at de forskjellige enhetene på enkelte aspekt ikke er helt lik hverandre. Dette kan være karakteristika ved de enkelte enhetene som er vanskelige å måle og som har påvirkning på forklaringsvariablene og avhengig variabel. Dersom en eksempelvis studerer ulike foretak, vil disse kunne variere når det kommer til bedriftskultur, ledelseskvalitet med mer. Dersom den avhengige variabelen en forsøker å forklare kan tenkes å bli påvirket av slike karakteristika, vil en med andre ord utelate viktige forklaringsvariabler. Fordelen ved paneldatastrukturen er at en kan benytte en såkalt fast-effekt-modell som kontrollerer for alle tidsuavhengige variabler også de som er uobserverbare og normalt ville ha vært inkludert i feilledet. Fast-effekt-modell inkluderer alle tidsuavhengige effekter i konstantleddet, slik at forklaringsvariablene kun vil være de som er tidsavhengige. På denne måten vil fast-effekt-modellen kontrollere for tidsuavhengige forskjeller mellom individuelle enheter, og således påse at koeffisientene fra en slik fast-effekt-modell ikke blir skjeve grunnet utelatte tidsuavhengige karakteristika som bedriftskultur.

I denne utredningen vil slike tidsuavhengige effekter være meget relevant. Som allerede nevnt ønsker denne utredningen å studere nærmere hva som er av betydning for at et foretak velger å behandle mot lakselus, og om det er forskjeller i hvordan de ulike foretakene opptrer ved gitte lusenivåer. Ulikheter av betydning kan eksempelvis tenkes å være flere av karakteristikaene vi allerede har nevnt. Eksempelvis foretakets egen strategi for behandling av lakselus, foretakets virksomhet på nabolokaliteter og foretakets ansatte sine metoder for rapportering og behandling av lakselus og lignende. Ettersom dette er karakteristika som kan tenkes å være stabile i tidsperioden (januar 2013 - april 2017) for denne utredningens datasett, vil disse karakteristikaene kunne bli kontrollert for ved en fast-effekt-modell. Denne utredningen ønsker å studere slike faste-effekter, og svare på hypotesen som sier at slike foretaksspesifikke karakteristika har en effekt på valget om å behandle. Det vil derfor være nødvendig å kunne si noe om sammenhengen mellom slike karakteristika og avhengig variabel, i tillegg til å sjekke statistisk signifikans. Da dette ikke er mulig ved alle typer fast-effekt-modell, benytter vi i analysen en uavhengig faktorvariabel for foretak, slik at alle foretakene får en egen kategori. Med dette kontrollerer vi for foretaks-faste-effekter, på en måte som gjør det mulig å tolke koeffisientene og signifikans til hvert enkelt foretak.

6.3.4 Korrelasjonsanalyse

Dersom to uavhengige variabler er høyt korrelerte med hverandre omtales det som kollinearitet. Høy positiv eller negativ korrelasjon mellom to uavhengige variabler vil kunne være et problem i en regresjonsmodell ettersom dette kan medføre at koeffisienten får høy varians, således økt standardfeil (Wooldridge, 2016). Dette kan resultere i at koeffisientene blir feil og falske ikke-signifikante koeffisienter. Med andre ord et problem som kan være alvorlig og bør unngås ettersom en kan risikere å feilaktig anta en sammenheng, således konkludere feil. Det er derimot ikke noen fasit på hva som er for høy korrelasjon mellom to variabler, og vurderingen av dette er skjønnsmessig. Dersom en vurderer korrelasjonen som for høy må en vurdere om en av de valgte variablene kan utelukkes fra modellen. For å sjekke for kollinearitet i denne utredningens analyse vil noe av det første vi gjør være å gjennomføre en korrelasjonsanalyse av de uavhengige variablene. Vi vil i kapittel 8 forklare hvorfor uavhengige variabler med lag blir vurdert og undersøkt i en korrelasjonsanalyse. I tillegg til korrelasjon mellom to uavhengige variabler, kan en også ha korrelasjon mellom flere uavhengige variabler kalt multikollinearitet. Multikollinearitet vil innebære de samme

problemene som omtalt for kollinearitet, som vi tester for i analysen med en test kalt *variance inflations factor* (VIF-test).

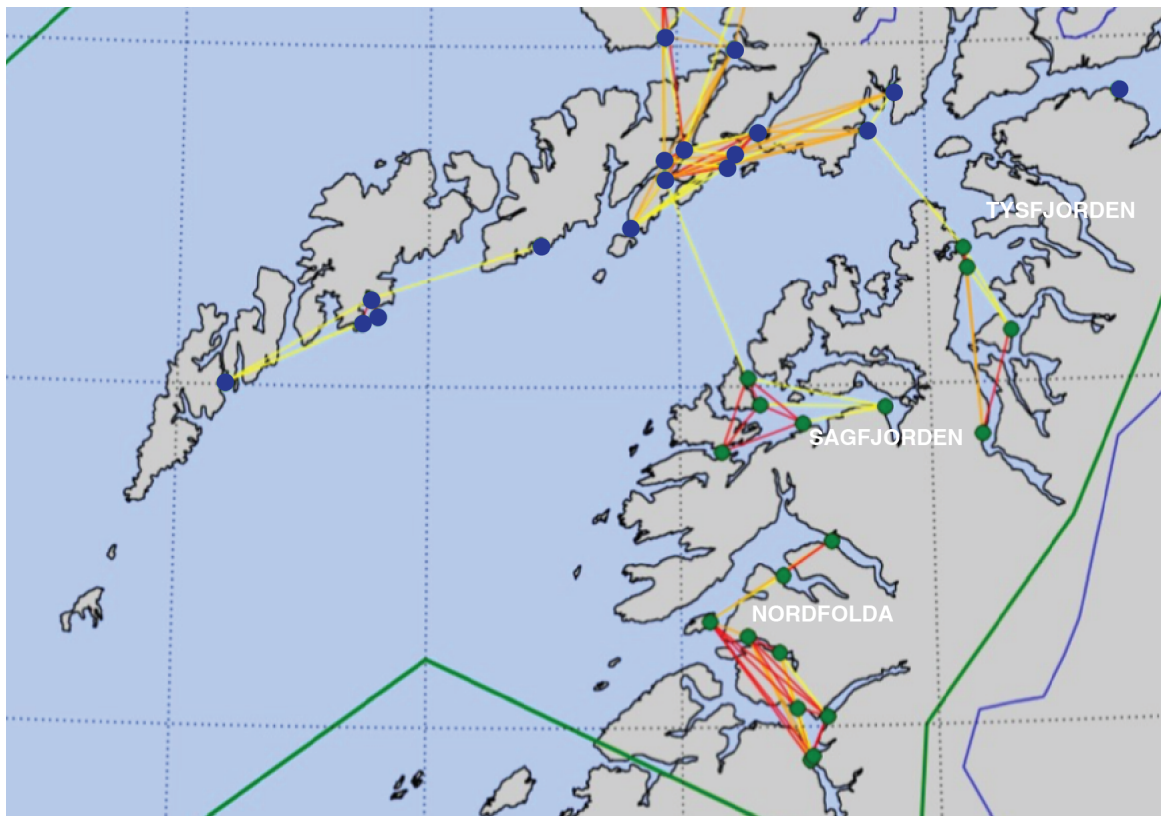
7. Data

I dette kapitlet vil vi starte med å presentere vårt utvalg av lokaliteter og tilhørende foretak. Vi ønsker å gi et inntrykk av hvilke enheter vi i denne utredningen skal studere, både med tanke på beliggenhet, smitteoverføring og mer generelle karakteristika hos foretakene. Informasjonen om smitteoverføring og ulike karakteristika vil være nyttig å presentere ettersom informasjonen vil bli anvendt senere i diskusjonen av analysens resultater. Videre i kapitlet vil våre datakilder presenteres kort før vi gjennomgår innsamling og bearbeiding av dataene. Avslutningsvis vil deskriptiv statistikk om datasettet fremstilles. Dette for å gi en oversikt over generelle trekk ved datasettet, i tillegg til å vise variasjoner i dataene som er interessante å analysere i utredningens analyse.

7.1 Utvalget

Vår analyse omfatter 26 lokaliteter i Nordland fylke som er oversiktlig og av gjennomførbar størrelse med tanke på innsamling av data og tidsrammen for utredningen. Vårt utvalg av lokaliteter kan begrunnes av flere forhold. Først og fremst er det viktig for vår problemstilling at de valgte lokalitetene er sammenlignbare med tanke på faktorer som reguleringer, værforhold, mulige/tilgjengelige behandlingstiltak og type fisk som produseres. Videre vil det være viktig at det er smitteoverføring mellom de ulike lokalitetene. Dette blir sikret ved å ta utgangspunkt i tidligere forskning på smitteoverføring. Som nevnt har vi tatt utgangspunkt i en rapport utarbeidet av Ådlandsvik (2015) hvor Norge blir foreslått inndelt i ulike produksjonsområder. Produksjonsområdene skal ifølge rapporten tilsvare områder som lakselus kan spres innenfor. Produksjonsområdene er i rapporten illustrert med bilder som viser graden av smitteoverføring mellom spesifikke lokaliteter.

Alle lokalitetene i utvalget ligger innenfor det nylig definerte produksjonsområde Vestfjorden og Vesterålen i Nordland fylke. Produksjonsområdet og smitteoverføringene presentert i rapporten til Ådlandsvik (2015) er vist i figur 7.1. Vårt utvalg består av lokaliteter i Nordfolda, Sagfjorden og Tysfjorden som illustrert figuren.



Figur 7.1 Kart over utvalgets lokaliteter med illustrativ smitteoverføring.
Kilde:(Ådlandsvik, 2015)

De markerte grønne prikkene viser lokaliteter som er en del av denne analysen, mens de blå prikkene faller utenfor omfanget av denne utredningen.¹⁴ Strekene representerer grad av smitteoverføring hvor styrken går fra gul til oransje til rød, som tilsvarer moderat til mye overføring. Områder uten streker seg i mellom antas å ha lite eller ingen smitteoverføring. Ut fra illustrert smitteoverføring mellom lokalitetene representerer de tre fjordene tre ulike områder, hvor lokalitetene innad i området antas å ha sterk smitteoverføring mellom hverandre. Sagfjorden og Tysfjorden har også noe smitteoverføring med området rundt Lofoten, et område vi ikke har inkludert i utvalget. Ideelt skulle vi gjerne hatt med alle lokalitetene innenfor produksjonsområdet, men grunnet tidkrevende innsamling av data er utvalget begrenset til de grønn-markerte områdene. Utvalget representerer likevel tre ulike områder med ulik eierskapsstruktur og størrelse, både internasjonale og regionale selskaper.

¹⁴ Kartet illustrerer ikke alle lokalitetene som finnes i området. Derimot vil alle lokalitetene i utvalget ligge på pilene vist i kartet, og vi antar samme smitteoverføring som pilene indikerer.

Ulikhetene gjør at utvalget ansees som godt egnet for å studere vår problemstilling knyttet til behandlingsatferd.

7.2 Foretakene

I det følgende vil vi presentere generell informasjon om utvalgets foretak, konsolidering og internalisering av eksternaliteter. Dette er relevant for vår andre hypotese, og vil bli benyttet senere i diskusjonen av analysens resultater.

På de ulike lokalitetene i utvalget har foretakene Cermaq, Ellingsen Seafood, Marine Harvest og Nordlaks virksomhet. Fire foretak med ulik størrelse. Cermaq og Marine Harvest er begge multinasjonale selskap, mens Ellingsen Seafood og Nordlaks er relativt mindre foretak med mer geografisk begrenset virksomhet. Vi ønsker i det følgende å gi kort informasjon om alle foretakene med fokus på størrelse, virksomhet og geografisk beliggenhet. Dette er relevant informasjon for å bedre forstå de ulike foretakenes situasjon når det kommer til eksternaliteter.

Marine Harvest er verdens største produsent av oppdrettslaks og opererer i 24 land. I Norge er Marine Harvest den største produsenten med omtrent en fjerdedel av produksjonen (Marine Harvest, 2016). Foretaket har produksjon langs hele kysten av Norge, fra Agder opp til Troms. I region Nord som strekker seg fra Helgelandskysten (rundt grensen til Nordland) og opp til Troms har Marine Harvest produksjon ved 34 anlegg for matfisk. Totalt har de 115 anlegg for matfisk i Norge (Marine Harvest, u.å) I vårt utvalg er Marine Harvest representert ved fem lokaliteter. I tillegg til å være aktøren med mest spredd virksomhet geografisk sett, har Marine Harvest også virksomhet innenfor hele verdikjeden fra fôrproduksjon til stamfisk, rogn, matfisk, foredling og distribusjon til salg.

Mens Marine Harvest uten tvil er verdens største produsent av atlantisk oppdrettslaks, er derimot Cermaq den som har virksomhet på flest lokaliteter i vårt utvalg. Cermaq er i likhet med Marine Harvest et internasjonalt selskap som operer i Norge, Canada og Chile, i tillegg til å ha virksomhet innenfor hele verdikjeden. I Norge driver Cermaq ved 31 lokaliteter for matfisk lokalisert nord for polarsirkelen, altså i nordlige deler av Nordland og i Finnmark (Cermaq, u.å) I vårt utvalg er 12 av lokalitetene tilhørende Cermaq, som ansees som en aktør av betydelig størrelse i produksjonsområdet Vestfjorden og Vesterålen. Cermaq produserer

på alle lokalitetene i Sagfjorden, mens både Cermaq og Marine Harvest produserer på lokaliteter i Nordfolda hvor de ansees som naboer med naboanlegg.

Ellingsen Seafood og Nordlaks er begge foretak med drift i et begrenset geografisk område sammenlignet med Cermaq og Marine Harvest. De er likevel foretak av betydelig størrelse i Norge og da spesielt i nord. Ellingsen Seafood har virksomhet i flere ledd av verdikjeden, i tillegg til å også produsere andre arter av fisk som hval og hvitfisk. Nordlaks har i likhet med de andre også virksomhet gjennom hele verdikjeden. I vårt utvalg er Ellingsen Seafood representert ved 6 lokaliteter og Nordlaks ved 4, alle lokaliteter i Tysfjorden som illustrert i figur 7.1 og har dermed hverandre som naboanlegg. Ellingsen har totalt 13 lokaliteter og Nordlaks har totalt 40 lokaliteter, hvor begge har alle lokalisert nord i Norge. (Ellingsen Seafood, u.å; Fiskeridirektoratet, 2017a)

Når det kommer til eierskapet av akvakulturtillatelsene og drift på lokalitetene i utredningens utvalg, er det mulig å søke opp siste gjennomførte overføring av akvakulturtillatelser i Brønnøysundregisterets oversikt over overføringer og heftelser i akvakulturtillatelser.¹⁵ Det må nevnes at informasjonen om hvilken lokalitet akvakulturtillatelsen er knyttet til er hentet fra akvakulturregisteret, som oppdateres hver uke. Det innebærer at denne kilden kun gir informasjon om hvilken tilknyttet lokalitet alle tillatelsene har per dags dato, og ikke om det har vært noen historiske skift av lokalitet som er tilknyttet de ulike tillatelsene. Skift av lokalitet som er tilknyttet den enkelte tillatelse skjer sjeldent i praksis. Vi antar derfor at dagens informasjon om hvilke lokaliteter som er tilknyttet de ulike tillatelsene er tilsvarende den datoen foretakene overtok eierskapet. I vedlegg 1 vises en oversikt over hvilke foretak som eier akvakulturtillatelsene tilknyttet lokalitetene og overtakelsestidspunkt.

Fra oversikten vises det at Cermaq gikk inn i områdene Sagfjorden og Nordfolda etter å ha kjøpt opp Balder Sjøfarm AS i 2007 og Arctic Seafood AS i 2009. Med andre ord har Cermaq foretatt to konsolideringer for å oppnå de lokalitetene de har i området i dag. I tillegg er noen av konsesjonene tilknyttet lokalitetene nye i 2014, hvor Cermaq fikk konvertert samtlige konsesjoner til grønne konsesjoner. Grønne konsesjoner innebar tildeling av nye konsesjoner mot strengere krav til lakselus (og rømming av laksefisk). Dette vil vi komme tilbake til i gjennomgangen av den empiriske modellen i kapittel 8.

¹⁵ Jf. delkapittel 7.3.1 for mer detaljert beskrivelse av innhenting av informasjon.

I likhet med Cermaq konsolidert Marine Harvest med et annet foretak da de startet sin virksomhet i området. Konsolideringen skjedde i 2007 og var med to mindre selskaper, Stolt Seafarm AS og Fjord Seafood Norway AS. Både Ellingsen Seafood og Nordlaks har hatt virksomhet i området siden midten av 80-tallet, men blitt større ved konsolidering. Ellingsen Seafood fusjonerte med Musken Laks AS i 2013 og Nordlaks med Pundslett Laks AS i 2014. Med andre ord har oppdrettsaktiviteten på utvalgets lokaliteter utviklet seg til å bli gjennomført av færre og større foretak. Konsolideringen som har skjedd i utvalgets område bekrefter at potensielle eksternaliteter gjennom tidene er blitt internalisert i større grad.

Sammenligner vi de ulike foretakene vil både Cermaq og Marine Harvest være de største selskapene med mer geografisk diversifisering enn Nordlaks og Ellingsen Seafood. I utredningens område og utvalg vil videre Cermaq ha flest lokaliteter, og således kunne anees som det foretaket med størst grad av internalisering av eksternaliteter. I Sagfjorden operer Cermaq alene og har derfor internalisert omtrent all smitteoverføring fra anlegg i denne fjorden. Fra den grafiske illustrasjonen av smitteoverføring i figur 7.1, ser vi likevel at de i en viss grad kan få og overføre smitte til/fra området rundt Lofoten som er lokaliteter utenfor vårt utvalg. Cermaq sin virksomhet i Sagfjorden vil uansett være i en særstilling i dette utvalget, da de i betydelig større grad har internalisert eksternalitetene sammenlignet med all annen virksomhet i andre fjorder i utvalget.

Ettersom vi nå har presentert vårt utvalg av lokaliteter og hvilke foretak som har virksomhet på disse vil vi i neste delkapittel gjennomgå hvilke kilder som er benyttet for innsamling av data til å analysere utvalgets behandlingsatferd.

7.3 Datakilder, innsamling og bearbeiding

I utredningens analyse vil vi benytte sekundærdata. Sett i forhold til primærdata vil sekundærdata være mindre tidskrevende å samle inn og lettere tilgjengelig. Derimot må en vurdere sekundærdata nøye for å benytte dem som grunnlag for en problemstilling, ettersom de normalt blir innsamlet som primærdata av andre forskere og med et annet formål. Sekundærdataene vi ønsker å benytte antas å være innsamlet for tilnærmet samme formål som oss. Dette fordi målingene av antall lakselus og sjøtemperatur antas å være den informasjonen oppdretterne selv benytter når de vurderer statusen på lakselusnivået og behovet for behandling i anleggene sine.

I følgende delkapitler vil vi presentere de viktigste sekundærkildene som er benyttet i denne utredningen, etterfulgt av en presentasjon av innsamlingen av dataene og hvilke variabler som vil bli benyttet i analysen. Vi vil også presentere struktureringen og bearbeidingen av datasettet, da dette vil forklare hvordan vi har endt opp med det endelige datasettet vi vil benytte i analysen.

7.3.1 Datakilder

For å samle inn relevant informasjon for utredningens problemstilling har vi benyttet flere kilder. Kildene vi benytter er offentlig tilgjengelige kilder tilgjengeliggjort av ulike offentlige etater som for eksempel Fiskeridirektoratet og Mattilsynet. Vi vil kort gjennomgå hvilken informasjon vi har hentet fra kildene og hvor den benyttes i utredningen.

BarentsWatch

BarentsWatch er en nettside hvor offentlige etater og forskningsinstitusjoner samarbeider om å samle, utvikle og dele kunnskap om kyst- og havområdene i Norge. I utredningen har det blitt anvendt data fra sidens tjeneste kalt Fiskehelse (BarentsWatch, u.å). Her deles innrapportert informasjon om lakselus, tiltak mot lakselus samt informasjon om fiskesykdommene infeksjøs lakseanemi (ILA) og pankreassykdom (PD), på oppdrettsanlegg som driver med laksefisk. Telling og rapportering av antall lakselus og eventuelle behandlingstiltak utføres av oppdretterne og rapporteres inn til Mattilsynet. Dataene rapportert til Mattilsynet vises direkte i BarentsWatch uten kvalitetssikring eller endring av Mattilsynet eller BarentsWatch. Videre henter tjenesten opplysningen om lokaliteter og akvakulturtillatelser fra Fiskeridirektoratets akvakulturregister, som sjekkes og oppdateres ved eventuelle endringer hver fjerde time. BarentsWatch tilbyr nedlastning av alle data fra år 2012 til i dag.

Rapporterte opplysninger om antall lakselus, behandlingstiltak og lokalitets- og akvakulturtillatelsesinformasjon kan ansees som de viktigste dataene for denne utredningen. Dette fordi dataene benyttes i den kvantitative delen av analysen, og er avgjørende for å kunne gjennomføre den. BarentsWatch er derfor ansett som den viktigste kilden i vår utredning. Vår innsamling og bearbeiding av de tilgjengeliggjorte dataene på BarentsWatch gjør det mulig for oss å benytte BarentsWatch som enestående kilde for data til de nevnte rapporterte opplysningene. Vi vil komme tilbake prosessen rundt innsamlingen og bearbeidingen av disse dataene i delkapittel 7.3.2.

Havforskningsinstituttet

Som nevnt i kapittel 2 om tidligere forskning har Havforskningsinstituttet har sammen med Fiskeridirektoratet og Mattilsynet utarbeidet en influensmatrise som kvantifiserer potensiell smitte av lakselus mellom par/klynger av anlegg. Basert på analysen er det i rapporten utarbeidet av Ådlandsvik (2015) presentert en foreslått inndeling med 11-13 produksjonsområder langs hele Norges kyst. Innen produksjonsområdene fremstilles en nettverksanalyse mellom hvilke anlegg som har sterk innflytelse på hverandre. Som vist i delkapittel 7.1 for vårt utvalg er det utarbeidet linjer i gul, oransje, og rød for økende grad av innvirkning ved alle produksjonsområdene. Ved svak eller ingen innflytelse er det ingen linjer mellom områdene. Basert på figurene i rapporten vil denne fremstillingen av smitteoverføring brukes i vår utredning for å styrke argumentene/forståelsen av eksternalitetene knyttet til behandling av lakselus.

7.3.2 Datainnsamling og variabler

Som nevnt i forrige kapittel er de viktigste sekundærdataene i denne utredningens analysekapittel hentet fra BarentsWatch. Dataene er relevante og viktige for å kunne svare på utredningens problemstilling, da de kan benyttes til å forklare ulike foretak sin behandlingsinnsats. Dataene som er innhentet, satt sammen og strukturert fra BarentsWatch oppsummeres i tabellen 7.1. Dataene er innsamlet for perioden januar 2013 – april 2017 og klassifiseres som paneldata ettersom vi har flere enheter som studeres over tid.

Tabell 7.1 Oversikt over utredningens variabler

	Variabel	Tidsenhet	Type variabel	Koding
Avhengig variabel				
	Behandling	Ukentlig	Binær	0 = ikke foretatt behandling 1 = foretatt behandling
Uavhengig variabel				
	Antall voksen hunnlus	Ukentlig	Kontinuerlig	Antall voksen hunnlus i gjennomsnitt per lokalitet
	Antall fastsittende lus	Ukentlig	Kontinuerlig	Antall fastsittende lus i gjennomsnitt per lokalitet
	Sjøtemperatur	Ukentlig	Kontinuerlig	Grader celcius i havet per lokalitet
	Måneder i sjø	Ukentlig	Kontinuerlig	Fire-ukers intervaller per produksjonssyklus (ukene er aggregert opp til måned 1-25)
	Rensefisk	Ukentlig	Binær	0 = benytter ikke rensefisk 1 = benytter rensefisk
	År	Ukentlig	Kategori	Årstall for observasjonen
	Foretak	Ukentlig	Kategori	Kategorier: Navn på foretak som driver på lokaliteten som
	Utsett vår/høst	Ukentlig	Binær	0 = Utsett i uke 32-53 (høst) 1 = Utsett i uke 1-31 (vår)
	Våravlusning	Ukentlig	Binær	0 = Ikke våravlusning (uke 19-11) 1 = Våravlusning (uke 12-18)
	Grønne konsesjoner	Ukentlig	Binær	0 = Ingen grønne konsesjoner 1 = Grønne konsesjoner
	Smitteoverføring	Ukentlig	Kontinuerlig	Gjennomsnittlig nivå av voksen hunnlus for
	Internalisering	Ukentlig	Binær	0 = Omtrent halvparten av totale lokaliteter i en fjord 1 = Alle lokaliteter i en fjord

Data på alle de ulike variablene, unntatt behandling og rensefisk, ble lastet ned samlet for hver enkelt lokalitet, og ble videre satt sammen til ett samlet datasett for alle lokalitetene i utredningens utvalg. Dataene på variabelen behandling og rensefisk var en separat nedlastning for hver lokalitet og ikke inkludert i datasettet med de andre variablene for hver lokalitet. Videre var dataene på behandling og rensefisk oppgitt som tekst, og måtte derfor konverteres til numeriske verdier for å senere i prosessen kunne bli benyttet i utredningens kvantitative analyse. I tillegg besto datasettet for behandling og rensefisk kun av de årene og ukene hvor det faktisk var foretatt behandling. Det var derfor utfordrende å slå disse datasettene sammen med det andre datasettet med alle de andre variablene for alle lokalitetene.

Dataene på behandling skilte mellom medikamentell og mekanisk behandling, i tillegg til ulike typer av medikamentell behandling. Dataene på behandling ble av oss strukturert ved å lage en ny binær variabel for om medikamentell/mekanisk behandling ble benyttet. Den binære variabelen tar verdien 1 dersom enten medikamentell eller mekanisk behandling ble

benyttet. Ettersom vi ønsker å finne ut om hva som fører til at en aktør velger å behandle eller ikke, skiller vi ikke mellom de ulike typene. Det må nevnes at den binære avhengige variabelen for behandling kan ta samme verdi for ulikt omfang av behandling, da den ikke skiller mellom behandling gjennomført for hele eller deler av lokaliteten. Dette er en forenkling gjort fra vår side. Ettersom utredningen først og fremst ønsker å studere hvorfor aktører velger å gjennomføre en behandling mot lakselus kan det argumenteres for at årsaker til beslutningen om det å behandle generelt er uavhengig av om det gjelder hele eller deler av lokaliteten. Derimot vil det være mulig at en behandling av deler av lokaliteten vil innebære eksempelvis to uker med delvis behandling fremfor en uke med behandling av hele. Med andre ord kompenseres med flere runder med behandling dersom det kun gjennomføres behandling for deler av lokaliteten. Vi forsøker å ta høyde for tilfeller hvor det i realiteten er en behandling som er gjennomført i to ulike uker. Dette gjøres ved å manuelt justere dataene hvor det i to påfølgende uker er foretatt samme type behandling. Manuel justering ble gjort ved å fjerne en av de registrerte ukene.

Dataene på rensefisk ble i likhet med behandling strukturert ved å lage en ny binær variabel med verdi lik 1 dersom rensefisk ble satt ut i den observerte uken. Verdien er satt til null dersom rensefisk ikke ble benyttet/satt ut. Den nye binære variablene ble laget i det samlede datasettet med alle de andre variablene i tabell 7.1, for alle lokalitetene i utvalget. Ettersom rensefisk vil være et tiltak med effekt over mange uker, og ikke kun i en kort periode slik som behandlingstiltak, vil denne binære variabelen måtte ta verdien 1 i flere uker enn den observerte uken rensefisk ble satt ut. Vi satt derfor variabelen lik 1 i de ukene etter selve utsett av rensefisk som vi antok at rensefisken ville leve og ha effekt. I det en produksjonssyklus er slutt antas rensefisken som ikke anvendbar for et annet utsett. I datasettet er den korteste anvendelsestiden etter utsett av rensefisk rundt 20 uker (produksjonssyklusen ble avsluttet), og den lengste 113 uker. Når vi har satt den binære variabelen til verdi lik 1 i 113 uker og andre lange perioder som rundt 90 og 70 uker, har det vært flere utsett av rensefisk på lokaliteten i perioden. Det ansees derfor rimelig å sette verdien lik 1 og anta at rensefisken har levd og spist lakselus i løpet av slike lengre perioder.

Noen av variablene i oversikten over er laget av oss. Variabelen for antall måneder laksefisken har stått i sjø er den ene. Denne ble laget ved å først skille mellom ulike produksjonssykluser på hver lokaliteter. For deretter å kategorisere ukene med fire ukers intervaller innenfor hver produksjonssyklus. Produksjonssyklusene kan som nevnt i kapittel

3 vare opp imot 24 måneder. I vårt datasett varer noen litt lenger enn 24 måneder, slik at kategoriene går fra 1 til 25.

En annen variabel laget av oss måler hvorvidt utsett av laksefisk ble gjort om våren eller høsten. Med andre ord laget vi en variabel som tar verdien 1 dersom det er utsett om våren og verdien 0 dersom utsett om høsten. Våren er definert som uke 1 til og med uke 31, mens høsten er fra uke 32 og ut året.

Videre laget vi en indikatorvariabel for våravlusning. Våravlusning er som nevnt en lovbestemmelse om lavere lakselusnivå og koordinert avlusning (jf. kapittel 4.5 om regulering). I Nordland er våravlusning bestemt til å gjelde i perioden 26. mars til 1. mai. Dette vil være omtrent fra uke 12 til og med uke 18. Således tar den binære variabelen for våravlusning verdien 1 når observasjonen er i uke 12-18. Verdien settes til 0 når det ikke er våravlusning, altså ukene 19-11. Etersom datasettet har observasjoner i 2017 hvor våravlusningsbestemmelsen ble opphevet, vil alle ukene i 2017 ta verdien 0, og ikke ha våravlusning.

Variabelen smitteoverføring av lakselus ble av oss konstruert ved å aggregere opp observasjonene på antall voksen hunnlus fra alle lokalitetene i samme fjord for en enkelt uke. For deretter å finne hva som var gjennomsnittlig antall voksen hunnlus i den enkelte fjord. Da alle lokalitetene i en enkelt fjord antas å overføre smitte seg i mellom vil variabelen således angi et mål på gjennomsnittlig smitte som kan overføres.

Variabelen for grønne konsesjoner er en binær variabel som tar verdien 1 når grønne konsesjoner er tilknyttet lokaliteten og verdien 0 dersom ingen grønne konsesjoner er tilknyttet lokaliteten. Variabelen ble strukturert på bakgrunn av informasjon om den enkelte lokalitet tilgjengelig fra BarentsWatch.

Internalisering av eksternaliteter oppnås ved å selv ha virksomhet på flere lokaliteter som antas å påvirke hverandre i form av eksternaliteter. Vi forsøker derfor å måle grad av internalisering, ved å konstruere en variabel som fanger opp hvor mange av de totale lokaliteter et foretak har i et gitt området med smitteoverføring av lakselus. I vårt utvalg har alle foretakene med unntak for Cermaq omtrent samme grad av internalisering. Dette fordi Nordlaks og Ellingsen Seafood er de eneste foretakene med virksomhet i Tysfjorden, med henholdsvis fire og seks lokaliteter hver. Likeså har Marine Harvest og Cermaq fem lokaliteter hver i Nordfolda. Unntaket er Sagfjorden hvor Cermaq har alle lokalitetene.

Basert på dette ble variabelen internalisering konstruert som en binær variabel, hvor verdien er lik 1 dersom en har alle lokalitetene i en fjord, og verdien 0 dersom en har omtrent halvparten av lokalitetene i en fjord.

Med tanke på innsamlingen og bearbeidings innvirkning på datasettets reliabilitet hadde vi flere tiltak for å minimere feil underveis. Dersom det gjøres menneskelige feil i forbindelse med innsamlingen og bearbeidningen av dataene, innebærer det at det skapes usystematisk feil i variablene. Det er derfor viktig at slike usystematiske feil blir forsøkt unngått, da dette kan øke standardfeilene. For å minimere usystematiske feil underveis i innsamlingen og bearbeidningen hadde vi flere tiltak. Antall totale behandlinger per lokalitet ble kontrollert opp mot de originale dataene for hver lokalitet, og ukenummer og årstall ble dobbeltsjekket for hver behandling på den enkelte lokalitet. I tillegg tok vi tilfeldige stikkprøver når det sammensatte datasettet var ansett som ferdig bearbeidet.

Når det gjelder data rapportert inn fra BarentsWatch er målingene rapportert inn fra hver enkelt lokalitet for hver uke. Siden dataene er rapportert inn fra de ulike foretakene i vårt utvalg er det en viss risiko for at unøyaktig eller feil data er rapportert inn. Målinger av lakselus foretas imidlertid ofte og over lang tid, slik at oppdretterne er erfarne når det kommer til telling og rapportering. I tillegg er de pålagt å rapportere i henhold til forskrift om bekjempelse av lakselus i akvakulturanlegg paragraf § 10. Vi vurderer derfor denne risikoen for målefeil som liten, og for å videre minimere risikoen har vi vurdert ekstremverdier som vi kommer tilbake til i delkapittel 7.3.4. En av de viktigste uavhengige variablene i utredningens analyse er antall lus i de ulike stadiene. Dette antallet er basert på en måling av et utvalg av fisk og rapportert som et gjennomsnittstall av antall lakselus per fisk. Dermed er det en viss sannsynlighet for at det faktiske antallet lakselus per fisk er høyere/lavere enn det gjennomsnittlige antallet som er rapportert. Vi antar at det rapporterte antallet av lakselus er det aktørene selv benytter for å vurdere behandling. Således vil antallene vi har i datasettet antakeligvis være det antallet lakselus som aktørene handler ut fra og reagerer på, som er hva vi ønsker å estimere med vår modell. Dette gjør at de innsamlede dataene ansees gode for vårt formål. Likevel må det nevnes en svakhet i denne antakelsen. Det kan nemlig tenkes at aktørene kan tjene på å rapportere inn lavere antall lakselus enn hva som er realiteten, da dette kan hindre tvungen avlusning, bøter og lignende. Dette kan innebære at rapporterte antall lakselus er lavere enn realiteten. Dersom oppdretterne rapporterer lavere nivåer enn realiteten kan våre data altså lide av systematiske feil. Systematiske feil kan påvirke hypotesetestingen og føre til lavere forklart varians i

regresjonsanalysen, og generelt svekke reliabiliteten til analysen. For vår analyse vil systematiske feil som dette kunne resultere i at vår modellestimering finner at behandling skjer ved lavere nivåer av antall lakselus enn hva som er realiteten. Eller at vår modell predikerer ingen behandling for et gitt antall lakselus, som er for lavt i forhold til realiteten.

7.3.3 Strukturering og bearbeiding av datasettet

Ved produksjon av laksefisk vil det nødvendigvis være store mengder manglende observasjoner. Lokalteter er pålagt å brakklegges over minst åtte uker etter endt produksjonssyklus, i tillegg til at gitte konsesjoner kan roteres over flere lokaliteter. Perioder uten fisk i merdene, og følgelig ingen produksjon, er intervaller vi ønsker å utelukke fra analysen. Det vil heller ikke være rapportert lusetall i disse periodene. Dermed vil det være hensiktsmessig å forklare hvordan vi har strukturert dataene før deskriptiv statistikk blir presentert.

Fra datakildene er data fra år 2012 tilgjengelige. Grunnet en endring i reglementet for rapportering av lus fra og med 2013 som nevnt i delkapittel 3.4, velger vi å utelate data fra 2012 i vår analyse. Datasettet vi har samlet inn inneholder derfor informasjon på ukentlig nivå fra januar 2013 til april 2017. Det tilsvarer totalt 3001 observasjoner som er fordelt på 26 lokaliteter over 224 uker.

Rapporterte verdier for lus og temperatur utnyttes til å strukturere dataene slik at vi kan se hver produksjonssyklus, da vi forutsetter at lengre perioder uten rapporterte tall innebærer at lokaliteten brakklegges. For å kunne benytte luseverdiene til denne struktureringen er det nødvendig å ta hensyn til enkeltobservasjoner hvor det er hull i datasettet med enten manglende rapportering eller feilrapportering. For å fylle ut manglende observasjoner hvor vi anser at det produseres på lokaliteten, brukes et gjennomsnitt av ukene før og etter til å fylle ut observasjoner for voksne hunnlus. Dette gjøres kun der hvor det er mindre enn 4 uker med hull i dataene. At det fylles ut gjennomsnittsverdier kan gi et feil estimat på enkeltobservasjoner av lusenivåer. Ettersom vi studerer valget om å gjennomføre en behandling vil feil estimat i ukene med/rundt behandling ansees alvorlig. Vi undersøker derfor alle manglende observasjoner opp i mot observerte behandlinger i samme uke og uken før/etter. Ved å gjøre dette finner vi at flere manglende observasjoner sammenfaller med uker hvor det er behandling. Vi velger i disse tilfellene å sette manglende observasjon lik den høyest observerte verdien for voksen hunnlus i uken før/etter behandling. Etter alle

korrigeringer av manglende observasjoner er det fortsatt noen få igjen som vi velger å la stå som manglende. Se vedlegg 2 for gjennomsnittlige nivå av voksen hunn lus før og etter vi fylte inn en verdi for manglende enkeltobservasjoner.

7.3.4 Ekstremverdier

Ekstreme verdier, altså observasjoner som skiller seg betydelig fra de resterende, vil kunne føre til skjeve estimat fra regresjonsmodellen. Det finnes ingen objektiv måte å fjerne ekstremobservasjoner (Wooldridge, 2016). Verdier som representerer virkeligheten skal ikke utelates. Dermed må valg om å utelate observasjoner være godt begrunnet.

De kontinuerlige variablene som varierer over tid i vårt datasett er voksne hunn lus, fastsittende lus og sjøtemperatur. Ettersom antall voksne hunn lus i følge lovverket skal være under 0,5 vil en kunne forvente at de fleste verdiene fluktuierer mellom 0 til 0,5. Vi benyttet deskriptiv statistikk og persentiler for å studere observasjonene for de tre variablene.¹⁶ Etter identifisering av potensielle ekstreme verdier studerte vi dem for hver enkelt lokalitet. For både voksen hunn lus og fastsittende lus foreligger det enkeltobservasjoner på enkelte lokaliteter som er ulike resten. De to høyeste observerte verdiene er observert på samme lokalitet og er på 8,63 og 5 voksne hunn lus. Verdiene på lokaliteten er ellers under en voksen hunn lus for alle ukene i alle årene. Vi anser derfor observasjonene som unormalt høye for denne lokaliteten. Derimot observerer vi at det skjer en behandling i ukene rundt nivåene 5 og 8,63. Da 8,63 ansees ekstrem ønsker vi å korrigere for denne. Derimot på grunn av behandling i perioden ved de to høye verdiene ønsker vi ikke å justere den for lavt. Vi velger derfor å sette verdien 8,63 lik 5 voksne hunn lus, og oppnår da en viss korrigerings for ekstremverdien.

7.4 Deskriptiv statistikk

Deskriptiv statistikk for det endelige datasettet benyttet i analysen presenteres i tabell 7.2. Ut fra tabellen kan det identifiseres interessante variasjoner i variablene.

¹⁶ Presentert i vedlegg 3

Tabell 7.2 Deskriptiv statistikk for utredningens variabler

Variabel	Obs	Gj.snitt	Std	Min	Max
Behandling	3001	0,0603	0,2381	0	1
L1Voksenhun	2926	0,1245	0,3182	0	5
L1fastlus	2940	0,057	0,2036	0	3,76
L1sjøtemp	2929	8,15	3,459	1,5	23,63
rense	3001	0,1746	0,3797	0	1
smitteoverføring	3001	0,1185	0,1713	0	1,596
dgrønn	3001	0,4169	0,4931	0	1
internalisering	3001	0,2989	0,4579	0	1

Gjennomsnittet for de binære variablene behandling, rensefisk og grønne konsesjoner gir informasjon om hvor stor andel av observasjonene som har verdi 1, altså hvor mange prosent av ukene i datasettet det er gjennomført behandling eller benyttet rensefisk samt hvor stor andel av observasjonene som har grønne konsesjoner. Fra minimum- og maksimumsverdiene samt standardavviket ser vi at det er store variasjoner i størrelsene rapportert for de kontinuerlige variablene voksen hunnlus, fastsittende lakselus, sjøtemperatur og smitteoverføring. Dette er interessant ettersom vi i analysen ønsker å studere om variasjoner i disse variablene har en effekt på valget om å behandle.

Videre vil vi presentere de ulike gjennomsnittene for forrige ukes verdier for variabelen voksen hunnlus, de ukene foretakene velger å behandle eller ikke. Det er voksen hunnlus per laksefisk det i hovedsak reguleres på, og vi ønsker å undersøke hvorvidt det er slik at foretakene behandler ved et gi nivå, eksempelvis 0,4 voksen hunnlus, eller om det er store forskjeller her også.

Tabell 7.3 Deskriptiv statistikk for nivå på L1Voksenhun ved behandling (gjennomsnittlig for alle foretakene).

	Obs	Gj.snitt	Std	Min	Max
u/behandling	2745	0,1054	0,2865	0	5
v/behandling	181	0,413	0,5523	0	5

Fra tabell 7.3 ser vi at det ved valg av behandling i gjennomsnitt er ca. 0,4 lus per fisk, altså litt under grenseverdien. Vi observerer også et betydelig standardavvik på over 0,5 voksen hunnlus, som kan tyde på at det er betydelige variasjoner knyttet til hvilke nivå på voksen hunnlus som fører til behandling. Det kan også tenkes at variasjonene i nivåene som fører til

behandling kan knyttes opp i mot foretaksspesifikke forskjeller. I tabell 7.4 presenteres derfor gjennomsnittsverdiene og standardavvik av voksen hunnlus for foretakene totalt og ved behandling eller ikke behandling.

Tabell 7.4 Deskriptiv statistikk for nivå på lakselus ved behandling per foretak.

L1Voksenhun	Obs	Gj.snt	Std	min	maks
Cermaq					
Ikke behandling	1338	0,060	0,111	0	1,12
Behandling	51	0,320	0,405	0	2,52
Total	1389	0,069	0,142	0	2,52
Ellingsen Seafood					
Ikke behandling	689	0,137	0,304	0	3,33
Behandling	78	0,342	0,404	0	1,8
Total	767	0,158	0,032	0	3,33
Marine Harvest					
Ikke behandling	379	0,128	0,362	0	4,2
Behandling	23	0,380	0,631	0	3,08
Total	402	0,142	0,386	0	4,2
Nordlaks					
Ikke behandling	338	0,159	0,408	0	4,07
Behandling	26	0,809	0,895	0,1	3,58
Total	364	0,206	0,487	0	4,07

For de fire foretakene observerer vi varierende nivåer både for gjennomsnittlig lusenivå ved behandling, i tillegg til varierende standardavvik mellom foretakene, på tross av et generelt lusenivå som ikke er fullt så ulikt. Det kan altså synes som om det er store forskjeller i hvilke nivå av voksen hunnlus foretakene behandler ved. Våre modeller som skal forsøke finne ulik behandlingsatferd blir presentert i neste kapittel.

8. Empirisk modell

For å oppnå en modell som er relevant og god vil en være avhengig av gode teoretiske argument for valg av variabler, gjerne basert på egen forståelse, tidligere forskning og relevant teori. I vårt tilfelle vil relevante variabler være variabler som kan forklare behandlingsatferd både generelt og i lys av eksternaliteter. Det vil i dette kapitlet bli presentert og argumentert for valg av modell som blir benyttet i analysen videre. Dette kapitlet vil først presentere analysens grunnmodell hvor vi argumenterer for valg av forklaringsvariabler og forventet effekt. Videre vil vi presentere hvordan og hvorfor vi senere utvider modellen.

8.1 Grunnmodell

Som presentert i kapittel 7 vil analysens avhengige variabel være en binær variabel for om det er gjennomført en behandling eller ikke. Forklaringsvariabler for denne avhengige variabelen vil være faktorer som forklarer hvorfor aktørene velger eller ikke velger å behandle mot lakselus. Vi har følgende grunnmodell for å forklare dette valget:

$$\begin{aligned} \text{Behandling} = & \alpha + \beta_1 * L1Voksenhun + \dots + \beta_5 * L5Voksenhun + \beta_6 * L1fastlus + \dots \\ & + \beta_{10} * L5fastlus + \beta_{11} * L1sjøtemp + \beta_{12} * rense + \beta_{13} * dgrønn \\ & + \beta_{14} * smitteoverføring + \beta_{15} * i.år + \beta_{16} * i.foretak + \varepsilon \end{aligned}$$

L1- til L5Voksenhun innebærer observert antall voksne hunnlus med en til fem ukers lag. En til fem ukers lagget verdi innebærer at observasjonen fra en til fem uker i forveien benyttes for gjeldende uke. Likså er L1- til L5fastlus, en til fem ukers lag av fastsittende lakselus. L1sjøtemp er observert sjøtemperatur på den enkelte lokalitet med en ukers lag. Rense angir om en lokalitet benytter seg av rensefisk eller ikke. Variabelen dgrønn angir om lokaliteten har grønne konsesjoner tilknyttet seg. Smitteoverføring måler størrelsen på hvor mye smitte av lakselus en enkelt lokalitet kan tenkes å utsettes for. Variabelen i.år er en kategorivariabel med en kategori for henholdsvis årene 2013 til 2017. Den siste variabelen i.foretak er i likhet med i.år en variabel med en kategori for hvert foretak i utvalget. I ligningen er α konstantleddet i regresjonsresultatet, og β er koeffisienten for de respektive uavhengige variablene. Det siste leddet i ligningen ε er regresjonens feilledd.

8.1.1 Antall lakselus

Som nevnt innledningsvis vil den mest opplagte forklaringsvariabelen for valget om å foreta en behandling mot lakselus eller ikke, være antallet lakselus som finnes på fisken i merdene på lokaliteten. Mange lakselus på en fisk vil kunne skade laksefisken betydelig, derav produksjonen og derfor være ønskelig å bli kvitt fra oppdretternes side. I tillegg vil den lovfestede grenseverdien for maksimalt antall lakselus på 0,5 voksne hunnlus per fisk tvinge oppdretterne til å behandle mot lakselus. Hovedregelen er at antall lakselus telles og rapporteres hver uke. Det er rimelig å anta at tellingen og rapporteringen vil være grunnlag for både oppdretternes egen evaluering av lakselusnivået på lokaliteten, i tillegg til å være informasjon Mattilsynet benytter for å påse at oppdretterne følger loven. Vi anser derfor rapporterte antall voksne hunnlus per fisk som et egnet mål for den uavhengige variabelen, da det antas å være det grunnlaget oppdretterne selv benytter for å evaluere lokalitetens behov for behandling.

Som allerede nevnt i utredningens kapittel 4.5.1 vil oppdretterne også rapportere antall lakselus som er fastsittende, og som kan bli voksne hunnlus. Det kan derfor være tenkelig at aktørers valg om å behandle også er påvirket av fastsittende lus. Det er fordi fastsittende lus vil vokse seg til voksne lus over tid, og derfor være lakselus som de potensielt må behandle senere uansett. Videre hevder også Marine Harvest i sin årsrapport for 2015 at for å redusere antall behandlinger og få mest mulig utav hver behandling vil det først og fremst være viktig å redusere og holde nede det totale antallet lakselus som fester seg på fisken. Å behandle tidlig før det er for mye lakselus på fisken vil kunne føre til færre behandlinger. Med andre ord vil fastsittende lakselus være et varsel som flere oppdrettere kan reagere på, ettersom de vet at disse lakselusene mest sannsynlig vil vokse seg til voksne lus og reproducere. Å behandle mot lakselus før de fastsittende har blitt til voksne lakselus vil kunne være ønskelig dersom en tenker langsiktig på antall lakselus og forsøker å ha mer effektiv behandling.

Som det fremgår av gjennomgangen over er det naturlig å forvente en positiv sammenheng, altså positiv koeffisient mellom begge de to målene for antall lakselus og valget om å gjennomføre en behandling. Ikke bare begrunnet ut fra problemene lakselus medfører på fisken i oppdrettsanleggene, dens biologi og reproduksjon, men også ettersom aktørene faktisk er lovpålagt å gjennomføre behandling mot lakselus for å unngå nivå over 0,5. Det er videre realistisk å forvente at flere av aktørene i utvalget ikke vil kunne reagere på antall lakselus samme uke som de måles. Det er fordi behandling normalt er en prosess som krever

tid, eksempelvis ved at laksefisken gjerne må sultes i forkant av en behandling og at det gjerne leies inn utstyr, tjenester og lignende for å kunne gjennomføre behandlingen. Vi vil derfor benytte laggede verdier av antall fastsittende og voksen lakselus, for å kunne fange opp effekten på behandling av denne variabelen. Med andre ord vil altså forrige ukes antall voksen hunnlus og fastsittende lus kunne være aktuelle uavhengige variabler for å forklare denne ukens valg av behandling eller ikke. Laggede variabler vil derimot være høyt korrelert med den variabelen de er lagget verdi av. Det vil derfor senere i analysedelen måtte velges mellom variabelen og dens ulike potensielle lag for å unngå kollinearitet i regresjonen.

Måten voksen hunnlus er inkludert i grunnmodellen vil innebære et tilnærmet lineært forhold for den marginale effekten voksen hunnlus har på behandling. Det kan derimot tenkes at den marginale effekten av voksen hunnlus er av en mer eksponentiell form i det nivået nærmer seg den lovbestemte grenseverdien på 0,5 voksne hunnlus. Vi ønsker derfor å utvide grunnmodellen med en interaksjon hvor $L1Voksenhun$ multipliseres med seg selv. Dette vil i analysen være modell 3.

8.1.2 Sjøtemperatur

Den neste uavhengige variabelene i grunnmodellen er sjøtemperaturen. Sjøtemperatur er som nevnt i kapittel 4 betydningsfullt for hvor fort lakselusen vokser og beveger seg gjennom fasene i sin livssyklus. Med andre ord vil høy sjøtemperatur innebære mer reproduksjon av lakselus og at lakselus i tidlige faser i livsløpet raskere utvikler seg til siste fase. Vi venter derfor å finne en positiv sammenheng mellom sjøtemperatur og behandling. Sjøtemperaturen benyttet i analysen er oppgitt på ukentlig nivå og det vil være klart at effekten sjøtemperatur kan ha på behandling vil trenge litt tid før den vises. Det vil derfor ikke nødvendigvis være en betydelig sammenheng mellom sjøtemperatur og behandling før noen uker i etterkant av faktisk målt sjøtemperatur. Det kan derfor tenkes å være aktuelt med laggede observasjoner for sjøtemperatur i regresjonen. Det kan likevel tenkes at oppdretterne kan forutse utviklingen i sjøtemperaturen basert på sesong og erfaring, og at dagens sjøtemperatur kan ha en effekt på valget om å behandle. Et viktig argument for valget av lag for sjøtemperatur er at sjøtemperaturen påvirker påkjenningen laksefisken utsettes for ved behandling, således hvor gunstig det er å behandle. Sjøtemperaturen den uken valget om behandling bestemmes

vil derfor fange opp dette. Vi anser de to sistnevnte argumentene for å veie tyngst, og velger derfor å benytte en ukes lag for sjøtemperatur senere i analysen.¹⁷

8.1.3 Rensefisk

Et viktig poeng når det kommer til behandling av lakselus er at jo bedre en oppdretter er på forebyggende tiltak, jo mindre lakselus vil en ha og følgelig trenge færre behandlinger. Et mye benyttet forebyggende og kontrollerende tiltak er som nevnt i utredningen kapittel 4.6 rensefisk. Rensefisk vil derfor være ansett som en relevant kontrollvariabel å inkludere i grunnmodellen, og det kan forventes en negativ koeffisient for denne variabelen.

8.1.4 Grønne konsesjoner

De grønne konsesjonene utdelt i 2013/2014 innebærer som beskrevet i kapittel 4.5 strengere krav til miljøpåvirkninger med tanke på rømming eller lakselus. Kravene knyttet til lakselus innebærer at lusnivåene til en hver tid skal holdes under 0,25 voksen hunnlus. I tillegg er det ikke tillatt med mer enn tre medikamentelle behandlinger per produksjonssyklus. Grønne konsesjoner kan dermed tenkes å påvirke atferden ved at oppdretterne iverksetter mer forebyggende tiltak mot lakselus. Vi anser grønne konsesjoner som en relevant kontrollvariabel hvor forventningene om påvirkning på den avhengige variabelen er negativ. Dette fordi det sannsynligvis igangsettes flere forebyggende tiltak og de må forholde seg til strengere kontroll på antall voksen hunnlus. De strenge lusnivåene kan også tenkes å påvirke at behandling mot lakselus vil gjennomføres ved et lavere nivå ved bruk av grønne konsesjoner.

8.1.5 Smitteoverføring

Som forklart i kapittel 4 om lakselus vil lusene kunne spres langt og variabelt og således vil det kunne overføres lakselus mellom ulike oppdrettsanlegg. Videre har vi forklart hvordan slik spredning vil kunne påvirke den enkeltes aktørs valg om å behandle basert på teori om eksternaliteter. En uavhengig variabel som måler eller indikerer størrelsesordenen på smitteoverføringen og således smittepresset til hver enkelt lokalitet anses derfor som en relevant forklaringsvariabel for behandlingsatferd. Variabelen søker å fange opp om

¹⁷ Da sjøtemperaturen ikke vil variere mye fra en uke til en annen vil de ulike lagene av sjøtemperatur være høyt korrelerte. Av den grunn ønsker vi kun ett lag med i regresjonsmodellen, L1.

foretakene reagerer på lusesmitte fra nabolokalitetene. Smitteoverføring regnet som gjennomsnittlig nivå av voksen hunn lus i fjorden inkluderes i modellen med to ukers lag. To ukers lag velges for at smitten i fjorden, basert på lakselus biologisk, skal rekke å kunne overføres mellom lokaliteter, potensielt infestere ny fisk og påvirke en aktørs behandlingsatferd. Våre forventninger rundt variabelen smitteoverføring er at den vil ha positiv påvirkning på valget om å gjennomføre en behandling.

8.1.6 År

Noen år har hatt større problemer med lakselus enn andre, og det kan med andre ord tenkes at enkelte år har mer behandling sammenlignet med andre år. Det vil derfor være relevant å inkludere en kontrollvariabel som kan ta høyde for slik potensiell effekt et enkelt år kan ha på behandling. Ettersom vi ikke har identifisert noen av årene 2013-2016 som år av spesiell karakter vil det være lite grunnlag for forventninger om hvilke år som øker sannsynligheten for behandling (jf. kapittel 3.4). År 2016 viste markant nedgang i bruken av medikamentell behandling, men derimot en økning i ikke-medikamentelle virkemidler. Det kan derfor tenkes at år 2016 kan ha noe mindre sannsynlighet for behandling dersom ikke-medikamentelle virkemidler innebærer mye forebyggende tiltak og kontinuerlige tiltak som renseskif. Dersom nedgangen i medikamenter derimot skyldes ikke-medikamentell behandling slik som spyling av lakselus vil det derimot ikke antas å se en lavere sannsynlighet for behandling da ikke-medikamentell behandling inkluderes i den avhengige variabelen.

8.1.7 Foretak

Foretak er av stor interesse for denne utredningen, da vi ønsker å undersøke om foretaksspesifikke karakteristika kan bidra til å forklare hvorfor det blir foretatt en behandling eller ikke. Dette er typisk uobserverbare effekter som særegent for paneldata er mulig å kontrollere for ved ulike metoder. Vi har som nevnt valgt å benytte metoden med binære eller kategorivariabler som vil kunne fange opp enhetsspesifikke effekter som ikke varierer over tid. Vi vil altså ha en kategorivariabel kalt foretak i grunnmodellen, hvor hvert foretak som har virksomhet på lokalitetene i utvalget har en egen kategori. På denne måten vil vi kunne fange opp det som likt påvirker behandling på ulike lokaliteter, fordi de ulike lokalitetene er drevet av samme foretak.

Det er flere teoretiske argumenter for at denne kategorivariabelen for foretak kan ha effekt på behandling og som gjør den interessant å studere i denne utredningen. Det er først og fremst tenkelig at behandling og de eksternaliteter det medfører gir ulik behandlingsatferd hos foretak. Internalisering av eksternaliteter kan som argumentert for i kapittel 5 føre til at foretak med høy grad av internalisering sannsynligvis behandler ved lavere lusenivåer, og dermed reduserer behovet for fremtidige behandlinger. Med andre ord kan foretak med høy grad av internalisering tenkes å ha annerledes strategier for hvordan de løser problemer knyttet til lakselus. I tillegg kan det at ulike foretak har ulik erfaring, kompetanse, og dyktighet innen behandling mot lakselus medføre ulik effekt på den avhengige variabelen, valget om å behandle.

Basert på argumentene over vil det derfor være tenkelig at kategorivariabelen for foretak vil kunne ha en effekt på behandling, og være en svært interessant og relevant uavhengig variabel. Måten foretak er inkludert i grunnmodellen kontrollerer for foretaks effekt på behandling alt annet likt. Det kan derimot tenkes at en økning i antall voksen hunnlus ikke gir den samme absolutte marginale effekt på valget om å behandle for alle foretak. Vi vil derfor utvide grunnmodellen med en interaksjon mellom voksen hunnlus og foretak i modell 3. Om det kan forventes en positiv eller negativ sammenheng mellom de ulike foretakene og behandling vil være uklart i de første modellene, hvor det ikke kontrolleres for ulik grad av internalisering av eksternaliteter. Likevel vet vi fra presentasjonen av foretakene i kapittel 7 at Cermaq har virksomhet på alle lokalitetene i Sagfjorden, og derfor i stor grad har internalisert eksternalitetene i denne fjorden. De andre foretakene har omtrent lik grad av internalisering. På bakgrunn av dette forventer vi at Cermaq vil ta ulike valg når det kommer til behandling, og i større grad behandle ved lavere nivå av voksen hunnlus sammenlignet med de andre foretakene. Grad av internalisering er en variabel som vi kommer tilbake til i delkapittelet om andre uavhengige variabler som utvider grunnmodellen.

8.2 Andre uavhengige variabler

Den presenterte grunnmodellen over vil i analysen bli utvidet med fire andre uavhengige variabler. Dette for å undersøke om andre potensielle forklaringsvariabler vil kunne endre resultatene funnet ved grunnmodellen, og kontrollere for spuriøse sammenhenger. Den siste variabelen som legges til grunnmodellen er for å nærmere kunne undersøke vår andre hypotese. Denne undersøker hvorvidt foretak med flere av lokalitetene i samme fjord vil

behandle ved lavere nivåer av voksen hunnlus sammenlignet med foretak med færre av lokalitetene. I det følgende vil vi argumentene for de fire variablenes effekt på valget om å behandle.

8.2.1 Måned i produksjonssyklusen - størrelsen på laksefisken

Antall måneder fisk har stått i sjøen er en utvidelse av vår grunnmodell, som i analysen gjøres ved modell 4. Denne uavhengige variabelen er et forsøk på å kontrollere for størrelsen på laksefisken og om denne har effekt på valget om å behandle.

Størrelsen på fisken vil være en relevant variabel for å forklare behandlingsatferd av flere årsaker. Først og fremst vil større laksefisk innebære eldre laksefisk, som vil ha plass til flere lakselus på kroppen sammenlignet med mindre laksefisk som har hatt mindre tid i havet. Med andre ord kan det tenkes at større laksefisk vil være infisert av flere lakselus, derav gi et høyere smittepress både for intern fisk og ekstern fisk på andre lokaliteter. På denne måten kan det tenkes en positiv sammenheng mellom størrelsen på fisken og behandling. Derimot vil et gitt antall lakselus kunne være til mer skade for en mindre fisk sammenlignet med en større fisk. Dette kan trekke mot mer behandling av mindre laksefisk. Det kan også argumenteres for at det er negative konsekvenser av å behandle stor fisk sammenlignet med mindre fisk. Det kan begrunnes med at større fisk vil innebære mer biomasse, mer biomasse vil knytte til seg mer risiko når det kommer til vellykket gjennomføring av behandling og større potensielt tap. Større potensielt tap fordi de negative effektene behandling kan medføre, eksempelvis økt dødelighet, vil kunne koste mer når laksefisken er stor. Løe og Kjellesvik (2016) hevder at de indirekte kostnadene knyttet til behandling mot lakselus er større jo lenger ut i produksjonssyklusen en kommer. Videre er det også strenge regler for salg av fisk som har blitt behandlet med medikamenter. Det må ha gått en viss periode mellom behandling og slakting av laksefisk for å sikre at det ikke finnes medisinrester i fisken når den spises. Dette kan også tyde på at det mot slutten av produksjonssyklusen vil være mindre medikamentell behandling mot lakselus. Likevel vil regelverket oppdretterne forholder seg til kreve at det foretas behandling dersom lakselusnivåene blir for høye. Slik faktisk smittepress og antall lakselus vil måtte veie tyngre enn insentivene til å behandle eller ikke. Det vil basert på de nevnte argumentene ikke være helt klart hvilken sammenheng som kan forventes mellom laksefiskens størrelse og behandling, og forventningen er derfor nøytral.

8.2.2 Høstutsett versus vårutsett

En annen ny uavhengig variabel som utvider vår grunnmodell er en binær variabel for utsett av laksefisk på høsten eller våren. I analysen vil dette bli gjort som en interaksjon med den uavhengige variabelen år i modell 5.

Utsett på våren eller høsten er interessant da det kan være av betydning for laksefiskens størrelse. Utsett av fisk på våren vil innebære betydelig mer tid i sjøen med høy temperatur, sammenlignet med fisk satt ut samme år på høsten. Utsett på våren vil derfor gjerne være større enn fisk satt ut på høsten, gitt samme antall måneder i sjøen. Som argumentert for den uavhengige variabelen antall måneder i sjø vil størrelsen på fisken kunne ha en effekt på valget om å behandle. Ved inkludere høst- og vårutsett som en interaksjon med år, vil vi kunne kontrollere for ulikheter i størrelsen på fisk av samme generasjon.

8.2.3 Våravlusning

Neste kontrollvariabel vi har valgt å utvide grunnmodellen med er en binær variabel for om observasjonene befinner seg i perioden på året når det er lovpålagt våravlusning eller ikke. Denne vil være inkludert som en interaksjon med antall voksen hunnlus i modell 6 i analysen.

Som det ble nevnt i utredningens kapittel 4.5 om reguleringer er det i perioden januar 2013 til mars 2017 pålagt en samordnet behandling mot lakselus om våren dersom en når tiltaksgrensen på 0,1 lakselus i gjennomsnitt per fisk. Behandling må videre gjøres samordnet i flere akvakulturanlegg og kan derfor øke antall behandlinger sett i forhold til perioder uten våravlusning. Ettersom lovbestemmelsen innebærer en tiltaksgrense som er betydelig strengere enn vanlig grenseverdi og at flere må gå sammen og koordinere behandling kan det tenkes at denne kontrollvariabelen vil ha en positiv koeffisient, altså en positiv sammenheng mellom våravlusning og behandling.

8.2.4 Internalisering

Den siste kontrollvariabelen vi vil utvide grunnmodellen med er internalisering. Internalisering blir lagt til i modell 7 som skal undersøke vår andre hypotese om at foretak med flere av lokalitetene i samme fjord vil behandle ved lavere nivåer av voksen hunnlus sammenlignet med foretak med færre av lokalitetene. Som forklart i kapittel 5 vil økonomisk

teori om eksternaliteter hevde at eksternaliteter påvirker ulike aktørers atferd. Behandling mot lakselus vil medføre positive eksternaliteter for nabolokaliteter som overfører smitte seg i mellom. Av den grunn vil et foretak med virksomhet på mange/alle nabolokalitetene oppnå å internalisere disse positive eksternalitetene og få alle fordelene tilknyttet det å gjennomføre en behandling. Dette kan implisere at et foretak som i betydelig grad har internalisert eksternalitetene vil ha ulik behandlingsatferd sammenlignet med en aktør med mindre/ingen grad av internalisering. Denne ulikheten ønsker vi å fange opp med vår variabel som skiller mellom foretakenes ulike grad av internalisering. Konsekvent behandling over tid for lave nivå av lakselus på alle lokaliteter som overfører smitte, kan tenkes å føre til at det generelle nivået av lakselus i området holdes lavt. Dette innebærer at det fremtidige nivået av lakselus holdes lavt og således gir mindre behov for behandling. Etersom mindre behandling er ønskelig for aktørene i oppdrettsnæringen kan det tenkes at aktører med høy grad av internalisering velger å behandle ved lave nivå av lakselus. Dette er vårt teoretiske argument for vår andre hypotese. Vi forventer altså at den uavhengige variabelen internalisering vil ha en negativ sammenheng med den avhengige variabelen for høye nivå av antall lakselus, men en positiv sammenheng ved lave nivå av antall lakselus. For å skille mellom sammenheng med den avhengige variabelen for høyt og lavt nivå av lakselus, vil internalisering i modellen være en interaksjon med variabelen for antall voksne hunnlus.

8.3 Oppsummering av modellvariabler

Av gjennomgangen over fremgår det både argument for hvorfor de ulike variablene er inkludert i utredningens analyse og forventninger til resultatene i neste kapittel. Argumentene introduserer også flere tema som videre vil bli diskutert ut fra analysens resultater, som for eksempel eksternaliteter. Det vil likevel være klart at variablene benyttet i modellen vil kunne ha sine svakheter og begrensninger, i tillegg til at det finnes andre variabler som er relevante og kunne eller burde vært inkludert i modellen. Slike svakheter med modellen vil vi komme tilbake til og diskutere senere i utredningens kapittel 9.4. Likevel er det basert på gjennomgangen i dette kapittel kommet frem til en modell som vi mener vil kunne forklare valget om å gjennomføre en behandling eller ikke, og som vil kunne gi resultater som er interessante for videre tolkning. Under blir det presentert en oppsummering av alle variablene som vil bli benyttet i analysen, beskrevet med det samme navn som de vil ha i selve regresjonsresultatene.

Tabell 8.1 Oversikt over variablene benyttet i den empiriske analyse

	Variabel	Tidsenhet (t)	Type variabel	Koding	Forventet sammenheng med avhengig variabel
Avhengig variabel					
	Behandling	Uke	Binær	0 = Ingen behandling 1 = Behandling	
Uavhengig variabel					
	L1,...,L5 Voksenhun	Uke: (t-1),...(t-5)	Kontinuerlig	n/a	Positiv
	L1,..., L5 Fastlus	Uke: (t-1),...(t-5)	Kontinuerlig	n/a	Positiv
	L1 Sjøtemp	Uke: (t-1)	Kontinuerlig	n/a	Positiv
	Mnd_prodsykl	Uke	Kontinuerlig	n/a	Nøytral
	Rense	Uke	Binær	0 = Ingen rensefisk 1 = Rensefisk	Negativ
	i.år	Uke	Kategori	1 = 2013 2 = 2014 3 = 2015 4 = 2016 5 =2017	Nøytral
	i.foretak	Uke	Kategori	1= Cermaq 2= Ellingsen Seafood 3= Marine Harvest 4= Nordlaks	Nøytral
	Våravlusning	Uke	Binær	0= Ingen våravlusning 1 = Våravlusning	Positiv
	Vår_høstutsett	Uke	Binær	0 =Høstutsett 1 = Vårutsett	Positiv
	dgrønn	Uke	Binær	0 = Ingen grønne konsesjoner 1= Grønne konsesjoner	Negativ
	L2 Smitteoverføring	Uke (t-2)	Kontinuerlig	n/a	Positiv
	Internalisering	Uke	Binær	0 = Omtrent halvparten av totale lokaliteter i en fjord 1 = Alle lokaliteter i en fjord	Positiv/negativ ved lave/høye nivå av L1 Voksenhun

Som det fremgår av tabell 8.1 er det mange variabler som skal inkluderes i modellen. I utredningens neste kapittel vil vi gå videre med variablene og benytte dem i en regresjonsanalyse. Ved hjelp av regresjonsanalysen vil det komme frem om sammenhengene mellom de uavhengige variablene og den avhengige variabelen svarer til forventningene, i tillegg til at selve effekten estimeres. Analysen vil således forsøke å svare på utredningens hypoteser og sammen med utredningens diskusjonskapittel belyse og svare på utredningens problemstilling.

9. Analyse

I dette kapitlet vil vi gjennomgå resultatene fra alle modellene som benyttes for å forsøke svare på utredningens to hypoteser for å videre kunne belyse vår problemstilling. Vår første hypotese er at det foreligger foretaksspesifikke forskjeller i behandlingsatferd. Vår andre hypotese er at foretak med flere av lokalitetene i samme fjord vil behandle ved lavere nivåer av voksen hunnlus sammenlignet med foretak med færre av lokalitetene.

I dette kapitlet vil vi først kort presentere resultatene fra vår korrelasjonsanalyse. Dette for å velge hvilke laggede verdier vi skal inkludere i modellene av variablene voksen hunnlus og fastsittende lus. Videre vil vi mer detaljert gjennomgå modellene og resultatene fra regresjonsanalysen. Ved våre logistiske regresjonsanalyser undersøkes utredningens hypoteser og vi deler denne gjennomgangen i to deler, modell 1-3 og modell 4-7. Modell 1-3 vil undersøke utredningens første hypotese, modell 4-6 vil undersøke hvor robuste resultatene for vår første hypotese er, og modell 7 vil undersøke vår andre hypotese. Modell 1 er vår grunnmodell mens modell 2-7 er utvidelser av denne.

9.1 Resultater

9.1.1 Korrelasjonsanalyse

Før regresjonsanalysene vil vi velge hvilke lag som skal inkluderes for variablene voksen hunnlus og fastsittende lus. Som nevnt i gjennomgangen av variablene i kapittel 8 vil det være sannsynlig at de ulike lagene for hver av variablene vil være korrelerte med hverandre og altså innebære kollinearitet.

For å undersøke sammenhengen nærmere velger vi å studere en parvis korrelasjonsmatrise. Denne vil teste to og to variablers korrelasjon. Resultatene fra den parvise korrelasjonsmatrisen er presentert i vedlegg 4. Av korrelasjonsmatrisen fremkommer det at alle lagene av voksen hunnlus og fastsittende lus har en korrelasjon på rundt 0,5 og høyere. Vi anser en korrelasjon på 0,5 og høyere som noe høy. I tillegg vil de ulike lagene kunne kontrollere for mye av det samme, og begrenser oss derfor til å inkludere to lag for voksen hunnlus og fastsittende lus. To lag ansees ønskelig da lakselusnivåene varierer noe mellom hver uke, således mellom de ulike lagene. For å velge mellom alle potensielle lag gjennomfører vi en bivariat logistisk regresjon mellom den avhengige variabelen behandling

og hvert enkelt lag. Resultatene er presentert i vedlegg 5. Ut fra resultatene vil det for både voksen hunnlus og fastsittende lakselus være lag en og to som har høyest signifikant sammenheng med den avhengige variabelen. Selv om disse lagene hver for seg har en signifikant sammenheng med behandling, vil dette derimot være sammenhenger som kan være spuriøse, og som egentlig skyldes en eller flere bakenforliggende forklaringsvariabler. For å kunne si om både voksen hunnlus og fastsittende lakselus er uavhengige variabler med effekt på valget om behandling må vi altså vurdere sammenhengen ut fra resultatene fra vår multiple regresjonsanalyse.

9.1.2 Modell 1-3

Vi vil starte med å gjennomgå de rapporterte regresjonsresultatene fra modell 1, 2 og 3 i tabell 9.1. I tabellen er alle standardavvikene robuste for å forsøke å unngå heteroskedastiske feilledd. Disse modellene tester den første hypotesen.

Tabell 9.1 Resultater modell 1, 2 og 3 ¹⁸

Behandling	(1) Modell 1	(2) Modell 2	(3) Modell 3
L1Voksenhun	2.612** (1.015)	56.41*** (33.73)	268.5*** (242.7)
L2Voksenhun	0.592 (0.260)	0.360* (0.200)	0.408* (0.211)
L1fastlus	2.402*** (0.672)	2.022** (0.658)	2.000** (0.646)
L2fastlus	2.056** (0.610)	1.885* (0.614)	1.902** (0.577)
L1sjøtemp	1.151*** (0.0307)	1.127*** (0.0309)	1.122*** (0.0310)
rense	0.714 (0.188)	0.694 (0.186)	0.687 (0.194)
dgrønn	2.322 (1.689)	1.832 (1.337)	1.367 (1.011)

¹⁸ Merk i tabellen at referansekategorien i de ulike kategorivariablene har koeffisienter lik en og ingen rapporterte standardavvik.

smitteoverføring	3.548 ^{***} (1.299)	2.590 ^{**} (1.086)	2.309 ^{**} (0.942)
År=2013	1 (.)	1 (.)	1 (.)
År=2014	1.608 [*] (0.433)	1.524 (0.411)	1.454 (0.398)
År=2015	1.749 ^{**} (0.477)	1.744 ^{**} (0.480)	1.769 ^{**} (0.485)
År=2016	1.888 ^{**} (0.524)	1.745 ^{**} (0.492)	1.832 ^{**} (0.510)
År=2017	0.709 (0.538)	0.517 (0.419)	0.612 (0.472)
Cermaq	1 (.)	1 (.)	1 (.)
Ellingsen Seafood	4.644 ^{**} (3.417)	3.288 (2.434)	4.223 [*] (3.118)
Marine Harvest	2.552 (1.937)	2.291 (1.728)	2.033 (1.559)
Nordlaks	1.442 (1.120)	0.979 (0.771)	0.886 (0.725)
L1Voksenhun#L1Voksenhun		0.363 ^{***} (0.0703)	0.357 ^{***} (0.0721)
Cermaq#L1Voksenhun			1 (.)
Ellingsen seafood#L1Voksenhun			0.0956 ^{***} (0.0846)
Marine Harvest#L1Voksenhun			0.379 (0.379)
Nordlaks#L1Voksenhun			0.254 (0.245)
<i>chi</i> ²	156.3	230.0	229.1
df_m	15	16	19
pseudo <i>R</i> ²	0.148	0.191	0.202
Justert pseudo <i>R</i> ²	0.121	0.163	0.166

Observasjoner	2829	2829	2829
---------------	------	------	------

Exponentiated coefficients; Standard errors in parentheses

* $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

Modell 1

Vår modell 1 er vår grunnmodell som presentert i kapittel 8.1, nå spesifisert med valgte laggede verdier av voksen hunnlus, fastsittende lakselus, sjøtemperatur og smitteoverføring.

$$\begin{aligned} \text{Behandling} = & \alpha + \beta_1 * L1Voksenhun + \beta_2 * L2Voksenhun + \beta_3 * L1fastlus + \beta_4 \\ & * L2fastlus + \beta_5 * L1sjøtemp + \beta_6 * rense + \beta_7 * dgrønn + \beta_8 \\ & * smitteoverføring + \beta_9 * i.\text{år} + \beta_{10} * i.\text{foretak} + \varepsilon \end{aligned}$$

Fra resultatene ser vi at wald chi kvadrat testen er signifikant, dermed kan vi si at minst en av de inkluderte forklaringsvariablene har en effekt på behandling. Variabelen foretak fanger opp hvorvidt det er forskjell i de ulike foretakenes odds for behandling sett i forhold til Cermaq sin odds for behandling. Med Cermaq som referansekategori vil en odds ratio høyere enn en innebærer at sannsynligheten for å behandle er høyere for foretaket en sammenligner Cermaq med. Av resultatene med Cermaq som referansekategori ser vi at Ellingsen Seafood øker oddsen for behandling signifikant. Mellom de andre foretakene observerer vi ingen signifikant forskjell sett i forhold til Cermaq. Ved å velge Ellingsen Seafood som referansekategori har både Marine Harvest, Nordlaks og Cermaq signifikant reduserende effekt på oddsen for behandling, så således mindre sannsynlighet for å behandle sett i forhold til Ellingsen Seafood. Resultatene indikerer at det er forskjeller mellom foretaks behandlingsatferd.

Videre gir modellen resultater som hevder at L1voksenhun har signifikant positiv effekt på valget om å behandle. Resultatene viser en odds ratio for behandling lik 2,61. Med andre ord vil en økning i en enhet L1voksenhun øke oddsen for behandling med 161%. Dette tilsvarer at en økning på 0,1 øker oddsen for å behandle med 10,1 %.¹⁹ Hvor mye sannsynligheten for behandling øker ved en økning i L1Voksenhun vil ikke være konstant, men avhenge av hva som er utgangspunktet for antall L1Voksenhun. Eksempelvis vil sannsynligheten for å behandle ved nivå 0,1 L1Voksenhun være 5,63% og øker til 6,13% ved nivå på 0,2

¹⁹ For å finne 0,1 enhets endring regner vi ut odds raten opphøyet i enhetsendringen: $2,61^{0,1} = 1,101$

L1Voksenhun. Se vedlegg 7 for rapporterte sannsynligheter for utvalgte nivåer av voksen hunn lus. For de andre variablene som måler lakselus, L1fastlus og L2fastlus, viser resultatene også en signifikant positiv effekt på valget om å behandle, dog noe mindre enn L1voksenhun.

Variabelen smitteoverføring viser en signifikant positiv effekt på valget om å behandle. Med andre ord vil en økning i gjennomsnittlig nivå av voksen hunn lus i hver av de tre fjordene føre til høyere sannsynlighet for å behandle.

Når det gjelder den uavhengige variabelen år, viser resultatet at år 2015 og 2016 har signifikant positiv effekt på oddsen for behandling sett i forhold til 2013. Med andre ord er det mer sannsynlig med behandling i årene 2015 og 2016 sett i forhold til 2013. Året 2017 viser ingen signifikant effekt, noe som ikke er overraskende med tanke på at observasjonene kun går til april 2017.

For variablene som måler voksen hunn lus med to ukers lag, rensefisk og grønne konsesjoner viser resultatene ingen signifikant virkning på valget om å behandle.

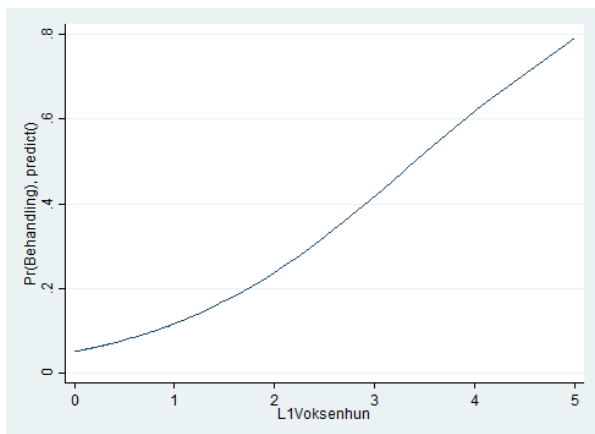
Modell 2:

I modell 2 har vi som ligningen under illustrer utvidet grunnmodellen med L1voksenhun kvadrert.

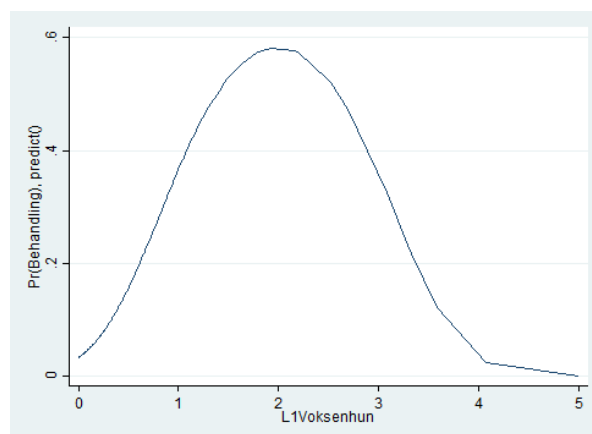
$$\begin{aligned} \text{Behandling} = & \alpha + \beta_1 * L1Voksenhun + \beta_2 * L2Voksenhun + \beta_3 * L1fastlus + \beta_4 \\ & * L2fastlus + \beta_5 * L1sjøtemp + \beta_6 * rense + \beta_7 * dgrønn + \beta_8 \\ & * smitteoverføring + \beta_9 * i.år + \beta_{10} * i. foretak + \beta_{11} \\ & * c.L1Voksenhun \# c.L1Voksenhun + \varepsilon \end{aligned}$$

Interaksjonen øker pseudo R2 fra 14.8% til 19.1%. Ettersom pseudo R2 vil øke ved å inkludere flere uavhengige variabler, sammenligner vi også justert pseudo R2. I modell 2 øker justert pseudo R2 fra 12,1% til 16,3%. Dette indikerer at modell 2 har bedre prediksjonsevne sett i forhold til modell 1.

Det interessante med denne modellen er å vurdere den marginale effekten L1Voksenhun har på sannsynligheten for behandling. Effekten interaksjonen av den kontinuerlige variabelen har på behandling vil være mest informativ presentert ved grafer. Dette fordi effekten av interaksjonen endrer seg med verdiene til den kontinuerlige variabelen.



Figur 9.1 Modell 1



Figur 9.2 Modell 2

Figur 9.1 og 9.2 viser den marginale effekten av L1Voksenhun på behandling, både før og etter interaksjonen. Som antatt viser figur 9.2 at den marginale effekten av L1Voksenhun øker eksponentielt ved lavere nivå på voksen hunnlus. Interaksjonen viser at sannsynligheten for behandling øker mer per økning i L1Voksenhun frem til to voksne hunnlus sett i forhold til modellen uten interaksjon. Fra resultatene presentert i tabell 9.1 ser vi at denne effekten er signifikant. Derimot er det for interaksjonseffekten bedre og mer korrekt å undersøke statistisk signifikans ved å grafisk illustrere denne for ulike nivåer av L1Voksenhun. Dette fordi ulike nivåer på L1Voksenhun kan gi ulikt utslag i hvorvidt effekten er signifikant eller ikke (Ai og Norton, 2003). Vedlegg 8 viser at interaksjonseffekten er positiv signifikant for alle nivåer av L1Voksenhun.

Å inkludere kvadrert L1Voksenhun gjør at resultatene for foretak endres. Ingen av foretakene har i modell 2 signifikant forskjellig effekt på sannsynligheten for behandling sett i forhold til Cermaq. Med Ellingsen Seafood som referansekategori vil kun Nordlaks ha signifikant ulik effekt på den avhengige variabelen. Ellers forblir de andre uavhengige variablene som var signifikante i modell 1 signifikant i modell 2 med samme fortegn.

Modell 1 og 2 har så langt kontrollert for foretaks effekt på valget om å behandle gitt alt annet likt. At foretak i modell 2 har færre kategorier med signifikant ulik effekt på valget om å behandle er uventet og noe vi ønsker å studere nærmere. Det kan tenkes at foretak sin effekt på behandling er avhengig av nivået på L1Voksenhun, og at vi derfor ikke finner like mange kategorier med signifikant ulik effekt i modell 2. For å videre teste vår første

hypotese vil modell 3 derfor undersøke om foretak har ulik effekt på behandling ved å ta hensyn til gitte verdier på antall voksen hunnlus.

Modell 3:

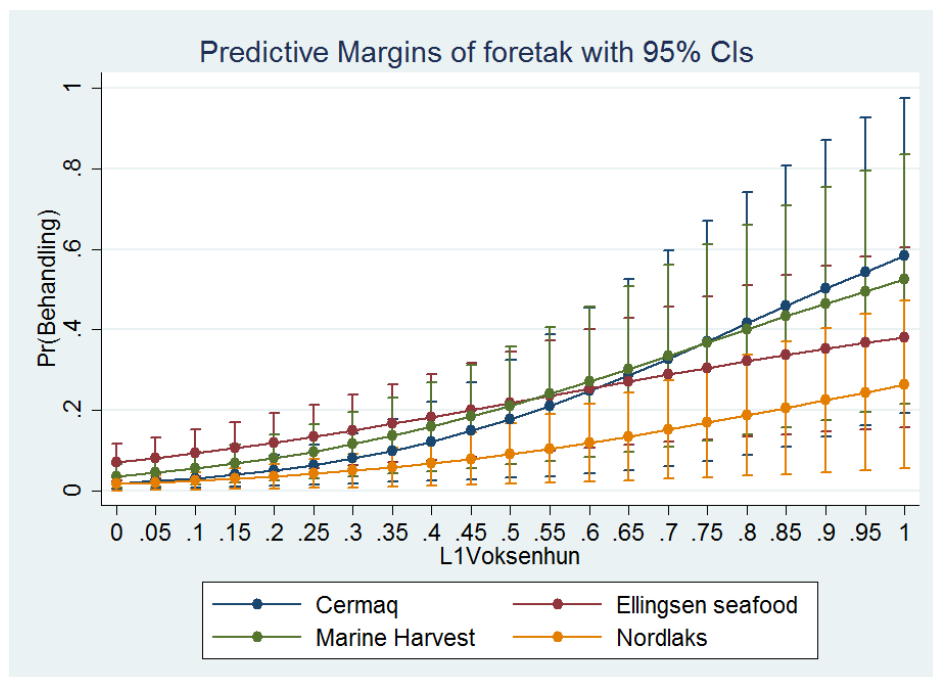
Modell 3 bygger videre på modell 2 ved å legge til en interaksjon mellom i.foretak og L1Voksenhun.

$$\begin{aligned}
 \text{Behandling} = & \alpha + \beta_1 * L1Voksenhun + \beta_2 * L2Voksenhun + \beta_3 * L1fastlus + \beta_4 \\
 & * L2fastlus + \beta_5 * L1sjøtemp + \beta_6 * rense + \beta_7 * dgrønn + \beta_8 \\
 & * smitteoverføring + \beta_9 * i.år + \beta_{10} * i.foretak + \beta_{11} \\
 & * c.L1Voksenhun##c.L1Voksenhun + \beta_{12} \\
 & * i.foretak##c.L1Voksenhun + \varepsilon
 \end{aligned}$$

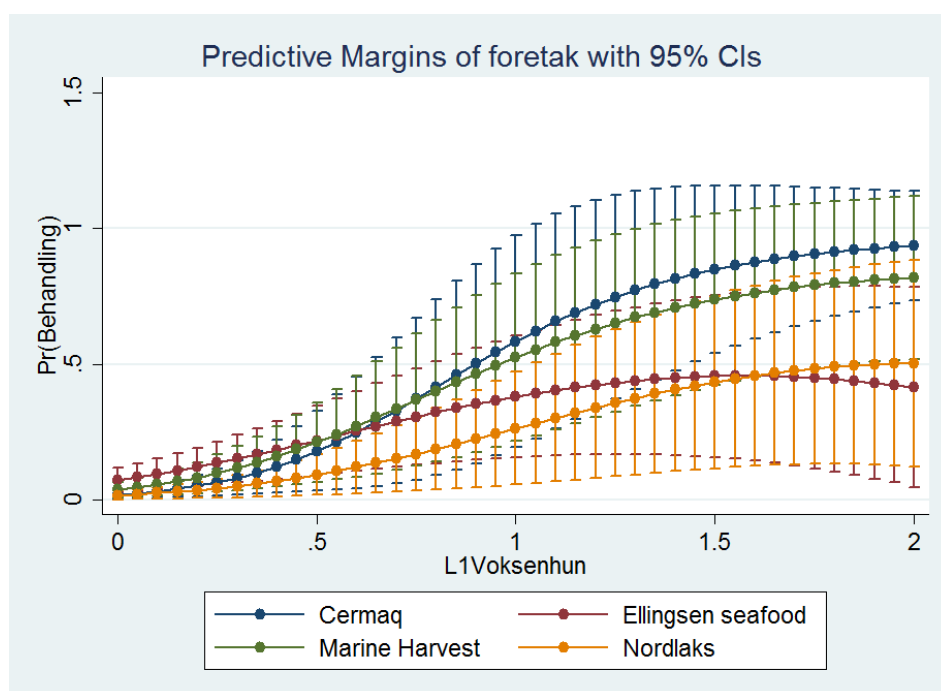
I modell 3 er pseudo R2 lik 20,2%, som er en marginal økning fra modell 2. Justert pseudo R2 øker også marginalt fra 16,3% til 16,6%. Dette indikerer at modell 3 har marginalt bedre prediksjonsevne sett i forhold til modell 2.

Ved å inkludere interaksjonen mellom foretak og L1Voksenhun forblir koeffisientene til L1- og L2fastlus, L1sjøtemp, smitteoverføring, og årene 2015 og 2016 signifikant med samme fortegn. Når det kommer til effekten foretak alene har på den avhengige variabelen forblir resultatet likt som modell 2, hvor ingen foretak har signifikant effekt sett i forhold til Cermaq. Med Ellingsen Seafood som referansekategori har nå både Nordlaks og Marine Harvest signifikant forskjellig sannsynlighet for å behandle. (Resultatene ved Ellingsen Seafood som referansekategori er presentert i vedlegg 6 som modell 3*).

Vi ser vi det mest hensiktsmessig å presentere resultatene for interaksjonseffektene ved hjelp av grafisk illustrasjon. Illustrasjonen gjør det letter å sammenligne interaksjonseffekten mellom alle foretakene.



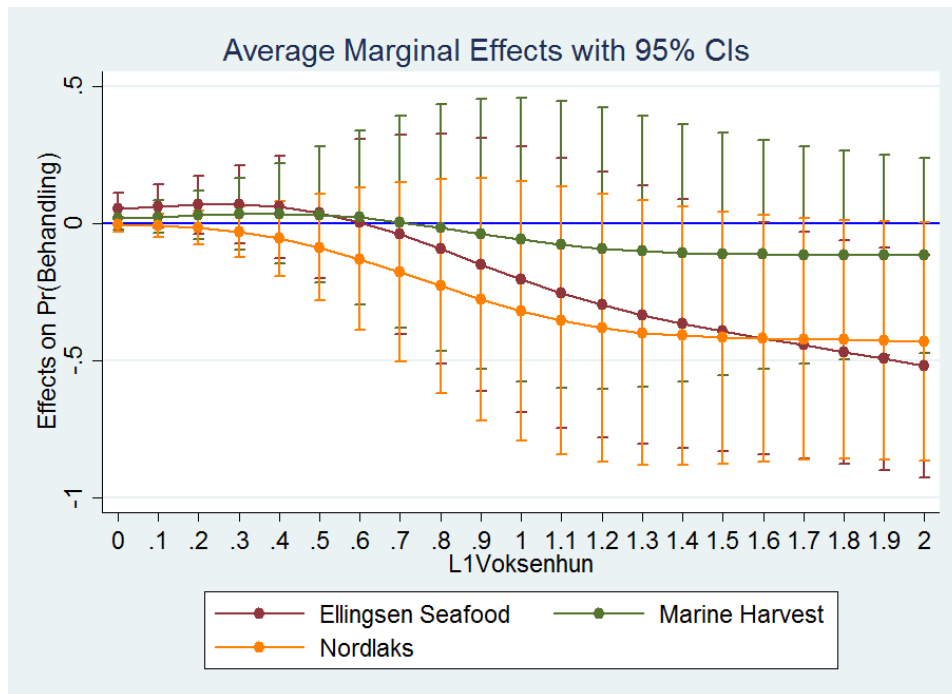
Figur 9.3 Sannsynligheten for behandling ved lusenivå fra 0 til 1



Figur 9.4 Sannsynligheten for behandling ved lusenivå fra 0 til 2

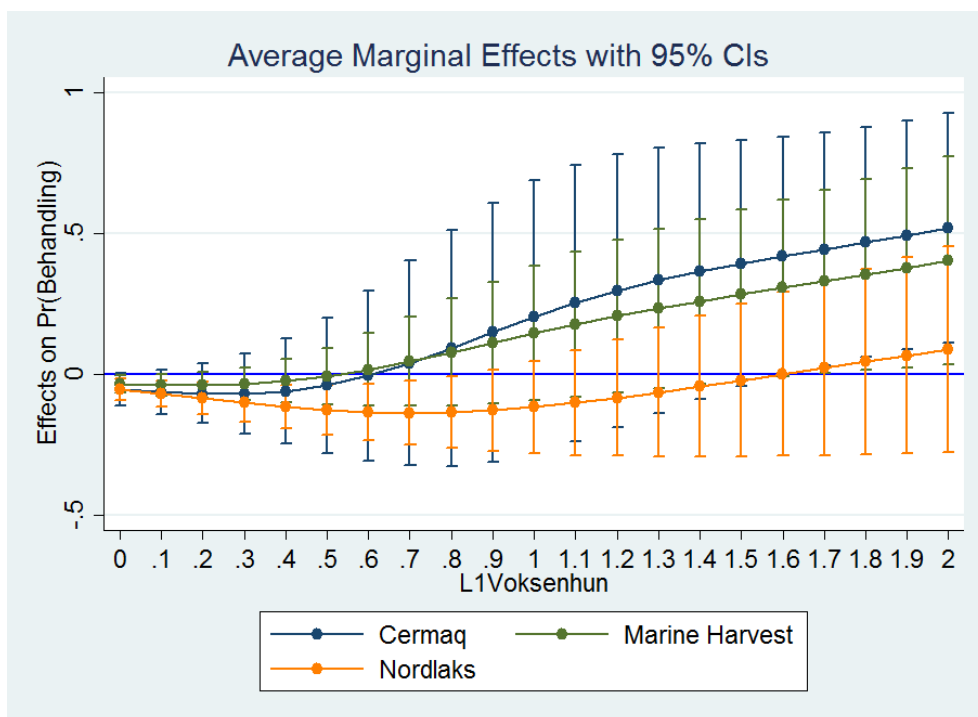
I figurene 9.3 og 9.4 kommer det frem at Ellingsen Seafood har høyest sannsynlighet for å behandle ved lusenivå inntil omtrent 0,55 L1Voksenhun. Deretter vil Marine Harvest ha marginalt høyere sannsynlighet for å behandle sammenlignet med Cermaq. Etter 0,75 L1Voksenhun vil Cermaq være det foretaket som har høyest sannsynlighet for å gjennomføre en behandling.

Videre vil vi undersøke om forskjellene mellom foretakene identifisert i figurene 9.3 og 9.4 er signifikante. Vi illustrerer om forskjellig sannsynlighet for behandling ved gitte nivå av L1Voksenhun er signifikante i figur 9.5 og 9.6.



Figur 9.5 Signifikansnivå for interaksjonen L1Voksenhun## i foretak (Cermaq)

I figur 9.5 hvor Cermaq er referansekategori, finner vi at kun Ellingsen Seafood har signifikant forskjellig sannsynlighet for å behandle sett i forhold til Cermaq, og dette ved få nivå av L1Voksenhun. Mer konkret har Ellingsen Seafood signifikant mindre sannsynlighet for å behandle ved nivåer på 1,7 til 2 L1Voksenhun. I vedlegg 9 vises en detaljert tabelloversikt over de grafisk presenterte resultatene med tilhørende p-verdier.



Figur 9.6 Signifikansnivå for interaksjonen L1Voksenhun## i foretak (Ellingsen Seafood)

Figur 9.6 viser at både Cermaq, Marine Harvest og Nordlaks har signifikant forskjellig sannsynlighet for å behandle sett i forhold til Ellingsen Seafood (referansekategorien). Nordlaks vil ved nivå 0 til 0,8 L1voksenhun ha signifikant mindre sannsynlighet for å behandle. Marine Harvest vil fra 0 til 0,1 L1Voksenhun ha signifikant mindre sannsynlighet for behandling sett i forhold til Ellingsen Seafood, men også signifikant høyere sannsynlighet for behandling ved nivå 1,7 til 2 L1Voksenhun. For Cermaq vil vi i figur 9.6 få samme resultat som den figur 9.5, bare motsatt vei, altså ved nivå 1,7 til 2 L1Voksenhun vil Cermaq ha signifikant høyere sannsynlighet for å behandle sett i forhold til Ellingsen Seafood.

Med andre ord har vi signifikante resultater som støtter opp om at det foreligger foretaksspesifikke forskjeller med effekt på valget om å gjennomføre en behandling mot lakselus, altså vår første hypotese. Likevel vil støtten for vår første hypotese ikke anees veldig sterk da signifikante forskjeller vises for relativt få nivåer av L1Voksenhun. Videre anser vi det nyttig å undersøke om resultatene er robuste for inkludering av flere tenkelige kontrollvariabler. Dette vil bli undersøkt i modell 4, 5, 6 og 7 i neste delkapittel. I tillegg vil vår andre hypotese bli undersøkt ved modell 7.

9.1.3 Modell 4-7

I dette delkapittelet vil vi starte med å kort gjennomgå resultatene fra modell 4 og 5. Modell 4 og 5 utvider modell 3 med kontrollvariabler som ikke blir tatt med videre i modell 6 og 7. Resultatene blir derfor kun vist i vedlegg 10. Modell 6 og 7 vil derimot bli presentert i tabell 9.2. I likhet med de tidligere modellene er alle standardavvikene robuste. Modell 7 vil være en utvidelse av modell 6, og skal teste vår andre hypotese; foretak med flere av lokalitetene i samme fjord vil behandle ved lavere nivåer av voksen hunnlus sammenlignet med foretak med færre av de totale lokalitetene.

Tabell 9.2 Resultater modell 6 og 7 ²⁰

	(6) Modell 6	(7) Modell 7
Behandling		
L1Voksenhun	254.3*** (229.5)	23.82*** (22.97)
L1Voksenhun # L1Voksenhun	0.363*** (0.0725)	0.370*** (0.0721)
L2Voksenhun	0.404* (0.206)	0.416* (0.206)
L1fastlus	1.991** (0.640)	1.950** (0.629)
L2fastlus	1.915** (0.572)	1.875** (0.552)
L1sjøtemp	1.172*** (0.0363)	1.170*** (0.0366)
rense	0.732 (0.209)	0.640 (0.191)
dgrønn	1.289 (0.961)	0.623 (0.504)
År=2013	1 (.)	1 (.)

²⁰ Merk i tabellen at referansekategorien i de ulike kategorivariablene har koeffisienter lik en og ingen rapporterte standardavvik.

År=2014	1.380 (0.383)	1.267 (0.356)
År=2015	1.706* (0.476)	1.696* (0.466)
År=2016	1.773** (0.498)	1.566 (0.445)
År=2017	0.775 (0.604)	0.728 (0.573)
smitteoverføring	2.731** (1.116)	2.749** (1.100)
Cermaq	1 (.)	1 (.)
Ellingsen seafood	4.001* (2.989)	1.280 (1.122)
Marine Harvest	1.918 (1.486)	0.633 (0.575)
Nordlaks	0.824 (0.677)	0.268 (0.250)
Cermaq # L1Voksenhun	1 (.)	1 (.)
Ellingsen seafood # L1Voksenhun	0.0999*** (0.0876)	1.037 (0.969)
Marine Harvest # L1Voksenhun	0.368 (0.364)	3.824 (3.950)
Nordlaks # L1Voksenhun	0.263 (0.252)	2.620 (2.624)
våravlusning=0	1 (.)	1 (.)
våravlusning=1	2.399* (1.076)	2.477** (1.129)
våravlusning=0 # L1Voksenhun	1 (.)	1 (.)
våravlusning=1 # L1Voksenhun	7.061 (15.37)	4.844 (10.92)

internalisering=0		1 (.)
internalisering=1		0.300** (0.143)
internalisering=0 # L1Voksenhun		1 (.)
internalisering=1 # L1Voksenhun		864.8*** (1620.9)
<i>chi</i> ²	235.9	232.2
df_m	21	23
pseudo <i>R</i> ²	0.210	0.225
Justert pseudo <i>R</i> ²	0.167	0.174
Observasjoner	2829	2829

Exponentiated coefficients; Standard errors in parentheses
 * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

Modell 4:

Modell 4 utvider modell 3 ved å legge til kontrollvariabelen kalt mndsjø. Hensikten med modellen er å undersøke om resultatene fra modell 3 endres ved å inkludere en variabel for laksefiskens alder/størrelse, antall måneder i sjøen.

$$\begin{aligned}
 \text{Behandling} = & \alpha + \beta_1 * L1Voksenhun + \beta_2 * L2Voksenhun + \beta_3 * L1fastlus + \beta_4 \\
 & * L2fastlus + \beta_5 * L1sjøtemp + \beta_6 * rense + \beta_7 * dgrønn + \beta_8 \\
 & * smitteoverføring + \beta_9 * i. \text{år} + \beta_{10} * i. \text{foretak} + \beta_{11} \\
 & * c.L1Voksenhun \# c.L1Voksenhun + \beta_{12} \\
 & * i. \text{foretak} \# c.L1Voksenhun + \beta_{13} * mndsjø + \varepsilon
 \end{aligned}$$

Vi finner ingen signifikant effekt av mndsjø på den avhengige variabelen. Resultatet er motstridende med vår forventning. Det kan likevel tenkes at våre teoretiske argumenter for at mndsjø har en effekt på behandling ikke nødvendigvis stemmer overens med virkeligheten. En tenkelig forklaring er at antall voksne hunnlus, uavhengig av strategi og insentiv knyttet til fiskestørrelsen, vil kunne tvinge oppdretterne til å behandle uavhengig av størrelsen på fisken.

Inkludering av denne nye variabelen gir ingen merkbare endringer i resultatene fra modell 3 foruten om at variabelen foretak og interaksjonen mellom foretak og L1Voksenhun endres. Variabelen foretak viser nå at Ellingsen Seafood har signifikant forskjellig sannsynlighet for behandling sett i forhold til Cermaq, noe modell 3 ikke viste. Interaksjonen mellom foretak og L1Voksenhun viser derimot i regresjonsresultatene til modell 4 (vedlegg 10) ingen signifikant forskjell mellom foretakene, noe modell 3 gjorde. Likevel om vi studerer signifikansnivået ved alle ulike nivå av L1Voksenhun grafisk, finner vi at noen av forskjellene mellom foretak er signifikante ved de laveste nivåene av L1Voksenhun (vedlegg 11). Sammenligner vi modell 4 med modell 3 vil den grafiske fremstillingen av signifikante forskjeller være relativt lik i modell 3, men med noen færre nivåer med signifikante forskjeller mellom foretakene. Dette innebærer at modell 3 sine resultater er nokså robuste for inkluderingen av kontrollvariabelen mndsjø.

Justert pseudo R2 reduseres fra 16,6% i modell 3 til 14,8% i modell 4. At den er lavere for modell 4 sammenlignet med modell 3 kan indikere at den inkluderte variabelen mndsjø ikke øker modellens prediksjonsevne. En lavere justert pseudo R2 og en ikke signifikant effekt på den avhengige variabelen gjør at vi ikke inkluderer denne variabelen videre i de neste modellene. Vi ønsker derimot å forsøke å kontrollere for fiskens størrelse ved å måle dette på en annen måte, og studere om dette endrer resultatene til modell 3 på samme måte som modell 4.

Modell 5

I modell 5 utvider vi modell 3 med en interaksjon mellom dvårhøst og år som kontrollvariabel for størrelsen på laksefisken.

$$\begin{aligned}
 \text{Behandling} = & \alpha + \beta_1 * L1Voksenhun + \beta_2 * L2Voksenhun + \beta_3 * L1fastlus + \beta_4 \\
 & * L2fastlus + \beta_5 * L1sjøtemp + \beta_6 * rense + \beta_7 * dgrønn + \beta_8 \\
 & * smitteoverføring + \beta_9 * i.år + \beta_{10} * i. foretak + \beta_{11} \\
 & * c.L1Voksenhun##c.L1Voksenhun + \beta_{12} \\
 & * i. foretak##c.L1Voksenhun + \beta_{13} * dvårhøst##i. år + \varepsilon
 \end{aligned}$$

Resultatene for modell 5 viser at modellen får omtrent samme pseudo R2 sammenlignet med modell 3. Justert pseudo R2 får en marginal reduksjon, da den går fra 16,6% i modell 3 til 14,8% i modell 5. Interaksjonen mellom dvårhøst og år viser ingen signifikant effekt for dvårhøst i noen av de fire årene sett i forhold til 2013 (referansekategori). Etter som

signifikansnivået for alle årene er representert i tabellen i vedlegg 10 vil vi ikke benytte en graf for å illustrere dette. Resultatene i modell 5 er omtrent de samme som ved modell 3, dette gjelder også foretak og interaksjonen mellom foretaket og L1Voksenhun.

Når vi kontrollerer for størrelsen til laksefisk ved interaksjonen mellom dvårhøst og år ser vi altså at resultatene fra modell 3 er robuste da resultatene forblir omtrent uendret. Vi velger å ikke inkludere denne kontrollvariabelen videre i de neste modellene da den ikke har signifikant effekt på den avhengige variabelen eller bedrer modellens predikeringssevne.

Modell 6

Våravlusning innebærer strengere regulering med tanke på nivå av voksen hunnhus og kan føre til at alle foretakene i ett område må gjennomføre felles våravlusning. Dette kan føre til at foretakene i ukene med våravlusning har mer lik behandlingsatferd. Som igjen kan redusere hvor signifikante forskjeller vi finner i behandlingsatferd hos de ulike foretakene. Vi inkluderer derfor en interaksjon i modell 6 som forsøker å kontrollere for våravlusning. Modell 6 utvider modell 3.

$$\begin{aligned}
 \text{Behandling} = & \alpha + \beta_1 * L1Voksenhun + \beta_2 * L2Voksenhun + \beta_3 * L1fastlus + \beta_4 \\
 & * L2fastlus + \beta_5 * L1sjøtemp + \beta_6 * rense + \beta_7 * dgrønn + \beta_8 \\
 & * smitteoverføring + \beta_9 * i. \text{år} + \beta_{10} * i. \text{foretak} + \beta_{11} \\
 & * c. L1Voksenhun \# \# c. L1Voksenhun + \beta_{12} \\
 & * i. \text{foretak} \# \# c. L1Voksenhun + \beta_{13} * \text{våravlusning} \# \# c. L1Voksenhun \\
 & + \varepsilon
 \end{aligned}$$

Resultatene presentert for modell 6 i tabell 9.2 viser at ved å inkludere interaksjonen mellom våravlusning og L1Voksenhun øker justert pseudo R2 marginalt fra 16,6% i modell 3 til 16,7% i modell 6. Tabell 9.2 viser at interaksjonen ikke er signifikant. I likhet med tidligere interaksjoner vil vi ikke kunne konkludere ut fra dette, men må studere effekten av interaksjonen ved ulike nivåer av L1Voksenhun. Dette gjøres ved å grafisk illustrere om forskjellene er signifikante. Vi ser at våravlusning har en signifikant positiv effekt på sannsynligheten for å gjennomføre en behandling for nivåer mellom 0,1 og 0,4 L1Voksenhun, i tillegg til nivåer over 0,7 L1Voksenhun (vedlegg 12). Resultatene funnet for interaksjonen mellom foretak og L1Voksenhun samt resultatene for de andre uavhengige variablene ved modell 3 forblir uendret i modell 6. Dette støtter opp om robustheten til resultatene funnet ved modell 3. Da kontrollvariabelen for våravlusning er signifikant for

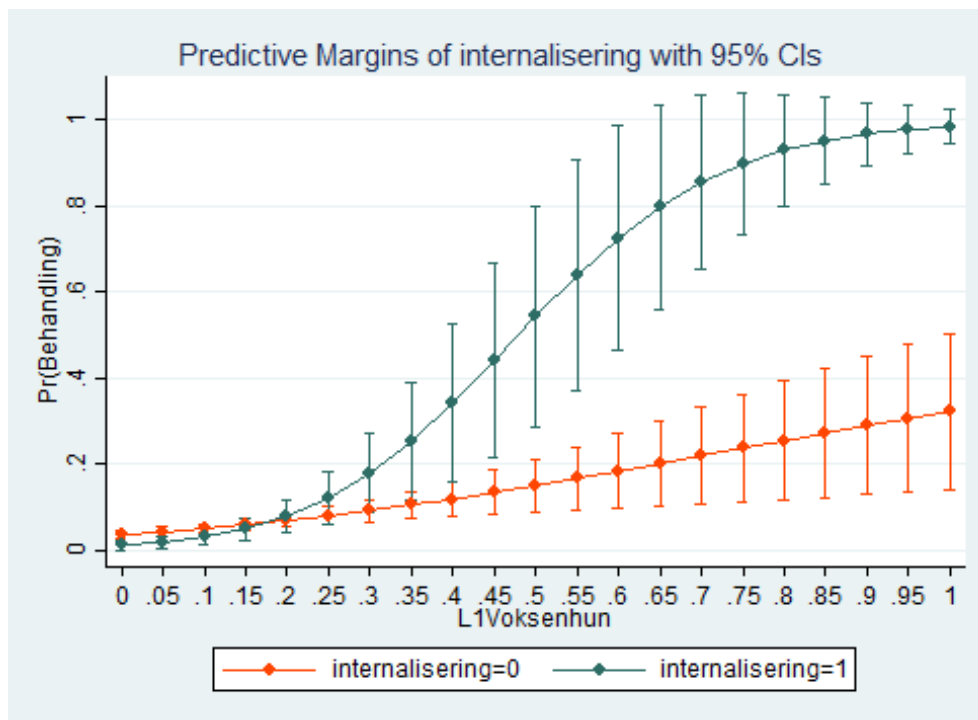
enkelte nivå av L1Voksenhun, i tillegg til at våravlusning vil kunne tenkes å redusere grad av ulikhet i behandlingsatferd mellom foretakene, vil vi kontrollere for dette videre i modell 7.

Modell 7

Vår andre hypotese om at foretak med flere av lokalitetene i samme fjord vil behandle ved lavere nivåer av voksen hunnlus sammenlignet med foretak med færre av lokalitetene, testes ved modell 7. For å kontrollere om ulik grad av internalisering gir ulik effekt på sannsynligheten for å behandle ved lave nivåer av L1Voksenhun, inkluderes en interaksjon mellom internalisering og L1Voksenhun. Modell 7 vil med interaksjonen være en utvidelse av modell 6.

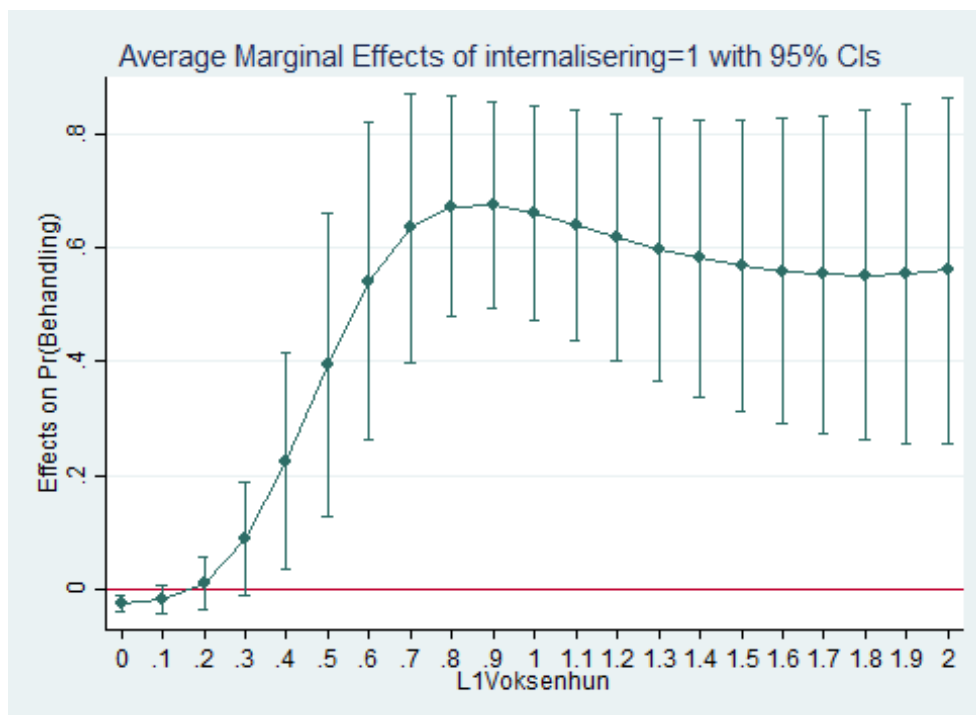
$$\begin{aligned}
 \textit{Behandling} = & \alpha + \beta_1 * L1Voksenhun + \beta_2 * L2Voksenhun + \beta_3 * L1fastlus + \beta_4 \\
 & * L2fastlus + \beta_5 * L1sjøtemp + \beta_6 * rense + \beta_7 * dgrønn + \beta_8 \\
 & * smitteoverføring + \beta_9 * i.år + \beta_{10} * i.foretak + \beta_{11} \\
 & * c.L1Voksenhun##c.L1Voksenhun + \beta_{12} \\
 & * i.foretak##c.L1Voksenhun + \beta_{13} * våravlusning##c.L1Voksenhun \\
 & + \beta_{14} * internalisering##c.L1Voksenhun + \varepsilon
 \end{aligned}$$

Modell 7 øker justert pseudo R² til 17,4% som er noe høyere enn modell 3 og 6 (16,6% og 16,7%). Dette tyder på at inkludering av kontrollvariabelen for internalisering øker modellens prediksjonsevne. Interaksjonen mellom internalisering og L1Voksenhun viser at sannsynligheten for behandling er lavere ved mye internalisering sammenlignet med mindre internalisering i intervallet 0 til 0,15 L1Voksenhun. Ved nivåer høyere enn 0,15 L1Voksenhun vil mer internalisering ha høyere sannsynlighet for å behandle sammenlignet med mindre internalisering. Dette illustreres grafisk i figur 9.7.



Figur 9.7 Sannsynlighet for behandling ved internalisering

Figur 9.7 viser at det er noe forskjell i sannsynligheten for å behandle ved de laveste nivåene av L1Voksenhun, men det er ikke gitt at disse er signifikante. Vi undersøker nærmere om forskjellene er signifikante i grafen i figur 9.8.



Figur 9.8 Signifikansnivå for interaksjonen internalisering## L1Voksenhun

Grafen i figur 9.8 viser at forskjellene identifisert mellom høy og lav grad av internalisering ikke er signifikante før nivået på L1Voksenhun passerer 0,3. Dette innebærer at sannsynligheten for å behandle ved nivåer av L1Voksenhun lik eller lavere enn 0,3 ikke er ulik mellom det foretaket som fullt ut har internalisert eksternalitetene og de som i mindre grad har internalisert eksternalitetene.

Modell 7 har delvis ulike resultater for interaksjonen mellom foretak og L1Voksehun sammenlignet med modell 3 og 6. Forskjellen mellom modellene gjelder Cermaq og Ellingsen Seafood. I modell 7 er det ingen signifikante forskjeller i sannsynligheten for å behandle mellom Cermaq og Ellingsen Seafood for noen av nivåene av L1Voksenhun (vedlegg 13). I modell 3 hadde Cermaq signifikant høyere sannsynlighet for å behandle ved nivåer av L1Voksenhun fra 1,7 til 2.

Modell 7 viser med andre ord at det er signifikant ulik sannsynlighet for å behandle mellom de to ulike gradene av internalisering av eksternaliteter vi har i utvalget. Funnet gjelder kun nivåer av L1Voksenhun over 0,3 og vil dermed ikke ansees å støtte vår andre hypotese. Det er derimot noen svakheter med måten modell 7 kontrollerer for internalisering på, og vi vil derfor diskutere resultater opp mot hypotesene nærmere i det følgende delkapittelet.

9.2 Diskusjon av regresjonsmodellenes resultater

Opgaven forsøker å svare på om det foreligger foretaksspesifikke forskjeller i behandlingsatferd og om behandlingsatferd påvirkes av grad av internalisering av eksternaliteter. Vi benytter syv ulike regresjonsmodeller for å svare på våre hypoteser som undersøker problemstillingen. I det følgende vil vi diskutere resultatene i modell 1, 3 og 7 knyttet til hypotesene.

Resultatene fra vår grunnmodell, modell 1, viser at L1Voksenhun, L1fastlus og L2fastlus, L1sjøtemp og smitteoverføring har en signifikant positiv påvirkning på oddsen for behandling. Dette er i samsvar med våre forventninger som presentert i kapittel 8. Selv om reguleringen kun kontrollerer i forhold til voksen hunnlus viser resultatene fra modell 1 at også andre variabler påvirker sannsynligheten for behandling. At fastlus har en noe mindre effekt kan være tenkelig da lovverket regulerer behandlingsatferd i forhold til antall voksen hunnlus.

Modellen kontrollerer også for bruk av rensefisk, grønne konsesjoner og år. For rensefisk forventet vi negativ sammenheng ettersom rensefisk skal redusere antall lakselus og behov for behandling. Resultatene viser en negativ sammenheng, dog ikke signifikant. En tenkelig årsak kan være at rensefisken fungerer dårlig og derfor ikke viser en signifikant effekt på oddsen for behandling. Det er flere forhold som må legges til rette for at rensefisken skal kunne fungere effektivt, eksempelvis tilgang til skjul og rene merder og tilleggsfôr for rensefisk. Dersom våre resultater derimot er feil og rensefisk i virkeligheten har en effekt på valget om å behandle, kan det være flere potensielle årsaker til dette. En mulig forklaring er at måten rensefisk måles og inkluderes i modellen vår er gjort lite hensiktsmessig. At variabelen er binær innebærer at den ikke tar høyde for hvor mye rensefisk som er satt ut, og således ikke skiller mellom mye og lite rensefisk på lokaliteten.

Kontrollvariabelen for grønne konsesjoner har heller ikke en signifikant effekt på behandlingsatferd. Som beskrevet i kapittel 8 forventet vi en negativ sammenheng mellom grønne konsesjoner og valget om å behandle, da reglementet er strengere med tanke på lusenivå og antall behandlinger. I vårt datasett ser vi at lokalitetene med grønne konsesjoner tidvis overgår tillatt nivå på voksen hunnlus, som kan være en av årsakene til at vi ikke finner en den forventede sammenheng. At vi har observasjoner som tidvis overgår tillatt nivå av voksen hunnlus kan skyldes uklarheten knyttet til hvilke krav som gjelder konsesjoner tildelt på bakgrunn av de to mulige forbedringskriteriene (rømming og lakselus).

Den uavhengige variabelen for år skal kontrollere for spesifikke karakteristika ved år som har en effekt på behandling. Årene 2015 og 2016 viser en signifikant positiv økning i oddsen for behandling. At oddsen for behandling øker disse årene kan tenkes å være et resultat av en økende resistensproblematikk hvor flere behandlinger kan være nødvendig for å oppnå samme effekt av behandling. Som vist i kapittel 3 har også hele landet hatt økende bruk av behandlinger mot lakselus i årene 2014, 2015 og 2016 sett i forhold til 2013.

Den siste uavhengige variabelen i modell 1 er foretak, som er den uavhengige variabelen av størst interesse for denne utredningen og vår første hypotese. Resultatene i modell 1 viser en signifikant forskjellig effekt av de ulike foretakene på oddsen for behandling, som kan tyde på at foretaksspesifikke karakteristika som ikke endres over tid er av betydning for behandlingsatferd. Karakteristikaene som kan tenkes å ha en effekt på behandlingsatferd er eksempelvis strategi for lakselushåndtering, kvaliteten på ansatte og rutiner samt hvordan det enkelte foretak reagerer på eksternaliteter knyttet til lakselus. I tillegg kan det tenkes at det er

systematiske forskjeller i hvor luseutsatte foretakenes lokaliteter er. Det er mulig at slike systematiske forskjeller mellom lokaliteter ikke fanges tilstrekkelig opp i vår modell. Dette fordi det med vårt begrensede utvalgt er utfordrende å kontrollere for foretaksspesifikke og lokalitetsspesifikke forskjeller i en og samme modell. Vår utredning fokuserer på systematiske forskjeller mellom foretak og vi har derfor valgt å fokusere på dette. Ved å inkludere en interaksjon mellom foretak og antall voksne hunnlus i modell 3, forsøker vi å bedre fange opp foretaksspesifikke forskjeller. Eksempelvis vil vi med interaksjonen kunne se tendenser til en eventuell strategi for å behandle ved lave nivåer for voksne hunnlus. Dette kommer vi tilbake til senere i diskusjonen av utredningens første hypotese undersøkt med modell 3.

Grunnet mistanken om at oddsen for behandling øker eksponentielt med antall voksne hunnlus rundt verdien 0,5, valgte vi å undersøke en kvadrert form av voksne hunnlus i modell 2. Resultatene fra modell 2 viser at den marginale effekten på behandling av en økning i L1Voksenhun er sterkere i modell 2 sammenlignet med modell 1 frem til to voksne hunnlus. Denne eksponentielle økningen i modell 2 avtar rundt en voksen hunnlus. Vi anser modell 2 for å bedre forklare effekten voksne hunnlus har på valget om å behandle selv om vi forventet at den marginale økende effekten skulle avtatt ved tidligere nivå på voksne hunnlus. En årsak som kan tenkes å forklarer hvorfor den marginale effekten ikke avtar mer nært 0,5 voksne hunnlus kan være at oppdretterne tidvis overskrider den lovbestemte grenseverdien. Dette kan blant annet skyldes at oppdretterne har insentiv til å ikke behandle og overgå grenseverdiene når det nærmer seg utslakt, da trussel om tvangsutslakt tar tid. Vedtak fra Mattilsynet kan komme en stund etter overskridelsestidspunktet, og således muliggjør ventetiden for vedtaket at laksen får stå frem til ønsket tidspunkt for utslakt.

I modell 3 ble interaksjonen mellom foretak og voksne hunnlus med en ukes lag inkludert. Resultatene viste at Ellingsen Seafood har signifikant mindre sannsynlighet for å behandle ved nivåer på 1,7 til 2 voksne hunnlus sett i forhold til Cermaq. Ingen av de andre foretakene hadde signifikant ulik sannsynlighet for å behandle sett i forhold til Cermaq. Ved å endre referansekategori og sammenligne foretakene med Ellingsen Seafood fant vi derimot at Cermaq, Marine Harvest og Nordlaks har signifikant forskjellig sannsynlighet for å behandle, dog for ulike nivå av voksne hunnlus. Nordlaks vil ved nivå av voksne hunnlus fra 0 til 0,8 ha signifikant mindre sannsynlighet for å behandle. Marine Harvest vil fra 0 til 0,1 voksne hunnlus ha signifikant mindre sannsynlighet for å behandle sett i forhold til Ellingsen Seafood, men også signifikant høyere sannsynlighet for å behandle ved nivåene 1,7 til 2.

Cermaq vil ved nivå 1,7 til 2 voksen hunnlus ha signifikant større sannsynlighet for å behandle sett i forhold til Ellingsen Seafood.

For lave nivå av voksen hunnlus har Ellingsen Seafood signifikant høyere sannsynlighet for å behandle sett i forhold til Nordlaks og Marine Harvest. Det er flest tilfeller med ulik sannsynlighet for behandling mellom Ellingsen Seafood og Nordlaks. At nivåene med signifikant ulik sannsynlighet går fra 0 til 0,8 voksen hunnlus er et interessant funn. Dette fordi funnet betyr at Ellingsen ved alle nivåer lavere enn den lovbestemte grenseverdien har høyere sannsynlighet for å behandle sammenlignet med Nordlaks. Ellingsen Seafood har virksomhet i Tysfjorden med Nordlaks som eneste nabovirksomhet. At vi finner signifikante forskjeller i valget om å behandle tyder på at foretaksspesifikke forskjeller har en effekt på deres behandlingsatferd. Eksempelvis vet vi at Ellingsen Seafood har to lokaliteter mer i Tysfjorden enn Nordlaks, som muligens kan forklare noe av behandlingsatferden. En annen forklaring kan relateres til rutiner, ferdigheter og kapasitet knyttet til behandling mot lakselus.

Basert på drøftingen av resultatene i modell 1 og 3 finner vi støtte for vår første hypotese. Vi kan med modell 1 og 3 sine resultater med 95% sikkerhet bekrefte at foretaksspesifikke forskjeller påvirker behandlingsatferd. Resultatene kan likevel diskuteres i forhold til hvor overbevisende de er for å kunne bekrefte funnet som generelt for næringen. Vi finner det trolig at det i næringen generelt finnes forskjeller mellom foretaks behandlingsatferd. Dette fordi det finnes betydelige eksternaliteter knyttet til lakselus som gir ulike insentiver for behandling hos den enkelte aktør. I tillegg til ulikheter når det kommer til rutiner, ferdigheter og kapasitet knyttet til behandling mot lakselus. Likevel er det en næring med relativt høy åpenhet i forhold til strategier og løsninger for problemet med lakselus, som over tid kan tenkes å jevne ut forskjeller i behandlingsatferd til en viss grad.

Vår andre hypotese undersøker nærmere en tenkelig årsak til ulik behandlingsatferd hos aktører i næringen. Vi undersøker i modell 7 om foretak med flere av lokalitetene i samme fjord vil behandle ved lavere nivåer av voksen hunnlus sammenlignet med foretak med færre av lokalitetene. Resultatene fra modell 7 viser at forskjellene mellom høy og lav grad av internalisering ikke er signifikante før nivået på voksen hunnlus passerer 0,3. Dette innebærer at sannsynligheten for å behandle ved nivåer av voksen hunnlus lik eller lavere enn 0,3 ikke er ulik mellom det foretaket som fullt ut har internalisert eksternalitetene og de som i mindre grad har internalisert eksternalitetene. Funnet finner altså ikke støtte til vår

andre hypotese da nivåene av voksen hunnlus mellom 0 og 0,3 ansees som lave. Nivåene mellom 0 og 0,3 er dog ansett som lave i forhold til den lovbestemte grenseverdien på 0,5 voksen hunnlus. Nivåer over 0,3 men under 0,5 voksen hunnlus kan likevel ansees som lave dersom en sammenligner med nivåer av voksen hunnlus som faktisk er observert i vårt utvalg. Ved sistnevnte syn på hva som er lave verdier for voksen hunnlus kan vi si at vi finner noe støtte for vår andre hypotese.

Det kan tenkes at vår andre hypotese ikke stemmer overens med virkeligheten, til tross for teoretiske argument presentert i kapittel 5 og 8.1.7. Dette kan være tilfelle dersom internalisering ved konsolidering ikke fører til stor nok økning i de økonomiske fordelene knyttet til behandling ved lave nivå av lakselus, og altså ikke eliminerer eksternalitetene i stor nok grad.

En annen forklaring til hvorfor vi ikke finner betydelig støtte for vår andre hypotese er måten modellen måler internalisering. Internalisering er målt ved at vi skiller mellom foretak som har alle lokalitetene i en fjord og foretak som har rundt halvparten av lokalitetene i en fjord. Dette innebærer at målet for internalisering av eksternaliteter skiller mellom full og delvis internalisering. Et mer egnet mål på internalisering ville ha skilt mer nyansert mellom graden av internalisering. Dette er dog ikke mulig med vårt utvalg da det er liten grad av variasjon mellom antall lokaliteter det enkelte foretak har virksomhet på i en enkelt fjord. Alle foretakene utenom Cermaq i Sagfjorden er representert ved omtrent halvparten av lokalitetene. Således vil vårt mål på internalisering skille mellom Cermaq sin virksomhet i Sagfjorden og alle de andre foretakene, inkludert Cermaq sin virksomhet i Nordfolda. At foretakene utvalget i moderat grad varierer med tanke på grad av internalisering, kan gjøre at det er vanskelig å identifisere signifikante effekter av internalisering på behandlingsatferd. De signifikante forskjellene vi finner er at full internalisering fører til signifikant høyere sannsynlighet for behandling for nivåer over 0,3 voksne hunnlus.

Basert på diskusjonen av de ulike resultatene fra modell 7 finner vi altså ingen/svak støtte for vår andre hypotese. Vi vil likevel kommentere noen årsaker som kan forstyrre resultatene, og derfor gjør at vi ikke finner sterk støtte for vår hypotese. Naturgitte forhold som vannets saltholdighet, oksygen i havet og andre naturgitte forhold som er spesifikke for den enkelte lokaliteten kan virke inn på lakselusnivået ved en gitt lokalitet, og er forhold vi ikke klarer å kontrollere for i modellen. I tillegg vil variabler vi ikke klarer å kontrollere for, men som kan tenkes å ha en effekt på den avhengige variabelen, kunne lede til spuriøs sammenheng

mellom interaksjonen og den avhengige variabelen. Et annet poeng er at modell 7 tester hypotesen ved å anta at antall lokaliteter drevet av samme foretak er et godt mål på internalisering av eksternaliteter. Antall lokaliteter vil derimot ikke utelukkende måle internalisering av eksternaliteter, men også kunne fange opp andre effekter som kan forklare valget om å behandle. Eksempelvis kan antall lokaliteter være et mål på foretaket størrelse som således fanger opp behandlingskapasitet eller evne til å implementere innovative løsninger.

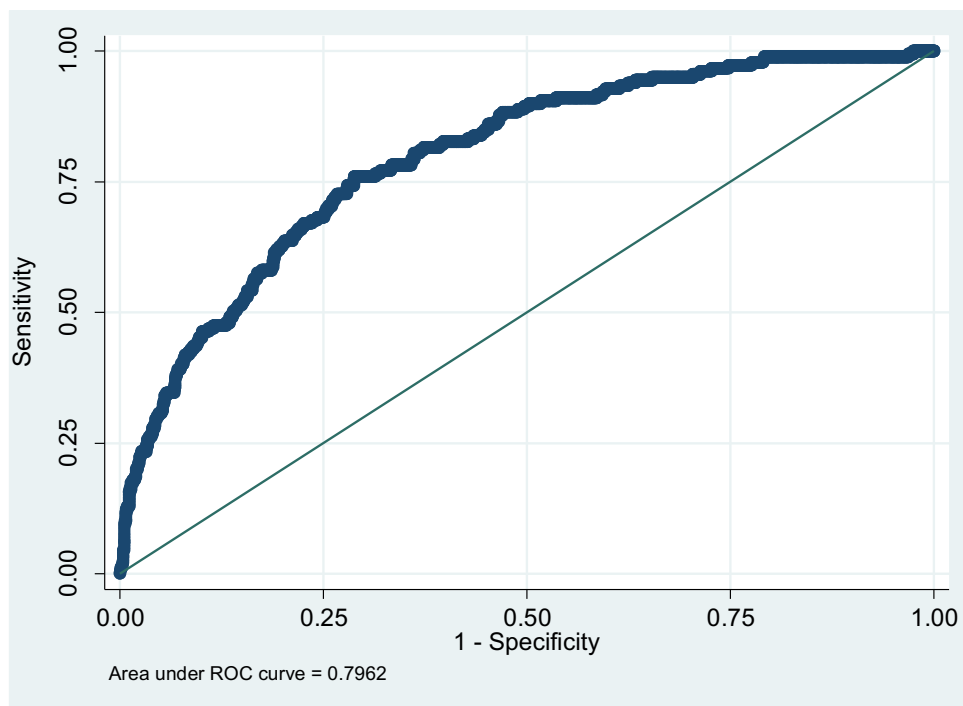
9.3 Evaluering av modellen

Vi har så langt funnet støtte for vår første hypotese, men derimot ikke nok støtte til å fastslå teorien i den andre hypotesen. I gjennomgangen av resultatene fant vi at de ulike modellene har en signifikant χ^2 -test, som innebærer at minst en av de uavhengige variablene har prediksjonsevne. Denne testen er dog ikke spesielt informativ, og det vil være ønskelig å studere nærmere hvorvidt modellene er tilpasset dataene og om den enkelte modell som helhet har prediksjonsevne. Dette gjøres i det følgende ved bruk av flere ulike tester.

Først og fremst vil riktige resultater avhenge av at den enkelte modell ikke lider av multikollinearitet. For å teste dette benyttes en test kalt *variance inflations factor* (VIF-test) for logistisk regresjon. Resultatene er presentert i vedlegg 14. Vi benytter Wooldridge (2016) sin mye benyttede terskelverdi for multikollinearitet lik 10. Modellene 1,3 og 7 har ingen individuelle variabler med VIF-verdi over 10. Med andre ord har ingen av modellene problemer med multikollinearitet.

Videre benytter vi Hosmer og Lemeshow sin test for hvorvidt modellene 1, 3 og 7 er godt tilpasset datasettet, altså hvor godt de predikerer den avhengige variabelen. Resultatene er presentert i vedlegg 15. Ved alle modellene finner vi en p-verdi som er større enn signifikansnivået på 5 %. Nullhypotesen i testen som sier at modellen ikke er godt tilpasset kan derfor forkastes til fordel for alternativhypotesen. Alle modellene er derfor hver for seg ansett å være godt tilpasset datasettet.

Tilpasnings- og prediksjonsevne kan også testes ved kurven kalt *Receiver Operating Characteristic* (ROC-kurven). Under er ROC-kurven for modell 1 illustrert grafisk.



Figur 9.9 ROC-kurven for modell 1

I vedlegg 16 er ROC- kurven for modellene 1,3 og 7 presentert. Arealet under ROC-kurven kan tolkes som hvor godt modellen predikerer behandling, og arealet gå fra 0,5 til 1 hvor 0,5 betyr ingen prediksjonsevne. Alle modellene har et areal på rundt 0,8, hvor modell 7 har høyest verdi, 0,85. Alternativt kan vi vurdere prediksjonsevnen ved å studere hvor nært grafen krummer y-aksen og mot høyre hjørne. Areal på rundt 0,8 støtter opp om at modellene predikerer den avhengige variabelen godt.

Til tross for at de tre testene over hevder at de ulike modellene er godt tilpasset datasettet og har god prediksjonsevne, vil det likevel være tenkelig at modellene ikke nødvendigvis er perfekt spesifisert. Eksempelvis viste ikke noen av de to kontrollvariablene som forsøker å kontrollere for størrelse på fisk en signifikant effekt, selv om vi anser dem som relevante. Det kan tenkes at våre mål på fiskestørrelse, måneder i sjø og den binære variabelen for høst-/vårutsett ikke var egnede mål, og at variablene derfor ikke hadde signifikant effekt. Med andre ord kan det tenkes at modellene mangler relevante variabler og ikke er godt spesifisert.

Vi gjennomfører derfor en test som undersøker dette kalt linktest. Linktesten har to variabler, `_hat` og `_hatsq`. En signifikant `_hat` innebærer at modellen har meningsfulle uavhengige variabler og god prediksjonsevne. En signifikant `_hatsq` kan indikere at modellen er dårlig spesifisert.

Resultatene til linktesten for modell 1, 3 og 7 vises i vedlegg 17, og har alle samme resultat. Linktestene viser i likhet med de foregående testene at inkluderte variabler har en god predikasjonsevne ved at `_hat` er signifikant. Derimot er `_hatsq` også signifikant, som innebærer at linktesten er signifikant. Linktesten hevder med andre ord at modellene er feilspesifisert. Ettersom vi mistenker at modellene utelater relevante forklaringsvariabler anser vi testresultatet som reelt. I det følgende vil vi derfor diskutere kort potensielt utelatte variabler som tenkelig kunne forbedret spesifiseringen.

9.4 Potensielt utelatte variabler

Antall fisk på lokalitetsnivå (MTB)

En annen faktor som kan tenkes å være av betydning når det kommer til behandling mot lakselus er antall fisk på lokalitetsnivå. Flere fisk vil bety flere verter for lakselusene, og vil følgelig kunne medføre en større potensiell trussel for intern smitte av lakselus. En variabel som måler antall fisk, enten som kontinuerlig- eller faktorvariabel vil kunne tenkes å påvirke valget om behandling.

Andre forebyggende tiltak (enn rensefisk)

Som beskrevet i kapittel 4.6 er andre forebyggende tiltak mot lakselus tatt i bruk i økende grad de siste årene. Et eksempel er luseskjørt rundt merden som kan tas i bruk for å forsøke å hindre tilgangen for lakselus. Variabler for andre forebyggende tiltak vil kunne tenkes å ha en forklarende effekt både på lusenivåer og på behandling. I og med at det bare er rensefisk som rapporteres til Mattilsynet og offentliggjøres, er dette den eneste formen for forebyggende vi kan kontrollere for i modellen. Innovasjoner som bedrer luseproblematikken som det nevnte luseskjørtet vil likevel delvis kunne bli fanget opp i kontrollvariabelen for år.

9.5 Analysens validitet

Hvordan resultatene fra en analyse kan brukes og tolkes vil avhenge av dataens validitet. Altså hvorvidt resultater kan regnes som gyldige for utvalget og om de kan generaliseres utover selve utvalget. For vår utredning vil det gjelde hvorvidt de uavhengige variablene

forklarer den avhengige, og om årsaks-virkningssammenhengen som påvises er gyldig for utvalget og næringen generelt.

Den interne validiteten, altså hvorvidt årsaks-virkningssammenhengen som påvises er gyldig for utvalget, ansees som relativt god. Ved å teste modellens predikeringsevne i delkapittel 9.3 fant vi at modellen godt forutsier utfallet. Problemer som kan oppstå i forbindelse med intern validitet er relatert til endogenitet. Den interne validiteten ansees bare som relativt god fordi vi også avdekket mulige feilspesifiseringer og utelatte variabler vi ikke klarer å kontrollere for.

Ekstern validitet omhandler hvorvidt resultater fra analysen er gyldige og kan generaliseres utover forskningsobjektene. For utredningen vil dette omhandle variablene benyttet i analysen, eksempelvis om foretaksspesifikke effekter, antall lakselus og sjøtemperatur er representativt for hele populasjonen, altså næringen. Ideelt sett ville utredningen tatt for seg alle lokaliteter i Norge. Derimot gjør utfordringene knyttet til innsamlingen og bearbeiding av dataene dette utfordrende og for tidkrevende for denne utredningen.

Utredningens begrensede utvalg gjør at den eksterne validiteten er noe innskrenket. Vi vet for eksempel at temperaturen i havet ved lokalitetene i utvalget ikke tilsvarer de temperaturene som finnes i havet ved alle lokalitetene i Norge og at tettheten av lokaliteter og således smitteoverføring/smittepress har store variasjoner langs Norges kyst. Vi ønsker likevel argumentere for at funnene i vår analyses grunnmodell i en viss grad kan generaliseres. Fra kapittel 3 hvor vi presenterte utviklingen i eierskapsstruktur og antall lakselus så vi at utviklingen i Nordland fulgte den generelle utviklingen i hele landet. Foretakene i utvalget kan også ansees å i en viss grad dekke spekteret av ulike foretaksstørrelser i Norge.

Når det gjelder resultatene fra modell 7 stiller vi oss mer kritiske til grad av representativitet. Modell 7 indikerer at foretak til en viss grad ved gitte nivå av voksne hunnlus vil ta ulike valg om å behandle ved ulik grad av internalisering av eksternaliteter. Grad av internalisering i dette utvalget varierer moderat. Selv om utviklingen i eierskapsstrukturen i Nordland følger utviklingen i hele landet, anser vi likevel vårt utvalg for å ha noe mindre variasjon i grad av internalisering sett i forhold til andre steder i landet. Eksempelvis kan det se ut som at grad av internalisering er mer varierende mellom aktørene i Hardangerfjorden. Det kan derfor diskuteres hvorvidt våre resultater som benyttes for å vurdere hypotese to er

representative. Vi anser det nødvendig å utvide utvalget for å sikkert kunne generalisere faktisk effekt graden av internalisering har på behandlingsatferden til aktørene i oppdrettsnæringen i Norge.

Det kan poengteres at selv om resultatene fra modell 7 gir begrenset støtte for vår andre hypotese, betyr det nødvendigvis ikke at hypotesen er feil. Vi har tidligere i kapittel 5 presentert økonomisk teori for denne hypotesen, som sier at internalisering kan føre til betydelig økning i de økonomiske fordelene en får av å gjennomføre behandlinger ved lave nivå av lakselus.

Som diskutert anser vi flere av funnene i denne utredningen som veldig interessante, til tross for vår begrensede grad av ekstern validitet. Spesielt det at foretak har ulik sannsynlighet for behandling ved gitte nivåer av voksen hunnlus vil vi trekke frem som interessant for videre forskning. Ved å klare å kvantifisere og kontrollere for flere av de foretaksspesifikke kriteriene vil det være relevant å studere akkurat hva som er årsaken til denne ulikheten. Videre vil det også være interessant å studere utfallet av å behandle ved ulike nivåer med tanke på lønnsomheten til aktørene. I tillegg vil det være spennende å studere behandlingsatferd og grad av internalisering ved bruk av et større utvalg aktører og fjorder.

10. Konklusjon

Hensikten med denne utredningen har vært å analysere foretaks valg om å behandle mot lakselus. Analysen baserer seg på informasjon hentet fra BarentsWatch for et utvalg på 26 lokaliteter driftet av fire foretak.

Vi har ved å studere disse fire foretakene undersøkt hva som påvirker sannsynligheten for behandling mot lakselus, og om foretakene har ulik behandlingsatferd. Tidligere forskning av biologiske forhold rundt lakselus og forskning på økonomiske effekter av eksternaliteter la grunnlaget for utforming av hypoteser og valg av uavhengige variabler.

Gjennom syv logistiske regresjonsmodeller har vi undersøkt ulike uavhengige variablers påvirkning på sannsynligheten for behandling. Resultatene støttet opp om vår første hypotese; at det foreligger foretaksspesifikke forskjeller i behandlingsatferd. Vi fant også at andre variabler enn voksen hunn lus som reguleringen baseres på, har signifikant effekt på valget om å gjennomføre en behandling. Dette var antall fastsittende lakselus, sjøtemperatur og smitteoverføring. Videre fant vi signifikant forskjell i hvordan foretak opptrer ved gitte lusnivåer. Resultatet kan tyde på at det finnes ulike strategier for behandling mot lakselus, en tenkelig årsak vi undersøkte er grad av internalisering av eksternaliteter. Våre resultater viste at det er forskjeller mellom foretak som har høy grad av internalisering og foretak med lavere grad av internalisering. Vi fant derimot lite belegg for vår andre hypotese om at foretak med høy grad av internalisering av eksternaliteter behandler ved lavere lakselusnivå sett i forhold til foretak med lavere grad av internalisering.

Vi mener gjennom denne utredningen å ha avdekket interessante sammenhenger og ny innsikt om behandlingsatferd i oppdrettsnæringen. Våre identifiserte sammenhenger kan gi grunnlag for videre studier og hypoteser på området.

11. Litteraturliste

- Aadland, C. 2014. Nå skal det testes om denne virkelig dreper lus. *Sysla*, 2014-10-07.
- Ai, C. & Norton, C. E. 2003. Interaction terms in logit and probit models. *Economic Letters*, 80(1), s 123-129.
- Akvakulturloven. 2005. Lov av 17. juni 2005 nr. 79 om akvakultur.
- Albretsen, J., Sperrevik, A. K., Staalstrøm, A., Sandvik, A. D., Vikebø, F. & Asplin, L. 2011. NorKyst-800 Report No. 1, User Manual and technical descriptions,
- Aqua Gen AS. 2005. *Avlsarbeid og stamfiksseleksjon laks* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://aquagen.no/wp-content/uploads/2013/08/01-2005Avlsarbeidogstamfiksseleksjonlaks2005.pdf> [Lastet ned 12.04 2017].
- Asplin, L., Johnsen, I. A., Sandvik, A. D., Albretsen, J., Sundfjord, V., Aure, J. & Boxaspen, K. K. 2014. Dispersion of salmon lice in Hardangerfjord. *Marine Biology Research*, 10(3), s 216-225.
- BarentsWatch. u.å. *Fiskehelse* [Online]. Tilgjengelig fra: <https://www.barentswatch.no/fiskehelse/> [Lastet ned 25.04 2017].
- Berge, A. 2016a. HydroLicer fjerner lus med sjøvann. *iLaks*, 2016-03-06.
- Berge, A. 2016b. Lerøy har tømt merder for fisk på grunn av lakselus. *iLaks*, 11.04.2016.
- Bjelland, R. M., Skiftesvik, A. B. & Mortensen, S. 2016. Bruk av rensefisk - muligheter og begrensninger,
- Boxaspen, K. K. 2009. Lakselus - biologi og spredning. *Norsk fiskeoppdrett* [Online], 34. Tilgjengelig fra: http://lusedata.no/wp-content/uploads/2012/06/Lakselus_NF_nr_6A_2009.pdf [Lastet ned 16.04.17].
- Cermaq. u.å. *Våre lokaliteter* [Online]. Tilgjengelig fra: <https://www.cermaq.com/wps/wcm/connect/cermaq-no/cermaq-norway/vaar-produksjon/Vaare-lokaliteter/> [Lastet ned 03.06 2017].
- Costello, M. J. 2009. The global economic cost of sea lice to the salmonid farming industry. *Journal of fish diseases*, 32(1), s.
- Dahlum, S. 2015. *Hypotesetesting, i: Store norske leksikon [Internett]* [Online]. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/hypotesetesting> [Lastet ned 18.05 2017].
- Dalvin, S. & Johnsen, I. 2015. Vanntemperatur avgjør lakselusen sin utvikling. *Havforskningsrapporten*.

-
- Ellingsen Seafood. u.å. *Om oss* [Online]. Tilgjengelig fra:
<http://ellingsenseafood.no/index.php/om-oss> [Lastet ned 03.06 2017].
- Fiskeridirektoratet. Lønnsomhetsundersøkelse for laks og regnbueørret:
Matfiskproduksjon - Kostnad pr. kg (2008-2015). I: Fiskeridirektoratet (red.).
- Fiskeridirektoratet. Statistikkbank - A.01.004 Matfisk. Antall selskap i drift etter type
(fylke) (1999-2016). I: Fiskeridirektoratet (red.).
- Fiskeridirektoratet. Statistikkbank - A.03.001 Akvakulturtillatelser laks, regnbueørret
og annen ørret, etter type (Fylke) (1994-2016). I: Fiskeridirektoratet (red.).
- Fiskeridirektoratet. 2015. Lønnsomhetsundersøkelse for produksjon av laks
og regnbueørret,
- Fiskeridirektoratet. 2017a. *Akvakulturregisteret* [Online]. Tilgjengelig fra:
<http://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Registre-og-skjema/Akvakulturregisteret>
[Lastet ned 03.06 2017].
- Fiskeridirektoratet. 2017b. *Tildelingsprosessen* [Online]. Tilgjengelig fra:
<http://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tildeling-og-tillatelser/Tildelingsprosessen>
[Lastet ned 12.04 2017].
- Fiskeridirektoratet. 2017c. *Utviklingstillatelser* [Online]. Tilgjengelig fra:
<http://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tildeling-og-tillatelser/Saertillatelser/Utviklingstillatelser> [Lastet ned 17.04 2017].
- Folkehelseinstituttet. 2017. *Legemidler i fiskeoppdrett 2016* [Online]. Tilgjengelig fra:
<http://www.fhi.no/hn/legemiddelbruk/fisk/2016-salg-av-lakselusmidler-er-synkende/>
[Lastet ned 04.04.17].
- Forskrift om lakselusbekjempelse. 2012. Forskrift av 12. mai 2012 nr 1140 om
bekjempelse av lakselus i akvakulturanlegg. @lovdata.
- Forskrift om tildeling av matfiskkonsesjoner. 2003. Forskrift av 17. oktober 2003 nr.
1245 om tildeling av konsesjoner for matfiskoppdrett av laks og ørret i sjøvann.
- Furuset, A. 2017a. Kan bli nye tillatelser i 2017. 2017-01-18.
- Furuset, A. 2017b. Også Cermaq får lusegrense på 0,50 på grønne konsesjoner - inntil
videre. *Intrafish*, 27.04.2017.
- Geelmuyden, H. 2017. Hvordan kan laksenæringen få et bedre forhold til resten av
samfunnet?
- Grindheim, J. 2016. Regjeringen er tydeleg og klar på laksevekst. *Fiskeribladet*,
19.01.2016.

-
- Gripsrud, G., Olsson, U. H. & Silkoset, R. 2010. *Metode og dataanalyse*, Kristiansand: Høyskoleforlaget.
- Grøntvedt, R. N., Jansen, P. A., Horsberg, T. E., Helgesen, K. & Tarpai, A. 2014. The Surveillance programme for resistance to chemotherapeutants on salmon lice (*Lepeophtheirus salmons*) in Norway 2013. Veterinærinstituttet.
- Gullestad, P., Bjørge, S., Eithun, I., Ervik, A., Gudding, R., Hansen, H., Johansen, R., Osland, A. B., Rødseth, M., Røsvik, I. O. & Sandersen, H. T. 2011. Effektiv og bærekraftig arealbruk i havbruksnæringen, (Oslo).
- Havforskningsinstituttet. 2009a. *Generell biologi* [Online]. Havforskningsinstituttet. Tilgjengelig fra: <http://www.imr.no/temasider/parasitter/lus/lakselus/90682/nb-no> [Lastet ned 03.04 2017].
- Havforskningsinstituttet. 2009b. *Hvordan spres lakselusa?* [Online]. Havforskningsinstituttet. Tilgjengelig fra: <http://www.imr.no/temasider/parasitter/lus/lakselus/90683/nb-no> [Lastet ned 03.04.17 2017].
- Havforskningsinstituttet. 2009c. *Lakselus* [Online]. Havforskningsinstituttet. Tilgjengelig fra: <http://www.imr.no/temasider/parasitter/lus/lakselus/nb-no> [Lastet ned 04.04.17 2017].
- Havforskningsinstituttet. 2010a. *Miljøeffekter av lakselusmidler* [Online]. Tilgjengelig fra: http://www.imr.no/temasider/parasitter/lus/lakselus/miljoeffekter_av_lakselusmidler/nb-no [Lastet ned 07.03 2017].
- Havforskningsinstituttet. 2010b. *Resistens hos lakselus* [Online]. Tilgjengelig fra: http://www.imr.no/temasider/parasitter/lus/lakselus/resistens_hos_lakselus/nb-no [Lastet ned 03.04.17 2017].
- Havforskningsinstituttet. 2016. *Lakselus* [Online]. Havforskningsinstituttet. Tilgjengelig fra: <http://www.imr.no/temasider/parasitter/lus/lakselus/nb-no> [Lastet ned 04.04.17 2017].
- Hill, C., Griffiths, W. & Judge, G. 1997. *Undergraduate Econometrics*, New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Hjeltnes, B., Bornø, G., Dverdal, M. J., Haukaas, A. & Walde, C. S. 2017. Fiskehelse rapporten 2016, Veterinærinstituttet
- Hosteland, L. T. S. 2016. *Enorm mekanisk avlusings-kapasitet langs Norskekysten* [Online]. kyst.no. Tilgjengelig fra: <http://kyst.no/nyheter/enorm-mekanisk-avlusings-kapasitet-langs-norskekysten/> [Lastet ned 04.04 2017].
- Hosteland, L. T. S. 2017. *Trafikklyssystemet er vedtatt* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://kyst.no/nyheter/trafikklyssystemet-er-vedtatt/> [Lastet ned 03.05 2017].

-
- Iversen, A., Øystein, H., Andreassen, O., Brandvik, R. K., Marthinussen, A. & Nystøyl, R. 2015. *Kostnadsdrivere i lakseoppdrett*, Nofima
- Johannessen, A., Christoffersen, L. & Tufte, P. A. 2004. *Forskningsmetode for økonomisk-administrative fag*, 3, Oslo: Abstrakt forlag.
- Johnsen, I. A., Fiksen, Ø., Sandvik, A. D. & Asplin, L. 2014. Vertical salmon lice behaviour as a response to environmental conditions and its influence on regional dispersion in a fjord system. *Aquaculture Environment Interactions*, 5(
- Kjellesvik, B. K. & Løe, A. E. 2016. *Lusekostnader for den norske lakseoppdrettsnæringen i 2015*. Masteroppgave, Norges Handelshøyskole.
- Laksefakta. u.å. *Norsk havbrukshistorie* [Online]. Tilgjengelig fra: <https://laksefakta.no/> [Lastet ned 12.04 2017].
- laksefakta.no. 2016. *Hva er lakselus?* [Online]. Tilgjengelig fra: <https://laksefakta.no/laks-og-miljo/lus/> [Lastet ned 03.04 2017].
- lusedata.no. 2013. *Bransjeveileder Lakselus* [Online]. Lusedata.no. Tilgjengelig fra: <http://lusedata.no/wp-content/uploads/2012/06/20130705-Veileder-telling-av-lakselus.pdf> [Lastet ned 20.04 2017].
- Lusedata.no. 2017. Statistikk - antall lakselus av typen voksen hunn. Lusedata.no.
- Marine Harvest. 2016. *Industry handbook* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://marineharvest.com/investor/industry-handbook/> [Lastet ned 02.02 2017].
- Marine Harvest. u.å. *Våre norske regioner* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://marineharvest.no/about/vare-regioner/> [Lastet ned 04.07 2017].
- Marine Institute - Foras na Mara. u.å. *Life cycle of the Salmon Louse | Marine Institute* [Online]. Tilgjengelig fra: <https://www.marine.ie/Home/site-area/areas-activity/aquaculture/sea-lice/life-cycle-salmon-louse> 2017].
- Marøy, C. 2011. *Konsolidering av norsk oppdrettsnæring : en analyse av fremtidsutsiktene for små lakseoppdrettsselskaper i Norge*. Master thesis, Norges Handelshøyskole.
- Matloven. 2003. Lov av 19. desember 2003 nr.124 om matproduksjon og mattrygghet mv.
- Meld. St. 16. 2014-2015. Forutsigbar og miljømessig bærekraftig vekst i norsk lakse- og ørretoppdrett.
- Miljødirektoratet. 2010. *Lakselus* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://www.miljodirektoratet.no/no/Tema/Arter-og-naturtyper/Villaksportalen/Pavirkninger/Lakselus/> [Lastet ned 07.03.17 2017].

- MSD Animal Health. u.å. *Ofte stilte spørsmål om SLICE* [Online]. Tilgjengelig fra: http://www.msd-animal-health.no/binaries/SLICE-FAQs_tcm84-151897.pdf [Lastet ned 17.05. 2017].
- Mustafa, A., Rankaduwa, W. & Campbell, P. 2001. Estimating the cost of sea lice to salmon aquaculture in eastern Canada. *Canadian Veterinary Journal*, 42(1), s 54-56.
- Nesfossen Smolt AS. 2017. *Laksens livssyklus - fra rogn til matfisk* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://www.nesfossen.no/?PageID=143&ItemID=87> [Lastet ned 13.04 2017].
- Nodland, E. 2016. Lakselus spiste av overskuddet. *iLaks*, 29.07.2016.
- Nærings- og fiskeridepartementet. 2014. *Ansvarsområder og oppgaver i Nærings- og fiskeridepartementet* [Online]. regjeringen.no. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/dep/nfd/ansvar/id714/> [Lastet ned 12.04 2017].
- Nøstbakken, L. The Bigger, the Better? Spatial Externalities, Economies of Scale, and Consolidation in the Norwegian Fish Farming Industry. 2017-05-10 2017.
- Pfeiffer, L. & Lin, C.-Y. C. 2012. Groundwater pumping and spatial externalities in agriculture. *Journal of Environmental Economics and Management*, 64(16-30).
- Poléo, A. B. S. 2007. *Rømming av oppdrettsfisk* [Online]. Tilgjengelig fra: http://www.okokrim.no/miljokrim/nor/tidligere-utgaver/1_april_2007/leder/romming-av-oppdrettsfisk [Lastet ned 04.04 2017].
- Sandvik, D. A., Johnsen, A. I., Asplin, C. L. & Bjørn, A. P. Modell for spredning av lakselus. SLRC, Lakselus Seminar, 2013 Bergen.
- SjømatNorge. 2017. *Fakta om lakselus* [Online]. Tilgjengelig fra: http://sjomatnorge.no/wp-content/uploads/2017/02/Faktaark_lakselus_feb2017 [Lastet ned 11.03 2017].
- Skilbrei, O. T., Bjørn, P. A. & Vollset, K. W. 2015. Hva gjør lakselus med laksefisk?,
- Statistisk sentralbyrå. Statistikkbank - Fiskeoppdrett. Sal av slakta matfisk. Mengd og førstehandsverdi, etter fylke (SÅ 372). I: sentralbyrå, S. (red.).
- Steinset, T. A. 2017. Frå attåtnæring til milliardindustri. *Samfunnsspeilet*, 1(
- Sterud, E. 2014. Ingen bærekraft i oppdrettslaks. *Dagbladet*, 13.11.2014.
- Tveterås, R. 2002. Industrial agglomeration and production costs in Norwegian salmon aquaculture. *Marine Resource Economics*, 17(1-22).

Veterinærinstituttet. 2010. *Fiskehelse rapporten 2009* [Online]. Tilgjengelig fra:
<http://www.vetinst.no/rapporter-og-publikasjoner/rapporter/2010/fiskehelse rapporten-2009> [Lastet ned 04.03 2017].

Veterinærinstituttet. 2017
Fiskehelse rapporten 2016. I: Hjeltnes B, B., G, Jansen, M D, Haukaas A, Walde, C (red.).

Wooldridge, J. M. 2016. *Introductory Econometrics - a modern approach*, 6, Boston:
Engage Learning.

Ådlandsvik, B. 2015. Forslag til produksjonsområder i norsk lakse- og ørretoppdrett,
Havforskningsinstituttet

12. Vedlegg

Vedlegg 1 – Oversikt over eierskap i utvalget

CERMAQ	Lokalitetsnavn	Type tillatelse	Kapasitet	Lok.nr	Fikk eierskap av konsesjon	Eierskap etablert ved			
Sagfjorden	HORSVÅGEN	Matfisk	2340	10518	2007, 2009	2007: konsesjoner vifusjon med Balder Sjøfarm AS, 2009: konsesjoner vifusjon med Arctic Seafood AS			
	ANEVIK	Matfisk + matfisk grønn	5400	30156	2007, 2014	2007: konsesjoner vifusjon med Balder Sjøfarm AS, 2014: konverterte egne til grønne			
	OKSØY	Matfisk + matfisk grønn	5400	11320	2007, 2014	2007: konsesjoner vifusjon med Balder Sjøfarm AS, 2014: konverterte egne til grønne			
	HAMMER	Matfisk + matfisk grønn	3600	13592	2007	2007: konsesjoner vifusjon med Balder Sjøfarm AS			
	BERGSØY	Matfisk	3120	30397	2007, 2009	2007: konsesjoner vifusjon med Balder Sjøfarm AS, 2009: konsesjoner vifusjon med Arctic Seafood AS			
	SVARTFJELL	Matfisk + matfisk grønn	5460	11312	2007, 2014	2007: konsesjoner vifusjon med Balder Sjøfarm AS, 2014: konverterte egne til grønne			
	VEGGFJELL	Matfisk + matfisk grønn	5400	11303	2007, 2014	2007: konsesjoner vifusjon med Balder Sjøfarm AS, 2014: konverterte egne til grønne			
	Nordfolda	ANDERBAKK	Matfisk + matfisk grønn	3900	33457	2007, 2014	2007: konsesjoner vifusjon med Balder Sjøfarm AS, 2014: konverterte egne til grønne		
		MARTNESVIKA	Matfisk + matfisk grønn	3120	13139	2007, 2014	2007: konsesjoner vifusjon med Balder Sjøfarm AS, 2014: konverterte egne til grønne		
		FLEHAMMER	Matfisk + matfisk grønn	3120	30176	2007	2007: konsesjoner vifusjon med Balder Sjøfarm AS		
VINKFJORDEN		Matfisk + matfisk grønn	3600	11315	2007, 2014	2007: konsesjoner vifusjon med Balder Sjøfarm AS, 2014: konverterte egne til grønne			
HJARTØY Ø		Matfisk + matfisk grønn	5460	13931	2007, 2014	2007: konsesjoner vifusjon med Balder Sjøfarm AS, 2014: konverterte egne til grønne			
MARINE HARVEST		Nordfolda	JEKTVIKA I	Matfisk	1560	11269	2007	2007: konsesjoner vifusjon med Stolt Sea Farm AS, 2007: konsesjoner vifusjon med Fjord Seafood Norway AS	
			KALVIK	Matfisk	4680	29576	2007	2007: konsesjoner vifusjon med Fjord Seafood Norway AS	
			NEDRE KVARV	Matfisk	5400	10513	2007	2007: konsesjoner vifusjon med Fjord Seafood Norway AS	
			KINES	Matfisk	3900	13297	2007	2007: konsesjoner vifusjon med Fjord Seafood Norway AS	
			MATVIKA	Matfisk	5460	36117	2007	2007: konsesjoner vifusjon med Fjord Seafood Norway AS	
	ELLINGSEN SEAFOOD		Tysfjorden	TJAJNELUOKTA	Matfisk	3120	20075	1984, 2005, 2013	1984, 2005: Ellingsen sine fra utstedelse, 2013: konsesjoner vifusjon med Musken Laks AS
				SIGNALUOKTA	Matfisk	1560	25735	1984, 2005, 2013	1984, 2005: Ellingsen sine fra utstedelse, 2013: konsesjoner vifusjon med Musken Laks AS
				JOSOMMARSET	Matfisk	3120	25736	1984, 2005, 2013	1984, 2005: Ellingsen sine fra utstedelse, 2013: konsesjoner vifusjon med Musken Laks AS
				RAHKASLUOKTA	Matfisk	3120	30637	1984, 2005, 2013	1984, 2005: Ellingsen sine fra utstedelse, 2013: konsesjoner vifusjon med Musken Laks AS
				SALALUOKTA	Matfisk	3120	30957	1984, 2005, 2013	1984, 2005: Ellingsen sine fra utstedelse, 2013: konsesjoner vifusjon med Musken Laks AS
BJØRKVIK		Matfisk		3600	31317	1984, 2005, 2013	1984, 2005: Ellingsen sine fra utstedelse, 2013: konsesjoner vifusjon med Musken Laks AS		
NORDLAKS		Tysfjorden		HULLØYHAMN	Matfisk	3120	21516	1986	1986: Nordlaks sine fra utstedelse
				RISVIK	Matfisk + Stamfisk	3120	21176	2014	2014: konsesjoner vifusjon med Pudsløtt Laks AS
				FORSASTORVIK/	Matfisk + Stamfisk	3120	19278	1974, 1984, 1989, 1992, 2014	1974, 1984, 1989, 1992: Nordlaks fra utstedelse, 2014: konsesjoner vifusjon med Pudsløtt Laks AS
				STORMNESET	Matfisk + Stamfisk	3120	11290	2013	2013: Nordlaks sin fra utstedelse

Vedlegg 2 – Gjennomsnittlig voksen hunnlus før og etter manglende verdier er fylt ut

Før manglende verdier er fylt ut

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
Voksenhun	2,785	.1264847	.3489063	0	8.63

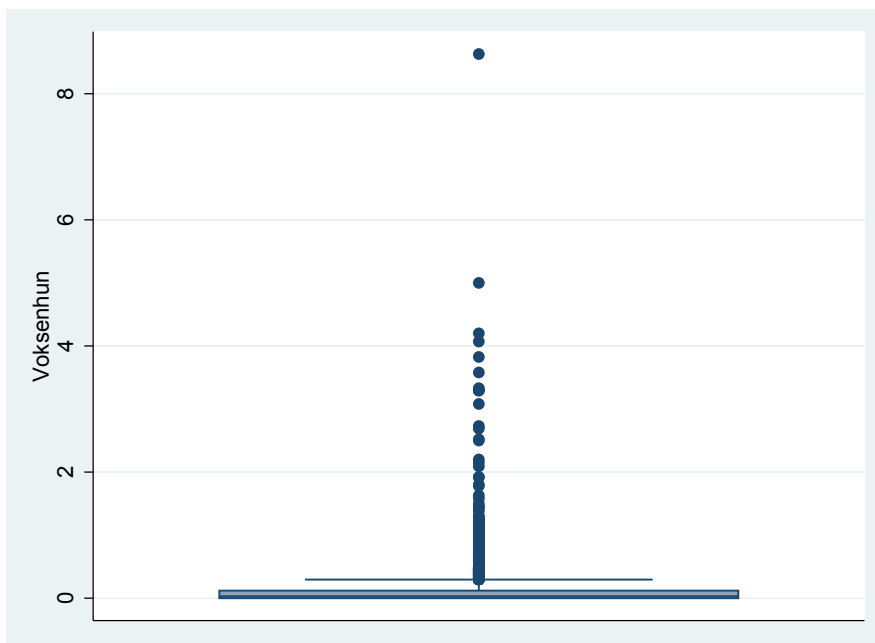
Etter manglende verdier er fylt ut

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
Voksenhun	2,976	.1290692	.3346155	0	5

Vedlegg 3 – Persentiler for vurdering av ekstremverdier for voksen hunnlus

Voksenhun				
	Percentiles	Smallest		
1%	0	0		
5%	0	0		
10%	0	0	Obs	2,972
25%	0	0	Sum of Wgt.	2,972
50%	.03		Mean	.1259791
		Largest	Std. Dev.	.3483269
75%	.12	4.07		
90%	.31	4.2	Variance	.1213317
95%	.47	5	Skewness	10.17772
99%	1.3	8.63	Kurtosis	170.0096

Boksplott Voksen hunnlus



Vedlegg 4 - Korrelasjonsmatrise voksen hunn lus og fastsittende lus

	L1Voks~n	L2Voks~n	L3Voks~n	L4Voks~n	L5Voks~n	L1fast~s	L2fast~s
L1Voksenhun	1.0000						
L2Voksenhun	0.6393	1.0000					
L3Voksenhun	0.4811	0.5979	1.0000				
L4Voksenhun	0.3147	0.4472	0.5707	1.0000			
L5Voksenhun	0.2801	0.3045	0.4453	0.5741	1.0000		
L1fastlus	0.2829	0.2106	0.2449	0.3051	0.2279	1.0000	
L2fastlus	0.2673	0.2939	0.2160	0.2449	0.2985	0.4926	1.0000
L3fastlus	0.2464	0.2730	0.2938	0.2055	0.2373	0.2870	0.4927
L4fastlus	0.1874	0.1849	0.2173	0.2496	0.1891	0.2478	0.2815
L5fastlus	0.1884	0.1787	0.1649	0.1969	0.2386	0.1792	0.2308

	L3fast~s	L4fast~s	L5fast~s
L3fastlus	1.0000		
L4fastlus	0.4949	1.0000	
L5fastlus	0.2436	0.4775	1.0000

Vedlegg 5 – Bivariat regresjon for å velge lag for voksen hunnlus og fastsittende lakselus

Voksen hunnlus:

```
Logistic regression                Number of obs    =    2,926
                                   LR chi2(1)          =    76.19
                                   Prob > chi2         =    0.0000
Log likelihood = -640.88945        Pseudo R2       =    0.0561
```

Behandling	Odds Ratio	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
L1Voksenhun	3.864455	.6584115	7.93	0.000	2.767348	5.396508
_cons	.0510203	.0044671	-33.98	0.000	.042975	.0605717

```
Logistic regression                Number of obs    =    2,876
                                   LR chi2(1)          =    29.34
                                   Prob > chi2         =    0.0000
Log likelihood = -661.09543        Pseudo R2       =    0.0217
```

Behandling	Odds Ratio	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
L2Voksenhun	2.423793	.3827564	5.61	0.000	1.778594	3.303042
_cons	.0580557	.004863	-33.98	0.000	.0492656	.0684141

```
Logistic regression                Number of obs    =    2,826
                                   LR chi2(1)          =    13.18
                                   Prob > chi2         =    0.0003
Log likelihood = -665.89343        Pseudo R2       =    0.0098
```

Behandling	Odds Ratio	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
L3Voksenhun	1.951775	.3300924	3.95	0.000	1.401106	2.718871
_cons	.0620518	.0051304	-33.62	0.000	.0527688	.0729678

```
Logistic regression                Number of obs    =    2,776
                                   LR chi2(1)          =    13.69
                                   Prob > chi2         =    0.0002
Log likelihood = -662.30287        Pseudo R2       =    0.0102
```

Behandling	Odds Ratio	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
L4Voksenhun	2.018408	.3568802	3.97	0.000	1.427268	2.854382
_cons	.0631071	.0052291	-33.34	0.000	.0536472	.0742352

```
Logistic regression                Number of obs    =    2,726
                                   LR chi2(1)          =    4.76
                                   Prob > chi2         =    0.0291
Log likelihood = -660.7138        Pseudo R2       =    0.0036
```

Behandling	Odds Ratio	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
L5Voksenhun	1.580345	.2977656	2.43	0.015	1.092371	2.286303
_cons	.0666297	.0054786	-32.94	0.000	.0567125	.0782811

Fastsittende lus:

Logistic regression Number of obs = 2,940
 LR chi2(1) = 49.69
 Prob > chi2 = 0.0000
 Log likelihood = -655.03352 Pseudo R2 = 0.0365

Behandling	Odds Ratio	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
L1fastlus	5.037064	1.166011	6.98	0.000	3.199897	7.92901
_cons	.0564319	.0046668	-34.76	0.000	.047988	.0663616

Logistic regression Number of obs = 2,891
 LR chi2(1) = 37.78
 Prob > chi2 = 0.0000
 Log likelihood = -657.84774 Pseudo R2 = 0.0279

Behandling	Odds Ratio	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
L2fastlus	4.13642	.9331414	6.29	0.000	2.658281	6.436481
_cons	.0588241	.0048208	-34.57	0.000	.0500954	.0690738

Logistic regression Number of obs = 2,842
 LR chi2(1) = 13.29
 Prob > chi2 = 0.0003
 Log likelihood = -666.89824 Pseudo R2 = 0.0099

Behandling	Odds Ratio	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
L3fastlus	2.494776	.5628286	4.05	0.000	1.603238	3.882085
_cons	.0633812	.0050914	-34.34	0.000	.0541482	.0741886

Logistic regression Number of obs = 2,792
 LR chi2(1) = 9.91
 Prob > chi2 = 0.0016
 Log likelihood = -665.26464 Pseudo R2 = 0.0074

Behandling	Odds Ratio	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
L4fastlus	2.313252	.5519997	3.51	0.000	1.449122	3.692673
_cons	.0652708	.0052266	-34.08	0.000	.0557903	.0763623

Logistic regression Number of obs = 2,742
 LR chi2(1) = 12.19
 Prob > chi2 = 0.0005
 Log likelihood = -658.09207 Pseudo R2 = 0.0092

Behandling	Odds Ratio	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
L5fastlus	2.579163	.6396778	3.82	0.000	1.586229	4.193646
_cons	.065671	.005288	-33.82	0.000	.0560832	.0768978

Vedlegg 6 – Fullstendige regresjonsresultater modell 1, 2 og 3

	(1) Model 1	(2) Model 2	(3) Model 3	(3*) Model 3*
Behandling				
L1Voksenhun	2.612** (1.015)	56.41*** (33.73)	268.5*** (242.7)	25.68*** (15.16)
L2Voksenhun	0.592 (0.260)	0.360* (0.200)	0.408* (0.211)	0.408* (0.211)
L1fastlus	2.402*** (0.672)	2.022** (0.658)	2.000** (0.646)	2.000** (0.646)
L2fastlus	2.056** (0.610)	1.885* (0.614)	1.902** (0.577)	1.902** (0.577)
L1sjøtemp	1.151*** (0.0307)	1.127*** (0.0309)	1.122*** (0.0310)	1.122*** (0.0310)
rense	0.714 (0.188)	0.694 (0.186)	0.687 (0.194)	0.687 (0.194)
dgrønn	2.322 (1.689)	1.832 (1.337)	1.367 (1.011)	1.367 (1.011)
smitteoverføring	3.548*** (1.299)	2.590** (1.086)	2.309** (0.942)	2.309** (0.942)
År=2013	1 (.)	1 (.)	1 (.)	1 (.)
År=2014	1.608* (0.433)	1.524 (0.411)	1.454 (0.398)	1.454 (0.398)
År=2015	1.749** (0.477)	1.744** (0.480)	1.769** (0.485)	1.769** (0.485)
År=2016	1.888** (0.524)	1.745** (0.492)	1.832** (0.510)	1.832** (0.510)
År=2017	0.709 (0.538)	0.517 (0.419)	0.612 (0.472)	0.612 (0.472)
Cermaq	1 (.)	1 (.)	1 (.)	0.237* (0.175)
Ellingsen seafood	4.644**	3.288	4.223*	1

	(3.417)	(2.434)	(3.118)	(.)
Marine Harvest	2.552 (1.937)	2.291 (1.728)	2.033 (1.559)	0.481** (0.143)
Nordlaks	1.442 (1.120)	0.979 (0.771)	0.886 (0.725)	0.210*** (0.0854)
L1Voksenhun#L1Voksenhun		0.363*** (0.0703)	0.357*** (0.0721)	0.357*** (0.0721)
Cermaq#L1Voksenhun			1 (.)	10.46*** (9.243)
Ellingsen seafood#L1Voksenhun			0.0956*** (0.0846)	1 (.)
Marine Harvest#L1Voksenhun			0.379 (0.379)	3.962** (2.298)
Nordlaks#L1Voksenhun			0.254 (0.245)	2.656** (1.307)
<i>chi</i> ²	156.3	230.0	229.1	229.1
df_m	15	16	19	19
pseudo <i>R</i> ²	0.148	0.191	0.202	0.202
Justert pseudo <i>R</i> ²	0.121	0.163	0.166	0.166
Observasjoner	2829	2829	2829	2829

Exponentiated coefficients; Standard errors in parentheses

* $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

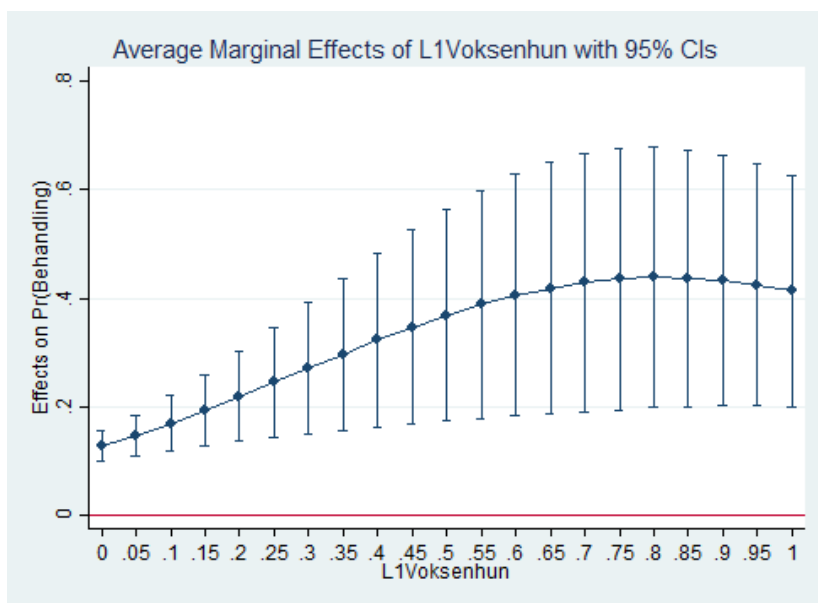
Vedlegg 7 – Sannsynlighet for behandling ved gitte nivåer av L1Voksenhun i modell 1

Predictive margins Number of obs = 2,829
 Model VCE : Robust

Expression : Pr(Behandling), predict()
 1._at : L1Voksenhun = .1
 2._at : L1Voksenhun = .2
 3._at : L1Voksenhun = .3
 4._at : L1Voksenhun = .4
 5._at : L1Voksenhun = .5
 6._at : L1Voksenhun = .6
 7._at : L1Voksenhun = .7
 8._at : L1Voksenhun = .8
 9._at : L1Voksenhun = .9
 10._at : L1Voksenhun = 1
 11._at : L1Voksenhun = 1.1
 12._at : L1Voksenhun = 1.2
 13._at : L1Voksenhun = 1.3
 14._at : L1Voksenhun = 1.4
 15._at : L1Voksenhun = 1.5
 16._at : L1Voksenhun = 1.6
 17._at : L1Voksenhun = 1.7
 18._at : L1Voksenhun = 1.8
 19._at : L1Voksenhun = 1.9
 20._at : L1Voksenhun = 2

_at	Delta-method				
	Margin	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]
1	.0563774	.0043792	12.87	0.000	.0477944 .0649604
2	.0613655	.0044132	13.90	0.000	.0527157 .0700152
3	.0667457	.005465	12.21	0.000	.0560345 .0774569
4	.0725413	.0074325	9.76	0.000	.0579738 .0871088
5	.0787758	.0100916	7.81	0.000	.0589966 .0985549
6	.0854725	.0133207	6.42	0.000	.0593643 .1115806
7	.0926546	.017076	5.43	0.000	.0591864 .1261229
8	.1003451	.0213489	4.70	0.000	.0585021 .1421882
9	.108566	.0261462	4.15	0.000	.0573205 .1598116
10	.1173384	.03148	3.73	0.000	.0556387 .1790382
11	.1266821	.0373639	3.39	0.001	.0534501 .199914
12	.1366151	.0438096	3.12	0.002	.0507498 .2224804
13	.1471537	.0508258	2.90	0.004	.047537 .2467703
14	.1583116	.0584164	2.71	0.007	.0438177 .2728056
15	.1701	.0665799	2.55	0.011	.0396058 .3005941
16	.1825268	.0753083	2.42	0.015	.0349252 .3301284
17	.1955968	.0845864	2.31	0.021	.0298104 .3613831
18	.2093108	.0943912	2.22	0.027	.0243075 .3943141
19	.2236658	.1046912	2.14	0.033	.0184749 .4288568
20	.2386545	.1154463	2.07	0.039	.0123839 .4649251

Vedlegg 8 – Signifikansnivå for interaksjonen L1Voksenhun## L1Voksenhun i modell 2



Average marginal effects Number of obs = 2,829
Model VCE : Robust

```
Expression   : Pr(Behandling), predict()
dy/dx w.r.t.: L1Voksenhun
1._at       : L1Voksenhun       =         0
2._at       : L1Voksenhun       =         .1
3._at       : L1Voksenhun       =         .2
4._at       : L1Voksenhun       =         .3
5._at       : L1Voksenhun       =         .4
6._at       : L1Voksenhun       =         .5
7._at       : L1Voksenhun       =         .6
8._at       : L1Voksenhun       =         .7
9._at       : L1Voksenhun       =         .8
10._at       : L1Voksenhun       =         .9
11._at       : L1Voksenhun       =         1
12._at       : L1Voksenhun       =         1.1
13._at       : L1Voksenhun       =         1.2
14._at       : L1Voksenhun       =         1.3
15._at       : L1Voksenhun       =         1.4
16._at       : L1Voksenhun       =         1.5
17._at       : L1Voksenhun       =         1.6
18._at       : L1Voksenhun       =         1.7
19._at       : L1Voksenhun       =         1.8
20._at       : L1Voksenhun       =         1.9
21._at       : L1Voksenhun       =         2
```

		Delta-method				
		dy/dx	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]
L1Voksenhun						
._at						
1	.1272972	.0140462	9.06	0.000	.0997671	.1548273
2	.1701686	.0257001	6.62	0.000	.1197973	.2205399
3	.2191299	.0418669	5.23	0.000	.1370681	.3011916
4	.2713691	.0611759	4.44	0.000	.1514665	.3912716
5	.3228604	.0813823	3.97	0.000	.163354	.4823668
6	.3689705	.0997017	3.70	0.000	.1735587	.5643823
7	.4053367	.1135088	3.57	0.000	.1828635	.62781
8	.4287198	.1210817	3.54	0.000	.191404	.6660356
9	.437539	.1220345	3.59	0.000	.1983558	.6767222
10	.4319524	.1172964	3.68	0.000	.2020557	.6618492
11	.4135386	.1087243	3.80	0.000	.200443	.6266343
12	.3847549	.0985572	3.90	0.000	.1915863	.5779235
13	.3483688	.0889022	3.92	0.000	.1741237	.5226139
14	.3070012	.0813433	3.77	0.000	.1475713	.4664311
15	.2628388	.0767164	3.43	0.001	.1124773	.4132002
16	.2175101	.0751143	2.90	0.004	.0702887	.3647315
17	.172083	.0761453	2.26	0.024	.0228409	.3213252
18	.1271347	.0792876	1.60	0.109	-.0282662	.2825355
19	.0828539	.0841154	0.99	0.325	-.0820092	.247717
20	-.0391506	.0903371	0.43	0.665	-.1379069	.216208
21	-.0042411	.0977246	-0.04	0.965	-.1957778	.1872955

Vedlegg 9 – Signifikansnivå for interaksjonen L1Voksenhun## i foretak i modell 3

Med Cermaq som referansekategori:

Foretak: 1= Cermaq 2=Ellingsen Seafood, 4=Marine Harvest 5=Nordlaks

	Delta-method				
	dy/dx	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]
2. foretak					
_at					
1	.0523949	.0294553	1.78	0.075	-.0053364 .1101263
2	.0623767	.0400253	1.56	0.119	-.0160715 .1408249
3	.0692005	.0540476	1.28	0.200	-.0367308 .1751318
4	.0697811	.0722207	0.97	0.334	-.071742 .2113041
5	.0608182	.0950811	0.64	0.522	-.1255373 .2471736
6	.0397147	.1227194	0.32	0.746	-.200811 .2802404
7	.0056357	.1538993	0.04	0.971	-.2960013 .3072727
8	-.039843	.1856689	-0.21	0.830	-.4037474 .3240613
9	-.0929824	.2139531	-0.43	0.664	-.5123228 .326358
10	-.1489925	.2350882	-0.63	0.526	-.6097569 .311772
11	-.2034227	.2472252	-0.82	0.411	-.6879753 .2811299
12	-.2531586	.2507242	-1.01	0.313	-.7445691 .2382518
13	-.2967348	.2475634	-1.20	0.231	-.7819501 .1884804
14	-.3340978	.2403686	-1.39	0.165	-.8052117 .137016
15	-.3661279	.2316111	-1.58	0.114	-.8200773 .0878215
16	-.3941692	.223174	-1.77	0.077	-.8315821 .0432437
17	-.4196832	.2162361	-1.94	0.052	-.8434982 .0041317
18	-.4440403	.2113409	-2.10	0.036	-.8582609 -.0298198
19	-.4684148	.2085384	-2.25	0.025	-.8771426 -.059687
20	-.4937436	.2075305	-2.38	0.017	-.9004959 -.0869914
21	-.5207143	.2077854	-2.51	0.012	-.9279661 -.1134624
4. foretak					
_at					
1	.0177441	.020092	0.88	0.377	-.0216356 .0571238
2	.0239125	.0305323	0.78	0.434	-.0359298 .0837548
3	.0301889	.0455687	0.66	0.508	-.0591242 .1195019
4	.0351247	.0662904	0.53	0.596	-.0948021 .1650515
5	.0367341	.0932538	0.39	0.694	-.1460401 .2195083
6	.0330083	.1258969	0.26	0.793	-.213745 .2797617
7	.0227357	.1620341	0.14	0.888	-.2948453 .3403168
8	.0062046	.1978826	0.03	0.975	-.3816381 .3940473
9	-.0147109	.2289672	-0.06	0.949	-.4634785 .4340566
10	-.0371984	.2516052	-0.15	0.882	-.5303356 .4559388
11	-.0584883	.264086	-0.22	0.825	-.5760872 .4591107
12	-.076613	.2668867	-0.29	0.774	-.5997013 .4464752
13	-.0906704	.2620201	-0.35	0.729	-.6042203 .4228796
14	-.1006684	.2520908	-0.40	0.690	-.5947574 .3934205
15	-.1071897	.2395543	-0.45	0.655	-.5767075 .3623281
16	-.1110671	.2263448	-0.49	0.624	-.5546947 .3325606
17	-.1131588	.2138009	-0.53	0.597	-.5322008 .3058832
18	-.1142292	.2027523	-0.56	0.573	-.5116165 .283158
19	-.1149069	.1936606	-0.59	0.553	-.4944748 .264661
20	-.1156881	.186753	-0.62	0.536	-.4817172 .2503411
21	-.1169623	.182128	-0.64	0.521	-.4739267 .240002
5. foretak					
_at					
1	-.002019	.0136006	-0.15	0.882	-.0286756 .0246376
2	-.0067485	.0209767	-0.32	0.748	-.0478621 .034365
3	-.0156539	.0319451	-0.49	0.624	-.0782651 .0469574
4	-.0307518	.0478488	-0.64	0.520	-.1245338 .0630302
5	-.0540384	.0699191	-0.77	0.440	-.1910773 .0830006
6	-.0867538	.0985093	-0.88	0.378	-.2798285 .1063209
7	-.1285441	.1322039	-0.97	0.331	-.3876589 .1305707
8	-.1770079	.167544	-1.06	0.291	-.5053881 .1513722
9	-.2280603	.1999329	-1.14	0.254	-.6199215 .1638009
10	-.2770519	.2253438	-1.23	0.219	-.7187177 .1646139
11	-.3200687	.2417312	-1.32	0.185	-.7938532 .1537158
12	-.3547789	.2493497	-1.42	0.155	-.8434954 .1339376
13	-.3805852	.2500827	-1.52	0.128	-.8707383 .1095679
14	-.3982549	.2464258	-1.62	0.106	-.8812405 .0847307
15	-.4093569	.2406844	-1.70	0.089	-.8810896 .0623757
16	-.4157555	.2345815	-1.77	0.076	-.8755268 .0440158
17	-.4192675	.2292015	-1.83	0.067	-.8684942 .0299592
18	-.4214834	.2251125	-1.87	0.061	-.8626958 .019729
19	-.4237077	.2225369	-1.90	0.057	-.8598719 .0124566
20	-.4269688	.2214963	-1.93	0.054	-.8610935 .0071559
21	-.4320609	.221907	-1.95	0.052	-.8669907 .0028689

Note: dy/dx for factor levels is the discrete change from the base level.

Med Ellingsen Seafood som referansekategori:

Foretak: 1= Cermaq 2=Ellingsen Seafood, 4=Marine Harvest 5=Nordlaks

	Delta-method				
	dy/dx	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]
1. foretak					
_at					
1	-.0523949	.0294553	-1.78	0.075	-.1101263 .0053364
2	-.0623767	.0400253	-1.56	0.119	-.1408249 .0160715
3	-.0692005	.0540476	-1.28	0.200	-.1751318 .0367308
4	-.0697811	.072207	-0.97	0.334	-.2113041 .071742
5	-.0608182	.0950811	-0.64	0.522	-.2471736 .1255373
6	-.0397147	.1227194	-0.32	0.746	-.2802404 .200811
7	-.0056357	.1538993	-0.04	0.971	-.3072727 .2960013
8	.039843	.1856689	0.21	0.830	-.3240613 .4037474
9	.0929824	.2139531	0.43	0.664	-.326358 .5123228
10	.1489925	.2350882	0.63	0.526	-.311772 .6097569
11	.2034227	.2472252	0.82	0.411	-.2811299 .6879753
12	.2531586	.2507242	1.01	0.313	-.2382518 .7445691
13	.2967348	.2475634	1.20	0.231	-.1884804 .7819501
14	.3340978	.2403686	1.39	0.165	-.137016 .8052117
15	.3661279	.2316111	1.58	0.114	-.0878215 .8200773
16	.3941692	.223174	1.77	0.077	-.0432437 .8315821
17	.4196832	.2162361	1.94	0.052	-.0041317 .8434982
18	.4440403	.2113409	2.10	0.036	.0298198 .8582609
19	.4684148	.2085384	2.25	0.025	.059687 .8771426
20	.4937436	.2075305	2.38	0.017	.0869914 .9004959
21	.5207143	.2077854	2.51	0.012	.1134624 .9279661
4. foretak					
_at					
1	-.0346508	.0161806	-2.14	0.032	-.0663642 -.0029375
2	-.0384642	.0196404	-1.96	0.050	-.0769587 .0000303
3	-.0390117	.0239944	-1.63	0.104	-.0860397 .0080164
4	-.0346564	.0300708	-1.15	0.249	-.0935941 .0242814
5	-.0240841	.0388768	-0.62	0.536	-.1002812 .052113
6	-.0067064	.0508703	-0.13	0.895	-.1064103 .0929975
7	.0171001	.0654778	0.26	0.794	-.111234 .1454341
8	.0460476	.0813063	0.57	0.571	-.1133098 .205405
9	.0782715	.0967392	0.81	0.418	-.1113338 .2678768
10	.1117941	.1104918	1.01	0.312	-.1047659 .328354
11	.1449344	.1219102	1.19	0.234	-.0940051 .383874
12	.1765456	.1309805	1.35	0.178	-.0801714 .4332626
13	.2060645	.138146	1.49	0.136	-.0646966 .4768256
14	.2334294	.144064	1.62	0.105	-.0489308 .5157896
15	.2589382	.1494001	1.73	0.083	-.0338806 .551757
16	.2831021	.1547	1.83	0.067	-.0201042 .5863085
17	.3065245	.1603344	1.91	0.056	-.0077252 .6207741
18	.3298111	.1664945	1.98	0.048	.0034879 .6561343
19	.3535079	.1732099	2.04	0.041	.0140228 .6929931
20	.3780556	.1803724	2.10	0.036	.0245321 .7315791
21	.4037519	.1877577	2.15	0.032	.0357536 .7717502
5. foretak					
_at					
1	-.0544139	.0195608	-2.78	0.005	-.0927524 -.0160755
2	-.0691253	.0239803	-2.88	0.004	-.1161257 -.0221248
3	-.0848544	.0289244	-2.93	0.003	-.1415452 -.0281635
4	-.1005329	.0342423	-2.94	0.003	-.1676466 -.0334192
5	-.1148565	.0397615	-2.89	0.004	-.1927876 -.0369254
6	-.1264685	.0454096	-2.79	0.005	-.2154696 -.0374674
7	-.1341797	.0513232	-2.61	0.009	-.2347713 -.0335881
8	-.1371649	.0578451	-2.37	0.018	-.2505392 -.0237906
9	-.1350779	.0653631	-2.07	0.039	-.2631873 -.0069685
10	-.1280594	.074084	-1.73	0.084	-.2732613 .0171425
11	-.116646	.0839145	-1.39	0.165	-.2811154 .0478235
12	-.1016203	.0945246	-1.08	0.282	-.2868851 .0836446
13	-.0838503	.1055067	-0.79	0.427	-.2906397 .122939
14	-.0641571	.1165159	-0.55	0.582	-.2925241 .1642099
15	-.043229	.1273364	-0.34	0.734	-.2928037 .2063457
16	-.0215863	.1378815	-0.16	0.876	-.2918291 .2486564
17	.0004157	.1481553	0.00	0.998	-.2899633 .2907948
18	.0225569	.1581999	0.14	0.887	-.2875092 .332623
19	.0447071	.1680445	0.27	0.790	-.2846541 .3740684
20	.0667748	.1776631	0.38	0.707	-.2814384 .4149881
21	.0886533	.1869437	0.47	0.635	-.2777495 .4550562

Note: dy/dx for factor levels is the discrete change from the base level.

Vedlegg 10 - Fullstendige regresjonsresultater modell 4, 5, 6 og 7

Behandling	(4) Model 4	(5) Model 5	(6) Model 6	(7) Model 7
L1Voksenhun	160.4 ^{***} (176.8)	287.0 ^{***} (268.2)	254.3 ^{***} (229.5)	23.82 ^{***} (22.97)
L1Voksenhun # L1Voksenhun	0.355 ^{***} (0.103)	0.361 ^{***} (0.0711)	0.363 ^{***} (0.0725)	0.370 ^{***} (0.0721)
L2Voksenhun	0.408 (0.312)	0.398 [*] (0.210)	0.404 [*] (0.206)	0.416 [*] (0.206)
L1fastlus	2.085 ^{**} (0.749)	2.020 ^{**} (0.648)	1.991 ^{**} (0.640)	1.950 ^{**} (0.629)
L2fastlus	2.337 ^{**} (0.785)	1.913 ^{**} (0.575)	1.915 ^{**} (0.572)	1.875 ^{**} (0.552)
L1sjøtemp	1.154 ^{***} (0.0371)	1.119 ^{***} (0.0313)	1.172 ^{***} (0.0363)	1.170 ^{***} (0.0366)
rense	0.516 (0.234)	0.653 (0.187)	0.732 (0.209)	0.640 (0.191)
dgrønn	1.441 (1.088)	1.140 (0.930)	1.289 (0.961)	0.623 (0.504)
År=2013	1 (.)	1 (.)	1 (.)	1 (.)
År=2014	1.967 ^{**} (0.647)	2.080 (2.199)	1.380 (0.383)	1.267 (0.356)
År=2015	2.636 ^{**} (1.043)	1.178 (1.290)	1.706 [*] (0.476)	1.696 [*] (0.466)
År=2016	4.081 ^{***} (1.936)	1.308 (1.409)	1.773 ^{**} (0.498)	1.566 (0.445)
År=2017	1 (.)	2.396 (1.843)	0.775 (0.604)	0.728 (0.573)
smitteoverføring	2.713 ^{**} (1.338)	2.487 ^{**} (1.027)	2.731 ^{**} (1.116)	2.749 ^{**} (1.100)
Cermaq	1	1	1	1

	(.)	(.)	(.)	(.)
Ellingsen seafood	5.253** (3.873)	3.840* (3.011)	4.001* (2.989)	1.280 (1.122)
Marine Harvest	1.805 (1.413)	1.946 (1.636)	1.918 (1.486)	0.633 (0.575)
Nordlaks	0.854 (0.702)	0.722 (0.620)	0.824 (0.677)	0.268 (0.250)
Cermaq # L1Voksenhun	1 (.)	1 (.)	1 (.)	1 (.)
Ellingsen seafood # L1Voksenhun	0.147* (0.152)	0.0884*** (0.0816)	0.0999*** (0.0876)	1.037 (0.969)
Marine Harvest # L1Voksenhun	0.663 (0.773)	0.351 (0.359)	0.368 (0.364)	3.824 (3.950)
Nordlaks # L1Voksenhun	0.353 (0.386)	0.232 (0.231)	0.263 (0.252)	2.620 (2.624)
mnd_sjø,	0.964* (0.0212)			
dvår_høst=0		1 (.)		
dvår_høst=1		1.044 (1.102)		
dvår_høst=1 # År=2014		0.619 (0.680)		
dvår_høst=1 # År=2015		1.605 (1.816)		
dvår_høst=1 # År=2016		1.751 (1.948)		
dvår_høst=1 # År=2017		1 (.)		
våravlusning=0			1 (.)	1 (.)
våravlusning=1			2.399* (1.076)	2.477** (1.129)

våravlusning=0 # L1Voksenhun			1 (.)	1 (.)
våravlusning=1 # L1Voksenhun			7.061 (15.37)	4.844 (10.92)
internalisering=0				1 (.)
internalisering=1				0.300** (0.143)
internalisering=0 # L1Voksenhun				1 (.)
internalisering=1 # L1Voksenhun				864.8*** (1620.9)
<i>chi</i> ²	188.2	238.4	235.9	232.2
df_m	19	23	21	23
pseudo <i>R</i> ²	0.201	0.203	0.210	0.225
Justert pseudo <i>R</i> ²	0.148	0.148	0.167	0.174
Observasjoner	2096	2734	2829	2829

Exponentiated coefficients; Standard errors in parentheses

* $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

Vedlegg 11 - Signifikansnivå for interaksjonen L1Voksenhun## i foretak i modell 4

Foretak: 1= Cermaq 2=Ellingsen Seafood, 4=Marine Harvest 5=Nordlaks

	Delta-method				[95% Conf. Interval]	
	dy/dx	Std. Err.	z	P> z		
2. foretak						
_at						
1	.0702471	.0352863	1.99	0.047	.0010873	.139407
2	.0847155	.0453386	1.87	0.062	-.0041466	.1735775
3	.0972668	.0584302	1.66	0.096	-.0172542	.2117879
4	.1055939	.074875	1.41	0.158	-.0411584	.2523462
5	.1073313	.0949238	1.13	0.258	-.078716	.2933785
6	.1005519	.1187853	0.85	0.397	-.132263	.3333669
7	.0842569	.1463379	0.58	0.565	-.2025602	.3710739
8	.0586679	.1766817	0.33	0.740	-.2876218	.4049577
9	.0251914	.2079711	0.12	0.904	-.3824245	.4328073
10	-.01394	.2377839	-0.06	0.953	-.4799879	.4521079
11	-.0561997	.2638264	-0.21	0.831	-.5732899	.4608906
12	-.0992785	.2845625	-0.35	0.727	-.6570108	.4584538
13	-.1414302	.2994941	-0.47	0.637	-.7284278	.4455674
14	-.1816046	.3090702	-0.59	0.557	-.787371	.4241618
15	-.219407	.3143708	-0.70	0.485	-.8355624	.3967484
16	-.2549546	.3167359	-0.80	0.421	-.8757456	.3658364
17	-.2887008	.3174599	-0.91	0.363	-.9109107	.3335092
18	-.3212714	.3175968	-1.01	0.312	-.9437497	.3012069
19	-.3533331	.3178716	-1.11	0.266	-.9763499	.2696837
20	-.3854955	.3186684	-1.21	0.226	-1.010074	.2390831
21	-.4182396	.3200692	-1.31	0.191	-1.045564	.2090845
4. foretak						
_at						
1	.0147425	.0203976	0.72	0.470	-.025236	.0547211
2	.0208378	.0301211	0.69	0.489	-.0381985	.079874
3	.0281578	.0439331	0.64	0.522	-.0579496	.1142652
4	.0362022	.0628583	0.58	0.565	-.0869979	.1594022
5	.0440901	.0875284	0.50	0.614	-.1274624	.2156425
6	.0506811	.1178014	0.43	0.667	-.1802054	.2815677
7	.054845	.1525113	0.36	0.719	-.2440717	.3537617
8	.0557847	.1894961	0.29	0.768	-.3156208	.4271902
9	.0532658	.2259563	0.24	0.814	-.3896004	.4961319
10	.047648	.2590469	0.18	0.854	-.4600746	.5553706
11	.0397264	.2864913	0.14	0.890	-.5217862	.6012391
12	.0304765	.3069973	0.10	0.921	-.5712272	.6321803
13	.0208161	.3203625	0.06	0.948	-.6070828	.648715
14	.0114534	.3272995	0.03	0.972	-.6300418	.6529487
15	.002834	.3291083	0.01	0.993	-.6422064	.6478743
16	-.0048394	.327332	-0.01	0.988	-.6463983	.6367194
17	-.0115494	.3234896	-0.04	0.972	-.6455772	.6224785
18	-.0173996	.3189174	-0.05	0.956	-.6424663	.607667
19	-.0225609	.3147085	-0.07	0.943	-.6393782	.5942564
20	-.0272327	.3117189	-0.09	0.930	-.6381906	.5837251
21	-.031621	.3106109	-0.10	0.919	-.6404071	.5771651
5. foretak						
_at						
1	-.0027661	.0143202	-0.19	0.847	-.0308331	.025301
2	-.0069074	.0211265	-0.33	0.744	-.0483147	.0344998
3	-.0140485	.0309143	-0.45	0.650	-.0746394	.0465424
4	-.0253432	.0448039	-0.57	0.572	-.1131573	.0624708
5	-.0418561	.0639233	-0.65	0.513	-.1671434	.0834312
6	-.0642464	.0889414	-0.72	0.470	-.2385684	.1100756
7	-.0924586	.1195394	-0.77	0.439	-.3267516	.1418343
8	-.1255638	.1541399	-0.81	0.415	-.4276725	.1765449
9	-.1618571	.1901243	-0.85	0.395	-.5344939	.2107797
10	-.1991985	.2244816	-0.89	0.375	-.6391742	.2407773
11	-.2354664	.2545902	-0.92	0.355	-.734454	.2635211
12	-.2689576	.2787952	-0.96	0.335	-.8153861	.277471
13	-.298617	.2966035	-1.01	0.314	-.8799491	.2827151
14	-.3240758	.3085261	-1.05	0.294	-.9287757	.2806242
15	-.345544	.3157243	-1.09	0.274	-.9643522	.2732643
16	-.3636334	.3196281	-1.14	0.255	-.9900929	.2628261
17	-.3791751	.3216364	-1.18	0.238	-1.009571	.2512206
18	-.3930695	.3229374	-1.22	0.224	-1.026015	.2398762
19	-.4061823	.3244344	-1.25	0.211	-1.042062	.2296975
20	-.4192829	.3267421	-1.28	0.199	-1.059686	.2211198
21	-.4330115	.3302186	-1.31	0.190	-1.080228	.214205

Note: dy/dx for factor levels is the discrete change from the base level.

Vedlegg 12 Signifikansnivå for interaksjonen L1Voksenhun## i foretak i modell 6

Foretak: 1= Cermaq 2=Ellingsen Seafood, 4=Marine Harvest 5=Nordlaks

	Delta-method				
	dy/dx	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]
2. foretak					
_at					
1	.0494292	.0288107	1.72	0.086	-.0070387 .105897
2	.0595647	.0398014	1.50	0.135	-.0184445 .137574
3	.0667572	.0546195	1.22	0.222	-.0402951 .1738095
4	.0675107	.0740106	0.91	0.362	-.0775474 .2125689
5	.0579959	.0982193	0.59	0.555	-.1345104 .2505022
6	.0356372	.1262021	0.28	0.778	-.2117144 .2829888
7	.0007288	.1551454	0.00	0.996	-.3033507 .3048082
8	-.0435244	.1815961	-0.24	0.811	-.3994461 .3123974
9	-.0926373	.2031283	-0.46	0.648	-.4907614 .3054869
10	-.1424849	.2185189	-0.65	0.514	-.570774 .2858043
11	-.1900027	.2273147	-0.84	0.403	-.6355313 .255526
12	-.2332768	.2298431	-1.01	0.310	-.6837611 .2172075
13	-.2714489	.2272435	-1.19	0.232	-.716838 .1739401
14	-.304537	.2211833	-1.38	0.169	-.7380483 .1289743
15	-.3331862	.2134285	-1.56	0.118	-.7514984 .085126
16	-.3584015	.2054942	-1.74	0.081	-.7611627 .0443596
17	-.3813193	.1984619	-1.92	0.055	-.7702974 .0076589
18	-.4030449	.1929449	-2.09	0.037	-.78121 -.0248799
19	-.4245567	.189144	-2.24	0.025	-.7952722 -.0538413
20	-.4466571	.1869396	-2.39	0.017	-.813052 -.0802621
21	-.4699517	.185983	-2.53	0.012	-.8344718 -.1054317
4. foretak					
_at					
1	.0160066	.0197428	0.81	0.418	-.0226886 .0547019
2	.0214155	.0304237	0.70	0.481	-.0382139 .0810449
3	.0266613	.0460467	0.58	0.563	-.0635885 .1169111
4	.0300842	.0677594	0.44	0.657	-.1027218 .1628902
5	.0294013	.0957156	0.31	0.759	-.1581979 .2170004
6	.0225907	.1281378	0.18	0.860	-.2285547 .2737361
7	.0091525	.1613229	0.06	0.955	-.3070345 .3253396
8	-.0094813	.1912675	-0.05	0.960	-.3843586 .365396
9	-.0308059	.2153279	-0.14	0.886	-.4528408 .3912289
10	-.0523188	.2323142	-0.23	0.822	-.5076463 .4030088
11	-.0720583	.2419565	-0.30	0.766	-.5462842 .4021677
12	-.0887567	.2447354	-0.36	0.717	-.5684293 .3909158
13	-.1018459	.241826	-0.42	0.674	-.5758162 .3721244
14	-.1113602	.2348441	-0.47	0.635	-.5716462 .3489259
15	-.1177585	.2254855	-0.52	0.602	-.5597019 .3241849
16	-.1217241	.215238	-0.57	0.572	-.5435828 .3001346
17	-.1239988	.2052424	-0.60	0.546	-.5262665 .2782689
18	-.1252775	.1962812	-0.64	0.523	-.5099817 .2594266
19	-.1261571	.1888409	-0.67	0.504	-.4962785 .2439643
20	-.1271267	.183198	-0.69	0.488	-.4861881 .2319347
21	-.1285806	.1794993	-0.72	0.474	-.4803929 .2232316
5. foretak					
_at					
1	-.0031676	.0133976	-0.24	0.813	-.0294264 .0230913
2	-.0085247	.021075	-0.40	0.686	-.0498309 .0327816
3	-.0185165	.0327871	-0.56	0.572	-.082778 .0457451
4	-.0354357	.0500895	-0.71	0.479	-.1336093 .0627378
5	-.0613305	.074005	-0.83	0.407	-.2063776 .0837167
6	-.0967004	.1036116	-0.93	0.351	-.2997753 .1063746
7	-.1394478	.1355539	-1.03	0.304	-.4051286 .1262331
8	-.1854226	.1658654	-1.12	0.264	-.5105129 .1396677
9	-.2302759	.1917503	-1.20	0.230	-.6060997 .1455478
10	-.2708299	.2114777	-1.28	0.200	-.6853186 .1436587
11	-.3052729	.2241582	-1.36	0.173	-.7446148 .134069
12	-.3328526	.2300156	-1.45	0.148	-.7836748 .1179696
13	-.3536182	.2303085	-1.54	0.125	-.8050146 .0977781
14	-.3682413	.2268245	-1.62	0.104	-.8128092 .0763266
15	-.3778212	.2213488	-1.71	0.088	-.8116569 .0560144
16	-.3836701	.215332	-1.78	0.075	-.805713 .0383728
17	-.3871227	.2097734	-1.85	0.065	-.7982711 .0240256
18	-.3894057	.2052532	-1.90	0.058	-.7916945 .0128831
19	-.3915708	.2020336	-1.94	0.053	-.7875493 .0044078
20	-.3944789	.200171	-1.97	0.049	-.7868068 -.0021509
21	-.3988133	.1996031	-2.00	0.046	-.7900281 -.0075985

Note: dy/dx for factor levels is the discrete change from the base level.

Vedlegg 13 - Signifikansnivå for interaksjonen L1Voksenhun## i foretak i modell 7

Foretak: 1= Cermaq 2=Ellingsen Seafood, 4=Marine Harvest 5=Nordlaks

	Delta-method				
	dy/dx	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]
2. foretak					
_at					
1	.009265	.0313596	0.30	0.768	-.0521988 .0707287
2	.0131925	.0440579	0.30	0.765	-.0731595 .0995444
3	.0191118	.0637833	0.30	0.764	-.1059011 .1441247
4	.0275342	.0923938	0.30	0.766	-.1535544 .2086227
5	.0366908	.1238715	0.30	0.767	-.2060928 .2794744
6	.0425512	.145077	0.29	0.769	-.2417944 .3268969
7	.0434871	.1512056	0.29	0.774	-.2528705 .3398447
8	.041674	.1494648	0.28	0.780	-.2512715 .3346196
9	.0398393	.1486135	0.27	0.789	-.2514379 .3311165
10	.0390474	.1521106	0.26	0.797	-.2590838 .3371787
11	.0391113	.1592808	0.25	0.806	-.2730734 .351296
12	.0395833	.168468	0.23	0.814	-.2906079 .3697744
13	.0401641	.1784707	0.23	0.822	-.309632 .3899603
14	.0407162	.1886486	0.22	0.829	-.3290282 .4104606
15	.0411906	.1986924	0.21	0.836	-.3482393 .4306205
16	.0415739	.2084341	0.20	0.842	-.3669493 .4500971
17	.0418606	.217736	0.19	0.848	-.3848942 .4686154
18	.0420402	.2264317	0.19	0.853	-.4017577 .4858381
19	.0420918	.234293	0.18	0.857	-.417114 .5012976
20	.0419823	.2410146	0.17	0.862	-.4303976 .5143623
21	.0416669	.2462103	0.17	0.866	-.4408965 .5242303
4. foretak					
_at					
1	-.0127483	.0278354	-0.46	0.647	-.0673047 .0418081
2	-.0134505	.0391485	-0.34	0.731	-.0901801 .0632791
3	-.0119556	.0575323	-0.21	0.835	-.1247167 .1008056
4	-.0052354	.0870243	-0.06	0.952	-.1757999 .1653292
5	.0107091	.1236579	0.09	0.931	-.2316559 .253074
6	.0341035	.1501388	0.23	0.820	-.2601631 .3283701
7	.0568118	.1577604	0.36	0.719	-.252393 .3660166
8	.075074	.1566614	0.48	0.632	-.2319768 .3821247
9	.0915809	.1580118	0.58	0.562	-.2181166 .4012784
10	.1090737	.1644745	0.66	0.507	-.2132904 .4314378
11	.1277913	.1741359	0.73	0.463	-.2135088 .4690915
12	.1468503	.1848054	0.79	0.427	-.2153615 .5090622
13	.1654643	.1952764	0.85	0.397	-.2172705 .548199
14	.1832363	.2051332	0.89	0.372	-.2188175 .58529
15	.2000831	.2143567	0.93	0.351	-.2200484 .6202145
16	.2161118	.2230576	0.97	0.333	-.2210732 .6532967
17	.2315241	.2313318	1.00	0.317	-.2218779 .684926
18	.2465501	.2391911	1.03	0.303	-.2222559 .7153561
19	.2614018	.2465373	1.06	0.289	-.2218024 .744606
20	.2762405	.2531578	1.09	0.275	-.2199397 .7724207
21	.2911514	.2587376	1.13	0.260	-.215965 .7982678
5. foretak					
_at					
1	-.0262915	.0251778	-1.04	0.296	-.0756391 .0230562
2	-.0359643	.0339254	-1.06	0.289	-.1024569 .0305282
3	-.0500897	.0471594	-1.06	0.288	-.1425204 .042341
4	-.0705238	.068268	-1.03	0.302	-.2043265 .063279
5	-.0943297	.0987653	-0.96	0.340	-.2879061 .0992467
6	-.1094149	.13124	-0.83	0.404	-.3666405 .1478107
7	-.1063675	.1522731	-0.70	0.485	-.4048174 .1920824
8	-.0905225	.1570375	-0.58	0.564	-.3983103 .2172654
9	-.0727172	.1538819	-0.47	0.637	-.3743203 .2288858
10	-.0578948	.1533096	-0.38	0.706	-.3583761 .2425866
11	-.0453976	.1584853	-0.29	0.775	-.3560231 .2652279
12	-.0335191	.1676852	-0.20	0.842	-.3621761 .2951379
13	-.0213732	.178771	-0.12	0.905	-.3717578 .3290115
14	-.0087695	.190462	-0.05	0.963	-.3820681 .3645291
15	.0041951	.2021302	0.02	0.983	-.3919728 .400363
16	.0173584	.2134678	0.08	0.935	-.4010308 .4357476
17	.0305709	.2242885	0.14	0.892	-.4090265 .4701682
18	.0437093	.2344261	0.19	0.852	-.4157574 .503176
19	.0566671	.2436808	0.23	0.816	-.4209386 .5342728
20	.0693371	.2517904	0.28	0.783	-.4241631 .5628373
21	.0815924	.2584177	0.32	0.752	-.4248969 .5880818

Note: dy/dx for factor levels is the discrete change from the base level.

Vedlegg 14 - VIF-test

Modell 1

Collinearity Diagnostics

Variable	VIF	SQRT		R-Squared
		VIF	Tolerance	
L1Voksenhun	1.79	1.34	0.5596	0.4404
L2Voksenhun	2.16	1.47	0.4621	0.5379
L1fastlus	1.40	1.18	0.7152	0.2848
L2fastlus	1.41	1.19	0.7098	0.2902
L1sjøtemp	1.08	1.04	0.9225	0.0775
rense	1.25	1.12	0.7999	0.2001
dgrønn	2.03	1.42	0.4926	0.5074
smitteoverf	1.70	1.30	0.5883	0.4117
År	1.21	1.10	0.8297	0.1703
foretak	2.02	1.42	0.4946	0.5054
Mean VIF	1.60			

Modell 3

Collinearity Diagnostics

Variable	VIF	SQRT		R-Squared
		VIF	Tolerance	
L1Voksenhun	6.03	2.45	0.1659	0.8341
L1Voksenhun2	4.25	2.06	0.2351	0.7649
L2Voksenhun	2.23	1.49	0.4492	0.5508
L1fastlus	1.42	1.19	0.7027	0.2973
L2fastlus	1.41	1.19	0.7094	0.2906
L1sjøtemp	1.09	1.04	0.9165	0.0835
rense	1.25	1.12	0.7999	0.2001
dgrønn	2.03	1.43	0.4923	0.5077
smitteoverf	1.72	1.31	0.5812	0.4188
År	1.21	1.10	0.8273	0.1727
foretak	2.02	1.42	0.4945	0.5055
Mean VIF	2.24			

Modell 7

Collinearity Diagnostics

Variable	VIF	SQRT		R-Squared
		VIF	Tolerance	
L1Voksenhun	6.04	2.46	0.1656	0.8344
L2Voksenhun	2.23	1.49	0.4484	0.5516
L1Voksenhun2	4.26	2.06	0.2346	0.7654
L1fastlus	1.42	1.19	0.7018	0.2982
L2fastlus	1.41	1.19	0.7087	0.2913
L1sjøtemp	1.32	1.15	0.7557	0.2443
rense	1.26	1.12	0.7958	0.2042
dgrønn	2.14	1.46	0.4677	0.5323
År	1.21	1.10	0.8257	0.1743
smitteoverf	1.75	1.32	0.5708	0.4292
våravlusning	1.24	1.11	0.8077	0.1923
internalisering	1.51	1.23	0.6612	0.3388
foretak	2.20	1.48	0.4553	0.5447
Mean VIF	2.15			

Vedlegg 15 – Hosmer og Lemeshow test

Modell 1:

Logistic model for Behandling, goodness-of-fit test

(Table collapsed on quantiles of estimated probabilities)

Group	Prob	Obs_1	Exp_1	Obs_0	Exp_0	Total
1	0.0117	2	2.4	281	280.6	283
2	0.0196	2	4.6	281	278.4	283
3	0.0249	5	6.3	278	276.7	283
4	0.0312	7	7.9	276	275.1	283
5	0.0405	5	10.0	278	273.0	283
6	0.0503	13	12.9	270	270.1	283
7	0.0625	15	15.8	268	267.2	283
8	0.0828	27	20.1	256	262.9	283
9	0.1341	30	29.3	253	253.7	283
10	0.9133	73	69.7	209	212.3	282

number of observations = 2829
 number of groups = 10
 Hosmer-Lemeshow chi2(8) = 7.33
 Prob > chi2 = 0.5012

Modell 3:

Logistic model for Behandling, goodness-of-fit test

(Table collapsed on quantiles of estimated probabilities)

Group	Prob	Obs_1	Exp_1	Obs_0	Exp_0	Total
1	0.0099	2	1.9	281	281.1	283
2	0.0139	0	3.4	283	279.6	283
3	0.0183	2	4.5	281	278.5	283
4	0.0234	6	5.9	277	277.1	283
5	0.0298	7	7.5	276	275.5	283
6	0.0410	9	10.0	274	273.0	283
7	0.0567	16	13.7	267	269.3	283
8	0.0791	17	18.8	266	264.2	283
9	0.1478	35	30.1	248	252.9	283
10	0.9808	85	83.2	197	198.8	282

number of observations = 2829
 number of groups = 10
 Hosmer-Lemeshow chi2(8) = 6.53
 Prob > chi2 = 0.5882

Modell 7:**Logistic model for Behandling, goodness-of-fit test**

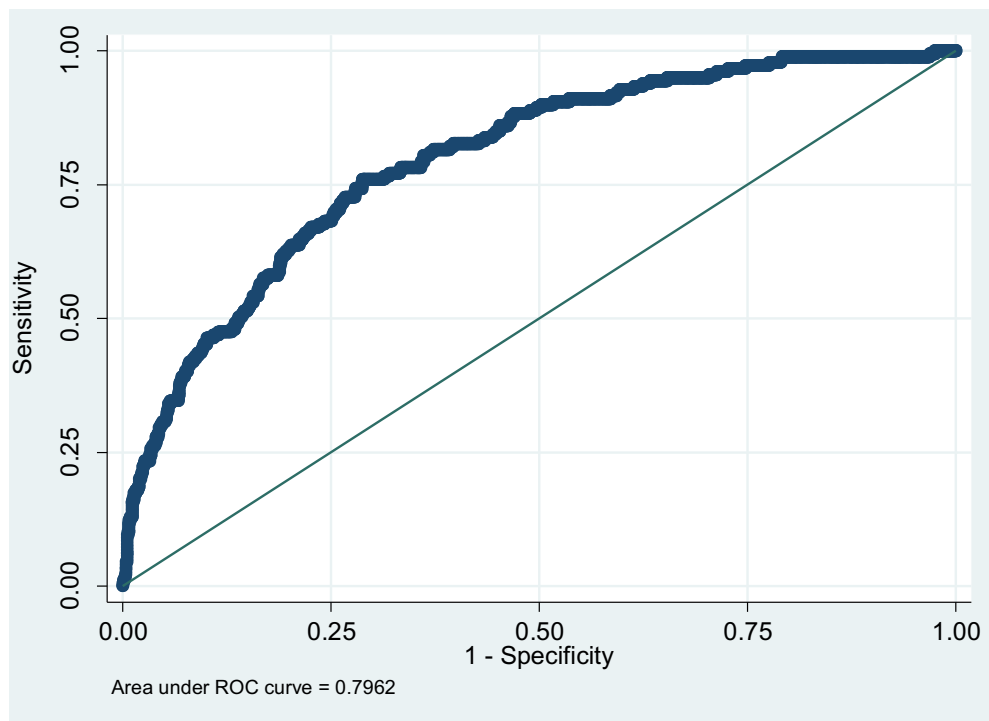
(Table collapsed on quantiles of estimated probabilities)

Group	Prob	Obs_1	Exp_1	Obs_0	Exp_0	Total
1	0.0099	2	1.9	281	281.1	283
2	0.0139	0	3.4	283	279.6	283
3	0.0183	2	4.5	281	278.5	283
4	0.0234	6	5.9	277	277.1	283
5	0.0298	7	7.5	276	275.5	283
6	0.0410	9	10.0	274	273.0	283
7	0.0567	16	13.7	267	269.3	283
8	0.0791	17	18.8	266	264.2	283
9	0.1478	35	30.1	248	252.9	283
10	0.9808	85	83.2	197	198.8	282

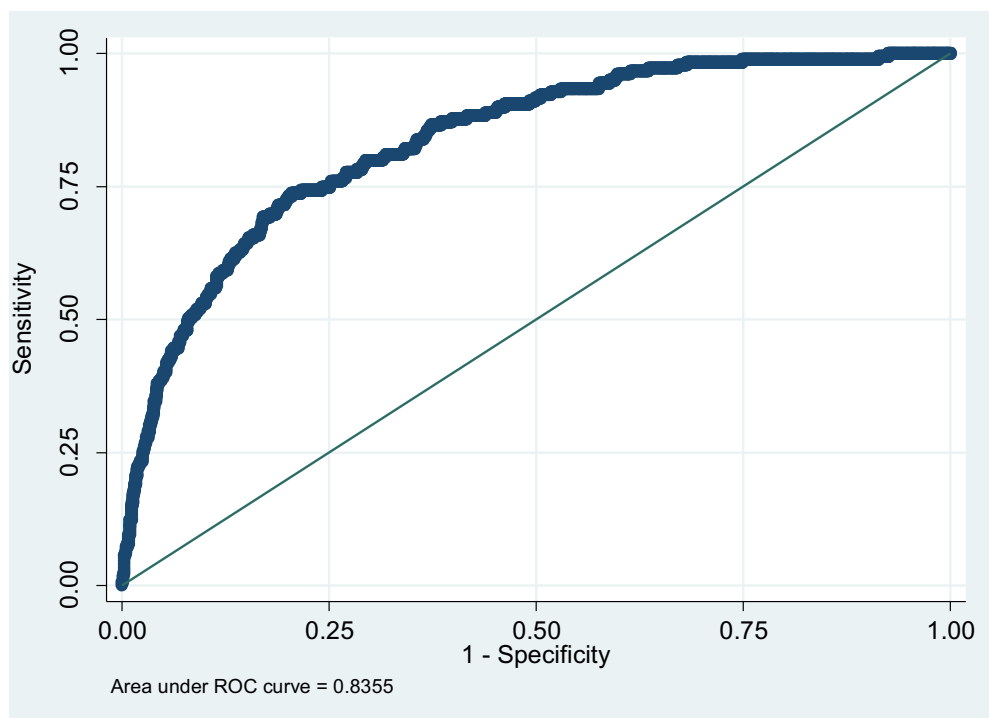
number of observations = 2829
number of groups = 10
Hosmer-Lemeshow chi2(8) = 6.53
Prob > chi2 = 0.5882

Vedlegg 16 – ROC-kurver

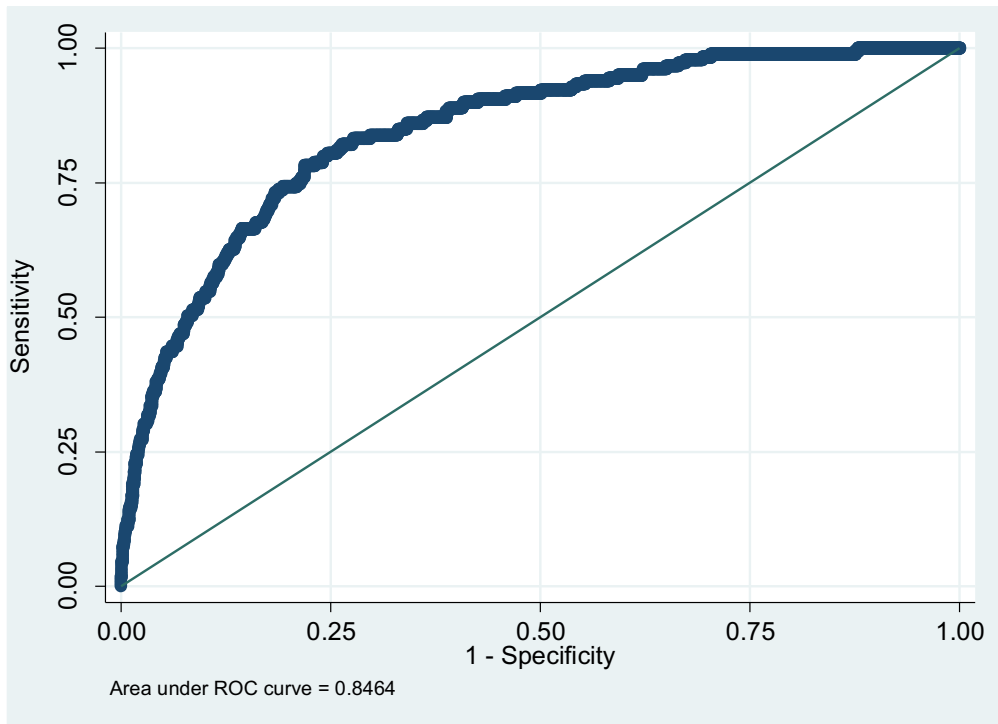
Modell 1:



Modell 3:



Modell 7:



Vedlegg 17 – Linktest for modell 1, 3 og 7

Modell 1:

```

Logistic regression                               Number of obs   =    2,829
                                                  LR chi2(2)      =    211.65
                                                  Prob > chi2     =    0.0000
Log likelihood = -561.47934                    Pseudo R2      =    0.1586

```

Behandling	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
_hat	.4038384	.1679397	2.40	0.016	.0746827	.7329942
_hatsq	-.1614783	.043116	-3.75	0.000	-.2459841	-.0769726
_cons	-.3422759	.2034899	-1.68	0.093	-.7411088	.056557

Modell 3:

```

Logistic regression                               Number of obs   =    2,829
                                                  LR chi2(2)      =    282.78
                                                  Prob > chi2     =    0.0000
Log likelihood = -525.91831                    Pseudo R2      =    0.2119

```

Behandling	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
_hat	.5233114	.1367321	3.83	0.000	.2553214	.7913014
_hatsq	-.1296639	.0351629	-3.69	0.000	-.1985818	-.0607459
_cons	-.2300996	.1680401	-1.37	0.171	-.5594521	.0992529

Modell 7:

```

Logistic regression                               Number of obs   =    2,829
                                                  LR chi2(2)      =    306.46
                                                  Prob > chi2     =    0.0000
Log likelihood = -514.07622                    Pseudo R2      =    0.2296

```

Behandling	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
_hat	.8163807	.0640609	12.74	0.000	.6908237	.9419376
_hatsq	-.0501931	.0107035	-4.69	0.000	-.0711717	-.0292146
_cons	-.082692	.15605	-0.53	0.596	-.3885444	.2231604