

Kostnadsstrukturer i oppdrettsnæringen

En translog kostnadsfunksjon estimert for årene 2009 til 2021 med «seemingly unrelated regression»

Nora Christina Lokken

Master of Economics
ECON4091 30 stp

Økonomisk Institutt
Samfunnsvitenskapelig Fakultet

November 2023



Forord

Denne masteroppgaven er skrevet i forbindelse med forskningsprosjektet «Economy of the North» – et samarbeid mellom Statistisk Sentralbyrå og Cicero Senter for klimaforskning. Forskningsprosjektet analyserer økonomiske strukturer i det sirkumpolare Arktis. Denne oppgaven er mitt bidrag til å øke innsikten i den «blå økonomien» i nordområdene. Jeg er veldig takknemlig for veiledning, støtte og muligheten forskningsprosjektet har gitt meg. I tillegg er jeg takknemlig overfor Fiskeridirektoratet som har muliggjort analysen ved å dele data.

Jeg ønsker å takke Økonomisk Institutt på UiO for to fine studieår. Studietiden har gitt meg vennskap, lærdom og muligheter jeg ikke ville vært foruten.

Jeg vil rette en takk til venner, familie, medstudenter, kollegaer og professorer som har støttet og hjulpet meg før og underveis i oppgaven. Jeg ønsker spesielt å rette en takk til Nils-Henrik von der Fehr som har bidratt med uvurderlig støtte og veiledning.

Jeg tar forbehold om feil i oppgaven og eventuelle svakheter er mine egne.

Sammendrag

Denne oppgaven inneholder en analyse av kostnadsstrukturen i produksjon av laks og ørret i Norge for årene 2009 til 2021. Matfiskproduksjonen har hatt økende enhetskostnader siden 2005. For å analysere kostnadsstrukturen har jeg estimert en kortsiktig translog kostnadsfunksjon sammen med andelsfunksjonen for før. Jeg har brukt datagrunnlaget til Lønnsomhetsundersøkelsen fra Fiskeridirektoratet. Derfor gir denne analysen en mulighet for å vurdere kostnadsstrukturen med oppdaterte data. Jeg har både brukt metoden «seemingly unrelated» regresjon med faste effekter, og sammenlignet resultatene med estimer fra minste kvadraters metode med faste effekter. Estimaterne fra «seemingly unrelated» regresjon er mer signifikante enn med minste kvadraters metode. Resultatene peker på skalaeffekter i produksjonen, og at kapasitetsbegrensningen gjør at produsentene ikke kan oppnå lavere enhetskostnader. De variable kostnadene øker når faktorprisene øker. Dette stemmer overens med eksisterende litteratur.

Innholdsfortegnelse

Innholdsfortegnelse	4
1. Introduksjon	6
1 Bakgrunn om næringen.....	7
1.1 Produksjonstillatelser.....	8
1.2 Produksjonsprosessen/livsløpet	9
1.3 Andre forhold i næringen	10
2 Litteraturoversikt.....	13
3 Metode	15
4 Data	18
4.1 Om datasettet	18
4.2 Utvalg	18
4.3 Variabler.....	19
4.3.1 Kostnader	19
4.3.2 Fôr	20
4.3.3 Arbeidskraft.....	20
4.3.4 Kapital	21
4.3.5 Smolt	21
4.3.6 Andre driftskostnader	22
4.3.7 Produksjon.....	22
4.4 Tids- og selskapsspesifikke variasjoner.....	23
4.4.1 Selskapsspesifikke variasjoner	23
4.4.2 Tidsspesifikke variasjoner	24
5 Empiriske resultater	24
5.1 Resultater fra kostnadsfunksjonen estimert med Seemingly Unrelated regresjon	24
5.2 Isolerte effekter.....	26
5.2.1 Skalaegenskaper	26

5.2.2	Elastisiteten til fôrprisen.....	26
5.2.3	Elastisiteten til arbeidskraft.....	27
5.2.4	Elastisiteten til kapital.....	27
5.3	Tester.....	28
5.4	Resultater fra OLS med faste effekter.....	29
5.5	Isolerte effekter fra OLS.....	31
5.5.1	Skalaegenskaper fra OLS.....	31
5.5.2	Elastisiteten til fôrpris fra OLS.....	31
5.5.3	Elastisiteten til timelønn fra OLS.....	32
5.5.4	Elastisiteten til kapital fra OLS.....	32
6	Diskusjon av analyse og modell.....	32
7	Konklusjon.....	34
8	Referanser.....	36
9	Vedlegg.....	39
9.1	Resultater fra andelsfunksjonene lemma.....	39
9.2	Tidsspesifikke variasjoner.....	39

1. Introduksjon

I denne oppgaven skal jeg analysere kostnadsstrukturen i matfiskproduksjon av laks og ørret for årene 2009 til 2021. Jeg skal analysere kostnadsstrukturen ved å estimere en kostnadsfunksjon for næringen, og undersøke elastisiteten til faktorprisene, samt skalaeffektene i produksjonen. Analysen tar utgangspunkt i paneldata fra Fiskeridirektoratet. For å gjennomføre analysen bruker jeg metoden «seemingly unrelated» regresjon for å estimere kostnadsfunksjonen som et system sammen med faktorfunksjonene. Jeg sammenlikner resultatene fra denne metoden med en minste kvadraters (OLS) dummy-variabel regresjon.

Oppgaven er skrevet i forbindelse med et mastersamarbeid på forskningsprosjektet «Economy of the North» (ECONOR). Forskningsprosjektet er et samarbeid mellom miljø, ressurs- og innovasjonsgruppen i forskningsavdelingen til Statistisk Sentralbyrå og Cicero Senter for Klimaforskning. Formålet med ECONOR-prosjektene er å gi en oversikt over økonomi og levekår i de arktiske regionene, sett i sammenheng med endringer i klima og miljø (Statistisk sentralbyrå, 2022). ECONOR-prosjektene har utgitt rapporter for 2006, 2008, 2015 og 2020. Den neste ECONOR-rapporten skal inneholde et kapittel om «den blå økonomien». I den forbindelse har jeg fått støtte til å analysere kostnadsstrukturene i oppdrettsnæringen.

Analysen bygger videre på allerede eksisterende litteratur om kostnadsstrukturene i oppdrettsnæringen. Tidligere forskning har analysert kostnadsstrukturer for årene 1985-2014. Jeg bruker samme datasett som har vært brukt i tidligere forskning på feltet, men denne oppgaven dekker syv nye år med data og gir dermed mulighet for å vurdere utviklingen i næringen siden 2014. Med mer oppdatert data er analysen derfor et relevant tillegg i forskningen rundt kostnadsstrukturer i oppdrettsnæringen.

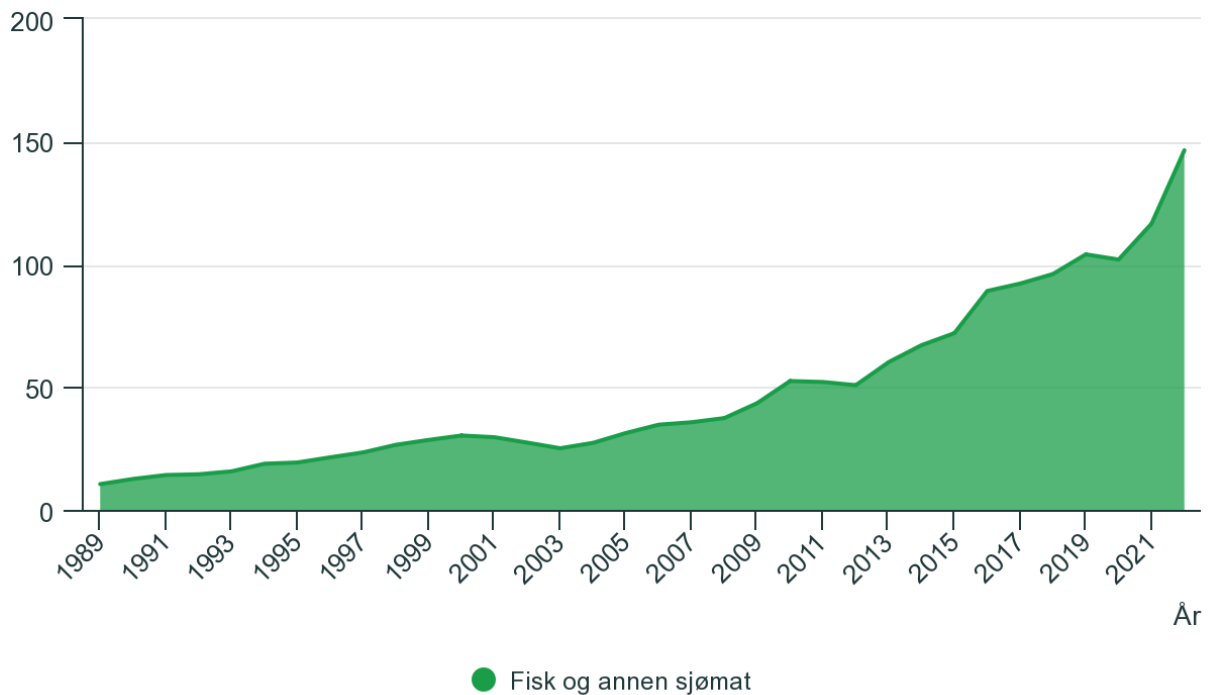
Oppgaven er strukturert ved at det først gis bakgrunn om oppdrettsnæringen i kapittel 2, deretter kommer oversikten over eksisterende litteratur i kapittel 3, så kommer teori og metode sammen i kapittel 4, så følger datakapittelet i del 5, så resultater og diskusjon i kapittel 6, også til sist konklusjon med forslag til videre forskning.

1 Bakgrunn om næringen

Akvakultur er Norges største eksportindustri etter olje og gass (Statistisk sentralbyrå, 2023). Akvakultur omfatter fisk, alger og skalldyr. I denne oppgaven setter jeg søkelys på oppdrett av laks og ørret, betegnet videre som laks eller fisk.

Eksport av fisk etter verdi

Milliarder kroner



FIGUR 1: Eksport av fisk etter verdi. Kilde: Utenrikshandel med varer, SSB

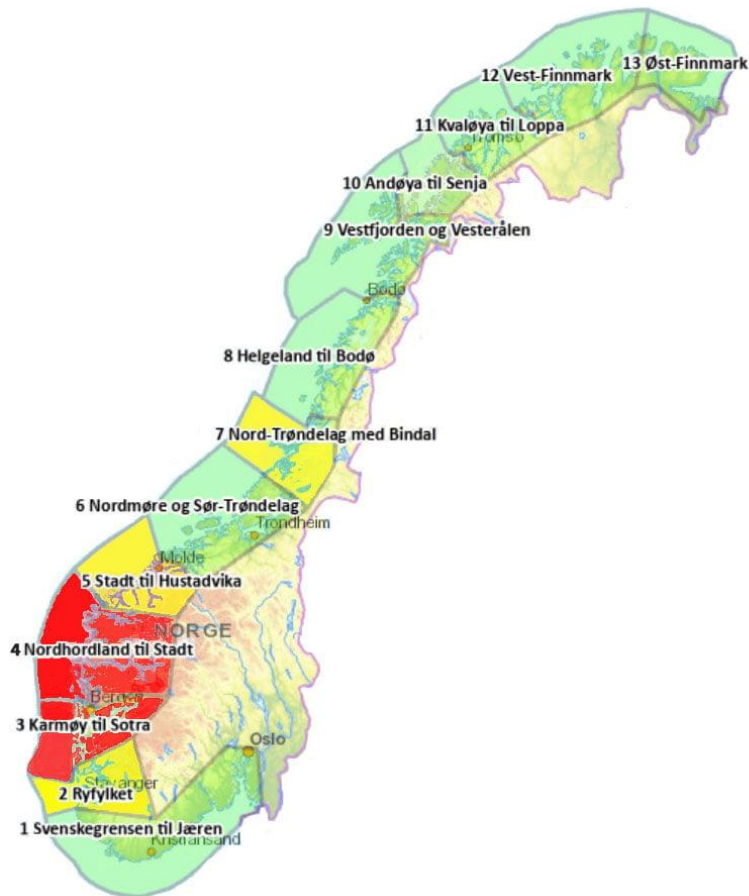
Lakseoppdrett begynte på starten av 1900-tallet og skulle sikre norske kystbønder med små bruk livsgrunnlag ved rett til å fiske i fjorden (NOU 2019:18). De fikk tillatelser som sikret denne retten. Fram til begynnelsen av 1990-tallet var én tillatelse ensbetydende med én gård/ett selskap. Etter 1990 ble det lov for et selskap å ha flere tillatelser. Kystbønder med store bruk fikk da også lov til å eie flere tillatelser (Asche, Bjørndal, 2011). Litt forenklet skjer tildeling av tillatelser i dagens prosess i to trinn: Fiskeridirektoratet vurderer søkere og gir tilsagn om tillatelse, deretter er det klarering av lokalitet (som i dag gjøres av fylkeskommunen sammen med andre myndigheter). Ved oppfyllelse av disse to trinnene, fattes det vedtak som gir rett til drift (av produksjon av en bestemt art på en bestemt lokalitet) (Fiskeridirektoratet, 2023). Dette endret markedsdynamikken, og i dag består oppdrettsnæringen av mange små, noen mellomstore, og noen veldig store produsenter.

Myndighetene har forsøkt å regulere matfiskproduksjonen på flere måter. Tilgangen på fôr ble begrenset først, men da tilpasset produsentene seg ved å substituere seg mot mer proteinrikt og dermed mer effektivt fôr for å kunne opprettholde produksjonsnivåene. Myndighetene gikk bort fra denne reguleringen. I dag er det begrensninger i maksimalt tillatt biomasse (MTB) i sjøen, og begrensninger i produksjonen basert på krav til vannmiljøet.

1.1 Produksjonstillatelser

For å drive oppdrettsproduksjon må selskapene kjøpe produksjonstillatelser fra Fiskeridirektoratet. En tillatelse er en avtale mellom myndighetene og oppdrettselskaper som sier at de får enerett til å drive produksjon på bestemte steder i norske fjorder. Avtalen legger til grunn visse bestemmelser. Hver tillatelse har en biomassebegrensning som bestemmer maksimalt tonn biomasse (MTB) for hver lokalitet. Produksjonstillatelsene kan enten være tilknyttet lokaliteter eller de kan overføres mellom lokaliteter (Fiskeridirektoratet, 2023). Fylkeskommunene bestemmer lokalitetene, og de kan alltid trekke tilbake en lokalitetsklarering. Fiskeridirektoratet har også alltid mulighet til å trekke tilbake en produksjonstillatelse. Dette er hjemlet i laksetildelingsforskriften (Fiskeridirektoratet, 2023).

Størrelsen på en standard produksjonstillatelse er på 780 tonn. I Troms og Finnmark er tillatelsene på inntil 945 tonn (Fiskeridirektoratet, Biomasse, 2023). Norgeskysten er delt inn i tretten produksjonsområder, som figuren under viser. I hvert produksjonsområde er det flere lokaliteter, tillatelser og produsenter. Hvert år vurderer Fiskeridirektoratet hvordan oppdrettslaksen påvirker villaksen i produksjonsområdene. Påvirkningen på villaksen måles ved hvor mye lakselus det er på villaksen. Gjennom den såkalte trafikklysordningen kan Fiskeridirektoratet justere MTB-nivået på tillatelsene ved å gi grønt, gult eller rødt lys. I 2022 hadde både produksjonsområde 3 og 4 rødt lys. Lyset indikerer om selskapene med lokaliteter og tillatelser i hvert produksjonsområde kan øke, beholde eller redusere produksjonen sin med inntil 5 prosent av tillatelsesstørrelsen (Fiskeridirektoratet, 2023).



FIGUR 2: Trafikklys i produksjonsområdene juni 2022. Kilde: Regjeringen.no

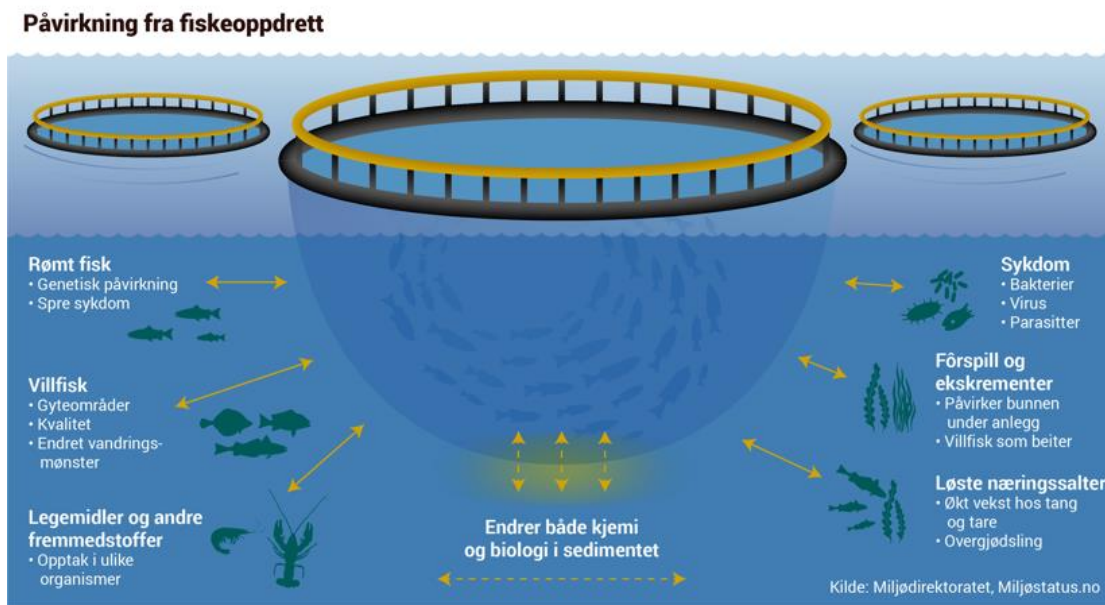
1.2 Produksjonsprosessen/livsløpet

Oppdrett av laks og ørret betegner både matfiskproduksjon og settefiskproduksjon. Settefiskproduksjon er produksjon av settefisk, også kalt smolt. Settefisken produseres i ferskvann og går gjennom en smoltifisering hvor ungfisken tilvannes sjøvann. Her blir smolten føret opp til å bli matfisk. Matfiskprodusentene setter smolt ut i merdene i april og oktober hvert år. Smolten føres opp over en 24 måneders periode hvor den vokser seg opp til slaktestørrelse. Fisken har mest gunstige vekstvilkår i varmere vann. Kvaliteten på fisken når sin topp rett før den blir kjønnsmoden. Fisken blir slaktet når det er mest gunstig for produsenten, men det er ikke tillat å la oppdrettsfisken nå kjønnsmoden alder av biologiske hensyn til villaksen (Asche, Bjørndal, 2011). Kapasitetsbegrensningen er tidsuavhengig så produsenten har mulighet til å nå biomassebegrensningen flere ganger i løpet av et år. Produsentene vil forsøke å maksimere mengden fisk gitt begrensningen. Produsentene vil ofte ha produksjonsnivå på 1,5 gang biomassebegrensningen. Det endelige produksjonsnivået vil variere, og avhenger av kapasitetsbegrensningen, vekstforhold, sykdom og slaktestid. Til tross for at produksjonsnivået

kan variere vil det selv ved helt gunstige forhold være en kapasitetsgrense gitt størrelsen på tillatelsen.

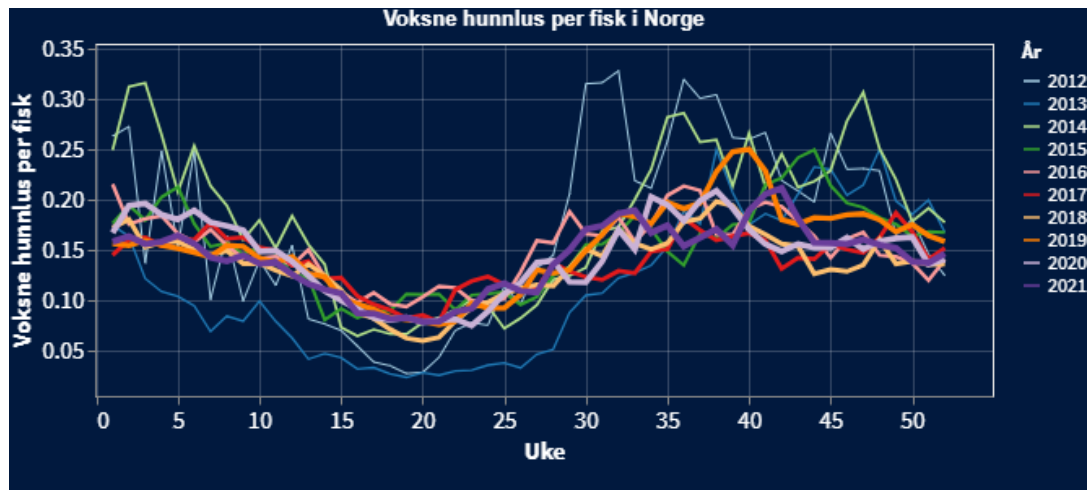
1.3 Andre forhold i næringen

Myndighetenes reguleringer er i stor grad ment for å korrigere for markedssvikt. Lakselus, rømming og biologiske påvirkninger er noen av eksternalitetene som oppstår som følge av matfiskproduksjon i fjorden. Figur 3 gir et innblikk i hvordan dette henger sammen.

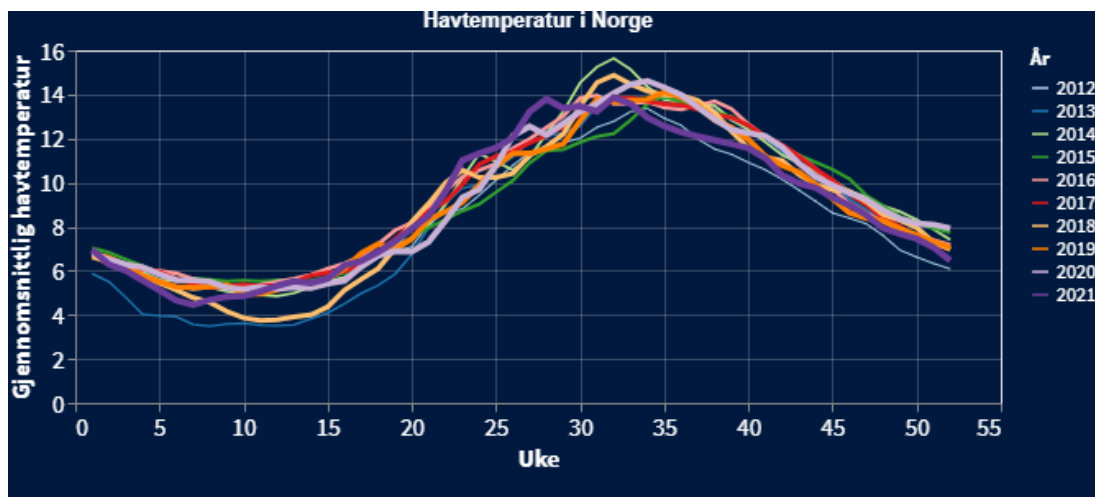


Figur 3: Påvirkning fra fiskeoppdrett. Kilde: Miljødirektoratet

Lakselusen er kanskje den største tredjepartsvirkningen av oppdrettsproduksjon. Lusen er et parasittisk krepsdyr som bruker laks som vertedyr, og livnærer seg på den (Havforskningsinstituttet, 2021). Lusen skader laksen og svekker dens immunforsvar, slik at den er mer utsatt for å få andre sykdommer eller dø. Lakselusen lever hele året, men i likhet med laksen vokser den raskere i varmere havtemperaturer. Dette vises i figur 4 og 5. Lusen sprer seg raskt både i og mellom merdene. Lusen sprer seg også til villaksen, spesielt når oppdrettsfisken rømmer. Dette påvirker villaksbestanden.



FIGUR 4: Voksne hunn lus per fisk i Norge fra 2012-2021. Kilde: lusedata.no



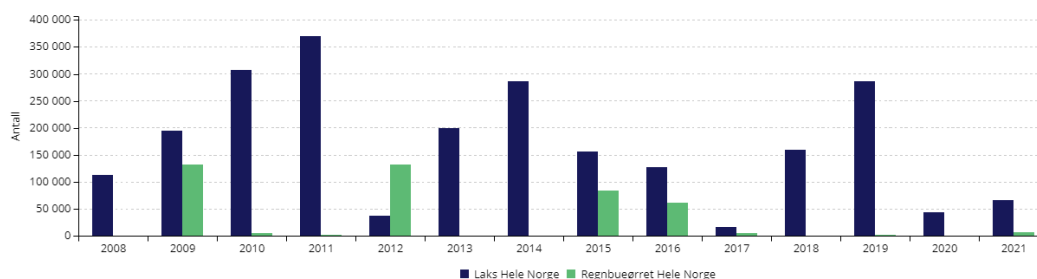
FIGUR 5: Havtemperatur i Norge. Kilde: lusedata.no

Lakselus bekjempes med for eksempel medisin eller renseskjort som spiser lakselusen av vertslaksen uten å skade vertslaksen. Forebyggende tiltak mot lakselus er overvåkning, fôr mot lus og såkalt «luseskjørt». Et luseskjørt er en slags duk som legges over merden. Skjørtet er utformet sånn at luselarver ikke skal komme gjennom og inn til laksen i merden. Oldheim (2022) fant at luseskjørt halverte lakselusen en forsøksmerde sammenlignet med en kontrollmerde. Det er færre muligheter for å forebygge spredningen av lakselusen lusen smitter over på villaksen. Villaksen kan bli smittet på flere måter, blant annet ved at oppdrettslaks rømmer.

Rømt oppdrettslaks har flere uheldige virkninger. Oppdrettslaksen vokser frem under helt andre forhold med tanke på genetisk sammensetning, fôr, medisiner, vekstforhold og stressfaktorer. Oppdrettsprodusentene står overfor strenge krav for å sikre at oppdrettslaksen ikke rømmer til åpent vann eller svømmer opp i vassdrag og forstyrrer villaksen. Selv med

strengt krav er rømming et stort problem. Oftest skyldes rømming menneskelig svikt ved at laksen kommer ut i åpent vann ved behandling av nøter, fjerning av død fisk, overvåking av helse, eller gjennom slakt. Rømming kan også oppstå dersom noten får hull som følge av vær, påkjørsler, eller andre fisker ødelegger noten (Barentswatch, 2023).

Over 60 prosent av rømmingstilfellene skjer knyttet til arbeidsoperasjoner. Av disse hendelsene er det oftest rømming i forbindelse med avlusing (Fiskeridirektoratet, 2023). Rømt oppdrettsfisk kan forstyrre andre marine arters bestander, gyteområder, næringsgrunnlag, balanse i økosystemet, samt kan forstyrre og svekke villaksens biologiske sammensetning. Havforskningsinstituttets risikovurdering 2022 viser til Grefsrud m.fl. (2022) som påpeker at rømt oppdrettslaks er en risiko fremover i de fleste produksjonsområdene (Havforskningsinstituttet, 2022). Myndighetene har innført tiltak for å redusere og kontrollere rømming av oppdrettslaks. Blant annet har de innført et nasjonalt overvåkningsprogram for rømt laks. I tillegg har produsentene et felles ansvar om å sette i gang tiltak på steder som er preget av mye rømt oppdrettslaks.



FIGUR 6: Kilde: Rømming, Barentswatch

Det er vanskelig å si helt sikkert hvor stor påvirkning rømmingen har da 1) ikke all rømming er rapportert, 2) ikke all rømming blir oppdaget, 3) det kan være vanskelig å vite hvor mye som har rømt, og 4) påvirkningsskaden kan variere av blant annet terskelverdier og geografi. Dermed er nok rømmingsstatistikken lavere enn realiteten.

I tillegg til lakselus og rømming er forurensing av vannmiljøet en utfordring i oppdrettsnæringen. Dette kommer tydeligst frem av overføring, ekskrementer på bunnen, og giftstoffer fra kobberimpregnerte nøter. Produsentene er underlagt krav fra Akvakulturdriftsforskriften (2008) som bl.a. innebærer krav til systematiske målinger av vannkvalitet (§ 22. Vannkvalitet og overvåking), samt miljøovervåking (§ 35.

Miljøovervåkning) gjennom regelmessige undersøkelser av bunnforhold i oppdrettsanlegg, og påfølgende rapportering til Fiskeridirektoratet.

De ulike reguleringene som tar sikte på å redusere de negative eksternalitetene ved matfiskproduksjon, påvirker kostnadene til produsentene, i form av investeringer, arbeidskraftsbehov, fôr og andre utgifter. I analysen vil disse elementene i stor grad håndteres gjennom selskapsspesifikke og årsspesifikke faste effekter.

2 Litteraturoversikt

Siden 1980-tallet har det økonomifaglige søkelyset på akvakultur, spesielt oppdrett av laks og ørret i sjø, økt betraktelig. Jeg konsentrerer meg her om litteratur om den norske virksomheten, spesielt den som gjelder lønnsomhet og kostnader.

Fiskeridirektoratet har siden 1986 gjennomført årlige lønnsomhetsundersøkelser for oppdrettsnæringen. Undersøkelsen omfatter matfisk-, smolt-, yngel- og rognproduksjon. Funnene presenteres både på regionsnivå og nivå for størrelsesgrupper inndelt etter antall produksjonstillatelser. Lønnsomhetsundersøkelsen regnes som offisiell statistikk, og har sørget for et konsistent og sammenlignbart datagrunnlag i over tretti år. Denne tilgjengeligheten har gjort det mulig å gjennomføre detaljerte analyser av oppdrettsnæringen.

Tveterås (2002) undersøkte hvordan agglomerasjonseffekter påvirket kostnadsstrukturen på selskapsnivå. Tveterås brukte data fra lønnsomhetsundersøkelsen til Fiskeridirektoratet for årene 1985 til 1995. Datasettet inneholdt i overkant av 2,638 observasjoner for 586 produsenter. De tidligere årene er kjennetegnet av at eierne drev produksjonsanleggene, mens i de senere årene kunne flere av anleggene være eid av samme selskap. I datasettet er det oppført hvilket fylke hvert selskap har produksjon. Agglomerasjonseffektene ble målt etter antall arbeidere i en region, samt antall produksjonsanlegg i en region. Forfatterne spesifiserte en kortsiktig translog kostnadsfunksjon med fôr og arbeidskraft som variable innsatsfaktorer og kapital som fast. Funksjonen inkluderte også variabler for agglomerasjonseffektene. Kostnadsfunksjonen ble estimert i et system sammen med faktorandelen for fôr ved å bruke Zellner (1962) sin metode «seemingly unrelated regression». Forfatterne testet to modeller med ulik spesifisering av agglomerasjonsleddene med en likelihood ratio test. Resultatene viste at agglomerasjonsfordeler kunne kompensere for skalaeffekter i produksjon for små selskaper lokalisert i nærheten av hverandre. Fram til 1990-tallet var forholdet mellom gård og tillatelse nærmest 1:1, men dette gjelder ikke lenger. Derfor er dette datasettet mindre relevant å bruke i

dag fordi produsenter nå kan være oppført med produksjon i flere fylker uten at de må spesifisere hvilke kostnader som gjelder for hvilke områder og tillatelser.

Asche, Kumbhakar og Tveterås (2007) undersøkte om produksjonsteknologien i oppdrettsnæringen burde representeres av en kostnads- eller profittfunksjon. Dette gjorde de fordi kostnadsfunksjonen gir bare informasjon om hvordan produsentene tilpasser produksjonen på kort sikt, mens en profittfunksjon kan gi informasjon om hvordan produsentene tilpasser produksjonen på lang sikt. Forfatterne brukte data fra Fiskeridirektoratet for årene 1985-1995. Kostnadsfunksjonen ble spesifisert som om en langsiktig translog kostnadsfunksjon med innsatsfaktorene fôr, kapital og arbeidskraft. I tillegg inkluderer forfatterne dummyer for tid og region. Funksjonen blir estimert som et system sammen med andelsfunksjonene. Den langsiktige profittfunksjonen ble avledet fra den estimerte kostnadsfunksjonen. Forfatterne fant at de ikke kunne forkaste nullhypotesen om at produksjonsteknologien skal representeres av kostnadsfunksjonen. De påpekte at dette ikke nødvendigvis betyr at produsentene ikke maksimerer profitt.

Asche og Bjørndal (2011) har skrevet boken «The Economics of Salmon Aquaculture». Boken presenterer en systematisk analyse av akvakulturnæringen i et produksjons- og markedspektiv. Analysen tar primært utgangspunkt i norsk data, men der det er mulig, sammenliknes Norge med andre produsentland, for eksempel Chile, Skottland og Canada. Forfatterne fant at enhetskostnadene i matfiskproduksjon har sunket siden 80-tallet og frem til 2005. I denne perioden skyldes kostnadsnedgangen i hovedsak teknologiske fremskritt, spesielt innenfor fôr. Fôrsammensetningen endret seg fra å være en blanding av fisk og biorester, til å inneholde fiskeolje og fiskemel, og til slutt å være fôr i pelletform. Fôrpelletsen ble mer proteinrik og kunne i større grad enn tidligere inneholde vegetabiliske proteiner som for eksempel soya. Økt vegetabilisk sammensetning gikk da på bekostning av rødfargen som villaksen naturlig får fra reker. Derfor ble rødfarge, «astaxanthin», tilsatt i fôrpelletsen. Denne tilsetningen er kostbar og står for 10% av fôrkostnadene. I tillegg til ny fôrteknologi fant Asche og Bjørndal at maskinfôring var mer effektivt enn håndfôring når produksjonsnivåene økte. Teknologiske fremskritt i innsatsfaktoren fôr har med andre ord hatt store betydninger for de fallende kostnadene frem til 2005. Forfatterne fant også at de økte kostnadene siden 2005 i stor grad skyldes eksterne faktorer som sykdomsutbrudd og spredning av lakselus. Kostnadene til behandling og forebygging av sykdom har også økt.

Aponte og Tveterås (2019) undersøkte kostnadsdriverne i matfiskproduksjonen for årene 2001 til 2014. De brukte data fra lønnsomhetsundersøkelsen til Fiskeridirektoratet. Datasettet

inneholdt 1550 observasjoner fra 251 selskaper. For å finne kostnadsdriverne, spesifiserte de en kortsiktig translog kostnadsfunksjon. Kostnadsfunksjonen inkluderte smolt, fôr, arbeidskraft og «andre driftskostnader» som variable innsatsfaktorer og kapital som fast. I tillegg inkluderte forfatterne tids- og selskapsdummyer. Funksjonen ble estimert i et system sammen med faktorandelene for smolt, fôr og arbeidskraft. For å teste om kapital og individdimensjonen skulle inkluderes som ledd i kostnadsfunksjonen, testet de med likelihood ratio tester; resultatene tilsa at leddene skulle inkluderes. Resultatene viser at økt fôrpris er en viktig kostnadsdriver i produksjonen. Etterspørselen etter fôr er uelastisk, så produksjonskostnadene er svært sensitive overfor endringer i fôrprisen. I tillegg er «andre driftskostnader» en kostnadsdriver, som blant annet fanger opp eksternaliteter som lakselus og sykdom.

Andre analyser av næringen som ikke står sentralt her kan ses i for eksempel Salvanes (1988), Asche og Tveterås (2007), Kvaløy og Tveterås (2008) og Grundvåg og Tveterås (2023).

3 Metode

I tradisjonell produsentteori er den profittmaksimerende mengden der hvor marginale inntekter er lik marginale kostnader. Da velger produsenten produksjonsnivået som maksimerer profitten. Dette er ikke mulig i oppdrettsnæringen fordi produksjonsnivået til enhver produsent avhenger av antall tillatelser de har, og det er optimalt å utnytte kapasiteten fullt ut. På lang sikt har produsentene mulighet for å kjøpe flere tillatelser eller få justert kapasitetsbegrensningen gjennom trafikkløssystemet. På kort sikt må produsentene tilpasse produksjonsnivået etter biomassebegrensningen de står overfor.

Kapasitetsbegrensningene har dermed stor innvirkning på kostnadene; i realiteten kan vi tenke på produsentenes problem som å minimere kostnadene gitt kapasitetsbegrensningene. Kostnadsstrukturen avhenger dermed av innsatsfaktorprisene og faktorbruken, inkludert faste og variable elementer.

Produksjonskostnadene kan derfor deles inn i faste og variable kostnader. Variable kostnader er kostnader som avhenger av produksjonsmengden. For eksempel vil fôrbruken øke dersom produksjonsnivået øker. Faste kostnader er kostnader som ikke avhenger av produksjonsmengden på kort sikt, for eksempel kapital. Kapital blir i denne sammenheng en gitt størrelse som representerer kapasitetsbegrensningen (nødvendige investeringer for å utnytte produksjonstillatelsene).

Jeg legger til grunn at produsentene er pristakere i markedet for innsatsfaktorer. Kostnadene kan representeres som et optimeringsproblem hvor kapital og faktorprisene inngår som gitte

størrelser. Optimeringsproblemet kan spesifiseres som en kortsiktig kostnadsfunksjon hvor \mathbf{x} og \bar{k} er to vektorer av variable og faste innsatsfaktorer, og \mathbf{w} og \bar{w} er faktorprisene til variable og faste innsatsfaktorer:

$$sc(\mathbf{w}, \bar{w}, y; \bar{k}) \equiv \min_x \mathbf{w} \cdot \mathbf{x} + \bar{w} \cdot \bar{k} \quad s. t. \quad f(\mathbf{x}, \bar{k}) \geq y,$$

der y representerer produksjonsmengden og $f(\mathbf{x}, \bar{k})$ produksjonsmulighetene (produktfunksjonen). Det første leddet i minimanden er kostnader til variable innsatsfaktorer og siste ledd kostnader til faste innsatsfaktorer. For det kostnadsminimerende valget av innsatsfaktorer kan dermed skrives:

$$sc(\mathbf{w}, \bar{w}, y; \bar{k}) = \mathbf{w} \cdot x(\mathbf{w}, \bar{w}, y; \bar{k}) + \bar{w} \cdot \bar{k},$$

der $x(\mathbf{w}, \bar{w}, y; \bar{k})$ er faktoreterspørselsfunksjonene. Faktoreterspørselen avhenger av prisene på innsatsfaktorene og produksjonen. I tillegg inngår de faste innsatsfaktorene som (skift)parametre, fordi bruken av variable innsatsfaktorer kan avhenge av mengden faste faktorer.

Hvis produktfunksjonen er kontinuerlig og strengt økende følger det at kostnadsfunksjonen er kontinuerlig, som betyr at for ethvert definert produksjonsnivå er det en tilhørende definert kostnad (Jehle and Reny, 2011, Chapter 3). Kostnadsfunksjonen er økende i produksjonsmengden for alle strengt positive faktorpriser. I tillegg er kostnadsfunksjonen konkav og homogen av grad én i faktorprisene. Dersom produktfunksjonen er strengt kvasikonkav, kan vi bruke Shephard's lemma for å finne andelsfunksjonene til innsatsfaktorene fra de deriverte av kostnadsfunksjonen med hensyn til hver faktorpris.

Skalautbytte handler om forholdet mellom kostnadene dersom produksjonsnivået øker. Dersom skalautbytte er konstant, vil en økning i produksjonen på 10% gi en økning i kostnadene på 10%; dersom skalautbytte er avtakende (tiltakende) vil kostnadene øke mindre (mer) enn 10%.

For å analysere kostnadsstrukturen, må kostnadsfunksjonen spesifiseres som en parametrisert funksjon. I likhet med den tidligere litteraturen referert ovenfor, og da spesielt Aponte og Tveterås (2018), velger jeg en transcendental logaritmisk (translog) kostnadsfunksjon. Denne funksjonen tilfredsstiller de teoretiske egenskapene ved kostnadsfunksjonen samtidig som den er svært fleksibel og derfor egner seg godt for empiriske analyser.

For de variable kostnadene kan den generelle formen representeres slik:

$$\ln VC = \beta_0 + \beta_y \ln y + \frac{1}{2} \beta_{yy} (\ln y)^2 + \sum_i \beta_{yi} \ln y \ln w_i + \sum_i \beta_i \ln w_i + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \beta_{ij} \ln w_i \ln w_j,$$

der ledd som representerer eksogene parametere (kapasitet mm.) ikke er inkludert.

Jeg tar utgangspunkt i denne spesifikasjonen. Jeg baserer meg på to variable innsatsfaktorer, henholdsvis fôr og arbeidskraft. I tillegg inkluderer jeg kapital (som en representasjon av kapasitet) og ledd som fanger opp tids- og selskapsspesifikke variasjoner. Den økonometriske spesifikasjonen blir da:

$$\begin{aligned} \ln VC = & \beta_0 + \sum_i^I \lambda_i D_i + \sum_t^T \beta_t D_t + \beta_y \ln Y + \beta_k \ln K + \beta_f \ln F + \beta_l \ln L + \frac{1}{2} \beta_{ff} (\ln F)^2 \\ & + \frac{1}{2} \beta_{ll} (\ln L)^2 + \beta_{fl} \ln F \ln L + \beta_{fk} \ln F \ln K + \beta_{lk} \ln L \ln K + \beta_{fy} \ln F \ln Y \\ & + \beta_{ly} \ln L \ln Y + \beta_{ky} \ln K \ln Y + \frac{1}{2} \beta_{yy} (\ln Y)^2 + \frac{1}{2} \beta_{kk} (\ln K)^2 + u_{it} \end{aligned}$$

hvor VC er variable kostnader, D_i er en dummy som fanger opp selskapsspesifikke variasjoner, D_t er en dummy som fanger opp årsspesifikke variasjoner, Y er produksjonsvolum, K er kapitalkostnader, F er fôrpris, L er timelønn og u_{it} fanger opp uobserverte effekter.

Ved å bruke Shephard's lemma, blir andelsfunksjonene for innsatsfaktorene fôr (S_f) og arbeidskraft (S_l) gitt ved:

$$S_f = \frac{\partial \ln VC}{\partial \ln F} = \beta_f + \beta_{ff} \ln F + \beta_{fl} \ln L + \beta_{fy} \ln Y + \beta_{fk} \ln K$$

$$S_l = \frac{\partial \ln VC}{\partial \ln L} = \beta_l + \beta_{ll} \ln L + \beta_{fl} \ln F + \beta_{ly} \ln Y + \beta_{lk} \ln K$$

Med disse tre likningene er det nå mulig å estimere kostnadsstrukturen i oppdrettsnæringen.

Jeg velger to tilnærminger for å estimere kostnadsfunksjonen. Begge tilnærminger bygger på OLS-regresjon, og begge tar høyde for at datasettet er paneldata. Den ene måten er å estimere kostnadsfunksjonen med dummyer for tid og selskap. Denne metoden kalles regresjon med faste effekter eller dummy-variabler. Fordelen med metoden er at uobserverte variabler fanges opp i stor grad ved å inkludere tids- og selskapsvariasjoner som egne variabler.

Den andre måten er lik den første, men den estimerer kostnadsfunksjonen samtidig som andelsfunksjonene for innsatsfaktorene. Denne metoden kalles på engelsk «seemingly unrelated regression». I litteraturen brukes ofte denne metoden når koeffisientene i likningene avhenger av hverandre, som her med kostnadsfunksjonen og andelsfunksjonene. Zellner introduserte metoden i 1963 og fant at estimatene ble mer konsistente når likningene estimeres sammen i et system. Likningene som inngår i systemet, er i dette tilfellet kostnadsfunksjonen

og en av andelsfunksjonene. Den andre andelsfunksjonen må utelukkes fra systemet for å unngå singularitet. Det har ingen betydning på resultatene hvilken andelsfunksjon som ekskluderes.

For å estimere systemet bruker jeg pakken «systemfit» i R. Det er ikke mulig å inkludere faste effekter som et argument i pakken, så jeg legger inn dummyer manuelt for å få med tids- og selskapsspesifikke variasjoner. I likhet med Aponte og Tveterås (2019) velger jeg å normalisere faktorprisene før jeg tar logaritmen av dem. Jeg normaliserer variablene ved å dele hver observasjon på gjennomsnittet for den enkelte faktor. På denne måten måles observasjonene på samme skala.

4 Data

4.1 Om datasettet

Datasettet er hentet fra grunnlagsmaterialet fra “Lønnsomhetsundersøkelsen for matfiskproduksjon” laget av Fiskeridirektoratet. Lønnsomhetsundersøkelsen har pågått siden 1982, og har som formål å sikre et godt datagrunnlag for forskning og analyse av akvakulturnæringen. Lønnsomhetsundersøkelsen omfatter mer enn bare matfiskproduksjon, men mitt datasett er avgrenset til opplysninger fra matfiskproduksjon i perioden 2009 til 2021. Datasettet består av regnskapsdata for oppdrettsselskaper i undersøkelsesårene. Grunnlagsmaterialet er elektronisk samlet inn av Fiskeridirektoratet. Innsamlingen er hjemlet i “Lov nr. 79 av 17. Juni 2005, Lov om akvakultur” og i paragraf §24 “plikter innehaverne av akvakulturtillatelse å svare på skjemaet”. Fiskeridirektoratet kvalitetssjekker opplysningene ved å sammenlikne dem med årsregnskapet fra Brønnøysundregisteret.

På Fiskeridirektoratet sine nettsider ligger samme informasjon aggregert opp til gjennomsnittstall. Fiskeridirektoratet har presentert opplysningene på to måter. Den første måten er å dele inn selskaper i størrelsesgrupper etter hvor mange tillatelse de har i undersøkelsesåret. Gruppene er delt inn i slik; 1-9 tillatelse, 10-19 tillatelse og over 20 tillatelse. Den andre inndelingen er på fylkes- og regionnivå. Det er usikkert hvorvidt de geografiske dataene er representative, da det er overlapp i hvilke selskaper som driver oppdrett i hvilke fylker. Dersom sistnevnte var av tilstrekkelig god kvalitet, hadde det vært interessant å inkludere geografi som en egen variabel i analysen.

4.2 Utvalg

Utvalget består i utgangspunktet av alle selskaper som hadde produksjon av laks og regnbueørret i undersøkelsesårene 2009 til 2021. Selskaper med annen virksomhet enn

matproduksjonen er ekskludert dersom inntekten oversteg enten 10 prosent for ikke-oppdrettsrelatert virksomhet og/eller 30 prosent for oppdrettsrelatert inntekt. Datasettet inneholder ikke informasjon på tillatelsesnivå, så det er mulig at noen av produsentene driver med både matfiskproduksjon og smoltproduksjon. I kostnadsfunksjonen er jeg interessert i matfiskprodusentene. Selskaper som har smoltkostnader lik null er antatt å være smoltprodusenter, og er derfor ekskludert. Etter dette består datasettet av 1072 observasjoner fordelt på 140 selskap i perioden 2009 til 2021.

Datasettet er ubalansert. Antallet selskaper i et undersøkelsesår varierer fra 76 til 106. Ubalansen kan for eksempel skyldes mangel på rapportering, endret eierstruktur eller at inntekt fra annen virksomhet var over terskelverdiene for å bli inkludert i undersøkelsen. En fordel med et utbalansert datasett er at det ikke vil farges av overlevelsesskjevhet, altså at datasettet bare inneholdt selskaper som overlevde gjennom perioden. Dersom analysen hadde vært avgrenset til et balansert datasett, hadde jeg mistet mange observasjoner og ikke fått et representativt bilde av kostnadsstrukturene i næringen. Utvalget inneholder nesten alle oppdrettsprodusentene i næringen i tidsrommet.

4.3 Variabler

I dette delkapitlet presenterer jeg variablene som inngår i kostnadsfunksjonen, samt hvilke som blir utelatt. Variablene som omfatter priser eller kostnader er inflasjonsjustert til 2015-tall etter SSB sin konsumprisindeks.

4.3.1 Kostnader

Figur 7 viser gjennomsnittsselskapets kostnader til innsatsfaktorene per kg fisk produsert i tidsrommet 2009 til 2021. Ved å summere disse kostnadene får vi raden «Sum C1» som viser totale kostnader per kg produsert fisk for et gjennomsnittsselskap i perioden 2009 til 2021. De hvite radene i figuren viser hvor stor andel av kostnadene som går til hver innsatsfaktor. Andelen kostnader til smolt holder seg jevnt på mellom ti og tolv prosent. Andelen kostnader til fôr er størst i alle årene, men synker nokså jevnt fra 56 prosent til 43 prosent. Samtidig har fôrkostnadene doblet mellom 2009 og 2021. Andelen lønnskostnader holder seg jevnt på omtrent åtte prosent. Andelen kapitalkostnader holder seg også jevnt på omtrent seks prosent. Kapitalkostnadene dekker blant annet kostnader til merdene og produksjonstillatelser (Asche, Bjørndal, 2011). Kostnader til annen drift øker fra tjue prosent i 2009 til tretti prosent i 2021. Disse kostnadene dekker blant annet lusemiddel og medisin. Fra 2012 til 2013 øker andelen kostnader til «andre driftskostnader» med hele seks prosentpoeng.

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Smolt	1,77	2,28	2,16	2,07	2,13	2,49	2,74	3,33	3,66	3,79	4,62	4,72	5,19
	0,11	0,12	0,12	0,11	0,10	0,11	0,10	0,10	0,11	0,11	0,11	0,11	0,12
Fôr	8,97	10,11	10,21	10,19	11,01	11,58	13,18	15,07	15,25	15,31	17,33	18,68	19,50
	0,56	0,54	0,55	0,54	0,49	0,50	0,48	0,46	0,44	0,45	0,42	0,44	0,43
Lønn	1,17	1,56	1,50	1,46	1,74	1,89	2,08	2,37	2,91	3,05	3,57	3,64	3,63
	0,07	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,07	0,08	0,09	0,09	0,09	0,08
Kapital	0,90	1,05	1,01	1,04	1,19	1,24	1,59	1,87	2,04	2,32	2,88	2,89	2,86
	0,06	0,06	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07	0,07	0,06
Annen drift	3,27	3,74	3,72	4,10	6,25	6,01	7,91	10,09	10,63	9,53	13,02	12,79	13,66
	0,20	0,20	0,20	0,22	0,28	0,26	0,29	0,31	0,31	0,28	0,31	0,30	0,30
Sum C1	16,09	18,73	18,60	18,87	22,32	23,21	27,50	32,73	34,49	34,00	41,43	42,72	44,84
Sum C2	11,05	12,72	12,72	12,70	13,94	14,71	16,85	19,31	20,21	20,68	23,79	25,21	25,99
C2/C1	0,69	0,68	0,68	0,67	0,62	0,63	0,61	0,59	0,59	0,61	0,57	0,59	0,58

FIGUR 7: Gjennomsnittsselskapets kostnader til innsatsfaktorene per kg fisk produsert

4.3.2 Fôr

Fôr er en helt essensiell innsatsfaktor i matfiskproduksjonen. Over tid har den største andelen av produksjonskostnadene gått til fôr. Fôrprisen for hver produsent beregnes som totale fôrkostnader delt på netto fôrlager pluss forkjøp i kilogram. Netto fôrlager er differansen mellom mengden fôr på lager ved inngangen og utgangen av året.

$$Fôrpris = \frac{fôrkostnad}{Netto fôrlagerbeholdning + fôrkjøp}$$

Som nevnt avhenger den endelige fôrprisen av hvor effektivt fôret brukes. Dette omtales som fôrfaktoren. Den viser hvor mange kg fôr som trengs for å produsere en kg fisk. Fôrfaktoren har vært nokså stabil over tid, og ligget rundt 1,24. Ineffektiv bruk av fôret som for eksempel ved overføring, vil gjøre at produsentene trenger mer fôr for å produsere en kg fisk, så for å ha lavest mulig fôrpris må produsentene utnytte fôret best mulig. En økning i fôrprisen driver derfor opp produksjonskostnadene. I kostnadsfunksjonen er fôrprisen representert ved variabelen F .

4.3.3 Arbeidskraft

Arbeidskraft betegnes som lønnskostnader delt på antall betalte arbeidstimer det året. Arbeidstimene avgrenses til arbeidsinnsats knyttet til oppdrettsvirksomheten, ikke arbeidsinnsats i eget slakteri og liknende. Jeg velger å bruke arbeidstimer som mål for

arbeidskraft, fordi det er mer realistisk at produsentene har mulighet til å justere antall arbeidstimer enn årsverk. Prisen på arbeidstimer blir dermed timelønn som representeres i kostnadsfunksjonen med L . Figur 8 viser deskriptiv statistikk for antall årsverk i datasettet. Antall årsverk er regnet ut som sum betalte arbeidstimer delt på timer i et årsverk. Ett årsverk er satt til 1845 timer og følger av nøkkelen til Budsjettnemda for jordbruk.

Min.	1. kvartil	Median	3. kvartil	Max.
0.910	6.372	12.560	33.439	904.010

FIGUR 8: Statistikk for antall årsverk. Kilde: Lønnsomhetsundersøkelsen for matfiskproduksjon (Fiskeridirektoratet).

4.3.4 Kapital

Kapital inngår ikke som en egen variabel i datasettet. Litteraturen er delt i hva som brukes som et mål for kapital. Asche og Bjørndal (2011) bruker finanskostnader og avskrivning på driftsmidler. Hos dem omfatter da kapital produksjonstillatelser, merder, forflåter og annet utstyr. Aponte og Tveterås (2019) bruker verdien på eiendeler. Jeg hadde avskrivninger på driftsmidler i datasettet og bruker derfor det som kapitalmål.

4.3.5 Smolt

Smolt, også kalt settefisk, er ungfisken som overføres fra ferskvann til sjøvann. Denne prosessen kalles smoltifisering. Smolten føres opp i sjøvann til å bli matfisk. I smoltstadiet er dødeligheten høy, og ikke all smolt som settes ut i sjøen, overlever. Faktorer som sykdom og vannforhold er avgjørende for om smolten overlever. I dag er overlevelseshraten på smolt 90%. I litteraturen har noen inkludert smolt som innsatsfaktor (Aponte, Tveterås, 2019), mens andre ikke har det (Tveterås, 2002). I datasettet mitt har jeg kostnadsposten «smoltkostnader», men jeg har ingen variabel som representerer prisen på smolt som innsatsfaktor. For å inkludere variabelen i kostnadsfunksjonen, trenger jeg prisen. En måte å løse denne utfordringen på, er å anta at produsentene er pristakere i markedet for smolt. Fiskeridirektoratet har offentlig tilgjengelig data for salgsprisen for smolt i alle undersøkelsesårene i min analyse. Salgsprisen kan brukes som prisen på innsatsfaktoren, men hvis bare ni av ti smolt overlever, så vil ikke salgsprisen pr. stykk representere den reelle prisen på innsatsfaktoren for hvert selskap. En annen utfordring er at alle produsenter har smolt som innsatsfaktor, men ikke alle disse har kostnader forbundet med *innkjøp* av smolt. Jeg har filtrert ut selskapene fra datasettet med smoltkostnader lik null, men det utelukker ikke at andre kan ha en kombinasjon av egen smolt og kostnader til innkjøp av smolt. Av disse grunnene har jeg valgt å utelukke smolt fra

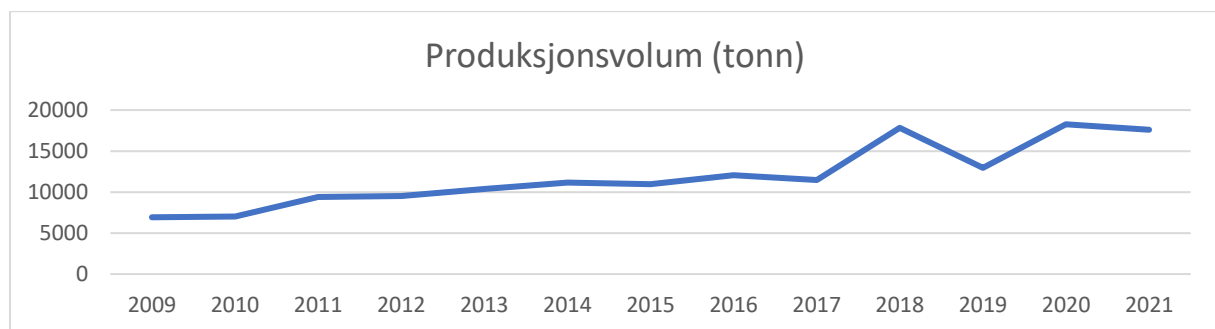
kostnadsfunksjonen, selv om smolt er en helt essensiell del av matfiskproduksjonen. Det er likevel nyttig å undersøke utviklingen av smoltkostnadene, som vist i figur 7.

4.3.6 Andre driftskostnader

I regnskapsdataene for selskapene inngår «andre kostnader» som en egen kostnadspost. Denne variabelen plukker opp alle andre kostnader som inngår i produksjonen, men det er ikke spesifisert akkurat hva som inngår i variabelen, og heller ikke hvordan kostnadene er fordelt i samlebetegnelsen. «Andre driftskostnader» plukker blant annet opp kostnader forbundet med bekjempelse av lakselus. Aponte og Tveterås (2019) inkluderer «andre driftskostnader» som en egen innsatsfaktor i kostnadsfunksjonen. Jeg kan ikke skille ut faktorprisen, så jeg velger å utelukke variabelen. Den er ikke mindre viktig som innsatsfaktor av den grunn. Historisk har denne kostnadsposten økt over tid. Dette kan skyldes at lakselus også har vært en økende utfordring for produsentene.

4.3.7 Produksjon

Antall tonn produsert matfisk har økt i perioden 2009 til 2021. Produksjonsnivået økte mest mellom 2017 og 2018. I 2019 sank produksjonsnivået igjen før det nådde et høyt nivå i 2020 og 2021.



FIGUR 9: Produksjon (tonn) av laks og ørret fra 2009 til 2021. Kilde: Fiskeridirektoratet, Lønnsomhetsundersøkelsen for matfiskproduksjon

I analysen måles produksjon som summen av solgt mengde fisk og endring i lagerbeholdning og fisk i sjøen fratrukket utsatt smolt. Fisk omfatter både laks og ørret. Endring i lagerbeholdning måles som differansen mellom beholdning av henholdsvis frossen fisk og levende fisk ved henholdsvis utgangen og inngangen av året. Alle størrelser er i kilogram.

Tabellen nedenfor viser deskriptiv statistikk for variablene.

Deskriptiv statistikk				
Variabel	Gjennomsnitt	Standardavvik	Max	Min
Produksjon (Tonn)	11 595,30	22 295,36	287 764,35	352,29
Fôrpris (Nok/Kg)	10,55	2,81	22,07	5,16
Timelønn (Nok)	392,04	127,42	1 049,35	59,43
Kapital (1000 Nok)	21 927,03	55 790,50	781 860,65	1,06

Figur 10: Deskriptiv statistikk for avhengige variabler

4.4 Tids- og selskapsspesifikke variasjoner

I tillegg til innsatsfaktorer og kostnader inkluderer jeg tids- og selskapsdummyer for å kontrollere for faste effekter. De tidsspesifikke variasjonene i faste effekter legger til grunn at det er mulig å fange opp tidsbestemt varians, som for eksempel mindre gunstige vekstforhold som følge av lavere temperatur et år. De selskapsspesifikke effektene antas å være konstante over tid, og plukke opp varians som skyldes heterogenitet i selskapene, for eksempel tilegnet kunnskap og erfaring. Poenget med å inkludere faste effekter er for å kontrollere for systematiske forskjeller over år og selskaper.

4.4.1 Selskapsspesifikke variasjoner

Kostnadene varierer naturligvis mellom selskapene i analysen. I tillegg til forskjellige produksjonsnivåer og fysiske forutsetninger er det andre selskapsspesifikke variasjoner som kan ha innvirkning på kostnadsstrukturen. Datasettet inneholder små, mellomstore og store selskaper. Noen selskaper har vært i næringen lenge og har vært med på å forme næringen. Andre kommer inn i markedet og kan stå overfor høyere innledende kostnader. Selskapene i analysen varierer i tillatelsesstørrelse og type tillatelser. Noen selskaper driver med horisontal og /eller vertikal produksjon i tillegg til produksjonen av laks og ørret. Noen driver med forskning og teknologiutvikling i tillegg til matfiskproduksjonen, og kan ha investeringskostnader som gjenspeiler seg som høye kostnader. Klima og miljø spiller en stor rolle i kostnadsstrukturen i næringen. Hvilket produksjonsområde en tillatelse gjelder for kan ha betydning for hvilke kostnader selskapene i det området står overfor. Lederskap og eierstrukturer kan også påvirke kostnadsstrukturene. For å kontrollere for alle disse faktorene som kan gjenspeile seg i systematiske forskjeller velger jeg å inkludere dummyer for selskap. Datasettet er ubalansert så ikke alle de selskapsspesifikke variasjonene vil være signifikante.

4.4.2 Tidsspesifikke variasjoner

Produksjonskostnadene i næringen varierer fra år til år. Frem til 2005 var det synkende kostnader, og i 2005 var de på sitt laveste. Etter 2005 har det ikke vært store teknologiske fremskritt som har drevet ned kostnadene. Tidsdimensjonen i næringen kan kontrollere for eventuelle teknologisk fremskritt. Den kan også kontrollere for sjokk som for eksempel nye reguleringer som endrer kostnadsstrukturen for alle selskapene. I tillegg kan tidsdimensjonen fange opp systematiske variasjoner over tid som skyldes vannmiljøet, sykdom, og andre vekstforhold. Jeg inkluderer ikke interaksjonsledd mellom tidsspesifikke variasjoner, produksjon og innsatsfaktorer. Aponte og Tveterås (2019) inkluderte disse interaksjonene for å kunne skille ut teknologisk utvikling i faktorene, men i mitt forsøk ble interaksjonene svært upresise og ikke signifikante.

5 Empiriske resultater

5.1 Resultater fra kostnadsfunksjonen estimert med Seemingly Unrelated regresjon

I Figur 11 vises estimeringsresultatene. Den viser resultatene for de sentrale variablene, men ikke for de ulike dummyene; estimatene for koeffisientene til disse er vist i vedlegget. Stjernene på koeffisientene angir signifikans, på henholdsvis 10 prosent (*), 5 prosent (**) og 1 prosent (***)

Jeg har estimert fire forskjellige spesifikasjoner. Modell 4 er den fulle modellen med både interaksjonsledd (som fanger opp samspill mellom de ulike variablene) og kvadrerte ledd (som fanger opp eventuelle ikke-lineariteter for enkeltvariabler).

De øvrige modellene representerer ulike restriksjoner på modellen. Modell 3 er estimert uten selskapsdummys. Modell 2 er estimert uten kapitalledd. Modell 1 er den enkleste modellen, som kun inneholder lineære spesifikasjoner av variablene.

Kostnadsfunksjonen estimert med "Seemingly Unrelated Regression"				
	logVC			
	(1)	(2)	(3)	(4)
Konstantledd	18.481*** (0.101)	18.425*** (0.106)	19.070*** (0.029)	18.617*** (0.096)
logY	0.629*** (0.017)	0.729*** (0.023)	0.730*** (0.012)	0.577*** (0.022)
logF	0.362*** (0.050)	0.335*** (0.055)	0.355*** (0.048)	0.213*** (0.052)
logL	0.044* (0.020)	0.066* (0.020)	0.109*** (0.025)	0.050 (0.026)
logK	0.074*** (0.008)		0.259*** (0.011)	0.240*** (0.014)
logY:logY		0.060*** (0.015)	-0.016 (0.012)	-0.010 (0.017)
logF:logF		0.105 (0.181)	-0.199 (0.175)	0.123 (0.167)
logY:logF		-0.052 (0.026)	-0.060 (0.030)	-0.050 (0.033)
logF:logL		0.041 (0.069)	0.076 (0.066)	0.021 (0.063)
logL:logL		-0.007 (0.059)	0.045 (0.056)	-0.001 (0.056)
logY:logL		0.024 (0.021)	0.001 (0.022)	0.001 (0.024)
logK:logK			0.052*** (0.003)	0.044*** (0.004)
logY:logK			-0.014** (0.005)	0.014 (0.007)
logF:logK			-0.018 (0.019)	-0.062 (0.022)
logL:logK			-0.007 (0.011)	-0.016 (0.012)
Observasjoner	1,072	1,072	1,072	1,072
R ²	0.989	0.987	0.9841	0.989
Adjusted R ²	0.986	0.985	0.983	0.987

FIGUR 11: Resultater fra SUR modellene

I modell 1 er alle koeffisientene signifikante og med de forventede fortegn (alle positive). Estimaterne koeffisientene til de lineære leddene er relativt like på tvers av de ulike modellene, særlig produksjon og faktorprisene. Koeffisienten til det lineære leddet for kapital varierer i større grad mellom spesifikasjonene, og koeffisienten til det kvadrerte leddet (i modellene 3 og 4) er klart signifikant. De øvrige kvadrerte leddene og interaksjonsleddene er i liten grad signifikante estimert.

5.2 Isolerte effekter

5.2.1 Skalaegenskaper

I modell 1 er koeffisienten til produksjonsnivået lik 0.629. Det betyr at den forventede økningen i variable kostnader er 0.629 prosent når produksjonsnivået øker med én prosent. Skalaelasticiteten er med andre ord mindre enn én, noe som betyr at produksjon og kostnader ikke vokser proporsjonalt, og det er mulighet for å oppnå lavere enhetskostnader ved å øke produksjonen. På grunn av kapasitetsbegrensningen står ikke produsentene fritt til å øke produksjonsnivået på kort sikt.

For å se om det finnes skalaeffekter av produksjonen i den fulle modellen, må vi skille ut den isolerte effekten av produksjon. Ved å derivere kostnadsfunksjonen med hensyn på produksjon får vi:

$$\frac{\partial \ln VC}{\partial \ln Y} = 0.577 - 0.050 \ln F + 0.021 \ln L + 0.014 \ln K - 0.010 \ln Y,$$

Ved å bruke gjennomsnittsverdiene for variablene blir resultatet:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \ln VC}{\partial \ln Y} &= 0.577 - 0.050(2.355) + 0.021(5.797) + 0.014(16.903) - 0.010(16.266) \\ &= 0.655 \end{aligned}$$

Estimatet er omtrent det samme som i modell 1. Modell 4 derimot inneholder interaksjonsledd mellom faktorene og produksjon som ikke er signifikante og forskjellene mellom estimatene kan derfor ikke regnes som betydelig. Koeffisienten til det kvadrerte produksjonsleddet er imidlertid positiv (og signifikant), noe som innebærer at stordriftsfordelen er avtagende med størrelse.

5.2.2 Elastisiteten til fôrprisen

I modell 1 er den estimerte koeffisienten til fôrprisen lik 0.362. Det betyr at en produsent kan forvente økte variable kostnader på 0.326 prosent når fôrprisen øker med én prosent. I modell 1 er denne koeffisienten signifikant på et 1% nivå. Det stemmer overens med økonomisk teori at kostnadene øker i faktorprisene. I modell 4 er den estimerte koeffisienten til fôrprisen er

0.213. Estimaten er statistisk signifikant på et 1% nivå. Ved å se på koeffisienten til det kvadrerte fôrleddet i funksjonen kan vi se at de variable kostnadene øker raskere jo mer fôrprisen øker, men leddet er ikke signifikant. Interaksjonsleddet mellom fôr og arbeidskraft er også positivt, og kan tyde på at innsatsfaktorene øker de variable kostnadene sammen, men dette leddet er heller ikke signifikant. Én prosent endring i fôrprisen gir den samlede effekten

$$\begin{aligned} \beta_f + \beta_{ff} \ln F + \beta_{fl} \ln L + \beta_{fk} \ln K + \beta_{fy} \ln Y \\ = 0.213 + 0.123(2.355) + 0.021(5.970) - 0.062(16.903) \\ - 0.050(16.266) = -1.233 \end{aligned}$$

Effekten av en økning i fôrprisen er altså negativ, noe den ikke burde være i henhold til teorien. Fortegnet bestemmes av de to siste interaksjonsleddene, men disse koeffisientene er meget upresist estimert og virkningen burde derfor ikke tillegges særlig stor vekt. Hvis man allikevel skal forsøke å gi mening til resultatet viser altså interaksjonsleddet mellom produksjonsnivå og fôrpris at fôrprisen produsentene står overfor, faller jo mer fisk som overlever til slakteklar fisk (tilsvarende for kapasitet). Fôrprisen avhenger av hvor effektivt fôret blir konvertert fra fôr til fisk. At betydningen av fôrprisen synker med produksjonsnivå, kan derfor tyde på at fôret blir mer effektivt konvertert til fisk når produksjonen er stor. Det kan skyldes at sykdom og dødelighet avtar produksjonsnivået.

5.2.3 Elastisiteten til arbeidskraft

I modell 1 er en økning i timelønnen på én prosent forbundet med en økning i variable kostnader på 0.044 prosent. Koeffisienten er statistisk signifikant. I modell 4 gir én prosent økning i timelønn en direkte forventet prosentvis økning på 0.05 prosent i de variable kostnadene. Det kvadrerte leddet indikerer at hastigheten på kostnadsøkningen fra timelønnen er avtakende (men koeffisienten er svært upresist estimert). Den totale effekten av økt timelønn på variable kostnader er:

$$\begin{aligned} \beta_l + \beta_{ll} \ln L + \beta_{fl} \ln F + \beta_{lk} \ln K + \beta_{ly} \ln Y = 0.05 - 0.001(5.970) + 0.021(2.355) - \\ 0.016(16.903) + 0.017(16.266) = 0.099 \end{aligned}$$

Gjennomsnittsselskapet (altså selskapet med gjennomsnittlig timelønn) kan altså forvente en én prosent endring i timelønnen øker de variabler kostnadene med omtrent 0.099 prosent.

5.2.4 Elastisiteten til kapital

I modell 1 er koeffisienten til kapitalen lik 0.074 og signifikant. Koeffisienten er høyere i den fulle modellen, der også det kvadrerte leddet har positive og signifikant koeffisient. En større

kapasitet synes med andre ord å medføre høyere variable kostnader, og effekten er tiltagende med kapasiteten.

En én prosent endring i kapitalen gir den estimerte verdien:

$$\begin{aligned} & \beta_k + \beta_{kk} \ln K + \beta_{fk} \ln F + \beta_{lk} \ln L + \beta_{ky} \ln Y + \beta_{tk} D_{t21} \\ & = 0.116 + 0.045(16.903) + 0.001(2.355) - 0.019(5.970) \\ & + 0.008(16.266) = 0.895 \end{aligned}$$

Altså vil en prosentvis økning i prisen på kapital øke gi en forventet økning i de variable kostnadene med 0.895 prosent. Det er med andre ord nær proporsjonalitet mellom kapital og variable kostnader.

5.3 Tester

Som nevnt i metodekapittelet, vil R^2 i en modell øke dersom man inkluderer flere variabler. Vi ser i resultatene at modell 4 har høyere R^2 de andre modellene. Det betyr ikke nødvendigvis at modell 4 faktisk er den beste modellen for å forklare kostnadsstrukturen i næringen. For å avgjøre hvilken modell som passer dataene best, bruker jeg likelihood ratio-tester for å sammenligne modellene. Jeg sammenligner hver av modellene 1, 2 og 3 med modell 4.

Tabellene presenterer nullhypotesene for de ulike variablene. Kolonnen $LR \chi^2$ inneholder test verdien, og har frihetsgradene i parentes. Test verdien er to ganger differansen mellom log-likelihood verdiene til hver modell (Wooldridge, 2020). P-verdien regnes ut med en kjikvadrattest som tar hensyn til frihetsgradene. Testene vider at alle p-verdiene er null. Det betyr at spesifikasjonen av modell 4 forklarer variansen i variable kostnader bedre enn modellene 1, 2 og 3. Selv om mange av variablene i modell 4 er upresist estimert, gir de altså forklaringskraft.

Test	Nullhypotese	$LR \chi^2$	P-verdi
Kapital	$H_0: \beta_k = \beta_{yk} = \beta_{fk} = \beta_{lk} = 0$	328.9 (6)	0.000
Selskapsdummy	$H_0: \sum_i \beta_i * D_i = 0$	572.6 (139)	0.000
Modell 1	$H_0: \beta_{fl} = \beta_{ff} = \beta_{fk} = \beta_{ll} = \beta_{lk} = \beta_{yf}$ $= \beta_{yl} = \beta_{yk} = \beta_{yy} = \beta_{kk} = 0$	256.4 (14)	0.000

Figur 12: Resultater fra likelihood Ratio Tester

5.4 Resultater fra OLS med faste effekter

Tabellen nedenfor viser resultatene for estimeringsmetoden minste kvadraters metode (OLS) med faste effekter. Jeg har estimert tre forskjellige spesifikasjoner.

Resultatene er i det store og hele som med den første estimeringsmetoden for alle spesifikasjonene. Koeffisientverdiene er på samme nivå og signifikansen for de enkelte koeffisientene er tilsvarende. Det ser med andre ord ikke ut som at å estimere kostnadsfunksjonen som et system gir noen vesentlig endring eller forbedring av resultatene.

Likevel er forklaringskraften mye lavere når kostnadsfunksjonen ikke estimeres sammen med andelsfunksjonen for før. I spesifikasjonen uten selskapsdummyene (modell 7), finner jeg imidlertid at forklaringskraften blir tilnærmet lik som i den tilsvarende SUR-modell (modell 4).

Kostnadsfunksjonen estimert med OLS med faste effekter			
	logVC		
	(5)	(6)	(7)
logY	0.649*** (0.017)	0.610*** (0.023)	0.759*** (0.013)
logF	0.397*** (0.050)	0.262*** (0.053)	0.407*** (0.049)
logL	0.037* (0.021)	0.038 (0.027)	0.089*** (0.025)
logK	0.065*** (0.009)	0.214*** (0.015)	0.231*** (0.012)
logY:logY		-0.022 (0.018)	-0.025* (0.013)
logF:logF		0.156 (0.169)	-0.197 (0.176)
logY:logF		-0.043 (0.034)	-0.056* (0.031)
logF:logL		0.046 (0.064)	0.106 (0.066)
logL:logL		-0.006 (0.057)	0.025 (0.057)
logY:logL		-0.007 (0.025)	-0.002 (0.023)
logK:logK		0.037*** (0.004)	0.047*** (0.004)
logY:logK		0.021*** (0.008)	-0.009 (0.006)
logF:logK		-0.068*** (0.023)	-0.021 (0.020)
logL:logK		-0.010 (0.013)	-0.005 (0.012)
Observasjoner	1,072	1,072	1,072
R ²	0.645	0.697	0.981
Adjusted R ²	0.585	0.642	0.981
F Statistic	415.789*** (df = 4; 916)	148.935*** (df = 14; 906)	3,889.003*** (df = 14; 1045)

Figur 13: Resultater fra OLS med faste effekter

5.5 Isolerte effekter fra OLS

5.5.1 Skalaegenskaper fra OLS

I modell 1 er koeffisienten til produksjonsnivået lik 0.610. Det betyr at den forventede økningen i variable kostnader er 0.610 prosent når produksjonsnivået øker med én prosent. I likhet med kostnadsfunksjonen estimert med «SUR» er det mulighet for å oppnå lavere enhetskostnader ved å øke produksjonen.

For å se om det finnes skalaeffekter av produksjonen i den fulle modellen, må vi skille ut den isolerte effekten av produksjon. Ved å derivere kostnadsfunksjonen med hensyn på produksjon får vi:

$$\frac{\partial \ln VC}{\partial \ln Y} = 0.610 - 0.043 \ln F - 0.007 \ln L + 0.021 \ln K - 0.022 \ln Y,$$

Ved å bruke gjennomsnittsverdiene for variablene blir resultatet:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \ln VC}{\partial \ln Y} &= 0.610 - 0.043(2.355) - 0.007(5.79) + 0.021(16.903) - 0.022(16.266) \\ &= 0.466 \end{aligned}$$

Den isolerte effekten er mindre som tilsier at produsentene har enda større mulighetsrom for å få lavere kostnader ved å øke produksjonsnivået. Den isolerte effekten inneholder ledd som ikke er signifikante, så derfor kan vi ikke trekke en konklusjon om størrelsen til skalaelastisiteten i modell 6.

5.5.2 Elastisiteten til fôrpris fra OLS

I modell 6 er den estimerte koeffisienten til fôrprisen lik 0.262. Det betyr at en produsent kan forvente økte variable kostnader på 0.262 prosent når fôrprisen øker med én prosent. Koeffisienten er signifikant på et 1% nivå. Ved å se på koeffisienten til det kvadrerte fôrleddet i modell 6 ser vi at dersom leddet var signifikant ville de variable kostnadene øke raskere når fôrprisen øker. Samlet sett vil en økning i fôrprisen på én prosent gi

$$\begin{aligned} \beta_f + \beta_{ff} \ln F + \beta_{fl} \ln L + \beta_{fk} \ln K + \beta_{fy} \ln Y \\ = 0.262 + 0.156(2.355) + 0.046(5.970) - 0.068(16.903) \\ - 0.043(16.266) = -0.918 \end{aligned}$$

Den samlede virkningen av fôr på variable kostnader gir en reduksjon i de variable kostnadene. Dette er som i modell 4 ikke å forvente når faktorprisene øker. Det er kun interaksjonsleddet mellom kapital og fôrprisen som er signifikant, så en kostnadsreduksjon er ikke sannsynlig å observere.

5.5.3 Elastisiteten til timelønn fra OLS

I modell 6 er en økning i timelønnen på én prosent forbundet med en økning i variable kostnader på 0.038 prosent, men koeffisienten er ikke statistisk signifikant. Ingen av leddene som fanger opp arbeidskraft gir estimerer som er sannsynlige å observere i dataene.

5.5.4 Elastisiteten til kapital fra OLS

I modell 6 er koeffisienten til kapitalen lik 0.214. Det kvadrerte kapitalleddet er lik 0.037. Begge koeffisientene er signifikante på et 1% nivå. I likhet med modell 4 gir dette at en større kapasitet er forbundet med økte kostnader, og effekten er tiltagende.

En én prosent endring i kapitalen gir den estimerte verdien:

$$\begin{aligned} \beta_k + \beta_{kk} \ln K + \beta_{fk} \ln F + \beta_{lk} \ln L + \beta_{ky} \ln Y \\ = 0.214 + 0.037(16.903) + 0.001(2.355) - 0.007(5.970) \\ + 0.021(16.266) = 1.142 \end{aligned}$$

Altså vil en prosentvis økning i prisen på kapital øke gi en forventet økning i de variable kostnadene med 1.142 prosent. Også her er det nær proporsjonalitet mellom kapital og variable kostnader.

6 Diskusjon av analyse og modell

Fra den eksisterende litteraturen vet vi at enhetskostnadene har økt siden 2005.

For å kunne analysere kostnadsstrukturen i oppdrettsnæringen på best mulig måte bør kostnadsfunksjonen inkludere alle faktorene som inngår i produksjonen. Kostnadsfunksjonen var her avgrenset til å kun se på forholdet mellom variable kostnader og fôrpris, arbeidskraft, kapital og produksjon. Figur 8 viste at kostnadsandelen til «andre driftskostnader» er innsatsfaktoren som har økt mest mellom 2009 til 2021, og dermed er det synd at det ikke var mulig å skille ut en faktorpris for dette forholdet. Variabelvalgene underveis skaper usikkerhet for hvorvidt de estimerte verdiene faktisk kan si noe om kostnadsstrukturene i oppdrettsnæringen. Kostnadsfunksjonens teoretiske grunnlag bygger på at kostnadene avhenger av produksjonsnivået, sammensetningen av innsatsfaktorer, og eksogent gitte faktorpriser. Jeg har brukt fôrprisen slik den er beregnet og oppgitt i datasettet fra Fiskeridirektoratet, men da fremkommer fôrprisen som prisen på fôret som resulterte i produsert fisk, og ikke kjøpsprisen per kg fôr. Dette kan gi igjen gi upresise estimerer, men det er vanskelig å si noe om hvor stor effekten kan være.

Det er også verdt å nevne at målet for kapital ikke nødvendigvis fullt ut fanger opp den underliggende kapasiteten. Dette kan også ha hatt innvirkning på resultatene. Jeg har brukt «avskrivning på driftsmidler» som mål, mens for eksempel Aponte og Tveterås (2019) har brukt sum av eiendeler. Datasettet inneholder ikke opplysninger om eiendeler, så jeg vurderte å bruke verdien for gjennomsnittlige sum eiendeler som er oppgitt på størrelsesgruppenivå som et mål. Ved å gi selskaper de samme gjennomsnittlige verdiene ville kapitalleddet da inngått som et lineært ledd for størrelsesgruppene. Dette tilfører ikke mer informasjon enn «avskrivninger på driftsmidler», så derfor utelukket jeg denne muligheten. Avskrivninger kan anses som et mer representativt ledd dersom avskrivningen er proporsjonal med kapitalverdien for alle selskapene.

Jeg har forsøkt å inkludere de samme innsatsfaktorene som Aponte og Tveterås (2019). Det har vist seg utfordrende å inkludere «andre driftskostnader» på en god måte. Posten er en pott som ikke har noe respektiv faktorpris. Variabelen dekker blant annet kostnader til forebygging og behandling av fiskehelse, og vil variere etter behov. Det er ikke tydelig hvordan andre har løst dette før, men en mulighet er å dele «andre driftskostnader» produksjonsvolum, som kostnad per kg fisk. Det ville åpenbart bli et nokså tilfeldig mål. Av den grunn utelukker jeg variabelen i analysen. «Andre driftskostnader» hadde vært interessant å analysere fordi når smitte og lus sprer seg raskt kan det være en post som fortsetter å øke frem i tid og være en kostnadsdriver i produksjonen. Det hadde vært interessant å analysere hvordan substitusjonsmulighetene er mellom «andre driftskostnader» og arbeidskraft, siden økt arbeidskraft kan være en mulighet for å sikre bedre fiskehelse. Det er mulig at tidsdummyene fanger opp en del av variasjonene i produksjonskostnadene som skyldes fiskehelse.

Etter nøye vurdering valgte jeg å ekskludere smolt som innsatsfaktor i den kortsiktige kostnadsfunksjonen. Dermed vil ikke kostnadsstrukturen representere hvordan de variable kostnadene avhenger av prisen på smolt. Jeg prøvde to muligheter for å inkludere en smoltpris. Den første var å la prisen være lik smoltkostnadene delt på antall kg produsert fisk. Dette gir prisen per fisk som blir produsert, men ikke prisen per smolt som produsenten står overfor i markedet for smolt. En annen mulighet for å inkludere innsatsfaktoren var å bruke den gjennomsnittlige årlige salgsprisen for smolt rapportert på Fiskeridirektoratet sine nettsider. Utfordringen med denne løsningen er å vite hvem man skal tilegne prisen til, da datasettet ikke inneholder informasjon om hvem som også produserer smolt.

Utover usikkerhet i variablene er datasettet i tillegg ubalansert. I SUR-modellene brukte jeg en likelihood ratio test for å se om selskapsdummyene kunne forklare mer enn modell 1 av

variansen i de variable kostnadene. Nullhypotesen var at forklaringskraften ikke økte, og hypotesen ble forkastet. Dette støtter valget om å inkludere selskapsdummyene. De aller fleste dummy-koeffisientene var signifikante på et 1 prosent signifikansnivå. I estimatene fra minste kvadraters metode sammenlignet jeg kostnadsfunksjonen med og uten faste effekter. Forklaringsgraden økte når tid var den eneste faste effekten. Forklaringskraften fra kostnadsfunksjonen estimert sammen med førfunksjonen var likevel høyere enn forklaringsgraden i minste kvadraters metode uten førfunksjonen. Dette peker på at «seemingly unrelated» regresjon er mer egnet enn minste kvadraters metode for å analysere kostnadsstrukturene i oppdrettsnæringen.

7 Konklusjon

I denne oppgaven har jeg estimert en kortsiktig translog kostnadsfunksjon for å undersøke kostnadsstrukturene i oppdrettsnæringen. Jeg finner i likhet med Asche og Bjørndal (2011) at de variable kostnadene for et gjennomsnittsselskap øker over tid. Dette vises i figur 7 og i tabell 15 i vedlegget. I likhet med Aponte og Tveterås (2019) finner jeg at endringer i førprisen øker de variable kostnadene mest. Jeg fant også at produsentene kunne oppnådd lavere enhetskostnader dersom det var mulig å øke produksjonen. Dette fant også Aponte og Tveterås (2019). Leddene som er signifikante stemmer overens med kostnadsfunksjonens egenskaper.

Til tross for god datakilde har det vært utfordrende å skille ut noen av de essensielle faktorprisene samt kapitalverdien. Dette medfører upresise estimater. For å forstå har det utfordrende å analysere kostnadsstrukturene utover før, arbeidskraft, og til dels kapital. I de totale kostnadene så vi at kostnadene til «andre driftskostnader» deriblant lusebehandling har økt betraktelig de siste årene. Lus smitter raskt i og mellom merdene, og rømt oppdrettslaks tar med seg uhelse ut i sjøen. Samtidig kjennetegnes næringen av skalaeffekter, og under lønnsomme forhold som oppdrettsnæringen opererer under har en profittmaksimerende aktør insentiv til å øke produksjonen ytterligere. Det vil være interessant for videre forskning å se på muligheten for å bryte ned kostnadene som inngår i «andre driftskostnader» og se om det er mulighetsrom for forbedringer som kan sikre bedre fiskehelse for oppdrettsfisken og villaksen, være mer bærekraftig for den norske fjorden, og forhindre dagens grad av eksternaliteter. Jeg foreslår også at Fiskeridirektoratet utformer et eget spørsmål om kostnader og priser til behandling og forebygging av sykdom, for å få skilt ut størrelsen på effekten fra «andre driftskostnader». Per i dag er det heller ikke tydelig i datasettet hvem som produserer smolt, så det burde fremover inngå som en egen variabel. Videre kan det være interessant å gjøre kjennetegnsanalyser på produsentene for å undersøke om det er noen systematiske forskjeller

for hvem som mer utsatt for produktivitetstap som følge av sykdom, og hvordan disse eventuelt tilpasser seg annerledes enn andre mindre utsatte. Dette kan være interessant å se opp mot hvorvidt trafikklysordningen og kapasitetsbegrensningen fungerer på ønsket vis.

8 Referanser

Akvakulturdriftsforskriften (2008). (01.01.2021). *Forskrift om drift av akvakulturanlegg*.

Lovdata. <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2008-06-17-822>

Aponte, F., Tveterås, S. (2019). On the drivers of cost changes in the Norwegian salmon aquaculture sector: a decomposition of a flexible cost function form 2001-2004, *Aquaculture Economics & Management*, 23:3, 276-291.

Arne Henningsen and Jeff D. Hamann (2007). Systemfit: A Package for Estimating Systems of Simultaneous Equations in R. *Journal of Statistical Software* 23(4), 1-40.

<http://www.jstatsoft.org/v23/i04/>.

Asche, F., Bjørndal, T. (2011). *Economics of Salmon Aquaculture*, Second Edition. Wiley-Blackwell.

Asche, F., Kumbhakar, S.C., Tveterås, R. (2007). Testing cost vs. profit function. *Applied Economics Letters*, 14:10, 715-718, DOI: [10.1080/13504850600592655](https://doi.org/10.1080/13504850600592655)

Asche, F., Roll, K., Tveterås, R. (2007). Productivity Growth in the Supply Chain – Another Source of Competitiveness for Aquaculture. *Martine resource economics*, 22:3, 329-334

Barentswatch. (2023). *Rømming*. Barentswatch.

<https://www.barentswatch.no/havbruk/romming>

Clemson University, Department of Economics. (2005). *The Transcendental Logarithmic Cost Function*. Clemson University. <https://www.clemson.edu>

Fiskeridirektoratet. (u.å). *Biomasse*. Fiskeridir. <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Drift-og-tilsyn/Biomasse>)

Fiskeridirektoratet. (2022). *Kapasitetsjustering*. Fiskeridir.

<https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tildeling-og-tillatelser/Kapasitetsjustering-trafikklyssystemet/kapasitetsjustering-trafikklyssystemet-2022>

Fiskeridirektoratet. (2023). *Lønnsomhetsundersøkelsen for matfiskproduksjon: Om statistikken*. Fiskeridir. https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tall-og-analyse/Loenksomhetsundersokelse-for-laks-og-regnbueoerret/Matfiskproduksjon-laks-og-regnbueoerret/_attachment/inline/94595c9d-38e3-432a-8c17-541a6c99d48f:c49eae1fbecb879119001b714b7dade135fd5e52/lon-kvalitetssikring.pdf

- Fiskeridirektoratet. (2023). *Rømmingsstatistikk*. Fiskeridir.
<https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tall-og-analyse/Roemningsstatistikk>
- Fiskeridirektoratet. (2023). *Tildelingsprosessen*. Fiskeridir.
<https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tildeling-og-tillatelser/Tildelingsprosessen>
- Havforskningsinstituttet. (05.07.2021). *Lakselus*. HI.
<https://www.hi.no/hi/temasider/arter/lakselus>
- Jehle, G. and Reny, P. (2011). *Advanced Microeconomic Theory*. 3rd Edition, Financial Times Prentice Hall, London.
- Kvaløy, O., Tveterås, R. (2008). Cost Structure and Vertical Integration between Farming and Processing. *Journal of Agricultural Economics*, 59:2, 269-311.
- Laksetildelingsforskriften. (2022). *Forskrift om tillatelse til akvakultur for laks, ørret og regnbueørret*. Lovdata. <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2022-11-07-1929?q=maksimalt%20tillatt%20biomasse>
- Oldham, T., Simensen, B., Trengereid, H., Oppedal, F. (2022). "Environmentally responsive parasite prevention halves salmon louse burden in commercial marine cages." *Aquaculture* (2022): 738902. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738902>
- Salvanes, K. (1988). *Salmon Aquaculture in Norway: An Empirical Analysis of Cost and Production Properties*. NHH. <https://openaccess.nhh.no/nhh-xmlui/handle/11250/162566?locale-attribute=en>
- Statistisk sentralbyrå. (2022). *ECONOR – The Economy of the North*. SSB.
<https://www.ssb.no/forskning/miljo-ressurs-og-innovasjonsokonomi/econor>
- Statistisk sentralbyrå. (2023) *Utenrikshandel med varer*. SSB.
<https://www.ssb.no/utenriksokonomi/utenrikshandel/statistikk/utenrikshandel-med-varer>
- Tveterås, R. (2002). Industrial Agglomeration and Production Costs in Norwegian Salmon Aquaculture. *Marine resource economics*, 17(1), 1-22
- Miljødirektoratet. (11.09.2023). *Påvirkning fra fiskeoppdrett*. Miljødirektoratet.
<https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/vann-hav-og-kyst/Akvakultur-fiskeoppdrett/>
- Miljødirektoratet. (11.09.2023). *Kobberforurensing*. Miljødirektoratet.
<https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/vann-hav-og-kyst/Akvakultur-fiskeoppdrett/>

Norsk fisk. (02.2022). *Historien om maksimalt tillatt biomasse (MTB)*. Norsk fisk. Utgave 2022:1. <https://norskfisk.no/2022/02/08/historien-om-maksimalt-tillatt-biomasse-mtb/>

NOU 2019:18. (2019). *Skattlegging av havbruksvirksomhet*. Finansdepartementet. <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/nou-2019-18/id2676239/>

Wooldridge, Jeffrey M. (2012). *Introductory econometrics: a modern approach*. Mason, Ohio: South-Western Cengage Learning

Zellner, A. (1962). An Efficient Method of Estimating Seemingly Unrelated Regressions and Tests for Aggregation Bias. *Journal of the American Statistical Association*, 57(298), 348–368. <https://doi.org/10.2307/2281644>

Zhang, D., Grundvåg, G. S., Tveterås, R. (2023). The impact of parasitic sea lice on harvest quantities and sizes of farmed salmon. *Aquaculture*, Volume 576, 739884, ISSN 0044-8486

9 Vedlegg

9.1 Resultater fra andelsfunksjonene

Den estimerte andelen for fôr er lik 0.792. Andelsfunksjonen for arbeidskraft er 0.122. Begge andelsfunksjonene er positive og andelen summerer seg til omtrent en hel. Dette tyder på at de teoretiske antakelsene holder i den estimerte kostnadsfunksjonen i modell 4.

Andelsfunksjon fôr		Andelsfunksjon arbeidskraft	
Konstantledd	0.792*** (0.002)	Konstantledd	0.122*** (0.001)
logF	-0.073*** (0.010)	logL	0.066*** (0.004)
logF:logF	-0.024 (0.068)	logL:logL	0.032* (0.014)
logF:logL	-0.052 (0.028)	logL:logF	-0.005 (0.0150)
logF:logY	-0.001 (0.011)	logL:logY	0.005 (0.004)
logF:logK	0.003 (0.007)	logL:logK	0.001 (0.002)
Obs.	1072 (1066)	Obs.	1072 (1066)
R ²	0.074	R ²	0.183
Adj. R ²	0.070	Adj. R ²	0.180

Tabell 14: Andelsfunksjoner

9.2 Tidsspesifikke variasjoner

For modell 4 er koeffisientene til dummy variablene for år positive og signifikante. Dette tyder på at de variable kostnadene øker i tidsrommet 2009 til 2021 av grunner som ikke fanges opp av de øvrige variablene i modellen. Estimatenes er som følger:

Tidsdummy	Koeffisient	Standardavvik
2010	0.044**	0.019
2011	0.080***	0.000
2012	0.088***	0.000
2013	0.154***	0.000
2014	0.189***	0.000
2015	0.247***	0.000
2016	0.320***	0.000
2017	0.332***	0.000
2018	0.355***	0.000
2019	0.427***	0.000
2020	0.434***	0.000
2021	0.481***	0.000

Tabell 15: Estimerer fra års-dummyer