

NHH



NORGES HANDELSHØYSKOLE

Bergen, Høst, 2016

Innovatører i norsk lakseoppdrett

En ikke-parametrisk effektivitetsanalyse av norsk lakseoppdrett

Per Christian Fossberg, Tor-Arne Fredriksen

Veileder: Endre Bjørndal

Masteroppgave, BUS, Økonomisk styring

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.

Forord

Med denne masteroppgaven avslutter vi vårt femårige studieløp ved Norges Handelshøyskole i Bergen. Tiden på NHH har vært lærerik og utfordrende på både godt og vondt.

En spesiell takk rettes til vår veileder, Endre Bjørndal, som gjennom konstruktive tilbakemeldinger og bistand til programmering i R, har bidratt til å løfte den oppgaven.

Sammendrag

Denne oppgaven har til hensikt å analysere effektivitets og produktivtetsendringer oppdrett 2010-2014. På grunnlag av effektivitets- og produktivtetsestimeringene av bransjen har innovatørene blitt identifisert, og videre mulige faktorer som fremmer innovasjon avdekket.

Datagrunnlaget er innhentet fra Fiskeridirektoratet. Vi har fått adgang til deres observasjoner som benyttes i den årlige lønnsomhetsundersøkelsen for produksjon av laks og regbueørret. Denne undersøkelsen har blitt gjennomført årlig siden 1982.

For å estimere effektivitet og produktivitet har henholdsvis er DEA og Malmquist produktivitetsindeks blitt benyttet. For å teste modeller er det blitt utført banker-tester. Forskningsmodellen som benyttes i analysen består av 5 inputvariabler og 1 outputvariabel. Inputvariablene er fôrforbruk, smoltkostnad, andre driftskostnader, betalte arbeidstimer, og utnyttet kapasitet, mens produsert mengde laks brukes som outputvariabel. For å utføre beregningene har dataprogrammet "RStudio" (versjon 0.99.903) blitt brukt med programpakken "R" (versjon 3.3.1) og tilleggspakkene "Benchmarking", og "censReg".

Ved å dekomponere Malmquist indeksen har det blitt sett nærmere på kilder til produktivtetsendringer, samt identifisert de innovative selskapene som har flyttet fronten fremover hvert år. Denne identifiseringen ble gjort etter fremgangsmåten introdusert av Fâre, Grosskopf, Norris, og Zhang (1994).

Resultatet fra effektivitetsanalysene viser at gjennomsnittlig effektivitet har variert mellom 0,882 og 0,915 ved antakelse om variabelt skalautbytte. For hele perioden varierer produktiviteten, og den har en tilbakegang på 8,1% for i perioden 2010-2014. Dette bekrefter at næringen har stagnert i tråd med tidligere forskning.

Med hensyn til størrelse, fant vi at innovatørene i gjennomsnitt var større enn de andre ved variabelt skalautbytte. De hadde også mye større volatilitet i andelen som drev med annen virksomhet, men den kunne gå begge veier, noe som kanskje tyder på at de er mer handlekraftige. Det som kanskje skiller seg mest ut, er innovatørenes økning i kapitalintensitet, eller hvordan andre driftskostnader stuper perioden de er innovatører. Ikke veldig overraskende, er også fôrforbruk og utnyttet kapasitet per produserte kilo relevant, siden det tross alt er faktorer som er med å bestemme effektiviteten.

Innholdsfortegnelse

Innholdsfortegnelse

FORORD	II
SAMMENDRAG	III
INNHOLDSFORTEGNELSE	V
FIGURER	IX
TABELLER	XI
1. INNLEDNING	1
1.1 BAKGRUNN	1
1.2 PROBLEMSTILLING	2
1.3 AVGRENSNINGER	4
1.4 OPPGAVENS STRUKTUR.....	4
1.5 TIDLIGERE FORSKNING	5
1.5.1 <i>Forskning på effektivitet og produktivitet</i>	5
1.5.2 <i>Forskning på effektivitet og produktivitet i norsk lakseoppdrett</i>	6
1.5.3 <i>Studier identifisering av innovatører</i>	7
2. GJENNOMGANG AV BRANSJEN	8
2.1 UTVIKLING SISTE 20 ÅR.....	8
2.2 BRANSJEREGULERING GJENNOM KONSESJONER OG LOVGIVNING	9
2.3 VERDIKJEDE OG PRODUKSJONSPROSESS	10
2.4 UTFORDRINGER I LAKSEOPPDRETT	11
2.5 LØNNSOMHET.....	13
2.6 INNOVASJON I BRANSJEN	18
3. TEORI	22
3.1 PRODUKTIVITET OG EFFEKTIVITET	22
3.1.1 <i>Produktivitet</i>	22
3.1.2 <i>Effektivitet</i>	23
3.1.3 <i>Distansefunksjoner</i>	27
3.2 DATA ENVELOPMENT ANALYSIS	29
3.3 MALMQUIST PRODUKTIVITETSINDEKS.....	35

3.3.1	<i>Malmquist med variabelt skalautbytte</i>	35
3.4	IDENTIFISERING AV INNOVATØRER	37
3.5	TOBIT-REGRESJON.....	38
4.	DATAGRUNNLAG	40
4.1	DATAMATERIALE	40
4.2	RELIABILITET	41
4.3	VALIDITET	41
4.4	INPUT	42
4.4.1	<i>Fôrforbruk</i>	43
4.4.2	<i>Smoltkostnad</i>	43
4.4.3	<i>Antall betalte arbeidstimer</i>	44
4.4.4	<i>Andre driftskostnader</i>	45
4.4.5	<i>Utnyttet kapasitet</i>	45
4.4.6	<i>Finanskostnad, forsikringskostnad og slaktekostnad</i>	46
4.5	OUTPUT	46
4.6	BEGRUNNELSE FOR VALG AV VARIABLER: BANKER OG KOLMOGOROV TEST	47
4.6.1	<i>Test av teknologiene</i>	47
5.	RESULTATER	51
5.1	RESULTATER FRA DATA ENVELOPMENT ANALYSIS.....	51
5.1.1	<i>Effektivitet ved antakelse om variable skalautbytte</i>	51
5.1.2	<i>Skalaeffektivitet</i>	52
5.2	RESULTATER MALMQUIST	53
5.2.1	<i>Malmquist produktivetsindeks med VRS</i>	53
5.2.2	<i>Malmquist skalautbytte</i>	55
5.2.3	<i>Oversikt over utvikling over periodene</i>	57
5.3	TOBIT	59
6.	DISKUSJON OG KONKLUSJON	61
6.1	MULIGE INNOVASJONSAKTØRER	62
6.1.1	<i>Produsert mengde</i>	62
6.1.2	<i>Annen virksomhet</i>	63
6.1.3	<i>Kapitalintensitet</i>	65
6.1.4	<i>Andre kostnader</i>	66
6.1.5	<i>Produksjon per utnyttede kubikkmeter</i>	68
6.1.6	<i>Fôr</i>	69

6.1.7	<i>Svakheter ved analysen</i>	73
6.2	KONKLUSJON	73
7.	LITTERATURLISTE	75
8.	VEDLEGG	82

Figurer

Figur 1 Solgt mengde og førstehandsverdi av laks Kilde: Statistisk sentralbyrå (2016).....	8
Figur 2 Tap og svinn i produksjon 1998-2014 Kilde: Statistisk sentralbyrå, 2016	13
Figur 3: Gjennomsnittlig driftsmargin og produksjonskostnad per kilogram Kilde: Fiskeridirektoratet (2015)	14
Figur 4 Gjennomsnittlig produksjonskostnad per kilogram Kilde: Fiskeridirektoratet (2015)	15
Figur 5 Gjennomsnittlig salgspris per kilo (laks og ørret) Kilde: Fiskeridirektoratet 2015 ...	16
Figur 6 Gjennomsnittlig fortjeneste per kilo produsert fisk Kilde: Fiskeridirektoratet 2015 .	17
Figur 7 Totalt solgt mengde (laks og regnbueørret) og gjennomsnittlig produkskostnad per kg 1994-2014. Kilde: Fiskeridirektoratet 2015.....	18
Figur 8 Driftskostnader(mill. kr) teknologiområder for FoU i næring for fiske, fangst og akvakultur for perioden 2010-2014. Kilde: Statistisk sentralbyrå 2016.	20
Figur 9 Isokvant diagram for anvendelsen av to innsatsfaktorer, x og y.....	24
Figur 10 Effektivitetsisokvant estimert ut fra observasjoner.....	25
Figur 11 Farrell effektivitet i en-input/en-output modell.....	26
Figur 12 Shephards input distansefunksjon	28
Figur 13 Fordeling av effektive DMUer under forutsetning om CRS og VRS.....	48
Figur 14 Akkumulert andel DMUer ved forskjellige effektivitetsnivå	50
Figur 15 Prosentvis fordeling av effektivitetsscore(VRS) 2010-2014	52
Figur 16 Utvikling av Malmquist under CRS.....	57
Figur 17 Utvikling av Malmquist under VRS.....	58

Figur 18 Utvikling i skalautbytte fra Malmquist	58
Figur 19 Utvikling i andre driftskostnader per produserte kg for innovatører av skalateknologi sammenlignet andre for hver toårs periode.....	67
Figur 20 Utvikling i andre driftskostnader per produserte kg for innovatører under VRS sammenlignet med andre for hver toårs periode.....	68
Figur 21 forfåktor i referanseårene for innovatører og alle andre	70
Figur 22 Utvikling i fôrpris per produserte kg for innovatører mot andre.....	71

Tabeller

Tabell 1 AquaGen 2005 prioritering av egenskaper til stamfisk	10
Tabell 2 Driftsresultat før skatt 2010-2014.....	14
Tabell 3 Produksjonskostnader i 2008 og 2015 (kr og %).....	16
Tabell 4 FoU-personale i næring for fiske, fangst og akvakultur 2007-2014.....	19
Tabell 5 Antall selskap og konsesjoner i datasettet	40
Tabell 6 Antall selskap etter fjerning.....	40
Tabell 7 Konsumprisindeks brukt i prisjustering.....	43
Tabell 8 Informasjon om fôrforbruk.....	43
Tabell 9 Informasjon om smoltkostnad	44
Tabell 10 Informasjon om antall betalte arbeidstimer	44
Tabell 11 Informasjon om andre driftskostnader.....	45
Tabell 12 Informasjon om utnyttet kapasitet	45
Tabell 13 Informasjon om produsert mengde.....	47
Tabell 14 Resultat Banker's F-test	48
Tabell 15 Testverdier Banker's F-test	49
Tabell 16 Resultat KS-test	49
Tabell 17 Gjennomsnittlig effektivitetsscore med antakelse om VRS	51
Tabell 18 Gjennomsnittlig skalaeffektivitetsscore 2010-2014	53
Tabell 19 Malmquist produktivitetsindeks for hver periode.....	54
Tabell 20 MPI effektivitetsendring for hver periode	54

Tabell 21 MPI teknologisk endring for hver periode.....	54
Tabell 22 MPI teknologisk endring for hver periode (hos innovatørene)	55
Tabell 23 Malmquist produktivitetsindeks hele perioden 2010-2014	55
Tabell 24 Endring i skalaeffektivitet for hver periode.....	56
Tabell 25 Endring i skalateknologi for hver periode	56
Tabell 26 Endring i skalateknologi for hver periode (hos innovatørene).....	56
Tabell 27 Utvikling i produsert mengde for hver periode	62
Tabell 28 Produsert mengde for hver periode.....	63
Tabell 29 Utvikling i kapitalbinding per arbeidstime	65
Tabell 30 Utvikling i produsert mengde per kubikkmeter i %	68
Tabell 31 Utvikling i produsert mengde per kubikkmeter i meter.....	69
Tabell 32 Prosentvis endring i förfaktor hos innovatører og alle andre i hver to-års periode	70

1. Innledning

1.1 Bakgrunn

Norge er, som en liten økonomi, særlig avhengig av internasjonal handel. Med en oljenæring som ikke vil finansiere norsk import av utenlandske varer i all fremtid, er det viktig å se til næringer som kan erstatte denne rollen.

Med en stadig økende verdensbefolkning, øker ikke bare behovet for høyverdige proteinkilder, men også kravene til hvordan disse blir fremstilt. På tross av at hele 70% av kloden er dekket av vann, står havet kun for 17% av tilførselen av animalsk protein (Olafsen, Winther, Olsen, & Skjermo, 2012). Akvakultur blir enda viktigere i fremtiden, da man allerede har nådd grensen for hvor mye man kan høste villfiskbestanden. Dette understøttes også av at akvakultur er den raskest voksende sektoren innen global matproduksjon.

Norge har lang kystlinje med gode vilkår for oppdrett, politisk stabilitet, høyt utdannet befolkning, og god erfaring i marine miljøer. Alle faktorer som tilsier at Norge er en god kandidat til å forbli en av lederne innen akvakultur. SINTEFs rapport (Olafsen et al., 2012) nevner at verdiskapingspotensialet i norsk havbruk er av samme størrelsesorden som olje- og gassnæringen. Det er all grunn til å anta at en betydelig del av denne verdiskapingen vil være innen akvakultur, særlig siden villfiskbestanden allerede er hardt beskattet.

Dette tyder på at den flere tusen år gamle næringen som først kom til Norge på 1970-tallet fortsatt har et enormt vekstpotensial. utfordringene er derimot mange, da særlig med tanke på at næringen bør drives på en bærekraftig måte, samtidig som man unngår å prise seg ut av markedet. Det vil da være høyst relevant å se på produktivitet blant norske oppdrettere, og mulige årsaker til forskjeller mellom selskapene, så vel som forskning, og implementering av denne.

1.2 Problemstilling

I denne oppgaven analyseres effektiviteten og produktiviteten hos norske oppdrettsselskaper for perioden 2010-2014. Dette gjøres ved å studere gjennomsnittlig utvikling i effektivitet og produktivitet for denne perioden. Til å gjøre dette har vi fått oversendt datagrunnlaget til Fiskeridirektoratet sin årlige lønnsomhetsundersøkelse fra 2010 til 2014.

Effektivitets- og produktivetsanalysene gjøres ved å studere gjennomsnittlig utvikling i effektivitet og produktivitet for denne perioden. Med dette som grunnlag vil oppgaven identifisere innovatørene i bransjen. I tillegg vil det gjøres rede for mulige faktorer og karakteristika ved innovatørene som kan utgjøre grunnlaget for deres evne til å innovere.

Følgende problemstillingene besvares i denne oppgaven:

1. Hvordan har utviklingen i effektivitet og produktivitet vært for norsk lakseoppdrett i perioden 2010-2014.
2. Hvilke selskaper er innovatørene i bransjen, og hvilke faktorer er det som fremmer innovasjon?

Med tanke på tidligere forskning vil denne besvarelsen undersøke om trendene som ble identifisert i Asche, Guttormsen, og Nielsen (2013) har vedvart. De fant i sin studie at produktivetsveksten har avtatt, noe som indikerer at det er veksten i etterspørsel som driver produksjonsveksten. I lys av en overordnet stagnering i produktivetsvekst for hele bransjen kan det dermed være nyttig å identifisere de selskapene som flytter den teknologiske fronten, og følgelig utvider produksjons-mulighetsområdet over tid (Asche & Tveterås, 2011)

Til å besvare problemstillingene vil Data Envelopment Analysis(DEA) og Malmquist produktivetsindeks anvendes. I forskningssammenheng er disse metodene ofte anvendt i effektivitets- og produktivetsanalyser av selskaper som driver innenfor samme bransje. DEA er en ikke-parametrisk, deterministisk metode, som er egnet til å måle og sammenligne effektivitet hos selskaper som har lik produksjonsprosess, det vil si at innsatsfaktorene som anvendes i produksjonen av varen eller tjenesten er omtrentlig like. De effektive selskapene danner en front som omhyller de ineffektive selskapene i bransjen(utvalget). Dette gjøres på grunnlag av effektivitetsscoren som selskapene oppnår, og de som ligger på fronten har en effektivitetsscore som er lik 1, det vil si at de er 100% effektive. De ineffektive vil ha en

score som er under 1, og jo lavere score, dess lenger unna fronten er de. En svakhet ved DEA-metoden er at den ikke tar hensyn til usikkerhet og støy dataen slik statistiske metoder gjør, siden den beregner effektiviteten ut fra observasjoner, og ikke ut i fra hva som er teknisk mulig.

For å finne produktivitetsendringen mellom to perioder anvendes Malmquist produktivitetsindeks som tar det geometriske gjennomsnittet mellom periodene. Denne indeksen har blitt dekomponert til teknologisk endring, effektivitetsendring, skalateknologiendring, og skalaeffektivitetsendring. Hvor produktet av skalateknologiendring og skalaeffektivitetsendring utgjør SCH. Denne dekomponeringen er hensiktsmessig å anvende til å avdekke hvordan de ulike komponentene har bidratt til produktivitsutviklingen i perioden, og følgelig lettere avdekke årsak-virkning sammenheng mellom beslutninger på selskapsnivå og mengden produsert.

Disse komponentene anvendes videre til å identifisere innovatørene i bransjen, ved bruk av metoden spesifisert av Färe et al. (1994) i *Productivity Growth, Technical Progress, and Efficiency Change in Industrialized Countries*. Hvorav komponentene endring i teknologi og skalateknologi, ved bruk av deskriptiv statistikk, benyttes som grunnlag for å gjøre rede for sammenhenger mellom selskapers produktivitsutvikling og deres evne til å innovere. Dette gjøres ved å sammenligne utviklingen til input- og outputvariabler hos innovatørene med de andre selskapene.

I forhold til tidligere studier på effektivitet og produktivitet i norsk lakseoppdrett (se for eksempel Asche et al. 2011, Wikeland 2015, Kames 2016) skiller denne avhandlingen seg ut fordi den i tillegg har som mål å identifisere de innovative selskapene i bransjen, samt at det pekes ut faktorer og karakteristika hos innovatørene som kan anses å være innovasjonsfremmede. Utover dette er forskningsmodellen i denne oppgaven, så langt det er mulig, i tråd med Coelli (2005) sin anbefaling om å bruke fysiske størrelser enn et kronebeløp for å representere bruken av en innsatsfaktor. Begrunnelsen for dette er at den prisen et selskap betaler for en innsatsfaktor kan være varierende, og kan dermed være mindre nøyaktig approksimering på det faktiske forbruket av varen. Dette ble også gjort av Asche et al. (2011) og Kames (2016).

1.3 Avgrensninger

Arbeidet med denne besvarelsen har pågått over et akademisk semester, og dette har i seg selv vært en avgrensende faktor for arbeidets omfang. Verdikjeden til norsk lakseoppdrett består i hovedsak av settefisk og produksjon av matfisk før fisken slaktes, foredles og selges videre til kunden. Vi har valgt å avgrense oppgaven til kun å analysere matfiskdelen av bransjen. Det finnes for eksempel oppdrettsselskaper som driver med både settefisk og matfisk, som åpner for synergier på tvers av avdelingene som kan gjøre seg gjeldende i form av bedre effektivitet eller produktivitet. Det kunne også vært nyttig å se på effektiviteten for hele produksjonsprosessen, det vil si settefisk og matfisk samlet. Videre har oppgaven fokusert på selskapenes evne til å produsere laks i antall kilo, og følgelig sett bort fra å inkludere salgsinntekter og kostnader tilknytning til markedsføring. Sistnevnte ville også vært vanskelig å måle en kausal virkning ut fra siden det meste av markedsføringen av laks gjøres av Sjømat Norge (Asche, Roll, Sandvold, Sørvig & Zhang, 2013)

Datagrunnlaget for denne oppgaven er rådata fra Fiskeridirektoratet sin årlige lønnsomhetsundersøkelse. Denne informasjonen er anonymisert, og det er dermed ikke mulig identifisere selskapene med tanke på geografisk tilhørighet. Dette hadde vært nyttig å vite, da det hadde åpnet for å trekke inn andre variabler i modellen, som for eksempel havtemperatur og lusebestand i området. Geografisk tilhørighet kan også åpne for at en oppdretter kan ha flere fisk stående i merdene sine (gjelder i Nordland, Troms og Finnmark).

Anonymiseringen av dataene gjør det også vanskelig å innhente ytterligere informasjon som kunne komme til nytte i en innovasjonsstudie av selskapene. Det kunne vært hensiktsmessig med informasjon om hvilke fiskehelsemessige tiltak som konkret gjøres på selskapsnivå, og se dette opp mot innovasjonsscoren som blir beregnet. Videre har det ikke vært mulig å skille kostnadene tilknyttet laks og regnbueørret, siden dette er et aggregert tall i datagrunnlaget. Vi har derfor valgt å inkludere produsert mengde regnbueørret i vår beregning for produsert mengde fisk.

1.4 Oppgavens struktur

Kapittel 2 er en gjennomgang av bransjen. Først vil den historiske utviklingen presenteres, før bransjens regulering introduseres. Påfølgende blir verdikjede og produksjonsprosessen for oppdrettslaks gjennomgått. Videre presenteres sentrale utfordringer oppdrettsselskapene

står overfor i tilknytning til produksjonen. Deretter følger en gjennomgang av bransjens lønnsomhet de siste 10 årene. Til sist blir det gitt en gjennomgang av utviklingen innenfor forskning og utvikling i næringen, og herunder hvilken betydning innovasjoner har hatt og vil få i fremtiden.

Kapittel 3 presenterer det teoretiske grunnlaget og metode som anvendes i oppgaven. Herunder Data Envelopment Analysis, Malmquist produktivitetsindeks, metode for identifisering av innovatører, Tobit regresjon og andre statistiske tester.

Kapittel 4 presenterer datagrunnlaget for oppgaven. Her vil valg av input- og outputvariabler gjøres rede for. Deretter vil det foretas utvelgelse og rensing av observasjoner i datasettet ved å identifisere outliers, og feilrapporterte verdier. Videre benyttes en modelltesting for valg av modell, samt at reliabiliteten og validiteten til variablene diskuteres.

Kapittel 5 består av resultatene fra analysedelene og kommentarer til disse. Først presenteres og kommenteres resultatene fra DEA og MPI, deretter resultatet fra identifiseringen av innovatørene. Til sist presenteres funnene fra Tobit regresjonen.

I kapittel 6 diskuteres resultatene fra kapittel 5 med hovedvekt på identifisering av mulige faktorer som skiller de innovative selskapene fra andre. På grunnlag av dette vil det konkluderes med tanke på problemstillingen. Avslutningsvis utpekes forslag til videre forskning.

1.5 Tidligere forskning

1.5.1 Forskning på effektivitet og produktivitet

Det er gjort mange studier på selskapers ytelse i form effektivitet og produktivitet de siste årene. Til dette formålet har det vært en utstrakt bruk av DEA, ikke-parametrisk datainnhyllings analyse (Lee, 2005). Ved bruk av DEA-analyser er det også vanlig å benytte Malmquist produktivitetsindeks for å studere produktivitetsutviklingen over en eller flere perioder.

DEA-metoden har blitt brukt for å måle effektiviteten blant tyrkiske kommersielle banker(Jackson og Fethi, 2000), spansk tre-basert industri(Balteiro, Casimiro Herruzo,

Martinez, González-Pachón, 2005), og amerikanske forsikringsselskaper (Cummins, Weiss, Xie, Zi, 2007). Fra nyere studier har DEA blitt brukt til å analysere hvordan bruken av nettbank har påvirket effektiviteten for 24 rumenske banker (Stoica, Mehdián, Sargu 2015). En annen studie utført av Sin og Hwang benyttet DEA til å måle effektiviteten til 35 selskaper som produserte bildeler (2016).

1.5.2 Forskning på effektivitet og produktivitet i norsk lakseoppdrett

Det er tidligere også gjort forskning på effektivitet og produktivitet innenfor norsk lagesoppdrettsnæring. I det videre er det gitt en kort resymé av sentral forskning utført blant Norges fremste eksperter innenfor produktivitet i norsk lakseoppdrett.

En studie av Tveteraas og Battese undersøkte hvordan en høy geografisk konsentrasjon av anlegg påvirket produktivitet og teknisk ineffektivitet (2006). Ved å estimere en stokastisk front-produksjonsfunksjon fant de at en økning i anleggstetthet gir en overordnet negativ effekt. Grunnen til dette var negative eksternaliteter i form av fiskesykdom, som overveide eventuelle positive eksternaliteter som kunnskapsdeling og besparelser ved deling av spesialisert input.

I Asche, Roll & Tveteraas(2009) sin studie *Economic inefficiency and environmental impact: An application to aquaculture production*, målte de teknisk effektivitet til å være i gjennomsnitt 90% ved å observere 25 oppdrettsselskaper i perioden 1984-2004. I denne studien fant de også en positiv korrelasjon mellom teknisk og allokativ effektivitet blant observasjonene utvalget.

Terje Vassdal og Helen Holst (2011) så på teknisk frem- og tilbakegang for norsk laks. De fant ved hjelp av Malmquist produktivitetsindeks en økt totalfaktorproduktivitet i 2001-2005, som gikk over i tilbakegang fra 2006-2008. Dekomponeringen viste at sektoren nådde punktet hvor betydningsfull teknisk fremgang ble vanskelig, og at produktivitetsøkningen i 2006-2008 kom av at mindre produktive aktører kom nærmere fronten heller enn utvidet teknisk front.

Asche, Guttormsen og Nielsen (2013) analyserte totalfaktorproduktivitets-endringer i perioden 1996-2008 for å se på fremtidige utfordringer i norsk lakseoppdrett. Ved å benytte Malmquist produktivitetsindeks fant de at veksten i produktivitet hadde avtatt, og at det var heller økning i etterspørsel som bidro til økt produksjon. Dette har vært mulig gjennom å øke

innsatsfaktorene i form av økt forbruk av for, samt adgang på flere og utvidelsen av produksjonslokaler.

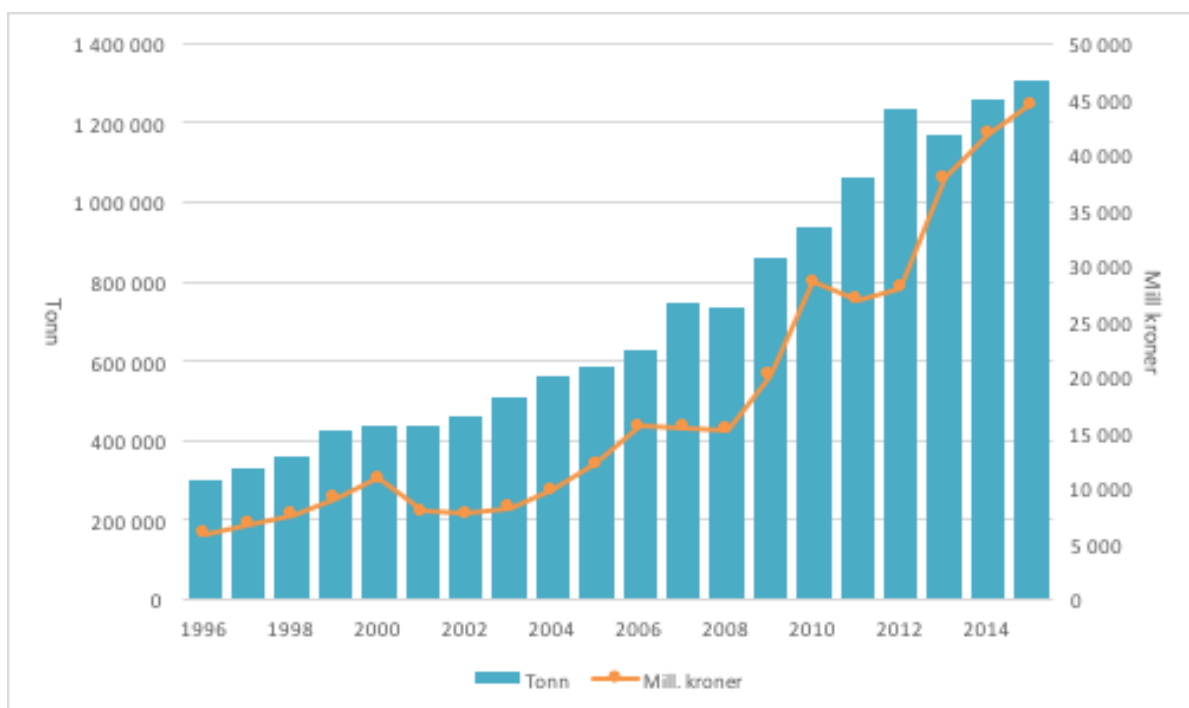
1.5.3 Studier identifisering av innovatører

Det er også flere studier som ved bruk av resultatene fra DEA og MPI identifiserer innovatørene i en bransje etter en fremgangsmåte introdusert av Färe, Grosskopf, Norris, og Zhang (1994). Donglan identifiserte i en studie hvilke provinser i Kina som hadde de mest innovative produksjonsfabrikkene (2005). Denne metoden ble også anvendt i Miguéis, Camanho, E. Bjørndal og M. Bjørndal sin studie om produktivitetssendringer og innovasjon blant norske strømleverandører (2012). En annen studie utført av Horta, og Moreira da Costa benyttet en tilsvarende metode for å identifisere innovatørene i den portugisiske byggebransjen i perioden 1996-2009 (2012).

2. Gjennomgang av bransjen

2.1 Utvikling siste 20 år

Verdens første oppdrettsanlegg for laks ble etablert på Hitra i Sør-Trøndelag i 1969 (Sjøtmat Norge, 2016). Grunnlaget for lakseoppdrett i Norge startet allerede på 60-tallet, med en innsamling av villaks fra 41 norske elver for å avle frem laks med de riktige egenskaper for være egnet til oppdrett. Siden den gang har norsk lakseoppdrett opplevd en formidabel vekst. I 2015 ble det slaktet 1,30 millioner tonn til en verdi på 44,44 milliarder kroner. Figur 1 viser utviklingen i produsert og solgt mengde laks i kilo de siste 20 år. Søylene uttrykker solgt mengde laks for ett gitt år, mens grafen uttrykker den nominelle verdien[kr] til den solgte mengden, spesifisert som førstehåndsverdi, som er den prisen oppdretteren får ved salg av uforedlet fersk eller frosset fisk.



Figur 1 Solgt mengde og førstehåndsverdi av laks
Kilde: Statistisk sentralbyrå (2016)

Salget av laks har hatt en kontinuerlig vekst gjennom hele perioden med unntak av årene 2001(-1%), 2008(-1%) og 2013(-5%). Den årlige gjennomsnittlige veksten var i denne perioden på 8%. Til tross for fall i solgt mengde i førstehåndsverdi hadde en nedgang i 2013, ble det likevel en økning salgsinntekt. Dette kan sees i sammenheng med at gjennomsnittsprisen for laks økte fra 23 kroner per kilo i 2012 til 32 kroner i 2013 (Statistisk

sentralbyrå, 2014). En mulig årsak til at denne nedgangen i volum var at næringen i 2011 og 2012 ”opplevde en veldig god tilvekst, en kraftig, til dels uventet vekst i slaktevolum (+16%), på høye slaktevekter” (Iversen et al., 2015, s.10).

Basert på foreløpige tall fra Statistisk sentralbyrå økte lakseproduksjonen i 2015 med 5%, og med sine 1,30 millioner tonn utgjør denne produksjonen hele 95 prosent av den produserte mengden oppdrettsfisk i Norge (Statistisk sentralbyrå, 2016). I førstehandsverdi utgjør laks 94,91 prosent av den totale produksjon av oppdrettsfisk. Til sammenligning var det en nedgang i produksjonen av annen oppdrettsfisk. Dette året ble det produsert 72 000 tonn oppdrettsørret, mens andre oppdrettsfiskearter utgjør 1 745 tonn. Av kan det forstås at oppdrett av laks utgjør hovedvekten av all fiskeoppdrett i Norge, og at det trolig ikke vil endre seg i umiddelbar fremtid.

2.2 Bransjeregulering gjennom konsesjoner og lovgivning

Norsk oppdrett reguleres i hovedsak av akvakulturloven, men også indirekte gjennom forskrifter med hjemmel i Matloven og Forurensingsloven. For å drive med oppdrett, må man søke om konsesjon. En konsesjon har en maksimal tillatt biomasse, som setter et tak på hvor mye laks (og ørret) man har tillatelse til å ha i merdene til enhver tid (Forskrift om oppdrett av andre fiskearter, 2005, § 12). Disse er satt til 780 tonn per konsesjon i alle fylker bortsett fra Troms og Finnmark, hvor taket er på 945 tonn. Konsesjonene i nord har større tillatt masse på grunn av lavere temperatur, som medfører dårligere vekstforhold. Det skal ikke være mer enn 25 kg biomasse per kubikkmeter, med andre ord skal det være minst 97.5 prosent vann i merden.

Forskrift om tildeling av konsesjoner for matfiskoppdrett av laks og ørret i sjøvann skal bidra til balansert, bærekraftig, lønnsom og konkurransedyktig utvikling, som også kommer distriktene til gode (Forskrift om tildeling av matfiskkonsesjoner, 2003, § 1). Konsesjonene har nok som overordnet mål å begrense skadene på miljøet, men tjener også andre formål. Begrenset produksjon gir for en normal vare høyere pris, som hjelper på bransjens lønnsomhet. Videre kan konsesjonene deles ut til aktører i distriktene for å hjelpe distriktnæringen. Fiskenes velferd blir også forsøkt ivaretatt ved begrensningen på tetthet, krav til enkelte krav til oksygeninnhold i vannet, og flere mindre konkrete krav.

Som ekstra tiltak mot miljøutfordringene matfisknæringen bringer med seg, ble det i 2013 vedtatt å dele ut 45 grønne konsesjoner (Fiskeridirektoratet, 2016). Disse stiller spesielle krav til bruk av teknologi eller driftsmessige løsninger som i større eller mindre grad, alt etter hvilken gruppe konsesjon, reduserer miljøutfordringene.

2.3 Verdikjede og produksjonsprosess

Produksjonen av laks pågår over flere år og består i hovedsak av fire trinn; produksjon av rogn, produksjon av smolt, produksjon i havet, og til slutt foredling.

Rognproduksjonen kommer fra stamfisk, enten fra egne stamfiskprodusenter, eller hvor stamfiskproduksjon er vertikalt integrert i et selskap som driver med smolt- eller matfiskproduksjon. Stamfiskprodusentene avler frem fisk med ønskelige egenskaper. Eksempel på stamfiskprodusenten AquaGen sin prioritering av egenskaper (AquaGen, 2005)

Tabell 1 AquaGen 2005 prioritering av egenskaper til stamfisk

Hovedegenskap	Delegenskap	Hovedvekt	Delvekt
Tilvekst		25	
	Tilvekst ferskvann		5
	Tilvekst sjø		20
Kjønnsmodning		5	5
Sykdom		30	
	IPN		10
	ILA		15
	Furunkulose		5
Kvalitet		40	
	Filetfarge		20
	Kroppform		5
	Totalfett		10
	Synlig fett		5
Totalt		100	100

Ifølge Nofima har man drevet avl av laks siden tidlig på 1970-tallet, og tiden det tar å produsere en laks på fire kilo har blitt drevet ned til fra 40 til omtrent 20 måneder (Nofima,

2016). Fokuset på å avle frem laks som vokser fort antas også å ha nær sammenheng med bedre utnyttelse av fôr, som er 30 prosent lavere enn i startfasen.

Laksen er anadrom, det vil si at den gyter og klekkes i ferskvann, og ferdes senere til saltvann i sin søken etter næring. Rognen blir fraktet til settefiskanleggene hvor smolt er ferdigproduktet. Rognen er først innoom klekkeriet i noen uker, hvor småyngel med plommesekk på magen klekkes. Plommen inneholder næring for den første tiden etter klekking, og yngelen vil lære seg å spise når plommen er tom. Deretter følger en vekstfase hvor yngelen kan doble vekten på under to uker (Nordlaks, 2016). Når den oppnår rett størrelse, blir den vaksinert og begynner smoltifiseringen, som er prosessen som forbereder fisken på møtet med saltvann. Prosessen fra rogn til smolt kan ta så lite som 8-12 måneder ved simulering av årstider og rikelig med tilgang på fôr. I naturen tar denne prosessen et par år. Smoltens videre reise er ut i merdene med brønnbåter, en spesiell type båt for å frakte levende fisk over større avstander.

Selve matfiskproduksjonen begynner først i merdene, og varer vanligvis ca. 18 måneder. Merdene inneholder som oftest system for automatisk fôring, så vel som diverse overvåkingsutstyr for å fange opp potensielle problemer tidligst mulig. På tross av høyere kilopris for tyngre fisk (Fiskeri- og havbruksnæringens landsforening, 2014), er gjennomsnittlig størrelse rundt 5 kg ved slakting eller frysing (Norsk Havbrukssenter, 2016). Årsaken til dette er diverse reguleringer som maksimalt tillat biomasse, brakklegging av merder, og slakting av fisk før den blir kjønnsmoden av hensyn til kjøttkvaliteten. Handlingsmulighetene er begrensede, da det ikke ville være hensiktsmessig å bruke tid på å plukke ut kun de største fiskene blant opptil 200 000 fisk i en merd.

2.4 utfordringer i lakseoppdrett

For en lakseoppdretter er det mange faktorer som kan skape utfordringer i produksjonen av fisk. Lakselus og genetisk påvirkning har vært og er fremdeles den største utfordringen i norsk fiskeoppdrett (Havforskningsinstituttet, 2014). I 2011 utførte Mattilsynet en undersøkelse for å kartlegge overlevelsen og dødeligheten av laks hos alle matfisklokaliteter i Trøndelag og Møre og Romsdal med utsett av laksesmolt i 2009 (Mattilsynet, 2011). Resultatet var at 55,1 millioner av 65,6 millioner utsatt fisk ble slaktet. Det vil si at 10,6

millioner laks gikk tapt i perioden mellom utsett og slakting, noe som tilsvarer en dødelighet på 16,1%.

Laks som rømmer fra anlegget kan skade det biologiske mangfoldet siden dens genetikk kan få negativ effekt på stedegne bestander dersom den rømte laksen gyter med en villaks.

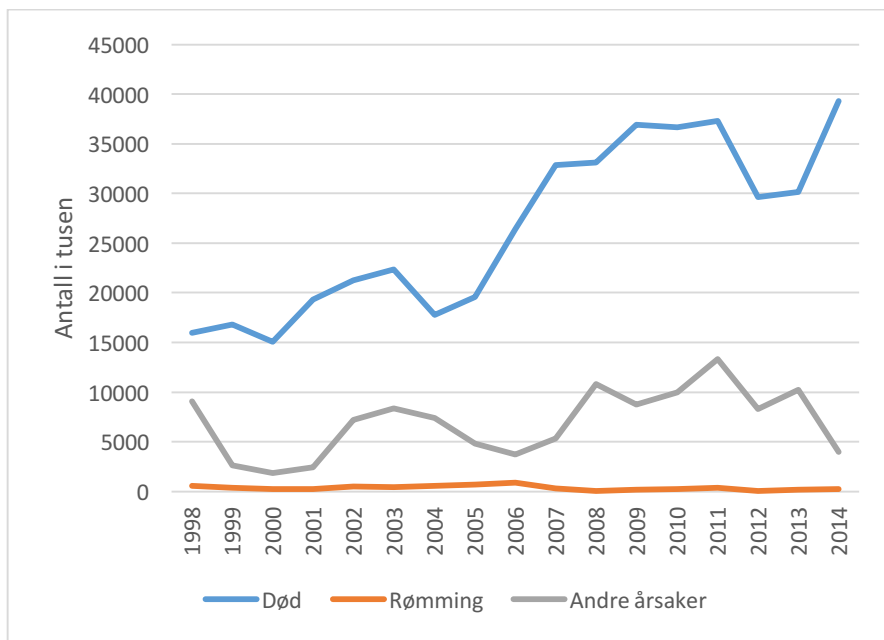
Dessuten er en rømt laks et økonomisk tap, og kan skade omdømmet til både oppdretter og næringen som helhet (Laksefakta, 2016a). De vanligste årsaker til at laks rømmer er teknisk svikt ved anlegg, feil bruk av utstyr, uvær, eller fartøy og propeller som skader merdene.

En annen utfordring er lakselus, *lepeophtheirus salmonis*, som er den vanligste parasitten på laksefisk. Lakselusen finnes naturlig i alle havområder på den nordlige halvkule, og kan feste seg på en vert mens livnærer seg til å bli en voksen lus som kan formere seg på laksen (Lusedata, 2016a). Formeringen skjer hele året, men skjer hurtigere på sommeren når temperaturen øker. Konsekvensene for en laks som har lus er sår som kan gi infeksjoner og problemer med saltbalansen. I følge Havforskningsinstituttet koster lakselusen norsk oppdrettsnæring årlig cirka 500 millioner kroner blant annet gjennom direkte tap av fisk, utgifter til kjemikaliebruk og avlusningsarbeid og redusert fiskevelferd (2016).

Forskrift om lakselusbekjempelse fastsetter grenser for tillatt lusenivå ved et anlegg (Lusedata, 2016a). Hensikten med denne forskriften ”er å redusere 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, 2013, §1). For å etterleve denne skal bestanden av lus skal sjekkes minst hver 14.ende dag, hvor oppdrettere teller antall lus på minst ti fisk og rapporterer inn til Mattilsynet (Lusedata, 2016a). Det er mange tiltak mot lakselus. Bruken av spesialfôr som styrker fiskens slimlag, rensefisk som spiser lus, mekanisk fjerning ved hjelp av spyling og badebehandling i merd eller brønnbåt er blant disse (Lusedata, 2016b).

Figuren viser utviklingen i tap og svinn i produksjon av laks. Dødeligheten har hatt en jevn økning i løpet av årene, i takt med en også økende produksjon. Av figuren ser vi at dødeligheten utgjør en betraktelig større volummessig utfordring enn rømming, som har blitt redusert etter toppåret 2006 med 920 000 rømte laks. Andre årsaker til svinn i produksjonen kan komme av for eksempel vraking av fisk på slakteri, komplikasjoner ved transport av

settefisk, dårlig vannmiljø eller smoltkvalitet , eller fisk som blir skadet under avlusningsbehandling (Havforskningsinstituttet, 2016b).



Figur 2 Tap og svinn i produksjon 1998-2014
Kilde: Statistisk sentralbyrå, 2016

2.5 Lønnsomhet

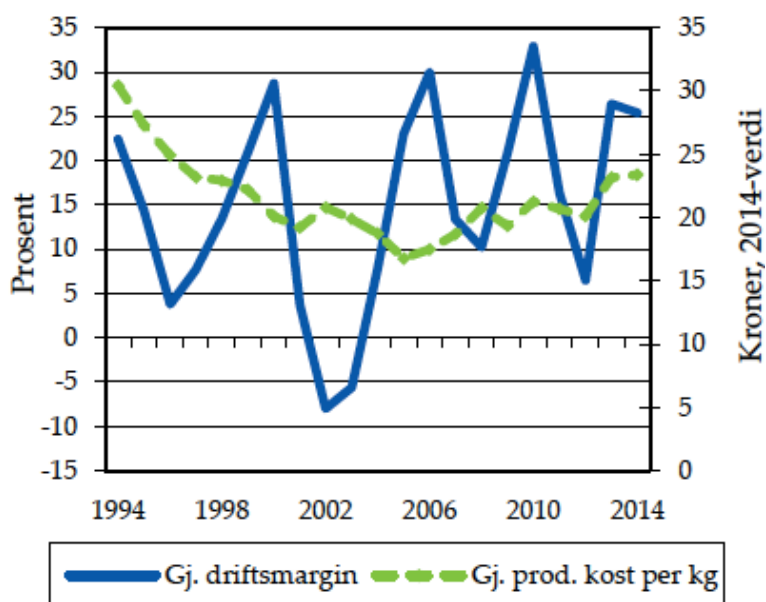
Fiskeridirektoratet gjennomfører årlig en lønnsomhetsundersøkelse for produksjon av laks og regnbueørret. I denne inngår både selskaper med matfiskproduksjon og settefiskproduksjon. Selskapsspesifikke inntekter, kostnader og andre nødvendige regnskapsmessige nøkkeltall er blant dataene som innsamles for å fremstille bransjens samlede lønnsomhet

I perioden vi har valgt analysere har lønnsomheten, målt i driftsresultat før skatt variert fra 10,9 milliarder i 2010 til 11,7 milliarder i 2014 (se tabell 2). Mens det i årene 2011-2012 var en nedgang i lønnsomheten som følge av synkende salgspris for laks.

Tabell 2 Driftsresultat før skatt 2010-2014

	2010	2011	2012	2013	2014
Driftsresultat før skatt (mrd)	10,9	4,9	1,8	12	11,7

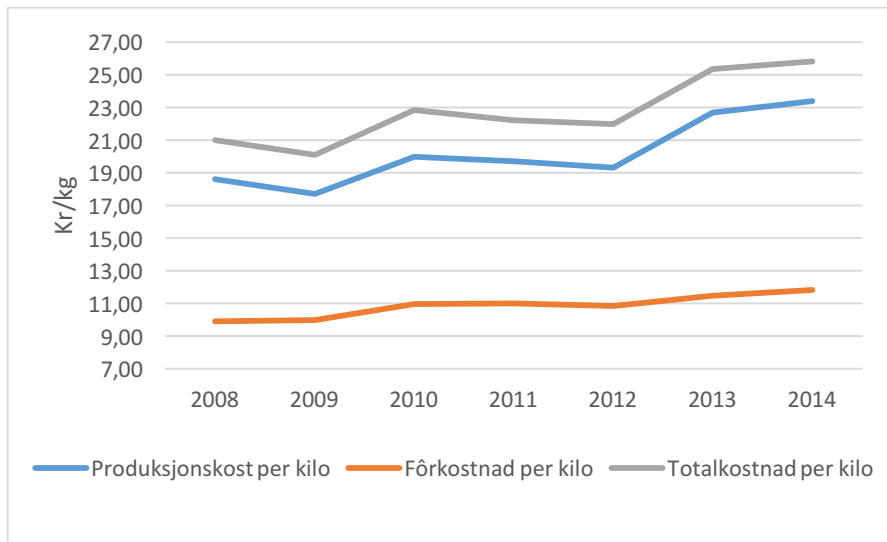
Dette kan videre belyses av å studere utviklingen i driftsmargin i perioden. Driftsmarginen beregnes ved å sette driftsresultat i forhold til driftsinntekt, og gir uttrykk for hvor mye som tjenes for hver 100 kr solgt. Av figur 4 ser vi at gjennomsnittlig driftsmargin har variert over de siste 20 årene, med et bunnpunkt i 2002, samt et fall fra 2010 til 2011 fra 32,9 % til 16,4 %.



Figur 3: Gjennomsnittlig driftsmargin og produksjonskostnad per kilogram
Kilde: Fiskeridirektoratet (2015)

Videre ser vi av grafen som illustrerer gjennomsnitt produksjonskostnad per kilogram gradvis har sunket frem mot 2005, før en overordnet økende trend har vedvart i perioden etter. Denne kan økningen kan sees i sammenheng med økende førkostnad per kilogram. Som vi ser av figur 5 utgjør førkostnad nesten halvparten av kostnaden i tilknytning til produksjonen, som i perioden utgjorde 10,97 kroner per kilogram i 2010 til 11,83 kroner per kilogram i 2014. Økningen i produksjonskostnader i 2010 skyldtes primært økning i smolt-

og lønnskostnad, mens økning på 71 % fra foregående går i andre driftskostnader var hovedårsaken økningen i 2013 (Fiskeridirektoratet, 2014).



Figur 4 Gjennomsnittlig produksjonskostnad per kilogram
 Kilde: Fiskeridirektoratet (2015)

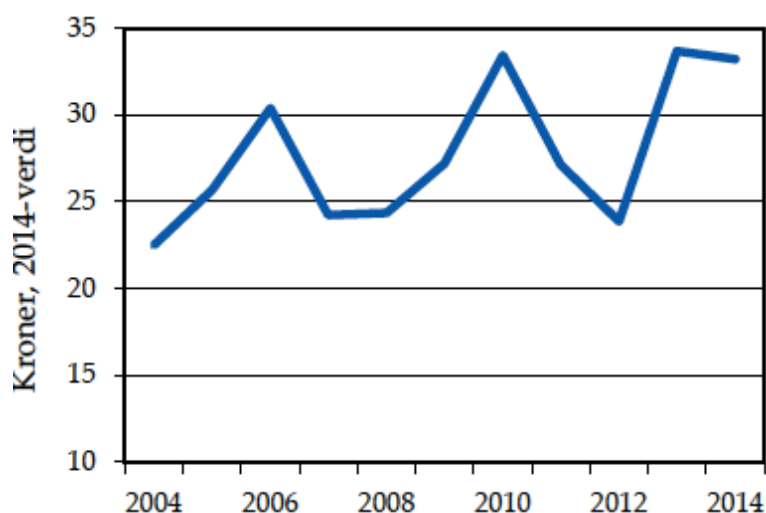
Til hvilken grad et selskap klarer å utnytte fôret mulig på en optimal måte har stor innvirkning for lønnsomheten. Av tabell 3 ser vi at fôrkostnad og annen driftskostnad er de største driverne for kostnadene i prosenttall. Det er derfor viktig at en oppdretter klarer å holde en lav fôrfaktor for sin produksjon, siden en lavere fôrfaktor betyr høyere mengde fisk produsert for samme mengde fôr. Fôrfaktor beregnes fremkommer av følgende: Årets fôrforbruk/Produsert mengde fisk. Fiskeridirektoratet antyder at et oppdrettsanlegg bør ha en fôrfaktor rundt 1, men at det også er mulig å ha en fôrfaktor som er under 1. Historisk har denne faktoren variert fra 1,19 i 1995, med en topp på 1,35 i 2010. Mens den i perioden 2011-2014 har ligget stabil mellom 1,21-1,25.

Tabell 3 Produksjonskostnader i 2008 og 2015 (kr og %)

		2008	%	2015	%
Smoltkostnad pr. kg	kr	2,13	11 %	2,72	10 %
Fôrkostnad pr. kg	kr	9,93	53 %	13,18	50 %
Forsikringskostnad pr. kg	kr	0,15	1 %	0,13	0 %
Lønnskostnad pr. kg	kr	1,45	8 %	2,07	8 %
Avskrivninger per kilo	kr	1,08	6 %	1,58	6 %
Annen driftskostnad pr. kg	kr	2,93	16 %	6,31	24 %
Netto finanskostnad pr. kg	kr	0,95	5 %	0,16	1 %
Produksjonskostnad pr. kg	kr	18,61	100 %	26,15	100 %

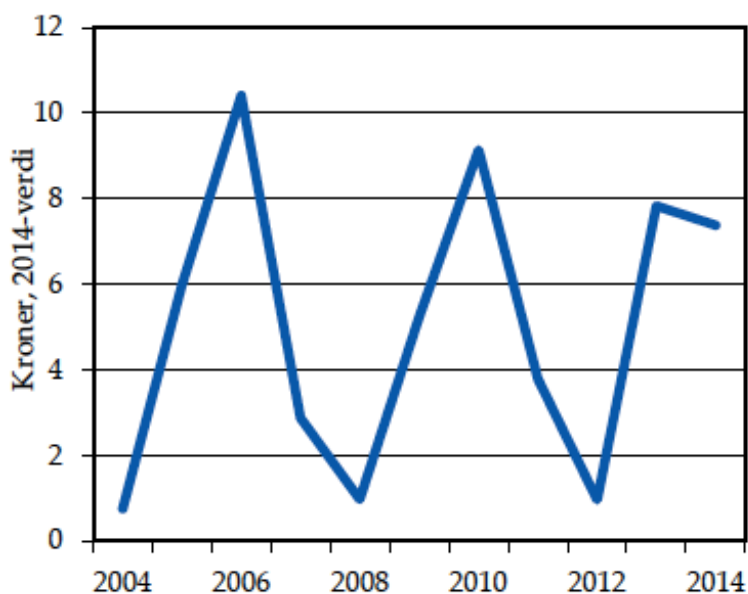
Lønnsomheten til bransjen preges naturligvis av salgsprisen som oppnås i markedet. En etterspørselsvekst som er større enn produksjonsveksten medfører en økning i pris (Guttormsen, 2013). Veksten i etterspørsel kommer av blant annet at man finner nye geografiske markeder, og fordi laks over tid stadig har kunnet konsumeres i nye produktformer, som for eksempel sushi og smørbart pålegg.

Figur 6 viser at den gjennomsnittlige lakseprisen flere ganger siden 2004 har variert fra i underkant av 35 kroner per kilogram til i underkant av 25 kroner per kilogram. Fallet i perioden som vi observerer i 2011 og 2012 kan forklares med blant annet et høyt tilbud av laks på markedet (NRK, 2011).



Figur 5 Gjennomsnittlig salgspris per kilo (laks og ørret)
Kilde: Fiskeridirektoratet 2015

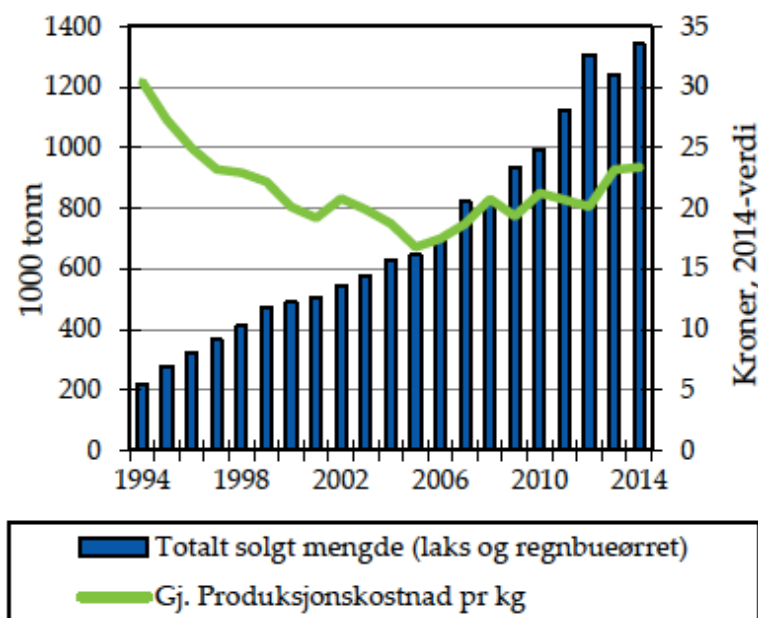
Av det foregående avsnitt kan det forstås at endringer i gjennomsnittlig salgspris også vil direkte påvirke den gjennomsnittlige fortjeneste per kilo produsert fisk. Lønnsomheten til et oppdrettsselskap vil ofte være svært sårbar mot fall lakseprisen. Figur 7 viser at gjennomsnittlig fortjeneste per kilo var på 0,96 kroner i 2012, mens den i 2013 hentet seg opp til 7,67 kroner. Jmfør det gjennomsnittlige driftsresultatet før skatt i tabell 2, ser vi at dette bidro til den sterke veksten i driftsresultatet fra 2012 til 2013.



*Figur 6 Gjennomsnittlig fortjeneste per kilo produsert fisk
Kilde: Fiskeridirektoratet 2015*

Produktiviteten i bransjen har Fiskeridirektoratet i sin lønnsomhetsrapport valgt å fremstille i form av gjennomsnittlig produksjon (i kilo) per årsverk. Historisk har dette denne vært økende, med en produksjon på 30 tonn per årsverk i 1985, til toppunktet 423 tonn per årsverk i 2012. Tallet for 2013 og 2014 var på henholdsvis 365 og 366 tonn. Følgelig har det vært en negativ utvikling i produktivitet etter dette måltallet de siste to årene i den aktuelle perioden. Historisk kan den totale utviklingen ha sammenheng med at man over tid har gått over til å benytte mekanisk utstyr til å utføre arbeidsoppgaver som tidligere ble utført av mennesker. Et eksempel på dette er overgangen fra vaksinerings utført av arbeidere til automatisert vaksinasjon av fisk, som gjør kapasiteten for antall stikk i timen øker fra 1 600 til 20 000.

I figur 7 ser vi tydelig av grafen at gjennomsnittlig produksjonskostnad per kilo har gått opp de siste årene. Senere analyse av effektivitet og innovasjon vil kunne belyse hvorvidt denne utviklingen kommer av pris på innsatsfaktorer, eller andre årsaker aktørene ikke har kontroll over. Skulle det vise seg at aktørene har utvidet teknologisk front og bedret effektiviteten, vil det være en sterk indikator på at kostnadsutviklingen skyldes eksterne faktorer.



Figur 7 Totalt solgt mengde (laks og regnbueørret) og gjennomsnittlig produksjonskostnad per kg 1994-2014. Kilde: Fiskeridirektoratet 2015

2.6 Innovasjon i bransjen

Siden 1970 har det skjedd dramatiske endringer i matfisknæringen, med introduksjon av stadig nye teknologier som har bidratt til å øke kontrollen på produksjonsprosessen og produktiviteten (Asche & Tveterås, 2011). Innovasjoner i flere ledd i verdikjeden har gjort det mulig å senke kostnadene, og har styrket konkurransevnen til næringen i form av å kunne tilby et forutsigbart tilbud av mat med jevn kvalitet.

Kunnskap har i lenge blitt sett på en viktig kilde til teknologiske fremskritt og økonomisk vekst. Aghion et al. referert i Berg (2016, s7.) hevder at en vanlig antakelse i industrialiserte land er at økt satsning på utdanning vil bidra til teknologiske nyvinninger og innovasjoner som fører til økt produktivitet og vekst. Det finnes også empiriske undersøkelser som støtter

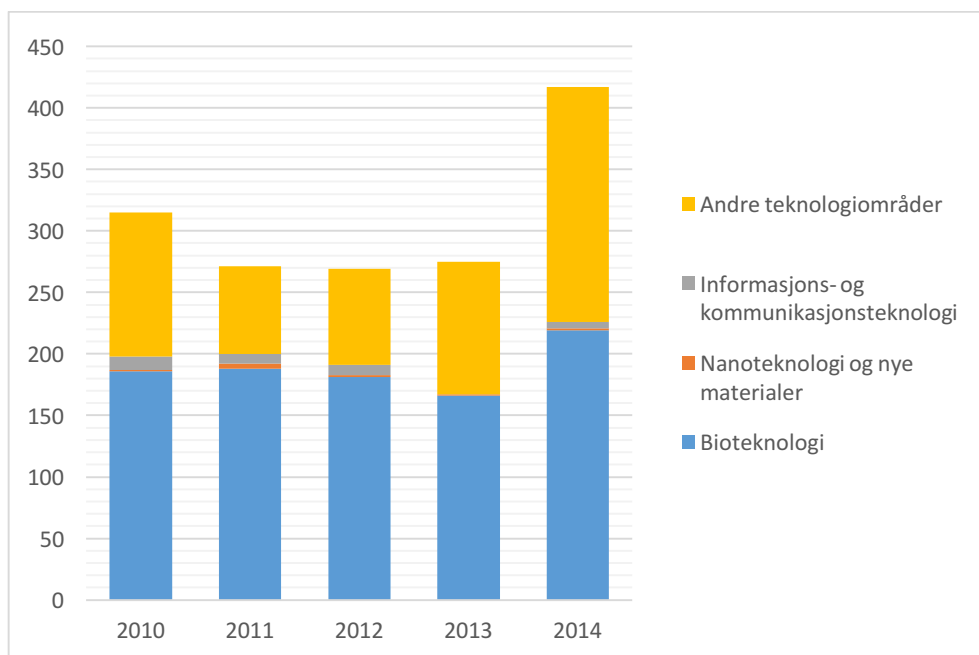
denne påstanden. I Norge har 14 % av antall sysselsatte i fiske-, fangst- og fiskeoppdrettsnæringen høyere utdanning.

I tråd med økningen av antall virksomheter innenfor næringen har det også vært en økning i antall ansatte innenfor FoU, slik det fremgår av tabell 4. I gjennomsnitt var det 3,2 FoU-ansatte i hver virksomhet i 2007, men antallet ser ut til å ha vært avtagende i årene etter. Tallet for 2014 var 2,5 FoU-ansatte per virksomhet. Det er derimot interessant å se at det var en økning på 46 % fra 2013 til 2014.

Tabell 4 FoU-personale i næring for fiske, fangst og akvakultur 2007-2014

-	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Antall virksomheter totalt	116	175	169	171	196	181	210	259
FoU-personale	379	392	390	454	495	416	349	650
FoU-personale med høyere grads utdanning, inkl. doktorgrad	135	136	135	151	166	159	176	215

Figur 8 viser fordelingen av driftskostnader relatert til FoU for fiske, fangst og akvakulturnæringen i perioden 2010-2014. Kostnader tilknyttet til bioteknologi og andre teknologiområdet utgjør størsteparten av disse kostnadene. Etter å ha ligget stabilt i perioden 2011-2013 kom det en formidabel økning i kostnader tilknyttet FoU fra 2013 til 2014. Dette henger trolig sammen med økningen i FoU-ansatte som diskutert overfor. Siden dette er aggregerte tall for næringen som helhet er det likevel begrenset hvor mye som kan leses å være relatert til lakseoppdrett, men det vitner i alle fall om et økt fokus på FoU i sjøfisknæringen i den siste tiden.



Figur 8 Driftskostnader(mill. kr) teknologiområder for FoU i næring for fiske, fangst og akvakultur for perioden 2010-2014. Kilde: Statistisk sentralbyrå 2016.

I følge Berg står oppdrettsnæringen overfor betydelige utfordringer i fremtiden, som den må løse for å fortsette veksten (2016). Som tidligere nevnt kan rømt oppdrettslaks få negative effekter på lokal villaks. En annen utfordring er fiskesykdommer som bidrar til høy gjennomsnittlig dødelighet. Videre kreves det produktutvikling som kan gi økt etterspørsel i gamle og nye markeder.

Leverandørene til sjømatnæring har hatt stor betydning for innovasjon og produktivitsvekst i næringen. Teknologien som finnes i fiskefartøyer og oppdrettsanlegg er normalt et resultat av forskning og finansiering som ofte gjøres av andre enn oppdrettsselskapene selv (Berg, 2016). Det er gjerne leverandørene som er bindeledd mellom oppdrettere og forskningsinstitusjoner, som gjennomfører FoU aktivitet i samarbeid med begge parter (Asche & Tveterås, 2011). Leverandører til et oppdrettsselskap omfatter blant annet: Fiskefôrprodusenter, leverandør av fôringssystemer, leverandør av systemer for overvåking av merder, farmasøytiske selskaper(vaksiner), skipsverft for brønnbåter med flere.

For å kunne innovere på disse punktene kreves det ofte store risikable investeringer i FoU, og noe av problemet for oppdrettsselskapene er manglende økonomisk incentiv til å gjennomføre dette. Begrunnelsen til dette er ifølge Asche og Tveterås er at man som

oppdretter ofte bare vil kunne appropriere en begrenset del av den økonomiske avkastningen til investeringen(2011). Eksempelvis kan ens innovasjon være lett for andre selskaper å imitere i etterkant, og følgelig får man et gratispassasjerproblem. Det har derfor vært nødvendig med offentlig finansiering og felles investeringer i FoU i havbruksnæringen. Men Asche og Tveterås argumenterte for at oppdrettsselskapene gjennom de siste års konsolidering kom til å få økte interne ressurser, som ville gi høyere kapasitet for å innovere. Det vil derfor bli interessant å se om vi gjør noen funn som samsvarer med deres spådom fra 2011.

3. Teori

Dette kapitlet har til hensikt å gjøre rede for det teoretisk og metodiske grunnlaget for effektivitetsanalysen norsk lakseoppdrett. Først vil grunnleggende produktivets- og effektivitetsbegreper bli definert, før det videre vil bli gitt en detaljert gjennomgang av metoder og modeller som har blitt benyttet i analysen. Herunder Data Envelopment Analysis og Malmquist produktivetsindeks, med tilhørende undermetoder for utvelgelse av data.

3.1 Produktivitet og effektivitet

For å vurdere et selskaps ytelse brukes ofte begrepene effektivitet og produktivitet. Disse kan være vanskelig å skille, og brukes ofte om hverandre. Det er derfor hensiktsmessig å ha en tydelig definisjon av disse begrepene, når man skal sammenligne produksjonsselskaper sine ytelser.

3.1.1 Produktivitet

Produktivitet defineres, ifølge SSB, som forholdet mellom produksjon og ressursinnsats (2015). I et produksjonsselskap vil omdanningsprosessen fra innsatsfaktorer(input, x) resultere i ferdige produkter(output, y). Matematisk beregnes produktivitet slik:

$$Produktivitet = \frac{y}{x} \quad (1)$$

Av funksjonen ser vi at produktiviteten vil bli høyere jo større output er i forhold input. Et eksempel kan være en produksjonsselskap som bruker arbeidstimer som input og produserte varer som output. I virkeligheten er det derimot mer vanlig med bruken av flere innsatsfaktorer for å produsere en eller flere output. Det vil derfor være nødvendig å benytte flere input- og outputvariabler for å måle produktivitet. Til dette formål kan total faktorproduktivitet(TFP) benyttes. Ved bruk av TFP måles forholdet mellom en vektet sum av outputs og inputs på følgende måte:

$$\text{Total faktorproduktivitet} = \frac{\sum_{i=1}^s u_i y_i}{\sum_{j=1}^p v_j x_j} \quad (2)$$

Her benyttes u_i og v_j som verdivektorer for henholdsvis output i og input j , hvor den senkede skriften representerer antallet inputs eller output som skal inngå beregningen TFP. Som vektor i en verdivektor er det, etter samfunnsøkonomisk teori, riktig å bruke markedsprisene til produktene og innsatsfaktorene (Kittelsen & Førsum, 2001).

Isolert sier ikke det beregnede tallet for produktivitet så mye. En måte å anvende dette på er ved bruk av historiske data, for å kunne analysere produktiviteten over en gitt tidsperiode. Ved å se på utviklingen er det mulig å få en indikasjon på hvorvidt selskapet har blitt mer eller mindre produktivt i den gitte perioden. I tillegg er det mulig å sammenligne produktivitetstallene med andre aktører i bransjen, for å identifisere hvem som driver med den beste praksisen. Gjennom deling av beste praksis kan aktører stimuleres til å prøve ut tiltak og virkemidler for å løse oppgaven bedre (Direktoratet for forvaltning og IKT, 2015). Denne typen sammenligninger av selskaper kommer inn under effektivitetsbegrepet som blir benyttet videre i besvarelsen.

3.1.2 Effektivitet

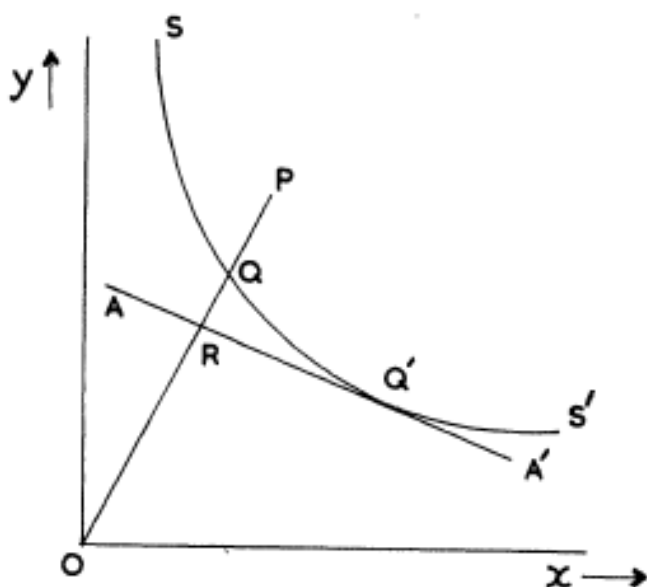
En produksjonens effektivitet bestemmes av forholdet mellom enhetens egen produktivitet og produktiviteten til de enhetene som presterer best i sammenligningsutvalget. Formelt kan dette skrives:

$$\text{Effektivitet} = \frac{\frac{y}{x}}{\frac{y^*}{x^*}} \quad (3)$$

Her er y/x enhetens faktiske prestasjon, og y^*/x^* representerer ideell prestasjon. Den ideelle prestasjonen fremkommer av de driver beste praksis blant alle enheter som inngår sammenligningen. Dersom en enhet oppnår effektivitet lik 1, er denne en av de beste enhetene i utvalget.

Farrell effektivitet

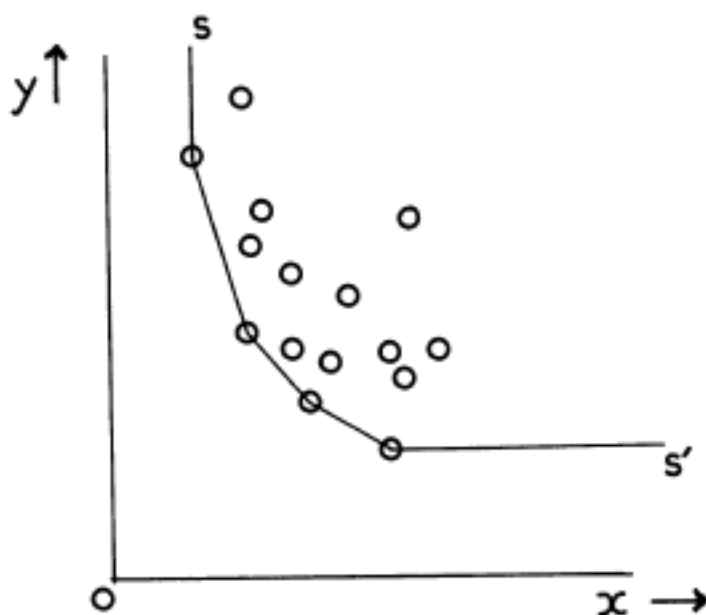
I følge Bogetoft og Otto er Farrell effektivitet den mest brukte tilnærmingen for å måle graden av produktivitet i et tilfelle bestående multi-input og multi-output (2015). Grunnideen ved denne metoden er spørsmålet om det er mulig å henholdsvis redusere input uten å endre output, eller å øke output uten å endre input. Figur 9 benyttes for å vise hvordan Farrell definerer et selskaps tekniske effektivitet i en to-faktorproduksjon (1957). Slik det illustreres ved punkt P, lager en produksjonsenhet en valgt mengde output, ved utnyttelsen av x_p og y_p antall innsatsfaktorer (denne notasjonen gjelder kun for figur 9). Med antakelsen om konstant skalautbytte i modellen, representerer isokvanten SS' kombinasjonene av input en perfekt effektiv produksjonsenhet kan bruke for å produsere valgt mengde output. I dette tilfellet representerer punktet Q en effektiv enhet som benytter innsatsfaktorene i samme proporsjon som enheten i punkt P. Følgelig produserer enheten i Q like mye output, bare med brøkdelen OQ/OP av innsatsfaktorene som P. Dermed kan OQ/OP defineres som den tekniske effektiviteten til selskap P.



Figur 9 Isokvant diagram for anvendelsen av to innsatsfaktorer, x og y

Denne modellen forutsetter kjennskap til produksjonsmodellen til et perfekt effektivt selskap. I praksis er dette vanskelig å oppfylle, da det kan være utfordrende å spesifisere en teoretisk modell for en kompleks prosess. For eksempel vil det være vanskelig å estimere for menneskelige feil i en slik modell. Farrell foreslår å estimere en effektivitets-isokvant,

produksjonsfront, basert på faktiske observasjoner av produksjonsenhetene (1957). Med antakelsen om en konveks isokvant med et ikke-positivt stigningstall kan produksjonsfunksjonen estimeres basert på et spredningsplott bestående av observerte selskaper, slik figur 10 viser. Det er videre forutsatt at den stykkevis lineære konvekse isokvanten konstrueres slik at den ikke har noen observasjoner til venstre eller under seg.



Figur 10 Effektivitetsisokvant estimert ut fra observasjoner

Et selskap klassifiseres som teknisk effektiv dersom den ligger på produksjonsfronten, det vil si $TE = 1$. Følgelig vil et ineffektivt selskap ha $TE < 1$. Som følge av konveksitetsbetingelsen kan et teknisk ineffektivt selskap ($TE < 1$) nå denne fronten ved å proporsjonalt redusere sine innsatsfaktorer dersom det ikke medfører en redusert output.

Bogetoft og Otto (2010) definerer den inputorienterte Farrell-effektiviteten til en produksjonsplan (x,y) begrenset av teknologien T som:

$$E = \min\{E > 0 \mid (Ex, y)\} \in T \quad (4)$$

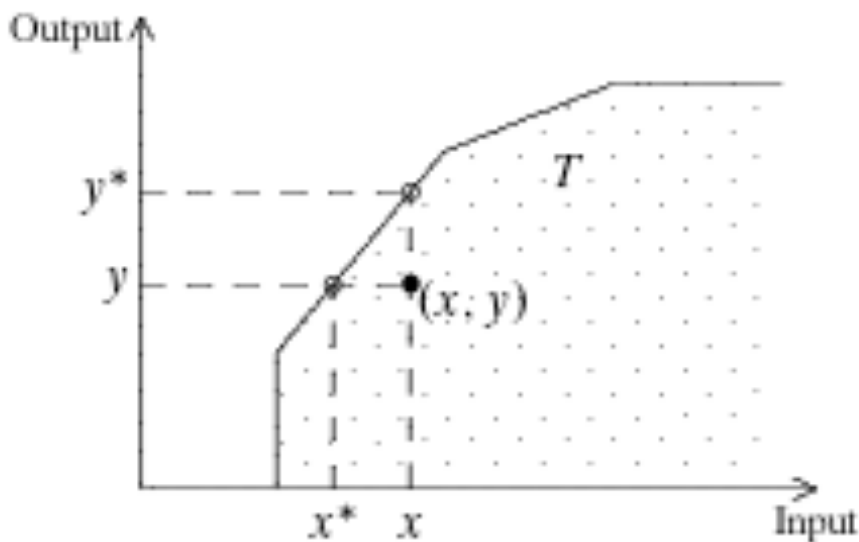
Hvor E er det maksimale sammentrekningsfaktoren av alle inputs, x , som lar oss produsere output, y . For en produksjonsenhet som oppnår $E = 0,7$ betyr dette at det er mulig for denne

å redusere bruken av innsatsfaktorbruken med 30% og likevel produsere samme output. Tilsvarende resonnement kan brukes for å finne den outputorienterte Farrell-effektiviteten

$$F = \max\{F > 0 \mid (x, Fy)\} \in T \quad (5)$$

Her er F den maksimale utvidelsesfaktoren for alle outputs, y som er mulig uten å øke input

Dette kan illustreres ved figur 11, som viser en produksjonsplan i teknologisettet, T , som benytter henholdsvis en input(x) og en output(y). Ved bruk av x mengde input produseres y enheter output. Teknologisettet tilsier derimot at det også er mulig ved bruk av samme mengde innsatsfaktor også er mulig å produsere y^* , hvor $y^* > y$. På samme måte er det mulig å være mer effektiv ved å benytte en mengde x^* input for å produsere y outputs, hvor $x^* < x$.



Figur 11 Farrell effektivitet i en-input/en-output modell

Teknisk effektivitet i inputorientering kan derfor skrives som:

$$TE_I = \frac{x^*}{x} \quad (5)$$

Denne måten å beregne teknisk effektivitet i en inputorientering kan fort bli omfattende dersom det inngår flere innsatsfaktorer. En måte å løse dette er å benytte metoden, Data

Envelopment Analysis, som kan beregne effektiviteten når en produksjonsenhet benytter flere innsatsfaktorer eller produkt.

3.1.3 Distansefunksjoner

Distansefunksjoner kan brukes til å måle effektivitet uten en forhåndsspesifisert funksjon som for eksempel kostnadsminimering eller profittmaksimering. Ved hjelp av observasjoner av ulike kombinasjoner input og output vil distansefunksjoner vise den optimale produksjonsteknologien.

Teknologisettet T er et sett bestående av kombinasjoner av input og output slik at inputen faktisk kan produsere outputen. Formelt kan det skrives som:

$$T = \{(x, y) \mid x \text{ kan produsere } y\} \quad (6)$$

En alternativ tilnærming enn Farrell og Debreu sin metode for effektivitetsberegning som vist ovenfor er Farrell og Shephard distansefunksjoner. Her representeres effektivitetsmålene i form av distansefunksjoner. En slik terminologi legger til grunn at observasjonene ikke bare er tall, men også prosedyrer som ”mapper(maps)” teknologier og observasjoner i ekte tall (Bogetoft & Otto, 2010, s.30) En Shephard input- og outputdistansefunksjon kan henholdsvis uttrykkes som den inverse av Farrell funksjonen:

$$D_I(x, y) = \max\{D > 0 \mid (\frac{x}{D}, y) \in T\} = \frac{1}{E(x, y)} \quad (7)$$

I funksjonen er $D_I(x, y)$ inputorientert distansemål, x inputvektor, y outputvektor, D skaleringsfaktoren

I følge Bogetoft & Otto(2010) kan ett teknologisett, T , bestå av et sett for input og et annet sett for output slik at:

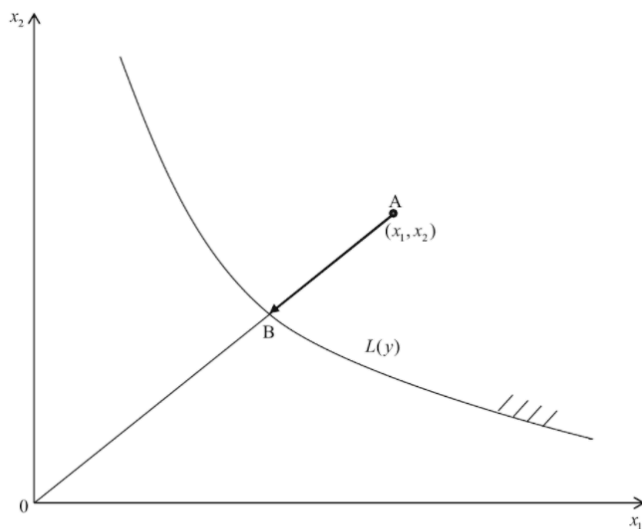
$$P(x) = \{y \mid (x, y) \in T\} \quad (8)$$

$$L(y) = \{x \mid (x, y) \in T\} \quad (9)$$

Her er $P(x)$ mulighetsområdet for output, og $L(x)$ er mulighetsrommet for input.

Dermed kan Shephards input distansefunksjon relativt til inputsettet $L(y)$ i følge Färe et al (2016) skrives som:

$$D_I(y, x) = \max \left\{ \lambda : \frac{x}{\lambda} \in L(y) \right\} \quad (10)$$



Figur 12 Shephards input distansefunksjon

Teknologien $L(y)$ er representert ved inputsettet, med antakelsen om fri avhendighet:

$$x' \geq x \in L(y) \Rightarrow x' \in L(y) \quad (11)$$

I figur 12 er inputvektoren (x_1, x_2) prosjektet på grensen til $L(y)$. Denne distansefunksjonen uttrykker A sin tekniske ineffektivitet, hvor $D_I(y, x) > 1$, og større D tyder på større ineffektivitet. For en produsent vil det være teknisk mulig å proporsjonalt redusere input med en faktor $1/D_I(y, x)$ mens output holdes konstant. Denne faktoren kan også omtales som Farrells inputorienterte mål på teknisk effektivitet:

$$TE_I(x, y) = \frac{1}{D_I(x, y)} \quad (12)$$

3.2 Data Envelopment Analysis

For et selskap kan det være nyttig å vite hvor godt det presterer sammenlignet med andre selskaper, samt hva de kan lære av andre. Data Envelopment Analysis (DEA) er en av metodene som kan benyttes til benchmarking, og en alternativ metode som også danner en fornt, er den stokastiske modellen SFA. Analysen muliggjør for andre aktører å identifisere forbedringsområder, ved å sammenligne sine egne produksjonstall opp mot det som blir karakterisert å være “best i bransjen”.

DEA brukes til å komme med estimat på teknologien, for deretter å måle de forskjellige DMUenes produktivitet opp mot estimatet. Med dette løses to utfordringer, som er å finne ut hvilken standard DMUene skal måles opp mot, og den faktiske målingen relativt til denne. Det finnes flere forskjellige metoder for å estimere teknologien, effektiviteten og produktiviteten. Vi vil etter å ha sett på teori som er grunnleggende for DEA, introdusere de modellene vi ser på som mest relevante for problemstillingen.

K DMUer hvor $k = 1, \dots, K$, bruker m innsatsfaktorer for å produsere n produkter. Vi får da

$$x^k = (x_1^k, \dots, x_m^k) \in \mathbb{R}_+^m \quad (13)$$

for produksjonsinnsats, og følgende for produkter:

$$y^k = (x_1^k, \dots, x_n^k) \in \mathbb{R}_+^n \text{ for DMU } k \quad (14)$$

Har vi prisene på innsatsfaktor og produkt, vil det bli henholdsvis:

$$w^k = (w_1^k, \dots, w_m^k) \in \mathbb{R}_+^m, \text{ og } p^k = (p_1^k, \dots, p_n^k) \in \mathbb{R}_+^n \quad (15)$$

For enkelthets skyld kan notasjonen (x^k, y^k) for innsatsfaktor og produksjon for et selskap benyttes når det er klart hvilket selskap det er snakk om. For alle selskapene bruker vi:

$$X = (x^1, \dots, x^K) \text{ og } Y = (y^1, \dots, y^K) \quad (16)$$

Videre er \mathbb{R}_+ alle positive reelle tall, og \mathbb{R}_{++} alle strengt positive reelle tall. Alle produksjonsmuligheter, eller teknologien har følgende notasjon:

$$T = \{(x, y) \in \mathbb{R}_+^m \times \mathbb{R}_+^n \mid x \text{ kan produsere } y\}. \quad (17)$$

Teknologien er som tidligere nevnt ofte ukjent, og dette er ikke eksklusivt for DEA. Hvor statistiske metoder bruker sannsynlighetsmaksimering, bruker DEA matematisk programmering og aktivitetsanalyse etter det minimale ekstrapoleringsprinsippet. For å ekstrapolere minst mulig, finnes den minst mulige undergruppen av $\mathbb{R}_+^m \times \mathbb{R}_+^n$ som er innenfor de teknologiske antakelsene man tar, og inneholder de observerte datapunktene (x^k, y^k) , $k = 1, \dots, K$. Den estimerte teknologien vil alltid være en undergruppe av virkelig teknologi, det vil si at $T^* \subseteq T$. Å velge en liten undergruppe sørger for at estimatet er konservativt, og sikrer at DMUene fremstår best mulig, da de blir sammenlignet med beste praksis heller enn hva som er teknologisk mulig. Det er viktig å merke seg at antakelsen om at kvaliteten på all data som brukes må holde høy kvalitet. Om man benytter seg av feilrapporterte regnskapstall, tilfeldigheter, eller annen støy, kan fronten fremstå som bedre enn den er. Andre DMUer vil da fremstå som lite produktive, selv om de kanskje virkelig skulle vært på fronten.

De fleste DEA-modellene er forskjellige ved at de tar ulike antakelser om teknologien T . Først og fremst åpnes det for sløsing, det vil si at innsatsfaktorer kan brukes fritt for å produsere mindre eller det samme. Formelt vises det at

$$(x, y) \in T, x' \geq x, \text{ og } y \geq y' \Rightarrow (x', y') \in T \quad (18)$$

Dette er vanligvis en svak antakelse, selv om den eksempelvis ved regulering av maksimal mengde forurensing kan bli brutt.

En annen forutsetning er antakelsen også konveksitet. Det vil si at et vektet gjennomsnitt av alle mulige produksjonsplaner også vil være mulig. Hvis:

$$(x, y) \in T, (x', y') \in T \Rightarrow \alpha(x, y) + (1-\alpha)(x', y') \in T \quad (19)$$

Denne antakelsen er matematisk bedagelig, og vil i de fleste tilfeller ikke forstyrre resultatene, selv om konveksitet ikke er tilstede. Volumavhengige priser, skalafordeler, tilfeller hvor input/output må være heltallig, er alle forhold som kan tale mot antakelsen. Med hensyn til benchmarking, gjør den allikevel at overflødige DMUer på fronten kan unngås, selv med relativt få observasjoner.

Summen av mulige produksjonsplaner skal også utgjøre en mulig produksjonsplan. Formelt kan dette uttrykkes:

$$(x, y) \in T, (x', y') \in T \Rightarrow (x+x', y+y') \in T \quad (20)$$

Antakelsen om additivitet eller replikabilitet går ut på om 2 produksjonsplaner gir en viss produktmengde, vil summen av disse produksjonsplanene slått sammen generere det samme.

Skalautbytte betegnes med γ , og Γ er settet av lovlige skaleringsfaktorer. Hvis:

$$(x, y) \in T, \kappa \in \Gamma(\gamma) \Rightarrow \kappa \cdot (x, y) \in T \quad (21)$$

Den mest ekstreme er konstant skalautbytte, hvor produksjonen kan ligge langs ethvert punkt på linjen mellom $(0,0)$, (x, y) og videre. En annen vanlig antakelse er DRS, eller avtakende skalautbytte, hvor produksjon stiger saktere enn innsatsfaktorene, så den kan nedskaleres, men ikke oppskaleres. Ved IRS, økende skalautbytte, gjelder det motsatte. Dette er naturlig hvor det er stordriftsfordeler. Med $\gamma = 1$ er det ikke mulighet for omskalering, og blir omtalt som «varierende skalautbytte». $\gamma \geq 0$ er den svakeste antakelsen, og innebærer konstant skalautbytte.

Det kan vises at minimal ekstrapolering under disse fire teknologiene er:

$$T^*(\gamma) = \{(x, y) \in \mathbb{R}_+^m \times \mathbb{R}_+^n \mid \exists \lambda \in \Lambda^K(\gamma): x \geq \sum_{k=1}^K \lambda^k x^k, y \leq \sum_{k=1}^K \lambda^k y^k\} \quad (22)$$

Hvor man setter inn en av følgende under for $\Lambda^K(\gamma)$, avhengig av skalateknologien (den i parentes):

$$\Lambda^K(vrs) = \{\lambda \in \mathbb{R}_+^K \mid \sum_{k=1}^K \lambda^k = 1\} \quad (23)$$

$$\Lambda^K(drs) = \{\lambda \in \mathbb{R}_+^K \mid \sum_{k=1}^K \lambda^k \leq 1\} \quad (24)$$

$$\Lambda^K(irs) = \{\lambda \in \mathbb{R}_+^K \mid \sum_{k=1}^K \lambda^k \geq 1\} \quad (25)$$

$$\Lambda^K(crs) = \{\lambda \in \mathbb{R}_+^K \mid \lambda^k \geq 0\} = \mathbb{R}_+^K \quad (26)$$

Farrellproduktiviteten i innsatsfaktorene finnes på følgende måte:

$$E^o = E((x^o, y^o); T^*) = \min\{E \in \mathbb{R}_+ \mid (Ex^o, y^o) \in T^*\} \quad (27)$$

Settes Farrellproduktiviteten inn i ovenfornevnte $T^*(\gamma)$, finnes optimeringsproblemet:

$$\begin{aligned} \min_{E, \lambda^1, \dots, \lambda^K} E & \quad (28) \\ \text{s. t. } Ex^o & \geq \sum_{k=1}^K \lambda^k x^k, \\ y^o & \leq \sum_{k=1}^K \lambda^k y^k, \\ \lambda & \in \Lambda^K(\gamma). \end{aligned}$$

Hvor høyresiden definerer referanseenheten, som er bygd opp av et vektet (λ) gjennomsnitt av enheter på fronten, og referanseenheten kan være forskjellig for hver DMU.

For vrs-modellen, hvor skalautbyttet er varierende, vil det være gunstig å måle skalaeffektiviteten, SE.

$$SE(x^o, y^o) = \frac{E(x^o, y^o; crs)}{E(x^o, y^o; vrs)} \quad (29)$$

I den riktige størrelsesordenen vil SE være 1, og mindre enn 1 hvis ikke. Den sier derimot ikke hvorvidt produksjonen er for liten eller for stor, dog dette kan lett løses ved å sjekke under økende eller synkende skalautbytte. Grunnen til at det alltid er 1 eller mindre, er at crs er strengere enn vrs, så man vil med samme input og output fremstå som mer effektiv under vrs enn crs.

Allokeringseffektiviteten ser på prisen til de forskjellige innsatsfaktorene, og ser om de velger de billigste innsatsfaktorene. Hvor:

$$w_m, m = 1, \dots, M \quad (30)$$

$$\min wx \text{ gitt at } (x, y) \in T$$

Med VRS-teknologi:

$$\min_{x_1, \dots, x_m, \lambda^1, \dots, \lambda^K} w_1 x_1 + \dots + w_m x_m \quad (31)$$

$$s. t. x_i \geq \sum_{k=1}^K \lambda^k x_i^k, \quad i = 1, \dots, m$$

$$y_j \leq \sum_{k=1}^K \lambda^k y_j^k, \quad j = 1, \dots, n$$

$$\sum_{k=1}^K \lambda^k = 1$$

Dette gir minimumskostnaden ved å produsere y . DMU o får da kostnadseffektivitet CE lik:

$$CE(x^o, y^o) = \frac{C^*(y^o)}{wx^o} \quad (32)$$

som er minstekostnad delt på faktisk kostnad for DMUen.

Supereffektivitet brukes som en måte å rangere DMUer på fronten på. DMU, k , måles opp mot fronten observasjonene danner uten denne. Får da ny T^* :

$$T^*(y|-k) = \{(x, y) \in \mathbb{R}_+^m \times \mathbb{R}_+^n \mid \exists \lambda \in \Lambda^{K-1}(y): x \geq \sum_{j \neq k}^K \lambda^j x^j, y \leq \sum_{j \neq k}^K \lambda^j y^j\} \quad (33)$$

Som gir supereffektivitet lik:

$$E^{SUP k} = E((x^k, y^k); T^*(y|-k)) \quad (34)$$

Denne kan være både over og under 1. Er den over 1 kan bruk av innsatsfaktorer øke med faktoren $E^{SUP k}$ uten å bli dominert av en annen DMU. Supereffektiviteten inneholder minst all informasjon som vanlig grunnleggende DEA (Bogetoft & Otto, 2010). Der er fare for at supereffektivitetsfaktoren blir uendelig fordi DMUen har data som ikke kan måles opp mot annen data i settet, noe som blir kalt hypereffektivitet.

DMUer som er veldig forskjellige fra andre observasjoner en spesiell utfordring i DEA siden de kan være med å danne fronten som all andre blir sammenlignet med. Feil i datasettet kan være alt fra tapt data til misforståelser i skjema som ble fylt ut. Selvfølgelig best om feilen blir fikset, men er også mulig å slette observasjonen fra datasettet. Videre kan det oppstå observasjoner som ikke er feil, men inneholder uregelmessigheter eller flaks. Disse bør fjernes for ikke å sammenligne alle andre mot en standard som ikke er representativ. Den siste er observasjoner med andre ekstremverdier. Disse bør av forsiktighetshensyn fjernes,

selv om dekan være innovatører som alle andre hadde vært tjent med å lære av. Disse avvikene kan finnes ved å se på supereffektiviteten, og fjerne de som er over tre eller fire (Bogetoft & Otto, 2010).

3.3 Malmquist produktivitetsindeks

Innen benchmarking er Malmquist indeks en av de mest populære tilnærmingene for dynamisk prestasjonsevaluering (Bogetoft & Otto, 2010). Teorien bak denne indeksen ble utarbeidet av matematikeren, Sten Malmquist (1953). Opprinnelig ble indeksen anvendt til å analysere hvordan en konsument kunne oppnå større nytte ved bruk av proporsjonal skalering av konsum. I etterkant har Malmquist sitt arbeid fått fornyet aktualitet, gjennom Caves, C.D. som ved bruk av distansefunksjoner med input- eller outputorientering og Malmquist indeks introduserte en metodikk for måling produktivitetsendringer mellom selskaper eller to ulike tidspunkt. Denne metoden måler produktivitetsutvikling over tid, og kan aggregere ulike input og output uten behovet for priser.

3.3.1 Malmquist med variabelt skalaутbytte

Det er mulig å beregne Malmquist Produktivitets indeks dersom teknologien for eksempel innebærer variabel skalaутbytte (Färe Grosskopf, Norris and Zhongyang, 1994). Ved å benytte en mer omfattende dekomponering blir effektivitetsendrings-komponenten kalkulert relativt til CRS-teknologien og dekomponeres i en ren-effektivitet komponent(kumulert relativt til VRS-teknologien) og en residual skala-komponent som fanger opp endringer i avviket mellom VRS- og CRS-teknologien. I følge Ray og Desli(1997) er ikke denne dekomponering konsistent, siden den benytter CRS og VRS i samme dekomposisjon, og introduserer en alternativ dekomponering av indeksen, M_0 :

$$M_0 = TECHCH(V) * (PEFFCH) * SCH(V) \quad (35)$$

Hvor skrevet med input-orientering:

$$\text{Teknologisk endring}_V: \text{TECHCH}(V) = \left[\frac{D_V^{t+1}(x_t, y_t)}{D_V^t(x_t, y_t)} * \frac{D_V^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_V^t(x_{t+1}, y_{t+1})} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (36)$$

$$\text{Ren teknologisk endring}_V: \text{PEFFCH} = \frac{D_V^t(x_t, y_t)}{D_V^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})} \quad (37)$$

$$\begin{aligned} \text{SCH}(V) &= \left[\frac{SE^t(x_t, y_t)}{SE^t(x_{t+1}, y_{t+1})} * \frac{SE^{t+1}(x_t, y_t)}{SE^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})} \right]^{\frac{1}{2}} \\ &= \left[\frac{\frac{D_C^t(x^t, y^t)}{D_V^t(x^t, y^t)}}{\frac{D_C^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_V^t(x^{t+1}, y^{t+1})}} * \frac{\frac{D_C^{t+1}(x^t, y^t)}{D_V^{t+1}(x^t, y^t)}}{\frac{D_C^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_V^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}} \right]^{\frac{1}{2}} \end{aligned} \quad (38)$$

Her er SCH(V) det geometriske gjennomsnittet til skalaeffektivitets-ratioene de to gjeldende kombinasjoner av input og output hvor vrs-teknologien for de to periodene brukes som benchmark. Ved å sette inn distansefunksjoner for Skalaeffektivitet i SCH(V) , kan både antakelsen om VRS og CRS inngå, og følgelig også inkludert endringene i skalaeffektivitet og skalateknologi. Wheelock og Wilson viste hvordan SCH kan dekomponeres til å uttrykke endring i skalaeffektivitet og endring i skalateknologi (1999), som med inputorientering kan skrives:

$$\text{SCE: Skalaeffektivitetsendring}_V = \frac{\frac{D_C^t(x^t, y^t)}{D_V^t(x^t, y^t)}}{\frac{D_C^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_V^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}} \quad (39)$$

$$\text{Endring i skalateknologi} = \left[\frac{D_C^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_V^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \frac{D_C^{t+1}(x^t, y^t)}{D_V^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{\frac{1}{2}} * \left[\frac{D_C^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_V^t(x^{t+1}, y^{t+1})} \frac{D_C^t(x^t, y^t)}{D_V^t(x^t, y^t)} \right] \quad (40)$$

SCH beskriver hvilket skalautbytte DMUen oppnår, og endringer i denne kan komme fra to kilder, eventuelt en kombinasjon av disse. Her vil skalaeffektivitetsendring vise om DMUen har flyttet seg til et mer eller mindre gunstig punkt på input-output aksene. Skalateknologien er da gitt, og bevegelsen langs denne teknologien, enten av DMUen eller en projisert versjon av DMUen, er hva som blir målt. Endring i skalateknologi måler som navnet tilsier om skalateknologien i seg selv endres, eksempelvis mindre aktører som går sammen om å kjøpe utstyr som før har vært forbeholdt større aktører.

3.4 Identifisering av innovatører

Mens Malmquist indeks-komponenten, teknisk endring, viser hvordan fronten har endret seg basert på de ulike sammensetninger av innsatsfaktorer som DMUene har brukt, gir den ingen direkte informasjon om hvorvidt et selskap har bidratt til å flytte fronten. For å gjøre dette kan Färe et al sin metode for identifisering av innovatører benyttes (1994). Ved å studere distansefunksjonen etter indeks for teknisk effektivitet, kan en DMU klassifiseres som en innovatør hvis følgende krav er oppfylt:

$$TC^k > 1 \quad (41)$$

$$D_0^t(\mathbf{x}^{k,t+1}, \mathbf{y}^{k,t+1}) > 1 \quad (42)$$

og

$$D_0^{k,t+1}(\mathbf{x}^{k,t+1}, \mathbf{y}^{k,t+1}) = 1 \quad (43)$$

Hvis dette er oppfylt har en DMU bidratt til et skift i fronten i perioden fra t til t+1.

Tilsvarende har vi benyttet samme resonnement for å identifisere DMUene som flytter den skalateknologiske fronten:

$$SCT^k > 1 \quad (44)$$

$$D_0^t(\mathbf{x}^{k,t+1}, \mathbf{y}^{k,t+1}) > 1 \quad (45)$$

og

$$D_0^{k,t+1}(\mathbf{x}^{k,t+1}, \mathbf{y}^{k,t+1}) = 1 \quad (46)$$

Hvis dette er oppfylt har en DMU bidratt til et skift i skalateknologiske fronten i perioden t til t+1.

3.5 Tobit-regresjon

For å se mer på faktorer som gjør noen bedrifter mer produktive enn andre, kan Tobit regresjon brukes. Metoden har fått kritikk for blant annet å anta at z og feilleddet, ε , er uavhengig fordelt, noe de ikke nødvendigvis er. Det finnes derimot mange vellykkede studier som bruker denne metoden, og er den mest vanlige metoden ved bruk av kontinuerlige variabler som andre ledd i DEA-analyser (Bogetoft & Otto, 2010).

Produktiviteten til innsatsfaktorene, E , hentet fra Farrell i DEA-analysen avhenger av variablene $z = (z_1, \dots, z_q)$ og parameterene a . Modellen er da:

$$E = g(z, a) \quad (47)$$

Ved Tobit regresjon ses de underliggende driverne av produktivitet som en stokastisk variabel, og observasjonen av E som en sensurert versjon av denne (Bogetoft & Otto, 2011). Med sensurert menes at ikke all informasjon blir kjent gjennom denne. Modellen blir da:

$$E = \begin{cases} 0 & \text{hvis } az + \varepsilon \leq 0 \\ az + z & \text{hvis } 0 < az + \varepsilon < 1 \\ 1 & \text{hvis } az + \varepsilon \geq 1 \end{cases} \quad (48)$$

Tolkningen er relativt simpel, hvor mye produktiviteten endres om a_h endres med 1.

4. Datagrunnlag

4.1 Datamateriale

Datasettet bestående av sekundærdata fikk vi tilsendt ferdig anonymisert av Fiskeridirektoratet. Datamaterialet blir innhentes fra regnskapstall, samt utsending av skjema som aktørene er pliktig å svare på (Fiskeridirektoratet, 2005). Lønnsomhetsundersøkelsen har blitt utført årlig siden 1982, og omfatter i utgangspunktet alle produsenter av matfisk og settefisk. På grunn av vanskeligheter med å skille mellom matfiskproduksjonen og annen virksomhet, fjernes aktører som har en andel på over ti prosent fra annen drift. Om annen virksomhet er oppdrettsrelatert, økes grensen til tretti prosent.

Tabell 5 Antall selskap og konsesjoner i datasettet

År	2010	2011	2012	2013	2014
Antall selskap i utvalget	101	92	94	91	88
Antall tillatelser i utvalget	670	657	634	688	685
Gj. antall tillatelser per selskap	6.634	7.141	6.745	7.56	7.784
Antall tillatelser i drift (populasjonen)	974	998	996	1011	1009

Selv om Fiskeridirektoratet utfører kvalitetssikring både maskinelt og manuelt (Fiskeridirektoratet, 2005), har vi fjernet enkelte aktører med veldig store avvik, siden DEA som metode ikke tar høyde for støy. I likhet med Vassdal og Holst (2011) fjernet vi også alle aktørene med over 1.8 i supereffektivitetsscore.

Tabell 6 Antall selskap etter fjerning

År	2010	2011	2012	2013	2014
Antall fjernet ved supereff.	4	7	7	5	5
Outliers	3	7	4	2	4
Antall gjenstående	94	78	83	84	79
Andel av populasjon	93 %	85 %	88 %	92 %	90 %

4.2 Reliabilitet

En av hjørnesteinene i den vitenskapelige metoden er reliabilitet, som går ut på at funnene skal være mulige for andre å etterprøve. Kirk og Miller (1986) peker på tre typer reliabilitet i kvantitative undersøkelser. Disse er graden av konsistens i gjentakende målinger, at målingene holdes stabile over tid, og graden av likhet mellom målingene i gitte perioder. Siden Fiskeridirektoratet har produsert lønnsomhetsanalysene i lang tid, og i tillegg luker ut aktører, antar vi at den tilfredsstiller krav om konsistens i målingene. Dette underbygges av flere publiserte artikler som også bruker disse datasettene. Videre har vi testet reliabiliteten ved å sammenligne resultatene fra andre oppgaver og publiserte artikler med lignende modeller.

4.3 Validitet

Den andre hjørnesteinen er validitet, som blant annet går ut på hvor gyldige resultatene man oppnår i testene er i forhold til det som skal testes. Vi har i den grad det lar seg gjøre benyttet oss av samme modell som tidligere forskning på området ved bruk av DEA. På grunn av endring i tallene Fiskeridirektoratet oppgir i statistikken ble det gjort små endringer, men disse er også støttet av annen forskning. Modellen skal finne hvor mye innsatsfaktorer som trengs for å produsere outputen, og sammenligne denne med andre aktører. Alle de største innsatsfaktorene er inkludert, og de fleste mindre, så vi antar at modellen måler det den trenger for å besvare problemstillingen. Intern validitet er i dette hvorvidt innsatsfaktorene faktisk påvirker effektiviteten til aktørene.

Ekstern validitet er hvorvidt man kan generalisere funnene til andre grupper enn de man observerte. Det kan også innebære å generalisere overfor andre situasjoner heller enn grupper, uten at det er veldig relevant for oppgaven. Et eksempel på andre situasjoner, måtte vært å se på om man fant de samme driverne for innovasjon hos aktører som drev oppdrett av laks på land. På grunn av store forskjeller i forhold vi ikke kan gjøre noe med, blant annet geografiske tror vi ikke funnene kan generaliseres for bransjen på internasjonalt nivå, men det virker rimelig å anta at funne gjelder for andre aktører i Norge.

4.4 Input

For vår utvelgelse av input- og outputvariabler til analysen har vi valgt å ta utgangspunkt i Asche, Guttormsen og Nielsen sin studie fra 2013. De brukte i sin tid følgende variabler for å beskrive produksjonsprosessen av laks. Fôr målt i vekt, arbeidskraft målt i timer (s.142), smolt målt i vekt, område brukt for produksjon i kubikkmeter, og kapitalkostnad målt varige driftsmiddel i virkelig verdi. Som output-variabel benyttes årlig produsert mengde laks og ørret målt i vekt.

Deres valg av innsatsfaktorer kan underbygges av Coelli (2005) hvor vekt gir et mer nøyaktig mål på fôr- og smoltforbruk, siden det ikke vil være nødvendig å justere for ulike priser de forskjellige DMUer betaler for disse innsatsfaktorene. Bruken av arbeidstimer istedenfor lønnskostnader kan begrunnes med lignende resonnerment. Det kan for eksempel være tilfeller der to ulike DMUer i to forskjellige byer har et ulikt lønnsnivå, til tross for at ansatte i begge gruppene utfører de samme arbeidsoppgavene.

I datasettet for lønnsomhetsundersøkelsen vi fikk oversendt fra Fiskeridirektoratet inngår ikke lenger smoltforbruk målt i vekt. Et alternativ er å benytte posten smoltkostnad som indikator på bruken av smolt som innsatsfaktor. Dette ble også gjort i studien *Technical Progress and Regress in Norwegian Salmon Farming: A Malmquist Index Approach*, av Vassdal og Holst i 2011. Følgelig anser vi det som legitimt å benytte denne tilnærmingen i vår analyse.

Etter 2009 gikk Fiskeridirektoratet bort fra å inkludere målt kapitalkostnad i lønnsomhetsundersøkelsen (Fauske & Holmefjord, 2010). Tidligere forskning, publisert så sent i 2013 baserer seg på tall til og med 2008, og kan dermed uten videre beregninger inkludere kapitalkostnad i analysen. I vårt tilfelle foreligger det ikke tilstrekkelig informasjon til å estimere et tilsvarende tall. Basert på utlevert tallmateriale fremkommer for eksempel ikke andelen nedskrevet bygnings Konsekvensen av dette vil i en effektivitetsanalyse kunne være at DMU som har nedskrevet driftsmidler vil kunne fremstå som mer effektiv i forhold til andre DMUer som ikke har avskrevet sin bygningsmasse.

Med dette som bakgrunn vil vi videre presentere de input og output som vi har valgt å benytte i vår analyse. I tråd med Asche, Guttormsen og Nielsen (2013) har vi valgt ut 5 faktorer vi som vi mener har et solid praktisk og teoretisk grunnlag. Disse er forbruk av fôr i

vekt, lønnskostnad i antall lønnstimer, smoltkostnad i kroner, utnyttet kapasitet i antall kubikkmeter, og annen driftskostnad i kroner. For de 2 som måles i kroner har vi, av hensyn til sammenligning av produktiviteten fra år til år, besluttet å justere for prisøkninger. Generell prisøkning burde ikke fremstille DMUene som mindre produktive fra år til år, så tallene vil justeres ned til 2010-nivå. Disse nedjusterte tallene vil bli brukt igjennom hele oppgaven, men virkningen av nedjusteringen vil bare vises ved bruk av Malmquists metode. Følgende tall vil bli brukt som grunnlag for prisendringene (Statistisk sentralbyrå (x), 2016):

Tabell 7 Konsumprisindeks brukt i prisjustering.

KONSUMPRISINDEKS	2010	2011	2012	2013	2014
KPI 1998=100	128.8	130.4	131.4	134.2	136.9
Endring fra 2010	0	0.0124	0.0202	0.0419	0.0629

4.4.1 Fôrforbruk

For å produsere oppdrettsfisk benyttes fôr. Siden vi i oppgaven har fokus på hvor mye de får ut av fôret, heller enn hvor mye de betaler for det, ser vi på fôrforbruk. En rapport fra NOFIMA (Iversen, A., Hermansen, Ø., Andreassen, O., Brandvik, R.K., Marthinussen, A. og Nystøyl, 2015) viser kraftig prisstigning på fôr. Fôr som ikke spises ender på havbunnen. Vi antar at handlingsrommet er større ved å begrense svinn enn reallokering av input på bakgrunn av økt fôrpris, da det virker naturlig at fisken må ha fôr for å vokse.

Tabell 8 Informasjon om fôrforbruk

FORFORBRUK	2010	2011	2012	2013	2014
Gjennomsnitt	9 297 315	11 496 353	11 453 086	12 648 936	13 507 840
Maks	74 882 471	85 358 086	87 724 861	85 984 218	111 175 771
Min	873 453	911 000	1 087 887	1 720 350	651 659

4.4.2 Smoltkostnad

Det er ikke nødvendigvis sammenheng mellom et bestemt års smoltkostnad og samme års produksjon, siden det tar opptil flere år før smolten ender som ferdig produkt (Iversen, A., Hermansen, Ø., Andreassen, O., Brandvik, R.K., Marthinussen, A. og Nystøyl, 2015).

Tendensen i markedet er at man varierer størrelsen på smolten, sammen med tidspunkt for

utsetting av smolt, for å få en jevnere strøm av ferdigprodukt. Har bedriften jevn produksjon over årene vil ikke dette være en veldig stor feilkilde. En fordel med å ha med smoltkostnaden er at DMUene kan påvirke hvor stor smolt de kjøper for å begrense produksjonstiden. Da veier de opp ulempen større smolt fører med seg, som er høyere pris, opp mot fordelene redusert smittefare og sykdom fører med seg. Intuitivt ville man anta at de store aktørene betalte lavere pris for smolt, men datasettet fra Fiskeridirektoratet viser at de gjennomsnittlig betalte det samme. Da vi ikke har alternativ til å plukke opp eventuelle gevinster gunstig bruk av smolt kan gi, er den inkludert på tross av mulige feilkilder. Annen liknende forskning har brukt både smoltkostnad (Vassdal & Holst, 2011) og smoltvekt (Asche, Guttormsen, & Nielsen, 2013)

Tabell 9 Informasjon om smoltkostnad

SMOLTKOST	2010	2011	2012	2013	2014
Gjennomsnitt	17 116 397	21 309 440	20 384 131	21 539 939	26 486 300
Maks	109 978 778	162 596 528	148 467 487	139 058 224	158 607 842
Min	1 678 957	726 979	1 748 574	1 498 524	3 126 693

4.4.3 Antall betalte arbeidstimer

Med lønnskostnader stod valget mellom antall arbeidstimer og utbetalt lønn. Selv om begge har sine fordeler og ulemper, landet vi på lønnskostnad. Lønnskostnaden har strengere krav hva angår rapportering, og ble vurdert til å ha mindre feilrapportering. Feilkilder her kan være daglig leder som tar ut uforholdsmessig mye eller lite lønn. Rent effektivitetsmessig er det antatt å være likegyldig hvilken av de to man velger, særlig om man antar at høyere lønn fører til tilsvarende høyere produktivitet.

Tabell 10 Informasjon om antall betalte arbeidstimer

BET_ARB_TIM	2010	2011	2012	2013	2014
Gjennomsnitt	34 618	42 586	41 324	51 246	55 833
Maks	260 910	354 166	353 454	404 055	442 800
Min	2 050	4 800	3 690	1 750	1 679

4.4.4 Andre driftskostnader

Annen driftskostnad er sekkepost for driftsrelaterte kostnader. Denne inkluderer blant annet strøm, leie, tiltak mot sykdom og lakselus, vask, vedlikehold og reparasjoner. Alle utgiftene her bidrar til å vise hvor effektivt det drives, selv om ikke alle utgiftene er like direkte. Spesielt viktig er tiltakene mot sykdom og lakselus, og kanskje reparasjoner og vedlikehold for å forhindre rømming. Spredning av sykdom og lakselus er ikke bare ugunstig for samfunnet og fiskens velvære, men vil i tillegg gi utslag i DMUens effektivitet, da fisk som dør av lus/sykdom ikke teller som output.

Tabell 11 Informasjon om andre driftskostnader

ANNEN_DRIFTSKOST	2010	2011	2012	2013	2014
Gjennomsnitt	28 053 944	36 660 896	40 461 014	63 058 651	63 961 575
Maks	282 902 250	487 274 645	437 412 315	713 945 777	493 951 205
Min	1 009 325	796 352	2 103 085	2 136 048	2 885 645

4.4.5 Utnyttet kapasitet

For å representere det utnyttede sjøvolum som benyttes for å produsere laks har vi valgt posten ”utnyttet kapasitet”. Denne angir de utnyttete volum oppgitt av selskapet per 31.12 målt i kubikkmeter, og uttrykker dermed den faktiske kapasiteten av anlegget som benyttes. Til forskjell fra kapitalkostnad uttrykker utnyttet kapasitet en fysisk størrelse, som det er knyttet mindre usikkerhet til, da grunnlaget for beregningen av kapitalkostnad kan være betinget av de ulike forutsetninger som er gjort på selskapsnivå (se tidligere avsnitt om avskrivninger av bygningsmasse). Vår oppfatning er derfor at ved å benytte utnyttet kapasitet vil modellen ha en god forutsetning for å ta høyde for i hvilken skala en DMU driver innenfor.

Tabell 12 Informasjon om utnyttet kapasitet

UTNYTTET_KAP	2010	2011	2012	2013	2014
Gjennomsnitt	511 883	688 907	598 849	692 363	736 234
Maks	4 455 524	5 345 220	3 961 895	4 920 633	4 621 738
Min	13 752	13 752	50 000	68 000	36 000

4.4.6 Finanskostnad, forsikringskostnad og slaktekostnad

Disse ble vurdert som input, men ble forkastet. Vi er i oppgaven ute etter å se hva de får ut av innsatsfaktorene, ikke i like stor grad hvordan disse finansieres. Slaktekostnad, og til dels forsikringskostnad, virker mer å være et resultat av økt produktivitet heller enn å bidra til økt produktivitet. Forsikringskostnad inkluderer nok premie som er delvis avhengig av hvor dyktig DMUen er til å unngå rømming, men rømmingen vil uansett fremkomme ved at produsert mengde vil gå ned. Slaktekostnaden er nok stort sett et resultat av høyere produksjon. Vi antar at det ikke er ikke høy produksjon som er resultatet av effektiv slaktekostnad i seg selv, selv om valg av tidspunkt for slakting nok kan påvirke prisen på slaktingen. Ingen av artiklene vi tidligere henviste til har brukt noen av disse, noe som støtter valget.

4.5 Output

Modellens output vil bli målt etter produsert mengde laks og ørret. Denne gir et bedre bilde enn salg, siden den tar hensyn til beholdningsendringer av både frysevarer og fisk i merdene. Vi har brukt fiskeridirektoratets tall for produsert mengde, som beregnes på følgende vis:

$$\begin{aligned} & (\text{Solgt mengde} + \text{frossenfisk per 31.12}) \\ & + \frac{(\text{biomasse 31.12} - \text{utsatt smolt for året} - \text{biomasse 1.1})}{\text{omregningsfaktor}} \end{aligned}$$

Omregningsfaktoren er et krav internasjonale standarder stiller, som hovedformål å beregne hvor mye ressurser som tas ut opp av havet (Fiskeridirektoratet, n.d.). Omregningsfaktoren skal settes slik at den best mulig gjenspeiler forholdet mellom ferdig produkt og fiskens vekt. For oppdrettslaks/ørret var den 1.11 i 2010 og 2011, før den i 2012 ble satt til 1.067. Produksjonen i 2010 og 2011 ble omgjort ved at vi brukte omregningsfaktoren fra 2012, i den tro at den nye omregningsfaktoren gir et bedre bilde av produsert mengde. Endring i beholdning av frossenfisk er ikke med fordi frysingen regnes å være del av foredlingen. En

ulempe ved å se på produsert mengde heller enn salgsinntekt, er at man ikke får med potensielle forskjeller i prisen aktørene oppnår. Denne antas å være liten, da oppdrettslaks er en relativt homogen vare.

Det vil også være ulike kombinasjoner av solgt fisk innenfor forskjellige vektklasser, noe som igjen vil medføre at oppdretter som produserer og selger større fisk også vil ha høyere salgsinntekt per kilo produsert fisk (legg inn tabell tidligere om kilopris for fisk ut fra vekt). Svakheten ved å bruke produsert mengde fisk som output kan dermed sies å være at den ikke sier noe om hvor mye en aktør får betalt for fisken, som avhenger både av størrelsen hver enkelt fisk har og tidspunktet for salg.

Tabell 13 Informasjon om produsert mengde

PRODUSERT	2010	2011	2012	2013	2014
Gjennomsnitt	6 846 614	9 225 305	9 436 056	10 104 561	11 468 074
Maks	54 167 824	65 849 706	78 425 968	71 407 150	94 606 632
Min	585 261	776 844	958 735	1 147 315	1 021 520

4.6 Begrunnelse for valg av variabler: Banker og Kolmogorov test

4.6.1 Test av teknologiene

For å teste teknologiene/modellene har vi benyttet Bankers F-test og Koglmorov-Smirnov sin test som ikke forutsetter antakelser om fordelingen. Som følge av ekstrapoleringsprinsippet vil man beholde den modellen som har flest restriksjoner så lenge disse er forenlige med datamaterialet. Modellen er bygd opp for å være nesten helt lik de publiserte artiklene om produktivitet og effektivitet i norsk akvakultur, hvor hovedforskjellen ligger i bruken av utnyttet kapasitet i stedet for kapitalbinding. Testen er utført ved å sjekke for signifikant forskjell mellom en modell med alle variablene og en modell med alle unntatt «utnyttet kapasitet». Resultatet ble som følger:

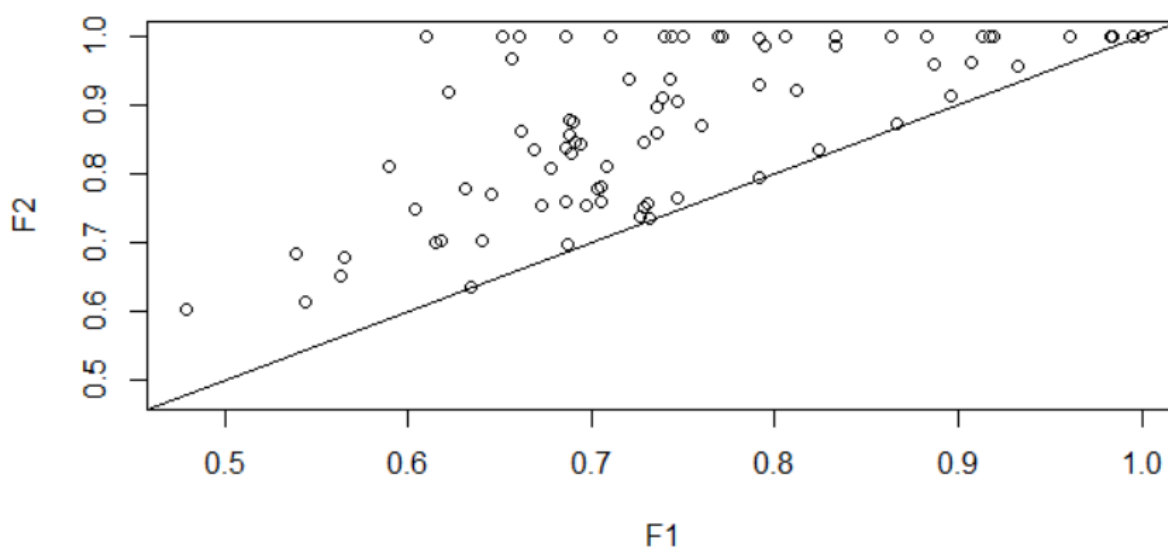
Tabell 14 Resultat Banker's F-test

Banker's F-test	2010	2011	2012	2013	2014
TEX					
Beregnet verdi	1,075	1,34	1,08	1,172	1,134
Kritisk verdi	1,266	1,286	1,279	1,281	1,288
THN					
Beregnet verdi	1,101	1,546	1,085	1,165	1,11
Kritisk verdi	1,396	1,429	1,417	1,420	1,432
KS-test					
D ⁺	0,071	0,186	0,078	0,124	0,131
p-verdi	0,607	0,051	0,58	0,257	0,237

Ser fra tabellen at den kun i 2011 har beregnet verdi over kritisk verdi, både ved eksponentiell- og halvnormalfordeling. Dette er ikke overraskende samme året som KS-testen gir lavest p-verdi, hvor den er signifikant på 5,1 prosentnivå. Av mangel på bedre variabler vi har tilgang på, blir den tatt med på grunnlag av signifikans i 2011.

Skalautbytte

Vi har sett på på fordelingen av effektive DMUer under forutsetning om CRS og VRS, og plottet resultatene i en figur:



Figur 13 Fordeling av effektive DMUer under forutsetning om CRS og VRS

Basert på resultatene fra figuren, bestemte vi oss for å benytte testene brukt ovenfor for å teste teknologier til å se om det er signifikante forskjeller i DMUenes effektivitet under forskjellige antakelser om skalautbytte. Testresultatene ble som følger:

Tabell 15 Testverdier Banker's F-test

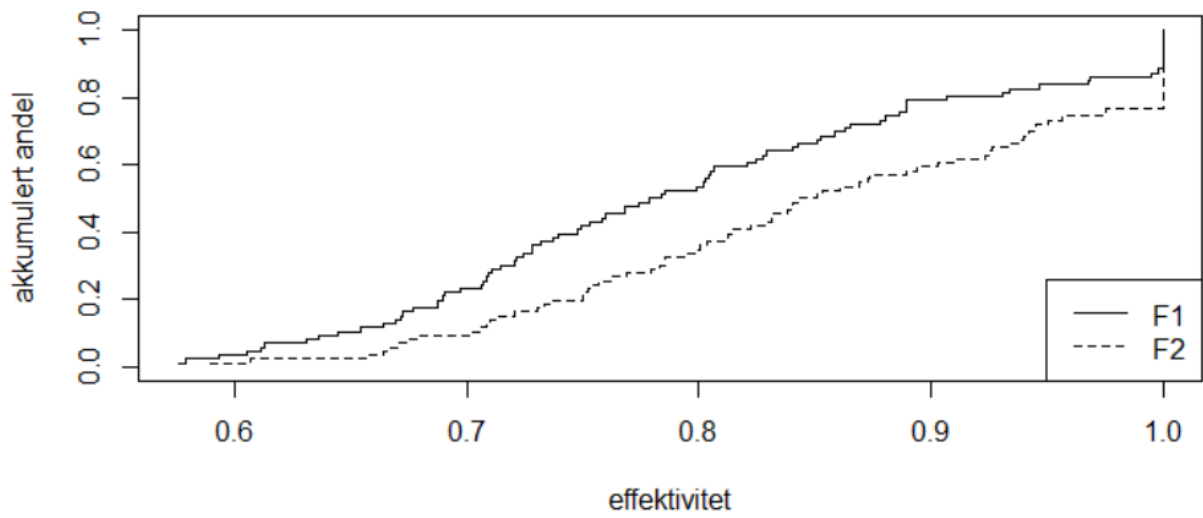
TEX	2010	2011	2012	2013	2014
Beregnet verdi	1.434	1.394	1.869	2.025	1.249
Kritisk verdi	1.266	1.286	1.279	1.281	1.290
THN	2010	2011	2012	2013	2014
Beregnet verdi	1.614	1.614	1.407	2.666	1.357
Kritisk verdi	1.396	1.429	1.417	1.420	1.435

Tabell 16 Resultat KS-test

År	Verdi
2010	$D^+ = 0.204$, p-value = 0.017
2011	$D^+ = 0.221$, p-value = 0.015
2012	$D^+ = 0.422$, p-value = 1.076e-07
2013	$D^+ = 0.461$, p-value = 6.269e-09
2014	$D^+ = 0.167$, p-value = 0.097

Nullhypotesen er at det ikke vil være signifikant forskjell mellom konstant skalausbytte og varierende skalausbytte. Som tabellene over viser, ser man signifikant forskjell på modellene de fire første årene, hvor man kun for det fjerde året ville beholdt nullhypotesen. Basert på dette, antar vi videre i oppgaven variabelt skalausbytte i næringen.

Vi vil uavhengig av dette ta med modellen med konstant skalausbytte videre for å blant annet beregne skala- og skalateknologiforandringer. Videre følger en figur som viser akkumulert andel DMUer ved forskjellige effektivitetsnivå. Figuren er fra 2011, hvor man ser at teknologien som forutsetter variabelt skalausbytte, F2, har en høyere andel DMUer med 1:



Figur 14 Akkumulert andel DMUer ved forskjellige effektivitetsnivå

Som vi ser er så har omtrent 40 prosent av DMUene har effektivitetsscore lik 1 under forutsetning om variabelt skalautbytte.

5. Resultater

I dette kapittelet presenteres resultatene fra analysen. Først beskrives utviklingen i teknisk effektivitet i perioden 2010-2014, ved bruk av metoden Data Envelopment Analysis. Dette gjøres med antakelse om en modell som har henholdsvis konstant og variabelt skalautbytte. Videre vil resultatene i samme periode fra Malmquist Produktivitetsindeks, med tilhørende dekomponering presenteres. Til sist presenteres resultatene fra Färe et al sin metode for identifisering av innovative aktører.

5.1 Resultater fra Data Envelopment Analysis

5.1.1 Effektivitet ved antakelse om variable skalautbytte

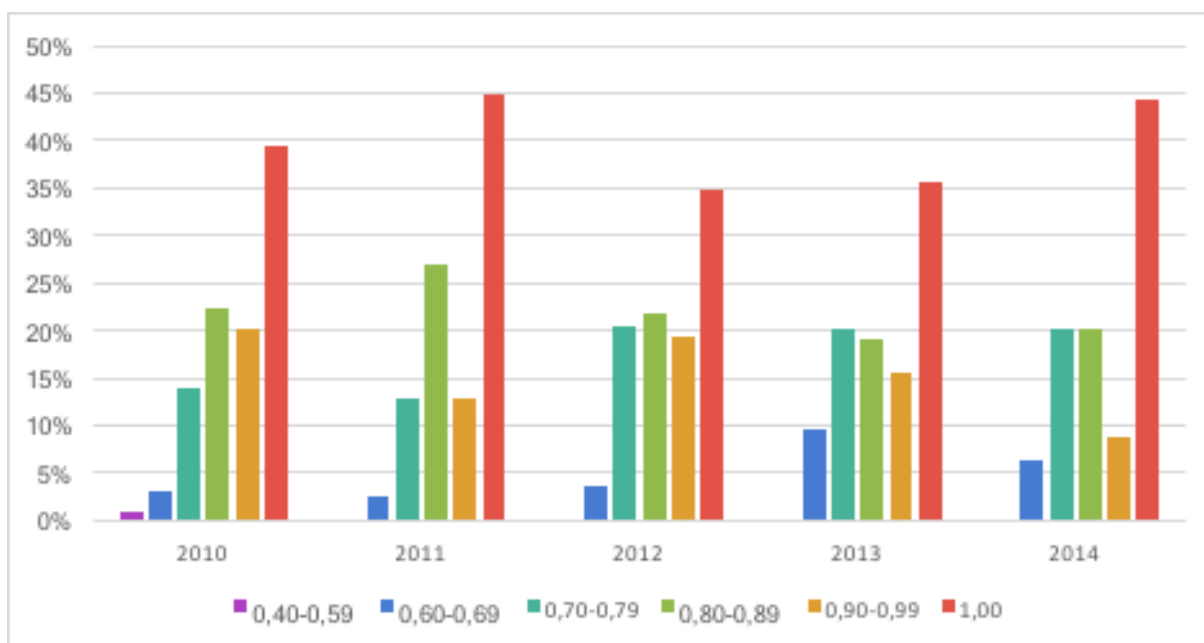
Tabell 17 viser gjennomsnittlig årlig teknisk effektivitet ved antakelse om variabelt skalautbytte (VRS). Her er den målte effektiviteten er høyere og utviklingen har vært mer stabil enn det som har vært tilfelle med antakelsen om CRS. Den laveste og høyeste gjennomsnittlige effektivitetsscore i perioden har vært henholdsvis 88,2 %(2013) og 91,5 %. Som presisert i avsnitt (henvis til avsnitt I teori) er en økning i effektivitetsscore ventet siden DMUene vil sammenligne seg med andre DMUer som har relativt lik størrelse, samtidig som at fronten kommer nærmere observasjonene. I teorien skal det være mulig å bli omtrent 10% effektiv, men siden den effektivitetsscorene har vært såpass stabile gjennom perioden kan det tyde på at aktørene har kommet til et stadium der det er vanskelig å forbedre effektivitet.

Tabell 17 Gjennomsnittlig effektivitetsscore med antakelse om VRS

År	Effektivitets- score VRS	Max	Min	Standard- avvik	Antall effektive	Antall effektive i %	Antall DMUer
2010	0,903	1	0,592	0,109	37	39 %	94
2011	0,915	1	0,644	0,096	35	45 %	78
2012	0,893	1	0,637	0,106	29	35 %	83
2013	0,882	1	0,602	0,119	30	36 %	84
2014	0,895	1	0,606	0,118	35	44 %	79

Siden fronten omhyller observasjonene tettere ved VRS, blir det også en høyere andel effektive DMUer for hvert år. Andelen effektive har i perioden variert mellom 35%(2012) og

45%(2011). Den klareste nedgangsperioden var i årene 2012 og 2013, der bare henholdvis 35 % og 36 % av DMUene var effektive. Likevel er det ingen dramatisk nedgang i effektivitetsscore, og andelen effektive DMUer øker med 8 prosentpoeng fra 2013 til 2014, noe som tyder på at aktørene i bransjen stadig går mot høyere effektivitet. Som uttrykt i figur 15 ser utviklingen i andelen effektive DMUer i bransjen ut til å være syklisk, med et moderat tilbakefall etterfulgt av opphenting i årene etterpå.



Figur 15 Prosentvis fordeling av effektivitetsscore(VRS) 2010-2014

Ser vi på nedgangen i effektive DMUer som var i perioden 2012-2013 kan vi ikke med sikkerhet si om dette skyldes at fronten har skiftet utover, eller om de andre DMUene har blitt mer ineffektiv. Tilsvarende kan økningen i effektive DMUer fra 2013 og 2014 komme av at fronten har skiftet innover, eller at ineffektive DMUer som tidligere lå på intervallet 0,90-0,99 har tatt igjen DMUene på fronten. For å avdekke den faktiske sammenhengen kan Malmquist produktivetsindeks benyttes.

5.1.2 Skalaeffektivitet

Skalaeffektivitet fremkommer av forholdet mellom teknisk effektivitet ved CRS og forholdet mellom teknisk effektivitet ved VRS. Dersom en DMU oppnår en skalaeffektivitet på 1, betyr dette den driver i optimal skala. Tabell 18 viser en oversikt over skalaeffektiviteten i perioden.

Tabell 18 Gjennomsnittlig skalaeffektivitetsscore 2010-2014

År	Effektivitets- score SE	Max	Min	Standard- avvik	Antall effektive	Antall effektive i	Antall DMUer
2010	0,943	1	0,583	0,075	19	20 %	94
2011	0,941	1	0,626	0,078	15	19 %	78
2012	0,892	1	0,615	0,099	13	16 %	83
2013	0,868	1	0,589	0,104	10	12 %	84
2014	0,928	1	0,648	0,088	18	23 %	79

Utviklingen i skalaeffektivitet har variert noe i perioden, med toppunkt på 94,3% i 2010 og bunnpunkt på 86,6% i 2013. Dette betyr at DMUene kunne brukt fra 13,4% til 5,7% mindre av sine ressurser dersom de hadde drevet etter optimal skala. Standardavviket har variert mellom 7,5% og 10,4%, og er høyest i 2012, hvor gjennomsnittlig den skalaeffektiviteten også er lavest. For perioden sett under ett har skalaeffektiviteten hentet seg opp fra nedgangen i 2012 og 2013, og opp til underkant av 93% skalaeffektiv i 2014. Dette kan vitne om at DMUene har evnet å tilpasse seg etter nedgangstiden og er i ferd med å igjen komme opp på samme nivå av skalaeffektivitet som har vært tidligere. 2014 er også det året med høyest andel effektive i prosent, og siden gjennomsnittsskalaeffektiviteten er lavere enn i 2010 og 2011 indikerer dette at det er DMUer som presterer dårligere i 2014 enn det de gjorde i 2010. Dette til tross for at periodens minste skalaeffektivitetsscore observeres i 2010. Overordnet kan dette være et tegn på at de som var dårligst i 2010 har blitt bedre i 2014.

5.2 Resultater Malmquist

5.2.1 Malmquist produktivitetsindeks med VRS

Gjennomsnittlig Malmquist produktivitetsindeks (tabell 19) forteller at DMUene totalt sett gikk fremover, på tross av nedgang i siste periode, og generelt har rett under halvparten høyere effektivitet enn året før. MPI er veldig generell, så dekomponeringen vil videre gi et bedre bilde av hvor endringen stammer fra.

Tabell 19 Malmquist produktivetsindeks for hver periode

Periode	MPI VRS	Max	Min	Standard-avvik	Antall effektive	Antall effektive i %	Antall DMUer
2010-11	1.028	2.178	0.520	0.276	32	0.451	71
2011-12	1.076	3.175	0.638	0.340	30	0.484	62
2012-13	1.003	1.981	0.480	0.254	33	0.465	71
2013-14	0.983	1.719	0.585	0.210	31	0.449	69

Tabell 20 viser at innhentingseffekten er høyest perioden med MPI under 1 (se tabell 19), og lavest ved høy MPI.

Tabell 20 MPI effektivitetsendring for hver periode

Periode	Effektivitetsendring VRS	Max	Min	Standard-avvik	Antall effektive	Antall effektive i %	Antall DMUer
2010-11	1.019	1.607	0.710	0.160	26	0.366	71
2011-12	0.987	1.553	0.637	0.153	26	0.406	64
2012-13	0.996	1.570	0.678	0.166	26	0.366	71
2013-14	1.041	1.570	0.700	0.169	37	0.529	70

Ikke overraskende ser man at innhentingseffekten har en tendens til å være lavere periodene man har mye teknologisk endring. Dette virker fornuftig, siden en aktør som «står stille» vil fremstå som mindre effektiv når fronten flyttes av teknologisk endring større enn 1. I tillegg er det naturlig at det tar litt tid før eventuell «innhenting» finner sted.

Tabell 21 MPI teknologisk endring for hver periode

Periode	Teknologisk endring VRS	Max	Min	Standard-avvik	Antall med teknologisk fremgang	Antall med teknologisk fremgang i %	Antall DMUer
2010-11	1.001	1.457	0.574	0.156	43	0.606	71
2011-12	1.080	2.044	0.722	0.181	44	0.710	62
2012-13	1.000	1.459	0.480	0.142	37	0.521	71
2013-14	0.943	1.227	0.585	0.120	20	0.290	69

Vi fant en relativt jevn strøm av DMUer som innoverte, fra 13 til 18, med færrest innovatører i perioden 2011-2012, og flest i 2010-2011. Gjennomsnittlig Malmquist indeks

var selvsagt sterkt positiv for alle observerte perioder, med minimum på 1,105 i 2013-2014. DMUene er stort sett bare innovatører én til to perioder i løpet, med få unntak. De to eneste selskapene som var kandidater til å være innovatører alle årene, M_0107 og M_0120, hadde ett år hver hvor løsningen for LP problemet var infeasible. Dette tyder på at det er svært vanskelig for én enkelt DMU å fortsette å skyve teknologisk front over tid.

Tabell 22 MPI teknologisk endring for hver periode (hos innovatørene)

Periode	Teknologisk endring VRS			Standard-avvik	Antall innovatører	Innovatører i %	Antall DMUer
	Max	Min	MPI				
2010-11	1.140	1.457	1.011	0.123	18	0.254	71
2011-12	1.237	2.044	1.013	0.282	13	0.210	62
2012-13	1.149	1.459	1.013	0.148	17	0.239	71
2013-14	1.105	1.227	1.014	0.070	14	0.203	69

Som tabell 23 viser har oppdrettsselskapene en overordnet nedgang i produktivitet i perioden på 8,1 % i perioden 2010-2014. Dette indikerer at nedgangen i produktivitet har vedvart, i likhet med funn fra forskning på tidligere tidsperioder.

Tabell 23 Malmquist produktivetsindeks hele perioden 2010-2014

Periode	MPI			Standard-avvik	Antall effektive	Antall effektive i %	Antall DMUer
	VRS	Max	Min				
2010-14	0,919	1,432	0,410	0,232	20	0,345	58

5.2.2 Malmquist skalautbytte

Tabell 24 viser hvorvidt DMUene har optimal skala. Ser at man i 2010-11 opplevde litt fremgang, hvor 40 DMU+er økte gjennomsnittlig skalaeffektivitet med 0.5%. De to neste gikk skalaeffektiviteten tilbake, før den igjen opplevde sterk fremgang den siste observerte perioden.

Tabell 24 Endring i skalaeffektivitet for hver periode

Periode	Endring skala-effektivitet	Max	Min	Standard-avvik	Antall effektive	Antall effektive i %	Antall DMUer
2010-11	1.005	1.716	0.626	0.123	40	0.563	71
2011-12	0.929	1.105	0.615	0.100	17	0.266	64
2012-13	0.987	1.492	0.719	0.124	29	0.408	71
2013-14	1.077	1.441	0.831	0.123	49	0.700	70

Som tabell 25 viser, så forbedret DMUene egen skalateknologi de tre første periodene, før det i siste periode kommer en reduksjon på omtrent fem prosent, hvor mye av nedgangen virker å komme fra antallet DMUer med fremgang.

Tabell 25 Endring i skalateknologi for hver periode

Periode	Endring skala-teknologi	Max	Min	Standard-avvik	Antall med teknologisk fremgang	Antall med teknologisk fremgang i %	Antall DMUer
2010-11	1.037	1.617	0.767	0.152	33	0.465	71
2011-12	1.092	1.308	0.916	0.093	52	0.839	62
2012-13	1.038	1.556	0.725	0.125	50	0.704	71
2013-14	0.951	1.125	0.785	0.070	14	0.203	69

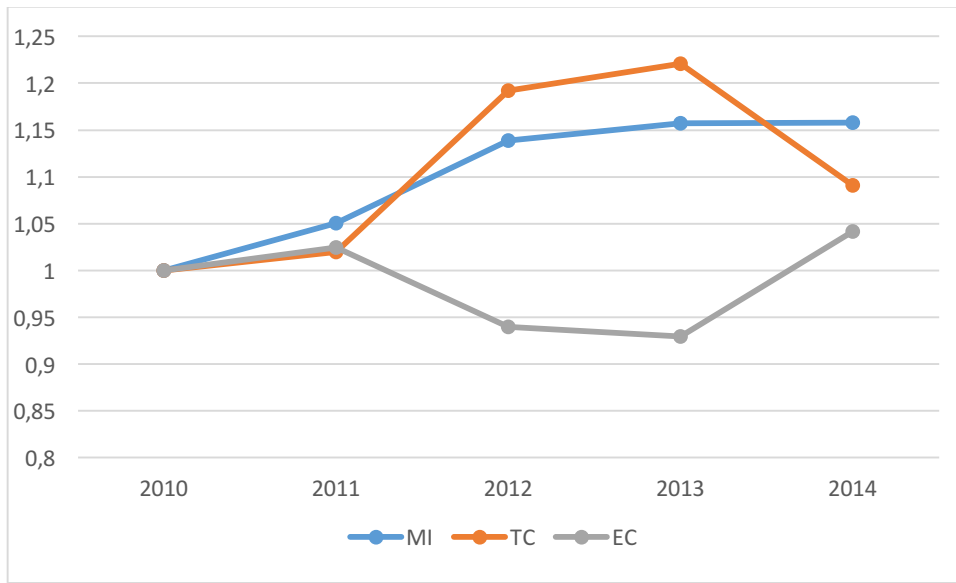
Tabell 26 viser at innovasjonen innen skalateknologien var synkende for perioden. Utviklingen gikk fra 17 innovatører med gjennomsnittlig score på 1.22 i første periode, til fire innovatører med 1.09 i gjennomsnittlig score.

Tabell 26 Endring i skalateknologi for hver periode (hos innovatørene)

Periode	Skalateknologi innovatørene	Max	Min	Standard-avvik	Antall innovatører	Innovatører i %	Antall DMUer
2010-11	1.218	1.617	1.004	0.186	17	0.239	71
2011-12	1.111	1.300	1.008	0.103	15	0.242	62
2012-13	1.111	1.556	1.005	0.166	11	0.155	71
2013-14	1.093	1.125	1.060	0.034	4	0.058	69

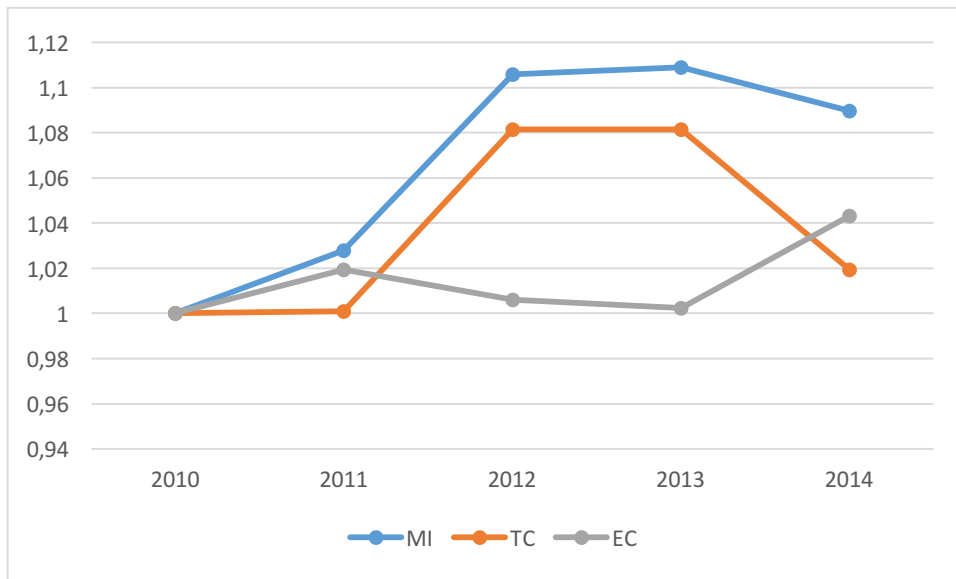
5.2.3 Oversikt over utvikling over periodene

Figur 16 viser utviklingen under antakelse om CRS. Figuren tar utgangspunkt i referanseåret, 2010, og ser på multiplikativ endring i forhold til dette. Det kommer tydelig frem at den gjennomsnittlige DMU sliter med å følge teknologien i perioder med mye endring.



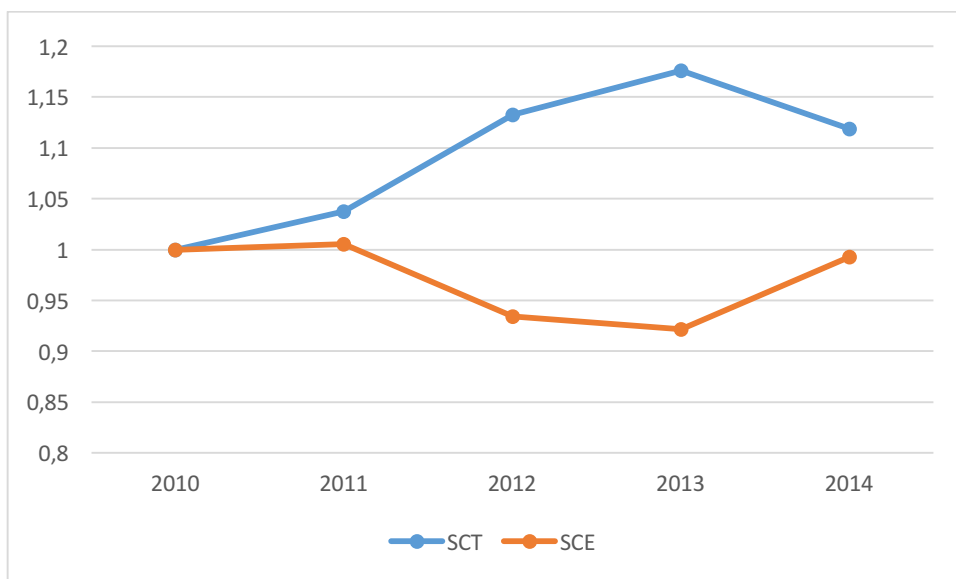
Figur 16 Utvikling av Malmquist under CRS

I figur 17 er det ikke overraskende at man ser samme mønster, men også gjennomsnittlig effektivitet i forhold til fronten er nå aldri under nivået for 2010. Ikke veldig overraskende, siden VRS stiller DMUene i bedre lys.



Figur 17 Utvikling av Malmquist under VRS

Figur 18 viser forholdet mellom endring i skalateknologi og skalaeffektivitet. Man ser også at DMUene bruker litt tid på å tilpasse seg.



Figur 18 Utvikling i skalautbytte fra Malmquist

5.3 Tobit

Valgte å se på hvordan faktorene som påvirker innovasjonen, og faktorer vi tror blir forbedret av innovatørene, påvirker effektiviteten til DMUer generelt. Til dette formål benyttet vi oss av Tobit regresjon.

Variabelen «annen_virkosomhet» ser om DMUer som driver med begrenset annen virksomhet generelt har høyere effektivitetsscore. Andre_drift består av andre driftskostnader per produserte kilo matfisk. Kapital_arb er forholdet mellom kapitalbinding og antall betalte arbeidstimer for å måle om kapitalintensive DMUer har høyere/lavere effektivitet. Produsert mengde per utnyttede kubikkmeter, «utnyttet», er sammen med «fôr» med på grunn av bemerkninger under innovatørene. Disse inngår i modellen effektivitet måles etter, og vil følgelig påvirke effektiviteten til alle DMUene, men er med her siden vi inkluderte alt som blir diskutert senere. Resultatet ble som følger:

Coefficients:

	Estimate	Std. error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	1.179e+00	5.585e-02	21.110	< 2e-16	***
annen_virkosomhet	5.649e-02	1.419e-02	3.981	6.86e-05	***
andre_drift	-5.351e-03	2.711e-03	-1.974	0.04839	*
kapital_arb	5.066e-06	1.770e-06	2.861	0.00422	**
utnyttet	5.588e-03	7.779e-04	7.183	6.80e-13	***
fôr	-3.798e-01	3.786e-02	-10.030	< 2e-16	***

Observerer at kapitalbinding per betalte arbeidstime er signifikant på 1 prosent nivå, hvor mer kapitalintensive DMUer har en klar tendens til å ha høyere effektivitet ved DEA-modellen vår. Dette virker naturlig, både på grunn av teknologisk utvikling, aktører som blir større, og høyt lønnsnivå i Norge.

Det hadde vært gunstig om vi hadde fått oppgitt alderen på selskapene, så vi kunne sagt om det var sammenheng mellom alderen på DMUen og effektiviteten. Siden nyere aktører som oftest vil ha ny teknologi og relativt høy bokført verdi, vil det kunne være nyere aktører som øker effektiviteten til de kapitalintensive. Dette motstrides derimot delvis av at man ser innovatørene som øker kapitalintensiteten, og det virker fornuftig at de fleste nye aktører begynner på høy kapitalbinding, heller enn å øke den betraktelig fra år til år.

Andre driftskostnader er ikke veldig overraskende signifikant på 5 prosent nivå. Det er naturlig at DMUer med høyere kostnader generelt vil ha lavere effektivitetsscore under DEA, særlig når de inngår i modellen. Er dog verdt å merke seg at innovatørene av skalateknologi fikk mye høyere andre driftskostnader årene de innoverte, noe som kan forklare hvorfor akkurat denne er mindre signifikant. Dette kan komme av postens art, som en sekkepost for flere kostnader. Det blir da vanskelig å spore nøyaktig hva som ble gjort, annet enn at de pådro seg utgifter som viste seg å bedre skalateknologien. For de fleste vil, naturligvis, ikke økte andre driftskostnader i seg selv føre til økning i produksjon.

Annen virksomhet har positiv påvirkning på produsert mengde, og er signifikant på 1 prosent nivå. Dette selv om de som driver annen virksomhet i større skala allerede er luket ut av datasettet. At aktørene som driver begrenset annen virksomhet har høyere effektivitet, men ikke er innovative kan muligens forklares. Når vi eksempelvis så på smoltkostnad per produserte kilo blant innovatørene, fant vi at innovatørene stort sett begynte på lavere nivå, og følgelig vil de ha vanskeligere for å innovere. Om de begynner på lavere nivå, vil de også fremstå som mer effektive.

6. Diskusjon og konklusjon

For å gjennomføre analysen om hva som karakteriserer de innovative selskapene, har vi valgt å benytte deskriptiv statistikk for utvalget til å belyse dette. Oppdretterne har blitt målt under de to tidligere nevnte antakelser om skalautbytte (CRS og VRS), og vi har også sett på endring av skalateknologi. I tillegg til å se på hva som kjennetegner selskapene som innoverer, har vi forsøkt å identifisere hvilke faktorer som har hatt mest fremgang. Vi har også sett på hvilket utgangspunkt de har med tanke på de forskjellige faktorene. Dette for å sjekke om innovatørene har forbedret denne faktoren, og ikke bare innhentet seg på den samtidig som de forbedret teknologien til andre. Sammenligningen mellom gruppene bestående av innovatører og de resterende DMUene ble gjort ved å se på gjennomsnittsverdier. Når vi videre beskriver forskjeller mellom gruppene, er det da gjennomsnittene vi har sett på, og ikke hver enkelt aktør i seg selv.

I perioden vi har analysert har det vært et betydelig antall av oppdrettsselskaper som har vært innovatører. Oversikten over disse selskapene finnes i vedlegg. Med antakelse om variabelt skalautbytte var antallet innovatører 18 i perioden 2010 og 2011, 13 mellom 2011 og 2012, 17 mellom 2012 og 2013, og 14 mellom 2013 og 2014. Ingen av DMUene er innovative i alle periodene, men tre av DMUene er innovative i tre av periodene. Gjennomsnittlig innovasjonsscore for periodene var lav mellom 2010 og 2011 (1,140), og økte mellom 2011 og 2012 (1,237), før den sank mellom 2012 og 2013 (1,149) og mellom 2013 og 2014 (1,105).

Videre har det blitt sett på om selskapene som har høyest produktivitetsforbedring også er de innovative. Antall innovatører blant de 15 med høyest MPI var 11 fra 2010 til 2011, 9 fra 2011 til 2012, 12 fra 2012 til 2013, og 10 fra 2013 til 2014. På grunnlag av dette ser vi at innovatørene utgjør 2/3 av selskapene med størst forbedring i produktivitet, og at det følgelig finnes selskaper som også har hatt betydelig fremgang i produktivitet uten at de nødvendigvis har vært innovative. Dette kan komme av at et selskap befinner seg langt fra fronten i utgangspunktet, og har i kraft av produktivitetsforbedring nærmet seg fronten, uten at det nødvendigvis har vært med på å flytte den.

For å få utbytte av de ”beste i bransjen” sin praksis, kan innovatørenes overvåkes og danne grunnlaget for en benchmark som de andre aktørene kan benytte for å forbedre sin ytelse.

Gjennom å legge til rette for deling av beste praksis kan det følgelig bidra til at næringen som helhet forbedrer seg ved at de ineffektive innhenter seg.

6.1 Mulige innovasjonsfaktorer

Videre analyseres og sammenlignes bruken av innsatsfaktorer hos innovatørene med de andre. I tillegg til de overnevnte begrensninger datagrunnlaget fører med seg, er det verdt å at det her kunne vært aktuelt å se nærmere på effekten av geografisk lokasjon. I et tenkt tilfelle kan det være at oppdrettere som driver i samme område i større grad gjennom lokal kunnskapsdeling blir mer effektive.

6.1.1 Produsert mengde

Det kan være interessant å se på endringer i produsert mengde fisk mellom innovatørgruppen og andre. Her finner vi for hver periode en større prosentvis endring i produsert mengde hos innovatørene enn hos andre.

Tabell 27 Utvikling i produsert mengde for hver periode

Årsperiode	Innovatør VRS	Andre VRS	Innovatør	
			CRS	Andre CRS
2010-2011	22.6 %	7.1 %	39.4 %	13.1 %
2011-2012	29.9 %	11.3 %	46.8 %	12.4 %
2012-2013	10.5 %	2.6 %	14.6 %	3.9 %
2013-2014	22.7 %	17.9 %	28.1 %	19.8 %
Gjennomsnitt	21.4 %	9.7 %	32.2 %	12.3 %

Når vi studerer selskapene som driver teknologisk front under CRS finner vi at de er vesentlig mindre når det kommer til produsert mengde fisk enn innovatørene under antakelsen om VRS.

Tabell 28 Produsert mengde for hver periode

Årstall	Innovatør			Innovatør		
	VRS	Andre VRS	Diff.	CRS	Andre CRS	Diff.
2010	8 880 492	5 652 088	57.1%	4 097 005	6 529 018	-37.2%
2011	6 754 658	7 251 369	-6.8%	3 338 197	7 546 228	-55.8%
2012	9 032 852	7 962 482	13.4%	3 192 436	8 570 489	-62.8%
2013	12 865 648	7 666 192	67.8%	7 235 167	8 564 417	-15.5%
Gjennomsnitt	9 383 412	7 133 033	32.9%	4 465 701	7 802 538	-42.8%

Ikke overraskende er det enklest for DMUer som opererer i optimal skala under CRS å drive fronten videre. Funnet er likevel overraskende gitt hvordan antall konsesjoner per DMU har steget de siste årene, på tross av at optimal størrelse virker å være mindre. Studien om innovasjon i byggebransjen i Portugal (Horta et al, 2012), peker på at små selskaper kan konkurrere med større, mer rigide selskap nettopp på grunn av tilpasningsdyktigheten. Da er det ikke urimelig å vente at disse også vil kunne ta i bruk nye driftsmetoder og ny teknologi raskere. Det kan tenkes at de har mindre ressurser til å drive med forskning og utvikling, men siden mye av forskningen i Norge finansieres med offentlige midler, og er tilgjengelig for alle, minimeres denne effekten (Asche et al, 2013). Av dette kan det forstås at en fortsatt økning i DMUenes størrelse kan komme av andre grunner enn et mål om å bedre sin produktivitet. Dette kan for eksempel være av miljø- eller andre bedriftsøkonomiske hensyn. Muligheten for at stordriftsfordelene vil være mer fremtredende i senere perioder, eventuelt etter positiv utvikling i skalateknologien, er også tilstedeværende.

6.1.2 Annen virksomhet

I utgangspunktet trodde vi at det kunne være en sammenheng mellom et selskaps evne til å innovere og det faktum at det også bedrev annen virksomhet. Begrunnelsen for dette var at et selskap i kraft av egen annen virksomhet ville ha mulighet til å utnytte synergieffekter som oppstår som følge av denne å operere på. Her ville for eksempel et selskap som også produserte sitt eget fôr kunne tilpasse fôret for å tillegge fisken spesifikke egenskaper med tanke på stedeegne utfordringer som annet fôr på markedet ikke tar høyde for. Dette vil være en positiv synergi der selskapet kan innovative gjennom å kombinere kunnskap på tvers av

virksomhetene. På en annen side kan det slå negativt ut ved at de har mindre fokus på oppdrett av matfisk når det også drives med annen virksomhet.

For å se etter sammenheng mellom innovasjon og annen virksomhet så vi både på om innovatørne i år t hadde større andel med annen virksomhet, og også om de hadde større økning/reduksjon i andel med annen virksomhet når de gikk fra t til t+1.

Gruppe	Periode	År t	År t+1	Endring i prosent
Innovatør	2010-2011	0,389	0,500	28,6 %
Andre	2010-2011	0,263	0,200	-24,0 %
Innovatør	2011-2012	0,385	0,231	-40,0 %
Andre	2011-2012	0,246	0,229	-7,1 %
Innovatør	2012-2013	0,118	0,059	-50,0 %
Andre	2012-2013	0,258	0,254	-1,5 %
Innovatør	2013-2014	0,143	0,286	100,0 %
Andre	2013-2014	0,229	0,262	14,4 %

Fra tabellen ser man at innovatørene har mye større volatilitet, og endringen over perioden de innoverer går fra -50 prosent til 100 prosent økning i andel med annen virksomhet. Mye av endringen kan nok tildeles det relativt smale utvalget, men det er grunn til å anta at annen virksomhet som nevnt ovenfor, har både en oppside og en nedside. Ser man på andelen i år t, har de større/mindre andel enn ikke-innovatørene halvt om halvt, uten et veldig tydelig mønster.

Disse store svingningene tyder på at innovatører i mye større grad enten legger ned eller starter opp annen virksomhet, og siden de er på den nye fronten, virker de å være i stand til å kapitalisere på potensielle fordeler med annen virksomhet, så vel som å kutte ut annen virksomhet om den tok bort oppmerksomheten fra kjernevirksomheten.

6.1.3 Kapitalintensitet

I utgangspunktet kunne det tenkes at det ville være en forskjell mellom arbeidsintensive og kapitalintensive selskaper. Også her fant vi ingen klar forskjell mellom de innovative under CRS og VRS, og følgelig benyttes også her observasjonene fra selskapene under antakelse om VRS. Tabell 29 viser at forskjellen i utvikling mellom innovatører og andre ikke er noen klar trend i de to første periodene hvor både innovatører og andre avslutter med en kapitalbinding per arbeidstime på henholdsvis [4 714, 4 816] og [4 972, 5 042]. Innovatørene går derimot forbi i perioden 2012-2013, og har en 30% økning, og går forbi andre som bare øker med 2 %. Innovatørene fortsetter med en 15 % økning i siste periode, men her øker til forskjell de andre med 30%.

Tabell 29 Utvikling i kapitalbinding per arbeidstime

Gruppe	Periode	År t	År t+1	Endring i prosent
Innovatør	2010-2011	4 701	4 714	0 %
Andre	2010-2011	5 707	4 972	-13 %
Innovatør	2011-2012	4 916	4 816	-2 %
Andre	2011-2012	4 911	5 042	3 %
Innovatør	2012-2013	4 888	6 334	30 %
Andre	2012-2013	5 038	5 142	2 %
Innovatør	2013-2014	5 705	6 586	15 %
Andre	2013-2014	5 319	6 929	30 %

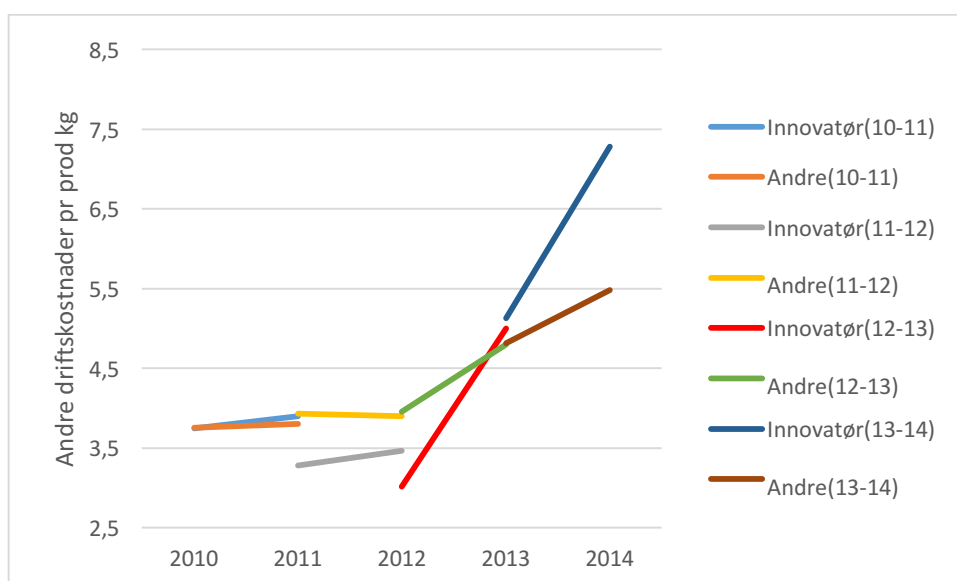
At det er en innovatør som er først ute med en markant endring i anvendelsen av sine ressurser er i seg selv ikke revolusjonerende, da dette er ofte er en forutsetning for innovasjon. Det som er interessant i denne sammenhengen er at de andre ser ut til å komme betraktelig etter i påfølgende periode. Her kan det være snakk om at selskaper som i perioden 2012-2013 var raskt ute med å implementere ny teknologi, og blir innovative i kraft av dette. Deretter vil de andre i bransjen ta lærdom av dette og følge etter, slik som tallene våre også antyder. Settes dette i sammenheng med en stadig økende produksjon trekker

økningen i kapitalbinding per arbeidstime i retning av at selskapene over tid blir mer kapitalintensive.

6.1.4 Andre kostnader

Utviklingen i andre driftskostnader har doblet seg i løpet av tiårsperioden fra 2005 til 2014 (Nofima, 2015). Fra å være 2,25 kr per kg i 2005 var andre driftskostnader oppe i 4,75 kr per kg i 2014. Inflasjonsjustert tilsvarer dette en økning på 77 %. Den største delen av økningen kom i perioden 2012-2014, der den gikk opp 44 % fra 3,30 til 4,75 kroner per kilo. Totalt utgjorde denne posten 17 % av alle kostnader frem til slakteklar fisk i 2005, mens den i 2014 hadde økt til 21 %.

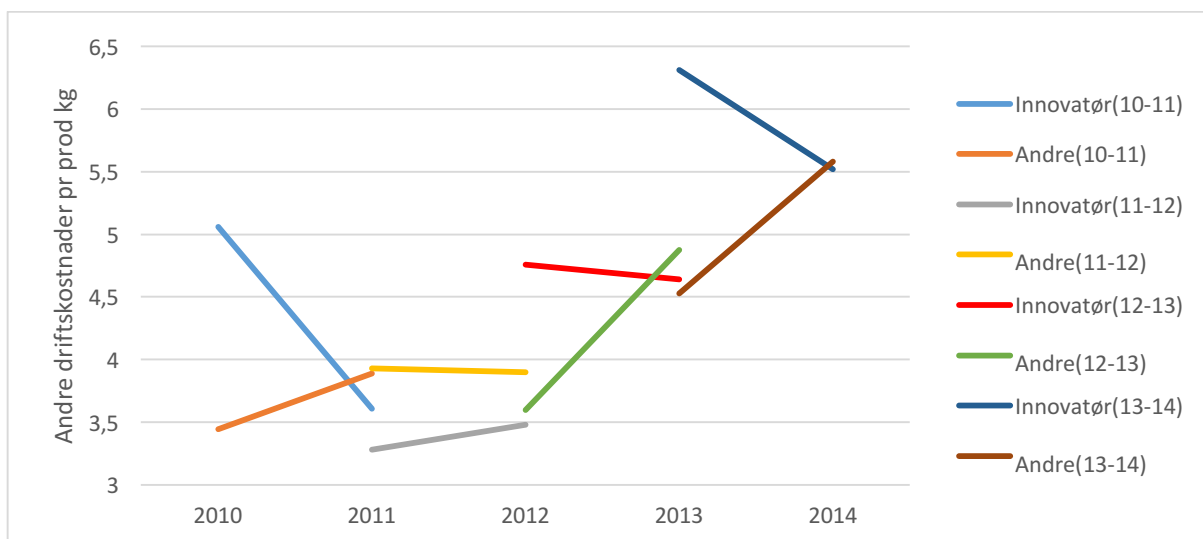
Figur 20 viser at andre driftskostnad per kg produsert øker i perioden med 29 % i gjennomsnitt hvert år for innovatører av skalateknologi, mens for alle andre er dette tallet 9%. At økningen er større kommer av innovatørene starter på lavere nivå (med unntak av 2013), og ender på et høyere nivå i andre driftskostnader per kg produsert fisk. Videre ser vi en betydelig større økning i de to siste evalueringsperiodene hvor innovatørene øker i snitt 54%, mot 18% hos andre. Overordnet ser vi at denne trenden er i tråd med Nofima sin rapport (2015). At en aktør har en større prosentmessig økning i en kostnad per kg output vil ikke isolert sett gjøre at produktiviteten øker, men det kan være at det bidrar til å påvirke bruken og utnyttelsen av andre innsatsfaktorer som gjør at produktiviteten går opp.



Figur 19 Utvikling i andre driftskostnader per produserte kg for innovatører av skalateknologi sammenlignet andre for hver toårs periode

Det kan være mange tilfeller hvor en økning i andre driftskostnader gir en endring i skalateknologien. For eksempel kan bruken av automatisert vaksinerings av fisk redusere behovet for menneskelig arbeidskraft og følgelig reduserte lønnskostnader. Et annet eksempel er dersom flere små aktører går sammen om å anskaffe ny teknologi for å bekjempe lakselus. Nylig har flere oppdrettsselskaper gått sammen om å kjøpe eller leie Optilicer, som er en maskin for varmtvanns-behandling av fisk for avlusning (Vesterålnytt 2016, iLaks.no 2016).

Ser vi derimot på innovatørene under CRS og VRS er bildet noe annerledes, hvor innovatørene over alle toårs-periodene reduserer andre driftskostnader, mens de andre følger trenden og har en økning i andre driftskostnader (med unntak av perioden 2011-2012). Figur 21 viser bare sammenhengen mellom utviklingen i andre driftskostnader for innovatørene under VRS opp mot alle andre som ikke er innovative under VRS, siden innovatørene under VRS og CRS hadde nokså sammenfallende utvikling i denne kostnadsposten. Sett bort fra unntaksperioden viser figur 21 at innovatørene starter på et høyere kostnadsnivå i starten av hver periode og kommer nærmere eller under nivået til de andre i bransjen i slutten av toårsperioden.



Figur 20 Utvikling i andre driftskostnader per produserte kg for innovatører under VRS sammenlignet med andre for hver toårs periode

En mulig forklaring på dette er at et selskap ved å ha høye andre driftskostnader ett år, i form av langsiktig planlegging, beredskap og proaktive tiltak mot sykdom, kan redusere risikoen for å måtte iverksette umiddelbare kostbare tiltak dersom uhellet først skulle være ute. Av dette kan det forstås at en oppdretter ikke skal være redd for å være "føre var", og heller ta nødvendige forhåndsregler som på lang sikt vil være gunstig for produktiviteten.

6.1.5 Produksjon per utnyttede kubikkmeter

Innovatørene har hatt veldig stor økning i produsert mengde per kubikkmeter, selv om snittet for resterende aktører i bransjen har gått tilbake. Ser at de som er driver av teknologisk front ved CRS i de fleste periodene har bedre utvikling enn innovatørene som driver VRS-fronten. Dette kan kanskje ha noe med størrelsen å gjøre, siden gjennomsnittlig produksjon er mye mindre blant CRS-innovatørene.

Tabell 30 Utvikling i produsert mengde per kubikkmeter i %

Årsperiode	Innovatør VRS	Andre VRS	Innovatør CRS	Andre CRS
2010-2011	37.5 %	-14.7 %	57.1 %	-10.9 %
2011-2012	55.4 %	3.7 %	100.7 %	4.6 %
2012-2013	54.6 %	-7.5 %	116.7 %	-4.4 %
2013-2014	34.7 %	-12.0 %	13.1 %	-3.8 %

Gjennomsnitt	45.5 %	-7.7 %	71.9 %	-3.6 %
--------------	--------	--------	--------	--------

Siden innovatørene stort sett var på samme nivå som gjennomsnittet året før, tolkes dette som at innovasjonene også i stor grad påvirker hvor mye man får ut av arealet selv med taket på 25kg fisk per kubikkmeter. At prosentvis forskjell er såpass stor, er muligens et tegn på at mange bruker for store merder eller har for lite fisk i merdene uten at det nødvendigvis vil lønne seg å gjøre noe med det.

Tabell 31 Utvikling i produsert mengde per kubikkmeter i meter

Årsperiode	Innovatør			Innovatør		
	VRS	Andre VRS	Diff.	CRS	Andre CRS	Diff.
2010	17.101	15.562	9.9 %	17.026	15.718	8.3 %
2011	14.972	15.771	-5.1 %	13.127	15.886	-17.4 %
2012	15.647	17.891	-12.5 %	16.402	17.512	-6.3 %
2013	18.957	17.913	5.8 %	19.648	18.049	8.9 %
Gjennomsnitt	16.669	16.784	-0.5 %	16.551	16.791	-1.6 %

Litt av økningen kommer kanskje av forhold som er ute av DMUens kontroll. Eksempelvis vil produksjonen påvirkes av temperatur, som vil være lavere i nordligere deler av landet, og modellen tar ikke hensyn til geografisk plassering.

Mye kan nok også forklares med at dette effektivitetsmålet kan plukke opp innovasjon som er drevet av andre faktorer. Lavere dødelighet, sykdom, avliving på grunn av lus, og rømming vil alle påvirke produksjonen de har per kubikkmeter uten at det nødvendigvis er kvaliteten på anlegget som er årsaken.

6.1.6 Fôr

Ved å studere utviklingen i forbruk av fôr i forhold til produsert mengde har gjorde vi noen interessante funn når vi sammenlignet innovatørene mot resten av selskapene ved antakelse om VRS og CRS.

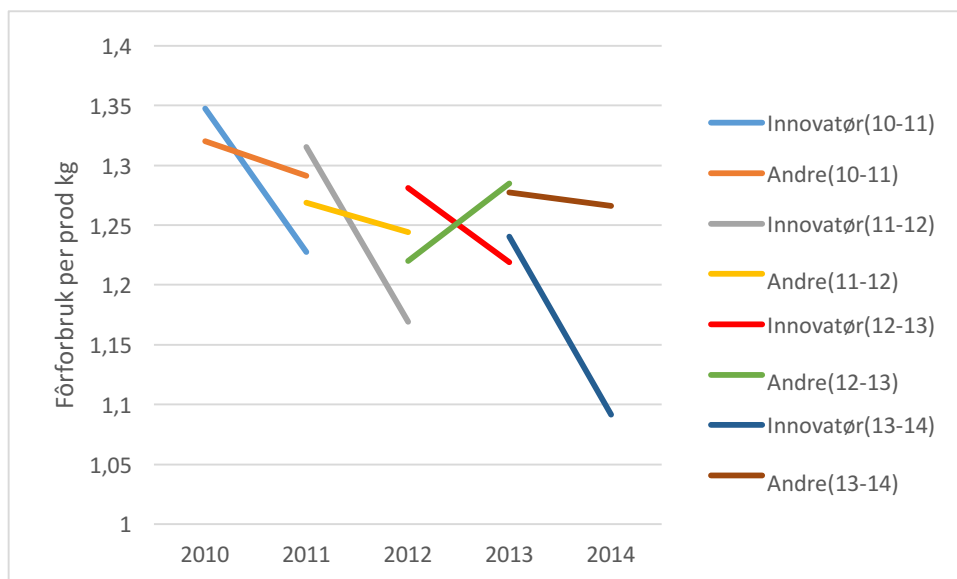
Gjennomsnittlig nedgang i fôrfaktor for alle årene er omtrent 9% for innovatørene uavhengig av antakelse om skalateknologi, mens andre har i underkant av 1% nedgang uavhengig av teknologi. Som tidligere nevnt innebærer er nedgang i fôrfaktor en bedret utnyttelse av fôret. Slik det fremstår i tabell **32** kan det synes at de innovative er best til å

lære å utnytte fôret optimalt fra år til år. Men dette kan for eksempel skyldes at de innovative har gått over til et dyrere og bedre fôr som gjør at fisken ikke behøver å spise like mye for å vokse.

Tabell 32 Prosentvis endring i fôrfaktor hos innovatører og alle andre i hver to-års periode

Årsperiode	Innovatør(VRS)	Alle andre(VRS)	Innovatør(CRS)	Alle andre(CRS)
2010-2011	-8,89 %	-2,18 %	-12,98 %	-2,35 %
2011-2012	-11,09 %	-1,95 %	-12,70 %	-2,59 %
2012-2013	-4,83 %	5,30 %	-6,20 %	3,94 %
2013-2014	-12,01 %	-0,91 %	-4,30 %	-2,81 %
Gjennomsnitt	-9,21 %	0,07 %	-9,05 %	-0,95 %

Siden vår modell ikke tar hensyn til fôrkostnader som innsatsfaktor for å beregne produktivitet kan det derfor være interessant å sammenligne fôrkostnadene i perioden for innovatørene og de andre. En annen mulig årsak til nedgangen i fôrfaktor kan også være at de innovative startet på et høyere forbruk av fôr i utgangspunktet, og derfor har hatt en større forbedring i fôrfaktor.

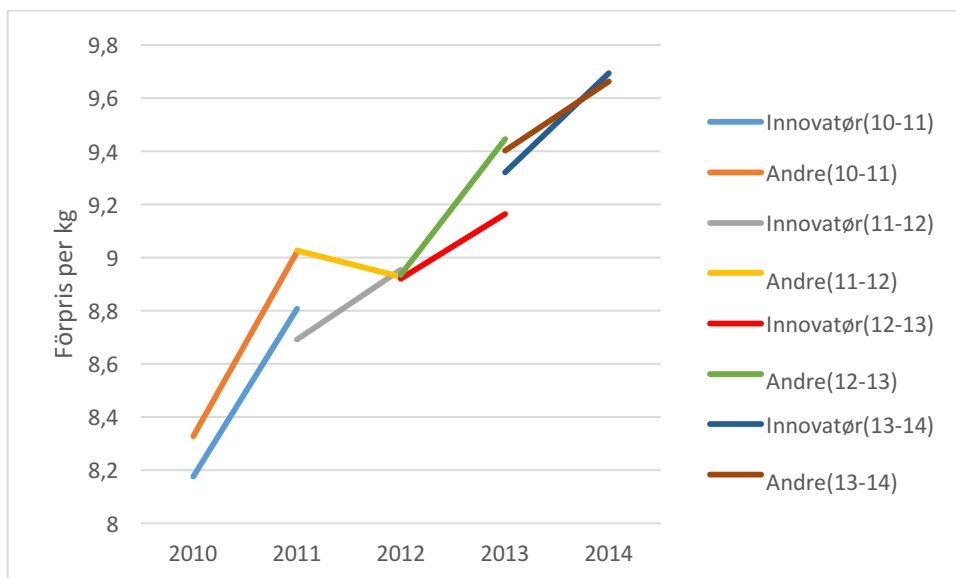


Figur 21 forfåktor i referanseårene for innovatører og alle andre

Utviklingen i fôrfaktor og derav det relative fôrforbruket, har stort sett vært nedadgående, med unntak av i 2013. Her er det en gjennomsnittlig økning i fôrfaktor for DMUer som ikke er innovatører. For de som innoverer i perioden 2013-2014 er derfor en prosentvis nedgang

i fôrfaktor som er større enn den gjennomsnittlige DMU en klar indikator på at de har evnet å forbedre seg i større grad enn disse. Sett bort fra akkurat sistnevnte periode så starter innovatørene på en høyere fôrfaktor enn resten, og det er dermed er det ikke uventet at deres reduksjon også er større.

Videre ser fôrfaktoren til innovatørene ligger hele perioden ender under de andre. Av grafen i figur 22 forstås det at til tross for at innovatørene starter på en høyere fôrfaktor så klarer de å presse ned sin fôrfaktor til under det som er gjennomsnittet til andre i bransjen. Hvorvidt dette er tegn på innovasjon avhenger videre av hvilken pris som oppdretterne i gjennomsnitt betaler for fôret.



Figur 22 Utvikling i fôrpris per produserte kg for innovatører mot andre

Som nevnt i tidligere kan kvantumsrabatter og ulik kvalitet på fôret medføre økt usikkerhet for variabelen *fôrpris per kg*, som vi har beregnet ved å dele den årlige fôrkostnaden på årlig fôrforbruk. Ser vi først på fôrprisen i starten av hver periode, viser figur 22 at fôrprisen til innovatørene 2010 og 2011 ligger under fôrprisen som de andre aktørene betaler. Mens i 2012 ligger innovatørene på omtrent samme fôrpris som resten. For 2013 er det tilbake til at innovatørene oppnår en noe lavere pris enn de andre.

Tilsvarende er fôrprisen til innovatørene i hele perioden lavere enn resten av utvalget, slik figur 22 viser. Unntaket er 2012 og 2014, hvor det alle ligger på omtrent samme kilopris. Med dette som grunnlag er det lite som tyder på at de innovative aktørene er innovative i kraft av å ha brukt et bedre og mer kostbart fôr enn resten, som skulle ha medført at deres fisk skulle vokse mer per kilogram benyttet fôr enn ved bruk av samme type fôr som resten av bransjen bruker. Følgelig kan utnyttelsen av fôr være et aspekt som de innovative aktørene presterer godt innenfor, og dermed er med på å utgjøre grunnlaget for at de karakteriseres som innovativ. Mulige årsaker til at de innovative klarer å utnytte fôret bedre kan være rutiner og utstyr som begrenser sløsing av fôr, eller bruk av avanserte matematisk fôringsmodeller som i større grad klarer å predikere det beste fôringsintervallet slik at ikke fisken spiser unødvendig mye.

6.1.7 Svakheter ved analysen

En svakhet er først og fremst den største svakheten med DEA-analyser generelt, som er den dårlige evnen til å takle støy i datamaterialet. Dette er forsøkt begrenset, men det er fremdeles en svakhet.

Modellen tar heller ikke hensyn til forskjellige typer konsesjoner, det være seg om det er konsesjoner i nordligere fylker, som har større mengde tillat biomasse, eller såkalte «grønne konsesjoner», som er konsesjoner med særegne krav. De konsesjonene er billigere, men antas å føre med seg ekstra kostnader for å tilfredsstille særkravene. Modellen fanger ikke opp potensielle fordeler med de spesielle konsesjonene, men vil sannsynligvis fange opp eventuelle kostnader. Disse vil da komme dårligere ut, men det kan ikke gjøres noe med, siden vi ikke har opplysningene som trengs. Dette har for så vidt ikke andre tatt høyde for heller.

Det stilles visse krav til blant annet sikringstiltak med tanke på rømming, både under og utenom uvær, og dyrevelferd. DMUer som kutter kostnader ved å ikke etterfølge disse kravene vil gjerne fremstå som mer effektive. Hvorvidt potensielt uredelige aktører er en svakhet ved analysen kan gjerne diskuteres, men denne type atferd vil uansett kunne bidra med støy i modellen, som vi ikke kan garantere for å ha blitt kvitt.

6.2 Konklusjon

Formålet med denne oppgaven har vært å analysere produktivitet og effektiviteten hos norske oppdrettsselskaper i perioden 2010-2014. Etter å ha hatt en høy vekst siden starten viser næringen tegn på å ha avtakende produktivitet. På bakgrunn av dette har det derfor vært aktuelt å se nærmere på hvilke oppdrettere som er på produktivitetsfronten, og følgelig kan figurere som en ledestjerne for andre selskaper som ikke driver optimalt. Beregningene fra produktivitets- og effektivitetsanalysene har blitt anvendt for å identifisere de innovative selskapene i næringen, som videre blitt sammenlignet med de andre selskapene for å finne hva som skiller de innovative fra de andre selskapene.

Effektiviteten har i perioden variert mellom 88,2 % og 91,5 % ved antakelse om variabelt skalautbytte. Denne utviklingen i effektivitet tilsier at det ikke har vært store endringer i perioden, og at oppdretterne evner å holde seg på et høyt effektivitetsnivå.

Produktiviteten har i perioden hatt en tilbakegang på 8,1 %. Denne utviklingen samsvarer og bekrefter trendene som ble avdekket i tidligere forskning (Vassdal & Holst 2011), som også fant nedgang i produktivitet i henholdsvis periodene 2005-2008. Dette kan være en indikasjon på at næringen i større grad bør tilstrebe teknologisk fremgang for å kunne være mer konkurransedyktig, fremfor å bare drive for å få høyest mulig produksjon. Som følge av høye driftsmarginer de siste årene har det vært mulig for oppdrettsselskapene å øke inntjeningen gjennom å øke produksjonen uten å måtte finne mer effektive anvendelser av innsatsfaktorer.

Innovatørene var større enn de andre aktørene under VRS. De hadde også mye større volatilitet i andelen som drev med annen virksomhet, men den kunne gå begge veier, noe som kanskje tyder på at de er mer handlekraftige. Det som kanskje skiller seg mest ut, er innovatørenes økning i kapitalintensitet, eller hvordan andre driftskostnader stuper perioden de er innovatører. Ikke veldig overraskende, er også fôrforbruk og utnyttet kapasitet per produserte kilo relevant, siden det tross alt er faktorer som er med å bestemme effektiviteten.

7. Litteraturliste

- AquaGen. (2005). Avlsarbeid og stamfiskseleksjon laks, *I*.
- Asche, F., Guttormsen, A. G., & Nielsen, R. (2013). Future challenges for the maturing norwegian salmon aquaculture industry: An analysis of total factor productivity change from 1996 to 2008. *Aquaculture*, 396–399, 43–50. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.02.015>
- Asche, F., Roll, K. H., & Tveteras, R. (2009). Economic inefficiency and environmental impact: An application to aquaculture production. *Journal of Environmental Economics and Management*, 58(1), 93–105. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2008.10.003>
- Asche, F., Roll, K., Sandvold, H., Sørvig, A., & Zhang, D. (2013). Salmon Aquaculture: Larger Companies and Increased Production. *Aquaculture Economics & Management: Official Journal of the International Association of Aquaculture Economics and Management*, 17(3), 322–339. <https://doi.org/10.1080/13657305.2013.812156>
- Asche, F., & Tveterås, R. (2011). En kunnskapsbasert sjømatnaering.
- Banker, R. D., Zheng, Z. (Eric), & Natarajan, R. (2010). DEA-based hypothesis tests for comparing two groups of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 206(1), 231–238. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2010.01.027>
- Berg, L. P. (2016). Kunnskapsintensive naeringer i Norge.
- Bogetoft, P., & Otto, L. (2010). *Benchmarking with Dea, Sfa, and R* (Vol. 157). Springer Science & Business Media.
- Diaz-Balteiro, L., Casimiro Herruzo, A., Martinez, M., & González-Pachón, J. (2006). An analysis of productive efficiency and innovation activity using DEA: An application to Spain's wood-based industry. *Forest Policy and Economics*, 8(7), 762–773. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2005.06.004>
- Direktoratet for forvaltning og IKT. (2015). Beste praksis og benchmarking | Difi.no. Retrieved November 15, 2016, from <https://www.difi.no/artikkel/2015/02/beste-praksis-og-benchmarking>
- Färe, R., Grosskopf, S., Norris, M., & Zhang, Z. (1994). Productivity Growth, Technical Progress, and Efficiency Change in Industrialized Countries. *The American Economic Review*, 84(1), 66–83. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/2117971>
- Farrell, M. J. (1957). The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, 120(3), 253–290. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/2343100>

-
- Fauske, M., & Holmefjord, L. (2010). ★ FISKERIDIREKTORATET. Lønnsomhetsundersøkelse for matfiskproduksjon Laks og Regnbueørret. Retrieved October 8, 2016, from <http://docplayer.me/1086000-Fiskeridirektoratet-lønnsomhetsundersokelse-for-matfiskproduksjon-laks-og-regnbueorret.html>
- Fiskeridirektoratet. (2005). *Om statistikken*. Retrieved from <http://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Statistikk-akvakultur/Loennsomhetsundersokelse-for-laks-og-regnbueorret>
- Fiskeridirektoratet (2010) ”Lønnsomhetsundersøkelse for matfiskproduksjon, laks og regnbueørret 2009”
- Fiskeridirektoratet (2011) ”Lønnsomhetsundersøkelse for matfiskproduksjon, laks og regnbueørret 2010”
- Fiskeridirektoratet (2012) ”Lønnsomhetsundersøkelse for matfiskproduksjon, laks og regnbueørret 2011”
- Fiskeridirektoratet (2013) ”Lønnsomhetsundersøkelse for produksjon av laks og regnbueørret 2012”
- Fiskeridirektoratet (2014), ”Lønnsomhetsundersøkelse for produksjon av laks og regnbueørret 2013”
- Fiskeridirektoratet. (2016). Grønne tillatelser. Retrieved October 6, 2016, from <http://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tildeling-og-tillatelser/Kommersielle-tillatelser/Laks-orret-og-regnbueorret/Groenne-tillatelser>
- Fiskeridirektoratet. (n.d.). Omregningsfaktor. Retrieved from <http://www.fiskeridir.no/Yrkesfiske/Statistikk-yrkesfiske/Omregningsfaktor>
- Forskrift om lakselusbekjempelse. Forskrift om bekjempelse av lakselus i akvakulturanlegg. Retrieved from <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2012-12-05-1140>
- Forskrift om oppdrett av andre fiskearter. Forskrift om tildeling, endring og bortfall av konsesjoner for oppdrett av andre arter enn laks, ørret og regnbueørret. Retrieved from <https://lovdata.no/dokument/LTI/forskrift/2004-12-22-1799>
- Forskrift om tildeling av matfiskkonsesjoner. Forskrift om tildeling av konsesjoner for matfiskoppdrett av laks og ørret i sjøvann. Retrieved from <https://lovdata.no/dokument/LTI/forskrift/2003-10-17-1245>
- Färe, R., Grosskopf, S., Lundgren, T., Marklund, P.-O., & Zhou, W. (2016). *The Impact of Climate Policy on Environmental and Economic Performance: Evidence from Sweden*. Routledge.
- Färe, R., Lindgren, B., & Roos, P. (1992). Productivity changes in Swedish pharmacies 1980- 1989: A non- parametric malmquist approach. *The Journal of Productivity Analysis*, 3(1/ 2), 85–101.

-
- Havforskningsinstituttet. (2014). Lakselus og rømt fisk er mest problematisk. Retrieved from http://www.imr.no/nyhetsarkiv/2014/januar/lakselus_og_romt_fisk_er_mest_problematisk/nb-no
- Havforskningsinstituttet. (2016). Risikovurdering av norsk fiskeoppdrett: Både positive og negative resultat (b). Retrieved from http://www.imr.no/nyhetsarkiv/2016/april/risikovurdering_av_norsk_fiskeoppdrett_bade_positive_og_negative_resultat/nb-no
- Havforskningsinstituttet. (2016). *Risikovurdering norsk fiskeoppdrett 2016 (a)*. Retrieved from http://www.imr.no/filarkiv/2016/04/risikovurdering_2016.pdf/nb-no
- Horta, I. M., Camanho, A. S., & Moreira da Costa, J. (2012). Performance assessment of construction companies: A study of factors promoting financial soundness and innovation in the industry. *International Journal of Production Economics*, 137(1), 84–93. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2012.01.015>
- iLaks.no. (2016). iLaks | Cermaq satser på Optilicer. Retrieved November 19, 2016, from <http://ilaks.no/cermaq-satser-pa-optilicer/>
- Innovasjon Norge. (2013). Maskinvaksine revolusjonerer fiskenæringen. Retrieved October 5, 2016, from <http://www.innovasjon norge.no/no/finansiering/forsknings--og-utviklingskontrakter/Slik-har-vi-hjulpet-andre/firmaet-as/>
- Iversen, A., Hermansen, Ø., Andreassen, O., Brandvik, R.K., Marthinussen, A. og Nystøyl, R. (2015). *Kostnadsdrivere i lakseoppdrett* (Vol. 41/15). Tromsø: Nofima.
- Jackson, P. M., & Fethi, M. D. (2000). Evaluating the efficiency of Turkish commercial banks: an application of DEA and Tobit Analysis.
- Kames, C. (2016). *Effektivitet og produktivitetsanalyse av norsk lakseoppdrettsnæring i perioden 2009-2014, med benchmarking av Grieg Seafood Finnmark AS*. UiT Norges arktiske universitet.
- Kirk, J., & Miller, M. L. (1986). *Reliability and validity in qualitative research. Qualitative research methods. v. 1*. Sage Publications.
- Kittelsen, S. A., & Førsum, F. R. (2001). Empiriske forskningsresultater om effektivitet i offentlig tjenesteproduksjon. *Økonomisk Forum*, 55(6), 22–29.
- Kyst.no. (2016). Går for det nyeste luseverktøyet. Retrieved October 15, 2016, from <http://kyst.no/nyheter/gar-for-det-nyeste-luseverktoyet/>
- Laksefakta. (2016). Hvorfor rømmer laksen? Retrieved November 3, 2016, from <https://laksefakta.no/laks-og-miljo/romming/>
- Lee, J. Y. (2005). Comparing SFA and DEA methods on measuring production efficiency for forest and paper companies. *Forest Products Journal*.

-
- Lusedata (a). (2016). Om Lakselus. Retrieved October 10, 2016, from <http://lusedata.no/om-lakselus/>
- Lusedata (b). (2016). Slik sikrer vi kontrollen med lakselus. Retrieved October 10, 2016, from <http://lusedata.no/tiltak/>
- Mattilsynet. (2011). *Regionalt tilsynsprosjekt 2011: Prosjekt overlevelse fisk.*
- McDonald, J. (2009). Using least squares and tobit in second stage DEA efficiency analyses. *European Journal of Operational Research*, 197(2), 792–798. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2008.07.039>
- Miguéis, V. L., Camanho, a S., Bjørndal, E., & Bjørndal, M. (2012). Productivity change and innovation in Norwegian electricity distribution companies. *Journal of the Operational Research Society*, 63(7), 982–990. <https://doi.org/10.1057/jors.2011.82>
- Nofima. (2016). Avl og genetikk. Retrieved October 6, 2016, from <https://nofima.no/forskningsomrade/avl-og-genetikk/>
- Nordlaks. (2016). Smoltproduksjon. Retrieved October 5, 2016, from <http://www.nordlaks.no/Om-oss/Smoltproduksjon>
- Norsk Havbrukssenter. (2016). Laksens liv. Retrieved October 5, 2016, from <http://www.havbrukssenter.no/index.php/81-forskning/79-laksens-liv>
- NRK. (2014). Lakseprisene har rast. Retrieved from <https://www.nrk.no/trondelag/lakseprisene-har-rast-1.7719287>
- Olafsen, T., Winther, U., Olsen, Y., & Skjeremo, J. (2012). *Verdiskaping basert på produktive hav i 2050*. Retrieved from https://www.sintef.no/globalassets/upload/fiskeri_og_havbruk/publikasjoner/verdiskaping-basert-pa-produktive-hav-i-2050.pdf
- Ray, S. C., & Desli, E. (1997). Productivity Growth, Technical Progress, and Efficiency Change in Industrialized Countries: Comment. *American Economic Association Productivity Growth The American Economic Review*, 87(5), 1033–1039. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/2951340>
- Sentralbyrå, S. (2014). Akvakultur - årlig, foreløpige tall. Retrieved October 6, 2016, from <https://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/statistikker/fiskeoppdrett/aar-forelopige/2014-06-02>
- Sin, J.-H., & Hwang, S.-J. (2016). Efficiency Analysis and Finance Strategy for an Automotive Parts Maker Using DEA and Logistic Regression Model. *Journal of the Korean Operations Research and Management Science Society*, 41(1), 127–143. <https://doi.org/10.7737/JKORMS.2016.41.1.127>
- Sjømat Norge. (2016). Laks er viktig | Lakseeventyret. Retrieved December 2, 2016, from <http://laks.no/lakseeventyret/>

-
- SSB. (2016). Akvakultur - årlig, foreløpige tall. Retrieved October 6, 2016, from <https://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/statistikker/fiskeoppdrett/aar-forelopige>
- Statistisk Sentralbyrå. (2015). Produktivitetsberegninger for næringer. Retrieved November 15, 2016, from <http://www.ssb.no/nasjonalregnskap-og-konjunkturer/statistikker/nr/tilleggsinformasjon/produktivitetsendringer-for-naringer>
- Statistisk sentralbyrå. (2016). Salg av slaktet matfisk, etter fiskeslag. Retrieved from <https://www.ssb.no/statistikkbanken/selectvarval/Define.asp?subjectcode=&ProductId=&MainTable=Akvakultur04&nvl=&PLanguage=0&nyTmpVar=true&CMSSubjectArea=jord-skog-jakt-og-fiskeri&KortNavnWeb=fiskeoppdrett&StatVariant=&checked=true>
- Statistisk sentralbyrå. (2016). Konsumprisindeksen. Retrieved from <https://www.ssb.no/statistikkbanken/selectvarval/Define.asp?subjectcode=&ProductId=&MainTable=KPI&nvl=&PLanguage=0&nyTmpVar=true&CMSSubjectArea=priser-og-prisindekser&KortNavnWeb=kpi&StatVariant=&checked=true>
- Statistisk sentralbyrå (x). (2016). Tap/svinn i matfiskproduksjon. Retrieved November 4, 2016, from <https://www.ssb.no/statistikkbanken/selectvarval/Define.asp?subjectcode=&ProductId=&MainTable=Matfiskopp&nvl=&PLanguage=0&nyTmpVar=true&CMSSubjectArea=jord-skog-jakt-og-fiskeri&KortNavnWeb=fiskeoppdrett&StatVariant=&checked=true>
- Stoica, O., Mehdian, S., & Sargu, A. (2015). The Impact of Internet Banking on the Performance of Romanian Banks: DEA and PCA Approach. *Procedia Economics and Finance*, 20, 610–622. [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(15\)00115-X](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(15)00115-X)
- Tveteras, R., & Battese, G. E. (2006). AGGLOMERATION EXTERNALITIES, PRODUCTIVITY, AND TECHNICAL INEFFICIENCY. *Journal of Regional Science*, 46(4), 605–625. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9787.2006.00470.x>
- Vassdal, T., & Holst, H. M. S. (2011). Technical Progress and Regress in Norwegian Salmon Farming: A Malmquist Index Approach. *Marine Resource Economics*, 26, 329–341. <https://doi.org/10.5950/0738-1360-26.4.329>
- Vesterållytt. (2016). Miljøflåten vekker oppsikt. Retrieved November 19, 2016, from <http://vny.no/nyheter/miljoflaten-vekker-opsikt/>
- Weiss, M. A., Xie, X., & Zi, H. (2010). Economies of scope in financial services: A DEA efficiency analysis of the US insurance industry. *Journal of Banking & Finance*, 34(7), 1525–1539. <https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2010.02.025>
- Wheelock, D. C., & Wilson, P. W. (1999). Technical Progress, Inefficiency, and Productivity Change in U.S. Banking, 1984-1993. *Journal of Money, Credit and Banking*, 31(2), 212. <https://doi.org/10.2307/2601230>
- Wikeland, M. (2015). *Produktivitetsutvikling i norsk lakseoppdrett*.

XU, D., & Donglan. (2005). Productivity Growth, Technological Progress and Efficiency Change in Chinese Manufacturing Industry: A DEA Approach.

8. Vedlegg

Vedlegg 1: Supereffektivitet 2010-2014

Supereffektivitet 2010 (CRS)				Supereffektivitet 2010 (VRS)			
Gjennomsnitt		0,876		Gjennomsnitt		0,987	
Maks		1,575		Maks		2,812	
Min		0,522		Min		0,592	
Standardavvik		0,184		Standardavvik		0,331	
Rank	DMU	SE-verdi	Peerfrekvens	Rank	DMU	SE-verdi	Peerfrekvens
1	M_0284	1,575	11	1	M_0362	Inf	3
2	M_0297	1,484	25	2	M_0140	2,812	3
3	M_0091	1,469	13	3	M_0452	2,160	29
4	M_0452	1,367	34	4	M_0297	1,836	33
5	M_0029	1,231	58	5	M_0284	1,677	8
6	M_0140	1,208	12	6	M_0470	1,600	18
7	M_0470	1,184	26	7	M_0122	1,521	9
8	M_0110	1,114	6	8	M_0091	1,470	1
9	M_0144	1,096	33	9	M_0478	1,418	8
10	M_0194	1,054	47	10	M_0110	1,356	1
11	M_0050	1,052	24	11	M_0239	1,338	8
12	M_0138	1,052	14	12	M_0195	1,297	1
13	M_0478	1,026	3	13	M_0029	1,245	12
14	M_0270	1,025	6	14	M_0120	1,232	15
15	M_0122	1,011	4	15	M_0172	1,189	47
16	M_0172	1,003	1	16	M_0370	1,179	2
				17	M_0194	1,178	1
				18	M_0453	1,162	1
				19	M_0451	1,153	5
				20	M_0144	1,115	2
				21	M_0050	1,070	1
				22	M_0138	1,063	9
				23	M_0171	1,032	30
				24	M_0133	1,031	44
				25	M_0475	1,030	1
				26	M_0270	1,029	26
				27	M_0033	1,017	18
				28	M_0465	1,013	1
				29	M_0234	1,001	1

Supereffektivitet 2011 (CRS)				Supereffektivitet 2011 (VRS)			
Gjennomsnitt		0,847		Gjennomsnitt		1,065	
Maks		2,039		Maks		7,960	
Min		0,575		Min		0,589	
Standardavvik		0,266		Standardavvik		0,914	
Rank	DMU	SE-verdi	Peerfrekvens	Rank	DMU	SE-verdi	Peerfrekvens
1	M_0456	2,039	59	1	M_0362	Inf	1
2	M_0462	1,959	13	2	M_0122	7,960	29
3	M_0475	1,912	5	3	M_0456	3,728	49
4	M_0451	1,480	62	4	M_0140	3,101	28
5	M_0122	1,333	22	5	M_0475	2,964	7
6	M_0143	1,191	6	6	M_0451	2,385	46
7	M_0133	1,153	16	7	M_0462	2,294	15
8	M_0270	1,142	30	8	M_0045	1,329	4
9	M_0178	1,071	39	9	M_0143	1,292	4
				10	M_0133	1,206	15
				11	M_0239	1,183	15
				12	M_0270	1,161	24
				13	M_0178	1,140	37
				14	M_0370	1,123	11
				15	M_0036	1,066	3
				16	M_0445	1,045	2
				17	M_0171	1,039	1
				18	M_0172	1,039	5
				19	M_0331	1,029	5
				20	M_0224	1,013	1

Supereffektivitet 2012 (CRS)				Supereffektivitet 2012 (VRS)			
Gjennomsnitt		0,991		Gjennomsnitt		1,010	
Maks		14,286		Maks		3,728	
Min		0,552		Min		0,589	
Standardavvik		1,442		Standardavvik		0,589	
Rank	DMU	SE-verdi	Peerfrekvens	Rank	DMU	SE-verdi	Peerfrekvens
1	M_0087	2,462	12	1	M_0362	Inf	15
2	M_0178	2,359	4	2	M_0053	14,301	5
3	M_0481	2,053	40	3	M_0178	2,976	23
4	M_0053	14,286	15	4	M_0087	2,673	14
5	M_0214	1,296	3	5	M_0002	2,375	23
6	M_0238	1,255	21	6	M_0481	2,069	22
7	M_0463	1,190	80	7	M_0484	1,871	24
8	M_0297	1,189	16	8	M_0151	1,677	5
9	M_0451	1,132	5	9	M_0238	1,609	17
10	M_0457	1,100	13	10	M_0297	1,491	29
11	M_0475	1,046	5	11	M_0451	1,485	5
12	M_0446	1,023	8	12	M_0478	1,477	7
				13	M_0214	1,464	6
				14	M_0475	1,442	12
				15	M_0463	1,280	51
				16	M_0331	1,249	4
				17	M_0485	1,142	10
				18	M_0456	1,140	12
				19	M_0446	1,138	8
				20	M_0133	1,136	5
				21	M_0457	1,108	6
				22	M_0239	1,102	3
				23	M_0448	1,086	5
				24	M_0107	1,063	3
				25	M_0453	1,039	1

Supereffektivitet 2013 (CRS)				Supereffektivitet 2013 (VRS)			
Gjennomsnitt		0,935		Gjennomsnitt		1,131	
Maks		14,337		Maks		14,934	
Min		0,479		Min		0,602	
Standardavvik		1,441		Standardavvik		1,507	
Rank	DMU	SE-verdi	Peerfrekvens	Rank	DMU	SE-verdi	Peerfrekvens
1	M_0053	14,337	42	1	M_0362	Inf	8
2	M_0463	1,598	25	2	M_0053	14,934	19
3	M_0480	1,518	86	3	M_0451	2,452	10
4	M_0172	1,269	3	4	M_0463	2,077	8
5	M_0486	1,191	1	5	M_0476	1,942	17
6	M_0224	1,147	5	6	M_0120	1,612	13
7	M_0138	1,130	7	7	M_0226	1,607	5
8	M_0226	1,084	2	8	M_0480	1,539	67
9	M_0451	1,068	12	9	M_0478	1,407	12
				10	M_0172	1,338	3
				11	M_0486	1,327	3
				12	M_0453	1,294	1
				13	M_0158	1,220	8
				14	M_0224	1,211	2
				15	M_0194	1,155	5
				16	M_0138	1,140	4
				17	M_0311	1,117	18
				18	M_0445	1,114	12
				19	M_0452	1,104	8
				20	M_0152	1,093	12
				21	M_0143	1,048	2
				22	M_0122	1,039	4
				23	M_0473	1,030	9
				24	M_0302	1,024	2
				25	M_0485	1,020	4
				26	M_0107	1,009	1
				27	M_0481	1,002	1
				28	M_0488	1,001	15

Supereffektivitet 2012 (CRS)				Supereffektivitet 2012 (VRS)			
Gjennomsnitt		0,991		Gjennomsnitt		1,010	
Maks		14,286		Maks		3,728	
Min		0,552		Min		0,589	
Standardavvik		1,442		Standardavvik		0,589	
Rank	DMU	SE-verdi	Peerfrekvens	Rank	DMU	SE-verdi	Peerfrekvens
1	M_0087	2,462	12	1	M_0362	Inf	15
2	M_0178	2,359	4	2	M_0178	2,976	23
3	M_0481	2,053	40	3	M_0087	2,673	14
4	M_0053	14,286	15	4	M_0002	2,375	23
5	M_0214	1,296	3	5	M_0481	2,069	22
6	M_0238	1,255	21	6	M_0053	14,301	5
7	M_0463	1,190	80	7	M_0484	1,871	24
8	M_0297	1,189	16	8	M_0151	1,677	5
9	M_0451	1,132	5	9	M_0238	1,609	17
10	M_0457	1,100	13	10	M_0297	1,491	29
11	M_0475	1,046	5	11	M_0451	1,485	5
12	M_0446	1,023	8	12	M_0478	1,477	7
				13	M_0214	1,464	6
				14	M_0475	1,442	12
				15	M_0463	1,280	51
				16	M_0331	1,249	4
				17	M_0485	1,142	10
				18	M_0456	1,140	12
				19	M_0446	1,138	8
				20	M_0133	1,136	5
				21	M_0457	1,108	6
				22	M_0239	1,102	3
				23	M_0448	1,086	5
				24	M_0107	1,063	3
				25	M_0453	1,039	1

Supereffektivitet 2014 (CRS)				Supereffektivitet 2014 (VRS)			
Gjennomsnitt		0,841		Gjennomsnitt		0,951	
Maks		1,540		Maks		2,433	
Min		0,560		Min		0,576	
Standardavvik		0,209		Standardavvik		0,374	
Rank	DMU	SE-verdi	Peerfrekvens	Rank	DMU	SE-verdi	Peerfrekvens
1	M_0492	1,540	53	1	M_0362	Inf	4
2	M_0152	1,380	20	2	M_0452	2,433	21
3	M_0463	1,363	2	3	M_0444	2,174	1
4	M_0464	1,343	68	4	M_0464	2,160	52
5	M_0444	1,309	5	5	M_0152	2,065	39
6	M_0091	1,280	9	6	M_0492	1,556	21
7	M_0151	1,169	8	7	M_0195	1,554	10
8	M_0452	1,135	7	8	M_0151	1,527	6
9	M_0143	1,107	18	9	M_0463	1,481	8
10	M_0481	1,100	9	10	M_0091	1,477	16
11	M_0133	1,088	32	11	M_0478	1,182	4
12	M_0198	1,047	3	12	M_0122	1,173	13
13	M_0487	1,038	2	13	M_0451	1,154	4
14	M_0331	1,028	5	14	M_0143	1,142	13
15	M_0110	1,020	14	15	M_0370	1,123	1
16	M_0311	1,001	11	16	M_0481	1,101	7
				17	M_0198	1,098	13
				18	M_0133	1,096	20
				19	M_0311	1,087	27
				20	M_0120	1,087	1
				21	M_0107	1,079	12
				22	M_0487	1,068	3
				23	M_0110	1,057	16
				24	M_0486	1,048	2
				25	M_0457	1,035	2
				26	M_0331	1,032	3
				27	M_0117	1,021	1
				28	M_0267	1,013	1

Vedlegg 2: Innovatører av skalateknologi

DMU	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014
M_0015		1.009		
M_0019	1.384			
M_0030	1.252			
M_0033	1.262	1.203		
M_0036	1.004			
M_0091		1.071		
M_0133	1.415	1.267		
M_0135	1.084			
M_0138			1.005	
M_0143	1.028			
M_0151		1.044		
M_0152			1.005	
M_0158			1.027	
M_0171	1.197			
M_0194		1.246	1.059	
M_0195			1.040	
M_0205		1.138	1.146	
M_0214		1.023	1.556	
M_0224	1.036		1.022	
M_0226	1.056			
M_0231	1.536			
M_0234	1.617			
M_0238		1.047		
M_0239		1.300		
M_0302	1.342		1.006	
M_0331	1.200	1.054		
M_0370	1.177			1.120
M_0445	1.066			
M_0448		1.008		
M_0449				1.060
M_0453			1.258	
M_0457		1.023		
M_0465	1.058			
M_0478		1.186		1.125
M_0452		1.045	1.098	
M_0485				1.068

Vedlegg 3: Innovatører av teknologi under VRS

DMU	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014
M_0015		1.086		
M_0041	1.317			
M_0045	1.457			
M_0047	1.163			

M_0091	1.011		1.227
M_0107	1.044	1.033	1.139
M_0110			1.201
M_0117			1.079
M_0120	1.293	1.340	1.129
M_0133		1.071	
M_0138		1.022	
M_0143	1.298	1.124	1.028
M_0151		1.086	1.160
M_0152		1.038	
M_0172		1.254	
M_0178	1.147		
M_0194	1.142	1.019	
M_0195			1.167
M_0205		1.013	
M_0214		2.044	
M_0224	1.078	1.019	
M_0226		1.402	
M_0238		1.437	
M_0239	1.037		
M_0267			1.021
M_0270	1.031		
M_0289	1.076	1.315	
M_0299	1.048		1.014
M_0302		1.059	
M_0311		1.135	1.120
M_0331		1.106	1.017
M_0370		1.040	
M_0422	1.113		
M_0432	1.077		
M_0434	1.048		
M_0445	1.150	1.013	
M_0448		1.200	
M_0456		1.222	
M_0457		1.281	
M_0478		1.025	1.459
M_0297		1.380	
M_0452		1.082	
M_0480		1.280	
M_0485		1.015	
M_0481			1.103

Vedlegg 4: Innovatører under CRS

DMU	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014
M_0015		1.095		
M_0041	1.227			

M_0045	1.189	
M_0091	1.005	1.143
M_0133	1.089	
M_0138		1.028
M_0143	1.334	
M_0151		1.133
M_0172		1.235
M_0178	1.074	
M_0214		2.091
M_0224	1.117	1.042
M_0226		1.329
M_0238		1.504
M_0270	1.026	
M_0331		1.166
M_0434	1.045	
M_0445	1.227	
M_0457		1.310
M_0478		1.205
M_0297		1.350
M_0480		1.245
M_0481		1.018

Vedlegg 5: Kodene fra Rstudio

```

#Banker's
remove(list=ls())
getwd()
my.path = "C:/Users/PerChristian/Dropbox/Master/Data"
library(Benchmarking)

setwd(my.path)
install.packages("Benchmarking.tar", lib="/Users/PerChristian/Dropbox/Master/Data")

require(Benchmarking)
data = read.csv2("C:/Users/PerChristian/Dropbox/Master/
  datasett/Datasett1.csv")

aar = unique(data$aar)
selskaper = unique(data$orgnr)

dette.aar = "2013"

xvar<-c("ANNEN_DRIFTSKOST","BET_ARB_TIMER","SMOLTKOST","FORFORBRUK")
x<-data[data$aar == dette.aar,xvar]
yvar<-c("PRODUSERT")
y<-data[data$aar == dette.aar,yvar]
rownames(x) = data$orgnr[data$aar == dette.aar]

#Referansevariabler
x2var<-c("ANNEN_DRIFTSKOST","SMOLTKOST",
  "BET_ARB_TIMER","FORFORBRUK","UTNYTTET_KAP")
x2<-data[data$aar == dette.aar,x2var]
rownames(x2) = data$orgnr[data$aar == dette.aar]
#Modell
F1<-eff(Benchmarking::dea(x,y,RTS="vrs",ORIENTATION="in"))
#Referansemodell
F2<-eff(Benchmarking::dea(x2,y,RTS="vrs",ORIENTATION="in"))

plot(F1,F2, xlim=range(F1,F2),ylim=range(F1,F2))
abline(0,1)
TEX <- (sum(F1-1)/length(F1))/(sum(F2-1)/length(F2))
KRI <- qf(.95, 2*length(F1), 2*length(F2))
THN <- (sum((F1-1)^2)/length(F1))/(sum((F2-1)^2)/length(F2))
KRT <- qf(.95, length(F1), length(F2))

ks.test(F1,F2, alternative = "greater")

```

```
#Supereffektivitet
remove(list=ls())
getwd()

my.path = "C:/Users/PerChristian/Dropbox/Master/Data"
library(Benchmarking)

setwd(my.path)
install.packages("Benchmarking.tar", lib="/Users/PerChristian/Dropbox/Master/Data")

require(Benchmarking)
data = read.csv2("C:/Users/PerChristian/Dropbox/Master/datasett/Datasett2.csv")

aar = unique(data$aar)
selskaper = unique(data$orgnr)

dette.aar = "2011"
xvar<-c("SMOLTKOST","BET_ARB_TIMER","FORFORBRUK",
        "UTNYTTET_KAP","ANNEN_DRIFTSKOST")
x<-data[data$aar == dette.aar,xvar]
yvar<-c("PRODUSERT")
y<-data[data$aar == dette.aar,yvar]

rownames(x) = data$orgnr[data$aar == dette.aar]

sdea(x,y, RTS="vrs", ORIENTATION = "in")
```



```
#DEA M/plot
remove(list=ls())
getwd()
my.path = "C:/Users/PerChristian/Dropbox/Master/Data"
library(Benchmarking)

setwd(my.path)
install.packages("Benchmarking.tar", lib="/Users/PerChristian/Dropbox/Master/Data")

require(Benchmarking)

data = read.csv2("C:/Users/PerChristian/Dropbox/Master/datasett/DatasettUtvalg.csv")

aar = unique(data$aar)
selskaper = unique(data$orgnr)

dette.aar = "2014"

xvar<-c("FORFORBRUK","ANNEN_DRIFTSKOST","SMOLTKOST",
        "BET_ARB_TIMER","UTNYTTET_KAP")
x<-data[data$aar == dette.aar,xvar]
yvar<-c("PRODUSERT")
y<-data[data$aar == dette.aar,yvar]
rownames(x) = data$orgnr[data$aar == dette.aar]

F1<-eff(dea(x,y,RTS="vrs",ORIENTATION="in"))

plot(sort(F1),ylab="effektivitet",xlab="selskaper")
```

```
#Skalaeffektivitet
remove(list=ls())
getwd()
my.path = "C:/Users/PerChristian/Dropbox/Master/Data"

library(Benchmarking)

setwd(my.path)
install.packages("Benchmarking.tar", lib="/Users/PerChristian/Dropbox/Master/Data")
require(Benchmarking)
data = read.csv2("C:/Users/PerChristian/Dropbox/Master/
                datasett/DatasettUtvalg.csv")

aar = unique(data$aar)
selskaper = unique(data$orgnr)

dette.aar = "2014"

xvar<-c("SMOLTKOST","BET_ARB_TIMER","FORFORBRUK",
        "UTNYTTET_KAP","ANNEN_DRIFTSKOST")
x<-data[data$aar == dette.aar,xvar]
yvar<-c("PRODDEF")
y<-data[data$aar == dette.aar,yvar]

rownames(x) = data$orgnr[data$aar == dette.aar]

tevrs<-Benchmarking::dea(x,y,RTS="vrs")
effvrs<-tevrs$eff
tecrs<-Benchmarking::dea(x,y,RTS="crs")
effcrs<-tecrs$eff
se<-effcrs/effvrs

lambda<-tevrs$lambda
```

```
#Skalautbytte
remove(list=ls())
getwd()

my.path = "C:/Users/PerChristian/Dropbox/Master/Data"
library(Benchmarking)

setwd(my.path)
install.packages("Benchmarking.tar", lib="/Users/PerChristian/Dropbox/Master/Data")

require(Benchmarking)

data = read.csv2("C:/Users/PerChristian/Dropbox/Master/
  datasett/DatasettUtvalg.csv")

aar = unique(data$aar)
selskaper = unique(data$orgnr)

dette.aar = "2014"

xvar<-c("SMOLTKOST","BET_ARB_TIMER","FORFORBRUK",
  "UTNYTTET_KAP","ANNEN_DRIFTSKOST")
x<-data[data$aar == dette.aar,xvar]
yvar<-c("PRODUSERT")
y<-data[data$aar == dette.aar,yvar]

rownames(x) = data$orgnr[data$aar == dette.aar]

F1 <- eff(dea(x,y,RTS="crs",ORIENTATION="in"))
F2 <- eff(dea(x,y,RTS="vrs",ORIENTATION="in"))
K<-length(F1)
plot(sort(F1),(1:K)/K,type="s",ylim=c(0,1),ylab="sannsynlighet",xlab="effektivitetsscore")
lines(sort(F2),(1:K)/K,type="s",lty="dashed")
legend("bottomright",c("F1","F2"),lty=c("solid","dashed"),bty="n")
```

x

```

#Malmquist
remove(list=ls())
getwd()
my.path = "C:/Users/PerChristian/Dropbox/Master/Data"
library(Benchmarking)

setwd(my.path)
install.packages("Benchmarking.tar", lib="/Users/PerChristian/Dropbox/Master/Data")

require(Benchmarking)

data =
read.csv2("C:/Users/PerChristian/Dropbox/Master/datasett/Datasettutvalg.csv")

aar = as.character(unique(data$aar))
selskaper = as.character(unique(data$orgnr))

xvar<-c("SMOLTKOST","BET_ARB_TIMER","FORFORBRUK",
        "UTNYTTET_KAP","ANNEN_DRIFTSKOST")
x<-data[data$aar == dette.aar,xvar]
yvar<-c("PRODUSERT")
y<-data[data$aar == dette.aar,yvar]

eff.malmquistcrs = array(dim=c(length(selskaper),length(aar),length(aar)), NA,
dimnames=list(selskaper,aar,aar))
for(t in aar)
{
  x.eval = data[data$aar == t,c("SMOLTKOST","BET_ARB_TIMER",
    "FORFORBRUK","UTNYTTET_KAP","ANNEN_DRIFTSKOST")]
  rownames(x.eval) = data$orgnr[data$aar == t]
  y.eval = data$PRODUSERT[data$aar == t]
  names(y.eval) = data$orgnr[data$aar == t]
  for(s in aar)
  {
x.front = data[data$aar == s,c("SMOLTKOST","BET_ARB_TIMER","FORFORBRUK",
    "UTNYTTET_KAP","ANNEN_DRIFTSKOST")]
y.front = data$PRODUSERT[data$aar == s]
eff = Benchmarking::dea(X=x.eval,Y=y.eval,XREF=x.front,YREF=y.front,RTS="crs",
  ORIENTATION = "in")$eff
for(i in selskaper) eff.malmquistcrs[as.character(i),as.character(t),as.character(s)] =
  eff[as.character(i)]
}
}

```

```

(Malmquist forts.)
eff.malmquistvrs = array(dim=c(length(selskaper),length(aar),length(aar)), NA,
  dimnames=list(selskaper,aar,aar))
for(t in aar)
{
x.eval = data[data$aar == t,c("SMOLTKOST","BET_ARB_TIMER","FORFORBRUK",
  "UTNYTTET_KAP","ANNEN_DRIFTSKOST")]
rownames(x.eval) = data$orgnr[data$aar == t]
y.eval = data$PRODUSERT[data$aar == t]
names(y.eval) = data$orgnr[data$aar == t]
for(s in aar)
{
x.front = data[data$aar == s,c("SMOLTKOST","BET_ARB_TIMER","FORFORBRUK",
  "UTNYTTET_KAP","ANNEN_DRIFTSKOST")]
y.front = data$PRODUSERT[data$aar == s]
eff = Benchmarking::dea(X=x.eval,Y=y.eval,XREF=x.front,YREF=y.front,
  RTS="vrs", ORIENTATION = "in")$eff
for(i in selskaper)
  eff.malmquistvrs[as.character(i),as.character(t),as.character(s)] =
    eff[as.character(i)]
}
}

#MPI med VRS
mpivrs = array(dim=c(length(selskaper),length(aar)-1),NA, dimnames = list(selskaper))
for(i in 1:length(selskaper))
  for(t in 2:length(aar))
    mpivrs[i,t-1] = ((eff.malmquistvrs[selskaper[i],aar[t],aar[t-1]]/
    eff.malmquistvrs[selskaper[i],aar[t-1],aar[t-1]])*
    (eff.malmquistvrs[selskaper[i],aar[t],aar[t]]/
    eff.malmquistvrs[selskaper[i],aar[t-1],aar[t]]))^0.5)

```

```

#Teknologisk edring med VRS (Malmquist forts.)
TCvrs = array(dim=c(length(selskaper),length(aar)-1),NA, dimnames = list(selskaper))
for(i in 1:length(selskaper))
  for(t in 2:length(aar))
    TCvrs[i,t-1] = ((eff.malmquistvrs[selskaper[i],aar[t],aar[t-1]]/
    eff.malmquistvrs[selskaper[i],aar[t],aar[t]])*
    (eff.malmquistvrs[selskaper[i],aar[t-1],aar[t-1]]/
    eff.malmquistvrs[selskaper[i],aar[t-1],aar[t]]))^(0.5)

#Effektivitetsendring med VRS
ECvrs = array(dim=c(length(selskaper),length(aar)-1),NA, dimnames = list(selskaper))
for(i in 1:length(selskaper))
  for(t in 2:length(aar))
    ECvrs[i,t-1] = (eff.malmquistvrs[selskaper[i],aar[t],aar[t]]/
    eff.malmquistvrs[selskaper[i],aar[t-1],aar[t-1]])

#MPI med CRS
mpicrs = array(dim=c(length(selskaper),length(aar)-1),NA, dimnames = list(selskaper))
for(i in 1:length(selskaper))
  for(t in 2:length(aar))
    mpicrs[i,t-1] = ((eff.malmquistcrs[selskaper[i],aar[t],aar[t-1]]/
    eff.malmquistcrs[selskaper[i],aar[t-1],aar[t-1]])*
    (eff.malmquistcrs[selskaper[i],aar[t],aar[t]]/
    eff.malmquistcrs[selskaper[i],aar[t-1],aar[t]]))^(0.5)

#Teknologisk endring med CRS
TCcrs = array(dim=c(length(selskaper),length(aar)-1),NA, dimnames = list(selskaper))
for(i in 1:length(selskaper))
  for(t in 2:length(aar))
    TCcrs[i,t-1] = ((eff.malmquistcrs[selskaper[i],aar[t],aar[t-1]]/
    eff.malmquistcrs[selskaper[i],aar[t],aar[t]])*
    (eff.malmquistcrs[selskaper[i],aar[t-1],aar[t-1]]/
    eff.malmquistcrs[selskaper[i],aar[t-1],aar[t]]))^(0.5)

```

```

#Effektivitetsendring med CRS (Malmquist forts.)
ECcrs = array(dim=c(length(selskaper),length(aar)-1),NA, dimnames = list(selskaper))
for(i in 1:length(selskaper))
  for(t in 2:length(aar))
    ECcrs[i,t-1] = (eff.malmquistcrs[selskaper[i],aar[t],aar[t]]/
                    eff.malmquistcrs[selskaper[i],aar[t-1],aar[t-1]])

#Skalaeffektivitet
SCE = array(dim=c(length(selskaper),length(aar)-1),NA, dimnames = list(selskaper))
for(i in 1:length(selskaper))
  for(t in 2:length(aar))
    SCE[i,t-1] = ((eff.malmquistcrs[selskaper[i],aar[t],aar[t]]/
                  eff.malmquistvrs[selskaper[i],aar[t],aar[t]])/
                 (eff.malmquistcrs[selskaper[i],aar[t-1],aar[t-1]]/
                  eff.malmquistvrs[selskaper[i],aar[t-1],aar[t-1]]))

#Skalateknologi
SCT = array(dim=c(length(selskaper),length(aar)-1),NA, dimnames = list(selskaper))
for(i in 1:length(selskaper))
  for(t in 2:length(aar))
    SCT[i,t-1] = (((eff.malmquistcrs[selskaper[i],aar[t],aar[t-1]]/eff.malmquistvrs[selskaper[i],aar[t],aar[t-1]])/
                  (eff.malmquistcrs[selskaper[i],aar[t],aar[t]]/eff.malmquistvrs[selskaper[i],aar[t],aar[t]]))*
                 (eff.malmquistcrs[selskaper[i],aar[t-1],aar[t-1]]/eff.malmquistvrs[selskaper[i],aar[t-1],aar[t-1]])/
                 (eff.malmquistcrs[selskaper[i],aar[t-1],aar[t]]/eff.malmquistvrs[selskaper[i],aar[t-1],aar[t]]))^0.5)

```

```
#Tobit
remove(list=ls())

getwd()

my.path = "C:/Users/PerChristian/Dropbox/Master/Data"
library(Benchmarking)
library(censReg)

setwd(my.path)
install.packages("Benchmarking.tar", lib="/Users/PerChristian/Dropbox/Master/Data")

require(Benchmarking)
require(censReg)

data = read.csv2("C:/Users/PerChristian/Dropbox/Master/datasett/Datasettutvalg.csv")

aar = unique(data$aar)
selskaper = unique(data$orgnr)

yvar<-c("PRODUSERT")
y<-data[yvar]
annen_virksomhet<-data$ANNEN_VIRK
utnyttet<-(data$PRODUSERT/data$UTNYTTET_KAP)
kapital_arb<-(data$KAPITALBINDING/data$BET_ARB_TIMER)
andre_drift<- (data$ANNEN_DRIFTSKOST/data$PRODUSERT)
fôr<- (data$FORFORBRUK/data$PRODUSERT)

x2var<-c("FORFORBRUK","ANNEN_DRIFTSKOST",
        "SMOLTKOST","BET_ARB_TIMER","UTNYTTET_KAP")
x2<-data[x2var]

F2<-eff(dea(x2,y,RTS="vrs",ORIENTATION="in"))

resultat <- censReg::censReg(F2 ~ annen_virksomhet + andre_drift +
                             kapital_arb + utnyttet + fôr, left = 0, right = 1, data = data)
summary(resultat)
```