



Hva kjennetegner en inntektseffektiv produksjon av melk og storfekjøtt?

Monica Iltad Lenning og Kathrine Moland

Veileder: Øivind Anti Nilsen

Masteroppgave i økonomi og administrasjon

Hovedprofil: 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 inntår for de metoder som er anvendt, resultater som er fremkommet eller konklusjoner som er trukket i arbeidet.

Sammendrag

Formålet med denne utredningen er å finne kjennetegn ved en inntektseffektiv produksjon av melk og storfekjøtt i Norge. Næringen har vært gjennom store endringer de siste årene. Blant annet er antallet produsenter kraftig redusert og teknologi har gitt mange nye muligheter i produksjonen. Kunnskap om hva som kjennetegner en effektiv produksjon er dermed vesentlig for at gjenværende produsenter kan tilpasse seg de nye mulighetene og skape mest mulig verdi av de ressursene de har tilgjengelig.

For å gjennomføre studien utfører vi en effektivitetsanalyse med utgangspunkt i norske produsenters regnskaps- og produksjonsdata. Metoden vi benytter er kjent som stokastisk frontanalyse. Vi har data fra 2012 og 2013, og kan dermed kontrollere for uobserverbare forskjeller mellom produsentene. For å analysere kjennetegn ved en effektiv produksjon inkluderer vi effektivitetsvariabler i modellen. Vi studerer om disse har signifikant innvirkning på effektiviteten. Produsentene blir så delt inn i tre grupper avhengig av hvor effektive de er. Dette gjør vi for å undersøke om effektivitetsvariablenes gjennomsnittsverdier er signifikant forskjellig i de tre gruppene.

Resultatene våre viser at høy kvotefylling, høy produksjon av kg energikorrigert melk per ku, god melke kvalitet, lavere alder på kviger ved første kalving og mer produksjon av kjøtt per ku kjennetegner en effektiv produksjon. Lavere inseminasjonskostnader og lavere andel kraftfôr i fôrrasjonen har også positiv innvirkning på effektiviteten, men forskjellen mellom gruppene er liten. Resultatene indikerer også at de mest effektive produsentene har melkerobot, men det må presiseres at vi ikke har hatt tilgang til investerings- og driftskostnader ved ulike melkesystemer. Til sist finner vi at de som driver økologisk produksjon er mer effektive enn de som driver konvensjonelt.

Forord

Denne utredningen er skrevet som en avsluttende del av vår mastergrad i Økonomisk Styring ved Norges Handelshøyskole (NHH).

I utredningen har vi sett nærmere på effektiviteten i den norske melk- og storfekjøttproduksjonen, og hva som kan forklare forskjeller i effektivitet. Dette temaet var et forslag fra Bjørn Gunnar Hansen i Tine Rådgiving. Vi synes dette virket interessant og givende, og var positivt innstilt til en kvantitativ studie med et praktisk formål. Underveis har det vært motiverende å tenke på at dette arbeidet gir verdi for Tine og andre interessenter.

Det har vært spennende å få jobbe med et eget forskningsprosjekt, og arbeidet med utredningen har vært meget lærerikt. Vi har tilegnet oss mye ny kunnskap, på mange ulike fronter. Ikke minst har vi gått gjennom prosessen å lære oss en helt ny økonometrisk modell, noe som til tider har vært meget krevende.

Vi vil først rette en stor takk til vår veileder, Øivind Anti Nilsen. Han har gitt oss rikelig med veiledning underveis, som vi ikke ville vært foruten. Blant annet fikk han oss til å tro på at modellen vår ville konvergere til slutt, etter mange timer med prøving og feiling.

Vi vil også takke Bjørn Gunnar Hansen i Tine Rådgiving. Han har vært en viktig motivator i arbeidet med utredningen og vist et stort engasjement for studien vår. Hans innsikt i fagområdet, samt tips og råd underveis har vært uunnværlige. I tillegg vil vi takke alle andre som i løpet av prosessen har gitt oss informasjon og gode råd. Vi er veldig takknemlige for all hjelp og støtte.

Oslo, juni 2016

Monica Ilstad Lenning og Kathrine Moland

Innholdsfortegnelse

Sammendrag	1
Forord	2
Tabeller	4
Figurer	4
1 Innledning	5
1.1 Bakgrunn	5
1.2 Problemstilling	5
1.3 Struktur i utredningen	6
2 Norsk melk- og storfekjøttproduksjon	7
2.1 Utviklingen i landbruket	7
2.2 Landbrukspolitikken	9
2.2.1 Tilskuddsordninger	10
2.2.2 Kvoteordning for melkeleveranse	10
2.3 Et regulert marked	11
2.4 Ressursbruk	11
3 Relevant litteratur	12
3.1 Effektivitet	12
3.2 Effektivitetsanalyser	12
3.2.1 To velkjente metoder: Dataomhyllingsanalyse og Stokastisk frontanalyse.....	13
3.2.2 Stokastisk frontanalyse	14
3.2.3 Hvordan forklare ineffektiviteten.....	16
3.3 Tidligere effektivitetsstudier av landbruket	18
4 Data og empirisk modell	20
4.1 Datagrunnlag	20
4.2 Valg av variabler	21
4.2.1 Outputvariabel	21
4.2.2 Innsatsfaktorer	22
4.2.3 Effektivitetsvariabler	24
4.3 Empirisk modell	27
5 Presentasjon av resultater	32
5.1 Resultater fra den stokastiske frontanalysen	33
5.2 Gruppering av produsenter etter effektivitetsindeks	34
6 Diskusjon av resultater	36
6.1 Skalautbytte og outputelastisiteter	36
6.2 Inntektseffektivitet	37
6.3 Faktorer som kjennetegner en inntektseffektiv produksjon	37
6.4 Styrker og svakheter ved studien	44
7 Oppsummering og konklusjon	46
8 Litteraturliste	49

Tabeller

Tabell 1: Utvikling i norsk melkeproduksjon og storfebestand	8
Tabell 2: Utvikling i antall gårdsbruk, jordbruksareal og arbeidsforbruk.....	9
Tabell 3: Definisjon av kostnadseffektivitet og inntektseffektivitet	12
Tabell 4: Oversikt over antall produsenter i de ulike distriktssonene for melk	21
Tabell 5: Deskriptiv statistikk av outputvariabel og innsatsfaktorer.....	22
Tabell 6: Deskriptiv statistikk av effektivitetsvariabler	25
Tabell 7: Resultater fra den stokastiske frontanalysen.....	32
Tabell 8: Effektivitetsvariablenes gjennomsnittsverdier for de tre effektivitetsgruppene	35

Figurer

Figur 1: Utvikling i antall kyr og kyrs melkeytelse.....	7
Figur 2: Utvikling i antall samdrifter	9
Figur 3: Eksempel på SFA-modell med én output og én innsatsfaktor.....	15
Figur 4: Trunkert normalfordeling med forventet verdi μ og varians σ_u^2	28
Figur 5: Fordelingen av inntektseffektivitet i utvalget.....	33

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Norsk landbruks- og matpolitikk har fire overordnede mål: matsikkerhet, landbruk over hele landet, økt verdiskaping og bærekraftig landbruk. For å nå disse målene er det viktig med en effektiv produksjon, som gir størst mulig verdi gitt de ressursene som er tilgjengelig. Ettersom det stadig blir færre produsenter av melk og storfekjøtt i Norge, er det enda viktigere at de som fortsatt produserer driver en effektiv produksjon for at de overnevnte målene skal nås.

Melk- og kjøttproduksjonen har vært gjennom store endringer, og næringen blir ofte omtalt som en av de med størst produktivitetsvekst i Norge. Denne veksten har vart i over hundre år, fra den første traktoren kom til Norge i 1907, til 2000-tallets innføring av melkerobot og andre automatiserte løsninger. Med bakgrunn i denne utviklingen er det interessant å se nærmere på hva som kjennetegner de som tilpasser seg utviklingen best, og er mest effektive gitt dagens muligheter.

Mange effektivitetsstudier av landbruket ser kun på totaleffektivitet i næringen, og ikke på hva som kan forklare forskjeller i effektivitet mellom produsentene. I Norge er det utført få studier som har som hovedformål å finne kjennetegn ved en effektiv produksjon. Så langt vi kjenner til er det i senere tid kun utført en annen norsk studie av dette. Denne er gjort av Hansen, Stokstad, Hegrenes, Sehested & Larsen (2005) på datamateriale fra 2000 og 2001.

Som nevnt har det skjedd store endringer i næringen siden den gang. Det er derfor interessant å studere om noen av de samme faktorene kjennetegner en effektiv produksjon i dag. I tillegg er det interessant å studere nye faktorer som kan påvirke effektivitet.

Vi mener at denne studien er til stor nytte for både produsenter og landbruksrådgivere. Målet til landbruksrådgivere er å spre kunnskap om god og effektiv produksjon. Rådgivning i landbruket bør være forskningsbasert, og vår studie gir grunnlag for dette.

1.2 Problemstilling

Med bakgrunn i hva som er beskrevet i avsnitt 1.1 ønsker vi å studere følgende problemstilling:

- *Hva kjennetegner en inntektseffektiv produksjon av melk og storfekjøtt i Norge?*

1.3 Struktur i utredningen

Utredningen starter med å gi en omtale av næringen. Her beskrives utviklingen i melk- og kjøttproduksjonen, landbrukspolitikken, samt hvilke ressurser som er viktige i produksjonen. I kapittel 3 defineres effektivitet, etterfulgt av en innføring i metoden vi benytter i effektivitetsanalysen. I tillegg oppsummerer vi resultater fra noen utvalgte effektivitetsstudier av landbruket i dette kapitlet. Datagrunnlaget for analysen presenterer vi i kapittel 4, sammen med vår empiriske modell. I kapittel 5 fremlegges resultatet av studien, som videre diskuteres i kapittel 6. Avslutningsvis er konklusjonen på problemstillingen presentert i kapittel 7, hvor utredningen kort oppsummeres.

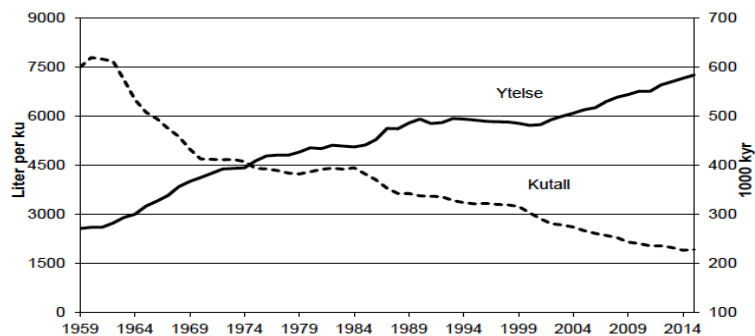
2 Norsk melk- og storfekjøttproduksjon

2.1 Utviklingen i landbruket

Det har skjedd, og skjer fremdeles, store endringer og omstruktureringer i det norske landbruket. De siste 100-200 årene har driften av landbruket gradvis blitt mer kapitalintensiv med store investeringer i driftsbygninger, maskiner og annet utstyr. Siden årtusenskiftet har det også skjedd en stor utvikling. Den første melkeroboten i Norge ble installert i år 2000 (Norsk institutt for bioøkonomi, 2006), og ved årsslutt i 2015 ble hver tredje liter med melk fra norske gårdsbruk melket av en robot (Ånonsen, 2015). Det er flere grunner til den raske veksten i antall melkeroboter, deriblant at det stadig blir større gårdsbruk med flere melkekyr. I 1989 var det i gjennomsnitt 11,7 kyr per gårdsbruk, mens antallet i 2014 var mer enn doblet til 24,6 kyr (Knutsen, 2015).

Det totale antallet melkeprodusenter i Norge går imidlertid stadig nedover. I 2004 var det 16900 jordbruksbedrifter med melkeproduksjon, mens det i 2014 var redusert til 9366 (Statistisk Sentralbyrå, 2016). Dette er ikke en ny trend og har medført en kraftig reduksjon i det totale antallet melkekyr i Norge, som illustrert i figur 1.

Figur 1: Utvikling i antall kyr og kyrs melkeytelse (Budsjettnemda for jordbruket, 2015)



Til tross for den kraftige reduksjonen i antall melkeprodusenter og kyr, har ikke produksjonsvolumet falt i nærheten av like mye (se tabell 1). Som en kan se av figur 1 har økningen i gjennomsnittlig ytelse per ku kompensert noe for nedgangen i antall kyr. Siden 2001 har den totale melkeproduksjonen vært relativt stabil (Knutsen, 2015).

Tabell 1: Utvikling i norsk melkeproduksjon og storfebestand (Budsjettnemda for jordbruket, 2015)

År	1969 ¹	1999	2013
Bruttoproduksjon (i millioner liter)	1 731	1 824	1 635
Liter per årsku (brutto)¹	4 001	5 776	7 052
Antall storfe (i tusen)	973	1 046	852
- Hvorav antall melkekyr (i tusen)	437	323	239

¹1969: Gammel metode for beregning av årskyr.

Reduksjonen i antall melkekyr har heller ikke hatt stor innvirkning på den totale storfekjøttproduksjonen. Avlsmessig fremgang, bedre stell og bedre fôring har ført til økt produksjon av storfekjøtt fra 58,7 millioner kg i 1969 til 83,7 millioner kg i 2013. (Budsjettnemda for jordbruket, 2015). En økning i antall ammekyr har også bidratt til økt kjøttproduksjon i Norge (Hegrenes, Hansen & Mittenzwei, 2009).

I Norge er det en tett kobling mellom jordbruksareal tilgjengelig for fôrproduksjon og hvor mye melk og kjøtt en bonde produserer. Dette kommer blant annet frem i Tine sin medlemsundersøkelse fra 2012. Der svarte hele 18 prosent at areal var den mest begrensende faktoren for å øke produksjonen (Fjellhammer, 2013). Areal var dermed den nest hyppigste begrensningen for utvidelse (Fjellhammer, 2013).

Når bønder velger å legge ned produksjonen, blir deler av jorda solgt videre eller leid av gjenværende bønder. Dette har ført til at dagens gårdsbruk er betraktelig større enn hva de var for bare noen tiår siden. Som tabell 2 viser har både areal per gårdsbruk, målt i dekar (daa), og totalt antall traktorer på landsbasis økt kraftig de siste 50 årene. Økt bruk av teknologi, her eksemplifisert ved traktorer, har gjort at bøndene kan drive jorda mer effektivt. Melkemaskiner, skurtreskere og fôrhøstere er andre eksempler på teknologi som har bidratt til en kraftig produktivitetsvekst i landbruket. Den teknologiske utviklingen, sammen med fokus på effektivisering, har ført til at bønder i dag bruker under en sjettedel av arbeidstiden per daa, sammenlignet med hva de gjorde i 1959 (se tabell 2).

Tabell 2: Utvikling i antall gårdsbruk, jordbruksareal og arbeidsforbruk (Budsjettnemda for jordbruket, 2015).

År ^{1,2}	1959	1999	2013
Antall gårdsbruk	198 300	70 700	43 700
Areal per gårdsbruk (daa)	51	147	226
Timer per daa	59	15	9
Antall traktorer ³	47 250	134 000	100 000

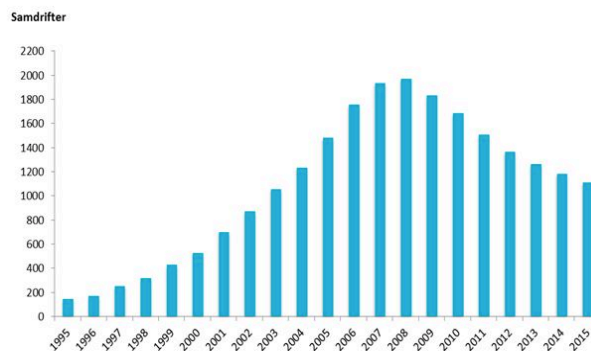
¹ Gjelder gårdsbruk over 5 daa frem til 1999. Fra 0 daa f.o.m 1999.

² Tallene gjelder for alt jordbruk i Norge, men de gir likevel en god indikator på utviklingen i fôrproduksjonen til melk- og kjøttproduksjon. Av alle jordbruksbedrifter i Norge var det i 2013 litt over halvparten som drev med storfe (Statistisk Sentralbyrå, 2016).

³ Nedgangen i antall traktorer fra 1999 til 2013 må tilskrives effekten av den kraftige reduksjonen i antall gårdsbruk.

Videre har mange bønder ønsket å samarbeide for å øke produksjonen og få mer fleksible hverdager. Av figur 2 kan en se at det har vært en stor økning i antall samdrifter de siste 20 årene. Med bakgrunn i nye tilskuddsregler som ble innført på starten av 2000-tallet, samt muligheten for å leie kvote, snudde imidlertid trenden i 2008 (Budsjettnemda for jordbruket, 2015). Antall samdrifter har siden den gang sunket noe.

Figur 2: Utvikling i antall samdrifter (Landbruksdirektoratet, 2016c).



2.2 Landbrukspolitikken

De overordnede målene til norsk landbruks- og matpolitikk er matsikkerhet, landbruk over hele landet, økt verdiskaping og bærekraftig landbruk (Landbruks- og matdepartementet, 2011). Et av virkemidlene for å ivareta disse målene er importvern på jordbruksvarer (Landbruks- og matdepartementet, 2015).

2.2.1 Tilskuddsordninger

De ulike tilskuddsordningene i landbruket er til for å best mulig sikre de overordnede målene til norsk landbruks- og matpolitikk. For å gjøre nettopp dette er tilskuddene fordelt på svært mange ulike premisser. Med bakgrunn i relevans for utredningen er tilskuddsordningene forenklet og delt inn i husdyrtilskudd, arealtilskudd, samt distriktstilskudd for levert melk og kjøtt.

Husdyrtilskuddet beregnes på grunnlag av dyretall og satser per dyr (Budsjettnemda for jordbruket, 2015). Arealtilskuddet er sammensatt av en kulturlandskapsdel og en arealdel. Formålet med å gi støtte til kulturlandskapet er å sørge for skjøtsel, vedlikehold og utvikling gjennom en aktiv drift (Landbruksdirektoratet, 2016b). Tilskuddet beregnes ut fra en felles sats per daa. Tilskudd for arealdelen gis også på grunnlag av daa i drift, men denne er differensiert mellom ulike vekster og distrikt (Budsjettnemda for jordbruket, 2015). Arealdelen skal jevne ut noen av inntektsforskjellene, og medvirke til et aktivt jordbruk over hele landet (Budsjettnemda for jordbruket, 2015). Det samme formålet har den tredje tilskuddsordningen, distriktstilskudd for liter melk levert og kg kjøtt levert. Dette tilskuddet gis med utgangspunkt i egne satser avhengig av hvor i landet gårdsbruket befinner seg (Landbruksdirektoratet, 2016b). Jordbruksavtalen angir de ulike distriktssonene for melk og kjøtt.

Videre gis det ekstra tilskudd for økologisk produksjon, for å stimulere til dette og nå målsetningen om 15 prosent økologisk matproduksjon innen 2020 (Landbruks- og matdepartementet, 2011).¹ Det gis en engangssum i form av et omleggingstilskudd (Forskrift om tilskudd til økologisk landbruk, 2001, §5). I tillegg gis det produksjonstilskudd for melk og kjøtt som produseres økologisk, samt daa som dyrkes økologisk (Forskrift om produksjonstilskudd mv. i jordbruket, 2015, §3 og §4).

2.2.2 Kvoteordning for melkeleveranse

Fra 1983 har hver melkeprodusent i Norge vært tildelt en melkekvote (Knutsen, 2015). Hensikten med en slik ordning er, i følge §1 i forskrift om kvoteordningen for melk (2012), ”å tilpasse melkeproduksjonen til avsetningsmulighetene i markedet”. I dag er det mulig å kjøpe og selge kvoter bøndene i mellom, men 20 prosent av kvoten må selges til staten til en fastsatt

¹ I 2014 var 3,8 prosent av alle norske melkekyr i økologisk drift (Knutsen, 2015).

pris (Forskrift om kvoteordningen for melk, 2012, §8). Kjøp og salg av kvoter har medført lavere kvotefylling, siden noen produsenter kjøper store kvoter, for så å bruke noen år på å bygge opp produksjonen (Gjølberg et al., 2007).

2.3 Et regulert marked

Norge har i dag markedsregulering av jordbruksvarer. Bakgrunnen for reguleringen er å sikre en stabil forsyning av varer til en tilnærmet lik pris i alle markeder, samtidig som bøndene sikres en stabil avsetning etter jordbruksavtalens bestemmelser (Landbruksdirektoratet, 2016a). Markedsregulatoren for melk er Tine, mens for kjøtt er den Nortura. Både Tine og Nortura er samvirkeforetak som er eid av bøndene. I henhold til forskrift om markedsregulering av jordbruksvarer (2008), § 4, har markedsregulatoren forsyningsplikt. Dette innebærer å ”sikre forsyninger til alle forbruksområder til noenlunde ens priser, og gi uavhengige aktører lik tilgang til råvarer til like vilkår”. Samme forskrift fastslår i § 5 at markedsregulatoren også har mottaksplikt og ”skal sikre alle primærprodusenter avsetning for sin produksjon, til de vilkår som gjelder på det aktuelle mottaksanlegg på det tidspunkt leveransen finner sted, til samme priser og leveransevilkår som for egne leverandører” (Forskrift om markedsregulering av jordbruksvarer, 2008).

2.4 Ressursbruk

Norge er et jordbruksland hvor de naturgitte forholdene varierer mye mellom regionene. Denne variasjonen påvirker ressursbruken i melk- og kjøttproduksjonen. Arealet en bonde eier, eller leier, og avlingen på dette området er en viktig ressurs i produksjonen av melk og kjøtt. Dette er spesielt viktig i Norge, som er et land med høy andel av grovfôr i fôrrasjonen til storfe (Hansen & Jervell, 2014). I tillegg til jorda trenger bonden realkapital for å drive gården. Som nevnt tidligere er produksjonen kapitalintensiv. Det må investeres i melkekvote, maskiner, bygninger, etc. I tillegg kommer det stadig ny teknologi, for eksempel melkerobot, som gjør at bonden må vurdere lønnsomheten ved ulike investeringer på lang sikt. Disse avveiningene, sammen med mange mindre økonomiske avgjørelser en bonde må ta daglig, stiller store krav til humankapitalen. Arbeidskraft er derfor fortsatt en fundamental ressurs i landbruket, både med tanke på fysisk innsats og kompetanse. En siste, men kanskje en av de viktigste ressursene i produksjonen, er husdyrene og hvor godt genmaterialet de har (Knutsen, 2015).

3 Relevant litteratur

3.1 Effektivitet

Det finnes to ulike perspektiver på effektivitet: innsatsfaktororienteringen og outputorienteringen. Førstnevnte er relatert til kostnadsfunksjoner og handler om å minimere kostnaden av innsatsfaktorer som benyttes for å produsere en gitt mengde output (Greene, 2008). Sistnevnte er på tilsvarende vis relatert til produksjonsfunksjoner, hvor målet er å maksimere inntekten av produksjonen gitt de innsatsfaktorene som er tilgjengelig (Greene, 2008). Videre deles hver av de to orienteringene inn i teknisk- og allokerende effektivitet. Koopmans (1951) er den første som definerte teknisk effektivitet, mens Farrell (1957) videreutviklet dette arbeidet ved å introdusere allokerende effektivitet. En oversikt over de ulike definisjonene av effektivitet er vist i tabell 3.

I denne utredningen velger vi å se nærmere på outputorientert effektivitet, det vil si inntektseffektivitet. Altså analyserer vi hvordan melk- og kjøttprodusenter kan få mest mulig inntekt ut av de innsatsfaktorene de har tilgjengelig. På kort sikt er nemlig mange av innsatsfaktorene i landbruket gitt, for eksempel driftsbygning og areal.

Tabell 3: Definisjon av kostnadseffektivitet og inntektseffektivitet (Farrell, 1957; Koopmans 1951)

	Innsatsfaktororientering	Outputorientering
Teknisk effektiv	Minimere bruken av innsatsfaktorer for å produsere en gitt output.	Maksimere output gitt at innsatsfaktorene holdes konstant.
Allokerende effektiv¹	Bruke en optimal kombinasjon av innsatsfaktorer for å minimere kostnaden av å produsere en gitt output.	Produsere en optimal kombinasjon av output for å få mest mulig inntekt ut av en gitt mengde innsatsfaktorer.
Samlet	<i>Kostnadseffektiv</i>	<i>Inntektseffektiv</i>

¹ Definisjonene tar utgangspunkt i antagelsen om at produsenten enten ønsker å minimere kostnadene eller maksimere inntektene i sin produksjon (Coelli, Rao, O'Donnell & Battese, 2005, s. 5).

3.2 Effektivitetsanalyser

Effektivitetsanalyser starter med å estimere en effektivitetsindeks for hver av enhetene. Mange studier stopper der, og analyserer kun selve rangeringen av enhetene. Vi går imidlertid

videre og studerer det vi mener er vel så interessant, nemlig årsakene til variasjonen i effektiviteten. Vi ønsker å se på hvilke faktorer som kan bidra til å redusere effektiviteten, og hvilke som kan bidra til å øke den.

3.2.1 To velkjente metoder: Dataomhyllingsanalyse og Stokastisk frontanalyse

Det er i hovedsak to alternative tilnærminger til effektivitetsanalyser. Den ene tilnærmingen er ikke-parametrisk og bruker matematisk programmering som metode. Den andre tilnærmingen er parametrisk og benytter økonometriske metoder (Fried, Lovell & Schmidt, 1993). Begge metodene baserer seg på å lage en produksjonsfront som består av henholdsvis virkelige eller estimerte referanseenheter. En referanseenhet er en enhet som er 100 prosent effektiv. Produksjonsfronten beskriver dermed maksimal oppnåelig output gitt den mengden av innsatsfaktorer en produsent har tilgjengelig.

Den ikke-parametriske tilnærmingen kalles Dataomhyllingsanalyse (DEA²) og ble introdusert av Charnes, Cooper & Rhodes (1978). DEA danner en produksjonsfront som består av referanseenheter som "omhyller" de andre produsentene med lavere effektivitet. Dette gjøres ved å løse et lineært programmeringsproblem, som resulterer i at referanseenhetene gir en stykkevis lineær beskrivelse av produksjonsfronten. Referanseenhetene tildeles effektivitetsindeks lik 1. De resterende enhetene som ligger under fronten vil få en lavere effektivitetsindeks jo lenger unna fronten de befinner seg. For en mer omfattende innføring i DEA, se for eksempel Coelli et al. (2005, s. 161-208).

Stokastisk frontanalyse (SFA) er den mest kjente metoden innen den parametriske tilnærmingen. SFA ble presentert av Aigner, Lovell og Schmidt (1977) og Meeusen og Van Den Broeck (1977). Metoden benytter en økonometrisk modell for å estimere en produksjonsfront. Denne fronten består av estimerte referanseenheter, som betyr at det ikke nødvendigvis er virkelige produsenter som ligger på fronten. Dette resulterer i at de mest effektive produsentene i utvalget kan få effektivitetsindeks lavere enn 1. Metoden kjennetegnes ved at feilleddet i den økonometriske modellen deles inn i to komponenter. Den ene komponenten fanger opp støy, som er alt utenfor produsentens kontroll. Den andre komponenten fanger opp ineffektiviteten. For en mer detaljert introduksjon til SFA se delkapittel 3.2.2.

² På engelsk Data Envelopment Analysis.

En fordel med SFA er som nevnt at metoden tar hensyn til støy. Ved bruk av DEA vil støy i motsetning påvirke effektivitetsindeksen til enhetene, og dermed rangeringen. En annen fordel med SFA er at det er mulig å benytte hypotesetesting, da den baseres på økonometriske metoder. En ulempe med SFA er at metoden krever en antagelse av formen til produksjonsfronten. Videre krever noen SFA-modeller en antagelse om fordelingen til ineffektiviteten. Ved bruk av DEA unngår en disse antagelsene.

Det er gjort flere empiriske studier som sammenligner DEA og SFA. Mange studier kommer frem til at det er en høy grad av korrelasjon mellom de estimerte effektivitetsindeksene ved de to metodene (se for eksempel Cullinane, Wang, Song & Ji, 2006; Førsum, 1992; Reinhard, Lovell & Thijssen, 2000). Coelli (1995) hevder imidlertid at SFA generelt er å foretrekke ved effektivitetsanalyser av landbruket, fordi mye støy i data kan være en utfordring. Likevel er nok valget ofte basert på hvilken metode forskere foretrekker. Vi ønsker å ta hensyn til støy, samt dra nytte av hypotesetesting, og velger derfor å benytte SFA.

3.2.2 Stokastisk frontanalyse

Stokastisk frontanalyse (SFA) tar utgangspunkt i en deterministisk produksjonsfront. Denne fronten angir maksimal oppnåelig produksjon ved "normale forhold", gitt de innsatsfaktorene en produsent har tilgjengelig. "Normale forhold" vil si en produksjonsperiode uten hendelser som skjer utenfor produsentens kontroll, for eksempel en periode med gjennomsnittlig værforhold og ingen maskinhavari. Denne deterministiske produksjonsfronten er imidlertid kun et utgangspunkt for SFA-modellen. I tillegg kommer det vi refererer til som støy. Støy vil påvirke maksimal oppnåelig produksjon enten i positiv eller i negativ retning. Produksjonsfronten som inkluderer støy kalles en stokastisk produksjonsfront, derav kommer navnet stokastisk frontanalyse.

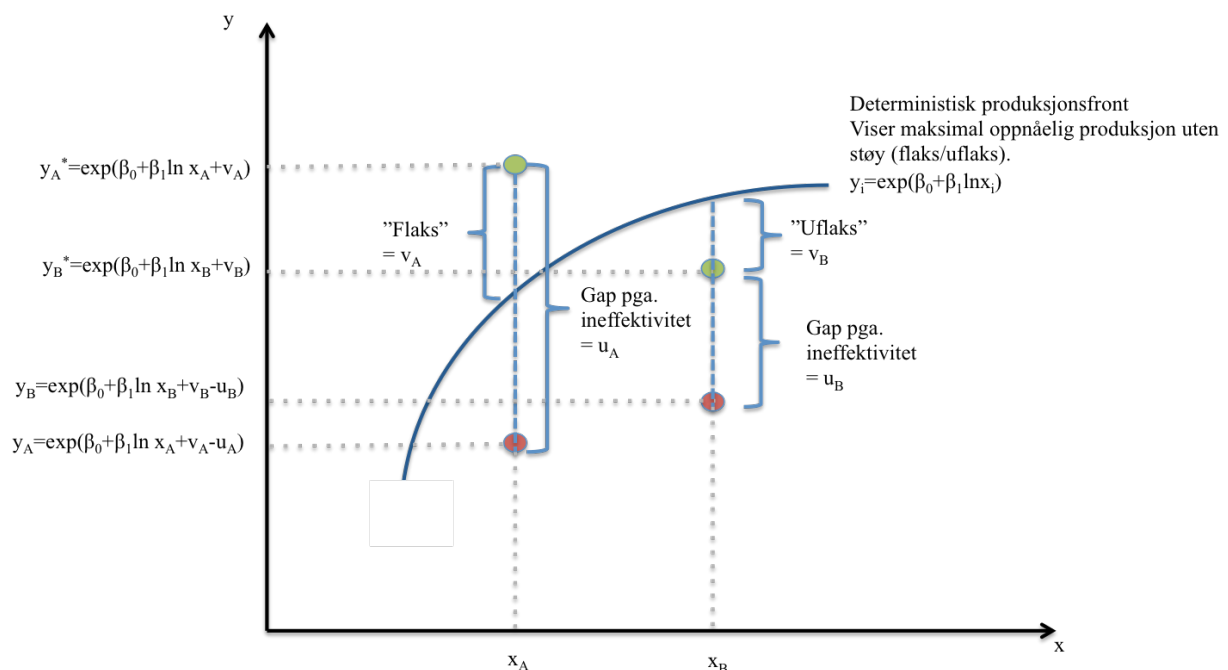
Vi beskriver her en generell SFA-modell som blant annet er presentert i boken til Kumbhakar og Lovell (2000, s. 72-74). Som utgangspunkt for SFA-modellen benytter vi en standard Cobb-Douglas-produksjonsfunksjon til å definere formen til den deterministiske produksjonsfronten. Ligningen for en generell SFA-modell med I produsenter, indeksert med $i=1, \dots, I$ og N innsatsfaktorer, indeksert med $n=1, \dots, N$ er som følger:

$$\ln y_i = \beta_0 + \sum_n \beta_n \ln x_{ni} + (v_i - u_i), \quad (1)$$

hvor y_i representerer produksjonen til produsent i , gitt innsatsfaktorene x_{ni} . Støy og ineffektivitet er henholdsvis representert gjennom feilleddene v_i og u_i . Det antas at v_i og u_i er fordelt uavhengig av hverandre (Kumbhakar & Lovell, 2000, s. 73). v_i kan ta enten positiv eller negativ verdi, mens $u_i \geq 0$. Vi ser da av ligning (1) at støy (v_i) kan påvirke produksjonen i begge retninger, mens økt ineffektivitet (u_i) medfører en lavere produksjon.

For å forklare SFA mer presist presenterer vi et enkelt eksempel i figur 3. I dette eksempelet produseres én output (y) ved bruk av kun én innsatsfaktor (x). Det er to produsenter, A og B, for å eksemplifisere to ulike situasjoner. Produsent A har vært utsatt for positiv støy, for eksempel godt vær, som vi velger å kalle ”flaks”. Produsent B har derimot vært uheldig og blitt utsatt for negativ støy, for eksempel dårlig vær, som vi kaller ”uflaks”. Den deterministiske produksjonsfronten viser hvor mye en 100 prosent effektiv produsent ville produsert dersom vedkommende ikke hadde vært utsatt for støy.

Figur 3: Eksempel på SFA-modell med én output og én innsatsfaktor (basert på Coelli et al., 2005, s. 244).



Produsent A sin faktiske produksjon er y_A . Maksimal oppnåelig produksjon for A er y_A^* , og ligger over produksjonsfronten siden produsenten har hatt flaks ($v_A > 0$) i perioden. Gapet (u_A) mellom faktisk produksjon (y_A) og maksimal oppnåelig produksjon (y_A^*) beskriver

ineffektiviteten til produsent A. Tilsvarende er produsent B sin faktiske produksjon y_B , mens maksimal oppnåelig produksjon er y_B^* . Produsent B har i motsetning til A hatt uflaks ($v_B < 0$) i perioden, som gjør at maksimal oppnåelig produksjon (y_B^*) ligger under produksjonsfronten. På samme måte som for produsent A er ineffektiviteten til produsent B beskrevet av gapet (u_B) mellom maksimal oppnåelig (y_B^*) og faktisk (y_B) produksjon. Av figur 3 ser en at for produsent i vil u_i alltid være større eller lik null, mens v_i kan være både positiv og negativ.

For lettere å vurdere effektiviteten til en produsent opp mot en annen, gis hver enkelt produsent en effektivitetsindeks. Denne er definert som forholdet mellom det produsent i faktisk produserer (y_i) og det vedkommende maksimalt kunne produsert (y_i^*) (Coelli et al., 2005, s. 244). Beregningen av effektivitet er som følger:

$$Effektivitet_i = \frac{y_i}{y_i^*} = \frac{\exp(\beta_0 + \beta_1 \ln x_i + v_i - u_i)}{\exp(\beta_0 + \beta_1 \ln x_i + v_i)} = \exp(-u_i) \quad (2)$$

Alle produsentene får en effektivitetsindeks mellom 0 og 1, ettersom $u_i \geq 0$. Dersom faktisk produksjon er lik maksimal oppnåelig produksjon ($u_i=0$), får produsenten effektivitetsindeks lik 1.

3.2.3 Hvordan forklare ineffektiviteten

Det er interessant å utvide analysen til å finne ut hvorfor noen produsenter er mer effektive enn andre. Ved å studere ulike karakteristika ved produsentene er det mulig å finne individuelle forskjeller som kan forklare deler av gapet mellom faktisk og maksimal oppnåelig produksjon. Ulike karakteristika som kan ha innvirkning på effektiviteten velger vi å kalle *effektivitetsvariabler*. Eksempler på effektivitetsvariabler er kvalitetsindikatorer på innsatsfaktorer og output, eierskapsform, samt variabler som kan beskrive hvor dyktig produsenten er til å ta avgjørelser og til å ha oversikt over produksjonen (Kumbhakar & Lovell, 2000, s. 261).

Individuelle forskjeller mellom produsentene blir ofte omtalt som heterogenitet. Det kan skilles mellom observerbar og uobserverbar heterogenitet. Førstnevnte er observerbar ved at informasjonen finnes i effektivitetsvariablene. Gjennom å analysere variasjonen i ineffektivitet med hensyn til disse variablene kan en si noe om hvordan innsatsfaktorene går

gjennom prosessen til å bli output, og dermed hvor effektivt dette skjer. Uobserverbar heterogenitet er informasjon som påvirker modellen, men som ikke er identifisert. Både observerbar og uobserverbar heterogenitet inngår i ineffektivitetsleddet u_i . Dette gjør at vi ikke kan forklare all variasjon i u_i i vår modell.

Forskere har utviklet ulike måter å ta hensyn til effektivitetsvariabler i SFA. I to-stegs-tilnærmingen presentert av blant annet Kalirajan (1981) estimeres først en effektivitetsindeks med bakgrunn i en SFA-modell som vist i ligning 3.2. I steg to i analysen estimeres forholdet mellom ineffektiviteten og effektivitetsvariablene gjennom en multippel regresjon. I regresjonen er effektivitetsindeksen avhengig variabel og effektivitetsvariablene er uavhengige variabler. Det er flere årsaker til at to-stegs-tilnærmingen ikke lenger er anbefalt. En svakhet som påpekes av Kumbhakar og Lovell (2000, s. 262-266) er at tilnærmingen krever en antagelse om at effektivitetsvariablene ikke er korrelert med innsatsfaktorene. Dersom denne antagelsen ikke holder vil det oppstå et "utelatt variabel-problem" som gir forventningsskjevne estimater i første steg. Videre finner Wang og Schmidt (2002) signifikant forventningsskjevhet i andre steg av analysen både når den overnevnte antagelsen holder og ikke holder. Det er i tillegg et problem at ineffektiviteten til alle produsentene antas å ha den samme sannsynlighetsfordelingen i første steg, mens den i andre steg antas å ha en samvariasjon med effektivitetsvariablene (Kumbhakar & Lovell, 2000, s. 264). Så til tross for at to-stegs-SFA kan være lettere å forstå og utføre, mener vi at disse svakhetene er for store til at denne metoden kan forsvares i dag. Vi velger derfor å benytte ett-stegs-SFA i denne utredningen.

Ved ett-stegs-tilnærmingen estimeres altså ineffektivitet og mulige årsaker til ineffektivitet samtidig. Det er foreslått flere ulike metoder for å gjennomføre en ett-stegs-SFA. Metodene varierer avhengig av hvilken fordeling³ ineffektivitetsleddet (u_i) antas å ha, samt hvordan en ønsker å forklare denne fordelingen ved bruk av effektivitetsvariabler. Effektivitetsvariablene kan påvirke ineffektivitetsleddets fordeling gjennom fordelings varians (σ_u^2), forventning (μ), eller begge deler. Ulike tilnærminger foreslås av blant annet Battese og Coelli (1995); Huang og Liu (1994) og Kumbhakar, Ghosh og McGuckin (1991). Den konkrete ett-stegs-modellen vi benytter i analysen presenteres i delkapittel 4.3.

³ Det må være en fordeling som alltid er positiv, for eksempel halvnormal eller trunkert normalfordeling, siden $u_i \geq 0$.

3.3 Tidligere effektivitetsstudier av landbruket

Vi beskriver i dette delkapittelet den norske studien til Hansen et al. (2005), sammen med noen utenlandske studier som til en viss grad er sammenlignbare med norsk produksjon. Alle studiene vi presenterer ser på hvordan effektivitetsvariabler påvirker ineffektiviteten til produsentene. Etersom DEA benyttes i mange studier gjengir vi også resultater fra relevante studier som bruker denne metoden.

Hansen et al. (2005) analyserer årsaker til ineffektivitet i norsk melk- og kjøttproduksjon med utgangspunkt i et datamateriale fra 2000 og 2001. De benytter en to-steps-metode, hvor DEA gjennomføres for å rangere gårdsbrukene etter effektivitet. Deretter utfører de en multipl regressjon for å forklare variasjonen i effektivitet. De gjennomfører to analyser med to ulike mål på kortsiktig lønnsomhet. Den ene outputvariabelen er dekningsbidrag inkludert alle tilskudd fratrukket faste kostnader. Den andre er dekningsbidrag og inkluderer kun distriktstilskudd av de totale tilskuddene. Som innsatsfaktorer benytter de grovfôrareal, melkekvote og beregnet fjøsplass. På grunn av manglende data inngår ikke arbeid som innsatsfaktor i modellen. Dette nevner de som en svakhet ved analysen. De viktigste effektivitetsvariablene Hansen et al. (2005) finner i sin studie er faste og variable fôrkostnader. Disse er signifikant negativt korrelert med effektivitet. I tillegg finner de at melkeinntekt fratrukket variable fôrkostnader er viktig. Denne er positivt korrelert med effektivitet. Andre effektivitetsvariabler som slakteinntekt fratrukket variable fôrkostnader, kg kjøtt produsert per melkeku, kg energikorrigert melk per ku, avling og prosent levert av melkekvote er også viktige effektivitetsvariabler, og bidrar positivt til effektivitet. Brutto grovfôrkostnader, forbruksartikler og kjøpte livdyr er derimot negativt korrelert med effektivitet.

Hansson (2007b) benytter også en to-steps-DEA for å finne suksessfaktorer i svensk melk- og kjøttproduksjon. Studien ser på tre former for effektivitet: outputorientert, innsatsfaktororientert og profittmaksimerende, som er en kombinasjon av de to første. Med hensyn til relevans for denne utredningen kommenteres kun den outputorienterte effektiviteten. Mengde melk, kjøtt, avling og fôr, samt en sekkepost med andre kostnader benyttes som outputvariabler i analysen. Som innsatsfaktorer bruker hun innkjøpt fôr, arbeidskraft, kapital, energi, frø og gjødsel. Produsentene blir først rangert etter effektivitet ved bruk av DEA. Deretter benytter Hansson (2007b) en logistisk regressjon for å undersøke hvilke faktorer som kan øke sannsynligheten for at en produsent er effektiv.

Effektivitetsvariabler som undersøkes, men som ikke har signifikant innvirkning på effektivitet er: årlig melkemengde per ku, andel proteininnhold i melken, fruktbarhet, og ufrivillige slaktinger i året i forhold til antall kyr. Kun frekvensen av mastitt⁴ i forhold til antall kyr har signifikant innvirkning på effektivitet. En økning i antall tilfeller indikerer en lavere effektivitet.

Lawson, Agger, Lund og Coelli (2004) utfører en ett-steps-SFA av dansk melkeproduksjon. Målet med analysen er å se på sammenhengen mellom outputorientert teknisk effektivitet og behandling av sykdommer, i tillegg til andre styringsfaktorer relatert til besetningen. Som outputvariabel benytter de kg energikorrigert melk levert til meieri. Innsatsfaktorene er arbeid, melkekyr, kraftfôr, grovfôr, variable kostnader og andre kostnader. Lawson et al. (2004) kommer frem til at besetninger med høyere frekvens av melkefeber er mindre teknisk effektive. Noe overraskende blir det motsatte observert for redusert bevegelighet hos dyrene, ketose⁵ og fordøyelsessykdommer. Videre finner de at de mest effektive produksjonsenhetene skifter ut melkekyrne oftere, har lavere alder på kvigene ved første kalving og har et kortere kalvingsintervall.

Allendorf og Wettemann (2015) utfører en effektivitetsstudie basert på et utvalg av 115 melkeprodusenter i Nordrhein Westfalen i Tyskland over tidsperioden 2007 til 2012. De benytter DEA for å gi produsentene en effektivitetsindeks, og deretter en regresjon for å forklare deler av ineffektiviteten ved bruk av effektivitetsvariabler for dyrevelferd. Totale inntekter fra melk, slakt og salg av livdyr er outputvariabel, mens innsatsfaktorene er arbeid, grovfôr, kraftfôr, avskrivninger og andre kostnader. De finner at en høyere andel utrangerte/døde kyr, høyere utskiftningsrate av melkekyr og lengre kalvingsintervall har negativ marginaleffekt på teknisk effektivitet. Lavere alder ved første kalving, økt kg energikorrigert melk per ku og høyere celletall i melken er i motsetning positivt korrelert med effektivitet.

Flere effektivitetsstudier er referert til i diskusjonen av resultatene.

⁴ Mastitt er jurbetennelse.

⁵ Ketose er stoffskiftesykdom hos melkekyr.

4 Data og empirisk modell

4.1 Datagrunnlag

For å analysere hvilke faktorer som påvirker inntektseffektiviteten til norske melk- og storfekjøttprodusenter trenger vi et datamateriale som gir informasjon om verdier på output, innsatsfaktorer og mulige effektivitetsvariabler. I arbeidet med denne utredningen benytter vi produsenters regnskaps- og produksjonsdata, registrert i henholdsvis Tines Effektivitetskontroll og Husdyrkontroll. Tine mottar 95 prosent av melken som produseres i Norge, og deres gruppe av melkeprodusenter er derfor representativ for den norske produksjonen. Det er imidlertid ikke alle produsentene som benytter styringsverktøyene Tine tilbyr. Av de 9714 produsentene som leverte melk til Tine i 2013 (Tine SA, 2014) er det i samme år registrert regnskaps- og produksjonsdata for 1161 produsenter. Tilsvarende er det registrert data for 1298 produsenter i 2012. Mange av disse produsentene har registrert data i begge år. Datamaterialet inkluderer både store og små produksjonenheter fra hele landet. Likevel er gjennomsnittsbruket i Tines Effektivitetskontroll noe større enn landsgjennomsnittet (Tine Rådgiving, 2014b).

Vi foretar en grundig gjennomgang av datamaterialet før analysen utføres. Et av kriteriene for utvalget som skal analyseres er at produsentene har registrert arbeidstimer i begge år. Manglende arbeidstimerregistrering er hovedårsaken til en kraftig reduksjon i antall observasjoner. Som følge av dette kriteriet reduseres utvalget til 268 produsenter. Videre er et krav til utvalget at produsentene skal ha registrert antall dyr i begge år. Dette fører til at utvalget reduseres til 237 produsenter. I tillegg slettes observasjoner hvor størrelsesforholdet mellom variabler er åpenbart urimelig. Vi vurderer endringer i variabler fra ett år til neste og produsenter med åpenbare feilregistreringer slettes, samt de som ser ut til å være i en større endringsfase. Noen produsenter mangler registrering av enkelte effektivitetsvariabler. Da disse ellers er gjennomsnittlige produsenter erstatter vi manglende verdier med utvalgets gjennomsnitt. Det endelige utvalget består av 212 melk- og kjøttprodusenter med registrerte data over to år.

Produsentene i vårt utvalg har 3 prosent av melkekvotene til Tine, men de utgjør kun 2 prosent av det totale antallet produsenter som leverer melk til Tine. I gjennomsnitt er det 20 kyr på norske melkegårder (Tine SA, 2013), mens utvalget vårt har i snitt 31 kyr per gårdsbruk. De overnevnte observasjonene bekrefter at utvalget består av flere store

produksjonsenheter enn landsgjennomsnittet. Vi finner imidlertid at gjennomsnittsstørrelsen i vårt utvalg er nokså likt gjennomsnittsstørrelsen i datamaterialet før vi slettet observasjoner. Det endelige utvalget er derfor representativt for de produsentene som registrerer seg i Tines Husdyrkontroll og Effektivitetskontroll.

Utvalget består av 212 produsenter fra store deler landet (se tabell 4), men det er definitivt flest produsenter i distriktssone for melk B, etterfulgt av C, D, E og G. I sone A, F, I og J er det noen få produsenter, mens i sone H har vi dessverre ingen observasjoner.

Tabell 4: Oversikt over antall produsenter i de ulike distriktssonene for melk.

Distriktssone for melk	A	B	C	D	E	F	H	G	I	J
Antall produsenter	1	79	45	34	27	7	0	15	2	2

4.2 Valg av variabler

4.2.1 Outputvariabel

Basert på datamaterialet vi har tilgjengelig ønsker vi en outputvariabel som best reflekterer den verdien som skapes i produksjonen. Vi benytter derfor *totale inntekter* fra melk- og storfekjøttproduksjon som outputvariabel i modellen. Den sammensatte outputvariabelen tar hensyn til at de fleste melkeprodusentene i Norge også produserer storfekjøtt, og derfor benytter deler av innsatsfaktorene sine på denne produksjonen.⁶ Deskriptiv statistikk av totale inntekter er presentert i tabell 5. Vårt valg av outputvariabel støttes blant annet av Kompas og Che (2006); Allendorf og Wettemann (2015); Battese og Coelli (1995), som også benytter totale inntekter som output i deres effektivitetsstudier. I tillegg fremhever Hansson (2010) fordelene ved å bruke inntekt som outputvariabel når produktprisen er avhengig av kvaliteten, som for eksempel melkekvalitet i vårt tilfelle. Dette støttes igjen av Coelli et al. (2005, s. 139-141) som understreker viktigheten av at kvalitetsforskjeller blir tatt hensyn til i outputvariabelen. I tillegg til rene produksjonsinntekter inneholder totale inntekter alle tilskuddene produsenten får fra staten. Disse utgjør en betydelig andel av bondens inntekt,⁷ og et mål for bonden bør derfor også være å tilpasse seg disse ordningene optimalt. Denne

⁶ I vårt utvalg utgjør slakteinntekt i gjennomsnitt 15 prosent av totale inntekter.

⁷ I vårt utvalg utgjør tilskudd fra staten i gjennomsnitt 28 prosent av totale inntekter.

utredningen er en analyse av bøndernes inntektseffektivitet gitt dagens ordninger, og vil derfor ikke vurdere hvor godt disse tilskuddsordningene fungerer. I tillegg til produksjonsinntekter og tilskudd inneholder outputvariabelen erstatninger og andre inntekter relatert til produksjonen.

4.2.2 Innsatsfaktorer

Innsatsfaktorene i modellen skal på best mulig vis reflektere de ressursene som er nødvendig i produksjonen av melk og kjøtt. Som utgangspunkt benytter vi Coelli et al. (2005, s. 141-153) sin teori om innsatsfaktorer som bør inngå i effektivitetsanalyser. Disse er arbeidskraft, realkapital, materialer, innleide ressurser og energi. Arbeidskraft og realkapital er de viktigste innsatsfaktorene (Coelli, et al., 2005, s. 142). Deskriptiv statistikk for de innsatsfaktorene vi bruker i vår modell er beskrevet i tabell 5.

Tabell 5: Deskriptiv statistikk av outputvariabel og innsatsfaktorer.

Variabel	Enhet	Gjennomsnitt	Standardavvik	Minimum	Maximum
Totale inntekter¹	NOK	1 996 459	1 074 887	447 122	7 215 143
Arbeidstimer	Timer per år	3 242	1 114	1 166	8 683
Fjøs plass	Forholdstall	55,4	32,4	10,6	197,4
Grovfôrareal	Daa	373	237	96	1906
Melkekvote	Liter	234 949	144 183	43 910	773 000
Variable kostnader¹	NOK	660 928	374 753	110 427	2 283 010

¹ Ettersom tidsperioden som analyseres kun går over 2 år er ikke kroneverdiene i modellen inflasjonsjustert, da det ikke vil ha stor innvirkning på resultatene.

En anbefalt beregning av arbeidskraft er totale antall *arbeidstimer* i produksjonen (Coelli, et al., 2005, s. 142), og vi velger derfor å benytte denne beregningen for innsatsfaktoren. Totale antall arbeidstimer inkluderer både familiens arbeidstimer og antall timer innleid arbeidskraft. Denne variabelen dekker derfor også en del av de innleide ressursene i produksjonen. En tilsvarende beregning av arbeidskraft brukes i de fleste andre effektivitetsstudier av landbruket (se for eksempel Battese & Coelli, 1995; Hansson, 2007b).

Beregningen av realkapital er utfordrende da innsatsfaktoren består av eiendeler som er til varig eie og bruk, og som det er vanskelig å sette en verdi på. Eiendeler i landbruket er typisk fjøs, jord, maskiner og annet produksjonsutstyr. Ved beregning av realkapital er målet å trekke ut den totale verdien som eiendelene tilfører produksjonsprosessen i løpet av en periode. Etersom vi ikke har nok tilgjengelig informasjon om kapitalkostnader i produksjonen, som blant annet avskrivninger og vedlikehold, benytter vi en alternativ metode presentert av Coelli et al. (2005, s. 149-150). Denne metoden innebærer å benytte proxyer på realkapital, som betyr at observerbare karakteristika representerer manglende informasjon. Etersom flere effektivitetsstudier i landbruket benytter fulldyrket areal og fjøsplass/dyretall som proxyer på realkapital gjør vi tilsvarende i denne utredningen (se for eksempel Cuesta, 2000; Hansen, et al., 2005).

Som proxy på realkapital benytter vi *fjøsplass*, *grovfôrareal* og *melkekvote*.⁸ Variabelen fjøsplass er beregnet med utgangspunkt i arealkravet til en melkeku (Mattilsynet, 2010). Arealkravet settes lik 1, og okser, kviger og kalver tildeles en vekt i forhold til melkekuas arealkrav. Dyretallet beregnes ved å ta gjennomsnittet av antall dyr ved inngangen og utgangen av året. Fjøsplass representerer dermed det totale arealkravet til storfebestanden på gårdsbruket.⁹ Proxyen grovfôrareal (målt i daa) inkluderer beiteareal og fulldyrket areal som er tilgjengelig og er normert i den forstand at alt beiteareal er omregnet til fulldyrket areal. I denne variabelen inngår både produsentens eget grovfôrareal og innleid areal. Det samme gjelder for innsatsfaktoren melkekvote som inkluderer innleid kvote. Altså tar vi hensyn til en stor andel av de innleide ressursene i produksjonen. Melkekvoten måles i liter og er en vesentlig innsatsfaktor, ettersom kvoten er en viktig del av realkapitalen i produksjonen. Kvoten bestemmer i praksis hvor mye melk en bonde kan produsere i løpet av et år, på lik linje som annen realkapital. Andre effektivitetsanalyser som utføres i land hvor melkeleveranse er kvoteregulert, inkluderer også melkekvote som innsatsfaktor (se for eksempel Areal, Tiffin & Balcombe, 2012; Hansen, et al., 2005; Kelly et al., 2013).

Videre bør som nevnt materialer inngå som innsatsfaktor i en SFA-modell. Materialer er en spesielt viktig innsatsfaktor i landbruket, da denne står for en stor andel av produksjonens totale kostnader (Coelli, et al., 2005, s. 152). For å ta hensyn til materialer som benyttes i

⁸ Maskinkostnader er også en viktig del av realkapitalen i melk og kjøttproduksjon, men denne er imidlertid ikke inkludert i modellen. Se diskusjon side 36.

⁹ Variabelen fjøsplass fanger opp fjøsarealet som er i bruk og ikke faktisk fjøskapasitet.

produksjonen av melk og kjøtt inkluderer vi *variable kostnader* som en innsatsfaktor. Variable kostnader består av blant annet kostnader tilknyttet innkjøp av kraftfôr, gjødsel, frø og forbruksartikler, samt innleide tjenester som veterinær og inseminasjon.¹⁰

4.2.3 Effektivitetsvariabler

Vi ønsker å forklare inntektseffektiviteten gjennom effektivitetsvariabler som gir en innsikt i produksjonen fra flere ulike perspektiv. Videre er det ønskelig at effektivitetsvariablene er faktorer produsentene har mulighet til å påvirke. I tillegg til numeriske variabler inkluderer vi dummyvariabler som kan si noe om hvordan effektiviteten påvirkes av investeringer og valg på lengre sikt, samt hvor i landet produksjonen finner sted. Valget av effektivitetsvariabler baseres på teori beskrevet i delkapittel 3.2.3. Vi velger derfor kvalitetsindikatorer på innsatsfaktorer og output, eierskapsform og variabler som kan beskrive hvor dyktig produsenten er til å ta avgjørelser, som effektivitetsvariabler i vår analyse (Kumbhakar & Lovell, 2000, s. 261). De aller fleste av effektivitetsvariabler vi velger å studere er tidligere analysert i lignende studier (se delkapittel 3.3). Dette gjør, til en viss grad, at vi kan sammenligne våre resultater med funn fra andre studier. Under følger en beskrivelse av de ulike effektivitetsvariablene vi benytter, og deskriptiv statistikk for disse variablene er beskrevet i tabell 6.

Variabelen *alder første kalving* angir gjennomsnittlig antall måneder ei kvige er når hun får sin første kalv, og den er en faktor produsenten enkelt kan påvirke. Videre er fruktbarhetsstatus, *FS-tall*, et kjent mål på fruktbarheten i besetningen for norske produsenter, og er derfor interessant å inkludere i analysen. Gjennomsnittet i landet ligger på ca. 60, og et FS-tall lavere enn 35 tyder på at produksjonsenheten har problemer med fruktbarheten (Geno, 2014). I tillegg til FS-tallet kan også *inseminasjonskostnader* fortelle noe om fruktbarheten i besetningen, samt hvor observant bonden er på brunst blant kviger og kyr. Inseminasjonskostnader er beregnet i kroner per liter melk og er dermed korrigert for størrelsen på produksjonen.

¹⁰ Drivstoff og elektrisitet kunne også vært aktuelle innsatsfaktorer dersom data var tilgjengelig. Mye av variasjonen i disse variablene er i midlertid fanget opp av de allerede definerte innsatsfaktorene.

Tabell 6: Deskriptiv statistikk av effektivitetsvariabler.

Effektivitetsvariabler	Enhet	Gjennomsnitt	Standardavvik	Min.	Max.
Alder første kalving	mnd	25,8	2,1	20,8	42,9
FS-tall	-	64	25	0	149
Inseminasjonskostnader	kr/l	0,14	0,04	0,01	0,30
Prosent levert av kvote	%	93,8	10,6	39,1	124,9
Kg EKM per årsku	kg	7 750	880	5084	10 006
Kvalitetstillegg	kr/l	0,60	0,14	0,19	1,01
Kg kjøtt per årsku	kg	259	123	21	935
Avling	FEm/daa	397	140	120	903
Andel kraftfôr av totalt fôrforbruk	-	0,41	0,07	0,17	0,63
Veterinærkostnader	kr/l	0,13	0,06	0,01	0,37
Kalvebehandlinger	Std.	0,37	3,31	-2,84	18,35
Kalvedød	Std.	0,42	1,86	-2,56	10,60
Rådgivningskostnader	kr/l	0,04	0,03	0	0,25
Dummyvariabler		Antall produsenter (andel)			
Melkerobot før 2012		36 (0,17)			
Installert melkerobot		19 (0,09)			
Økologisk produksjon		20 (0,09)			
Samdrift		46 (0,22)			
Distriktssone melk					
- A og B		80 (0,38)			
- C		45 (0,21)			
- D		34 (0,16)			
- E		27 (0,13)			
- F, G, I og J		26 (0,12)			

Hvor godt innsatsfaktoren melkekvote blir utnyttet reflekteres i variabelen *prosent levert av kvote*. Denne variabelen kan dermed si noe om hvor god oversikt produsenten har over besetningen og produksjonen gjennom året. Som et mål på melkeytelse benytter vi *kg EKM*

per årsku.¹¹ Variabelen inkluderer meierileveranse, kalvemelk og hjemmeforbruk. Ved å benytte EKM blir melkemengden standardisert til samme innhold av protein og fett. Liter melk per årsku er en vanlig effektivitetsvariabel i studier av landbruket (se for eksempel Hansson, 2007b). At vi benytter EKM i vår studie gjør imidlertid sammenligningen av produksjoner med ulikt energiinnhold i melken mer korrekt.

Kvalitetstillegg er et mål på hvor bra melk bonden leverer, og er dermed en kvalitetsindikator på output i produksjonen. Kvalitetstillegg gis som en sats per liter melk levert til meieri. Tillegget avhenger blant annet av mengden protein og fett i melken, samt celletall, frie fettsyrer og bakterier.

Kg kjøtt per årsku tas med som en effektivitetsvariabel for å studere hvordan forholdet mellom kjøttproduksjonen og melkeproduksjonen påvirker effektiviteten. Vi velger å bruke den totale produksjonen av kjøtt i besetningen. Denne beregnes som totalvekten til besetningen på slutten av året fratrukket totalvekten ved inngangen av året. I tillegg tar den hensyn til dyr som er slaktet, mistet eller solgt/kjøpt, slik at den omfatter hele kjøttproduksjonen og ikke bare det som er slaktet i det aktuelle året.

Variabelen *avling* er målt i antall føreheter melk (FEm)¹² per daa, og vil på grunn av klima og ulikt jordsmonn variere med hvor i landet gårdsbruket ligger. Denne variabelen er dermed en viktig kvalitetsindikator på innsatsfaktoren grovfôrareal. I vår studie velger vi i tillegg å teste *andel kraftfôr av totalt fôrforbruk* som effektivitetsvariabel. Valg av kraftfôrandel er en beslutning produsenten selv tar, men en bonde med gode dyrkingsforhold bruker gjerne mer grovfôr på grunn av høyere avling og bedre kvalitet.

For å studere hvordan besetningens helse påvirker effektiviteten inkluderer vi to variabler for kalvehelse. Den ene er *kalvedød* og den andre er antall *kalvebehandlinger* som følge av sykdom. Variablene oppgis som standardavvik og tar derfor hensyn til størrelsen på besetningen. Dersom variabelen er over 2 har gårdsbruket flere behandlinger eller dødsfall blant kalver enn forventet. Dersom den er lavere enn -2 er tilfellene færre enn forventet. Vi velger også å analysere besetningens helse ved å studere hvorvidt *veterinærkostnader* har en

¹¹ EKM per årsku står for energikorrigert melk per ku med 365 fôrdager.

¹² En førehet melk (FEm) er et mål på førets nyttbare energi, og er definert som 6900 kJ NE, tilsvarende verdien av 1 kg standard bygg til melkeproduksjon (Store norsk leksikon, 2015).

innvirkning på effektiviteten. For å ta hensyn til at gårdsbruk har ulik størrelse er variabelen målt i veterinærkostnader per liter melk levert.

Tine tilbyr rådgivningstjenester for å dele erfaringer og gi informasjon om god praksis i produksjonen av melk og kjøtt. Det er interessant å studere om produsenter som benytter disse tjenestene er mer effektive enn andre produsenter. Vi velger derfor å inkludere *rådgivningskostnader* som en effektivitetsvariabel i vår studie. Denne er også målt i kostnader per liter melk levert.

Som det fremkommer av delkapittel 2.1 har det de senere årene vært en betydelig utvikling i melk- og kjøttproduksjonen i Norge. For å vurdere noe av denne utviklingens innvirkning på effektivitet, velger vi å inkludere dummyvariabler som beskriver om produksjonen drives *økologisk*, eierskapsformen er *samdrift* og om produsenten har installert *melkerobot før 2012*. I tillegg benytter vi en dummyvariabel for om produsenten har *installert melkerobot i løpet av 2012 eller 2013*. Dette gjør vi for å undersøke om installering av melkerobot påvirker produksjonen i en periode før og etter installasjonen. På grunn av få observasjoner og stor variasjon i når på året melkeroboten er installert, velger vi å benytte én dummyvariabel som inkluderer alle produsenter som installerte robot i 2012 eller 2013.

Distriktsoner for melk inkluderes også som dummyvariabler i SFA-modellen. Disse sonene representerer ulike geografiske områder og er rangert fra A til J, hvor A har best naturgitte forutsetninger for melkeproduksjon. Ved å inkludere disse kan vi se om det er forskjeller i inntektseffektivitet, avhengig av hvor produksjonen finner sted. Gruppen av produsenter fra sone F, G, I og J er referansegruppe i modellen. Sone A og B er slått sammen da det er få observasjoner i sone A og de to sonene har relativt like forutsetninger for produksjon.

4.3 Empirisk modell

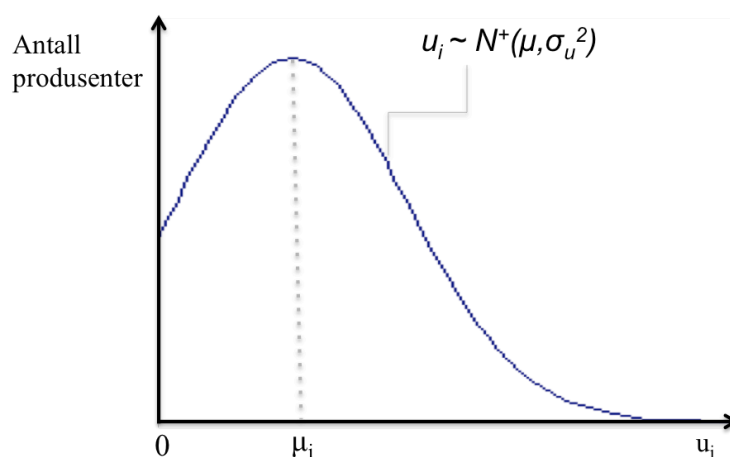
Ettersom hver produsent i vårt utvalg er observert både i 2012 og 2013 utgjør datamaterialet et balansert paneldatasett. Det er flere fordeler ved å benytte paneldatametoder i SFA sammenlignet med metoder for tverrsnittsdata, hvor produsentene kun er observert i én tidsperiode. Den viktigste fordel er at paneldata gir muligheten til å kontrollere for uobserverbar heterogenitet (Schmidt & Sickles, 1984). En annen fordel ved paneldata er at flere observasjoner av hver produsent gir mer informasjon, og dermed mer presise estimater. I

tillegg vil estimatene være konsistente når $T \rightarrow \infty$ i en SFA-modell, som ikke er tilfelle ved bruk av tverrsnittsmetoder (Schmidt & Sickles, 1984).

Vi antar at inntektseffektiviteten til hver enkelt produsent er konstant over tid. Dette er en rimelig antagelse ettersom panelet går kun over to år. Ved tidskonstant effektivitet er det mulig å benytte de to metodene Fixed Effects (FE) og Random Effects (RE) (Kumbhakar, Wang & Horncastle, 2015, s. 243). Dersom en RE-modell benyttes kan modellen estimeres ved bruk av Maximum Likelihood Estimation (MLE). En fordel ved å estimere en RE-modell ved MLE er at vi kan anta fordelingen av ineffektiviteten, og dermed forklare denne gjennom effektivitetsvariabler. Dette gjør at vi kan gjennomføre effektivitetsanalysen i ett steg. Ved bruk av FE har vi derimot ikke denne muligheten, og en effektivitetsanalyse må derfor utføres i to steg. På bakgrunn av tidligere kritikk av to-stegs-tilnærmingen (se delkapittel 3.2.3) velger vi å benytte en RE-modell.¹³

SFA-modellen vi benytter presenteres i boken Stochastic Frontiers Analysis Using Stata (Kumbhakar, et al., 2015, s. 246-250). Vi antar at ineffektiviteten (u_i) er trunkert normalfordelt fra 0 og nedover, som figur 4 illustrerer, med forventningen μ og varians σ_u^2 .¹⁴ Denne fordeling sikrer at ineffektivitetsleddet $u_i \geq 0$.

Figur 4: Trunkert normalfordeling med forventet verdi μ og varians σ_u^2 .



¹³ En Hausman-test som sammenligner FE- og RE-modellen viser at RE-estimatene er konsistente, og dermed vil RE-modellen gi mer effisiente estimater.

¹⁴ Studier viser at hvilken fordeling ineffektiviteten antas å ha ikke har stor betydning for effektivitetsrangeringen av produsentene (Kumbhakar & Lovell, 2000, s. 90). Trunkert normalfordelingen ble først brukt på paneldata i SFA av Kumbhakar (1987) og Battese og Coelli (1988).

Videre antar vi at formen på produksjonsfronten følger en standard Cobb-Douglas produksjonsfunksjon.¹⁵ I modellen inkluderer vi også en tidsdummy, $\text{år}2013$, for å fange opp endringer fra ett år til neste som påvirker alle produsentene likt. Vår SFA-modell er da definert som følger, med 212 produsenter indeksert med $i=1, \dots, 212$ og to tidsperioder indeksert med $t=1, 2$:

$$\begin{aligned} \ln(\text{totale inntekter}_{it}) = & \beta_0 + \beta_1 \ln(\text{arbeidstimer}_{it}) + \beta_2 \ln(\text{melkekvote}_{it}) \\ & + \beta_3 \ln(\text{fjøs plass}_{it}) + \beta_4 \ln(\text{grovfôrareal}_{it}) + \beta_5 \ln(\text{variable kostnader}_{it}) \\ & + \delta \text{år}2013 + (v_{it} - u_i), \end{aligned} \quad (3)$$

hvor feilleddet består av to komponenter, et tilfeldig støyledd $v_{it} \sim N(0, \sigma_v^2)$ og et individspesifikt ineffektivitetsledd $u_i \sim N^+(\mu, \sigma_u^2)$. Forventningen til ineffektivitetens fordeling (μ) antas å være en funksjon av produsentspesifikke effektivitetsvariabler, z_m , (tidligere listet i tabell 6) indeksert $m=1, \dots, 22$ og en vektor av ukjente koeffisienter, γ_m :

$$\mu = \gamma_0 + \sum_{m=1}^M \gamma_m z_m \quad (4)$$

Ved MLE er målet å maksimere verdien til modellens log-likelihood-funksjon. Utledningen av log-likelihood-funksjonen for hver produsent i presenterer Pitt og Lee (1981) i vedlegg A i sin artikkel, men vi nøyer oss med resultatet her:

$$\begin{aligned} \ln L_i = & \text{konstant} + \ln \Phi\left(\frac{\mu_{i*}}{\sigma_*}\right) + \frac{1}{2} \ln(\sigma_*^2) - \frac{1}{2} \left\{ \frac{\sum_t \epsilon_{it}^2}{\sigma_v^2} + \left(\frac{\mu}{\sigma_u}\right)^2 - \left(\frac{\mu_{i*}}{\sigma_*}\right)^2 \right\} \\ & - T \ln(\sigma_v) - \ln(\sigma_u) - \ln \Phi\left(\frac{\mu}{\sigma_u}\right), \end{aligned} \quad (5)$$

hvor Φ er sannsynlighetsfordelingen til en standard-normalfordelt variabel, og

$$\mu_{i*} = \frac{\mu \sigma_v^2 - \sigma_u^2 \sum_t \epsilon_{it}}{\sigma_v^2 + T \sigma_u^2} \quad (6)$$

¹⁵ Det finnes alternative produksjonsfunksjoner (f.eks. translog), men SFA-litteraturen gir bred støtte til at Cobb-Douglas gir et godt bilde av produksjonen i landbruket (se for eksempel Battese & Coelli, 1995; Pitt & Lee, 1981).

$$\sigma_*^2 = \frac{\sigma_v^2 \sigma_u^2}{\sigma_v^2 + T \sigma_u^2} \quad (7)$$

Modellens log-likelihood-funksjon får vi ved å summere $\ln L_i$ i ligning (5) over alle produsenter i . Ved å maksimere denne funksjonen får vi ML-estimatene av $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_5, \delta, \gamma_1, \dots, \gamma_m, \sigma_u^2$ og σ_v^2 . Dette utføres ved bruk av kommandoen *ml max* i den statistiske programvaren Stata. Det må presiseres i Stata at dette er en SFA-modell, ved samtidig å benytte kommandoen *sfran* laget av Kumbhakar, et. al (2015, s. 342). Etter å ha utelatt effektivitetsvariabler som ikke blir signifikante i modellen, benytter vi en BIC-test for å vurdere om de resterende effektivitetsvariablene bør inkluderes i modellen eller ikke. BIC-testen sammenligner log-likelihood-verdien til modellen med og uten en effektivitetsvariabel vi ønsker å teste, samtidig som den tar hensyn til antall parametere som må estimeres. Modellen med lavest BIC-verdi er å foretrekke.¹⁶

Etter modellen er estimert benytter vi JLMS (Kumbhakar, 1987) for å estimere den produsentspesifikke ineffektiviteten:

$$E(u_i | \epsilon_i) = \mu_{i*} + \sigma_* \left[\frac{\phi\left(-\frac{\mu_{i*}}{\sigma_*}\right)}{1 - \Phi\left(-\frac{\mu_{i*}}{\sigma_*}\right)} \right], \quad (8)$$

hvor μ_{i*} og σ_*^2 er definert som i ligning (6) og (7), mens Φ er sannsynlighetsfordelingen og ϕ er tetthetsfunksjonen til en standard-normalfordelt variabel.

For å gi hver produsent en effektivitetsindeks setter vi den estimerte verdien av u_i fra ligning (8) inn i ligning (2) fra delkapittel 3.2.2:

$$\text{Inntektseffektivitet}_i = e^{-E(u_i | \epsilon_i)} \quad (9)$$

Modellen vi benytter har en log-log-form (se ligning (3)). De estimerte koeffisientene til innsatsfaktorene (β_1, \dots, β_5) tolkes derfor som elastisiteter. Det vil si at β_1, \dots, β_5 representerer prosentvis endring i totale inntekter som følge av én prosent økning i den tilhørende innsatsfaktoren. Videre kan skalautbytte i produksjonen beregnes ved å summere de estimerte koeffisientene til innsatsfaktorene. Skalautbytte er prosentvis økning i totale inntekter som

¹⁶ BIC-verdien regnes ut fra følgende formel: $BIC = -2 * \ln(L) - k * \ln(N)$, hvor L =log-likelihood-verdi, k =antall parametere som skal estimeres og N =antall observasjoner.

følge av en proporsjonal økning i innsatsfaktorene. Dersom elastisitetene summerer seg til 1 er det konstant skalautbytte i produksjon. Er skalautbytte derimot mindre enn 1 eller større enn 1, er det henholdsvis avtakende eller økende skalautbytte. Koeffisienten (δ) til tidsdummyen, år2013, angir den felles prosentvise endringen i inntekt fra 2012 til 2013 som følge av faktorer som påvirker alle produsentene likt.

De estimerte koeffisientene til effektivitetsvariablene ($\gamma_1, \dots, \gamma_m$) gir ikke marginaeffekten på ineffektiviteten, fordi forholdet mellom ineffektiviteten og effektivitetsvariablene ikke er lineært (Kumbhakar, et al., 2015, s. 72). Størrelsen på koeffisientene til effektivitetsvariablene kan derfor ikke tolkes direkte. Det er dessverre ikke utviklet en metode for å finne marginaeffekten av effektivitetsvariablene ved bruk av paneldata.¹⁷ Løsningen er å fokusere på fortegnet til effektivitetskoeffisientene i SFA-modellen, noe som er vanlig i tilsvarende effektivitetsstudier (se for eksempel Lawson, et al., 2004). Fortegnene gir nyttig informasjon ved at de forteller hvilken retning effektivitetsvariablene påvirker ineffektiviteten til produsentene.

I arbeidet med analysen vurderer vi å inkludere effektivitetsvariabler på kvadrert form. I en vanlig regresjon gir dette muligheten til å estimere optimal verdi på en variabel. Som nevnt er det dessverre ikke mulig å finne marginaeffekter i modellen, og dermed heller ikke optimal verdi for effektivitetsvariablene. I tillegg er det vanskeligere for modellen å konvergere når flere variabler inkluderes, og det er derfor ikke formålstjenlig å ha med kvadrerte ledd i modellen.

For å undersøke sammenhengen mellom størrelsen på effektivitetsvariablene og inntektseffektiviteten benytter vi samme metode som Kompas og Che (2006) og Lien, Størdal og Baardsen (2007). Vi deler produsentene inn tre effektivitetsgrupper, høy, middels og lav, avhengig av deres effektivitetsindeks. For hver av gruppene beregner vi deretter gjennomsnittsverdiene til effektivitetsvariablene. Vi kan dermed utføre statistiske tester for å vurdere om det er signifikante forskjeller i produksjonen til de tre effektivitetsgruppene. Gjennomsnittsverdiene for den mest effektive gruppen anser vi som et mål på ”beste praksis” i næringen.

¹⁷ Forfatteren, Hung-Jen Wang, av kommandoen som vi benytter i Stata ble kontaktet og han bekreftet dette.

5 Presentasjon av resultater

Resultatene av analysen presenteres i tabell 7 og tabell 8. Basert på de estimert resultatene er det tre sentrale observasjoner å merke seg før diskusjonen: outputelastisitetene til innsatsfaktorene i produksjonen, innvirkningen av de utvalgte effektivitetsvariablene på inntektseffektiviteten, og om det finnes signifikante forskjeller mellom grupper av produsenter med ulik effektivitetsindeks.

Tabell 7: Resultater fra den stokastiske frontanalysen.

	Koeffisient ¹	Standardfeil
Innsatsfaktorer²		
ln(arbeidstimer)	0,029 **	0,012
ln(fjøs plass)	0,240 ***	0,028
ln(grovfôrareal)	0,073 ***	0,011
ln(melkekvote)	0,353 ***	0,032
ln(variable kostnader)	0,209 ***	0,022
Effektivitetsvariabler		
Alder første kalving	0,007 ***	0,002
Inseminasjonskostnader	0,256 ***	0,077
Prosent levert av kvote	-0,005 ***	0,001
Kg EKM per årsku (i tusen)	-0,009 *	0,005
Kvalitetstillegg	-0,089 ***	0,026
Kg kjøtt per årsku (i hundre)	-0,026 ***	0,005
Andel kraftfôrforbruk av totalt fôrforbruk	0,158 **	0,062
Melkerobot før 2012	-0,030 ***	0,011
Økologisk produksjon	-0,132 ***	0,011
Distriktssone A, B	0,126 ***	0,011
Distriktssone C	0,102 ***	0,011
Distriktssone D	0,068 ***	0,011
Distriktssone E	0,064 ***	0,012
Variansparametere³		
ln σ_u^2	-7,233 ***	0,263
ln σ_v^2	-6,317 ***	0,100
Log-likelihood-verdi⁴	675,3	
Inntektseffektivitet		
JMLS-estimator ($E(\mathbf{u}_i \epsilon_i)$)	Gjennomsnitt	Minimum
	0,33	0,09
Inntektseffektivitet (e^{-JLMS})	0,72	0,55

¹ *** = 1 %, ** = 5 % og * = 10 % signifikansnivå.

² Modellen inkluderer også en tidsdummy som fanger opp konjunkturer og andre effekter som påvirker produsentene likt. Denne er signifikant større enn 0.

³ Variansparametere tolkes ikke direkte, men benyttes i utregningen av effektiviteten.

⁴ Log-likelihood-verdi og antall parametere benyttes i BIC-tester for å finne optimal modell.

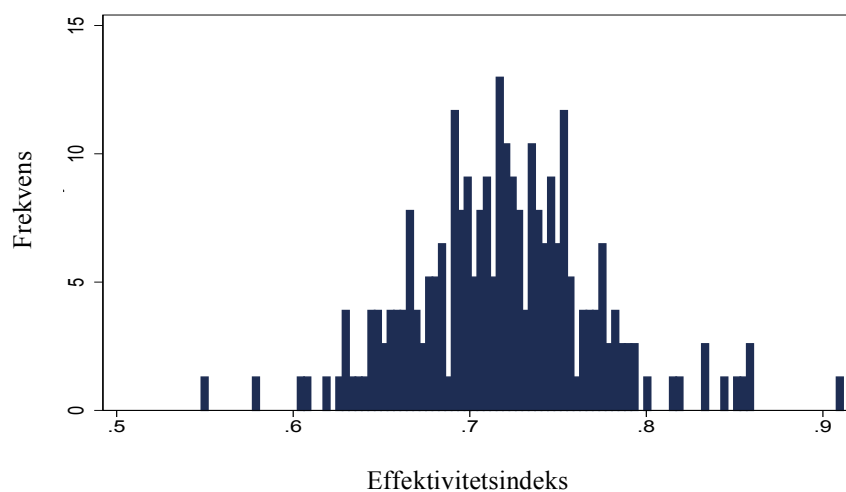
5.1 Resultater fra den stokastiske frontanalysen

Alle outputelastisitetene (koeffisientene) til innsatsfaktorene er signifikant større enn null, som vist i tabell 7. Det vil si at alle innsatsfaktorene er positivt korrelerte med totale inntekter. Beregnet skalautbytte i produksjonen er 0,90.¹⁸ Dette betyr at 1 prosent økning i alle innsatsfaktorene medfører en økning i de totale inntektene på 0,9 prosent. Ved å bruke en ensidig Wald-test kan vi forkaste nullhypotesen om konstant skalautbytte. Dette indikerer at vi har avtakende skalautbytte i produksjonen.

Resultatene fra den stokastiske frontanalysen viser at melkekvote har størst outputelastisitet, etterfulgt av fjøs plass, variable kostnader, grovfôrareal og arbeidstimer. Av alle innsatsfaktorene vil dermed en endring i størrelsen på melkekvote påvirke totale inntekter mest. Vi forsøker også å inkludere maskinkapital tilknyttet grovfôrproduksjon i modellen. Koeffisienten til denne innsatsfaktoren er ikke signifikant forskjellig fra null, og vi utelater derfor maskinkapital fra vår endelige modell.

Som tabell 7 viser er den gjennomsnittlige inntektseffektiviteten i utvalget estimert til 72 prosent. Effektivitetsindeksen til produsentene varierer mellom 56 og 91 prosent (se figur 5). Nesten 5 prosent av produsentene har en lavere effektivitetsindeks enn 64 prosent. Disse har et stort forbedringspotensial. På den andre siden er omtrent 5 prosent av produsentene relativt effektive, med en effektivitetsindeks over 80 prosent.

Figur 5: Fordelingen av inntektseffektivitet i utvalget.



¹⁸ Skalautbytte beregnes ved å summere koeffisientene til innsatsfaktorene.

Effektivitetsvariabler som signifikant påvirker inntektseffektiviteten til produsentene er også presentert i tabell 7. Et negativt fortegn på koeffisienten til en effektivitetsvariabel indikerer at økning i variabelen har positiv innvirkning på effektiviteten (ineffektiviteten reduseres). Økt alder første kalving og økte inseminasjonskostnader påvirker effektiviteten negativt, mens økning i variablene kg EKM per årsku, prosent levert av melkekvote og kvalitetstillegg indikerer høyere effektivitet. Videre ser vi at mer kjøttproduksjon og mindre andel kraftfôr i fôrrasjonen også øker effektiviteten. Resultatene indikerer i tillegg at de produsentene som installerte melkerobot før 2012 er mer effektive enn de som ikke hadde robot ved inngangen til 2012. Tilsvarende er de produsentene som driver økologisk melk- og kjøttproduksjon mer effektive enn de som driver konvensjonell produksjon. Distriktssone F, G, I og J er referansegruppen til dummyvariablene for distriktssone. Fortegnet til dummyvariablene tyder på at produsenter i sone F, G, I og J er de mest inntektseffektive.

Effektivitetsvariabler som ikke har en signifikant innvirkning på effektiviteten utelates fra den endelige modellen. Dette gjelder variablene FS-tall, avling, kalvesykdom, kalvedød, veterinærkostnad, bruk av rådgivningstjenester, installert melkerobot og samdrift.

5.2 Gruppering av produsenter etter effektivitetsindeks

Vi deler utvalget inn i tre effektivitetsgrupper avhengig av produsentenes effektivitetsindeks: lav (lavere enn 68 prosent); middels (68-75 prosent); og høy effektivitet (høyere enn 75 prosent).¹⁹ Dette gir en inndeling på henholdsvis 53, 106 og 53 produsenter i hver gruppe. En oversikt over effektivitetsvariablenes gjennomsnittsverdier for de tre gruppene presenteres i tabell 8.

Estimert gjennomsnittsverdi for meierileveranse i prosent av melkekvote, kg EKM per årsku og kg kjøtt per årsku i besetningen er signifikant høyere for de mest effektive produsentene, sammenlignet med de to mindre effektive gruppene. Tilsvarende er gjennomsnittsalderen for kviger ved første kalving signifikant lavere for produsenter med høy effektivitetsindeks. Videre har gruppen med høy effektivitet i snitt signifikant lavere inseminasjonskostnader sammenlignet med gruppen med lav effektivitet. Gjennomsnittlig andel kraftfôrforbruk av totalt fôrforbruk er imidlertid ikke signifikant forskjellig i de tre gruppene.

¹⁹ Inndelingen er basert på å trekke ut de 25 % mest og de 25 % minst effektive. Bakgrunnen for valget er at vi ønsker at hver gruppe skal inneholde et representativt antall produsenter.

Tabell 8: Effektivitetsvariablenes gjennomsnittsverdier for de tre effektivitetsgruppene.

Effektivitetsvariabler	Enhet	Effektivitetsindeks			Signifikant forskjell ¹		
		Lav (L) < 68 %	Middels (M) 68-75 %	Høy (H) > 75 %	L-M	L-H	M-H
Antall produsenter		53	106	53			
Alder første kalving	Mnd.	26,6	25,7	25,4	***	***	*
Inseminasjonskostnader	Kr/l	0,149	0,145	0,139	-	*	-
Prosent levert av kvote	%	86,3	95,5	97,7	***	***	**
Kg EKM per årsku	Kg	7393,9	7801,6	8002,5	***	***	**
Kvalitetstillegg	Kr/l	0,568	0,608	0,623	***	***	-
Kg kjøtt per årsku	Kg	205,4	261,2	306,3	***	***	***
Andel kraftfôrforbruk av totalt fôrforbruk		0,403	0,409	0,402	-	-	-
Dummyvariabler (0 eller 1)							
Melkerobot før 2012	%	15,1	13,2	26,4	-	***	***
Økologisk produksjon	%	1,9	5,7	24,5	*	***	***
Distriktssone A, B	%	52,8	35,8	26,4	***	***	**
Distriktssone C	%	20,8	26,4	11,3	-	**	***
Distriktssone D	%	11,3	17,9	17,0	*	-	-
Distriktssone E	%	11,3	10,4	18,9	-	*	**
Distriktssone F, G, I, J	%	3,8	9,4	26,4	**	***	***

¹Signifikante forskjeller, *(P<0,10), **(P<0,05) eller ***(P<0,01), er basert på en t-test for numeriske verdier og χ^2 -test for dummyvariabler.

I gruppen av produsenter med høy effektivitet er det en signifikant større andel økologiske produsenter, samt produsenter som har installert melkerobot før 2012, sammenlignet med gruppen med lav effektivitet. Produsenter fra sone E, F, G, I og J for distriktstilskudd utgjør en signifikant større andel av gruppen med høy effektivitet, sammenlignet med gruppen med lav effektivitet.

6 Diskusjon av resultater

6.1 Skalautbytte og outputelastisiteter

Resultatene våre indikerer at vi har avtakende skalautbytte i produksjonen av melk og kjøtt i Norge. Det vil si at de totale inntektene øker prosentvis mindre enn den prosentvise økningen i innsatsfaktorene. Noe av årsaken til avtakende skalautbytte i vår studie kan tilskrives at outputvariabelen, totale inntekter, inkluderer tilskudd fra staten. I utvalget er totale tilskudd negativt korrelert med antall melkekyr per gårdsbruk, fordi tilskuddene per husdyr og daa reduseres jo større produksjonen er. Vi studerer et utvalg med relativt store gårdsbruk, og da får denne effekten stor innvirkning på skalautbyttet. Det er imidlertid en del studier som finner konstant skalautbytte i melkeproduksjonen (se for eksempel Cuesta, 2000; Kompas & Che, 2006; Lawson, et al., 2004). Mye av forskjellen mellom deres og vårt funn kan sannsynligvis forklares av tilskuddssystemet i norsk melkeproduksjon.

Som beskrevet i delkapittel 5.1 har melkekvote størst outputelastisitet, etterfulgt av fjøs plass, variable kostnader, grovfôrareal og arbeidstimer. Det betyr at sammenlignet med de andre innsatsfaktorene vil en endring i melkekvote påvirke inntektene mest. Størrelsesforholdet mellom innsatsfaktorenes outputelastisiteter stemmer noenlunde overens med andre funn i effektivitetsstudier av melkeproduksjon (se for eksempel Cuesta, 2000; Kumbhakar, et al., 1991; Lawson, et al., 2004). Mange av disse studiene er imidlertid ikke utført i land med kvoteregulert melkeproduksjon, så melkekvote er derfor ikke inkludert som en innsatsfaktor i deres analyser. I Norge begrenses i motsetning melkeinntekten av den melkekvoten produsenten har tilgjengelig. Ettersom melkeinntekten utgjør en stor andel av de totale inntektene, kan dette være årsaken til at endring i melkekvote påvirker de totale inntektene mest.

Selv om outputelastisiteten til arbeidstimer er relativt lav er arbeidsinnsats fremdeles fundamentalt i produksjonen. De estimerte outputelastisitetene for fjøs plass, grovfôrareal og melkekvote underbygger imidlertid det faktum at produksjonen av melk og kjøtt er en kapitalintensiv virksomhet (jf. delkapittel 2.1). Det bør også nevnes at maskiner er en viktig del av realkapitalen i produksjonen. Da mesteparten av maskinene er tilknyttet produksjonen av grovfôr, forsøker vi å inkludere kapitalkostnaden til disse maskinene som en innsatsfaktor. Denne blir imidlertid ikke signifikant i vår modell. En mulig årsak til dette er at maskinene ofte har større kapasitet enn den som faktisk blir utnyttet, slik at produksjonen i realiteten kan

øke relativt mye før produsenten må anskaffe større og/eller flere maskiner. Altså er det liten korrelasjon mellom totale inntekter og maskinkostnader.

6.2 Inntektseffektivitet

Den gjennomsnittlige inntektseffektiviteten i utvalget er estimert til 72 prosent. Dette betyr at i gjennomsnitt kan hver enkelt produsent øke de totale inntektene med 28 prosentpoeng, gitt de innsatsfaktorene produsenten har tilgjengelig. Mange av produsentene i utvalget har derfor et stort forbedringspotensial. Vi observerer imidlertid at gjennomsnittlig effektivitet blant produsentene synker når vi inkluderer flere effektivitetsvariabler i modellen. En mulig forklaring på dette kan være at en produsent må utføre beste praksis på alle faktorer vi inkluderer i modellen for å være 100 prosent effektiv, noe som er utfordrende. Det bør nevnes at den gjennomsnittlige effektivitetsindeksen i vår studie ikke er sammenlignbar med andre studier. Årsaken er at effektivitetsindeksen blant annet avhenger av dataene som analyseres (Lawson, et al., 2004).

6.3 Faktorer som kjennetegner en inntektseffektiv produksjon

Effektivitetsindeksen til produsentene varierer mellom 56 og 91 prosent, og det er årsaker til denne variasjonen vi analyserer i dette delkapittel. Vi vurderer hvorfor noen effektivitetsvariabler har en signifikant innvirkning på effektiviteten, mens andre ikke har det, og sammenligner våre resultater med tidligere litteratur. Gjennomsnittsverdiene for de mest effektive produsentene, som ble presentert i tabell 8, kan sees på som ”beste praksis” i næringen.

De mest effektive produsentene har kviger som kalver første gang når de er i gjennomsnitt 25,4 måneder gamle, som er signifikant lavere enn hos de mindre effektive produsentene. Dette samsvarer med funnene til Allendorf og Wettemann (2015); Hansen et al. (2005) og Lawson et al. (2004). En årsak til redusert effektivitet når kviger kalver ved høyere alder kan være at det medfører tapt melkeinntekt. Det må imidlertid understrekes at lavest mulig alder ikke er et mål i seg selv, da det kan få ugunstige følger dersom kviga ikke er nok utviklet når hun insemineres. Fremtidig tapt inntekt er en mulig konsekvens, fordi for tidlig kalving blant annet kan redusere ytelsen til kua (Tine Rådgiving, 2014a). Gjennomsnittlig kalvingsalder i den mest effektive gruppen av produsenter er imidlertid ikke lavere enn hva Tine Rådgiving

(2014a) anbefaler. For tidlig kalving er derfor ikke et problem når kvigene kalver etter 25,4 måneder.

Vi finner liten forskjell i gjennomsnittlig inseminasjonskostnad for de tre effektivitetsgruppene. Til tross for dette er resultatet av den stokastiske frontanalysen at økte inseminasjonskostnader påvirker effektiviteten negativt, som er i tråd med funnene til Hansen et al. (2005). Lave inseminasjonskostnader kan komme av god fruktbarhet i besetningen. God fruktbarhet gjør at inseminering kan gjøres med færre forsøk, og dermed spare produsenten for kostnader. I tillegg bidrar erfaring, en proaktiv holdning og kunnskap om ulike tegn på brunst hos kyr og kviger til lavere inseminasjonskostnader. Siden de ulike effektivitetsgruppene har noenlunde likt kostnadsnivå på denne variabelen indikerer det imidlertid at inseminasjonskostnadenes innvirkning på effektiviteten ikke er spesielt stor.

Høy melkeproduksjon per ku, målt i kg EKM, kjennetegner en inntektseffektiv produksjon. Dette stemmer overens med resultatene til Hansen et al. (2005) og Allendorf og Wettemann (2015). Vårt funn tyder på at det er lønnsomt å bruke noe mer ressurser på å få hver ku til å produsere mye melk av standard god kvalitet. For eksempel kan økt arbeidsinnsats, i form av tett oppfølging av dyrene, gi mulighet til å gjøre tiltak ved uregelmessigheter slik at en kan opprettholde et jevnt høyt produksjonsnivå. Lønnsomheten i å øke mengden kg EKM produsert per årsku vil imidlertid avhenge av hvilket nivå eksisterende produksjon ligger på. For eksempel kan det oppstå negative effekter, som dårligere dyrehelse, ved å presse kyrne til å produsere for mye melk. Her må det presiseres at gjennomsnittsverdien, 8000 kg EKM per årsku, for den mest effektive gruppen ikke er så høy at dette er et problem (Tine Rådgiving, 2015a).

Resultatet av vår studie indikerer at økt kvalitetstillegg gir økt effektivitet. Altså tyder dette på at høy melkekvalitet er viktig, selv om det krever noe ekstra ressurser. For eksempel kan høyere melkekvalitet medføre økte variable kostnader, siden kraftfôrslag er avgjørende for kvaliteten (Charbonneau, Oba & Pellerin, 2011). I tidligere studier er det litt forskjellige resultater av hvordan melkekvalitet påvirker effektiviteten. Hansen et al. (2005) finner at økt proteininnhold har positiv innvirkning på effektiviteten. Hansson (2007b) finner derimot at proteininnhold i melken ikke har signifikant innvirkning på effektivitet. Vår effektivitetsvariabel, kvalitetstillegg, inkluderer i tillegg andre mål på kvalitet, blant annet

fettinnhold og celletall. Dette gjør våre funn noe vanskelig å sammenligne med deres resultater.

Som forventet har en høyere kvotefylling positiv innvirkning på inntektseffektivitet, noe som samsvarer med resultatet til Hansen et al. (2005). De mest effektive produsentene i utvalget leverer i gjennomsnitt 97,7 prosent av melkekvoten sin. Kvotefylling handler i stor grad om planlegging tidlig i året, for å nå målet om å treffe kvoten. Leveranse utover kvoten er i praksis ulønnsomt på grunn av lav pris. I følge Østerås (2012) kan helse og fruktbarhet forklare om lag 1/3 av manglende kvotefylling. Årsaken er at sykdom og dårlig fruktbarhet kan gjøre produksjonen mindre forutsigbar. En annen grunn til at noen bønder har lav kvotefylling kan være at de har kjøpt kvoter når de var tilgjengelige i markedet, og deretter vil foreta investeringer for å utvide kapasiteten og produksjonen. Disse er i så tilfelle i en omstillingsfase, og vil sannsynligvis fylle kvoten på et senere tidspunkt. Dersom produsenten ikke leverer nok melk til å fylle kvoten og har begrenset fjøskapasitet kan et alternativ, for å fylle kvoten, være å selge ungekøyer og øke andelen melkekyr. Flaten og Stornes (2003) finner i sin studie at dette ofte er lønnsomt.

Vi finner at de mest effektive produsentene har en større andel kjøttproduksjon per årsku sammenlignet med de mindre effektive produsentene. Dette er også i tråd med funnene til Hansen et al. (2005). En årsak til at økt kjøttproduksjon er effektivt kan være kvantumsfordeler, i form av puljetillegg per kg kjøtt levert, når flere okser sendes til slakt samtidig. Resultatet kan også tolkes dit hen at en spesialisering innen melkeproduksjon har en negativ innvirkning på effektivitet. Denne påstanden støttes blant annet av Brümmer (2001), Hadley (2006) og Hansson (2007a). Årsaken til at samproduksjon kan gi økt effektivitet i landbruket kan komme av at produksjonen av melk og kjøtt er nært knyttet til hverandre og foregår på samme rase, Norsk Rødt Fe (NRF). Bruk av like innsatsfaktorer, produksjonsfasiliteter og felles administrasjon kan gjøre det fordelaktig å drive en diversifisert produksjon. Kjøttproduksjonen blir ofte sett på som et biprodukt fra melkeproduksjonen, og krever relativt lite arbeid sammenlignet med produksjon av melk. Det er imidlertid flere faktorer som påvirker hvor mye kjøtt hver enkelt produsent bør produsere. Produsenter må tilpasse produksjonen til den fjøskapasiteten, fôrmengden og melkekvoten de har tilgjengelig.

En høyere kraftfôrandel har i følge vår studie signifikant negativ innvirkning på effektiviteten. Dette stemmer overens med Hansen et al. (2005) sin analyse av data fra 2001. De finner at økt kraftfôrkostnad per liter melk har negativ innvirkning på effektiviteten. Vårt resultat tyder på at det er mer lønnsomt å produsere godt og mye grovfôr, i motsetning til å kjøpe inn kraftfôr. Vi finner imidlertid ikke signifikante forskjeller i gjennomsnittsverdier for de tre effektivitetsgruppene, noe som tyder på at innvirkningen på inntektseffektiviteten er liten. Kraftfôrandelen er på omtrent 40 prosent av totalt fôrforbruk for alle effektivitetsgruppene. Andelen kraftfôr avhenger av mengden grovfôr en produsent har mulighet til å produsere, samt kvaliteten på grovfôret. Kraftfôr vil typisk utgjøre en større andel av det totale fôrforbruket dersom kvaliteten på grovfôret er dårlig, eller det er lite grovfôr tilgjengelig. Altså er grovfôr og kraftfôr til en viss grad substitutter. Til tross for at en større andel grovfôr er effektivt i følge vår analyse, må hver produsent finne den fôrsammensetningen som passer best til sin produksjon.

Resultatene våre tilsier at produsenter som hadde investert i melkerobot før 2012 er signifikant mer inntektseffektive enn de som ikke hadde gjort en slik investering. En mulig årsak til dette er at under forutsetningen om at produksjonen ikke økes vil arbeidsmengden bli redusert som følge av en investering i robot (Tine Rådgiving, 2015b). En annen årsak er at kyrne kan melkes oftere slik at kg EKM per ku kan bli høyere enn ved konvensjonell melking. Økt ytelse har ifølge vår studie positiv innvirkning på effektivitet. På den andre siden kan disse produsentene ha vært blant de mest effektive allerede før de investerte i melkerobot, da dette er produsenter som ser en fremtid for produksjonen. Det bør imidlertid nevnes at Steeneveld, Tauer, Hogeveen & Oude Lansink (2012) ikke finner at nederlandske produsenter som har melkerobot er signifikant mer effektive enn de som ikke bruker et slikt melkesystem. En mulig forklaring til forskjellen i resultatene kan være at kapital og driftskostnader tilknyttet melkerobot ikke inngår som innsatsfaktor i vår modell, da vi ikke har hatt tilgang på denne informasjonen. Dette betyr at substitusjonen mellom kapital og arbeid ikke kommer frem. Hvorvidt norske produsenter som har et annet melkesystem vil bli mer lønnsomme etter en investering i melkerobot er derfor noe usikkert. Å investere i melkerobot medfører at arbeidssituasjonen endres fra fysisk arbeid til mer overvåkning, analyse og styring av produksjonen (Tine Rådgiving, 2015b). Dette vil blant annet gjøre det enklere å følge opp melkemengden og melkekvaliteten til hver enkelt ku. En slik investering er imidlertid kostbar og innebærer ofte at en må øke produksjonen, med de utfordringer det kan medføre. Å investere i innovativ teknologi for melkeproduksjon krever at produsenter

setter av tid til å lære seg den nye teknologien, for å få full nytte av investeringen (Sauer & Latacz-Lohmann, 2015). På bakgrunn av manglende informasjon om kapitalbruk kan vi ikke trekke en generell konklusjon om produsenter med robot er mer effektive. Det anbefales derfor å utføre en grundig investeringsanalyse før en eventuell beslutning om å kjøpe melkerobot.

Inndelingen i tre ulike effektivitetsgrupper viser at nesten en fjerdedel av de mest inntektseffektive produsentene driver økologisk produksjon. Denne andelen er mye høyere sammenlignet med de to mindre effektive gruppene. En mulig forklaring er at økologiskproduserte jordbruksvarer gir en høyere inntekt sammenlignet med varer produsert på konvensjonelt vis.²⁰ I tillegg gis det, som nevnt i delkapittel 2.2.1, mer tilskudd til de som driver økologisk. En omlegging til økologisk produksjon kan derfor være en løsning for de som ønsker å øke inntektene uten å utvide gårdsdriften. Det må imidlertid nevnes at slik produksjon krever en større arbeidsinnsats enn konvensjonell produksjon. I tillegg kan den medføre høyere kostnader, for eksempel ved dyrere kraftfôr. Vi mener at vår modell tar hensyn til disse faktorene, og vi kan derfor konkludere med at økologiske produksjonsenheter er mer inntektseffektive. En mulig forklaring til dette kan være ulik grad av utdanning og personlige aspekter hos produsentene. Koesling, Flaaten og Lien (2008) finner i sin studie at produsenter som driver økologisk ofte har høyere utdanning enn de som driver konvensjonelt. En svensk studie av Hansson (2008) viser at personlige aspekter som positiv holdning til melkeproduksjon, oppfattelse om at egne avgjørelser har innvirkning på resultatet, utdanning, samt produsentens verdier har en positiv innvirkning på effektiviteten. Med bakgrunn i dette kan det tenkes at økologiske produsenter har en større grad av indre motivasjon, som støttes av Rigby, Young og Burton (2001). En sterk interesse kan medføre at produsentene bruker mer tid på å tilegne seg kunnskap om driften og nye forskningsresultater innen fagfeltet. Dette gjør de mer oppdaterte på ”beste praksis” i næringen.

Vårt resultat indikerer at produsenter som har gårdsbruk i områder med dårlige naturgitte forutsetninger for melkeproduksjon (sone F, G, I og J) er mer inntektseffektive. Dette betyr ikke nødvendigvis at disse produsentene er mer effektive, da flere faktorer kan påvirke resultatet. En mulig forklaring kan være at tilskuddsordningene gir en overkompensasjon for dårlige forutsetninger. Vår modell tar imidlertid ikke hensyn til alle ulempene ved å produsere

²⁰ I perioden 2012-2013 var pristillegg for økologisk melk 75 øre per liter (Røsnes & Than Ha, 2013).

i distriktene som tilskuddene er ment å kompensere for. Dette gjelder for eksempel dyrere innsatsfaktorer på grunn av mindre konkurranse blant tilbyderne og høyere fraktkostnader. For å avdekke i hvilken grad distriktstilskuddene kompenserer for merkostnadene må det designes en studie med det som hovedproblemstilling. På bakgrunn av vår analyse er det ikke mulig å si noe om produsenter i soner med høyt distriktstillegg er mer effektive enn andre. Dummyvariablene for distriktssoner er likevel inkludert i modellen, da modellen får en lavere BIC-verdi når de inkluderes.²¹

Koeffisienten til variabelen FS-tall blir ikke signifikant i vår modell. Vårt resultat er noe overraskende siden Hansen, et. al (2005) finner at dette målet på fruktbarhet har en positiv innvirkning på effektivitet i sin studie. Vårt funn støttes imidlertid av Hansson (2007b) som heller ikke finner at fruktbarhet påvirker effektiviteten signifikant. Det er likevel ikke slik at fruktbarhet ikke er viktig for produksjonen. Som tidligere diskutert kan dårlig fruktbarhet også komme til uttrykk gjennom høye inseminasjonskostnader, noe som vil ha negativ innvirkning på produsentens effektivitet. En årsak til at FS-tall ikke blir signifikant kan være at hver enkelt ku kan gi stort utslag i variabelen, spesielt dersom besetningen er liten (Geno, 2014).

Avling har ingen signifikant innvirkning på effektivitet i vår modell. Resultatet er noe uventet, men en mulig årsak er at modellen inkluderer alle tilskudd som skal kompensere for dårlige produksjonsforhold. En annen årsak kan være at kraftfôr til en viss grad kan substituere eget grovfôr ved dårlig avling. Et alternativ ved dårlig avling er også å kjøpe inn grovfôr. I motsetning til vårt funn har avling positiv innvirkning på effektivitet i Hansen et al. (2005) sin studie. Vår studie støtter likevel dette funnet til en viss grad, da vi finner at økt andel grovfôr påvirker effektiviteten positivt. Ettersom grovfôr er viktig for melkeproduksjonen, kan en si at god avling indirekte påvirker effektiviteten.

Veterinærkostnadene påvirker ikke effektiviteten i vår modell. Er mulig årsak til dette er at veterinærer ikke bare benyttes ved sykdom. Det er også produsenter som ser på veterinærkostnader som en investering i bedre dyrehelse på lenger sikt. Dette kan bidra til å trekke variabelen i to ulike retninger og medføre at den ikke har en signifikant forklaringskraft. Dette betyr ikke at god dyrehelse ikke er viktig. Dårlig dyrehelse kan påvirke

²¹ En BIC-test er en statistisk test for å finne ut hvilken modell som er å foretrekke, som forklart i delkapittel 4.3.

mange av de andre kjennetegnene ved en effektiv produksjon, for eksempel ved å redusere kg EKM per ku og ved å redusere kvalitetstillegg (Deluyker, Gay, Weaver & Azari, 1991). I motsetning til oss, finner Hansen et al. (2005) at økte veterinærkostnader hos norske melk- og kjøttprodusenter gir lavere effektivitet. En mulig forklaring på denne forskjellen mellom studiene kan være at antallet behandlinger for ulike sykdommer blant storfe har falt relativt mye siden 2000/2001 (Tine Rådgiving, 2013).

Heller ikke de to kalvehelsevariablene vi undersøker har signifikant innvirkning på effektiviteten. Dette er ikke så overraskende, da sykdom og død blant kalver ikke er et problem for flertallet av produsentene i utvalget. I tillegg vil inntekten først påvirkes om et par år. Ved kalvedød vil produsenten miste en fremtidig inntekt når kalven enten har blitt en melkeku eller en slakteferdig okse. Kalvesykdom kan føre til lavere fremtidig inntekt som følge av blant annet dårligere ytelse per ku. Selv om det er en stor utfordring for de som har slike problemer, vil det likevel ikke påvirke effektiviteten til gjennomsnittsprodusenten.

Kjøp av rådgivningstjenester viser heller ingen signifikant innvirkning på effektiviteten. Årsaken kan være at det i hovedsak er to grupper av produsenter som etterspør rådgivningstjenester. Den ene gruppen er de med problemer og dermed lave inntekter. Den andre gruppen etterspør tjenester for å perfeksjonere driften og øke inntektene. Dette påvirker variabelen i to retninger, og kan være bakgrunnen for at den ikke blir signifikant.

De som installerte melkerobot i løpet av perioden dataene er hentet fra, viser seg i vår analyse ikke å være mer eller mindre effektive enn andre produsenter. Koeffisienten til variabelen er altså ikke signifikant. Ettersom våre resultater viser at de produsentene som hadde installert melkerobot før 2012 er mer effektive, kan det tenkes at installasjonen medfører omstillingskostnader før en eventuell forbedring i effektiviteten. Dette er i så fall i tråd med hva Hansen og Jervell (2014) finner i sin studie. Det bør imidlertid nevnes at variabelen inkluderer alle produsenter som installerte robot i perioden fra starten av 2012 til og med slutten av 2013. Dette innebærer at produsentene er i ulike stadier av omstillingen, avhengig av når de foretok investeringen. Vi kan på bakgrunn av dette ikke si noe sikkert om hvordan omstillingsfasen påvirker effektiviteten. For å finne ut om installasjonen påvirker effektiviteten må en ha tilgang på et datamateriale med flere observasjoner av produsenter som har installert robot. Det vil da være mulig å lage dummyvariabler for kortere perioder for å kunne vurdere omstillingskostnadene mer korrekt. Vi har likevel valgt å inkludere

dummyvariabelen som omfavner alle som har installert i perioden 2012-2013, for å kontrollere for en mulig effekt av installasjonen.

Vi finner videre at samdrift som organisasjonsform ikke har signifikant innvirkning på effektiviteten. Dette er noe overraskende da det kan antas å være fordeler ved samdrift. Et eksempel på dette er muligheten til å investere i ny og bedre teknologi, fordi flere produsenter lettere kan få finansiering sammen. Larsén (2008) finner i sin studie, basert på et utvalg svenske produsenter, at samdriftsordninger har en positiv innvirkning på effektivitet. En årsak til at samdrift ikke har innvirkning på effektivitet i vårt utvalg kan være at noen produsenter samarbeider om driften og/eller deler flere maskiner, uten at de er registrerte som samdrifter. Resultatet kan også ha sammenheng med at vi har mange store gårdsbruk i utvalget som kan oppnå tilsvarende fordeler som en samdrift. En viktig faktor ved samdrift er de sosiale aspektene. Dersom samarbeidet fungerer godt kan det gi en hyggeligere hverdag, med en eller flere kollegaer. Å ha en sparringspartner kan føre til bedre beslutninger i produksjonen og dermed høyere effektivitet. Det kan imidlertid også oppstå misforståelser og uenigheter om hvordan produksjonen skal drives, som kan påvirke effektiviteten negativt. De sosiale aspektene kan altså trekke effekten av samdrift i to ulike retninger.

6.4 Styrker og svakheter ved studien

Mange effektivitetsstudier av landbruket benytter tverrsnittsdata i sine analyser. Vår studie har derimot utnyttet at vi har observasjoner av de samme produsentene over to år. Vi tar hensyn til uobserverbare forskjeller mellom produsentene ved å benytte en modell for paneldata.

En annen styrke ved vår effektivitetsstudie er at vi tar hensyn til arbeidsinnsatsen som benyttes i produksjonen. Denne innsatsfaktoren er ikke inkludert i den tidligere norske effektivitetsstudien av melk- og kjøttproduksjon utført av Hansen et al. (2005). Selv om næringen har blitt mer kapitalintensiv med årene er arbeidsinnsats fremdeles en viktig innsatsfaktor i produksjonen av melk og kjøtt.

En svakhet ved vår studie, og mange andre effektivitetsstudier av landbruket, er at vi benytter proxyer for realkapital. Disse gir ikke en nøyaktig beskrivelse av kapitalen som er nødvendig i produksjonen. En mer presis, men omfattende metode for beregning av realkapital er ”The

Perpetual Inventory Method” (Coelli, et al., 2005, s. 145-148). Denne metoden krever imidlertid en del informasjon, blant annet om investeringshistorikk, som vi ikke har tilgjengelig. Vi mener likevel at forskjellene i kapitalbruk mellom produsentene blir godt presentert gjennom de proxyene vi benytter for realkapital.

En annen svakhet ved vår modell er at den ikke inkluderer annengrads- og interaksjonsledd. Dette ville gjort analysen rikere, da vi blant annet kunne ha kontrollert for samspilleffekter mellom effektivitetsvariablene. Når vi inkluderer disse får vi imidlertid problemer med at modellen ikke konvergerer. Dersom vi hadde hatt mer tid tilgjengelig kan det tenkes at dette problemet kunne vært løst.

7 Oppsummering og konklusjon

Formålet med vår studie har vært å finne kjennetegn ved en inntektseffektiv melk- og storfekjøttproduksjon. Det er flere årsaker til at dette har vært interessant å studere. Det finnes lite norsk forskning på området, og landbruksrådgivere har behov for dokumentasjon av deres anbefalinger. For å nå de politiske målsettingene om matsikkerhet, landbruk over hele landet, økt verdiskaping og bærekraftig landbruk, er det viktig at de som produserer melk og kjøtt driver effektivt. Dette er essensielt ettersom det stadig blir færre produsenter i Norge.

Å være inntektseffektiv vil si å få mest mulig inntekt ut av de innsatsfaktorene en har tilgjengelig. Årsaken til at vi har valgt dette målet på effektivitet er at mange av innsatsfaktorene i landbruket er gitt på kort sikt, for eksempel fjøs og areal. Vi har utført en effektivitetsanalyse på et utvalg av 212 produsenter. For disse har vi hatt regnskaps- og produksjonsdata for både 2012 og 2013, som har gjort det mulig å utnytte fordeler ved paneldata i den økonometriske analysen. Som outputvariabel har vi valgt å benytte totale inntekter. Denne variabelen inkluderer alle tilskudd, og tar dermed hensyn til at produsentene har ulike naturgitte forutsetninger avhengig av hvor i landet de produserer. Som innsatsfaktorer i modellen har vi benyttet melkekvote, beregnet fjøsplass, grovfôrareal, arbeidstimer og variable kostnader. Vi har også inkludert effektivitetsvariabler i modellen vår. Disse er utvalgte variabler som kan ha innvirkning på effektiviteten i produksjonen.

Studien har blitt utført ved bruk av stokastisk frontanalyse, som er en anerkjent metode i effektivitetsstudier av landbruket. Analysen gir hver enkelt produsent i utvalget en effektivitetsindeks. Resultatet av analysen viser også hvilke effektivitetsvariabler som har signifikant innvirkning på effektiviteten, og i hvilken retning de eventuelt påvirker den. Etter den stokastiske frontanalysen har vi delt produsentene inn i tre effektivitetsgrupper avhengig av effektivitetsindeks. Gjennomsnittsverdiene på effektivitetsvariablene til den mest effektive gruppen har vi valgt å anse som ”beste praksis” i næringen.

Resultatene av analysen viser at gjennomsnittlig inntektseffektivitet i utvalget er 72 prosent. Det betyr at mange av produsentene har stort potensiale for å øke inntektene sine uten at de må bruke mer ressurser.

På bakgrunn av våre funn kan vi konkludere med at høy kvotefylling, høy produksjon av

energikorrigert melk per ku, god melkekvalitet, lavere alder på kviger ved første kalving og mer kjøtt produsert per ku kjennetegner en effektiv produksjon. Videre påvirker også lavere inseminasjonskostnader per liter melk og lavere andel kraftfôrforbruk effektiviteten positivt. For disse to variablene er det imidlertid liten eller ingen signifikant forskjellen mellom effektivitetsgruppene, noe som antyder at innvirkningen på effektiviteten er liten.

Produsenter som driver økologisk produksjon er mer effektive enn de som driver konvensjonelt, i følge våre resultater. Resultatene indikerer også at de mest effektive produsentene har melkerobot. Hvorvidt melkerobot faktisk kjennetegner en effektiv produksjon bør likevel tolkes med forsiktighet. Årsaken er at vår modell, på grunn av manglende informasjon, ikke tar hensyn til kapitalbruken og driftskostnadene tilknyttet robotinvesteringen.

Datasettet vi har benyttet er representativt for en stor andel av norske melk- og kjøttprodusenter. Gjennomsnittlig størrelse på produksjonsenhetene i utvalget er imidlertid noe større enn landsgjennomsnittet. Vi kan derfor ikke trekke en konklusjon som gjelder alle produsenter i Norge. Mange av våre funn er imidlertid i tråd med tidligere studier, for eksempel studiet til Hansen et al. (2005). Vi vil derfor anta at våre resultater også gjelder for mange mindre produsenter.

Kunnskap om hva som kjennetegner en inntektseffektiv melk- og kjøttproduksjon er naturligvis viktig for produsenter og landbruksrådgivere. I tillegg bør Landbruks- og matdepartementet være interessert i våre funn. Blant annet er det interessant at en større produksjon av kjøtt per ku er effektivt. Spesialisering er derfor ikke nødvendigvis den mest effektive måten å produsere kjøtt på, noe som bør legges merke til ettersom det er underdekning av storfekjøtt i Norge. Det er til samfunnets felles interesse at politikere vet hva som kjennetegner en effektiv produksjon og dermed kan gi incentiver til dette. For høy import av kraftfôr er uheldig med tanke på miljøhensyn og selvforsyning av mat. Det er derfor interessant at lavere andel kraftfôr kjennetegner effektive produsenter. Politikere bør ha kjennskap til dette, da bærekraftig landbruk er et mål for norsk landbruks- og matpolitikk.

Avslutningsvis har vi et par forslag til videre forskning. Hansen og Greve (2015) finner at utdanning og sosialkapital har positiv innvirkning på det økonomiske resultatet i melk- og kjøttproduksjon. På bakgrunn av dette vil det være interessant å studere om de to faktorene

også har en positiv innvirkning på inntektseffektivitet. Vi vil derfor foreslå å innhente denne informasjonen om produsentene for videre arbeid. I tillegg vil en kvalitativ utvidelse av studien, i form av intervjuer, gi utfyllende informasjon og verdifull innsikt i hva som kjennetegner en inntektseffektiv produksjon av melk og storfekjøtt.

8 Litteraturliste

- Aigner, D., Lovell, C. A. K. & Schmidt, P. (1977). Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. *Journal of Econometrics*, 6(1), 21-37.
- Allendorf, J. J. & Wettemann, P. J. C. (2015). Does animal welfare influence dairy farm efficiency? A two-stage approach. *Journal of dairy science*, 98(11), 7730-7740.
- Areal, F. J., Tiffin, R. & Balcombe, K. (2012). Farm technical efficiency under a tradable milk quota system. *Journal of Dairy Science*, 95(1), 50-62.
- Battese, G. E. & Coelli, T. J. (1988). Prediction of firm- level technical efficiencies with a generalized frontier production function and panel data. *Journal of Econometrics*, 38(3), 387-399.
- Battese, G. E. & Coelli, T. J. (1995). A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data. *Empirical Economics*, 20(2), 325-332.
- Brümmer, B. (2001). Estimating confidence intervals for technical efficiency: the case of private farms in Slovenia. *European review of agricultural economics*, 28(3), 285-306.
- Budsjettnemda for jordbruket. (2015). Totalkalkylen for jordbruket. Jordbrukets totalregnskap 2013 og 2014. Budsjett 2015.: Budsjettnemda for jordbruket.
- Charbonneau, É., Oba, M. & Pellerin, D. (2011). The Impact of Forage Use and Quality on Economic Returns of Canadian Dairy Farms *WCDS Advances in Dairy Technology*, 23, 349-359
- Charnes, A., Cooper, W. W. & Rhodes, E. (1978). Measuring the Efficiency of Decision Making Units. *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429-444.
- Coelli, T. J. (1995). Recent Developments in Frontier Modelling and Efficiency Measurement. *Australian Journal of Agricultural Economics*, 39(3), 219-245.
- Coelli, T. J., Rao, D. S. P., O'Donnell, C. J. & Battese, G. E. (2005). *An Introduction to efficiency and productivity analysis* (2nd ed. utg.). New York: Springer.
- Cuesta, R. (2000). A Production Model With Firm- Specific Temporal Variation in Technical Inefficiency: With Application to Spanish Dairy Farms. *Journal of Productivity Analysis*, 13(2), 139-158.
- Cullinane, K., Wang, T.-F., Song, D.-W. & Ji, P. (2006). The technical efficiency of container ports: Comparing data envelopment analysis and stochastic frontier analysis. *Transportation Research Part A*, 40(4), 354-374.
- Deluyker, H. A., Gay, J. M., Weaver, L. D. & Azari, A. S. (1991). Change of milk yield with clinical diseases for a high producing dairy herd. *Journal of dairy science*, 74(2), 436-445.
- Farrell, M. J. (1957). The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, 120(3), 253-290.

- Fjellhammer, E. (2013). *Utviklingen i melkeproduksjonen frem mot 2017*. Oslo: Agri Analyse AS.
- Flaten, O. & Stornes, O. K. (2003). Er kvotekjøp lønnsomt? *Buskap*, 8, 16-18.
- Forskrift om kvoteordningen for melk. (2012). *Forskrift om kvoteordningen for melk*. Lastet ned fra <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2011-12-23-1502>.
- Forskrift om markedsregulering av jordbruksvarer. (2008). *Forskrift om markedsregulering til å fremme omsetningen av jordbruksvarer*. Lastet ned fra <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2008-10-22-1136>.
- Forskrift om produksjonstilskudd mv. i jordbruket. (2015). *Forskrift om produksjonstilskudd og avløsertilskudd i jordbruket*. Lastet ned fra <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2014-12-19-1817>.
- Forskrift om tilskudd til økologisk landbruk. (2001). *Forskrift om tilskudd til økologisk landbruk*. Lastet ned fra <https://lovdata.no/dokument/LTI/forskrift/2000-11-27-1682>.
- Fried, H. O., Lovell, C. A. K. & Schmidt, S. S. (1993). *The Measurement of productive efficiency : techniques and applications*. New York: Oxford University Press.
- Førsund, F. (1992). A comparison of parametric and non- parametric efficiency measures: The case of Norwegian ferries. *The Journal of Productivity Analysis*, 3, 25-43.
- Geno. (2014). Fruktbarhetsmål. Lastet ned 19.04.2016, fra <http://www.geno.no/Start/Brunst/FAGSTOFF/KUFRUKTBARHET/Fruktbarhetsmal/>
- Gjølberg, T., Vasaasen, A., Skjeflo, P. A., Stølen, T., Homme, Å. I., Huus, A., . . . Nesjan, P.-A. (2007). *Evaluering av omsetningsordningen for melkekvoter*. Norsk Bonde- og Småbrukarlag, Norges Bondelag, Finansdepartementet, Statens landbruksforvaltning og Landbruks- og matdepartementet.
- Greene, W. H. (2008). The Econometric Approach to Efficiency Analysis. i H. O. Fried, C. A. K. Lovell & S. S. Schmidt (Red.), *The Measurement of Productive Efficiency and Productivity growth* (s. 92-250). New York: Oxford University Press.
- Hadley, D. (2006). Patterns in Technical Efficiency and Technical Change at the Farm - level in England and Wales, 1982–2002. *Journal of Agricultural Economics*, 57(1), 81-100.
- Hansen, B. G. & Greve, A. (2015). The role of human and social capital in dairy farming. *Rural Society*, 24(2), 154-176.
- Hansen, B. G. & Jervell, A. M. (2014). Change Management in Dairy Farming. *Int. Jrnl. of Soc. of Agr. & Food*, 22(1), 23-40.
- Hansen, B. G., Stokstad, G., Hegrenes, H., Sehested, E. & Larsen, S. (2005). Key Performance Indicators on Dairy Farms. *Journal of International Farm Management*, 3(1), 1-15.

- Hansson, H. (2007a). Strategy factors as drivers and restraints on dairy farm performance: Evidence from Sweden. *Agricultural systems*, 94(3), 726-737.
- Hansson, H. (2007b). The links between management's critical success factors and farm level economic performance on dairy farms in Sweden. *Acta Agricultural Scandinavia. Section C, Food Economics.*, 4(2), 77-88.
- Hansson, H. (2008). How can farmer managerial capacity contribute to improved farm performance? A study of dairy farms in Sweden. *Acta Agricultural Scandinavia Section C*, 5(1), 44-61.
- Hansson, H. (2010). *Drivers and Restraints for Economically Efficient Farm Production*. New York: Nova Science Publishers, Inc.
- Hegrenes, A., Hansen, B. G. & Mittenzwei, K. (2009). *Produksjonsendringar på mjølkebruk - konsekvensar for kjøtproduksjon og ressursbruk*. Oslo: Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning (NILF).
- Huang, C. & Liu, J.-T. (1994). Estimation of a non- neutral stochastic frontier production function. *Journal of productivity analysis*, 5(2), 171-180.
- Kalirajan, K. (1981). An Econometric Analysis of Yield Variability in Paddy Production. *Canadian Journal of Agricultural Economics*, 29(3), 283-294.
- Kelly, E., Shalloo, L., Geary, U., Kinsella, A., Thorne, F. & Wallace, M. (2013). An analysis of the factors associated with technical and scale efficiency of Irish dairy farms. *International Journal of Agricultural Management*, 2(3), 149-159.
- Knutsen, H. (2015). *Utsyn over norsk landbruk. Tilstand og utviklingstrekk 2015*. Oslo: Norsk institutt for bioøkonomi.
- Koesling, M., Flaten, O. & Lien, G. (2008). Factors influencing the conversion to organic farming in Norway. *International Journal of Agricultural Resources, Governance and Ecology*, 7(1-2), 78-95.
- Kompas, T. & Che, T. N. (2006). Technology choice and efficiency on Australian dairy farms. *The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 55, 65-83.
- Koopmans, T. C. (1951). Analysis of Production as an Efficient Combination of Activities. i T. C. Koopmans (Red.), *Activity Analysis of Production and Allocation* (s. 33-97). Wiley, New York: Cowles Commission for Research in Economics.
- Kumbhakar, S. C. (1987). The specification of technical and allocative inefficiency in stochastic production and profit frontiers. *Journal of Econometrics*, 34(3), 335-348.
- Kumbhakar, S. C., Ghosh, S. & McGuckin, J. T. (1991). A Generalized Production Frontier Approach for Estimating Determinants of Inefficiency in U.S. Dairy Farms. *Journal of Business & Economic Statistics*, 9(3), 279-286.
- Kumbhakar, S. C. & Lovell, C. A. K. (2000). *Stochastic frontier analysis*. Cambridge: Cambridge University Press.

- Kumbhakar, S. C., Wang, H.-J. & Horncastle, A. P. (2015). *A practitioner's guide to stochastic frontier analysis using Stata*. New York: Cambridge University Press.
- Landbruks- og matdepartementet. (2011). *Landbruks- og matpolitikken: Velkommen til bords*. (St. meld. nr. 9 2011-2012). Oslo: Departementenes sikkerhets- og serviceorganisasjon.
- Landbruks- og matdepartementet. (2015). Importvernet for jordbruksvarer. Lastet ned 19.04.16, fra <https://www.regjeringen.no/no/tema/mat-fiske-og-landbruk/landbruk/innsikt/handel-med-jordbruksprodukter/importvernet-for-jordbruksvarer/id2364459/>
- Landbruksdirektoratet. (2016a). Markedsregulering av melk. Lastet ned 06.03.16, fra <https://www.slf.dep.no/no/produksjon-og-marked/melk/markedsregulering>
- Landbruksdirektoratet. (2016b). Tilskudd. Lastet ned 05.03.16, fra <https://www.slf.dep.no/no/tilskudd>
- Landbruksdirektoratet. (2016c). Utviklingstrekk i norsk jordbruk. Lastet ned 04.03.16, fra <https://www.slf.dep.no/no/statistikk/utvikling>
- Larsén, K. (2008). *Economic Consequences of Collaborative Arrangements in the Agricultural Firm*. Doctoral thesis, Faculty of Natural Resources and Agricultural Sciences Department of Economics, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala.
- Lawson, L. G., Agger, J. F., Lund, M. & Coelli, T. J. (2004). Lameness, metabolic and digestive disorders, and technical efficiency in Danish dairy herds: a stochastic frontier production function approach. *Livestock Production Science*, 91(1), 157-172.
- Lien, G., Størdal, S. & Baardsen, S. (2007). Technical efficiency in timber production and effects of other income sources. *Small-scale Forestry*, 6(1), 65-78.
- Mattilsynet. (2010). Veileder til forskrift om hold av storfe. Lastet ned 03.05.16, fra http://www.mattilsynet.no/om_mattilsynet/gjeldende_regelverk/veiledere/veiledertilforskriftomholdavstorfe1853/binary/Veileder_til_forskrift_om_hold_av_storfe
- Meeusen, W. & Van Den Broeck, J. (1977). Efficiency Estimation from Cobb-Douglas Production Functions with Composed Error. *International Economic Review*, 18(2), 435-444.
- Norsk institutt for bioøkonomi. (2006). Melkerobot - En gjennomgang av internasjonal forskning og status i Norge. Lastet ned 25.02.16, fra http://nilf.no/om_nilf/Nyheter/2006/Melkerobot-en_gjennomgang_av_internasjonal_forskning_og_status_i_Norge
- Pitt, M. M. & Lee, L.-F. (1981). The measurement and sources of technical inefficiency in the Indonesian weaving industry. *Journal of Development Economics*, 9(1), 43-64.

- Reinhard, S., Lovell, C. A. K. & Thijssen, G. J. (2000). Environmental efficiency with multiple environmentally detrimental variables; estimated with SFA and DEA. *European Journal of Operational Research*, 121(2), 287-303.
- Rigby, D., Young, T. & Burton, M. (2001). The development of and prospects for organic farming in the UK. *Food Policy*, 26(6), 599-613.
- Røsnes, E. & Than Ha, T. (2013). *Produksjon og omsetning av økologiske landbruksvarer. Rapport for 2012*. Oslo: Statens landbruksforvaltning.
- Sauer, J. & Latacz-Lohmann, U. (2015). Investment, technical change and efficiency: empirical evidence from German dairy production. *European Review of Agricultural Economics*, 42(1), 151-175.
- Schmidt, P. & Sickles, R. C. (1984). Production frontiers and panel data. *Journal of Business & Economic Statistics*, 2(4), 367-374.
- Statistisk Sentralbyrå. (2016). Jordbruksbedrifter med husdyr. Lastet ned 04.03.15, fra <http://www.ssb.no/171473/jordbruksbedrifter-med-husdyr-og-jordbruksbedrifter-med-ymse-husdyrslag-per-1.januar-etter-fylke>
- Steeneveld, W., Tauer, L. W., Hogeveen, H. & Oude Lansink, A. G. J. M. (2012). Comparing technical efficiency of farms with an automatic milking system and a conventional milking system. *Journal of Dairy Science*, 95(12), 7391-7398.
- Store norsk leksikon. (2015). Förenhet. Lastet ned 19.04.2016, fra <https://snl.no/förenhet>
- Tine Rådgiving. (2013). *Årsmelding*. Ås: Tine Rådgiving, Tine SA.
- Tine Rådgiving. (2014a). Godt kvigeoppdrett [brosjyre] *Kvigeoppdrett* (nr. 3). Tine Rådgiving, Tine SA.
- Tine Rådgiving. (2014b). *Statistikksamling 2013*. Ås: Tine Rådgiving, Tine SA.
- Tine Rådgiving. (2015a). *Nøkkeltall fra husdyrkontrollen 2014*. Ås: Tine Rådgiving, Tine SA.
- Tine Rådgiving. (2015b). *Økonomi og driftsleiing på utbyggingsbruk i mjølkeproduksjonen*. Særheimen: Tine Rådgiving, Tine SA.
- Tine SA. (2013). *Tine årsrapport 2012*. Oslo: Tine kommunikasjon, Tine SA.
- Tine SA. (2014). *Tine årsrapport 2013*. Oslo: Tine kommunikasjon, Tine SA.
- Wang, H.-j. & Schmidt, P. (2002). One- Step and Two- Step Estimation of the Effects of Exogenous Variables on Technical Efficiency Levels. *Journal of Productivity Analysis*, 18(2), 129-144.
- Ånonsen, S. (2015). Robotrevolusjon på gårdene. Lastet ned 02.03.16, fra <http://www.tine.no/presserom/nyhetsarkiv/robotrevolusjon-på-gårdene>

Østerås, O. (2012). God helse og fruktbarhet er viktig for å fylle melkekvota. *Storfehelsenytt*, 2.