

NHH



Lønnsomhet i AMS-besetninger

En sammenligning av norske gårder med automatiske og konvensjonelle melkesystem

Hans Olav Aas Herje og Jonas Høva

Veileder: Øivind Anti Nilsen

Masteroppgave i 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 undersøke lønnsomhetsforskjeller mellom bruk med melkerobot og bruk med konvensjonelle melkesystem (KMS). Siden årtusenskiftet har melkeroboter, eller *automatiske melkesystem* (AMS), stått for en stadig større andel av melkeproduksjonen. Norge er i dag det landet i norden med flest melkeroboter i forhold til antall melkebruk. Mye forskning peker på redusert fysisk arbeid og en enklere hverdag for bonden på bruk med AMS, men få har vist til tydelige lønnsomhetseffekter relativt til bruk med KMS.

For å undersøke lønnsomheten analyserer vi driftsresultat isolert på melkeproduksjonen, før og etter avskrivninger på melkesystem. Datagrunnlaget er regnskaps- og produksjonsdata for over tusen melkeprodusenter. Vi utfører en kernel-vekting for å matche AMS-brukene med sammenlignbare KMS-bruk. Deretter bruker vi minste kvadraters metode for å estimere effekten av melkerobot, sett i sammenheng med brukets størrelse og tid siden sist investering i melkesystem. Videre forsøker vi å finne årsakene til lønnsomhetsforskjellene ved å analysere inntekts- og kostnadssiden i melkeproduksjonen.

Resultatene våre indikerer at melkeproduksjonen må være av en viss størrelse før investering i melkerobot er mer lønnsomt enn KMS. Denne lønnsomhetsgevinsten blir først synlig etter en overgangsperiode. For små bruk med melkerobot ser kostnadsnivået ut til å være høyere enn på bruk med konvensjonelle melkesystem. Kostnadsforskjellene avtar med størrelsen, og på de største gårdene er det ikke lenger tydelige forskjeller på aggregert nivå. Produktinntektene fra melkeproduksjonen er høyere på AMS-bruk for alle relevante størrelser. Denne forskjellen øker med størrelsen på gården. Dette skyldes i hovedsak høyere avdrått målt i kg melk per årsku på AMS-brukene.

Forord

I denne utredningen har vi studert økonomiske forskjeller i norsk melkeproduksjon. Spesifikt har vi analysert lønnsomhetsforskjeller mellom gårder som benytter melkeroboter og gårder som benytter konvensjonelle melkesystem. Problemstillingen er utarbeidet i samarbeid med Tine Rådgivning, og inngår som en del av et større forskningsprosjekt som Tine har om melkeroboter.

I en verden hvor man snakker mest om roboter som tar over jobber i tjenesteytende sektor, og på en skole hvor landbruket ikke er det vanligste samtaleemnet, har det vært spennende å komme tettere innpå den stille revolusjonen som foregår i landets primærnæring. Det har vært motiverende å se at vi som masterstudenter kan bidra med nye svar i et lite, men internasjonalt viktig forskningsfelt. I samtaler med Tine Rådgivning har det vært givende å få tilbakemeldinger på at utredningen gir matnyttig kunnskap som de kan anvende når de hjelper gårdsbruk å ta valg for fremtiden.

Gjennom arbeidet har vi fått uvurderlige tilbakemeldinger fra vår veileder Øivind Anti Nilsen. Vi vil rette en stor takk til han for skarpe refleksjoner og økonometrisk ekspertise.

Vi vil også rette en spesiell takk til Bjørn Gunnar Hansen og André Brockstedt Myrseth i Tine Rådgivning. Bjørn Gunnar har bidratt med dyp bransjekunnskap og reflekterte tilbakemeldinger. André har vært svært behjelpelig i anskaffelsen av dataene vi har benyttet i utredningen.

Bergen, juni 2017

Hans Olav Aas Herje og Jonas Høva

Innholdsfortegnelse

1. INNLEDNING	5
1.1. BAKGRUNN	5
1.2. PROBLEMSTILLING	6
1.3. OPPGAVENS STRUKTUR	6
2. MELKEPRODUKSJON OG AUTOMATISKE MELKESYSTEMER I NORGE.....	7
2.1. MOT FÆRRE OG STØRRE BRUK.....	7
2.2. LANDBRUKSPOLITIKKENS INNFLYTELSE PÅ NORSK MELKEPRODUKSJON.....	9
2.2.1. Tilskudd.....	10
2.2.2. Melkekvoter.....	10
2.2.3. Forskrift om hold av storfe.....	11
2.3. AUTOMATISKE MELKESYSTEMER I NORGE.....	12
2.4. RELEVANT LITTERATUR	13
2.4.1. Økonomiske aspekter knyttet til melkerobot.....	14
2.4.2. Ikke-økonomiske aspekter knyttet til melkerobot.....	15
3. DATA OG METODE	17
3.1. DATAGRUNNLAG.....	17
3.1.1. Om utvalget i datasettet.....	18
3.1.2. Klargjøring av datasettet	19
3.2. DESKRIPTIV SAMMENLIGNING.....	20
3.3. EMPIRISK MODELL	23
4. RESULTAT.....	26
4.1. RESULTATER FRA LØNNSOMHETSANALYSEN	26
4.2. PREDIKERT EFFEKT AV AMS OVER REPRESENTATIVE BRUKSSTØRRELSER.....	28
4.3. MELKEROBOTENS EFFEKT PÅ INNTEKTER I MELKEPRODUKSJONEN	31
4.4. NEDBRYTING AV DE PRODUKSJONSAVHENGIGE KOSTNADENE	33
4.4.1. Variable kostnader.....	34
4.4.2. Produksjonsavhengige faste kostnader	36
5. DISKUSJON	38
5.1. AMS-BRUKENES EVNE TIL Å GENERERE INNTEKTER	38
5.2. FORSKJELLER KOSTNADER OG AVSKRIVNINGER.....	40
5.3. STYRKER OG SVAKHETER VED STUDIEN	41
6. KONKLUSJON	43
LITTERATURLISTE	45
APPENDIKS	49
APPENDIKS I: VARIABLE KOSTNADER.....	49
APPENDIKS II: PRODUKSJONSAVHENGIGE FASTE KOSTNADER	50

1. Innledning

1.1. Bakgrunn

Det har i mange år vært en utvikling mot færre og større gårder i norsk landbruk. Dagens landbrukspolitikk og en forestående lovendring som påbyr løsdriftsfjøs fra 2034, gjør det sannsynlig at denne utviklingen fortsetter. I forbindelse med at bøndene øker produksjonen, blir det samtidig mer aktuelt å investere i automatiske melkesystem (AMS).

I Norge har det vært en kraftig økning i andelen bruk med AMS siden den første melkeroboten kom i 2000. I dag står melkeroboter for mer enn en tredel av landets melkeproduksjon. AMS innebærer en stor omlegging av driften. Prosessene knyttet til melkingen blir automatisert og kan pågå kontinuerlig gjennom døgnet. Bonden bruker mindre tid på fysisk anstrengende arbeid, og mer på å overvåke roboten, dyrene og driften. AMS representerer en høyere investeringskostnad sammenlignet med konvensjonelle melkesystem (KMS), som fra et økonomisk perspektiv må kunne rettferdiggjøres med et høyere resultat før avskrivninger.

Tidligere litteratur har gitt ganske klare svar på hvordan de endrede arbeidsoppgavene påvirker bondens jobbhverdag ved overgang til AMS, mens de økonomiske aspektene er mer uklare. Vasseljen (2016) er den eneste som har sett på lønnsomhetsforskjeller mellom norske AMS- og KMS-bruk. Han finner at KMS-bruk gir et noe høyere resultat etter avskrivninger og rentekostnader, men at svært ulik tid siden investering gjør de to bruksgruppene mindre sammenlignbare. En annen studie som har sett på lønnsomhetsforskjellen er den nederlandske studien til Bijl, Hogeveen & Kooistra (2007). De finner at AMS-bruk har høyere lønnsomhet per årsverk, men at det totale resultatet til gården er lavere. De ser imidlertid ikke på avskrivninger og rentekostnader.

Begge studiene avdekker betydelige forskjeller både på kostnads- og inntektssiden. Studiene gir imidlertid ingen informasjon om sammenhengen mellom lønnsomhet og størrelsen på brukene. Dermed er det interessant å se på om store bruk er i stand til å veie opp for investeringskostnaden. Vi ønsker også å korrigere for tid siden investering, og finne ut om dette har noen innvirkning på lønnsomheten.

I oppgaven vår analyserer vi et datasett med økonomi- og produksjonsdata fra Tine. Datasettet er betydelig større og mer detaljert enn i tidligere lønnsomhetsstudier av AMS vi kjenner til.

Det gir oss anledning til å tegne et mer nyansert bilde av økonomiske forskjeller mellom AMS- og KMS-bruk.

1.2. Problemstilling

På grunnlag av forholdene omtalt i 1.1 har vi valgt følgende problemstilling for oppgaven:

Eksisterer det lønnsomhetsforskjeller mellom norske mellegårder med automatiske melkesystem sammenlignet med bruk som har konvensjonelle melkesystem, og hva skyldes eventuelle lønnsomhetsforskjeller?

Vi vil se på lønnsomhetsforskjellene ved å se på driftsresultatet i melkeproduksjonen, både før og etter avskrivninger. For å studere eventuelle forskjeller i lønnsomhet nærmere har vi to underproblemstillinger:

- *Finnes det forskjeller mellom AMS- og KMS-bruk sin evne til å generere inntekter i melkeproduksjonen?*
- *Er det forskjeller mellom produksjonsavhengige kostnader for AMS- og KMS-bruk?*

Med produksjonsavhengige kostnader mener vi variable og faste kostnader som varierer med produksjonsomfanget, og som vil gå mot null hvis produksjonen opphører.

1.3. Oppgavens struktur

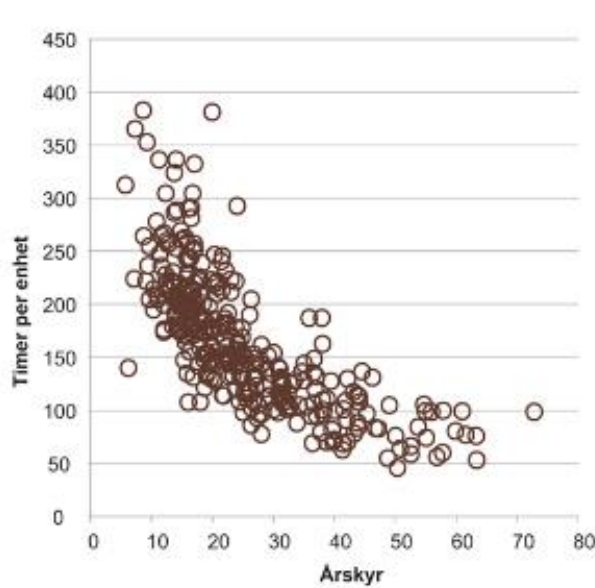
Vi starter oppgaven med å se på utviklingstrekk i norsk melkeproduksjon, samt hvordan endringer i norsk lovgiving og landbrukspolitikken vil påvirke denne. Vi beskriver videre AMS sin betydning for melkeproduksjonen, og hvordan denne påvirker økonomiske og ikke-økonomiske aspekter på gården. I kapittel 3 presenterer vi deretter datasettet og metoden vi har benyttet for å analysere lønnsomhetsforskjeller mellom AMS- og KMS-brukene. Deretter vil vi i kapittel 4 fremlegge resultatene fra studien, før vi i kapittel 5 diskuterer de viktigste funnene. I kapittel 6 kommer til slutt konklusjonen på oppgavens problemstilling, og forslag til videre forskning.

2. Melkeproduksjon og automatiske melkesystemer i Norge

2.1. Mot færre og større bruk

Fra 2001 til 2015 har det vært en jevn nedgang i antall bruk med melkeproduksjon i Norge. I denne perioden har det gått fra 20 177 til 9 131 melkeprodusenter (Landbruksdirektoratet, 2017). Til tross for at dette utgjør en reduksjon i antall bruk på 55 prosent, har den totale leveransen av melk vært tilnærmet upåvirket.

I perioden 2001 til 2015 har årlig vekst i arbeidsproduktiviteten (AP)¹ for jordbruk- og skogbruksnæringen i gjennomsnitt ligget på 4,4 prosent (SSB, 2017). Sammenligner vi dette med Fastlands-Norge under ett, vokste AP med 1,7 prosent per år for markedsrettede tjenester utenom boligjenester i den samme perioden.



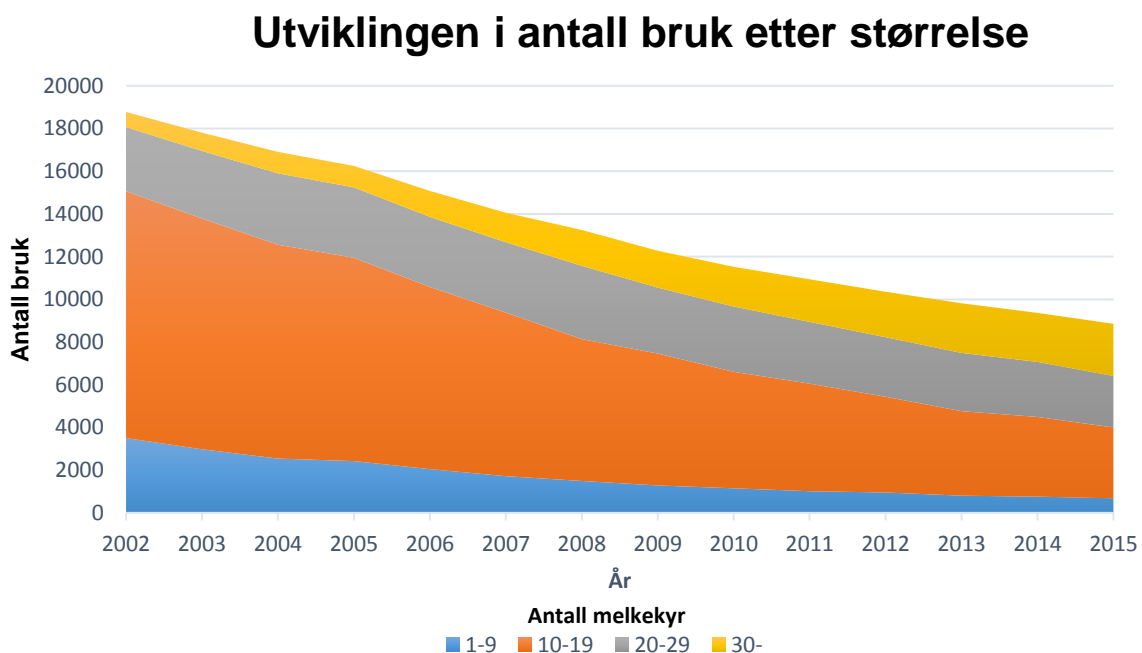
Figur 1: Arbeidsforbruk per årsku for et utvalg gårder i 2014 (Landbruks- og matdepartementet, 2016)

¹ AP måles som bruttoprodukt i faste priser per timeverk, altså produksjonen fratrukket produktinnsatsen (SSB, 2017).

I likhet med landbruket generelt ser det ut til å ha vært en betydelig produktivitetsvekst for norske melkebruk. Som et utgangspunkt kan vi se på arbeidsforbruk i forhold til antall årskyr² (figur 1). Ut fra figur 1 kan vi antyde at arbeidsforbruket per ku avtar med størrelsen på besetningen. Denne effekten er spesielt stor når små gårder utvider, mens arbeidsforbruket ser ut til å avta mindre utover 40 årskyr.

Figur 2 viser videre at utviklingen går i retning av færre og større bruk. De små brukene legger enten ned driften eller øker produksjonen. Brukene med over 30 melkekyr går samtidig fra å ha i gjennomsnitt 38,9 melkekyr i 2002, til i gjennomsnitt 47,5 melkekyr i 2015 (SSB, 2016). For alle bruksstørrelser var det til sammenligning gjennomsnittlig 25,6 melkekyr per bruk i 2015 (Budsjettnemnda for jordbruket, 2016).

Til tross for at gårdene stadig blir større, har ikke dette vært nok til å hindre at den store reduksjonen i antall bruk også har ført til færre årskyr totalt (Fjellhammer, 2013). En viktig årsak til at melkeproduksjonen likevel har holdt seg stabil er en betydelig økning i avdrått³ gjennom en lang periode (NIBIO, 2016). Budsjettnemnda for Landbruket har ført statistikk over



Figur 2: Strukturendringen i norsk melkeproduksjon (SSB, 2016)

² En årsku er en melkeku med 365 fôrdager etter første kalving (Lystad, Nefstad, Fredriksen, & Animalia, 2007).

³ Avdrått er et mål på hvor mange mye melk hver ku produserer i gjennomsnitt hvert år (TINE SA, 2013a).

avdråttan på norske melkegårder helt tilbake til 1959. Fra 1959 frem til 2016 ser vi at gjennomsnittlig avdrått har økt fra 2 654 liter til 7 249 liter.

Samtidig med at gårdene har blitt større, har også driften blitt lagt om. Hvis vi igjen benytter 1959 som sammenligningsgrunnlag og ser på landbruket generelt, er landbruksarealet per bruk i gjennomsnitt 4,5 ganger høyere i dag, mens omsetningen er 5,5 ganger høyere, og investeringene 6,5 ganger høyere per bruk målt i fast pengeverdi (Landbruks- og matdepartementet, 2016). Arbeidsforbruket per gård er imidlertid redusert med en tredel i den samme perioden, hovedsakelig som en følge av mekanisering og effektivisering av arbeidsprosessene. Som et eksempel hadde 48 prosent av brukene hest i 1959, mens kun 20 prosent hadde en firehjulstraktor (Rognstad, Løvberget, & Steinset, 2016). I løpet av 1970-tallet ble hesten som trekkraft faset ut i landbruket, og i 2013 hadde 94 prosent av brukene traktor.

Krav om økt effektivitet, teknologi og skalafordeler driver melkebonden til å øke produksjonen. For å kunne gjøre det må imidlertid bonden investere, og Fjellhammer (2013) lister opp tre kostnadmessige terskler som er spesielt viktige for at bonden skal bli i stand til å øke produksjonen. Tersklene ligger i egen arbeidstid på gården, kostnader knyttet til lengre transportavstand for å høste og hente grovfôr, og kostnader knyttet til anskaffelse av melkerobot.

2.2. Landbrukspolitikken innflytelse på norsk melkeproduksjon

Landbruket er i dag sterkt regulert, i tillegg til at det er basert på importvern og en rekke støtteordninger. Dette kommer av at landbruket tradisjonelt har blitt sett på for å være viktig for en rekke andre samfunnsformål enn kun matproduksjon. Ifølge Landbruks- og matdepartementet (1999) skal målsettingen med norsk landbruk være *«å sikre helsemessig trygg mat av høy kvalitet med bakgrunn i forbrukernes preferanser, produsere andre varer og tjenester med utgangspunkt i næringens samlede ressurser, og produsere fellesgoder som livskraftige bygder, et bredt spekter av miljø- og kulturgoder, og en langsiktig matforsyning.»*

De politiske virkemidlene som benyttes for å påvirke norsk melkeproduksjon kan hovedsakelig deles inn i tilskuddsordninger og melkekvoter (Fjellhammer, 2013). Den sittende regjeringen har ønsket endringer i jordbrukspolitikken i en retning de mener skal stimulere til økt volum og

redusere myndighetskontrollerte begrensninger, noe som har ført til en rekke endringer på hvordan disse virkemidlene er utformet (Landbruks- og matdepartementet, 2016).

2.2.1. Tilskudd

Tilskuddene til landbruket omfatter alle former for direkte støtte fra staten, og er opprettet ut fra en rekke ulike hensyn. Vi mener at tilskuddsordningene som er mest relevant for oppgaven vår er distriktstilskudd melk, tilskudd husdyr og arealtilskudd. Distriktstilskudd melk er et pristilskudd for å kompensere for ulike naturgitte produksjonsvilkår, mens de to andre tilskuddene er produksjonstilskudd basert på henholdsvis antall melkekyr⁴ per bruk og antall dekar bonden benytter til grovfôrproduksjon (Landbruks- og matdepartementet, 2014).

Produksjonstilskuddene ble endret etter jordbruksforhandlingene i 2014. For arealtilskuddet ble struktur differensieringen og toppavgrensningen fjernet, som innebar at det for første gang ble en fast tilskuddssats per dekar uavhengig av størrelsen på arealet (Statens landbruksforvaltning, 2014). For husdyrtilskudd ble det samtidig bestemt at det for første gang skulle gis tilskudd for melkekyr utover de 50 første dyrene. Hovedhensikten med endringene fra regjeringens side har ifølge Landbruks- og matdepartementet (2016) vært å forenkle dagens tilskuddssystem, men det fremgår samtidig at det er forventet å gi visse omfordelingseffekter til fordel for større bruk.

2.2.2. Melkekvoter

Produksjonen av melk reguleres ved hjelp av melkekvoter. Kvotesystemet har som mål å sørge for en stabil produksjon ved at hvert bruk tilpasser produksjonen til sin tildelte melkekvote, samtidig som man sørger for høyere melkepriser for bonden (Fjellhammer, 2013). Melkekvotene kan selges eller leies ut mellom brukene innenfor visse omsetningsregioner, som stort sett tilsvarer fylket bruket er lokalisert i (Elstrand et al., 2015). Kvotesystemet sørger derfor også for en bestemt geografisk fordeling av melkeproduksjonen, men innebærer samtidig at vi får en situasjon hvor det er etterspørselsunderskudd etter kvoter i noen regioner og etterspørselsoverskudd i andre. Dette kan videre føre til at kvotesystemet hindrer bønder i noen områder fra å øke produksjonen, selv om det skulle være behov for mer melk når man ser hele landet under ett.

⁴ En melkeku defineres her som en ku som har kalvet i løpet av de siste 15 månedene og som produserer melk innenfor ordningene om produksjonsregulering av melk (Fjellhammer, 2013).

Fjellhammer (2013) fant at de største brukene i større grad enn de små brukene ser på tilgangen på kvote som en begrensende faktor. Brukene med en melkekvote på 350 000 liter melk eller mer er de som skiller seg mest ut. 350 000 liter melk tilsvarer omtrent 48 årskyr om vi tar utgangspunkt i gjennomsnittlig avdrått i 2016.

Under jordbruksforhandlingene i 2014 ble kvotetaket per bruk hevet til 900 000 liter, fra tidligere å ha ligget på 412 000 liter for enkeltbruk og 750 000 liter for samdrifter (Huus, 2014). Det kan ha ført til at kvoter i mindre grad enn tidligere begrenser produksjonen. Det kan imidlertid også tenkes at det vil øke etterspørselen etter kvoter i visse omsetningsregioner da bruk som tidligere lå på kvotetaket nå kan utvide.

Sett fra et økonomisk perspektiv blir en konsekvens av kvotesystemet uansett at bønder må kjøpe seg retten til å øke produksjonen. Fjellhammer (2013) peker på at handelen med kvoter dermed øker kapitalbehovet for bøndene som ønsker å øke produksjonen. Med høy etterspørsel i visse regioner vil dette innebære at den kostnadmessige terskelen for å øke produksjonen blir spesielt høy her.

2.2.3.Forskrift om hold av storfe

Det er et høyt fokus på dyrevelferd i norsk melkeproduksjon. Det siste tiåret har norske besetninger gått mot friskere melkekyr med mindre behov for medisiner (TINE SA, 2013b). En av faktorene som har bedret dyrevelferden har vært en økende andel nye løsdriftsfjøs, hvor det gjerne er bedre plass og inneklime. Fra 1. januar 2034 skal alle melkebruk ha løsdriftsfjøs, og de tradisjonelle båsfjøsene med rørmelking må fases ut (Forskrift om hold av storfe, 2004, § 32).

Fjellhammer (2013) finner at driftsbygningen er den viktigste begrensende faktoren for å utvide melkeproduksjonen, uavhengig av hvor stor produksjonen er i utgangspunktet. Samtidig er det imidlertid bøndene på de minste gårdene som i størst grad peker på driftsbygningen som den begrensende faktoren. Vi kunne derfor forvente at det er denne gruppen som mest sannsynlig vil øke produksjonen når lovbestemmelsen trer i kraft.

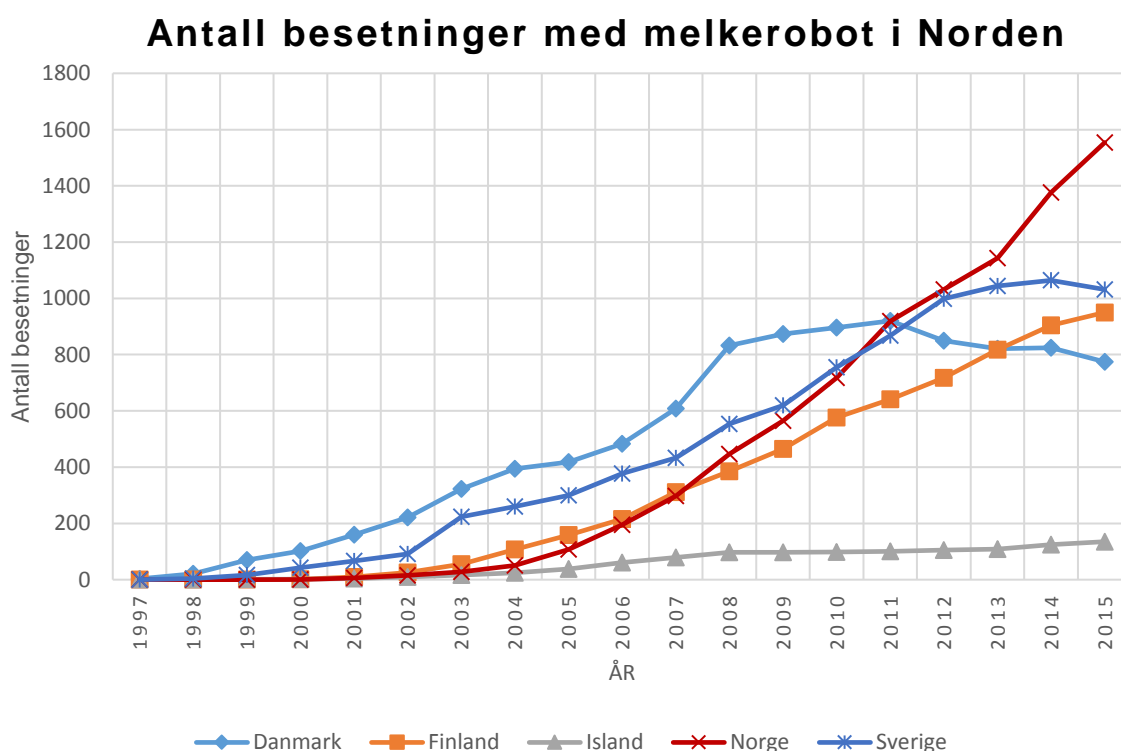
Fjellhammer & Thuen (2017) fant at bønder som nå bygger løsdriftsfjøs for spesialiserte melkebesetninger, i gjennomsnitt skal ha 50 kyr. Dette er betydelig høyere enn gjennomsnittlig antall kyr for alle melkebruk i 2015. Samme studie fant at 66 prosent av de som skal legge om til løsdrift også skal investere i melkerobot.

2.3. Automatiske melkesystemer i Norge

Automatiske melkesystem brukes om en type melkesystem hvor alle funksjonene knyttet til melkingen har blitt automatisert (de Koning & Rodenburg, 2004). På bruk med AMS må kyrne frivillig oppsøke melkeroboten for å bli melket.

Første gang AMS ble installert på en kommersiell gård, var i Nederland i 1992 (de Koning & Rodenburg, 2004). Utbredningen har særlig vært stor i nordvest-Europa, som de Koning & Rodenburg (2004) anslo å ha så mye som 80 prosent av alle melkeroboter i verden. Flere maskinleverandører forventer at 50 prosent av alle kuer vil bli melket av AMS i dette området innen 2025 (Beekman & Bodde, 2015).

I Norge ble AMS for første gang installert på en gård i år 2000, og det har siden vært en sterk økning i antall melkebruk med AMS (se figur 3). Det norske markedet for AMS er i hovedsak delt mellom to leverandører, hvor DeLaval hele tiden har vært størst, mens Lely stort sett har hatt resten av markedet (Ruud, 2014).



Figur 3: Antall besetninger med melkerobot i ulike nordiske land (NMSM, 2016)

Fra figur 3 kan vi se at Norge har betydelig flere besetninger med AMS enn de andre nordiske landene. I 2015 var det over 1 500 besetninger i Norge med AMS. Samtidig ble 33 prosent av alle melkekyr i Norge melket med AMS, og disse produserte 35 prosent av den totale melkemengden dette året. Norge er imidlertid ikke landet med flest melkeroboter, da det samtidig har færrest roboter per besetning (NMSM, 2016). Mens norske AMS-bruk har én melkerobot i gjennomsnitt, har Danmark til sammenligning 2,8. Ifølge DeLaval (2015) har deres melkerobot en kapasitet på om lag 75 kyr. Forskjellen kan derfor trolig skyldes at norske AMS-besetninger er mindre enn i resten av Norden.

Den store satsingen på AMS i Norge har medført en omfattende investeringskostnad for bøndene. Prisen for en melkerobot ligger på mellom 1 og 1,5 millioner kroner (TINE SA, 2013b). I perioden fra 2000 til 2015 kan vi derfor anslå at norske melkebønder samlet har investert rundt 2 milliarder kroner bare på selve roboten. Hansen (2015) fant at flertallet av bøndene som hadde gått over til AMS, samtidig hadde bygget helt nytt fjøs eller foretatt en betydelig ombygging. Kostnaden knyttet til overgangen til AMS kan derfor forventes å ha vært høyere for de fleste bøndene.

2.4. Relevant litteratur

Melkebøndene selv peker på mange forskjellige årsaker til at de velger å bytte fra KMS til AMS. De vanligste argumentene er økt fleksibilitet i jobbhverdagen og mindre fysisk anstrengende arbeid, mens økonomiske årsaker ikke fremheves like ofte (Hansen, 2015; Mathijs, 2004). Det finnes imidlertid få studier som ser på lønnsomhetsforskjeller mellom AMS- og KMS-bruk. Etter det vi kjenner til er det kun en norsk og to nederlandske studier som har basert seg på regnskaps- og produksjonsdata. Øvrige økonomiske analyser baserer seg hovedsakelig på simuleringer (Bijl, et al., 2007; Steeneveld, Tauer, Hogeveen, & Lansink, 2012).

Nederlandske melkebruk har i gjennomsnitt betydelig større besetninger enn i Norge (Central Bureau voor de Statistiek, 2017). I de nederlandske studiene under hadde brukene i overkant av 100 årskyr i gjennomsnitt, mens de norske brukene hadde under 50. Sammenligninger til nederlandske melkebruk blir derfor noe ukorrekt. Siden vi viser til at brukene i Norge stadig blir større, kan sammenligninger likevel være interessante.

2.4.1. Økonomiske aspekter knyttet til melkerobot

Vasseljen (2016) baserte seg på gårdsregnskap fra 64 bruk med AMS og 33 bruk med KMS i 2015. KMS-brukene som ble plukket ut hadde alle en bruksstørrelse nært gjennomsnittsstørrelsen for AMS-brukene, på 41,4 årskyr. AMS-brukene oppnådde en høyere inntekt som følge av økt avdrått, men fikk samtidig en lavere melkepris per liter. AMS-brukene hadde høyere variable kostnader, særlig knyttet til kraftfôr. De faste kostnadene var lavere for AMS-brukene, hovedsakelig som en følge av lavere arbeidsforbruk og lavere kostnader til maskiner og redskap. Samtidig hadde disse brukene høyere strømkostnader og vedlikeholdskostnader for roboten. Resultatet etter avskrivninger viste seg som noe høyere for AMS-brukene, men store forskjeller mellom bruksgruppene i tid siden investering gjør at han ikke kommer med noen klare konklusjoner med tanke på lønnsomheten. Vasseljen (2016) gir heller ingen tydelige beskrivelser av om forskjellene han finner er statistisk signifikante.

Bijl, Hogeveen & Kooistra (2007) baserte analysene sine på regnskapsdata fra 31 AMS- og 31 KMS-bruk fra Nederland for 2003, samt 16 gårder fra hver gruppe i 2002. De benyttet en tohalet Wilcoxon test for matchede par for å analysere forskjeller mellom gruppene. Parene som ble sammenlignet var satt sammen på grunnlag av likheter i total melkeproduksjon, investeringsår og hvor intensivt jordbruksarealet ble utnyttet. AMS-brukene produserte melk med lavere proteinprosent, samtidig som de ikke oppnådde noen signifikant høyere avdrått. Produktinntektene for bruksgruppen ble derfor lavere. AMS-brukene hadde lavere variable kostnader, spesielt som følge av lavere kostnader til fôr og innkjøp livdyr. De faste kostnadene var høyere på grunn av høyere kostnader til konsulenttjenester, samt gass, vann og elektrisitet. Arbeidsforbruket var lavere for AMS-brukene. De finner at resultatet før avskrivninger, rentekostnader og kostnader for arbeidsforbruk er mindre for AMS-brukene, men høyere når resultatet er uttrykt per årsverk.

Steenefeld et al. (2012) gjennomførte en analyse av 63 AMS- og 337 KMS-bruk med data fra 2010. Her benyttet de data envelopment analysis (DEA) for å undersøke brukenes inntektseffektivitet. Kostnadene knyttet til avskrivninger, vedlikehold av maskiner og utstyr, samt elektrisitet og vann viste seg som signifikant høyere for AMS-brukene. AMS-brukene produserte melk med lavere proteinprosent, men ikke nok til at inntekten ble lavere enn på sammenlignbare KMS-bruk. De fant ingen statistisk signifikant forskjell i inntektseffektiviteten mellom de to bruksgruppene. De fant heller ingen forskjell når de sammenlignet AMS-bruk som investerte i melkesystemet i 2008 eller tidligere, mot de som investerte senere.

Lenning & Moland (2016) gjennomførte en analyse med data for 157 KMS-bruk og 55 KMS-bruk fra 2012 og 2013. De benytter en stokastisk frontanalyse, også her for å finne brukenes inntektseffektivitet. De finner at AMS-brukene som investerte før 2012 er relativt mer inntektseffektive enn KMS-bruk. For AMS-bruk som investerte i 2012 eller 2013 finner de derimot ingen statistisk signifikant forskjell. Ulikt fra Steeneveld et al. (2012) bruker de imidlertid ikke kapital og driftskostnader som innsatsfaktor i sin modell, noe de peker på som en svakhet.

Vi finner kun simuleringsstudier som ser på lønnsomhetsforskjeller mellom AMS- og KMS-bruk over ulike bruksstørrelser. Rotz, Coiner & Soder (2003) fant at små AMS-bruk hadde lavere resultat etter avskrivninger, men for brukene over 50 årskyr var ikke forskjellene lenger signifikante. Wauters & Mathijs (2004) finner til sammenligning lavere lønnsomhet på AMS-bruk som har 68 eller 80 årskyr, mens bruk med 128 eller 150 årskyr viser seg å være mer lønnsomme enn KMS-bruk av samme størrelse. En svakhet ved simuleringsstudier er imidlertid at de kun sammenligner den forventede innsparingen i arbeidsforbruk og den økte melkeproduksjonen, med de økte investerings- og vedlikeholdskostnadene (Bijl, et al., 2007). Overgangen til AMS innebærer at mange aspekter ved driften endres (Hansen & Jervell, 2014), og studier basert på regnskapsdata ville trolig vært mer representativt.

Lønnsomhet i melkeproduksjon påvirkes også av melke kvaliteten da denne er avgjørende for melkeprisen (Bijl, et al., 2007; Tine Råvare, 2017). Dette gjelder også for Nederland (Bijl, et al., 2007). I tillegg til protein- og fettinnhold, kan faktorer som frie fettsyrer, somatisk celletall og bakterieinnhold påvirke melkeprisen. Noen studier viser til lavere melkekvalitet hos kyr som melkes av melkerobot (de Koning, 2010; Rasmussen, Wiking, Bjerring, & Larsen, 2006). Dette kan tenkes å også føre til en lavere melkepris for disse produsentene.

2.4.2. Ikke-økonomiske aspekter knyttet til melkerobot

AMS innebærer at melkingen blir helautomatisert. Med økt fleksibilitet i arbeidshverdagen menes det derfor at det gis større mulighet til å arbeide når det passer for bonden, noe som gjør det enklere å kombinere driften med et sosialt liv og unngå problemer med for lite søvn (Hansen, 2015). På den andre siden tar roboten aldri helt fri fra melkingen, mens kuene tidligere ble melket til faste tider. Roboten har en programvare som gjør at bonden når som helst kan bli varslet over telefon om at noe ikke er i orden, noe som kan gi en følelse av at man aldri har helt fri fra gårdsdriften.

Overgangen til en mer kapitalintensiv drift endrer typen arbeid som må utføres, og fokuset flyttes fra å melke kuene til å overvåke kuene og melkeroboten (Hansen, 2015). Bonden får mindre tungt arbeid (Mathijs, 2004), og gitt at besetningsstørrelsen er den samme får bonden mer fritid. Imidlertid viser praksis at de som installerer robot, ofte også utvider besetningen så mye samtidig at samlet tid brukt i fjøset kan forbli uendret (Hansen, 2015).

Robotens programvare gir bonden en mulighet til å endre måten han arbeider på ytterligere ved at den gir detaljert informasjon om ulike indikatorer for hver enkelt ku, noe som i utgangspunktet er en fordel. Selv om programvaren kan hjelpe bonden med å ta kvalifiserte beslutninger, kan den også ende opp med å overvelde bonden med for mye data (Butler, Lewis, & Bear, 2012). En potensiell negativ konsekvens av dette er at gårdbrukeren tilbringer for mye tid foran dataskjermen. Dette kan det føre til at bonden slutter å følge opp enkeltkyr, og glemmer at roboten ikke kan erstatte en god gårdbruker og fysisk kontakt med dyrene.

Flere studier finner at det tar flere dager å lære dyrene opp til å bli melket med melkeroboten (Nogalski, Zerpach, & Pogorzelska, 2011). I denne overgangsperioden blir kyrne mer stresset, og kyrne får samtidig en økt risiko for å bli syke (Hillerton et al., 2004). Etter denne perioden ser ikke valg av melkesystem ut til å ha betydning for kyrenes helse.

3. Data og Metode

For å besvare den overordnede problemstillingen om hvorvidt det eksisterer lønnsomhetsforskjeller mellom norske AMS- og KMS-gårder benytter vi oss av minste kvadraters metode på et ubalansert paneldatasett over regnskaps- og produksjonsdata. Før regresjonsanalysen utfører vi en kernel-matching for å gjøre AMS- og KMS-brukene mer sammenlignbare. I dette kapitlet vil vi presentere datasettet og noen av de viktigste variablene for vår analyse, før vi diskuterer valg av metode. Til slutt presenterer vi den empiriske modellen vi bygger analysen vår på.

3.1. Datagrunnlag

Dataene vi bruker i oppgaven er i hovedsak hentet fra Tine Mjølkonomi. Dette er en tjeneste for regnskap og bedriftsstyring som tilbys av Tine Rådgivning til bønder som leverer melk til Tine (Myrseth, 2015). Da vi startet arbeidet hadde vi tilgjengelig data for regnskapsårene 2014 og 2015.

Datasettet muliggjør dekomponering av de fleste størrelser ned på enkelte driftsgrener. Disse er melkeku, kvigeoppdrett, oksekjøttproduksjon og grovfôrproduksjon. Da vi vil se spesifikt på melkerobotens effekt på lønnsomhet i melkeproduksjonen, bruker vi utelukkende økonomiske størrelser fra driftsgrenen «Melkeku» i våre analyser. Unntaket er avskrivningene på melkesystemet. Dette finner vi kun på den aggregerte driftsgrenen «Storfe», som omfatter alle driftsgrener utenom grovfôrproduksjon.

Tines mellegårder står for 95 prosent av Norges meierileveranser og kan dermed antas å være representative for å studere landets melkeproduksjon⁵. For regnskapsårene 2014 og 2015 er henholdsvis 11 og 12 prosent av brukene som leverte melk til Tine også registrert i Tine Mjølkonomi⁶.

⁵ Regnet ut fra Tines årsrapport og Jordbrukets totalregnskap (Budsjettnemnda for Jordbruket, 2016; TINE SA, 2016)

⁶ Regnet ut på grunnlag av tall fra Tines årsrapporter (TINE SA, 2015, 2016). 2014: 1025/9241. 2015: 1054/8718.

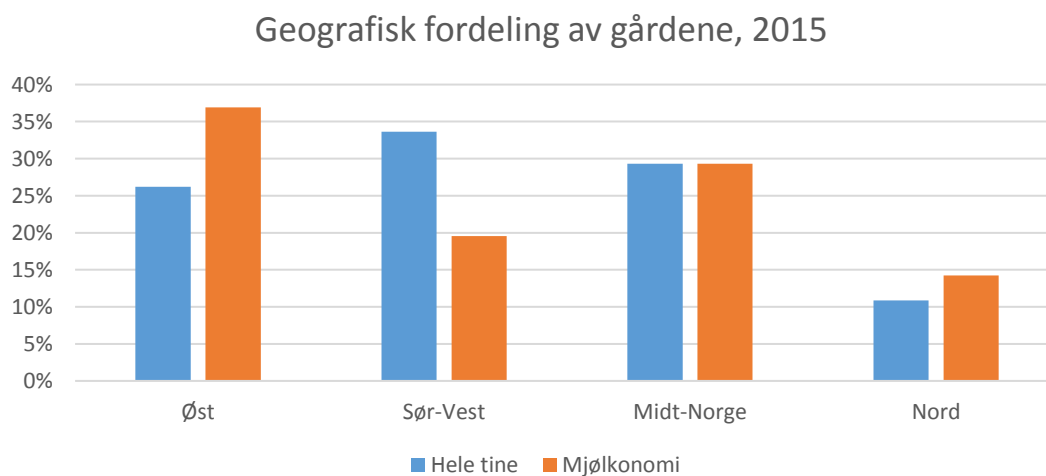
3.1.1. Om utvalget i datasettet

I statistiske analyser bør utvalget av individer være representativt for populasjonen for at man skal kunne estimere konsistente estimater for statistisk inferens (Wooldridge, 2013). Utvalget vi analyserer består av bønder som selv har valgt å kjøpe en driftsstyrings- og analysetjeneste. Det er dermed mulig at disse har andre karakteristikker og forutsetninger for driften enn melkebøndene i resten av populasjonen.

For å undersøke utvalget sammenligner vi tall fra Tines årsrapporter og Budsjettnemnda for jordbruket, med størrelser i datasettet vårt. I figur 4 sammenligner vi geografisk fordeling av alle gårdene i Tine med fordelingen av gårdene i datasettet vårt. Hele landet ser ut til å være representert i datasettet, men vi ser også ut til å ha en overrepresentasjon av gårder fra Østlandet, samtidig som gårder fra Sør-Vest ser ut til å være noe underrepresentert.

En enkel sammenligning av hele populasjonen – jordbruk med melkeproduksjon i Norge – og utvalget i datasettet vårt for 2015, er gjengitt i tabell 1. Vi ser at vårt utvalg i gjennomsnitt har flere melkekyr, og at kyrne på disse gårdene i snitt har høyere avdrått målt i liter melk pr. ku. Samtidig har en betydelig høyere andel av brukene i vårt datasett installert AMS.

Utvalget vi studerer er altså ikke trukket tilfeldig. Den geografiske forskyvningen fra Sør-Vest til Øst, samt gårdenes størrelse, ytelse og andel bruk med melkerobot tyder på at utvalget har en noe annen sammensetning enn populasjonen vi ønsker å trekke slutninger for.



Figur 4: Geografisk fordeling av gårdene for hele Tine (TINE SA, 2016), sammenlignet med gårdene i vårt datasett.

Tabell 1: Gjennomsnittstall for hele landet (Budsjettnemnda for jordbruket, 2016; NMSM, 2016), sammenlignet med vårt utvalg fra Mjølkonomi. Alle tall er fra 2015.

	Norge	Mjølkonomi
Årskyr (Melkeku)	25,6	33,9
Liter melk per ku	7 038	7 342
Andel AMS	17,7 %	34,1%

Vi har tidligere pekt på at AMS-besetninger er større enn gjennomsnittsbesetninger (NMSM, 2016) og at kyr i AMS-besetninger kan ha høyere avdrått (Vasseljen, 2016). Mye av forskjellen observert i tabell 1 kan dermed trolig skyldes høyere andel AMS. Denne variasjonen vil vi ta høyde for når vi kontrollerer for melkesystem i analysen.

Det kan være enkelte karakteristikk blant gårdbrukere som gjør at de velger å kjøpe regnskaps- og driftsanalyser. Det kan også tenkes at styringsverktøyene fra Tine Rådgivning hjelper bonden å drive mer effektivt. Disse punktene, sammen med utvalgsskjevheten, gjør at vi må være noe mer forsiktige i tolkningen av resultatene enn hvis vi hadde studert et tilfeldig utvalg.

3.1.2. Klargjøring av datasettet

Før vi starter analysen av lønnsomhetsforskjeller mellom AMS-bruk og bruk med konvensjonelle melkesystemer, går vi gjennom datasettet for å fjerne irrelevante observasjoner og åpenbare feilregistreringer.

Formålet med oppgaven er å beskrive økonomiske forskjeller som kan forklares ut fra type melkesystem. På grunnlag av dette er det første vi gjør å fjerne 158 observasjoner der informasjon om melkesystemet mangler. Vi fjerner også 7 observasjoner hvor vi mangler data på antall årskyr i melkeproduksjon, da dette er en viktig forklaringsvariabel som beskriver melkeproduksjonens størrelse.

For melkesystem har vi laget en variabel som sier hvor mange år som har gått siden siste investering. Her har vi 55 manglende verdier, og 26 gårder hvor investeringen skjer i 2015. En

foreløpig analyse viste at tid siden sist investering i melkesystem har lite å si for resultatene på KMS-bruk. På disse har vi derfor erstattet manglende observasjoner med gjennomsnittsverdien fra andre KMS-bruk. Fem observasjoner fra AMS-gårder som manglet data for investeringstidspunkt ble fjernet. Dette gjorde vi fordi vi spesielt vil undersøke effekter knyttet til overgangen fra konvensjonelle melkesystem til melkerobot.

I tillegg til vurderingene over, velger vi å fjerne observasjoner hvor størrelsesforholdet mellom variabler er åpenbart urimelig. Etter klargjøringen står vi igjen med 1920 observasjoner, hvorav 632 med AMS. Så langt vi kjenner til er dette det største datasettet som er tatt i bruk for økonomiske sammenligninger mellom bruk med og uten AMS.

3.2. Deskriptiv sammenligning

Driftsresultat er i analysen vår det resultatet bøndene får når alle *produksjonsavhengige kostnader* i driftsgrenen melkeku er trukket fra alle *produktinntekter* i samme driftsgren. Med *produksjonsavhengige kostnader* mener vi summen av variable kostnader og faste kostnader som varierer med produksjonsomfanget. I *produktinntekter* inkluderer vi alle statlige tilskudd som også inngår i driftsgrenen melkeku. Disse utgjør en betydelig del av bondens inntekter, og er derfor viktige når bonden skal ta avgjørelser og tilpasse seg.

I tabell 2 ser vi deskriptivt at både driftsresultat, produktinntekter og produksjonsavhengige kostnader er på gjennomsnittet opp mot dobbelt så store på bruk med AMS, sammenlignet med bruk med KMS. Samtidig ser det ut til at bruk med AMS har dobbelt så mange årskyr, og større areal. Andelen bruk som opererer med samdrift ser også til å være betydelig høyere på bruk med AMS. De økonomiske forskjellene vi finner i den deskriptive analysen stammer dermed sannsynligvis fra størrelse- eller samdriftseffekter. Vi kan ikke hevde noe om lønnsomhetseffekter knyttet til melkeroboten her, men vi ser at brukene som har investert i melkerobot generelt er større enn de med konvensjonelle melkesystemer.

Deskriptivt kan vi også gjøre en observasjon på størrelsen av *Avskrivninger på inventar*. Disse er i hovedsak avskrivninger på fast teknisk utstyr i fjøset slik som melkesystem, utgjødslingssystem, fôringsautomater osv. Der de andre økonomiske størrelsene i snitt ikke er mer enn dobbelt så store på AMS-bruk som på KMS-bruk, er avskrivningene nærmere syv ganger så store på AMS-brukene. Dette kan vi knytte til en betydelig høyere investeringskostnaden for melkerobot som vi har pekt på tidligere.

Tid siden sist investering i melkesystem varierer også betydelig mellom de to gruppene. Halvparten av AMS-brukene har investert i melkerobot for tre år siden eller mindre. Datasettet inneholder også det bruket som var først ute med melkerobot i Norge i år 2000 – dette kommer frem av maksverdien 15 på *År siden investering i melkesystem* for AMS-bruk. Til sammenligning er det på brukene med konvensjonelle melkesystem i gjennomsnitt 19,5 år siden sist investering.

Et viktig poeng fra den deskriptive sammenligningen er at brukene som har melkerobot er tydelig forskjellig fra brukene som ikke har det. I et ideelt eksperiment ville vi latt tilfeldige bønder investert i melkerobot, for så å analysere effekten opp mot en kontrollgruppe med tilnærmet like karakteristikk. Selv om vi kan kontrollere for antall årskyr og tid siden sist investering i melkesystem i en regresjon, kan uobserverbare egenskaper knyttet til små, gamle bruk eller store, nyere bruk påvirke resultatene. Dette løser vi i metoden ved å matche AMS-brukene med mer sammenlignbare KMS-bruk.

Tabell 2: Deskriptiv statistikk over viktige variabler, fordelt etter melkesystemAlle størrelser i NOK, i tillegg til *Årskyr*, er fra driftsgrenen Melkeku. Unntaket er *Avskrivninger på inventar* som er fra den aggregerte driftsgrenen Storfe.

VARIABLER	Enhet	AMS (N=632)						KMS (N=1288)					
		N	Gj.snitt	Std.avvik	Median	Min	Max	N	Gj.snitt	Std.avvik	Median	Min	Max
Årskyr	Antall	632	49.2	16.7	47.6	15.8	120.7	1288	25.5	11.5	22.8	7.1	122.4
Driftsresultat	NOK	632	1 113 000	443 339	1 054 000	-362 027	2 900 000	1288	651 314	253 352	615 037	-73 971	2 157 000
Produktinntekter	NOK	632	2 909 000	979 337	2 806 000	838 631	6 721 000	1288	1 530 000	625 274	1 395 000	411 322	6 637 000
Produksjonsavhengige kostnader	NOK	630	1 798 000	661 632	1 716 000	450 916	4 371 000	1279	881 290	449 530	781 902	151 336	5 807 000
Avskrivninger på inventar	NOK	365	111 104	83 367	112 000	81	455 861	582	16 894	29 163	6 995	43	268 739
Areal slått og beite	daa	632	571	288	509	0	1 928	1288	364	170	329	0	1 720
År siden investering i melkesystem	År	632	3.8	2.9	3.0	0	15	1288	19.5	12.5	18.7	0	49
Dyrlegekostnad	NOK	629	34 636	21 977	29 844	250	162 274	1281	20 578	12 157	17 695	84	86 374
DUMMYVARIABLER			N			Andel			N			Andel	
Økologisk drift			41			6.5 %			71			5.5 %	
Samdrift			203			32.1 %			101			7.8 %	
2015			360			57.0 %			683			53.0 %	

3.3. Empirisk modell

Bøndene velger selv om de skal investere i melkerobot, og vi observerer at brukene som har melkerobot har andre egenskaper enn brukene som har KMS. Vi har også observert at bruk med AMS er høyere representert i datasettet vårt, enn i populasjonen. Disse skjevhetene vil vi korrigere for med å matche AMS-brukene med mer sammenlignbare KMS-bruk.

«Propensity Score Matching» (Rosenbaum & Rubin, 1983) er en metode for å finne de observasjonene i kontrollgruppen som ligner mest på behandlingsgruppen. Ved regresjon kan man estimere sannsynligheten, eller *propensity scoren*, for å få behandling gitt et sett av karakteristikk. Det enkleste er å deretter matche observasjoner fra behandlingsgruppen med kontrollgruppeobservasjoner som har tilnærmet lik propensity score. I vårt tilfelle finner vi at antall årskyr og tid siden sist investering i melkesystem kan brukes til å predikere om et bruk har valgt å investere i melkerobot eller ikke. Vi har imidlertid få KMS-bruk som kan matches med AMS-brukene. En enkel matching på propensity score medfører at vi vekter noen få KMS-bruk svært høyt, og ignorerer informasjonen i resten av kontrollgruppen.

Heckman, Ichimura og Todd (1998) utvider matching-litteraturen med å foreslå en kernel-basert vektning av observasjonene i kontrollgruppen. Det er denne matching-metoden vi kommer til å bruke. I kernel-matchingen får hver observasjon i kontrollgruppen en vekt basert på hvor forskjellig den er fra behandlingsgruppen. Fordelen er at vi kan bruke informasjonen fra nesten alle observasjonene i analysen. I praksis betyr dette at vi gir en lavere vekt til de små, eldre KMS-brukene, mens de større KMS-brukene som har investert nylig blir høyere vektet. I stedet for å bruke estimerte sannsynligheter i matchingen bruker vi odds ratioen, da dette gjør analysen mer robust i tilfellet med oversampling (Smith & Todd, 2005).

Av de avhengige variablene vi analyserer er det varierende antall observasjoner. Kernel-matchingen blir derfor utført på nytt før hver regresjon slik at vektene alltid er basert på det gjeldende utvalget.

For de fleste gårdsbrukene har vi data for både 2014 og 2015. En fordel med denne datastrukturen er at vi kan gjøre den individspesifikke variasjonen fast over tverrsnittene ved å bruke Fixed Effects-estimatoren (Wooldridge, 2013). Da vi kun har 21 gårder som endrer

fra konvensjonelt til automatisk melkesystem i tidsperioden, vil imidlertid dummyer på melkesystem kun reflektere variasjonen på disse gårdene. Vi ønsker å utnytte at vi har et stort datasett med mange AMS-gårder, og velger derfor OLS-estimatoren fremfor Fixed Effects. Svakheten ved dette valget er at uobserverbare individspesifikke forskjeller, som utdanningsnivå, ambisjoner eller livssituasjon, kan påvirke resultatene.

Etter matchingen bruker vi regresjonsanalyse for å se hvordan økonomiske størrelser Y_{it} varierer som følge av forskjeller i melkesystem, størrelse på bruket, og tid siden sist investering i dagens melkesystem. Vi studerer også samspillseffekter mellom disse tre forklaringsvariablene. En rekke kontrollvariabler som forklarer deler av variasjonen er også inkludert. I hovedsak bygger analysen på følgende regresjonsligning:

$$Y_{it} = \beta_0 + \delta_1 AMS_{it} + \beta_1 KU_{it} + \beta_2 KU_{it}^2 + \beta_3 AMS_{it} * KU_{it} + \beta_4 OVER4_{it} * AMS_{it} * KU_{it} \\ + \gamma_k kontroll_{it} + \delta_2 2015_t + \epsilon_{it}$$

der:

$$i = 1, 2, \dots, 1043 \quad t = 1, 2$$

$$AMS_{it} = \begin{cases} 1 & \text{hvis melkesystem er AMS} \\ 0 & \text{hvis konvensjonelt melkesystem} \end{cases}$$

$$KU_{it} = \text{Antall årskyr i melkeproduksjonen}$$

$$OVER4_{it} = \begin{cases} 1 & \text{hvis siste investering i melkesystem er mer enn 4 år siden} \\ 0 & \text{hvis investering i melkesystem har funnet sted siste 4 år} \end{cases}$$

$$kontroll_{it} = \text{kontrollvariabel } 1, 2, \dots, k$$

I modellen bruker vi antall årskyr som størrelsesmål fordi vi ser dette som den mest driftsrelevante størrelsen i melkeproduksjonen. Vi antar også at den marginale utnyttelsen av kyrne ikke vil være konstant, og inkluderer derfor et annengradsledd for årsku. Interaksjonen

mellom AMS og antall årskyr er inkludert fordi vi antar at forskjellene mellom AMS- og KMS-bruk vil variere med størrelsen på bruket.

Variabelen for *tid siden sist investering i melkesystem* er delt inn i to kategorier – en for de som har investert de siste fire årene, og en for de som har investert for mer enn fire år siden. Dette gjør tolkningen av interaksjonsleddene enklere å presentere i analysen. Vi velger 4 år fordi det er her vi først finner signifikante forskjeller i den innledende analysen.

Tidsdummyen 2015 er tatt med for å fange opp generelle makroeffekter som slår ut likt for alle bruk. Dette kan eksempelvis være prisendring på varer som gården selger eller kjøper, produktivitetseffekter, eller institusjonelle endringer.

De økonomiske størrelsene vi undersøker er driftsresultat for driftsgrenen «Melkeku», før og etter avskrivninger på inventar. Videre ser vi på inntekter og kostnader i melkeproduksjonen, og hva som kan være opphavet til de forskjellene vi finner mellom AMS- og KMS-bruk. Regresjonsligningen vi har presentert brukes i alle deler av analysen, men i noen tilfeller må vi kutte enkelte forklaringsvariabler. Dette vil komme tydelig frem i resultatene.

Når vi presenterer resultatene vil vi regne ut *Marginal Effects at Representative values* (MER), eller marginale effekter av AMS over representative verdier for antall årskyr. Med denne metoden tar vi hensyn til alle interaksjonsledd og regne ut forskjeller i predikerte verdier for AMS- og KMS-bruk. Denne differansen vil representere den økonomiske effekten av å ha investert i melkerobot over ulike bruksstørrelser.

4. Resultat

4.1. Resultater fra lønnsomhetsanalysen

Resultatene fra analysen av driftsresultat før og etter avskrivninger, samt aggregerte inntekts- og kostnadsstørrelser, presenteres i tabell 3. Vi finner her at det er klare lønnsomhetsforskjeller mellom AMS- og KMS-bruk. Alle variabler som forklarer variasjon over melkesystem i regresjonene er signifikant forskjellig fra null på 5 %-nivå. For driftsresultat før og etter avskrivninger, ser vi at AMS-brukene har en negativ nivåforskjell relativt til KMS-bruk. Samtidig ser vi av $AMS \cdot \text{Årsku}$ at resultatet stiger mer for hver ekstra årsku på bruk med AMS. Denne positive forskjellen økes ytterligere for AMS-brukene som har hatt melkeroboten i mer enn fire år. Resultatene peker mot at små AMS-bruk generelt har lavere lønnsomhet enn KMS-bruk av samme størrelse, men etter en viss størrelse har AMS-bruk høyest lønnsomhet. Dette krysningpunktet kommer tidligere for brukene som har investert melkerobot for mer enn fire år siden. Etter avskrivninger er den negative nivåforskjellen på AMS-bruk større, mens variablene som varierer med størrelsen er omtrent like store som før avskrivninger. Dette tyder på at krysningpunktet for når det er mer lønnsomt med melkerobot, vil komme senere om en tar hensyn til avskrivninger på melkeroboten.

I (2) har vi tatt ut dummyen for AMS da denne variabelen og interaksjonsleddet $AMS \cdot \text{Årsku}$ ikke ble signifikant forskjellig fra null da vi inkluderte begge. Nærmere undersøkelser viste at inntektseffekten av AMS tydeligst varierte med størrelsen, og ikke var konstant for alle brukene. Denne inntektseffekten for hver ekstra årsku på AMS-bruk, samt en ytterligere inntektseffekt på brukene som har hatt melkerobot i mer enn fire år, er signifikant på 1 %-nivå. Resultatet tyder på at kyrne på AMS-bruk yter mer enn kyrne på KMS-bruk.

Regresjon (3) for produksjonsavhengige kostnader viser til et tydelig høyere kostnadsnivå på bruk med AMS. Samtidig ser vi at forskjellene faller for større bruk. Tid siden investering i melkerobot ser ikke ut til å ha betydning for kostnadsnivået.

Tabell 3: Forskjeller i lønnsomhet mellom AMS- og KMS-bruk

Resultat og inntektsposter inkluderer tilskudd. Avskrivning på inventar, som i hovedsak omfatter melkesystemet, er kun tatt hensyn til i (4). Signifikante dummyer for sonetilskudd er inkludert i regresjonene, men utelatt fra tabellen av praktiske hensyn.

Robuste standardfeil i parentes. Signifikans på 10 %, 5 % og 1 % gitt ved *, ** og ***.

VARIABLER	Driftsgren Melkeku, før avskrivninger på inventar			Etter avskrivninger på inventar
	(1) Driftsresultat	(2) Produktinntekter	(3) Produksjonsavhengige kostnader	(4) Driftsresultat
AMS	-262.810*** (82.493)		298.355*** (84.811)	-292.709*** (99.175)
Årsku	27.592*** (4.888)	53.651*** (2.841)	26.684*** (4.613)	7.365* (4.470)
Årsku ²	-157,9*** (38,04)	-44,93** (19,94)	109,7*** (37,80)	64,49 (51,81)
AMS*Årsku	5.984*** (2.255)	1.766*** (646.8)	-4.918** (2.254)	6.020** (2.684)
OVER4*AMS*Årsku	1.768*** (568.7)	1.825*** (542.0)	236.5 (567.8)	1.685** (742.5)
Økologisk drift	47.002 (71.935)	241.931*** (62.429)	192.769*** (55.034)	27.639 (66.938)
Sone Fjord og Fjell	181.036*** (44.799)	78.067** (34.075)	-95.884*** (34.860)	184.683*** (44.818)
Areal slått og beie (daa)	32,49 (76,94)	262,5*** (52,55)	234,5*** (75,66)	198,7** (95,81)
2015	147.229*** (32.985)	236.508*** (26.731)	85.682** (34.914)	116.924*** (31.777)
Konstantledd	7.393 (144.999)	-111.971 (81.845)	-145.451 (131.904)	155.524 (106.399)
Observasjoner	1.917	1.917	1.906	892
R ²	0,556	0,940	0,888	0,662

I tillegg til variablene som omfatter melkesystem og størrelse i form av antall årskyr, har vi noen kontrollvariabler som er med å forklare variasjon i lønnsomhet. *Økologisk drift* slår ut i høyere inntekter og kostnader, men effektene er så like i størrelse at signifikansen forsvinner på resultatregresjonene. Det samme gjelder *Areal. Sone Fjord og Fjell* slår ut i signifikant høyere inntekter, lavere kostnader, og følgelig høyere driftsresultat. Dette skyldes trolig en annen tilskuddsstruktur og andre naturgitte forutsetninger enn de flatere landbruksområdene, eksempelvis på Jæren og Østlandet.

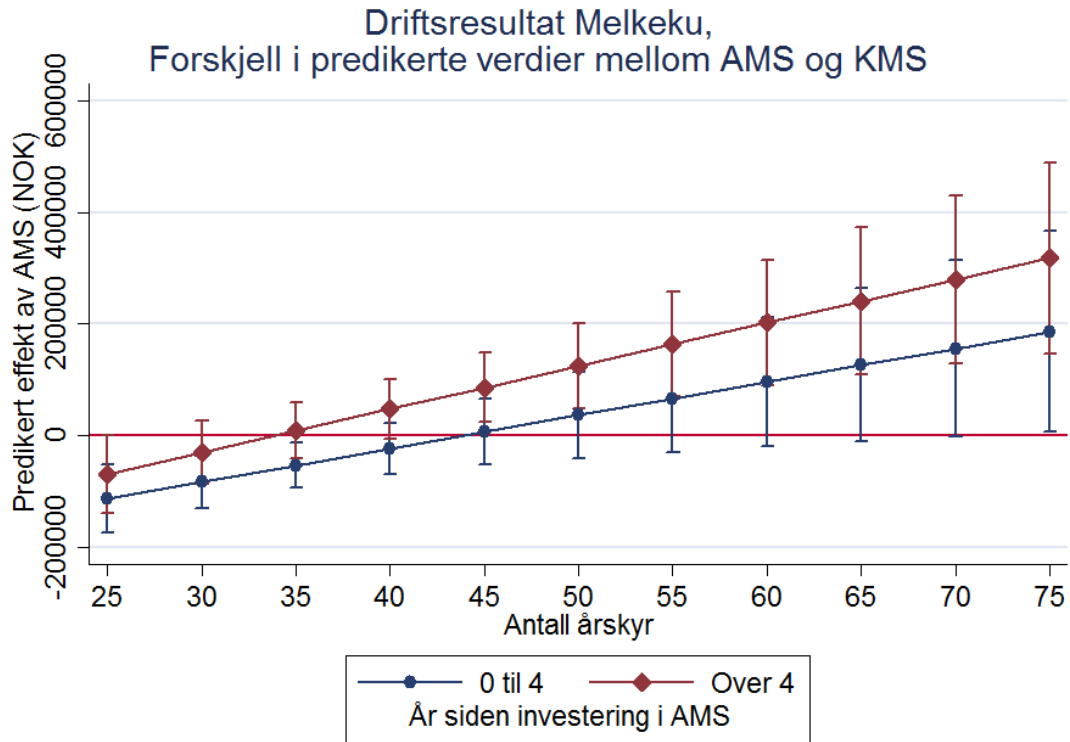
Det ser altså ut til at vi kan beskrive lønnsomhet, kostnader og inntekter i melkeproduksjonen på grunnlag av melkesystem, antall årskyr og tid siden sist investering i melkesystem. Direkte tolkning av koeffisientene fremstår likevel som lite praktisk. I det neste delkapittelet vil vi studere disse sammenhengene mer i detalj.

4.2. Predikert effekt av AMS over representative bruksstørrelser

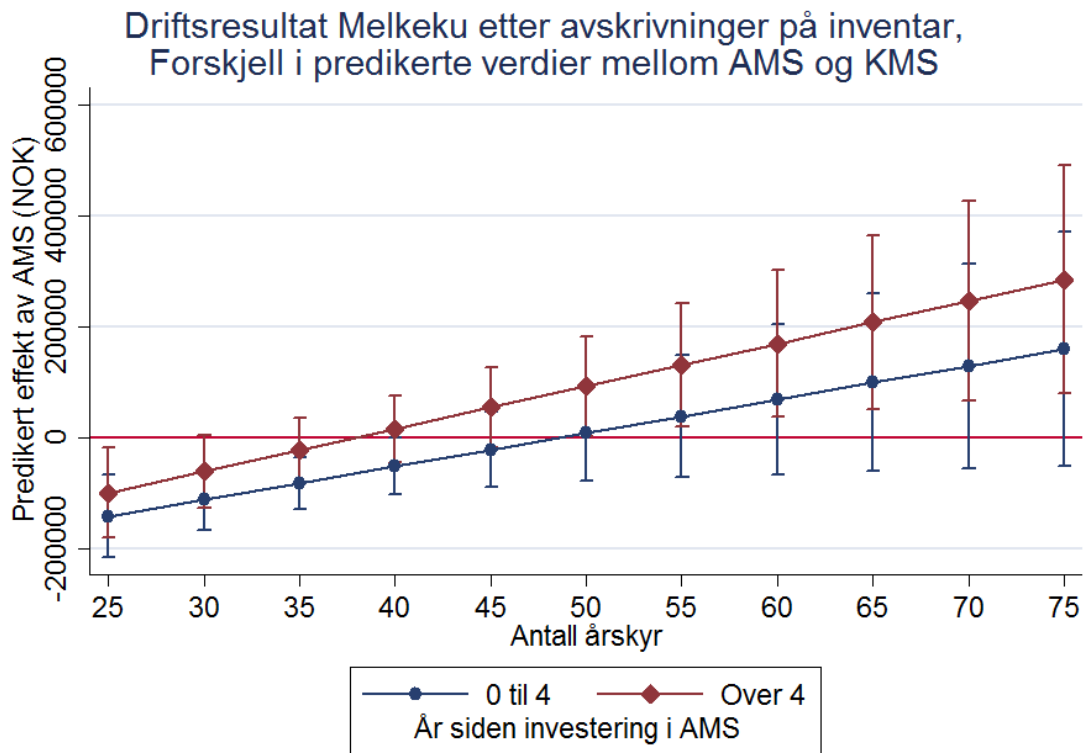
Her går vi gjennom regresjonene (1)-(4) i tabell 3 og analyserer forskjeller i predikerte verdier for de avhengige variablene mellom AMS- og KMS-bruk. Vi presenterer differansene som en funksjon av antall årskyr og skiller mellom hvor lenge det er siden sist investering i melkesystem. Vi ser spesifikt på bruksstørrelser som ligger mellom 5. og 95. persentil for AMS-brukene – dette tilsvarer bruk som ligger i størrelsesspekeret 25-75 årskyr.

Figur 5 viser forskjeller i predikert driftsresultat mellom AMS- og KMS-bruk. Figur 6 viser tilsvarende tall for driftsresultat etter avskrivninger på inventar. Referanselinjen i null kan tolkes som gjennomsnittresultatet på et KMS-bruk. Avstanden fra null representerer en predikert effekt av AMS relativt til et KMS-bruk av samme størrelse.

Figurene viser tydelig at små AMS-bruk har lavere lønnsomhet enn KMS-bruk av samme størrelse. Lønnsomhetsforskjellene reduseres når vi går mot større bruk, og på de største brukene ser det ut til å være lønnsomhetsgevinster av melkerobot. Innenfor et 95 % konfidensintervall kan vi ikke påvise denne lønnsomhetsgevinsten på brukene som har



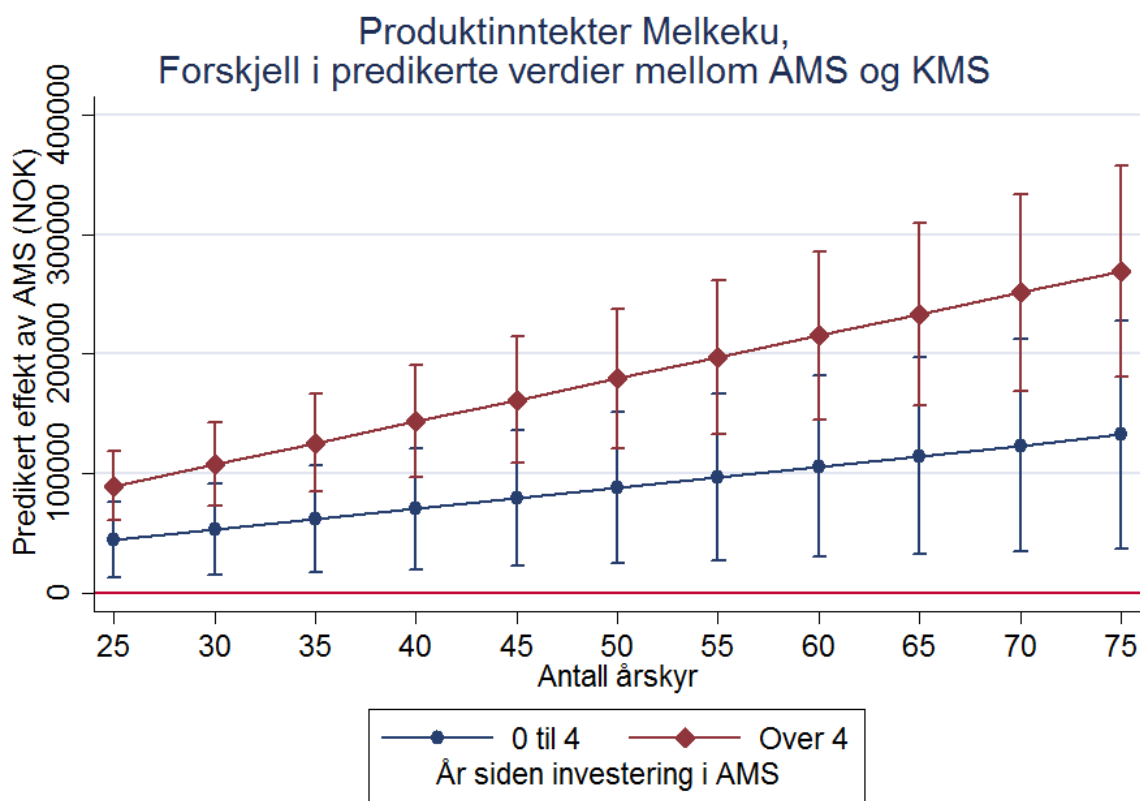
Figur 5: Avstand til referanselinjen i 0 angir forskjell mellom AMS-bruks driftsresultat relativt til sammenlignbare KMS-bruk. 95% konfidensintervall.



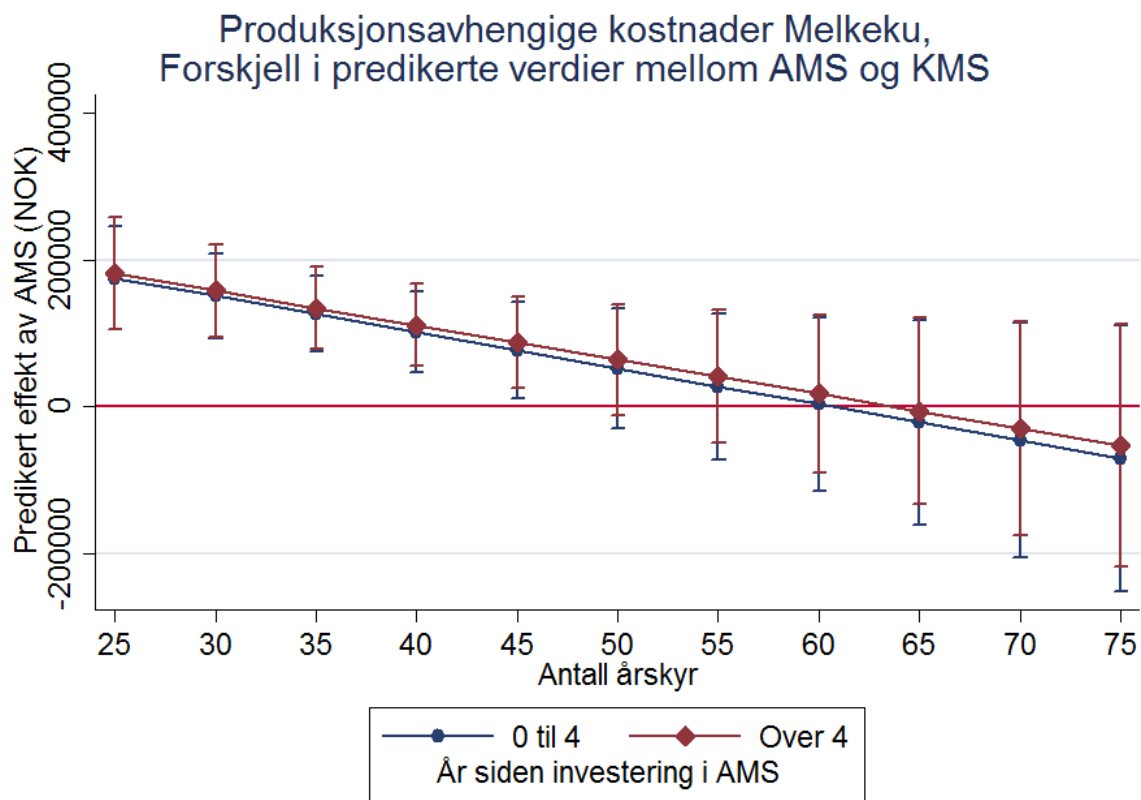
Figur 6: Avstand til referanselinjen i 0 angir forskjell i AMS-bruks driftsresultat etter avskrivninger på inventar relativt til sammenlignbare KMS-bruk. 95% konfidensintervall.

investert i melkerobot de siste fire årene. For gårdene som har hatt melkeroboten i mer enn fire år er gevinsten tydeligere. Her er lønnsomheten før avskrivninger større enn sammenlignbare KMS-bruk fra 40 årskyr og oppover. Etter avskrivninger er lønnsomhetsgevinsten først tydelig fra 50 årskyr og oppover.

For produktinntekter finner vi tydeligere forskjeller mellom AMS- og KMS-bruk. For alle relevante bruksstørrelser ser vi av figur 7 at AMS-bruk har signifikant høyere produktinntekter enn KMS-bruk. Vi ser også at AMS-brukene som har investert for mer enn fire år siden har enda høyere produktinntekter enn de som nylig har investert. Overlappende konfidensintervaller mellom investeringskategoriene medfører imidlertid at vi ikke kan hevde at alle gjør det bedre fire år etter investeringen. Forskjellen i produktinntekter mellom AMS og KMS ser ut til å øke med størrelsen på bruket. Dette stemmer overens med tolkningen av den signifikant positive koeffisienten for $AMS \cdot \text{Årsku}$ i 4.1 – det ser ut til at AMS-bruk får mer ut av hver årsku enn KMS-brukene.



Figur 7: Avstand til referanselinjen i 0 angir forskjell i AMS-bruks produktinntekter relativt til sammenlignbare KMS-bruk. 95% konfidensintervall.



Figur 8: Avstand til referanselinjen i 0 angir forskjell i AMS-bruks produksjonsavhengige kostnader relativt til sammenlignbare KMS-bruk. 95% konfidensintervall.

Produksjonsavhengige kostnader ser i figur 8 ut til å ligge på et generelt høyere nivå for AMS-brukene opp til 50 årskyr. Forskjellen mellom AMS- og KMS-bruk er avtakende med størrelsen, men for gårdene med mer enn 50 årskyr har vi for få observasjoner til å trekke klare konklusjoner. Tid siden investeringstidspunkt ser ikke ut til å ha noe å si for kostnadene her. Vi kan altså ikke påvise noen omstillingskostnader i de produksjonsavhengige kostnadene på aggregert nivå.

4.3. Melkerobotens effekt på inntekter i melkeproduksjonen

AMS-bruk ser ut til å generere høyere inntekter per årsku enn KMS-bruk. Produktinntektene i driftsgrenen Melkeku stammer hovedsakelig fra salg av melk. Inntektene fra melkeproduksjonen er videre et resultat av solgt volum og kvaliteten på melken som selges. På grunnlag av dette undersøker vi om forskjeller i volum eller kvalitet kan forklare de økte inntektene vi finner hos AMS-brukene.

Tabell 4: Volum- og kvalitetseffekter av melkerobot

I tabellen presenterer vi regresjoner for volum- og kvalitetsforskjeller i melkeproduksjonen, og hvordan denne varierer med melkesystem.

Robuste standardfeil i parentes. Signifikans på 10 %, 5 % og 1 % gitt ved *, ** og ***.

VARIABLES	(1) Snitt melk pr årsku (kg)	(2) Snitt EKM pr årsku (kg)	(3) Proteinprosent	(4) Fettprosent	(5) Melkepris
AMS	605,6*** (87,58)	437,3*** (94,42)	-0,0510*** (0,0108)	-0,0385** (0,0177)	-0,0877*** (0,0201)
Årsku	18,86** (7,530)	13,48* (7,984)	-0,000147 (0,000323)	-0,00170*** (0,000460)	0,000163 (0,000615)
Årsku ²	-0,202*** (0,0566)	-0,167*** (0,0641)			
INV4*AMS	23,70 (79,76)	57,53 (89,59)	0,0112 (0,00876)	0,0494*** (0,0153)	0,0960*** (0,0186)
Økologisk drift	-252,3 (160,2)	-452,3*** (172,0)	-0,0663*** (0,0186)	-0,130*** (0,0236)	0,461*** (0,0496)
2015	136,8* (82,63)	266,8*** (92,20)	0,0208 (0,0162)	0,0384 (0,0234)	0,366*** (0,0196)
Dyrlegekostnader (1000kr)	12,27*** (2,057)	12,96*** (2,361)	0,000342 (0,000253)	0,000776* (0,000420)	0,000390 (0,000661)
Konstantledd	6,908*** (198,7)	7,420*** (221,6)	3,431*** (0,0212)	4,265*** (0,0306)	4,962*** (0,0283)
Observasjoner	1.907	1.907	1.158	1.158	1.907
R ²	0,238	0,201	0,172	0,216	0,604

Av regresjonene i tabell 4 er det tydelig at melkerobot påvirker både melkeytelsen pr ku og melkekvaliteten. Vi observerer en betydelig høyere avdrått på AMS-bruk, målt i kg melk per ku. Samtidig finner vi at melk produsert på AMS-bruk har en lavere kvalitet, målt i protein- og fettprosent. På tross av kvalitetsreduksjonen finner vi likevel at kg energikorrigert melk (EKM)⁷ pr ku også er tydelig høyere på bruk med melkerobot. Selv om melkeprisen settes på

⁷ EKM er et standardisert mål på melk av et gitt fett- og proteininnhold (Bijl et al., 2007). Korrigeringen muliggjør sammenligning av melk med ulik kvalitet.

grunnlag av flere faktorer enn protein- og fettprosent, ser vi at den lavere kvaliteten gjenspeiles i lavere melkepris.

Fire år etter investering i melkerobot finner vi ingen tegn til høyere avdrått på AMS-brukene. Høyere fettprosent og melkepris tyder imidlertid på en normalisering av melkekvaliteten. Kort oppsummert ser det ut til at høyere produktinntekter pr ku på AMS-bruk skyldes høyere avdrått, og at høyere produktinntekter fire år etter investering i melkerobot skyldes en normalisering av melkekvaliteten.

4.4. Nedbryting av de produksjonsavhengige kostnadene

I tabell 5 bryter vi ned de produksjonsavhengige kostnadene til variable og produksjonsavhengige faste kostnader. I tillegg ser vi nøyere på avskrivninger inventar, som altså hovedsakelig knytter seg til brukenes melkesystem.

Vi ser i (1) at de variable kostnadene øker med antall årskyr, men økningen er større for bruk med AMS enn på bruk med KMS. Vi velger her å utelate *AMS* som egen forklaringsvariabel da denne ikke viser seg som signifikant sammen med $AMS \cdot \text{Årsku}$. Selv om begge disse variablene var signifikante alene, ga $AMS \cdot \text{Årsku}$ regresjonen en høyere forklaringskraft. De produksjonsavhengige faste kostnadene er høyere på bruk med AMS, men forskjellen avtar med antall årskyr. For både variable kostnader og produksjonsavhengige faste kostnader, ser det ikke ut til å være noen sammenheng mellom tid siden brukene har investert i melkesystem og størrelsen på kostnadsforskjellen.

Regresjon (3) viser at avskrivningene for inventar er vesentlig høyere for AMS-bruk. Dette skyldes sannsynligvis den høye investeringskostnaden knyttet til melkeroboten. For AMS-bruk er avskrivningene betydelig lavere fire år etter investeringen. Dette kan skyldes avskrivningsprofilen som benyttes for melkesystem. Vi finner i tillegg at større bruk vil ha høyere avskrivningskostnader uavhengig av type melkesystem.

Tabell 5: En overordnet oversikt av kostnadsforskjellene

Signifikante dummyer for sonetilskudd inkludert i regresjonene, men utelatt fra tabellen av praktiske hensyn.

Robuste standardfeil i parentes. Signifikans på 10 %, 5 % og 1 % gitt ved *, ** og ***.

PRODUKSJONSAVHENGIGE KOSTNADER			
VARIABLER	(1) Variable kostnader	(2) Produksjonsavhengige faste kostnader	(3) Avskrivninger inventar
AMS		332.591*** (67.710)	76.435*** (27.480)
Årsku	25.494*** (2.323)	1.713 (3.703)	5.754*** (1.792)
Årsku ²	-15,19 (20,49)	122,5*** (32,19)	-42,32** (21,48)
AMS*Årsku	1.129*** (434,2)	-6.722*** (1.812)	-409,8 (764,5)
OVER4*AMS*Årsku	285,2 (347,6)	23,50 (445,7)	-825,2*** (242,2)
Økologisk drift	83.577** (36.754)	106.594** (47.713)	30.693 (20.044)
Sone Fjord og Fjell	-67,258*** (21,044)	-31,383 (29,467)	-21,915* (12,998)
Areal slått og beite (daa)	-46,61 (42,95)	279,6*** (63,40)	-68,10*** (24,44)
2015	70.293*** (18.309)	15.070 (25.259)	-4.421 (9.811)
Konstant	-64.433 (61.862)	-102.749 (107.012)	-15.386 (40.379)
Observasjoner	1.917	1.906	892
R ²	0,882	0,747	0,273

4.4.1. Variable kostnader

Vi har undersøkt en rekke kostnadsposter, og trukket ut de variable kostnadspostene som ser ut til å være viktigst i tabell 6. Her viser vi predikerte forskjeller mellom AMS- og KMS-bruk ved gårdsstørrelser tilsvarende AMS-brukenes 5., 50. og 95. persentil. Tallene er regnet ut på grunnlag av samme regresjonsmodell vi har brukt tidligere. På grunnlag av at effekten av investeringstid ikke er signifikant for variable kostnader, har vi ikke inkludert dette her. Tilhørende regresjonstabell ligger i appendiks I.

Som vi antydte over er de *variable kostnadene* høyere for AMS-brukene, og øker med antall årskyr. Kostnadsforskjellen er signifikant for alle bruksstørrelsene. Forskjellene for de underliggende kostnadspostene vi presenterer her er signifikante på 5 %-nivå.

Kostnadsposten *innkjøp livdyr* knytter seg til eksternt innkjøp av kyr til bruk i melkeproduksjonen. Vi finner at denne er signifikant større for AMS-bruk, og at den ikke varierer med størrelsen på bruket.

Forbruksartikler i husdyrproduksjonen er knyttet til kostnaden for innkjøp av melkeslanger, spenegummi, vaskemidler og diverse rekvisita, mens *Tjenester i husdyrproduksjonen* er kjøp av konsulenttjenester, for eksempel rådgivning og klauvskjæring. Kostnadene for begge disse kostnadspostene viser seg som høyere for AMS-brukene, og forskjellen øker med størrelsen på brukene.

Fra tabell 6 kan det se ut til at kostnadspostene vi presenterer forklarer mye av forskjellen i variable kostnader mellom AMS- og KMS-bruk. Sannsynligvis ligger det også forskjell i kostnadsposter som ikke er tatt med i analysen. Med vårt datagrunnlag har vi imidlertid ikke klart å finne andre variable kostnader som tydelig skyldes forskjell i melkesystem.

Tabell 6: Nedbryting av variable kostnader

Tabellen viser forskjellen i predikerte kostnader mellom AMS- og KMS-bruk. Se appendiks I for regresjonene bak utregningene.

Standardfeilene i parentes er regnet ut etter deltametoden.

Signifikant forskjellig fra null på 10 %, 5 % og 1 % gitt ved *, ** og ***.

KOSTNADSPOSTER	Årskyr=25	Årskyr=50	Årskyr=75
Variable kostnader	31.712,63***	63.425,27***	95.137,9***
	(9.955,93)	(19.911,86)	(29.867,79)
Innkjøp livdyr	18.612,22**	18.612,22**	18.612,22**
	(9.400,84)	(9.400,84)	(9.400,84)
Forbruksartikler i husdyrproduksjonen	2.894,71**	5.789,41**	8.684,11**
	(1.277,82)	(2.555,64)	(3.833,47)
Tjenester i husdyrproduksjonen	2.727,67***	5.455,34***	8.183,01***
	(970,18)	(1.940,36)	(2.910,54)

4.4.2. Produksjonsavhengige faste kostnader

Tilsvarende som for variable kostnader har vi gjennomført en analyse av de produksjonsavhengige faste kostnadene. I tabell 7 har vi tatt ut de kostnadspostene som tydeligst ser ut til å være forskjellige mellom AMS- og KMS-bruk. På grunnlag av at effekten av investeringstid ikke er signifikant for produksjonsavhengige faste kostnader, har vi heller ikke inkludert dette her. Se appendiks II for tilhørende regresjonstabell.

De *produksjonsavhengige faste kostnadene* viser seg som høyere for AMS-brukene ved små bruksstørrelser. Forskjellen avtar imidlertid med størrelsen, og for de største brukene viser kostnadsforskjellen seg som tilsvarende lavere for AMS-brukene.

Lønnskostnader minus avløsertilskudd inneholder all lønn til fast ansatte, landbruksvikarer og avløsere på driftsgrenen Melkeku. Både denne og *leie melkekvoter* gir også høyere kostnader på AMS-brukene ved små bruksstørrelser. Kostnadsforskjellene ser deretter ut til å avta med størrelsen. Det ser ikke ut til å være noen signifikante forskjeller i lønnskostnadene for mellomstore bruk, men på 10 % signifikansnivå kan det se ut til at kostnadene vil være lavere for de største AMS-brukene. Kostnadene knyttet til leie av melkekvoter viser som signifikant lavere for AMS-brukene både for mellomstore og store bruk.

Tabell 7: Nedbryting av produksjonsavhengige faste kostnader

Tabellen viser forskjellen i predikerte kostnader mellom AMS- og KMS-bruk. Se appendiks II for regresjonene bak utregningene.

Standardfeilene i parentes er regnet ut etter deltametoden.

Signifikant forskjellig fra null på 10 %, 5 % og 1 % gitt ved *, ** og ***.

KOSTNADSPOSTER	Årskyr=25	Årskyr=50	Årskyr=75
Produksjonsavhengige faste kostn.	164.405,8***	-3.015,4	-170.436,6**
	(15.941,94)	(24.503,6)	(68.334,85)
Lønnskostn. minus avløsertilskudd	55.649,55***	-29.565	-114.779,5*
	(15.941,94)	(24.503,6)	(58.672,23)
Leie melkekvoter	27.539,24***	-19.128,68**	-65.796,61**
	(7.114,3)	(7.946,69)	(1.8604,68)
Vedlikehold teknisk utstyr	18.866,02**	37.893,08***	56.920,14***
	(6.617,17)	(5.239,08)	(11.145,44)
Avskrivninger maskiner	7.727,80***	15.455,6***	23.183,4***
	(2.255,10)	(4.510,20)	(6.765,31)
Vann vedrørende produksjon	2.384,33***	4.678,66***	7.152,99***
	(878,08)	(1.756,15)	(2.634,23)

For de øvrige kostnadspostene viser kostnadene seg som relativt høyere for AMS-brukene, og kostnadsforskjellen ser ut til å øke med størrelsen på bruket. *Vedlikehold teknisk utstyr* er for alt fast teknisk utstyr i driftsbygningen, deriblant melkeroboten, mens *avskrivninger maskiner* er for maskiner og redskaper knyttet til gårdsdriften. I tillegg viser *vann vedrørende produksjonen* den samme tendensen.

Det ser ut til at kostnadspostene i tabell 7 er med på å forklare mye av forskjellene for produksjonsavhengige faste kostnader mellom AMS- og KMS-bruk. I motsetning til de variable kostnadene, har vi her mer variasjon over bruksstørrelse. Mens forskjellene i variable kostnader ser ut til å øke med størrelsen, finner vi her at noen faste kostnader er lavere på store AMS-bruk sammenlignet med KMS-bruk.

5. Diskusjon

Resultatene våre viser at det finnes lønnsomhetsforskjeller mellom AMS- og KMS-bruk. For de minste bruksstørrelsene er AMS-bruk mindre lønnsomme enn KMS-bruk. På bruk med over 50 årskyr ser AMS-brukene ut til å være mest lønnsomme. Denne lønnsomhetsgevinsten er imidlertid ikke signifikant før gården har hatt melkeroboten i mer enn fire år. Resultatene ligner på funnene til Rotz et al. (2003) som finner at små AMS-bruk er mindre lønnsomme enn KMS-bruk, men at forskjellene ikke lenger er signifikant på bruk med mer enn 50 årskyr. Rotz et al. (2003) er imidlertid en simuleringsstudie som tar utgangspunkt i gitte effekter av å gå over til AMS. Disse klarer derfor ikke på samme måte som oss å fange opp reelle læringseffekter over investeringstiden.

Vasseljen (2016) antyder at AMS-brukene er mindre lønnsomme, men at svært ulik tid siden investering for de to bruksgruppene gjør at forskjellene fremstår som uklare. Han ser imidlertid kun bruk rundt 41 årskyr. På disse bruksstørrelsene fant imidlertid ikke vi heller noen tydelige forskjeller mellom AMS- og KMS-bruk. Det er hovedsakelig på små bruk på rundt 25 årskyr, og større bruk på over 50 årskyr at vi finner klare forskjeller.

5.1. AMS-brukenes evne til å generere inntekter

Vi finner at AMS-bruk har en høyere inntekt per årsku. Dette stemmer overens med resultatene til Vasseljen (2016). Bijl et al. (2007) finner imidlertid at inntekten per årsku er lavere for AMS-brukene. Vi hevder at inntektseffekten vi finner skyldes høyere avdrått, selv etter at den er korrigert for lavere kvalitet. Da melkeprodusenter i Nederland er mye større, og driften betydelig annerledes, kan imidlertid sammenligninger med norsk melkeproduksjon være noe unøyaktig.

Flere studier har hevdet at man vil få høyere avdrått på AMS-bruk, som følge av økt melkefrekvens fra to til tre ganger i døgnet (Løvendahl & Chagunda, 2011; Varner, Hale, Capuco, Sanders, & Erdman, 2002). Dette baserer seg imidlertid på at kyrne selv oppsøker melkeroboten for å bli melket. I praksis viser det seg at melkefrekvensen kan bli lavere (de Koning, 2010; Salfer, Endres, Lazarus, Minegishi, & Berning, 2017). Den økte avdrått vi og Vasseljen (2016) finner kan trolig begrunnes i høyere melkefrekvens. Når Bijl et al. (2007)

og Steeneveld et al. (2012) ikke finner høyere avdrått på AMS-bruk, kan dette skyldes at melkefrekvensen ikke øker nok relativt til KMS-brukene. Avdrått på KMS-bruk i de nederlandske studiene ser ut til å allerede være tydelig høyere enn det vi finner på KMS-bruken i vår analyse. Det kan tenkes at nederlandsk melkeproduksjon i utgangspunktet er bedre tilpasset en høy og effektiv produksjon, og at den marginale effekten av AMS derfor ikke slår ut like tydelig i Nederland som i Norge.

Resultatene våre indikerer at AMS-brukene produserer melk med et lavere proteininnhold, i tillegg til at melken har et lavere fettinnhold de første fire årene. Bijl et al. (2007) finner også lavere proteininnhold i melken fra AMS-brukene, men ingen signifikant forskjell for fettinnholdet. I studien fjerner de observasjoner som skifter melkesystem det regnskapsåret som undersøkes. Det kan tenkes at de hadde funnet en tilsvarende midlertidig reduksjon i fettinnhold dersom de også hadde sett på melkegårder i investeringsåret.

Det er flere kvalitetsmål enn fett- og proteininnhold som bestemmer melkeprisen. Noen av faktorene som kan redusere melkeprisen er en høyere andel frie fettsyrer, somatisk celletall eller bakterieinnhold. Vi analyserer indirekte disse når vi ser på melkeprisen. Den reduserte kvaliteten vi finner for brukene som nylig har installert melkerobot medfører ikke en direkte reduksjon i inntekter, da økt avdrått mer enn kompenserer for dette. Likevel representerer den midlertidige kvalitetsreduksjonen en alternativkostnad i form av tapte inntekter i overgangsperioden. En polsk studie av Nogalski et al. (2011) peker på at kyrne utsettes for stress i perioden hvor de venner seg til å bli melket med AMS. De finner at dette kan føre til et høyere somatisk celletall, som igjen kan føre til lavere melkepris. Påkjeningen for kyrne i en omstillingsfase kan dermed forklare noe av den reduserte melkekvaliteten vi finner de fire første årene med melkerobot.

Sauer og Latacz-Lohmann (2015) viser i en studie fra tysk melkeproduksjon at investering i innovativ teknologi kan øke produktiviteten, men at man må sette av tid til å lære seg teknologien før man kan dra full nytte av investeringen. For bønder som skal investere i melkerobot kan det derfor være lurt å lære av andre som har vært gjennom overgangsperioden, for å unngå en periode med lavere kvalitet så langt det lar seg gjøre.

5.2. Forskjeller kostnader og avskrivninger

Når vi ser på små gårder er de produksjonsavhengige kostnadene høyere på AMS-bruk sammenlignet med KMS-bruk av samme størrelse. Forskjellen ser deretter ut til å avta med størrelsen, og for bruk med mer enn 45 årskyr finner vi ikke lenger noen signifikant kostnadsforskjell mellom bruksgruppene.

For variable kostnader finner vi at kostnadene er høyere på AMS-bruk enn KMS-bruk, og at kostnadsforskjellen øker med størrelsen på bruket. En konstant forskjell knyttet til innkjøp av melkekyr ser ut til å forklare en betydelig del av de høyere kostnadene. Årsaken til at forskjellen øker ser ut til å være knyttet til små forskjeller for flere kostnadsposter. Vasseljen (2016) finner at den største kostnadsforskjellen for de variable kostnadene skyldes at AMS-brukene forbruker mer kraftfôr enn sammenlignbare KMS-bruk. Det stemmer overens med Fjellhammer & Thuen (2014) som finner at fôrbehovet til kyrne øker med økt avdrått. Siden vi finner tydelig høyere avdrått på AMS-bruk, kunne vi derfor ha forventet å også finne økte fôrkostnader. En slik sammenheng fant vi imidlertid ikke i vår analyse.

To av studiene vi har sett på har funnet at arbeidsforbruket er lavere på AMS-bruk enn på KMS-bruk (Bijl, et al., 2007; Vasseljen, 2016). Steeneveld et al. (2012) fant imidlertid ingen signifikant forskjell i arbeidsforbruk. I vår studie har vi ikke hatt tilgang på informasjon om arbeidsforbruket, men vi mener at lønnskostnadene er en god tilnærming til å se på endring i arbeidsmengde. Vi finner at lønnskostnadene er større for små AMS-bruk enn på små KMS-bruk. For større bruk ser imidlertid lønnskostnadene ut til å kunne være betydelig lavere på AMS-brukene. Dette kan bety at redusert arbeidsforbruk hovedsakelig er en effekt man finner på store bruk. Når vi bruker lønnskostnader som tilnærming til arbeidsinnsats, ignorerer vi imidlertid bondens egen innsats. Dette kan forklare hvorfor vi ikke finner tegn til redusert arbeidsforbruk på de små brukene. Forskjellene vi finner kan skyldes at de store KMS-brukene må bruke mer ekstern arbeidskraft. Vi har begrenset oss til å se på økonomiske størrelser i melkeproduksjonen. Det er mulig at lønnskostnadene knyttet til andre deler av driften vil bli påvirket ved en arbeidsbesparelse i melkeproduksjonen. Total innsparing i arbeidsinnsats på brukene som går over til AMS kan derfor være større enn det vi klarer å finne i vår analyse.

Sett fra et lønnsomhetsperspektiv vil en god avskrivningsprofil være en som gir et godt bilde av lønnsomheten for hvert enkelt år (Bjørnenak, Dalen, von der Fehr, Olsen, & Torsvik, 2005).

I Mjølkonomi avskrives melkeroboten med saldoavskrivninger, der det benyttes en avskrivningssats på 8-10 prosent. En slik avskrivningsprofil gjør at avskrivningene avtar spesielt mye de første årene. Bijl et al. (2007) finner økte vedlikeholdskostnader knyttet til utbytting av komponenter i melkeroboten. Det kan tenkes at dette fører til at vedlikeholdskostnadene øker over melkerobotens levetid. Hvis dette stemmer bør en optimal avskrivningsprofil gi høyere avskrivninger de første årene. I dag eksisterer det ikke noen pålitelige estimater på melkerobotens levetid, siden melkerobot fortsatt er en relativt ny teknologi (Steeneveld et al, 2012). Dette gjør at det kan bli vanskelig å finne en optimal avskrivningsprofil. Ulike avskrivningsprofiler og forutsetninger om melkerobotens levetid kan gjøre sammenligningen til andre studier problematisk. Siden vår lønnsomhetsanalyse ikke viser store forskjeller før og etter avskrivninger på melkesystemet, ser det imidlertid ut til at avskrivningsprofil ikke har hatt stor påvirkning på resultatene våre.

5.3. Styrker og svakheter ved studien

Det er få studier som analyserer økonomiske konsekvenser av å innføre melkerobot. Med et betydelig større datasett enn det som har vært tilgjengelig for tidligere studier, bidrar vi til litteraturen med å tegne et mer nyansert bilde av lønnsomhetsforskjeller mellom AMS- og KMS-bruk.

I analysen har vi kunnet isolere tallene på driftsgren. Ved å se utelukkende på økonomiske størrelser i melkeproduksjonen, reduserer vi risikoen for at funnene våre påvirkes av andre forhold på gården. Det kan likevel tenkes at en omlegging av melkeproduksjonen får ringvirkninger som slår ut på andre driftsgrener, og at vi derfor ikke fanger opp alle effekter av å innføre melkerobot. På tross av dette holder vi fast på isoleringen som en styrke. Økonomiske forhold utenfor melkeproduksjonen vil kunne variere mye fra gård til gård, og man må derfor ta individuelle vurderinger på dette dersom man vurderer å investere i melkerobot.

Ved å inkludere år siden sist investering i melkesystem har vi kunnet peke på at AMS-bruk gjør det betydelig bedre etter en overgangsperiode. Dette er noe tidligere litteratur kun har foreslått, uten å vise til klare funn. Det er imidlertid en svakhet at denne effekten kanskje kan forklares av at brukene som først investerte i melkerobot også var mer produktive i

utgangspunktet. Observasjoner over flere år ville gitt oss muligheten til å undersøke dette grundigere.

Da vi analyserte disaggregerte kostnader så vi at det var svært varierende hvor nøye de forskjellige brukene har rapportert disse. Inkonsekvent rapportering mellom bruk og færre observasjoner kan skape større skjevheter og mindre presise resultater enn det vi fant i den aggregerte lønnsomhetsanalysen og inntektsanalysen.

Det at individene i datasettet selv har valgt å kjøpe driftstjenestene til Tine, og valgene vi gjør når vi matcher AMS-bruken med lignende KMS-bruk, begrenser studiens eksterne validitet. Statistisk inferens begrenses til norske melkebruk som er noe større enn gjennomsnittet, og har investert de siste 10-15 årene. Det er sannsynlig at resultatene også kan generaliseres til gårder som skal investere i melkerobot, gitt at de samtidig planlegger å ha mer enn 25 årskyr i melkeproduksjonen.

6. Konklusjon

I denne masteroppgaven har vi undersøkt lønnsomhetsforskjeller mellom gårder med automatiske (AMS) og konvensjonelle melkesystem (KMS). Norge er det landet i Norden med flest AMS-bruk relativt til antall melkeprodusenter, og stadig flere bønder velger å investere i teknologien. Å analysere økonomiske konsekvenser knyttet til melkerobot har vært interessant fordi eksisterende litteratur har gitt uklare svar, og fordi det er et tema som stadig får større betydning i norsk landbruk.

For å analysere lønnsomhetsforskjeller så vi på hvordan driftsresultatet isolert på melkeproduksjonen, før og etter avskrivninger på melkesystemet, varierte mellom bruk med AMS og KMS. Vi så også på samspillseffekter mellom melkesystem, antall årskyr og tid siden sist investering i melkesystem. Vi gjennomførte også analyser på de inntektene og kostnadene som utgjorde driftsresultatet.

Vi fant at det var tydelige lønnsomhetsforskjeller mellom AMS- og KMS-bruk. For små bruk så vi at AMS-brukene gjorde det dårligere økonomisk enn KMS-bruk av samme størrelse. Brukene som hadde investert i melkerobot for mer enn fire år siden, og hadde 50 årskyr eller mer, hadde imidlertid høyere driftsresultat etter avskrivninger enn bruk med konvensjonelle melkesystem. Vi så at driftsresultatet steg mer for hver årsku på AMS-bruk enn på brukene med KMS. Denne effekten viste seg å være enda større for brukene som hadde investert i melkerobot for mer enn fire år siden. Resultatene kan også tolkes i retning av at AMS-bruk kan være mer lønnsomme allerede fra 35-40 årskyr og oppover, men dette fremstår ikke som like sikkert.

Lønnsomhetsforskjellene vi fant så ut til å skyldes et høyere, men avtakende, kostnadsnivå på AMS-bruk, samtidig som disse brukene også oppnådde høyere inntekter pr årsku. Inntektsforskjellen skyldtes hovedsakelig høyere avdrått på AMS-bruk målt i kg energikorrigert melk pr årsku, på tross av lavere kvalitet de fire første årene. Den økte lønnsomheten på bruk som hadde investert i melkerobot for mer enn fire år siden knyttet vi hovedsakelig til en normalisering av melkekvaliteten.

Avslutningsvis vil vi peke mot to temaer som hadde vært interessant å mer forskning på. I utredningen vår finner vi tydelige tegn til en læringseffekt etter overgangen til melkerobot. Det kan være av verdi å se nærmere på hvorfor melkeroboten fører til lavere melke kvalitet i oppstartsfasen, og hva som kan gjøres for å fremskynde normaliseringen. Det vil kreve tilgang til flere kvalitetsmål enn de vi har hatt tilgjengelig i vår oppgave, og gjerne en kvalitativ tilnærming til AMS-brukene som er i, eller har vært gjennom, denne overgangsfasen. Vi tror også at svarene på problemstillingen vår vil bli mer presise når data for flere år blir tilgjengelig. Med mer variasjon over paneldimensjonen i type melkesystem, vil fremtidig forskning kunne være bedre rustet til å kontrollere for uobserverbare individspesifikke forskjeller.

Litteraturliste

- Beekman, J., & Bodde, R. (2015). Milking automation is gaining popularity. Lastet fra <http://www.dairyglobal.net/Articles/General/2015/1/Milking-automation-is-gaining-popularity-1568767W/>
- Bijl, R., Hogeveen, H., & Kooistra, S. R. (2007). The Profitability of Automatic Milking on Dutch Dairy Farms.
- Bjørnenak, T., Dalen, D. M., von der Fehr, N.-H. M., Olsen, T., & Torsvik, G. (2005). På like vilkår - En analyse av konkurranse mellom offentlige og private foretak.
- Budsjettnemnda for jordbruket. (2016). Totalkalkylen for jordbruket: Jordbrukets totalregnskap 2014 og 2015 Budsjett 2016.
- Butler, D., Lewis, H., & Bear, C. (2012). The impact of technological change in dairy farming: Robotic milking systems and the changing role of the stockperson. *Journal of the Royal Agricultural Society of England*.
- Central Bureau voor de Statistiek. (2017). Grotere melkveebedrijven en meer melk. Lastet fra <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2017/18/grotere-melkveebedrijven-en-meer-melk>
- de Koning, K. (2010). Automatic milking – common practice on dairy farms. The First North American Conference on Precision Dairy Management 2010.
- de Koning, K., & Rodenburg, J. (2004). Automatic milking: State of the art in Europe and North America: Wageningen: Wageningen Academic Publishers.
- DeLaval. (2015). Hvorfor VMS. Lastet fra <https://www.felleskjopet.no/globalassets/media/dokumenter/maskin/produktkataloger-pdf/19041-boken-hvorfor-vms.pdf>
- Elstrand, H., Frogner, E., Meisfjord, E., Fransplass, R., Bjørlo, C., Skjeflo, P., & Dæhlen, G. (2015). Rapport om produksjonsregioner for kumelkkvoter: Landbruksdirektoratet.
- Fjellhammer, E. (2013). Utviklingen i melkeproduksjon frem mot 2017: AgriAnalyse.
- Fjellhammer, E., & Thuen, A. E. (2017). De lavhengende fruktene er høstet – Løsdrift i norsk storfehold: AgriAnalyse.
- Fjellhammer, E., & Thuen, A. E. (2014). Vekst uten økt volum - Fremtiden for norsk melkeproduksjon: AgriAnalyse.
- Forskrift om hold av storfe. Lov 22. april 2004.
- Hansen, B. G. (2015). Robotic milking - farmer experiences and adoption rate in Jæren, Norway. *Journal of Rural Studies*.

-
- Hansen, B. G., & Jervell, A. M. (2014). Change Management in Dairy Farming. *International Journal of Sociology of Agriculture and Food*.
- Heckman, J. J., Ichimura, H., & Todd, P. (1998). Matching as an econometric evaluation estimator. *Review of Economic Studies*, 65(223), 261-294.
- Hillerton, E., Dearing, J., Dale, J., Poelarends, G., Neijenhuis, F., Sampimon, O. C., . . . Fossing, C. (2004). Impact of automatic milking on animal health: Wageningen Academic Publishers.
- Huus, A. (2014). Avtaleguide 2014-2015 - Oversikt over jordbruksforhandlingene 2014, samt priser og tilskudd i landbruket: Norges Bondelag, næringspolitisk avdeling.
- Landbruks- og matdepartementet. (1999). St. meld. nr. 19 (1999-2000). Lastet fra <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/stmeld-nr-19-1999-2000-/id192695/sec4>
- Landbruks- og matdepartementet. (2014). Teknisk jordbruksavtale 2014-2015
- Landbruks- og matdepartementet. (2016). Meld. St. 11 (2016-2017) Endring og utvikling - En fremtidsrettet jordbruksrevolusjon.
- Landbruksdirektoratet. (2017). Føretak med mjølkeproduksjon. Lastet fra <https://www.landbruksdirektoratet.no/no/statistikk/utvikling/melkekvote/foretak-med-kvote/foretak-med-mjolkekvote>
- Lenning, M. I., & Moland, K. (2016). *Hva kjennetegner en inntektseffektiv produksjon av melk og storfekjøtt?* , Norges Handelshøyskole.
- Lystad, M. L., Nefstad, O., Fredriksen, B., & Animalia. (2007). Aktuelle produksjonsmål i ammekuproduksjon *Husdyrforsøksmøtet 2007*: NMBU.
- Løvendahl, P., & Chagunda, M. G. G. (2011). Covariance among milking frequency, milk yield, and milk composition from automatically milked cows.
- Mathijs, E. (2004). Socio-economic aspects of automatic milking: Wageningen Academic Publishers.
- Myrseth, A. B. (2015). Få bedre oversikt over penga med TINE Mjølkonomi®. Lastet fra <https://medlem.tine.no/fagprat/driftsledelse/f%C3%A5-bedre-oversikt-over-penga-med-tine-mj%C3%B8lkonomi>
- NIBIO. (2016). Jordbrukets totalregnskap 1959-2016. Lastet fra <http://nilf.no/statistikk/totalkalkylen/>
- NMSM. (2016). AMS i de nordiske lande. I t. u. Nordiske Mejeriorganisasjoners Samarbejdsutvalg for Mælke kvalitetsarbejde (red.).
- Nogalski, Z., Zerpach, K., & Pogorzelska, P. (2011). Effect of automatic and conventional milking on somatic cell count and lactation traits in primiparous cows. *Annals of Animal Science*.

-
- Rasmussen, M. D., Wiking, L., Bjerring, M., & Larsen, H. C. (2006). Influence of air intake on the concentration of free fatty acids and vacuum fluctuations during automatic milking. *Journal of Dairy Science*.
- Rognstad, O., Løvberget, A. I., & Steinset, T. A. (2016). Landbruket i Norge 2015: Statistisk Sentralbyrå.
- Rosenbaum, P. R., & Rubin, D. B. (1983). The Central Role of the Propensity Score in Observational Studies for Causal Effects. *Biometrika*, 70(1), 41-55. doi: 10.2307/2335942
- Rotz, C. A., Coiner, C., & Soder, K. J. (2003). Automatic Milking Systems, Farm Size, and Milk Production. *Journal of Dairy Science*.
- Ruud, I. H. S. (2014). Effekt av produksjon, helse, fruktbarhet og melkingsstatistikk på kvotefyllingsgrad i AMS-besetninger: Norges miljø- og biovitenskapelige universitet.
- Salfer, J., Endres, M., Lazarus, W., Minegishi, K., & Berning, B. (2017). Dairy Robotic Milking - What are the Economics? *eXtension.org*.
- 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.
- Smith, J. A., & Todd, P. E. (2005). Does matching overcome LaLonde's critique of nonexperimental estimators? *Journal of Econometrics*, 125(1), 305-353. doi: 10.1016/j.jeconom.2004.04.011
- SSB (2016). Statistikkbanken, Husdyrhald. Lastet fra <https://www.ssb.no/statistikkbanken/selecttable/hovedtabellHjem.asp?KortNavnWeb=jordhus&CMSSubjectArea=jordskog-jakt-og-fiskeri&checked=true>
- SSB. (2017). Produktivitetsberegninger for næringer. Lastet fra <https://www.ssb.no/nasjonalregnskap-og-konjunkturer/statistikker/nr/tilleggsinformasjon/produktivitetsendringer-for-naringer>
- Statens landbruksforvaltning. (2014). Veiledningshefte - Søknad om produksjonstilskudd i landbruket: Landbruksdirektoratet.
- Steenefeld, W., Tauer, L. W., Hogeveen, H., & Lansink, A. G. J. M. O. (2012). Comparing technical efficiency of farms with an automatic milking system and a conventional milking system. [Article]. *Journal of Dairy Science*, 95(12), 7391-7398.
- Tine Råvare. (2017). TINEs regelverk om bedømmelse og betaling av melk etter kvalitet ved levering til TINE Råvare: Tine SA.
- TINE SA. (2013a). Tine og bonden. Lastet fra <http://arsrapport2012.tine.no/melk-og-myter/tine-og-bonden>
- TINE SA. (2013b). TINE Årsrapport 2012: Tine kommunikasjon, Tine SA

TINE SA. (2015). TINE Årsrapport 2014: Tine kommunikasjon, TINE SA

TINE SA. (2016). TINE Årsrapport 2015: Tine kommunikasjon, TINE SA

Varner, M., Hale, S., Capuco, T., Sanders, A., & Erdman, R. (2002). Increasing milking frequency. *Advances in Dairy Technology* (num. 14). 265-271

Vasseljen, J. (2016). Økonomien i robotmelking 2015: NIBIO.

Wauters, E., & Mathijs, E. (2004). The economic implications of automatic milking: a simulation analysis for Belgium, Denmark, Germany and the Netherlands *Automatic Milking: A Better Understanding*: Wageningen Academic Publishers.

Wooldridge, J. M. (2013). *Introductory Econometrics: A Modern Approach* (5. utg.): Cengage Learning.

Appendiks

Appendiks I: Variable kostnader

Nedbryting av variable kostnader

Tabellen viser regresjonene for de variable kostnadene vi undersøkte i analysen. Av praktiske hensyn er signifikante dummyer for sonetilskudd inkludert i regresjonen, men utelatt fra tabellen.

Robuste standardfeil i parentes. Signifikans på 10%, 5% og 1% gitt ved *, ** og ***.

VARIABLER	VARIABLE KOSTNADER		
	(1) Innkjøp livdyr	(2) Forbruksartikler i husdyrproduksjonen	(3) Tjenester i husdyrproduksjonen
AMS	18.612** (9.401)		
Årsku	6.105*** (1.381)	503.7* (264.4)	300.8 (194.0)
AMS*Årsku		115.8** (51.11)	109.1*** (38.81)
Årsku ²	10.29 (12.20)	-0.459 (2,478)	-2.344 (1,634)
Økologisk drift	11.297 (23.313)	3.209 (4.544)	6.501* (3.439)
Sone Fjord og Fjell	3.656 (11.693)	-6.359** (2.612)	-1.381 (2.494)
Areal (daa)	28,85 (19,10)	4,436 (9,104)	0,0837 (4,300)
2015	34.651*** (9.899)	1.768 (2.234)	4.008** (1.746)
Konstant	32.850 (33.513)	-1.259 (7.438)	3.407 (5.490)
Observasjoner	1.915	1.915	720
R ²	0,722	0,218	0,096

Robust standard errors in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Appendiks II: Produksjonsavhengige faste kostnader

Nebryting av produksjonsavhengige faste kostnader

Tabellen viser regresjonene for de variable kostnadene vi undersøkte i analysen. Av praktiske hensyn er signifikante dummys for sonetilskudd inkludert i regresjonen, men utelatt fra tabellen.

Robuste standardfeil i parentes. Signifikans på 10%, 5% og 1% gitt ved *, ** og ***.

PRODUKSJONSAVHENGIGE FASTE KOSTNADER					
VARIABLER	(1) Lønn minus avløsertilskudd	(2) Leie melkekvote	(3) Avskrivning maskiner	(4) Vedlikehold teknisk utstyr	(5) Vann vedr. produksjon
AMS	140.864*** (49.026)	74.207*** (17.564)		-161.0 (13.161)	
AMS*Årsku	-3.409** (1.413)	-1.867*** (465.1)	309,1*** (90,20)	761.1** (300.8)	95.37*** (35.12)
Årsku	424,5 (3.383)	3.669*** (1.048)	40,14 (419,3)	-1.111** (490,2)	503,7*** (175,4)
Årsku^2	39,47 (24.06)	-1,863 (7,991)	1,161 (3,309)	21,69*** (4,007)	-3,070** (1,377)
Økologisk drift	61.127 (42.576)	-23.950*** (8.934)	-435.2 (7.373)	-7.179 (8.836)	2.936 (5.030)
Sone Fjord og Fjell	2.035 (16.922)	3.088 (7.052)	-5.873 (5.007)	-1.897 (6.657)	-2.144 (2.335)
Areal	68,68 (52,82)	-5,344 (21,99)	4,838 (8,984)	-6,392 (10,44)	-5,312 (4,516)
2015	-14.292 (21.986)	7.331 (6.625)	-14.068*** (4.209)	2.343 (4.896)	2.308* (1.397)
Konstant	-110.385 (109.281)	-65.210* (35.098)	14.079 (19.161)	68.433*** (16.938)	-7.277 (4.981)
Observasjoner	1.873	551	1.122	1.487	289
R ²	0,425	0,601	0,120	0,464	0,249