



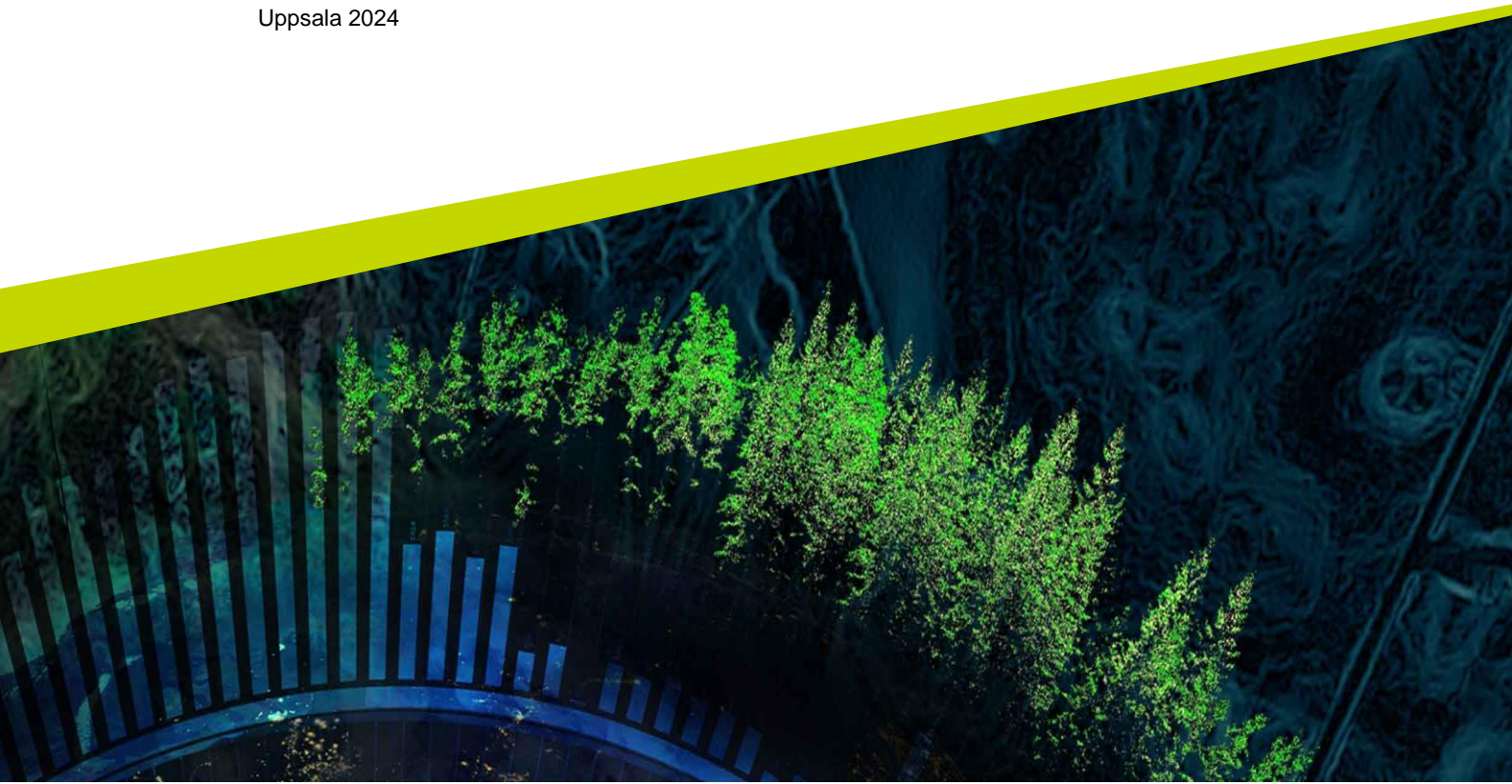
# Digitalisering inom den svenska mjölkproduktionen

---

Louise Yngesjö

Självständigt arbete • 30 hp  
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU  
Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap  
Veterinärprogrammet

Uppsala 2024





# Digitalisering inom den svenska mjölkproduktionen

*Digitalization in Swedish milk production*

Louise Yngesjö

<b>Handledare:</b>	<b>Lisa Ekman, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för kliniska vetenskaper</b>
<b>Bitr. handledare:</b>	Lena-Mari Tamminen, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för kliniska vetenskaper
<b>Examinator:</b>	Niclas Högberg, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för kliniska vetenskaper
<b>Omfattning:</b>	30hp
<b>Nivå och fördjupning:</b>	Avancerad nivå, A2E
<b>Kurstitel:</b>	Självständigt arbete i veterinärmedicin
<b>Kurskod:</b>	EX1003
<b>Program/utbildning:</b>	Veterinärprogrammet
<b>Kursansvarig inst.:</b>	Institutionen för kliniska vetenskaper
<b>Utgivningsort:</b>	Uppsala
<b>Utgivningsår:</b>	2024
<b>Upphovsrätt:</b>	Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.
<b>Nyckelord:</b>	PLF, precision livestock farming, mjölkproducenter, digitalisering, hälsoövervakning, automatisering, hjälpmedel, aktivitetsmätning, mjölmätning, brunstpassning, mastit, produktionsresultat, AMS, mjölkningssystem

**Sveriges lantbruksuniversitet**

Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap

Veterinärprogrammet



## Sammanfattning

Den svenska mjölkproduktionen har genomgått och är fortfarande under en pågående strukturell förändring. Besättningarna blir allt färre samtidigt som de växer i storlek och i djurantal- och i många fall ökar även produktion per djur. Storskaligheten ställer nya krav på övervakning av hälsan hos djuren för en fortsatt god produktion och välbefinnande. En bidragande metod för att möta upp det ökade kravet på övervakning är Precision Livestock Farming (PLF), vilket innefattar olika digitala hjälpmedel med syfte att på ett objektivt och automatiserat sätt att hålla koll på djurens hälsotillstånd och produktion. I Sverige finns idag produkter både relaterat till mjölkning och aktivitetsmätning. Inom mjölkning blir robotmjölkning (AMS) allt vanligare vilket inkluderar mätning av många olika mjölkningsparametrar som kan ge indikationer på kons hälsa eller ohälsa, samt uppmärksamma en begynnande mastit. Inom aktivitetsmätning är de vanligaste verktygen olika typer av aktivitets-sensorer för brunstkontroll och mätning av idissling och foderintag. Det finns även mindre väletablerade tekniker och produkter (exempelvis infraröd värmekamera eller en tryckmatta som känner av hältor) som inte är lika frekvent förekommande men kan komma att öka i framtiden.

Detta arbete görs som en del av ett större forskningsprojekt och har som syfte att redogöra för vilka digitala tekniker som finns tillgängliga i svenska besättningar idag, vilka tekniker och funktioner som är mest uppskattade samt hur användningen skiljer sig mellan olika typer gårdar. Skillnader i produktions- och reproduktions-resultat mellan gårdar med respektive utan den vanligaste tekniken har också undersökts. Studien bygger på en digital enkätundersökning utförd i det större forskningsprojektet som skickades ut till ca 2000 mjölkgårdar i Sverige i december 2022. Enkäten undersöker och kartlägger vilka digitala tekniker som finns på dessa gårdar och hur viktiga de är i lantbrukarens arbete. I de fall som respondenten har godkänt det finns det även kopplad produktionsdata från Kokontrollen som har sammanställts och jämförts.

Studien jämförde i huvudsak tre olika grupper med olika mjölkningssystem: Lösdrift med robotmjölkning (AMS), lösdrift med traditionella mjölkningssystem (TMS) samt uppbundna besättningar. Det mest förekommande digitala verktyget inom mjölkning och aktivitetsmätning var i samtliga grupper en celltalsmätare respektive en aktivitetsmätare. Högst användning av digital teknik sågs i AMS-gruppen och lägst bland uppbundna besättningar. Det sågs också högre avkastning och kortare kalvningsintervall hos AMS-gruppen än övriga. Kortare kalvningsintervall kunde även korreleras med användning av aktivitetsmätare, men användning av celltalsmätare sågs inte ge bättre juverhälsa. Den mest uppskattade informationen som fås ut vid mjölkning var i samtliga grupper mjölmängd, och inom aktivitetsmätning var det brunstpassning. Åsikter kring förbättringar som användarna önskar är bättre samordning och en mer samlad informationskälla mellan olika system samt mer välutvecklade produkter som kommer ut på marknaden.

*Nyckelord:* PLF, precision livestock farming, mjölkproducenter, digitalisering, hälsoövervakning, automatisering, hjälpmedel, aktivitetsmätning, mjölmätning, brunstpassning, mastit, produktionsresultat, AMS, mjölkningssystem

## Abstract

The Swedish dairy production has undergone and is still undergoing a structural transformation. Herds are becoming fewer, but larger in size and number of animals. In many cases, production per animal is also increasing. The trend towards larger-scale farms imposes new demands on monitoring animal health for continued high production and well-being. A contributing method to meet the increased monitoring requirements is Precision Livestock Farming (PLF), involving various digital tools with the aim to monitor the health and production of animals objectively and automatically. In Sweden, common products related to both milking and activity monitoring are available. In milking, robotic milking (AMS) is becoming increasingly popular, often including the measurement of various milking parameters that can provide indications of a cow's health or illness, as well as alerting to the onset of mastitis. In activity monitoring, the most common tools are various types of activity sensors for heat detection and measurement of rumination and feed intake. There are also less-established technologies and products (such as infrared heat cameras or pressure mats that detect lameness) that are not as frequently used but may increase in the future.

This work is part of a larger research project and aims to describe the available PLF systems in Swedish herds today, identify the most appreciated technologies and functions, and explore how usage differs between different types of farms. The study also investigates whether there are any differences in production and reproduction results between farms with and without the most common technology. The study is based on a digital survey conducted in the larger research project, which was sent to around 2000 dairy farms in Sweden in December 2022. The survey explores and maps out the digital technologies on these farms and their significance in the daily work. In cases where the respondent has approved it, production data from the Swedish official milk recording scheme (Kokontrollen, Växa) has been compiled and compared.

The study primarily compared three different groups with different milking systems: Loose housing with robot (AMS), loose housing with traditional milking systems (TMS), and tie-stall herds. The most common digital tools in milking and activity monitoring in all groups were a somatic cell counter (SCC) and an activity monitor, respectively. The highest usage of digital technology was observed in the AMS group, and the lowest in tie-stall herds. Higher production and shorter calving intervals were also observed in the AMS group compared to the others. Shorter calving intervals were also correlated with the use of activity monitors, but the use of somatic cell counters did not seem to improve udder health. The most appreciated information obtained during milking in all groups was milk yield, and in activity monitoring, it was heat detection. Opinions on improvements that users wish for include better coordination and a more consolidated information source between different systems, as well as more well-developed products entering the market.

*Keywords:* PLF, precision livestock farming, dairy cattle, health monitoring, digitalization, technology, welfare, activity monitor, sensors, SCC, milk, heat detection, mastitis, AMS, production, milking system

# Innehållsförteckning

<b>Tabellförteckning .....</b>	<b>9</b>
<b>Figurförteckning.....</b>	<b>10</b>
<b>Inledning .....</b>	<b>11</b>
<b>Syfte och frågeställning .....</b>	<b>12</b>
<b>Litteraturöversikt.....</b>	<b>13</b>
Vad är digital teknik inom lantbruk? .....	13
Precision Livestock Farming och dess för- och nackdelar .....	14
Digitala tekniker kopplade till mjölkning .....	15
Automatiska mjölkningssystem (AMS) respektive konventionella system .....	15
Parametrar och mätningar i mjölken .....	16
Tillverkarspecifika lösningar för juverhälsobedömning i Sverige .....	18
Digitala tekniker kopplade till beteende och aktivitet .....	19
Accelerometer och sensorer .....	19
Kameror .....	21
Matta som känner av tryckbelastning .....	22
Övriga tekniker .....	22
pH-mätning i våmmen.....	22
Infraröd termografi (IRT) .....	23
Våg .....	23
Temperaturövervakning .....	24
Kombination av flera olika tekniker .....	24
Farm management-system .....	25
Provmjölkning.....	25
Vad utmärker lantbrukaren som väljer digitala hjälpmedel? .....	25
<b>Material och metod.....</b>	<b>27</b>
Enkät .....	27
Bearbetning av data .....	27
Data från Kokontrollen.....	28
Statistiska analyser .....	28

<b>Resultat</b> .....	<b>29</b>
De undersökta gårdarna .....	29
Användning av digital teknik.....	31
Mjolkning .....	31
Vad som anses som viktigast- mjolkning .....	32
Mätning av aktivitet och foderintag .....	35
Vad som anses viktigt- aktivitet och foderintag.....	36
Jämförelser av reproduktionsmått och hälsomått med och utan hjälpmedel .....	37
Kombinationer av olika system och förbättringspotential .....	39
<b>Diskussion</b> .....	<b>40</b>
Vilka digitala system/hjälpmiddel förekommer och är vanligast på svenska mjölkgårdar? 41	
Användning i Sverige jämfört med andra länder.....	41
Skiljer det sig mellan olika typer av gårdar i hur mycket digital teknik som används? ....	42
Skillnader i grupperna i produktion och sjukdom .....	42
Vad skiljer ut lösdriftsgårdarna med mycket teknik?.....	44
Vilken digital teknik värdesätts mest på svenska mjölkgårdar av lantbrukaren själv? .....	45
Hur väl fungerar de vanligaste digitala teknikerna? .....	45
Förbättringspotential.....	47
Eventuella fel i data, litteratur och enkätsvar .....	47
Tillgänglig information och litteratur inom området .....	47
<b>Konklusion</b> .....	<b>49</b>
<b>Referenser</b> .....	<b>50</b>
<b>Populärvetenskaplig sammanfattning</b> .....	<b>56</b>
<b>Tack</b> .....	<b>58</b>



# Tabellförteckning

Tabell 1. Gårdsdata och medeltal för samtliga respondenter samt uppdelat efter mjölkningssystem: lösdrift med robotmjölkning (AMS), lösdrift med traditionell mjölkning (TMS) och uppbundna besättningar. ....	30
Tabell 2. Hur många som i respektive grupp som angav att de får ut beskrivna parametrar i sin mjölkning. Första talet anger antal och procent av gruppen anges i parentes. ....	32

## Figurförteckning

Figur 1: Översiktsbild över tillgängliga PLF-tekniker i Sverige samt vad de mäter och kan ge larm om. Figur skapad av Louise Yngesjö. ....	15
Figur 2. Användningen av digitala hjälpmedel kopplat till mjölkning hos samtliga tre grupper.....	31
Figur 3. Respondenterna i AMS-besättningar i frågan hur högt man, om man tar del av informationen, skattar följande parametrar från "helt oviktigt" till "mycket viktigt". Fördelning i svarsalternativ samt antal som får ut informationen visas. ....	33
Figur 4. Respondenterna i TMS-besättningar i frågan hur högt man, om man tar del av informationen, skattar följande parametrar från "helt oviktigt" till "mycket viktigt". Fördelning i svarsalternativ samt antal som får ut informationen visas. ....	34
Figur 5. Respondenterna i uppbundna besättningar i frågan hur högt man, om man tar del av informationen, skattar följande parametrar från "helt oviktigt" till "mycket viktigt". Fördelning i svarsalternativ samt antal som får ut informationen visas. ....	34
Figur 6. Användningen av digitala tekniker för aktivitetsmätning i tre olika mjölkningssystem:lösdrift med AMS, lösdrift med TMS samt uppbundna system.....	35
Figur 7. Respondenterna i AMS-besättningar i frågan hur högt man, om man tar del av informationen, skattar följande parametrar från "helt oviktigt" till "mycket viktigt". Parametrar relaterade till aktivitetsmätning. Fördelning i svarsalternativ samt antal som får ut informationen visas. ....	36
Figur 8. Respondenterna i TMS-besättningar i frågan hur högt man, om man tar del av informationen, skattar följande parametrar från "helt oviktigt" till "mycket viktigt". Parametrar relaterade till aktivitetsmätning. Fördelning i svarsalternativ samt antal som får ut informationen visas. ....	37
Figur 9. Reproduktionsmått hos lösdriftsbesättningar med respektive utan aktivitetsmätare. Till vänster ses KFI>70d, till höger ses KSI>120d. ....	38
Figur 10. Sjukdomsbehandlingar i lösdriftsbesättningar med respektive utan aktivitetsmätare.....	38
Figur 11. Skillnad i juverhålsoparametrar med respektive utan celltalsmätare i AMS-besättningar. Till vänster ses celltal, till höger ses mastitbehandlingar. ....	39

# Inledning

Det svenska lantbruket genomgår en långvarig strukturförändring där antalet mjölkbesättningar minskar samtidigt som antalet djur per gård ökar (Jordbruksverket 2022). År 2000 fanns det enligt statistikdatabasen från Jordbruksverket 12 700 jordbruksföretag med mjölkkor, och totalt 427 621 kor för mjölkproduktion i Sverige. I juni 2022 fanns färre än 2 800 mjölkgårdar och totalt 296 543 mjölkkor. Den genomsnittliga gårdsstorleken har därför gått från 33,7 till 106,1 mjölkkor/gård från år 2000 till 2022. 11,3 % av mjölkgårdarna har fler än 200 mjölkkor och hos dessa återfinns ca 36 % av det totala antalet djur. Trenden går alltså mot färre men allt större gårdar. Storskaligheten skapar nya utmaningar för att fortsatt kunna övervaka djurhälsa och djurvälstånd effektivt. Digitala verktyg spelar en viktig roll för övervakningen i syfte att objektivt mäta hälsoparametrar på ett arbetseffektivt sätt och upptäcka hälsoproblem tidigt. Automatisering och digitalisering på mjölkgårdar har därför utvecklats för att ge information om mjölkproduktion, foderåtgång, miljö och hälsostatus (Cogato *et al.* 2021). Med hjälp av denna information kan lantbrukaren få hjälp och stöd i sina dagliga beslut kring djurskötseln samtidigt som sjukdomar kan upptäckas i ett tidigt skede.

Utbudet på marknaden är stort och det finns allt ifrån mjölkanalys som kan indikera på en begynnande mastit eller annan hälsostörning, till aktivitetsbandsband som talar om för lantbrukaren när kon har ett avvikande beteende som kan bero på både sjukdom eller brunst (Rutten *et al.* 2013; Steeneveld & Hogeveen 2015; Bianchi *et al.* 2022). Ytterligare ny teknik är under utveckling med det gemensamma syftet att optimera produktionen, minimera kostnader och öka djurvälståndet.

Den snabba utvecklingen med ny teknik som kommer ut på marknaden är på flera sätt positiv men medför trots det en stor omställning för målgruppen- lantbrukarna själva. Utöver lantbrukarna behöver även rådgivare och forskare hänga med i utvecklingen för ett optimalt samarbete mellan parterna. Den information som finns att tillgå om den nya tekniken är ofta från tillverkare/försäljare själva samt saknar ofta extern validering vilket kan göra att det är svårt att få en objektiv överblick. Med detta som grund ska det här arbetet belysa de viktigaste digitala teknikerna på marknaden och hur användarupplevelsen av dessa är.

# Syfte och frågeställning

Syftet med arbetet är att ge en översikt över digitala hjälpmedel som används på svenska mjölkgårdar idag samt vilka som är under utveckling. Översikten kan förenkla valet för lantbrukare vid nya investeringar samt öka förståelsen hos andra i branschen kring den snabba pågående digitaliseringen. Ytterligare ett mål är att undersöka vilka tekniker som är viktigast för den svenska lantbrukaren, samt att karaktärisera vilka lantbrukare som väljer att ha mycket respektive mindre digitala hjälpmedel i sitt arbete. Detta görs genom en enkätstudie med lantbrukare som målgrupp med fokus på hur långt digitaliseringen har kommit på just deras gård och lantbrukarens egen åsikt kring produkterna.

Följande frågeställningar formulerades:

- Vilka digitala system/hjälpmiddel förekommer på svenska mjölkgårdar?
- Skiljer sig användningen av teknik mellan olika typer av gårdar?
- Vilken digital teknik värdesätts mest på svenska mjölkgårdar av lantbrukaren själv?
- Hur väl fungerar de vanligaste digitala teknikerna?

## Litteraturöversikt

Följande litteraturöversikt baseras mestadels på vetenskapliga publikationer och studier på tekniker samt broschyrer och information från djurhälsoföreningar. Sökningar gjordes mestadels i Web Of Science och sökord som användes var "dairy cattle" and "precision livestock farming" samt någon av följande beskrivningar av sensorer: ("automatic milking system"), ("activity meter" or "activity sensor" or "accelerometer"), ("infrared thermography"), ("weigh scale"), ("body condition score"), ("lameness") m.fl.

## Vad är digital teknik inom lantbruk?

Sedan 1980-talet har mycket arbete och forskning gjorts för utvecklingen av sensorer för att mäta olika parametrar på en enskild ko och senare även på besättningsnivå (Rutten *et al.* 2013). Från början var sensorerna enkla och syftade till att identifiera en ko inför mjölkning och efter det började man succesivt med andra sensorer, exempelvis mätningar av mjölkens konduktivitet och kons rörelsemönster. Enligt en review-artikel (Rutten *et al.* 2013) kan utvecklingen av sensorer beskrivas i 4 olika nivåer:

- I- **Teknik**: Tekniker som mäter en aspekt av kons eller mjölkens tillstånd eller status- exempelvis aktivitet.
- II- **Datatolkning**: Denna nivå handlar om att tolka ändringar i sensordata för att generera information om kornas status. Kan exempelvis vara en aktivitetsökning som kan tyda på att kon är i brunst.
- III- **Integration av information**: Sensordata integreras med annan typ av information (exempelvis ekonomisk aspekt) för att ge råd till lantbrukaren om åtgärd.
- IV- **Beslutsfattande**: Den högsta nivån som innebär att beslut fattas antingen av lantbrukaren själv eller i vissa fall automatiskt av sensor-systemet baserat på den samlade informationen.

## Precision Livestock Farming och dess för- och nackdelar

Precision Livestock Farming (PLF) är ett centralt begrepp och samlingsnamn över digitala hjälpmedel kopplat till djurhållning och det finns numera många produkter inom området (Berckmans 2014). Det finns bland annat transponders, mikrofoner, olika typer av kameror (2D, 3D, värme med flera), trådlösa kommunikationssätt mellan tekniken och molnlagring av data att tillgå inom mjölkproduktionen. Även automatiska mjölkningssystem (AMS) som nu är frekvent förekommande kan ingå i begreppet.

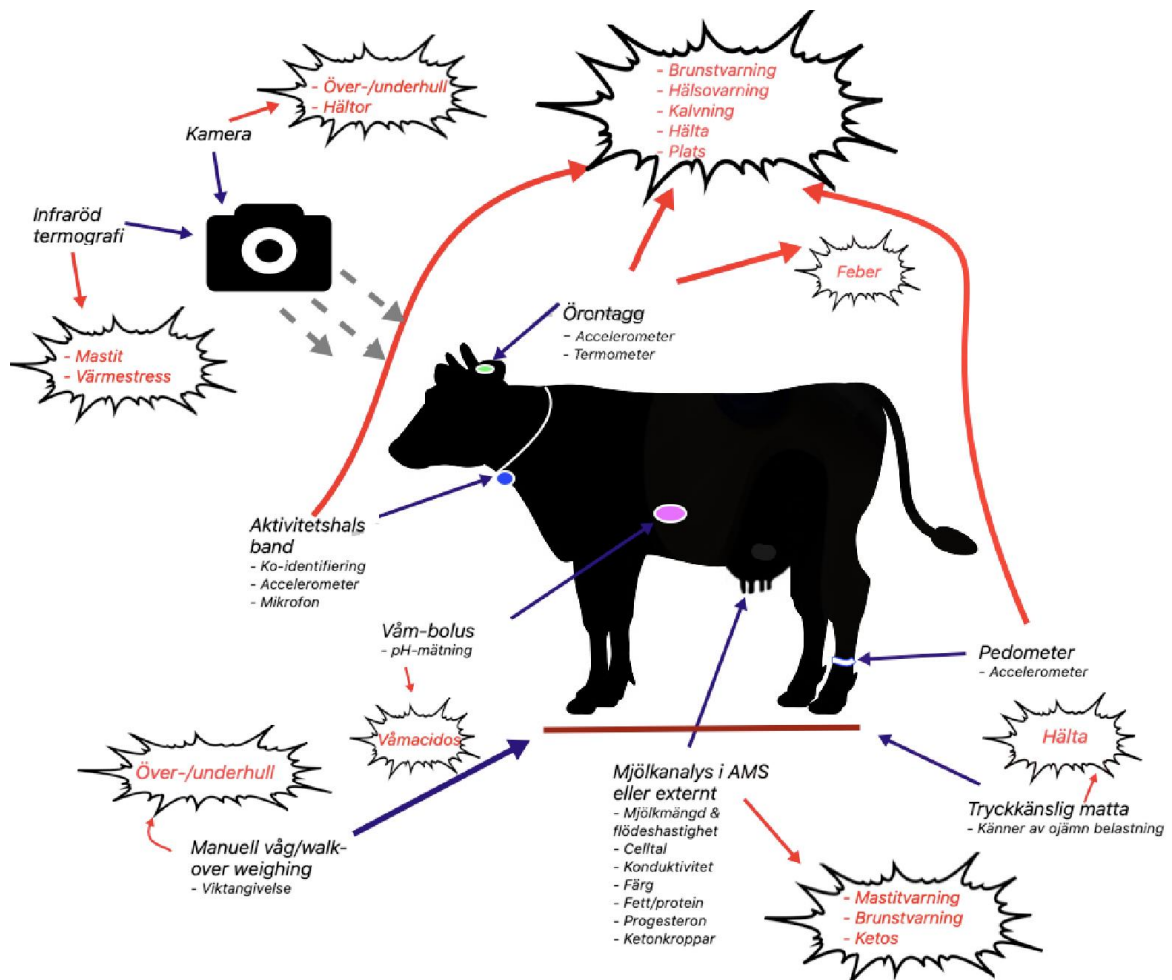
Syftet med PLF är att kombinera olika hårdvaror med intelligenta mjukvaror för att hjälpa lantbrukaren med monitorering av sina djur (Berckmans 2014). Monitoreringen sker kontinuerligt och automatiskt för att mäta parametrar som reproduktion, produktion, djurvälstånd och hälsa. Systemet kan också automatiskt hjälpa till med utsortering av vilka djur som behöver ses över och ibland även rekommendation till åtgärd. Plötsliga skillnader i både beteenden och fysiologiska mätvärden kan indikera problem i djurhållningen med exempelvis utfodringsstrategi eller sjukdom hos djuret. Det kan även indikera olika fysiologiska tillstånd som att kon är i brunst eller att kalvning är nära.

För att kunna upprätthålla en kostnadseffektiv boskapshållning men fortfarande behålla en god djurvälstånd på de alltmer storskaliga mjölkgårdarna beskrivs PLF som en viktig del (Bianchi *et al.* 2022). Bianchi *et al.* (2022) utförde en italiensk översikt på ämnet PLF samt undersökte vad lantbrukarna tyckte om de olika hjälpmedlen. Det sågs i studien att AMS och brunstpassning anses som mycket viktiga. Ytterligare ett exempel på nyttan digital teknik kan utgöra beskriver Van De Gucht *et al.* (2018) i en artikel där det nämns att en genomsnittlig lantbrukare endast detekterar 1 av 4 hältor jämfört med någon som är mer utbildad i området. Det innebär i praktiken att många kor inte behandlas vid lindrigare hältor som då riskerar att utvecklas till kroniska varianter. Här kan alltså en automatisk detektion med ett sensorsystem göra stor skillnad.

I en europeisk studie där man undersökt lantbrukarens syn på för- och nackdelar med PLF sågs de tydligaste nackdelarna vara det relativt höga priset vid inköp av sensorer och mätinstrument, dåligt underhåll av utrustningen från leverantörerna samt brist på bredare erfarenhet med systemen i en praktisk situation (Hartung *et al.* 2017). Ytterligare en nackdel som King & DeVries (2018) lyfter fram med AMS-teknik och värden från denna är att den ofta genererar för mycket information till lantbrukaren utan någon egentlig rekommenderad åtgärd, vilket därför främst skapar förvirring.

Följande delar av litteraturgenomgång kommer att redovisa de vanligast förekommande digitala teknikerna (AMS, accelerometersystem) samt några som snart

kan komma att bli mer aktuella (kameror, interna pH-mätare, tryckmattor, vågar). De olika tekniska hjälpmedlen är uppdelade i om de är kopplade till mjölkning respektive aktivitet/beteende/metabolism. Figur 1 illustrerar vanligt förekommande sensorer och tekniker inom PLF som sedan går igenom mer på detaljnivå i texten.



Figur 1: Översiktsbild över tillgängliga PLF-tekniker i Sverige samt vad de mäter och kan ge larm om. Figur skapad av Louise Yngesjö.

## Digitala tekniker kopplade till mjölkning

### Automatiska mjölkningssystem (AMS) respektive konventionella system

Automatiska mjölkningssystem introducerades först år 1990 i Nederländerna och år 2020 uppskattades det finnas mer än 50 000 användare av tekniken (Cogato *et al.* 2021). Mjölkningen i AMS sker utan mänsklig kontakt och korna kan på sätt och vis själva välja när de vill bli mjölkade. Fördelarna med denna teknik är bl.a.

att mjölkningen sker på exakt samma sätt varje gång, att ranglåga kor kan mjölkas utan samma konkurrens samt att personalbehovet inte ökar trots mer frekventa mjölkningar (Alm & Möller 2006). För att korna ska komma in i roboten har de någon form av transponder/sensor för ko-identifiering, och data från mjölkningen kan sedan sparas för att kunna följa en individ över längre tid.

De flesta AMS är kopplade till ytterligare teknik och sensorer som kan ge information om juverhälsa, mjölk kvalitet, reproduktionsstatus, foderintag och förändring av kroppsvikt. Detta ger en djupare information om varje enskilt djur än vid konventionell mjölkning (Alm & Möller 2006). En fördel är också att många parametrar relaterade till juverhälsa mäts specifikt för varje enskild juverdel, vilket underlättar mastitdetektion ytterligare (Mišeikienė *et al.* 2019). Några exempel på varumärken som producerar AMS är DeLaval, Lely, GEA, Fullwood och SAC.

Många lantbrukare som inte använder AMS vid mjölkning har istället konventionella/traditionella mjölkningssystem (TMS) med mjölkgrup eller liknande. Det kan exempelvis vara system med parallellstall (där korna står bredvid varandra vid mjölkning), fiskbensstall (där de står bredvid varandra i en vinkel så att juvret enklare nås) eller mjölkningsskarusell (där de åker runt i vad som liknar en karusell medan de blir mjölkade). Flera av de nyare traditionella systemen kan likt AMS-system få ut data- men den är ofta mer begränsad än vid AMS. Ett exempel är ett fiskbenssystem från DeLaval där lantbrukaren kan se grafiska laktationskurvor samt utvecklingstrender för fett, protein och celltal. (Delaval 2023b)

Det förekommer, i Sverige, också system med uppbundna kor som mjölkas på båspall med rörmjölkning. Sedan 2010 är det dock lagstadgat att nya stall ska byggas som lösdrifter (SJVFS 2019:18). Redan befintliga uppbundna stallar får dock fortsätta användas.

## Parametrar och mätningar i mjölken

Något som de allra flesta AMS mäter automatiskt är mjölmängd, flödes hastighet, förväntad mjölmängd, ofullständiga mjölkningar, avsparkningar, färg och elektrisk konduktivitet. Utöver dessa parametrar finns även tillval till roboten som celltal, L-laktatdehydrogenas (LDH), fett och protein-kvot, ketonkroppar och progesteron. Även externa mätare kan användas både i samband med AMS och fristående för att mäta en eller flera av nedan beskrivna parametrar.

- Mjölmängd: En sänkning i mjölkproduktion är ofta ett tecken på sjukdom (Anglart 2021). Ofta kan det handla om en klinisk eller en subklinisk mastit (juverinflammation) men flera övriga hälsostörningar kan också ge nedsatt mjölkproduktion.
- Färg: Mjölakens färg kan påverkas av faktorer som ras, laktationsstadium och foder. Men det kan också bero på mastit eller juvertrauma (Anglart



2021). Exempelvis kan mjölken bli gulvattig vid en *E.coli*-orskad mastit eller blodtillblandad efter trauma eller vissa bakterieinfektioner.

- Elektrisk konduktivitet: Förändring i mjölkens konduktivitet kommer från en ökning av  $\text{Na}^+$ -koncentrationen genom att tight junctions mellan cellerna försvagas och läcker vid en infektion och inflammation (Michie *et al.* 2020). Denna förändring ses innan kliniska tecken på mastit observeras.

Tillval som vissa system har:

- Celltal: Det som mäts är somatiska celler bestående av till största del en kombination av epitelceller och leukocyter (Alhussien & Dang 2018). Dessa finns normalt i mjölken i låga halter men vid en mastit ökar framförallt antalet leukocyter vilket ger en ökning i totalantalet celler. Ökningen i celltal är direkt korrelerad till inflammationens allvarlighetsgrad vilket gör det till en användbar markör. Det kan också finnas fysiologiska orsaker till att celltalet är högre som exempelvis laktationstal, laktationsstadium, ras och hur stor produktion kon har.
  - o Celltalet kan mätas med olika metoder. DeLavals cellmätningssystem bygger på infärgning av cellkärnan följt av avläsning med en kamera medan Lely:s sensorer istället uppskattar celltalet med hjälp av gel-formation där ett ökat celltal ger en ökad gel-bildning (Piccart 2017).
- L-laktatdehydrogenas (LDH): Ett enzym i mjölk vars aktivitet mäts (Larsen 2005). Aktiviteten kommer till största del från somatiska celler, leukocyter och invasiva mikroorganismer. Mätning av LDH-aktivitet kan användas för att påvisa av mastit eftersom det då kommer passera blod-mjolk-barriären från blodet in till mjölken.
- Fett och protein-kvot: Uppskattad energibalans har i studier visats ha en negativ korrelation med fett i mjölken och en positiv korrelation med protein (Grieve *et al.* 1986). Genom denna vetenskap fungerar kvoten mellan dem som en känslig och konsekvent indikator för negativ energibalans.
- Ketonkroppar: Utgörs av  $\beta$ -hydroxybutyrat, acetonacetat och aceton (Herdt 1988). Vid en negativ energibalans och brist på glukos används dessa i större utsträckning för energiförsörjning i kroppsvävnader vilket gör att den ökade mängden även återspeglas och kan mätas i mjölken.
- Progesteron: Ett hormon som utsöndras från corpus luteum i äggstockarna. Det varierar i olika delar av brunstcykeln och kan därmed fungera som en indikator för när kon bör insemineras för att ha störst chans att bli dräktig. Det används också som indikation på om kon är dräktig eller inte.

Enskilda värden kan ofta vara svårtolkade vilket gör att det är vanligt med kombination av information från olika sensorer. Flera kombinationer har utvärderats som elektrisk konduktivitet och celltal (Kamphuis *et al.* 2008), elektrisk konduktivitet,

mjölk mängd och färg på mjölken (Kamphuis *et al.* 2010) samt elektrisk konduktivitet, mjölk mängd och LDH (Chagunda *et al.* 2006). Även de flesta robottillverkare har egna specifika kombinationer av data för att dagligen kunna ge en specifik siffra på exempel juverhälsa. Till exempel har DeLaval utvecklat ”Mastitis Detection index” som kombinerar konduktivitet, blodinblandning och mjölk mängd med mjölkningsintervall för att ge tidig varning om mastitutveckling (Lusis *et al.* 2017).

## Tillverkarspecifika lösningar för juverhälsobedömning i Sverige

### *Herd Navigator<sup>TM</sup>*

Detta är en produkt/ett system från DeLaval som mäter och analyserar tre parametrar i mjölken: progesteron (reproduktionsrelaterat), lactatdehydrogenas (mastitindikation) och  $\beta$ -hydroxybutyrat (ketos-indikation) (Delaval 2011). Dessa tre parametrar finns beskrivna under tidigare avsnitt om celltalsmätning. Herd Navigator<sup>TM</sup> har ett automatiskt system som kan välja vilka kor som ska analyseras för respektive parameter samt ge förslag på åtgärder.

### *Bacticam*

Acricom har utvecklat Bacticam vilket är ett självlärande system som ska kunna identifiera och klassificera de vanligaste förekommande mastitorsakande bakterierens växt på en SELMA PLUS platta (en fyrdelad agarplatta avsedd för odling av mastitorsakande bakterier) (Dahlberg & Tamminen 2022). Den fungerar genom att användaren/lantbrukaren odlar ett mjölkprov från en mastitdrabbad ko på en SELMA PLUS platta och därefter fotograferar odlingen efter 24 h samt efter 48 h. Från bilderna tagna efter 24 h lämnas ett preliminärsvär och från bilderna tagna efter 48 h lämnas ett slutgiltigt svar. Provsvaren loggas med en app så att lantbrukaren och veterinären kan se mönster i bakteriefördelning både på individnivå och besättningsnivå. Bacticam kan i nuläget skilja på tillväxt av 8 olika bakterier (*E. coli*, *Staphylococcus aureus*, övriga stafylokocker, *Klebsiella* spp., *Streptococcus* spp., betahemolyserande streptokocker, blandflora och ingen växt). Innan svar kommer ut till lantbrukaren kontrolleras i nuläget dessa manuellt. På detta sätt får lantbrukaren ett snabbt odlingsresultat och kan snabbt korrigera behandling. Exempelvis om antibiotika inte är verksamt mot bakterien kan detta i ett tidigare skede sättas ut vilket är bra både i resistens- och karens-aspekt. Bacticam använder SVA som ackrediterat labb och om artificiell intelligens inte själv kan avgöra bakterietyp via bilden kan odlingsplattan alternativt mjölkkröret skickas till SVA för bedömning och artbestämning via MALDI-TOF.

Jordbruksverket har under 2021-2023 gjort ett undantag för Bacticam inom kriterierna för villkorad läkemedelsanvändning (VILA) vilket gör att mjölkprovet

får analyseras med Bacticam istället för tidigare krav på laboratorium eller veterinär (Dahlberg & Tamminen 2022).

## Digitala tekniker kopplade till beteende och aktivitet

### Accelerometer och sensorer

Användning av accelerometer på djuren har ökat snabbt den senaste åren och är inom PLF den mest använda tekniken för att observera djurens beteende (Jiang *et al.* 2023). En accelerometer eller pedometer är en sorts sensor som fästs till halsbandet eller bakbenet (Jiang *et al.* 2023). Sensorn känner av en tredimensionell acceleration och översätter det till information om djurets rörelse och beteende. Den kan samla olika rörelsemönster och med hjälp av maskininlärda algoritmer klassificera dem till olika beteenden. Faktorer som accelerometern kan mäta är idisslingstid, ättid, liggtid, antal resningar/läggningar, aktivitetsmönster, steg och steglängd. Det vanligaste som mäts är just aktivitet där man vid en minskning kan misstänka sjukdom och vid en ökning kan misstänka brunst.

I ett AMS har korna någon form av sensor som kopplar mjölk-analys till ko-identitet (Cogato *et al.* 2021). Aktivitetsmätaren kan därutöver koppla ihop information från ovan nämnda faktorer med mjölkinformationen och därmed ge en djupare analys av hälsostatus. Flera varianter av aktivitetsmätare finns på marknaden i Sverige idag och deras funktioner varierar något beroende på lantbrukarens behov. En vanlig kombination av funktioner är t.ex. ko-identifiering, brunstinformation inklusive bästa tid för inseminering samt mätning av aktivitetsnivå och idissling för att detektera sjukdom (Delaval 2023a).

Även hältor kan identifieras med hjälp av accelerometer (Beer *et al.* 2016). Författarna utförde en studie för att undersöka hur väl hältor kunde noteras med en accelerometer. Det visades att halta kor hade ett kortare steg och långsammare gånghastighet vilket gjorde att accelerometern identifierade hältor väl. Dessa sensorer som detekterar hältor finns dock ännu inte som kommersiella på den svenska marknaden.

### *Brunstdetektion med accelerometer*

En av de viktigaste delarna för en lönsam verksamhet med mjölkkor är att reproduktionen fungerar effektivt (Michie *et al.* 2020). En förutsättning för att det ska ske är att lantbrukaren detekterar kor som brunstar för att efter ett visst antal timmar inseminera henne med maximal dräktighetschans. Typiska tecken på brunst är rastlöshet, ökad aktivitet och ridande på andra kor (Løvendahl & Chagunda 2010). Dessa beteenden kan och har traditionellt sett observerats manuellt av djurskötare

men numera kan de flesta aktivitetsmätare sköta detta. En studie avseende funktionen av ett automatiskt brunstdetektionssystem (Heatime, SCR Engineers Ltd., Netanya, Israel), visade på en detektionsfrekvens på 95 % med det automatiska systemet (Kempf 2016). Systemet visades även generellt sett var bättre på att identifiera brunst än visuell brunstpassning. I ytterligare undersökningar och jämförelser av flera olika aktivitetsensorer sågs det att 2/3 av mätinstrumenten identifierade 15-35 % fler brunster än vad visuell observation gjorde på en dag (Bianchi *et al.* 2022).

I tillägg till aktivitetsmätare kan även progesteron i mjölken analyseras för att ge indikation på brunst – vilket ses beskrivet i tidigare avsnitt.

### *Idissling*

Flera aktivitetsmätare mäter idisslingstid genom upptag av akustik. Ett exempel på en sådan mätare är Ruminact™ som bl.a. mäter våmaktivitet genom upptag av ljudet från regurgitationen under idisslingen (Lindgren 2009). Mikrofonen i denna är inkommererad i ett plasthölje som sitter dorsalt på kons vänstra sida av halsbandet och en vikt sitter ventralt på halsbandet för att säkerställa att mikrofonen hålls på rätt position. Ljuden analyseras i taggen med hjälp av en komplex algoritm och överförs sedan till en samordnande enhet när kon är i mjölkningsroboten eller vattenautomaten. Valideringar av produkten har visat att den ska detektera idissling/våmaktivitet med god säkerhet (Lindgren 2009).

### *Ättid*

Flertalet studier finns relaterade till hur minskad ättid korrelerar med sjukdomstillstånd (Weary *et al.* 2009; Schirmann *et al.* 2016). Shirmann *et al.* (2016) undersöker skillnaden mellan ättid under veckorna kring kalvning mellan friska kor och kor med metrit, subklinisk ketos och andra sjukdomar. Bl.a. beskrivs det hur en frisk ko i genomsnitt har en ättid som är 18-29 % högre än en ko med subklinisk ketos eller metrit + subklinisk ketos. Även vilken tidpunkt och hastighet de äter med kan säga något om hälsotillstånd där kor med nedsatt hälsa gärna undviker tidpunkter med konkurrens kring foderbordet.

För att mäta ättid kan en accelerometer på halsbandet användas (Hut *et al.* 2019). Sensorn känner av rörelser i ett 3D-perspektiv för att bestämma vinkeln mot golvet. Från denna vinkel kan huvudets position bestämmas och i kombination med huvudrörelser kan ättid mätas. Sensorn särskiljer ätande från idissling genom att idissling ger ett mer cirkulärt och kraftigare rörelse.

### *Liggtid*

En ökad liggtid kan bero på nedsatt välmående och hälsa av många olika skäl – men en vanlig orsak är någon form av klövlidande. Det fastslog Thomsen *et al.* (2012) i

en studie där liggtid och rörelsemönster användes som markörer för just klövlidande. Resultat i studien visade att en tydlig korrelation mellan en hög liggtid och en ökande hältgrad.

För att mäta liggtid används sensorer. En valideringsstudie undersökte två stycken vanliga sensorer och hur väl de registrerade liggtid, ståtid och rörelser: CowScout Leg (GEA Farm Technologies, Bönen, Germany) system och IceTag (IceRobotics Ltd., Edinburgh, Scotland) (Nielsen *et al.* 2018). Resultaten visade att de båda var nästintill perfekta i sin mätning av liggtid, men har mer utvecklingsmöjligheter i stegräkningsfunktionen.

## Kameror

Det finns idag utvecklade tekniker för att med hjälp av kamerasystem utvärdera parametrar som kroppsform (inkl vikt) samt rörelsemönster för identifiering av hältor. I en review-artikel (Silva *et al.* 2021) med fokus på PLF-tekniker och automatiserad detektion av hältor, mastit och vikt beskrivs detta. För att hitta hältor beskrivs i artikeln 2D- och 3D-kameror med potential att identifiera lindrigt-måttligt halta kor genom att bedöma rygglinjen. Det huvudsakliga problemet som tillstöter är de individskillnader som finns mellan kor där det finns många kor som har en mer krökt rygg trots att de inte är halta. Problemet överkoms genom att varje djur måste analyseras med referens till hur just den kon tidigare sett ut, vilket datasystemet därmed behöver lära sig.

Hullet (Body Condition Score, BCS) är en signifikant indikator på djurvälstånd och management (Silva *et al.* 2021). BCS hos en mjölkko korrelerar med såväl hälsa som mjölkkomposition där både överhull och underhull har tydliga hälsonackdelar. Detta gör det till en viktig faktor för lantbrukaren och besättningsveterinären att övervaka. Tidigare var det standard lantbrukaren själv manuellt bedömde sina djurs BCS genom att observera och palpera vissa delar av kroppen (rygggrad, tornutskott, svansrot, revben, höftben och rumpmuskel) både avseende fett- och muskelansättning. En 5- eller 9-gradig skala används ofta för att göra bedömningen så objektiv och jämförbar som möjligt. Den manuella klassificeringen är dock både tidskrävande och arbetskrävande vilket gör att djuren kanske inte bedöms tillräckligt ofta (Albornoz *et al.* 2021). De senaste 10-tal åren har studier gjorts med 2D-kameror för att uppskatta BCS och på den senaste tiden har allt fler studier publicerats med fokus på 3D-sensorer. Genom dessa metoder kan subjektivitet vid bedömning minimeras samtidigt som den kan ske både snabbare och oftare utan ökad arbetsbörda. DeLaval utvecklade en 3D-kamera som lantbrukaren kunde placera där kor normalt passerade (Albornoz *et al.* 2021). Kameran identifierar kor med hjälp av deras transponders och mäter BCS flera gånger per dag och ger därefter ett medelvärde över 7 rullande dagar. En studie på kamerans funktion och

kvalitet rapporterade en stark korrelation (0,78) mellan BCS och manuell observation i ett spann där de flesta hamnade (3-3,75 / 5), men en sämre korrelation vid mätning av kor utanför det spannet (Mullins *et al.* 2019).

## Matta som känner av tryckbelastning

Mattor som känner av tryckbelastning har som syfte att känna av hur trycket är fördelat från respektive ben när kon står på den (Silva *et al.* 2021). En utvecklad sensor inom området är Gaitwise vilken är inbyggd i en matta som korna kan gå över (Maertens *et al.* 2011). Den har en mjukvara som beräknar steglängd, ståtid på respektive ben samt tryck mellan klöv och underlag för olika ben. Vid antagande om att steget ändras och blir asymmetriskt vid smärta kan Gaitwise tidigt larma om kor som avviker i tidigare nämnda variabler. I studier av dess användbarhet och korrekthet i att skilja på en kraftigt halt ko och en ko utan hälta detekterade den detta bra, men den var sämre på att upptäcka lindriga hältor eftersom dessa ger en mindre skillnad i rörelsemönstret (Maertens *et al.* 2011; Van Hertem *et al.* 2014)

## Övriga tekniker

### pH-mätning i våmmen

Tekniker finns för att mäta våm-pH både experimentellt på försöksgårdar och hos kommersiella besättningar. Än så länge är det dock vanligast att göra i en experimentell miljö. pH i våmmen är relevant information till lantbrukaren för att detektera olika typer av våmacidos. I en studie av Furenbäck (2019) beskrivs och jämförs olika mätmetoder av våm-pH. Mätningen kan ske manuellt genom att mäta pH på våmvätska som tas ut med en sond eller via rumenocentes (via en nål genom vänstra buksidan). Det går också att mäta kontinuerligt via en pH-sensor som lämnas kvar i våmmen under en längre tid. Två olika mätsensorer tas upp i studien:

- eCow FarmBolus (Ecow, Clyst Honiton, Storbritanien) (eBolus): Detta är en cylinderformad sensor som lantbrukaren själv för ned i svalget på kon och låter sedan ligga kvar i hela kons liv. Den lägger sig i nätmagen och mäter där pH i ca 5 mån. pH i nätmagen kan sedan korreleras med pH i våmmen.
- Lethbridge Research Center pH measurement system (LRCpH) är en teknik som mäter både pH och temperatur samtidigt. Denna består av ett 9V-batteri, datalogger och en elektrod kabel inpackad i en vattentät kapsel. En betydande nackdel med denna är dock att den kräver en permanent våmfistel och är därför något som i nuläget endast används på forskningsgårdar och inte hos den ”vanliga” lantbrukaren.

## Infraröd thermografi (IRT)

Infraröd thermografi (IRT) är en teknik som mäter utstrålad värme och studier har visat att flera sjukdomar i sitt subkliniska stadium har upptäckts med hjälp av denna teknik (Stewart *et al.* 2017). Tekniken beskrivs som icke-invasiv eftersom den inte innebär någon direktkontakt med djuret. Bland annat har virusdiarré, lunginflammation, mastit, smärta, stress och brunst noterats i ett mycket tidigt skede med IRT. Det som samtliga av ovan sjukdoms-/hälsotillstånd har gemensamt är att de alla är associerade med någon typ av lokal inflammationsrespons vilket fysiologiskt gör att djuret avger mer värme än i normaltillstånd. IRT kan kombineras med mätning av respirationsfrekvens och därmed även identifiera tillstånd som inte förväntas ge en inflammationsrespons. Exempel på sådana är metabola sjukdomar som ketos och våmacidos.

IRT finns också utvärderat för mätning av respirationsfrekvens (Stewart *et al.* 2017). Detta fungerar genom att kontinuerligt mäta och spela in värmen vid näsborrarna. Vid inandning av kall luft ses mindre värme med kameran medan vid utandning av uppvärmd luft resulterar det i varmare näsborrar och mer upptag av värmestrålning. I studien gjord av Stewart *et al.* jämfördes mätdata från IRT med flankrörelser vilket visade en hög korrelation mellan värdena och metoden ansågs därför som säker.

Zaninelli *et al.* (2018) genomförde en studie kring infraröd thermografi kopplat till juverhälsa i fältverksamhet. IRT känner av den ökade värmen som mastiten ger i juverhuden, samt även en generell ökad kroppstemperatur vid feber. Sammantaget sågs en korrelation mellan ett ökat celltal samt ökad temperatur uppfångat av IRT och metoden kan därför i ett tidigt skede både märka av kliniska och subkliniska mastiter.

## Våg

Den konventionella stationära vågen där kon tas till själva vågen är den mest förekommande metoden för att få en exakt kroppsvikt på individuella kor (Mardhati *et al.* 2021). Den har dock nackdelarna att både vara tidskrävande samt att kon behöver stannas upp för att ett mätvärde ska fås. Det kan därmed vara svårt för lantbrukaren att frekvent väga sina kor. En annan metod och teknik har därför utvecklats: walk-over weighing (WOW) vilken automatiskt väger kor när de går på den och kopplar det till rätt individ- utan att kon märker att den blir vägd (Mardhati *et al.* 2021). Bland annat Afimilk och ett svenskt företag Hencol har utvecklat sådana automatiska vågar, bestående av en eller flera vågar som är placerade på kons väg från mjölkning (Hencol 2015; Madero Dairy Systems 2019). Systemen inkluderar automatiska grindar som ser till att bara låta en ko passera över vågen samtidigt.

## Temperaturövervakning

Det vanligaste sättet för att övervaka temperaturen hos korna är med hjälp av en rektaltermometer då det både är enkelt och kostnadseffektivt (Iwasaki *et al.* 2019). Temperaturen är en av de viktigaste parametrarna för att övervaka sjukdomstillstånd (feber och värmestress m.m.) och för att veta när kon är i brunst.

Det finns också aktivitetssensorer med funktionen att bl.a. mäta temperatur kontinuerligt och larma vid feber (Bikker *et al.* 2014). En sådan är Cow Manager SensOor som är utformad som ett mikrochip och fästes i en öronbricka.

Flera andra metoder för temperaturmonitorering har utvärderats i studier som exempelvis våmtemperatur, mätning i vagina, hudtemperatur och under huden men dessa metoder har ännu inte standardiserats, vilket gör att rektaltemperaturen fortfarande är det mest använda ute på gårdarna (Iwasaki *et al.* 2019).

## Kombination av flera olika tekniker

Något som flera artiklar beskriver som fördelaktigt både i kostnad och funktion är att kombinera flera olika system och sensorer med varandra (Rutten *et al.* 2013; Van Hartem *et al.* 2014; Van De Gucht *et al.* 2018; Halachmi *et al.* 2019). Rutten *et al.* (2013) beskriver kombinationen av aktivitetsdata och idisslingsdata med data från reproduktion och andra hälsodata som kan komma från gården själv, veterinärer och mjölkföretag. Enskilda siffror och data kanske inte säger så mycket men vid användande av dem tillsammans ger de en mer heltäckande bild av hälsotillståndet. Algoritmen som tar emot informationen är tränad för att känna igen mönster i data, och göra förutsägelser utifrån detta. Djur i riskzon kan identifieras i tidigt skede och kan ges extra uppmärksamhet. Van De Gucht *et al.* (2018) menar på liknande sätt att en accelerometer som används för att detektera hältor även skulle kunna användas för att finna andra fysiologiska förändringar som brunst, sjukdom, kalvning eller kroppsconfirmation – vilket skulle öka kostnadseffektiviteten markant. Författaren menar därför att vidare forskning borde fokusera på att binda samman flera funktioner med varandra. Van Hartem *et al.* (2014) lyfter också fram att kombinationen mellan olika sensordata inkluderande mjölmängd, nackaktivitet och idissling kan öka både sensitiviteten och specificiteten för detektionen av hältor. Van Hartem *et al.* beskriver även hur beteende kan observeras och analyseras vid användandet av flera olika sensorer. Genom att kombinera information kring exempelvis ättid och mjölkproduktion med infraröd termografi kan en automatisk och tidig detektion av sjukdom göras vilket förbättrar djurvälstånd, produktion och hälsa hos djuren.



## Farm management-system

Ett farm management-system är kombinationer av olika sensorer och mätare tillsammans med en samlingscentral där all information från de olika enheterna sammanställs (Slob *et al.* 2021). Sammanställda data visas sedan för lantbrukaren i ett lättillgängligt format för ett smidigt beslutsfattande. Vissa system är även kapabla att själva fatta beslut. Systemen är ofta tillverkarspecifika vilket historiskt har gjort det krångligt att blanda olika varumärken i sitt arbete (Iwasaki *et al.* 2019). Det sker dock en utveckling mot internetbaserade plattformar vilket gör att ett samarbete mellan olika sensorer och system blir allt smidigare (Michie *et al.* 2020), men detta är ännu inte väl etablerat i Sverige.

Några exempel på förekommande system är DelPro<sup>TM</sup> från DeLaval, Lely Horizon från Lely och AfiFarm från Afimilk.

## Provmjolkning

I komplement till digital teknik på gården kan provmjolkning ge information om mjölken både på individ och besättningsnivå (Växa 2021). Provmjolkning innebär att lantbrukaren själv ca 11 gånger om året tar individuella mjölkprov från sina kor och skickar detta med mjölk bilen för analys. Efter ett par dagar får hen ett svar på hur mycket fett, protein, celltal, BHB och urea varje ko har. Informationen sammanställs till lantbrukaren som trender och visar utvecklingen över en längre tid. Utöver provmjolkningen brukar lantbrukare även få siffror och statistik från mejeriet men det innefattar endast mjölken som gården väljer att skicka och ger ingen information för individuella kor.

## Vad utmärker lantbrukaren som väljer digitala hjälpmedel?

Flera studier har gjorts på ämnet vad som utmärker lantbrukare som har investerat i digital teknik i andra länder. I en holländsk studie från 2015 baserad på 512 holländska mjölkproducenter svarade 310 att de använde sensorsystem i sitt arbete och 202 att de inte använde det (Steenefeld & Hogeveen 2015). Tre faktorer definierades och användes för att jämföra lantbrukarna: antal kor, arbetskraft per ko per vecka samt antal kor per hektar. Resultaten visade tydligt att de som använde mycket digitala verktyg också hade fler kor, vilket författarna tror beror på att större gårdar har ett mer utvecklat framtidsstänk samt har ett större behov av bra ko-management. En liknande trend såg även Bianchi *et al.* (2022) i en motsvarande studie genomförd i Italien med ett färre antal respondenter (n=52). Större gårdar använde aktivitetsmätare i större mån, vilket tros bero på att underlätta brunst-

passning i större skala. Här observerades karaktärsdrag som hög mjölkproduktion, användning av AMS vid mjölkning och en ålder på under 40 år som typiska för stor användning av digital teknik.

Steeneveld & Hogeveen (2015) utredde orsaker till att investera i digital teknik respektive att inte göra det. En orsak sågs vara att redan befintliga användare av AMS fick ett reducerat pris på ytterligare verktyg- samt att de är kompatibla med varandra. Reproduktionskontroll och brunstpassning var viktiga anledningar för investering i aktivitetsmätare. Argumenten mot en investering var framförallt ekonomiska då det är dyrt med inköp och installation.

I övrigt såg även Bianchi *et al.* (2022) att gårdar med högre mjölkproduktion per ko tenderar till att lita mer på sina digitala system och siffror än på känslor och vanor i sitt beslutsfattande.

# Material och metod

## Enkät

Detta examensarbete är baserat på data från en tidigare utformad enkät som skickades ut som en del i ett större forskningsprojekt. Enkäten gjordes i Netigate (2022) och skickades ut via e-post till ca 2000 lantbrukare i Sverige vilket var alla mjölkgårdar med en registrerad e-postadress hos Jordbruksverket. Enkäten var öppen för svar under december 2022 och januari 2023. Frågorna i enkäten var uppdelad i två avsnitt. De första frågorna som ställdes handlade om fakta kring lantbrukaren och gården inkluderande ålder, kön, utbildning, antal kor, djurhållningstyp, mjölkningssystem, rådgivningstjänster som tillämpades med mera. Respondenten kunde här välja att ange sitt anläggnings-ID för att ytterligare gårdsdata skulle kunna hämtas från Kokontrollen (Växa Sverige). Om detta inte angavs ställdes ytterligare några frågor om gården (län, mjölkavkastning, celltal, produktionsinriktning). Det andra avsnittet rörde frågor kring vilken digital teknik som tillämpades på gården, uppdelat i det som kunde kopplas till mjölkning, beteende/aktivitet och djurhälsa/produktion. Det varierade mellan flervalfrågor och ja/nej-frågor samt några fritextsvar ifall respondenten inte hade ett passande alternativ. Beroende på vilken teknik de svarade att de hade fick respondenterna olika följdfrågor. Frågorna inkluderade vilka system som användes samt varumärken på dessa. Respondenterna fick även ange vilken information de fick ut av sina verktyg samt skatta hur viktig denna information var i deras vardagliga arbete. I de frågorna fanns alternativen ”får inte ut informationen men vill ha den”, ”får inte ut informationen/känner ej till den” samt skattning från ”helt oviktig” till ”mycket viktig”. I en senare del kunde de också ange i fritextsvar vad de önskade mer av de olika systemen.

## Bearbetning av data

Enkätsvaren bearbetades till största del i Microsoft Excel 2023 version 16.80. Svaren delades in i olika filer med huvudindelningen ”digital teknik kopplat till mjölkning” samt ”digital teknik kopplat till aktivitet”. Respondenterna delades in i tre huvudgrupper beroende på mjölkningssystem och djurhållningssystem: lösdrift med automatisk mjölkning (AMS), lösdrift med grop-/karusellmjölkning (TMS) samt uppbundna besättningar. För varje grupp har liknande sammanställningar gjorts för att kunna jämföra grupperna med varandra. I aktivitetsmätning gjordes även en sortering på antalet verktyg som fanns för aktivitetsmätning och hur detta skiljer sig mellan de olika grupperna.

I frågan om födelseår med fritextsvar (max fyra siffror) har två-siffriga svar tagits bort. Svar som ser ut att vara början på ett personnummer har korrigerats till rätt årtal.

Respondenterna kunde på flera frågor ange "övrigt" ifall inget av de nämnda alternativen passade med deras situation. De svar som kunde placeras i en viss kategori flyttades till rätt sådan. De svar som inte ansågs relevanta för frågan som ställdes har bortsetts från.

När ett svar i "övrigt"-alternativet har förekommit upprepat antal gånger har i vissa fall en egen kategori gjorts av dessa, med förtydligande att det är från kategori "övrigt".

Fritextsvar har setts över men djupare analyser på dessa har inte gjorts.

## Data från Kokontrollen

I de fall respondenten angav sitt produktionsplatsnummer och tillät hämtning av data från Kokontrollen (Växa) inhämtades information om produktionsinriktning (konventionell eller ekologisk), genomsnittlig mjölkproduktion (kg ECM/ko och år), genomsnittligt celltal (celler/ml mjölk), andel mastitbehandlingar och andel av korna som behandlats av veterinär för sjukdom under de senaste 12 månaderna samt mått på reproduktionseffektivitet (KFI>70 d (andel kor med mer än 70 d från kalvning till första insemination) och KSI>120 d (andel kor med mer än 120 d från kalvning till dräktighetsgivande (sista) insemination)).

Information om mjölkproduktion och celltal baserades på resultat från provmjölkningar (minst 11 stycken under de senaste 12 månaderna).

## Statistiska analyser

Kruskal Wallis tester gjordes i statistikprogrammet R (R Core Team 2020) för att jämföra skillnaderna mellan grupperna och se ifall dessa var signifikanta. Samma metod användes även för att jämföra följande:

- Celltal i AMS-besättningar med och utan celltalsmätare
- Mjölkproduktion (kg ECM) i AMS-besättningar med eller utan celltalsmätare
- Mastitförekomst i AMS-besättningar med eller utan celltalsmätare
- KFI i lösdriftsbesättningar med eller utan aktivitetsmätare
- KSI i lösdriftsbesättningar med eller utan aktivitetsmätare
- Sjukdomsförekomst i lösdriftsbesättningar med eller utan aktivitetsmätare

# Resultat

## De undersökta gårdarna

Totalt var det 611 av 2 000 djurägare som påbörjade enkäten. Eftersom några svarande föll bort under enkätens gång har de som svarat klart på frågorna i aktuellt avsnitt (mjölkämätning (n=586) respektive aktivitetsmätning (n=559)) använts. Respondenter som genomgått enkäten och angett att de inte längre har kor har bortsetts från.

Fördelningen mellan män och kvinnor som svarade på enkäten var 27 % kvinnor (n=425) och 73 % (n=157). Majoriteten (95 %) hade rollen som "ägare/delägare". Besättningarnas storlek varierade från 8 till 1 300 årskor, med ett medelvärde på 117 och median på 77.

Gårdarna delades in i grupper baserat på mjölkningssystem och djurhållning enligt följande: Lösdriftsystem med AMS, lösdriftsystem med traditionella mjölkningssystem (TMS) som exempelvis karusell- eller gropmjölkning samt uppbundna besättningar. Uppdelningen skedde eftersom uppbundna gårdar skiljer sig mycket från lösdriftsbesättningar när det gäller tillgänglig digital teknik. Respondenter som angav kombinationer av system (n=5) har exkluderats i vidare analyser.

I Tabell 1 ses en översikt över grupperna och skillnaderna i gårdsdata och produktionssiffror mellan dessa.

Tabell 1. Gårdsdata och medeltal för samtliga respondenter samt uppdelat efter mjölkningssystem: lösdrift med robotmjölkning (AMS), lösdrift med traditionell mjölkning (TMS) och uppbundna besättningar.

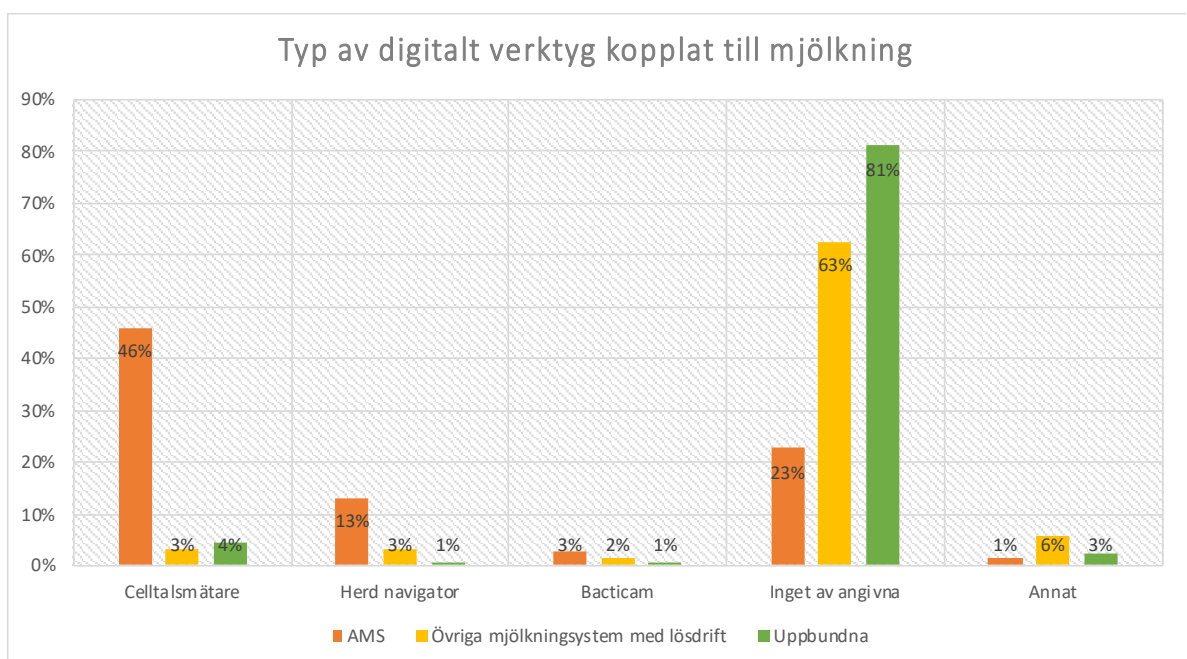
Data	Samtliga (n=586)	Lösdrift med AMS (n= 306)	Lösdrift med TMS (n=120)	Uppbundna (n=159)
Ålder ägare (år, medel)	53	51	53	55
Lägsta utbildningsgrad högre än gymnasienivå (%)	41	45	43	33
Produktionsinriktning: ekologisk (%)	18	37	17	5
Antal årskor (medel)	116	133	172	40
Mjolkproduktion (kg ECM <sup>1</sup> )	10 766	11 106	10 666	10 324
Tankcelltal- Aritmetriskt (1000 (celler/ml)	229	232	239	211
Kor behandlade mot mastit (%)	8,6	7,9	9,2	9,8
Kor behandlade mot sjukdom, totalt (%)	19,8	19,6	21,0	21,4
Andel kor med KFT <sup>2</sup> >70d (%)	24,0	21,4	22,9	28,8
Andel kor med KSF <sup>3</sup> >120d (%)	6,5	6,0	5,6	7,9
Andel besättningar med aktivitetsmätare (%)	51	72	61	7
Andel besättningar med intern/extern celltalsmätare (%)	26	47	3	4

1. Energikorrigerad mjölk
2. Antal dagar från kalvning till första insemination
3. Antal dagar från kalvning till dräktighetsgivande insemination

## Användning av digital teknik

### Mjölkning

Frågor ställdes om vilka digitala tekniker som används relaterade till mjölkning. Hur stor andel av respektive grupp som använde teknikerna presenteras i Figur 2. Det framgick att "celltalsmätare" (intern eller extern) var det vanligaste verktyget relaterat till mjölkning. I kategorin "Annat" vilken 6 % i gruppen med lösdrift och övriga mjölkningssystem använde angavs mestadels olika farm management-system som exempelvis Delpro eller Afifarm.



Figur 2. Användningen av digitala hjälpmedel kopplat till mjölkning hos samtliga tre grupper.

I Tabell 2 visas de som fick informationen om respektive parameter.

Tabell 2. Hur många som i respektive grupp som angav att de får ut beskrivna parametrar i sin mjölkning. Första talet anger antal och procent av gruppen anges i parentes.

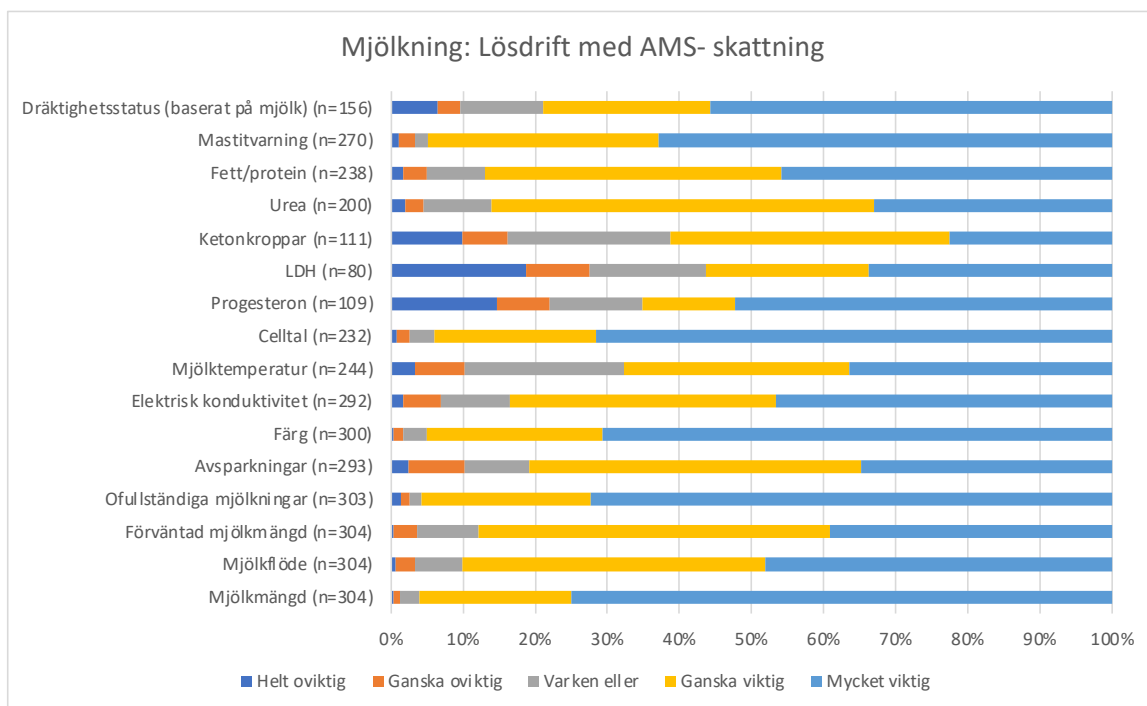
Parametrar	i	Antal (%) av AMS (n= 306)	Antal (%) av TMS (n=120)	Antal (%) av Uppbundna (n=159)
Dräktighetsstatus (baserat på mjölk)		156 (51)	49 (41)	50 (31)
Mastitvarning		270 (88)	40 (33)	48 (30)
Fett/protein		238 (77)	63 (53)	92 (58)
Urea		200 (65)	66 (55)	86 (54)
Ketonkroppar		111 (36)	31 (26)	25 (16)
LDH		80 (26)	26 (22)	20 (13)
Progesteron		109 (36)	30 (25)	31 (19)
Celltal		232 (76)	47 (39)	71 (45)
Mjölktemperatur		244 (80)	46 (38)	59 (37)
Elektrisk konduktivitet		292 (95)	42 (35)	32 (20)
Färg		300 (98)	59 (49)	67 (42)
Avsparkningar		293 (96)	82 (68)	86 (54)
Ofullständiga mjölkningar		303 (99)	86 (72)	71 (45)
Förväntad mjölmängd		304 (99)	86 (72)	84 (53)
Mjölklöde		304 (99)	88 (73)	92 (58)
Mjölmängd		304 (99)	99 (83)	95 (60)

## Vad som anses som viktigast – mjölkning

### *Lösdrift med AMS*

Hos gårdar med AMS var den viktigaste informationen från mjölmätningen ”mjölmängd”, ”ofullständiga mjölkningar” och ”färg” från de som fick dessa mätvärden (Figur 3). Det som minst antal gårdar fick ut var ”laktohydrogenas-LDH”, ”ketonkroppar” samt ”progesteron”. Av dessa som inte fick ut informationen ville flest få ut ”progesteron”.

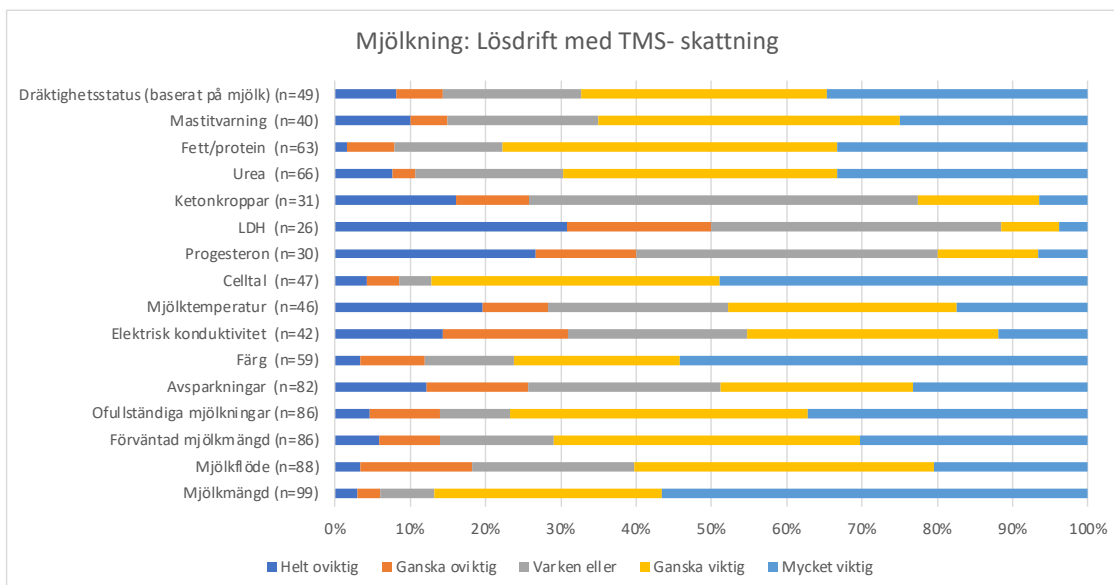




Figur 3. Respondenterna i AMS-besättningar i frågan hur högt man, om man tar del av informationen, skattar följande parametrar från "helt oviktig" till "mycket viktig". Fördelning i svarsalternativ samt antal som får ut informationen visas.

### Lösdrift med TMS

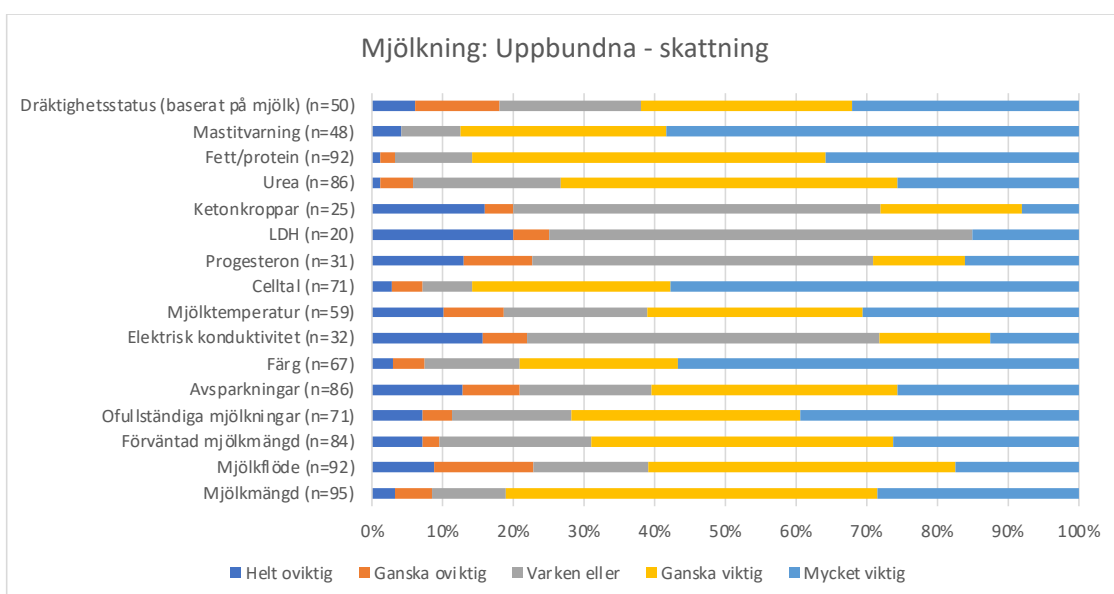
Hos gruppen med lösdrift med TMS var "mjölmängd" skattad som viktigast, följt av "ofullständiga mjölkningar" och "förväntad mjölmängd" (Figur 4). "LDH", "ketonkroppar" och "progesteron" var de vanligaste parametrarna att inte få ut information om. De mätvärden flest inte fick men ville ha var "mastitvarning" och "celltal".



Figur 4. Respondenterna i TMS-besättningar i frågan hur högt man, om man tar del av informationen, skattar följande parametrar från "helt oviktigt" till "mycket viktigt". Fördelning i svarsalternativ samt antal som får ut informationen visas.

### Uppbundna

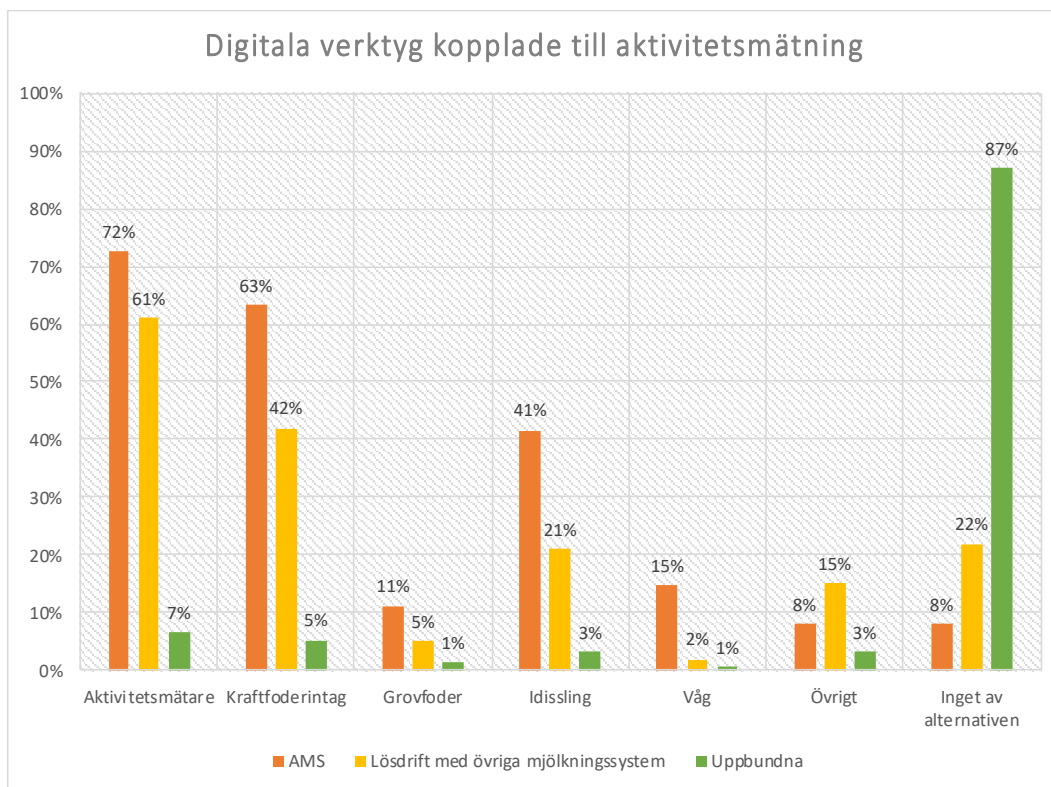
Bland uppbundna besättningar var "fett/protein", "färg", "mjölmängd" samt "celltal" klassat som viktigast (Figur 5). Av de som inte fick informationen var det vanligast att inte få "LDH", "ketonkroppar" och "elektrisk konduktivitet". Av de som inte fick ut informationen avgav störst andel att de skulle vilja ha information om "mjölmängd"



Figur 5. Respondenterna i uppbundna besättningar i frågan hur högt man, om man tar del av informationen, skattar följande parametrar från "helt oviktigt" till "mycket viktigt". Fördelning i svarsalternativ samt antal som får ut informationen visas.

## Mätning av aktivitet och foderintag

Frågor ställdes om vilken typ av aktivitetsmätning som användes på gården där ett eller flera alternativ kunde väljas. Svaren presenteras i Figur 6 för samtliga grupper. En kategori med ”övrigt” har skapats med alternativ (hullkamera, ättid, värmekamera, våminlägg för temperatur/pH-mätning, tryckmatta, extern termometer, annat) på grund av generellt få som angav att de hade dessa hjälpmedel.



Figur 6. Användningen av digitala tekniker för aktivitetsmätning i tre olika mjölkningssystem: lösdrift med AMS, lösdrift med TMS samt uppbundna system.

Av de 7 % uppbundna besättningar som använder aktivitetsmätare använder majoriteten (90 %) dem till ungdjur/kvigor.

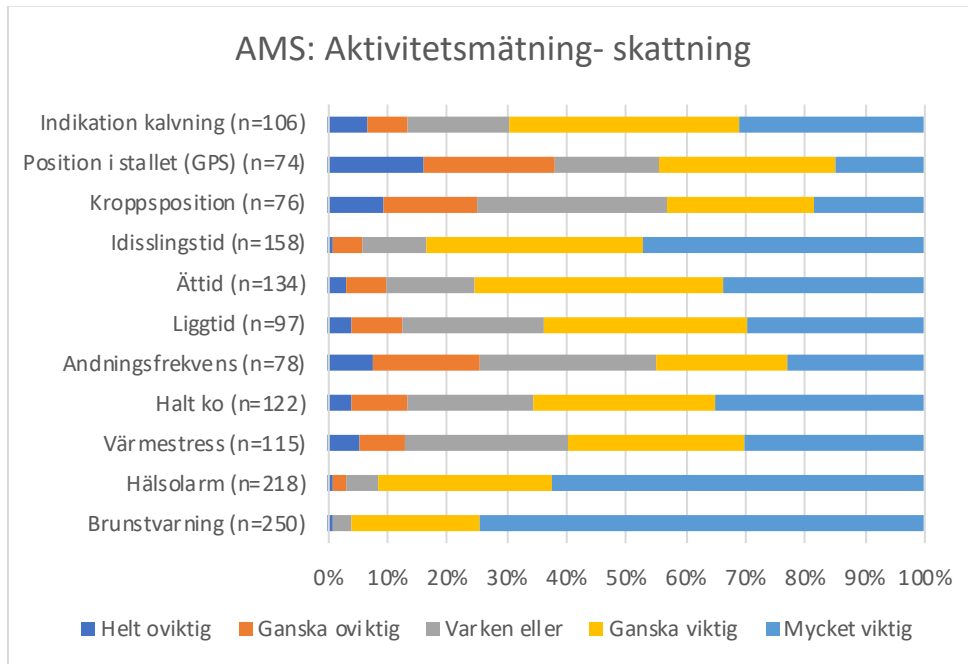
I alternativet ”övrigt” i figur 6 har TMS-gruppen 15 % respondenter. Av dessa 15 % bestod 10 % av ”extern termometer”, vilket därmed var vanligare i denna grupp än de två övriga.

Antalet digitala verktyg kopplat till aktivitet bland besättningarna varierade från 0-6 st. Medelvärdet av antalet digitala verktyg mätande aktivitet var högst i AMS-besättningar (2,1 st), följt av TMS-besättningar (1,39 st) och slutligen lägst i uppbundna besättningar (0,2 st).

## Vad som anses viktigt – aktivitet och foderintag

### AMS

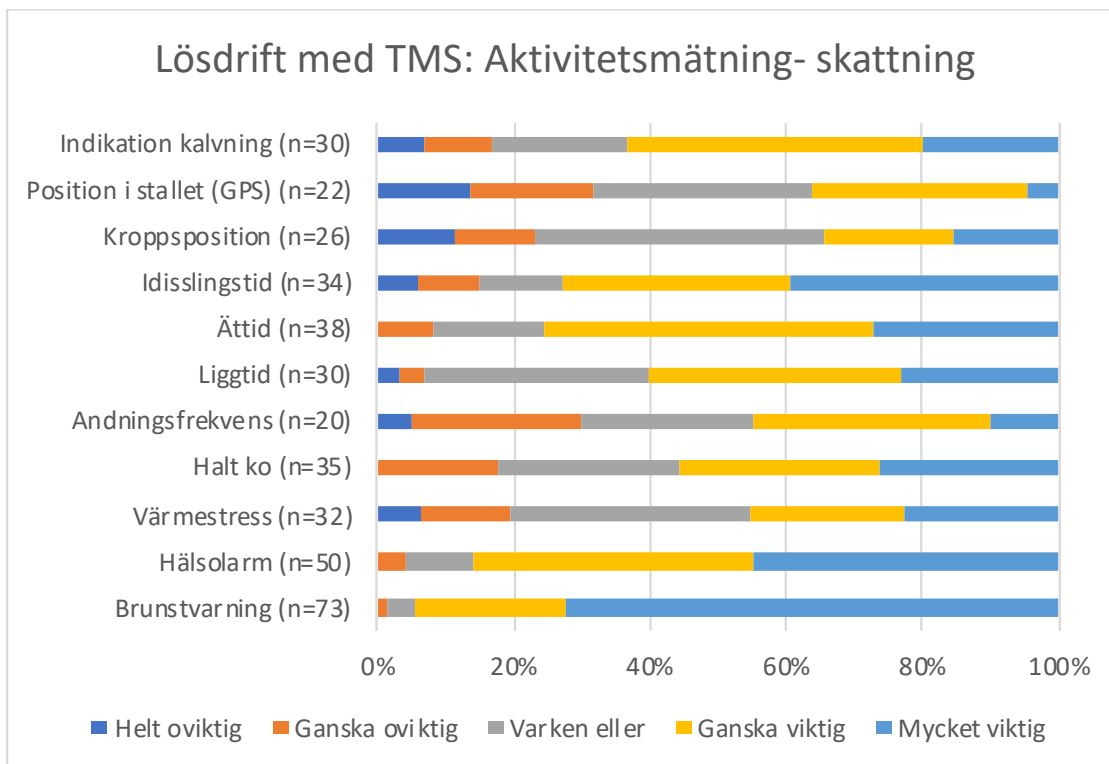
Hos gruppen med AMS relaterat till aktivitetsmätning ansågs ”brunstvarning” vara den högst skattade funktionen hos de som får informationen, följt av ”hälsolarm” (Figur 7). Av de som inte får ut informationen angav störst andel att de skulle vilja ha information om ”brunstvarning” följt av ”hälsolarm”.



Figur 7. Respondenterna i AMS-besättningar i frågan hur högt man, om man tar del av informationen, skattar följande parametrar från ”helt oviktig” till ”mycket viktigt”. Parametrar relaterade till aktivitetsmätning. Fördelning i svarsalternativ samt antal som får ut informationen visas.

### Lösdrift med traditionella mjölkningssystem

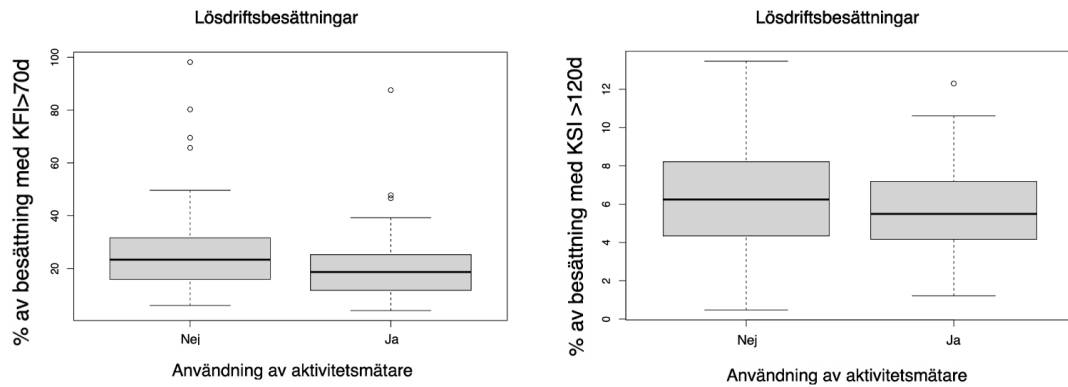
I denna grupp skattades ”brunstvarning” högst, följt av ”hälsolarm” (Figur 8). Det vanligaste att inte få ut information om var ”andningsfrekvens” och ”position i stallen”.



Figur 8. Respondenterna i TMS-besättningar i frågan hur högt man, om man tar del av informationen, skattar följande parametrar från "helt oviktigt" till "mycket viktigt". Parametrar relaterade till aktivitetsmätning. Fördelning i svarsalternativ samt antal som får ut informationen visas.

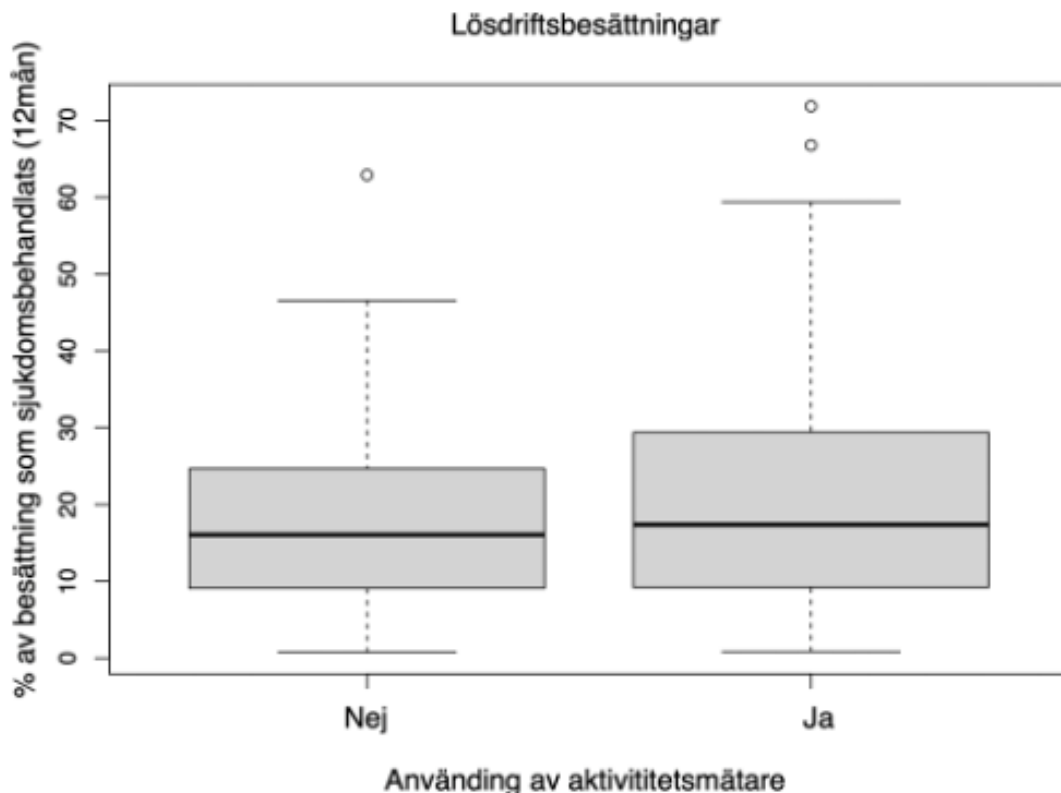
## Jämförelser av reproduktionsmått och hälsomått med och utan hjälpmedel

För reproduktionsmått sågs en signifikant skillnad ( $P=0,025$ ) för  $KFI > 70$  d mellan användare av aktivitetsmätare och icke-användare, där kortare KFI sågs hos gruppen med aktivitetsmätare (Figur 9). I jämförelsen mellan  $KSI > 120$  d ses en liknande skillnad med kortare KSI i gruppen med aktivitetsmätare- men denna skillnad är inte signifikant ( $P=0,136$ ). I gruppen utan aktivitetsmätare finns en större spridning.



Figur 9. Reproduktionsmått hos lösdriftsbesättningar med respektive utan aktivitetsmätare. Till vänster ses KFI > 70 d, till höger ses KSI > 120 d.

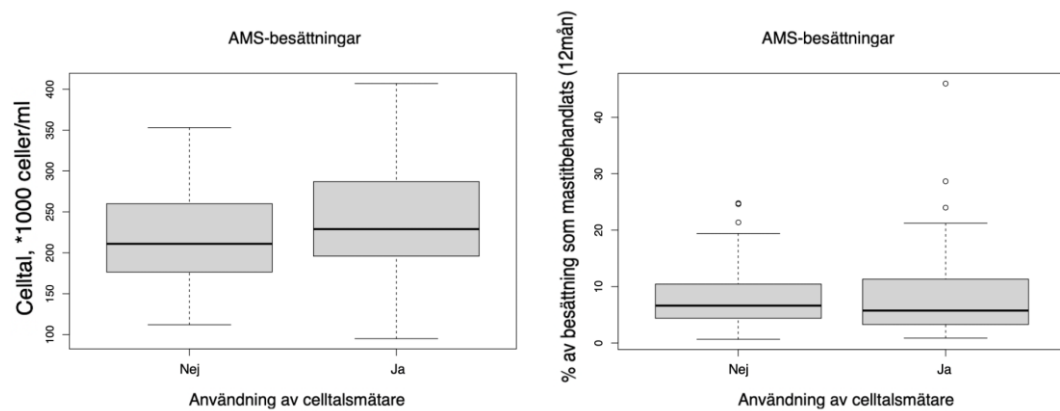
Ingen signifikant skillnad ses i sjukdomsbehandlingar med eller utan aktivitetsmätare ( $P=0,356$ ). En större spridning ses i gruppen med aktivitetsmätare (Figur 9).



Figur 10. Sjukdomsbehandlingar i lösdriftsbesättningar med respektive utan aktivitetsmätare.

Skillnaden i celltal med eller utan celltalsmätare (intern eller extern) i AMS-besättningar är signifikant ( $P=0,025$ ) med ett högre celltalsvärde i besättningar med

celltalsmätare än utan. Ingen signifikant skillnad ( $P=0,35$ ) sågs i mastitbehandlingar med eller utan celltalsmätare.



Figur 11. Skillnad i juverhälsoparametrar med respektive utan celltalsmätare i AMS-besättningar. Till vänster ses celltal, till höger ses mastitbehandlingar.

## Kombinationer av olika system och förbättringspotential

Två fritextfrågor ställes där respondenterna fick möjlighet att uttrycka hur olika system/tillverkare fungerar med varandra, samt vilka generella förbättringsmöjligheter som sågs. De mest återkommande tankarna presenteras nedan.

### *Hur fungerar det att kombinera olika system/tillverkare med varandra?*

Flera respondenter anger att de tycker systemen fungerar bra tillsammans och kompletterar varandra på ett effektivt sätt. Andra framför istället att system de har med olika tillverkare inte är kompatibla med varandra. Många tycker också att det är omständligt med flera olika applikationer och skulle hellre ha allt samlat i ett och samma program/app för att underlätta överblicken.

### *Vilka övriga synpunkter/åsikter/förbättringar vill du lägga till?*

Bland svagheter/förbättringsmöjligheter som användare uttrycker återkommer en frustration över ej helt färdigutvecklade produkter som kommer ut på marknaden, samt bristen på support när produkterna inte fungerar som de ska. Några med mindre besättningar beskriver också att tekniken känns överflödigt i deras besättning, samt att vid uppbundna djur är den inte speciellt kompatibel för detta. Även några med större besättningar angav att den omfattande informationen som fås ibland är övermäktigt och svårtolkad för djurskötaren som för dagen har ansvar för djuren. Fiber är också något som ofta blir ett krav för användning- vilket kan vara svårt på många delar av landsbygden.

## Diskussion

Gårdarna som svarade på enkäten skiljer sig från en genomsnittlig svensk mjölkgård i flera faktorer som fördelning av produktionssystem, antal årskor, genomsnittlig mjölkavkastning och medelålder på lantbrukare. Utöver dessa faktorer sågs flera skillnader i produktionsdata och teknikanvändande mellan grupperna som undersöktes vilket kommer diskuteras nedan.

I Norden har ca 20 % av gårdarna AMS (Olsson 2017) - jämfört med de 52 % som i enkätstudien har AMS. Det innebär att det var en överrepresentation av AMS-besättningar i enkätsvaren. Det finns också risk för att andelen uppbundna besättningar var underrepresenterade eftersom dessa i mindre utsträckning använder digital teknik, och därmed kan känna mindre motivation att svara på enkäten. På samma sätt kan AMS-gruppen känna större motivation att svara då de eventuellt är mer insatta i ämnet.

Antalet årskor, vilket är ett medeltal på antalet kor i besättningen, var högre än genomsnittet av antalet mjölkkor/gård enligt statistik från 2022 (116 st jämfört med 106,1 st) (Jordbruksverket 2022). Flest årskor återfanns bland lösdriftsbesättningar med TMS, följt av AMS-besättningarna vilket stämmer överens med Steeneveld och Hogeveens (2015) jämförelse mellan holländska gårdar där det sågs att gårdar med TMS hade fler kor än gårdar med AMS. Författarna tror detta beror på begränsningen i hur många som kan mjölkas i ett AMS, vilket då försvårar expansionen av antalet kor. Detta är troligen fallet även i denna studie.

Mjölproduktionen var något högre än genomsnittsproduktionen i Sverige (10 766 kg ECM jämfört med 10 115 kg ECM) (VÄXA 2022), Detta har troligen sin förklaring i överrepresentationen av stora gårdar- då större gårdar ses ha en högre produktion än mindre gårdar (VÄXA 2022).

Enligt statistik från jordbruksverket från 2020 är ca 44 % av de svenska mjölkproducenterna över 55 år (Jordbruksverket 2020), vilket innebär en lägre medelålder (52 år) bland respondenterna i studien jämfört med nationellt.



## Vilka digitala system/hjälpmiddel förekommer och är vanligast på svenska mjölkgårdar?

Celltalsmätare var det vanligaste digitala verktyget relaterat till mjölkning i samtliga grupper men förekomsten var helt klart högst i AMS-besättningar. Det är väntat att det är vanligast i AMS-gruppen eftersom det i många fall är inkluderat i roboten. Noterbart var att en större andel i samtliga grupper angav att de fick informationen om celltal än vad som angav att de hade en celltalsmätare. Detta tyder på att informationen kommer någon annanstans ifrån- exempelvis från provmjölkkningsdata och inte en specifik celltalsmätare.

Inom aktivitetsmätning sågs det att precis som i italienska besättningar (Bianchi *et al.* 2022) är en aktivitetssensor det vanligaste verktyget för mätning av aktivitet hos samtliga grupper. Därefter kom mätning av kraftfoder- vilket var ovanligare i Italien men eftersom svarsalternativen och definitionerna av PLF skiljer sig något mellan studierna är det inte helt jämförbart.

Anmärkningsvärt är att av de uppbundna besättningarna anger en relativt hög andel (40-60 %) att de har flera av parametrarna som efterfrågas gällande information från mjölken/mjölkningssystemet (fett/protein, urea, celltal, färg, avsparkningar, ofullständiga mjölkningar, förväntad mjölmängd, mjölkflöde och mjölmängd), trots att det är relativt få som har digitala verktyg för detta. Det kan ha olika orsaker. Vissa av parametrarna fås från provmjölkning och den höga andelen som får informationen kan därmed förklaras. Det skulle också kunna vara ett farm management-system som kopplats till mjölkningssystemet och ger dessa siffror. Det kan även vara en feltolkning i frågan som gör att respondenten kanske okulärt ser vissa saker och därför svarar som att de får informationen. Exempelvis kan en okulär besiktning av mjölken, vilket oftare görs i en uppbunden mjölkning, ge information om mjölkens färg. Parametrar som flöde, mjölmängd och avsparkningar kan också fångas upp manuellt genom att observera mjölkningssystemet. Det är därför troligt att de relativt höga andelarna som ses i denna tabell bland uppbundna snarare beror på olika manuella metoder för att fånga upp parametrarna, istället för digitala verktyg vilket var det tänkta syftet med frågan. Svaren bland uppbundna besättningar i Tabell 2 ska därför tolkas med försiktighet och vidare studier skulle behövas.

## Användning i Sverige jämfört med andra länder

Resultatet på enkäten i vilka system och tekniker som var vanligast stämmer väl överens med studier i andra länder på området (Borchers & Bewley 2015; Abeni *et al.* 2019; Morrone *et al.* 2022) i deras slutsats att de teknikerna som länge funnits på marknaden (mjölmängdsmätning, celltal, flödesmätning, aktivitetsmätning)

fortfarande är de vanligaste. De nyare teknikerna som exempelvis kameror, tryck-känslig matta, pH-mätning i våmmen m.m. förekommer, men i mindre utsträckning.

## Skiljer det sig mellan olika typer av gårdar i hur mycket digital teknik som används?

Inom aktivitetsmätning hade de två lösdriftsgrupperna generellt mycket teknik medan den uppbundna gruppen hade en majoritet (87 %) som svarat ”inget av alternativen”. Det enda verktyget som inte var vanligast i AMS-gruppen var en extern termometer som istället var vanligast i TMS-gruppen. 15 % i AMS-gruppen angav att de hade en ”våg” för mätning av kroppsvikt, vilket väldigt få av de andra grupperna använde. Detta kan ha sin förklaring i att en våg kan vara inkluderad i roboten och att vägning sker i anslutning till (innan eller efter) mjölkningen. Även antalet verktyg som mäter aktivitet var flest i AMS-besättningar (2,1 st), följt av övriga lösdriftssystem (1,39 st) och uppbundna (0,2 st) vilket också tyder på att AMS-besättningarna har mer aktivitetsmätning än de två övriga grupperna.

En låg användning av aktivitetssensorer i uppbundna besättningar är väntat eftersom de inte rör sig speciellt mycket, men trots det angav 7 % i den gruppen att de använder detta. Det förklaras dock av att majoriteten har angett att de använder sensorerna till ungdjur/kvigor som alltså inte kommit in i mjölkproduktionen ännu.

Precis som inom aktivitetsmätning sågs det även inom mjölmätningen mest digital teknik hos AMS-gruppen. Bianchi *et al.* (2022) fastslog att närvaro av AMS (inkluderande olika sensorsystem och övervakningssystem) är förknippad med hög teknisk nivå på gårdarna- vilket resultaten pekar på även i denna studie. Fortsatt beskriver de hur AMS i ökande grad kan bli det teknologiska navet på mjölkgårdar där daglig individuell hälsokontroll av de mjölkande korna kan utföras automatiskt. I en holländsk studie ses liknande trend med mycket teknik kopplat till mjölkning hos AMS-gårdarna vilket antas till stor del bero på att teknik var inkluderad som standard med roboten vid införskaffande, alternativt kunde köpas till ett reducerat pris (Steeneveld & Hogeveen 2015).

## Skillnader i grupperna i produktion och sjukdom

### *Juverhälsa*

Andelen kor som mastitbehandlats är lägst i AMS-gruppen (7,9 %) och högst i gruppen med uppbundna (9,8 %). Samtidigt observeras celltalet vara det omvända i grupperna. Ett högt celltal orsakas i de allra flesta fall av en mastit men det kan

också påverkas (i mindre utsträckning) av fysiologiska faktorer som ras, laktationsnummer och laktationsstadium (Sumon *et al.* 2020). Man hade kunnat tänka sig att fler subkliniska mastiter finns bland AMS-besättningarna och ger ett högre celltal, men som då inte behandlas för mastit i lika stor utsträckning och därför inte syns lika mycket i statistiken. En annan orsak som skulle kunna förklara det lägre celltalet i uppbundna besättningar är att de lättare kan sortera korna efter juverhälsa vilket därför underlättar mjölkningsordningen. Mjölkningsordningen är viktig för att inte sprida patogener från mastitbehandlade/nykalvade/kor med höga celltal till friska kor med låga celltal (Nielsen & Emanuelson 2013).

### *Mjolkproduktion*

Mjolkproduktionen ses vara högst i AMS-besättningar och lägst i uppbundna besättningar. Hur mycket korna producerar beror delvis på faktorer som ras, laktationsstadium och laktationsnummer, men påverkas också mycket av generella hälsan hos djuren och hur foderintag ser ut. En sänkning av mjölkproduktionen kan ses vid väldigt många typer av sjukdomar. Mjolkproduktionen kan dock öka vid en optimal och i många fall ökad mjölkningsfrekvens (Lakic 2011), vilket är lättare att individanpassa i ett AMS än i övriga system. Det skulle delvis kunna förklara de bättre siffrorna bland dessa gårdar. Motsägelsefullt är dock celltalet i kombination med produktionen eftersom celltalet anses ofta ha en negativ korrelation med mjölkproduktion (Andersson *et al.* 2011) innebärande att ett förhöjt celltal ger en sänkt mjölkproduktion. I detta fall visar resultatet istället på motsatsen.

### *Totala sjukdomsbehandlingar*

Även andelen totala sjukdomsbehandlingar återspeglar fördelningen ovan i mastitbehandlingar med högst andel sjukbehandlingar i uppbundna besättningar och lägst andel i AMS-gruppen. Det skulle kunna bero på mer omfattande övervakning genom mer digital teknik som aktivitetshalsband och mjölmätning med mera som kan upptäcka sjukdomar tidigt- och att man på så sätt undviker allvarligare sjukdomar som kräver veterinärbehandlingar. Ingen signifikant skillnad av sjukdomsfall inom lösdriftsbesättningar med eller utan aktivitetsmätare - vilket talar emot att det är just aktivitetsmätare som ger bättre generell hälsa. Det är därför troligare att annat som exempelvis mätning av olika hälsoparametrar i mjölken (vilket sker i större omfattning i lösdriftsbesättningarna än uppbundna) bidrar till bättre övervakning och följaktligen att sjukdomar fångas upp i tidigare skede. Något som också kan behöva beaktas är tillförlitligheten hos hälsolarm och sensorer. Ifall tillförlitligheten på dessa skulle vara begränsad och man litar mycket på sin teknik skulle det kunna göra att sjukdomar missas- vilket alltså skulle kunna förklara den lägre andelen sjukdomsbehandlingar i AMS-gruppen med mycket teknik. Skillnaderna kan också ha många andra förklaringar som hänger ihop med djurhållningen

i respektive produktionssätt snarare än med de digitala hjälpmedlen som används och skulle kräva ytterligare studier för att reda ut.

### *Reproduktion*

Det framgår i resultatet att uppbundna besättningar har längst KFI och AMS-besättningar har kortast. Även KSI är längst i uppbundna men kortast i TMS-besättningar. Att det skiljer sig mellan KFI och KSI i vilken grupp som hade kortast intervall skulle alltså betyda att AMS-gruppen inseminerar tidigare efter kalvning men har längre tid än TMS-gruppen fram tills att kon blir dräktig av inseminationen. Orsaken till skillnaderna mellan grupperna och att de uppbundna besättningarna har längst kalvningsintervall skulle delvis kunna bero på att det är ovanligare med aktivitetsmätare i uppbundna besättningar- då det visades att en aktivitetsmätare har en positiv inverkan på reproduktionseffektivitet. Det kan också, vilket kanske är troligare, bero på att även den manuella brunstpassningen är lättare i ett lösdriftssystem än i uppbundet system. Exempelvis kan upphopp på ett lättare sätt observeras.

### **Vad skiljer ut lösdriftsgårdarna med mycket teknik?**

Vad som ser ut att skilja ut de två lösdriftsgrupperna som enligt studien är de största teknikanvändarna är dels utbildningsgrad där man ser att respondenter i AMS och TMS-besättningar ser ut att ha en högre andel med högre utbildning än gymnasienivå, än vad som ses i uppbundna. Åldern ser också ut att skilja sig något- där AMS-gruppen har lägst medelålder på ägaren (51år), följt av TMS (53 år) och sedan uppbundna med högst (55 år). En ökad användning av digital teknik bland yngre lantbrukare ses även i Italien (Bianchi *et al.* 2022), vilket antas bero på ett generellt högre intresse av teknologiska lösningar samt yngre personer är mer benägna att prova på nyheter. Antalet kor verkar även vara en tydlig skillnad då de två lösdriftsgrupperna har betydligt fler kor än de utan teknik, vilket också återkommer i flera studier (Steenefeld & Hogeveen 2015; Bianchi *et al.* 2022). Dock har storleksskillnaden troligen en större förklaring i att en lösdrift ofta lämpar sig för fler kor än en uppbunden besättning, snarare än tekniknivån på gården. Produktionsinriktningen kan också spela roll då en högre andel av AMS-besättningarna (37 %) var ekologiska jämfört med TMS (18 % ekologiska) och uppbundna (12 % ekologiska). Denna skillnad mellan grupperna förklaras dock mer sannolikt med att det är lämpligare i en ekologisk produktion med lösdrift än uppbundet system för att följa de krav och regler som ställs på ekologisk mjölkproduktion.

## Vilken digital teknik värdesätts mest på svenska mjölkgårdar av lantbrukaren själv?

Det som högst respektive lägst andel fick ut information om inom mjölkning var mjölmängd respektive LDH i samtliga grupper. I de två lösdriftsgrupperna var även mjölmängden skattad som viktigaste informationen, till skillnad från de uppbundna besättningarna som hade en jämnare fördelning mellan flera parametrar i vad som var viktigast. Att mjölmängden är skattad högst liknar resultatet över italienska användare i studien av Bianchi *et al.* (2022) där mjölmängd och reproduktionsverktyg var skattade som de viktigaste. Övriga specifika mjölkparametrar frågades inte respondenterna i studien av Bianchi *et al.* vilket gör det svårt att jämföra mer specifikt med denna studie.

Mjölmängd i TMS-gruppen skattat som viktigast både av de som får informationen och de som inte tar del av den. I den uppbundna gruppen däremot är åsikterna i vad som är viktigast skilda mellan de som tar del av informationen och de som inte gör det och det är jämnare fördelning över vad som anses som viktigast.

Orsaken till enigheten i TMS-gruppen och oenigheten i uppbundna besättningar berörande vad som är viktigaste informationen relaterat till mjölmätning kan vara hur insatt man är i ämnet. Troligen är TMS-gruppen mer insatt i olika parametrar vid mjölmätning generellt och har därför en gemensam åsikt om vad som är viktigast, medan uppbundna, som kanske inte är lika insatta på grund av lägre användningsgrad, har mer skilda åsikter.

Inom aktivitetsmätning var den information som skattades som viktigaste informationen hos samtliga grupper brunstvarning, vilket också var den information som flest fick ut av sin aktivitetsmätning. Detta stämmer överens med liknande studier gjorda i andra länder (Borchers & Bewley 2015; Bianchi *et al.* 2022).

## Hur väl fungerar de vanligaste digitala teknikerna?

Aktivitetsmätare för brunstpassning är överlägset det vanligaste mätverktyget och ändamålet inom aktivitetsmätning. I statistiska jämförelsen mellan reproduktions-effektivitet med och utan mätare i lösdriftsbesättningar kunde man se att aktivitetsmätaren verkade ha en positiv inverkan på detta. En signifikant lägre andel med kortare KFI sågs bland användare av aktivitetsmätare, samt tendenser till lägre andel med kortare KSI i samma grupp. Ett lågt KFI och KSI är önskvärt då det innebär en mer kostnadseffektiv reproduktion (Löf 2012). En orsak till att positivt samband ses mellan just aktivitetsmätare och brunstpassning kan vara att det är lätt för lantbrukaren att tolka- eftersom endast information om inseminering ska ske

eller inte ges. Det här resultatet är i motsats mot Bianchi *et al.* (2022) som inte såg bättre reproduktionssiffror hos gårdar med aktivitetsmätare. Författarna tror detta beror på att det är de med störst behov av hjälp med brunstpassning som inför digitala hjälpmedel för det.

Totala sjukdomsbehandlingar verkade däremot inte påverkas av användande av aktivitetsmätare. Endast en marginell skillnad i median sågs mellan grupperna, men en något högre median (ökad andel sjukdomsbehandlingar) och en större spridning sågs vid användning av mätaren. Det skulle kunna förklaras av att fler kor identifieras som sjuka och behandling sätts in vid användande av aktivitetsmätare än utan.

Inom mjölkämning var som tidigare nämnt en celltalsmätare den vanligaste tekniken. Statistiska analyser som gjordes i arbetet för att se hur närvarande av celltalsmätaren påverkade juverhälsa (mätt i celltal och mastitfrekvens) gav ett något oväntat resultat. Ingen signifikant skillnad fanns i närvaro av mätare eller inte sett på mastitförekomsten. Sett till celltal däremot sågs en signifikant skillnad där det sågs ett högre celltal (median) bland användare av celltalsmätare än utan. En större spridning sågs också i denna grupp med celltalsmätare. Bland italienska besättningar sågs liknande resultat där ingen korrelation kunde ses mellan celltalsmätare och juverhälsa (både i celltal och behandling med antibiotika mot mastiter). Orsaken till det högre celltalet bland användare av celltalsmätare skulle kunna vara likt Bianchi *et al.* (2022) resonerade kring aktivitetsmätare - att de med störst behov av förbättring inom ett område kanske använder tekniska hjälpmedel i störst utsträckning. Det kan också bero på att det är svårt att tolka ett högt celltal för lantbrukaren- eftersom det inte finns en självklar lösning på problemet. Det är till exempel en stor skillnad från en aktivitetsmätare som endast ger en instruktion om att inseminera eller inte. Ett högt celltal kräver högre kompetens och åtgärdsgrad att göra något åt, och exempelvis rådgivning av veterinär eller liknande kan behöva anlitas. Tydligheten och hjälp för lantbrukaren om vad den ska göra med informationen är därför en viktig del i hur väl celltalsmätaren fungerar.

Något som gör resultatet med celltalsmätare relaterat till celltal svårtolkat är också att denna studie endast är en ögonblicksbild, och säger inget om när en celltalsmätare införskaffades eller varför. Ifall information hade funnits om celltal innan och efter införskaffande hade detta kunnat säga mer om dess funktion och inverkan på celltalet. Ytterligare något att tänka på vid tolkande är att aktivitetsmätare eller celltalsmätare inte är homogena begrepp, utan det kan skilja sig mycket i funktion och tillförlitlighet mellan olika tillverkare och modeller. Det är därför svårt att dra stora slutsatser baserat på ifall det finns en sorts mätare eller inte utan att veta exakt modell.

## Förbättringspotential

Vilka nackdelar och förbättringsmöjligheter som angavs i enkätsvaren var blandade men många innehåll liknande budskap. Ej färdigutvecklade produkter, support som inte fungerar och dess låga kompatibilitet med små uppbundna gårdar är några av tankarna. Även ett överväldigande av all tillgänglig information nämndes som ett problem. Detta stämmer väl överens med Hartung *et al.* (2017) som lyfter fram högt inköpspris, dåligt underhåll, dålig anpassning/testning i en praktisk situation samt i vissa fall för mycket tillgänglig information som de största nackdelarna som europeiska användare sett.

## Eventuella fel i data, litteratur och enkätsvar

Enkäten var utformad så att frågor om mjölkningstekniker kom före aktivitetsmätning. Under enkätens gång fanns ett visst bortfall vilket gjorde att alla inte kom fram till aktivitetsmättningsfrågorna- vilket gjorde att färre svar erhöles från dessa. Vissa missförstod också uppdelningen av frågorna och har därför givit svar relaterat till aktivitetsmätning på mjölkteknik-delen. Dessa korrigerades manuellt och om inget annat nämndes antogs de inte ha någon av de angivna teknikerna.

Flera som har uppbundna system har angivit att enkäten inte känns relevant för henners eftersom de använder så lite teknik som de gör. Dessa har i många fall fallit bort under enkätens gång och det är därför färre med uppbundet system som har tagit sig till aktivitetsdelen.

Eftersom enkäten var webb-baserad finns det en viss risk att medelåldern av respondenterna påverkas. Det kan därför vara en överrepresentation av yngre personer som svarat, eftersom dessa i högre grad är användare av internet och teknik. Enligt statistik från jordbruksverket från 2020 återfanns ca 44 % av mjölkproducenterna i åldrarna > 55 år, vilket tyder på en låg medelålder bland respondenterna i enkäten.

Siffror från Kokontrollen och statistiska analyser på dessa har endast gjorts på de besättningar som har godkänt detta samt de som Kokontrollen hade data för. Det är dock en relativ jämn spridning i bortfall vilket gör att det inte bör påverka resultatet i någon specifik riktning.

## Tillgänglig information och litteratur inom området

Den tillgängliga informationen inom området digitala verktyg är begränsade och det är framförallt fabrikantens egna produktbeskrivningar som finns att tillgå. Detta

medför att det är svårt att hitta objektiva beskrivningar av system både för lantbrukaren själv, och i arbeten likt detta.



## Konklusion

Generellt sågs mest digital teknik (både relaterat till mjölkmatning och aktivitetsmatning) hos gruppen med AMS. Inom mjölkning var det vanligaste verktyget en celltalsmätare och inom aktivitetsmatning var en aktivitetsmätare det vanligaste, inom samtliga grupper.

Den enligt respondenterna mest uppskattade informationen var mjölmängd inom mjölkmatning, samt brunstvarning inom aktivitetsmatning. Siffror över produktion sågs generellt vara bäst i AMS-besättningar (andel mastitbehandlingar, totala sjukdomsbehandlingar, mjölkavkastning), och sämst hos de uppbundna. Det sågs även högst reproduktionseffektivitet inom AMS-gruppen och TMS-gruppen. En korrelation sågs mellan ett högre celltal hos AMS-gårdar med celltalsmätare än utan. Inom lösdriftsbesättningar sågs signifikanta skillnader i reproduktionseffektivitet mellan besättningar med respektive utan aktivitetsmätare, där kortare kalvningsintervall sågs hos användare av mätarna.

Faktorer som troligt spelar in på en ökad användning av digitala hjälpmedel är en lägre ålder hos lantbrukaren, högre utbildningsgrad, lösdriфтsystem med närvaro av AMS samt stora gårdar mätt i antal kor.

## Referenser

- Abeni, F., Petrera, F. & Galli, A. (2019). A survey of Italian dairy farmers' propensity for precision livestock farming tools. *Animals*, 9 (5), 202. <https://doi.org/10.3390/ani9050202>
- Albornoz, R.I., Giri, K., Hannah, M.C. & Wales, W.J. (2021). An improved approach to automated measurement of body condition score in dairy cows using a three-dimensional camera system. *Animals*, 12 (1), 72. <https://doi.org/10.3390/ani12010072>
- Alhussien, M.N. & Dang, A.K. (2018). Milk somatic cells, factors influencing their release, future prospects, and practical utility in dairy animals: An overview. *Veterinary World*, 11 (5), 562–577. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2018.562-577>
- Alm, K. & Möller, J. (2006). *Mjölkkors välbefinnande i AMS och konventionell lösdrift*. Sveriges lantbruksuniversitet. Agronomprogrammet. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:slu:epsilon-s-8866> [2023-11-13]
- Andersson, I., Andersson, H., Christiansson, A., Persson, Y. & Widell, A. (2011). *Systemanalys celltal*. <http://www.juverportalen.se/media/1099/systemanalys-celltal-2011-10-20.pdf> [2023-11-02]
- Anglart, D. (2021). *Indicators of mastitis and milk quality in dairy cows*. Diss. Swedish University of Agricultural Sciences. <https://res.slu.se/id/publ/109777> [2023-09-22]
- Beer, G., Alsaad, M., Starke, A., Schuepbach-Regula, G., Müller, H., Kohler, P. & Steiner, A. (2016). Use of extended characteristics of locomotion and feeding behavior for automated identification of lame dairy cows. *PLOS ONE*, 11 (5), e0155796. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0155796>
- Berckmans, D. (2014). Precision livestock farming technologies for welfare management in intensive livestock systems: -EN- Precision livestock farming technologies for welfare management in intensive livestock systems -FR- Les technologies de l'élevage de précision appliquées à la gestion du bien-être animal dans les systèmes d'élevage intensif -ES- Tecnologías de ganadería de precisión para la gestión del bienestar en sistemas de ganadería intensiva. *Revue Scientifique et Technique de l'OIE*, 33 (1), 189–196. <https://doi.org/10.20506/rst.33.1.2273>
- Bianchi, M.C., Bava, L., Sandrucci, A., Tangorra, F.M., Tamburini, A., Gislou, G. & Zucali, M. (2022). Diffusion of precision livestock farming technologies in dairy cattle farms. *Animal*, 16 (11), 100650. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2022.100650>
- Bikker, J.P., van Laar, H., Rump, P., Doorenbos, J., van Meurs, K., Griffioen, G.M. & Dijkstra, J. (2014). Technical note: Evaluation of an ear-attached movement sensor to

- record cow feeding behavior and activity. *Journal of Dairy Science*, 97 (5), 2974–2979. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7560>
- Borchers, M.R. & Bewley, J.M. (2015). An assessment of producer precision dairy farming technology use, prepurchase considerations, and usefulness. *Journal of Dairy Science*, 98 (6), 4198–4205. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8963>
- Chagunda, M.G.G., Friggens, N.C., Rasmussen, M.D. & Larsen, T. (2006). A model for detection of individual cow mastitis based on an indicator measured in milk. *Journal of Dairy Science*, 89 (8), 2980–2998. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72571-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72571-1)
- Cogato, A., Brščić, M., Guo, H., Marinello, F. & Pezzuolo, A. (2021). Challenges and tendencies of automatic milking systems (AMS): A 20-years systematic review of literature and patents. *Animals*, 11 (2), 356. <https://doi.org/10.3390/ani11020356>
- Dahlberg, J. & Tamminen, L.-M. (2022). Rapport: Validering av Bacticam. [Opublicerat material]
- Delaval (2011). *Herd Navigator*. <https://store.delaval.com/globalassets/inriverresources/pdfs/h/herdnavigator-broschyr-sv2.pdf> [2023-09-17]
- Delaval (2023a). *Delaval aktivitetsmätare*. <https://www.delaval.com/sv/utforska/driftsledning/delaval-biosensorer/delaval-aktivitetsmatare/> [2023-09-10]
- Delaval (2023b). *Delaval fiskbensstall*. <https://www.delaval.com/globalassets/inriverresources/pdfs/d/delaval-fiskbensstall-sv2.pdf> [2023-10-09]
- Furenbäck, V. (2019). *Våm-pH hos mjölkkor: Jämförelse av mättekniker och pH-förändring i samband med foderintag*. Sveriges lantbruksuniversitet. Agronomprogrammet - husdjur. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:slu:epsilon-s-10628>
- Grieve, D.G., Korver, S., Rijpkema, Y.S. & Hof, G. (1986). Relationship between milk composition and some nutritional parameters in early lactation. *Livestock Production Science*, 14 (3), 239–254. [https://doi.org/10.1016/0301-6226\(86\)90083-7](https://doi.org/10.1016/0301-6226(86)90083-7)
- Halachmi, I., Guarino, M., Bewley, J. & Pastell, M. (2019). Smart animal agriculture: application of real-time sensors to improve animal well-being and production. *Annual Review of Animal Biosciences*, 7, 403–425. <https://doi.org/10.1146/annurev-animal-020518-114851>
- Hartung, J., Banhazi, T., Vranken, E. & Guarino, M. (2017). European farmers' experiences with precision livestock farming systems. *Animal Frontiers*, 7 (1), 38–44. <https://doi.org/10.2527/af.2017.0107>
- Hencol (2015). *Vågstation*. <https://www.hencol.com/sv/produkt/autonom-vagbox/> [2024-01-03]
- Herd, T.H. (1988). Fuel homeostasis in the ruminant. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 4 (2), 213–231. [https://doi.org/10.1016/S0749-0720\(15\)31045-8](https://doi.org/10.1016/S0749-0720(15)31045-8)

- Hut, P.R., Mulder, A., van den Broek, J., Hulsen, J.H.J.L., Hooijer, G.A., Stassen, E.N., van Eerdenburg, F.J.C.M. & Nielen, M. (2019). Sensor based eating time variables of dairy cows in the transition period related to the time to first service. *Preventive Veterinary Medicine*, 169, 104694. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2019.104694>
- Iwasaki, W., Ishida, S., Kondo, D., Ito, Y., Tateno, J. & Tomioka, M. (2019). Monitoring of the core body temperature of cows using implantable wireless thermometers. *Computers and Electronics in Agriculture*, 163, 104849. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.06.004>
- Jiang, B., Tang, W., Cui, L. & Deng, X. (2023). Precision livestock farming research: A global scientometric review. *Animals : an Open Access Journal from MDPI*, 13 (13), 2096. <https://doi.org/10.3390/ani13132096>
- Jordbruksverket (2020). *Jordbruksföretag och areal efter Driftsinriktning, Företagarens kön, Företagarens ålder, Brukningsform åkermark, Variabel och År. PxWeb*. [https://statistik.sjv.se/PXWeb/pxweb/sv/Jordbruksverkets%20statistikdatabas/Jordbruksverkets%20statistikdatabas\\_\\_Jordbruksforetag\\_\\_Jordbruksforetag%20och%20jordbruksforetagare/JO0106F03.px/table/tableViewLayout1/?rxid=5adf4929-f548-4f27-9bc9-78e127837625](https://statistik.sjv.se/PXWeb/pxweb/sv/Jordbruksverkets%20statistikdatabas/Jordbruksverkets%20statistikdatabas__Jordbruksforetag__Jordbruksforetag%20och%20jordbruksforetagare/JO0106F03.px/table/tableViewLayout1/?rxid=5adf4929-f548-4f27-9bc9-78e127837625) [2023-11-20]
- Jordbruksverket (2022). *Lantbrukets djur*. <https://jordbruksverket.se/om-jordbruksverket/jordbruksverkets-officiella-statistik/jordbruksverkets-statistikrapporter/statistik/2022-10-14-lantbrukets-djur-i-juni-2022> [2023-09-04]
- Kamphuis, C., Mollenhorst, H., Heesterbeek, J.A.P. & Hogeveen, H. (2010). Detection of clinical mastitis with sensor data from automatic milking systems is improved by using decision-tree induction. *Journal of Dairy Science*, 93 (8), 3616–3627. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3228>
- Kamphuis, C., Sherlock, R., Jago, J., Mein, G. & Hogeveen, H. (2008). Automatic detection of clinical mastitis is improved by in-line monitoring of somatic cell count. *Journal of Dairy Science*, 91 (12), 4560–4570. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1160>
- Kempf, A. (2016). *Visuelle und computergestützte (Heatime®) Brunsterkennung*. [https://elib.tiho-hannover.de/receive/etd\\_mods\\_00000330](https://elib.tiho-hannover.de/receive/etd_mods_00000330) [2023-09-27]
- King, M.T.M. & DeVries, T.J. (2018). Graduate Student Literature Review: Detecting health disorders using data from automatic milking systems and associated technologies. *Journal of Dairy Science*, 101 (9), 8605–8614. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14521>
- Lakic, B. (2011). *Effects of a single prolonged milking interval in cows*. Diss. Sveriges lantbruksuniversitet. (2011:101). <https://res.slu.se/id/publ/35955> [2023-11-06]
- Larsen, T. (2005). Determination of lactate dehydrogenase (LDH) activity in milk by a fluorometric assay. *The Journal of Dairy Research*, 72 (2), 209–216. <https://doi.org/10.1017/s0022029905000865>
- Lindgren, E. (2009). *Validation of rumination measurement equipment and the role of rumination in dairy cow time budgets*. Sveriges lantbruksuniversitet. Agronomprogrammet - husdjur. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:slu:epsilon-6-68> [2023-09-25]

- Lusis, I., Antane, V. & Laurs, A. (2017). Effectiveness of mastitis detection index for cow monitoring and abnormal milk detection in milking robots. *Proceedings from 23<sup>rd</sup> Scientific Conference Engineering for Rural Development*, May 22-24, Jelgava, Latvia.1383-1387. <https://doi.org/10.22616/ERDev2017.16.N314>
- Löf, E. (2012). Laktationen - Betydelsefull för kon och lönsamheten. *Djurhälso- & Utfodringskonferensen, Svensk Mjölk*, 21-22 aug, Uppsala. 9. <https://docplayer.se/8552049-Laktationen-djurhalso-utfodrings-konferensen-uppsala-21-22-augusti-2012-betydelsefull-for-kon-och-lonsamheten.html> [2023-11-08]
- Løvendahl, P. & Chagunda, M.G.G. (2010). On the use of physical activity monitoring for estrus detection in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 93 (1), 249–259. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1721>
- Madero Dairy Systems (2019). *Madero Dairy Systems - Automatic walk-thru weight monitoring system*. <https://maderodairysystems.com/products/precision-management-for-dairy-farms/automated-systems/afiweigh-detail> [2023-09-29]
- Maertens, W., Vangeyte, J., Baert, J., Jantuan, A., Mertens, K.C., De Campeneere, S., Pluk, A., Opsomer, G., Van Weyenberg, S. & Van Nuffel, A. (2011). Development of a real time cow gait tracking and analysing tool to assess lameness using a pressure sensitive walkway: The GAITWISE system. *Biosystems Engineering*, 110 (1), 29–39. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2011.06.003>
- Mardhati, M., González, L.A., Thomson, P.C., Clark, C.E.F. & García, S.C. (2021). Short-term liveweight changes of dairy cows measured by stationary and walk-over weighing scales. *Journal of Dairy Science*, 104 (7), 8202–8213. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19912>
- Michie, C., Andonovic, I., Davison, C., Hamilton, A., Tachtatzis, C., Jonsson, N., Duthie, C.-A., Bowen, J. & Gilroy, M. (2020). The Internet of Things enhancing animal welfare and farm operational efficiency. *Journal of Dairy Research*, 87 (S1), 20–27. <https://doi.org/10.1017/S0022029920000680>
- Mišeikienė, R., Tušas, S., Matusėvičius, P. & Kerzienė, S. (2019). Quarter milking parameters by lactation in dairy cows. *Mljekarstvo*, 69 (2), 108–115. <https://doi.org/10.15567/mljekarstvo.2019.0203>
- Morrone, S., Dimauro, C., Gambella, F. & Cappai, M.G. (2022). Industry 4.0 and Precision Livestock Farming (PLF): An up to date overview across animal productions. *Sensors*, 22 (12), 4319. <https://doi.org/10.3390/s22124319>
- Mullins, I.L., Truman, C.M., Campler, M.R., Bewley, J.M. & Costa, J.H.C. (2019). Validation of a commercial automated body condition scoring system on a commercial dairy farm. *Animals: an open access journal from MDPI*, 9 (6), 287. <https://doi.org/10.3390/ani9060287>
- Netigate (2022). <http://www.netigate.se>
- Nielsen, C. & Emanuelson, U. (2013). Mastitis control in Swedish dairy herds. *Journal of Dairy Science*, 96 (11), 6883–6893. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6026>

- Nielsen, P.P., Fontana, I., Sloth, K.H., Guarino, M. & Blokhuis, H. (2018). Technical note: Validation and comparison of 2 commercially available activity loggers. *Journal of Dairy Science*, 101 (6), 5449–5453. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13784>
- Olsson, A.C.(2017). En tredjedel av mjölken är robotmjölkad. *Tidningen Husdjur*. <https://husdjur.se/nyheter/2017/en-tredjedel-av-mjolken-ar-robotmjolkad/> [2023-11-17]
- Piccart, K. (2017). *Best practice guide on udder health in European dairy farms using automatic milking systems & other dairy technologies*. Project: 4D4F Data Driven Dairy Decisions for Farmers. <https://www.icar.org/wp-content/uploads/2018/08/BPG-Udder-Health.pdf> [2023-10-09]
- R Core Team (2020). *The R Project for Statistical Computing*. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.r-project.org/>
- Rutten, C.J., Velthuis, A.G.J., Steeneveld, W. & Hogeveen, H. (2013). Invited review: Sensors to support health management on dairy farms. *Journal of Dairy Science*, 96 (4), 1928–1952. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6107>
- Schirmann, K., Weary, D.M., Heuwieser, W., Chapinal, N., Cerri, R.L.A. & von Keyserlingk, M.A.G. (2016). Short communication: Rumination and feeding behaviors differ between healthy and sick dairy cows during the transition period. *Journal of Dairy Science*, 99 (12), 9917–9924. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10548>
- Silva, S., Araujo, J., Guedes, C., Silva, F., Almeida, M. & Cerqueira, J. (2021). Precision technologies to address dairy cattle welfare: Focus on lameness, mastitis and body condition. *Animals*, 11 (8), 2253. <https://doi.org/10.3390/ani11082253>
- SJVFS 2019:18. *Statens jordbruksverks föreskrifter och allmänna råd om nötkreaturshållning inom lantbruket m.m.* Jordbruksverket. <https://lagen.nu/sjvfs/2019:18> [2023-10-09]
- Slob, N., Catal, C. & Kassahun, A. (2021). Application of machine learning to improve dairy farm management: A systematic literature review. *Preventive Veterinary Medicine*, 187, 105237. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2020.105237>
- Steeneveld, W. & Hogeveen, H. (2015). Characterization of Dutch dairy farms using sensor systems for cow management. *Journal of Dairy Science*, 98 (1), 709–717. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8595>
- Stewart, M., Wilson, M.T., Schaefer, A.L., Huddart, F. & Sutherland, M.A. (2017). The use of infrared thermography and accelerometers for remote monitoring of dairy cow health and welfare. *Journal of Dairy Science*, 100 (5), 3893–3901. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12055>
- Sumon, S.M.M.R., Parvin, Mst.S., Ehsan, Md.A. & Islam, Md.T. (2020). Dynamics of somatic cell count and intramammary infection in lactating dairy cows. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*, 7 (2), 314–319. <https://doi.org/10.5455/javar.2020.g423>

- Thomsen et al, P.T. (2012). Locomotion scores and lying behaviour are indicators of hoof lesions in dairy cows. *The Veterinary Journal*, 193 (3), 644–647. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2012.06.046>
- Van De Gucht, T., Saeys, W., Van Meensel, J., Van Nuffel, A., Vangeyte, J. & Lauwers, L. (2018). Farm-specific economic value of automatic lameness detection systems in dairy cattle: From concepts to operational simulations. *Journal of Dairy Science*, 101 (1), 637–648. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12867>
- Van Hertem, T., Viazzi, S., Steensels, M., Maltz, E., Antler, A., Alchanatis, V., Schlageter-Tello, A.A., Lokhorst, K., Romanini, E.C.B., Bahr, C., Berckmans, D. & Halachmi, I. (2014). Automatic lameness detection based on consecutive 3D-video recordings. *Biosystems Engineering*, 119, 108–116. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2014.01.009>
- VÄXA (2021). *Provmjolkning*. <https://www.vxa.se/gardsnara-tjanster/Provtagning/provmjolkning/> [2023-09-18]
- VÄXA (2022). *2022 Husdjursstatistik*. Växa Husdjur statistik - Kokontroll. <https://vxa.qbank.se/mb/?h=c7a1d64e698d8df91094699ba3ffd110&p=dccda36951e6721097a93eae5c593859&display=feature&s=name&d=desc> [2023-11-08]
- Weary, D.M., Huzzey, J.M. & von Keyserlingk, M. a. G. (2009). Board-invited review: Using behavior to predict and identify ill health in animals. *Journal of Animal Science*, 87 (2), 770–777. <https://doi.org/10.2527/jas.2008-1297>
- Zaninelli, M., Redaelli, V., Luzi, F., Bronzo, V., Mitchell, M., Dell’Orto, V., Bontempo, V., Cattaneo, D. & Savoini, G. (2018). First evaluation of infrared thermography as a tool for the monitoring of udder health status in farms of dairy cows. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 18 (3), 862. <https://doi.org/10.3390/s18030862>

## Populärvetenskaplig sammanfattning

Det svenska lantbruket har genomgått betydande strukturella förändringar de senaste decennierna. Det blir alltmer utmanande att upprätthålla lönsamhet med små gårdar, vilket har lett till en utveckling mot färre gårdar med ett ökat antal djur per gård. Denna trend inkluderar även mjölkproducerande gårdar med mjölkkor. Mellan år 2000 och 2020 minskade antalet mjölkproducerande gårdar i Sverige dramatiskt från cirka 12 700 till färre än 2 800, samtidigt som antalet djur per gård ökade. En ökad produktion med fler djur kan innebära effektivisering, men samtidigt ställs ökade krav på övervakning av djurhälsa för att säkerställa både hälsa och djurskydd.

Inom flera delar av lantbruket har Precision Livestock Farming (PLF) testats och utvecklats, vilket är olika digitala hjälpmedel för att på olika sätt övervaka djurhälsan på ett automatiserat sätt. Genom att ta hjälp av dessa digitala hjälpmedel kan lantbrukaren med enkla medel få en överblick över sina djurs hälsa och produktionsutän utan att behöva undersöka dem på individnivå. De individer som systemen sedan larmar om kan då tas åt sidan för en noggrannare koll och eventuellt ett veterinärbesök. Genom att ha data på hur sina djur producerar och mår kan lantbrukaren smidigare få hjälp av en rådgivare eller besättningsveterinär för hur just den gården kan jobba för att djuren ska må ännu bättre eller producera ännu mer. Några exempel på digitala lösningar som används i Sverige idag är mjölkrobotsystem där kon själv väljer när den ska mjölkas, mjölmätning av olika ämnen i mjölken som indikerar på hälsotillstånd eller störningar, aktivitetssensorer som mäter aktivitetsgrad, brunsttecken, liggtid, idissling och hältor eller kameror som exempelvis kan fånga upp ett sjukt djur, en hälta eller ökat/minskat hull. De olika systemen kan ibland kopplas ihop och ge en översiktlig och samlad bild över hälsan i olika aspekter.

Syftet med den här studien var att skapa en översikt på tillgängliga tekniker i Sverige idag och tekniker som är lite mindre utvecklade men har potential att senare börja användas mer. Ytterligare ett syfte var att ta reda på vad svenska lantbrukare faktiskt använder och vad de tycker om systemen, samt hur väl de vanligaste systemen fungerar.



En enkätundersökning om digitalisering inom lantbruket, genomförd i ett större forskningsprojekt, användes som grund för studien. Den skickades ut i december 2022 till samtliga mjölkproducerande gårdar med en mail-adress registrerad hos Jordbruksverket, vilket var ca 2000st. Av dessa erhöles strax under 600 fullständiga svar som har använts och analyserats i detta arbete.

Gårdarna som svarade sorterades in efter vilket mjölkningssystem (robotmjölkning, grop/karusellmjölkning och uppbundet) de har, eftersom det skiljer sig mycket i hur kompatibla olika digitala hjälpmedel är med olika mjölkningssystem. I samtliga grupper har de vanligaste hjälpmedlen inom mjölkning och aktivitetsmätning identifierats och hur det skiljer sig mellan grupperna. Inom mjölkning visade resultaten att en celltalsmätare som mäter antalet celler i mjölken är det vanligast förekommande hjälpmedlet. Celltalet är starkt förknippat med juverhälsa och är förhöjt vid exempelvis en juverinflammation, vilket då är viktigt att fånga upp tidigt för att kunna sätta in behandling. Inom aktivitetsmätning visades en aktivitetsmätare vara det vanligaste digitala verktyget. En aktivitetsmätare kan ha flera syften- men det absolut vanligaste, vilket också framgick i enkätsvaren, är för att få larm om när kon är i brunst och därför ska insemineras för att bli dräktig.

De vanligaste systemen (celltalsmätaren och aktivitetsmätaren) har sedan använts för jämförande av produktionsresultat mellan användare av systemen respektive icke-användare för att se om systemen gör någon skillnad i produktionsresultat. Det sågs då att besättningar med aktivitetsmätare på sina kor hade en effektivare reproduktion med ett genomsnittligt kortare intervall mellan kalvningarna. Celltalsmätaren visade sig inte ge lägre celltal utan istället tvärtom, högre, vilket var något förvånande. Dessutom har studien undersökt vilken information som fås ut från systemen som är högst respektive lägst skattad. De tre grupperna med de olika mjölkningssystemen har sedan jämförts både inom och mellan grupperna i aspekter som mjölkproduktion, celltal i mjölken, reproduktionseffektivitet, sjukdomsbehandlingar och mastitbehandlingar.

Bland förbättringsmöjligheter som lantbrukare generellt såg inom digitaliseringen på gårdar ville många ha en mer samlad informationskälla mellan olika system samt mer välutvecklade produkter som kommer ut på marknaden.

# Tack

Jag vill tacka min handledare Lisa Ekman för stöttning och konstruktiv feedback genom hela arbetet som alltid hjälpt mig framåt i processen. Vill även rikta ett tack till Lena-Mari Tamminen för hjälp med statistik och inputs i arbetet.

## Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Även om du inte publicerar fulltexten kommer den arkiveras digitalt. Om fler än en person har skrivit arbetet gäller krysset för samtliga författare. Du hittar en länk till SLU:s publiceringsavtal på den här sidan:

JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.