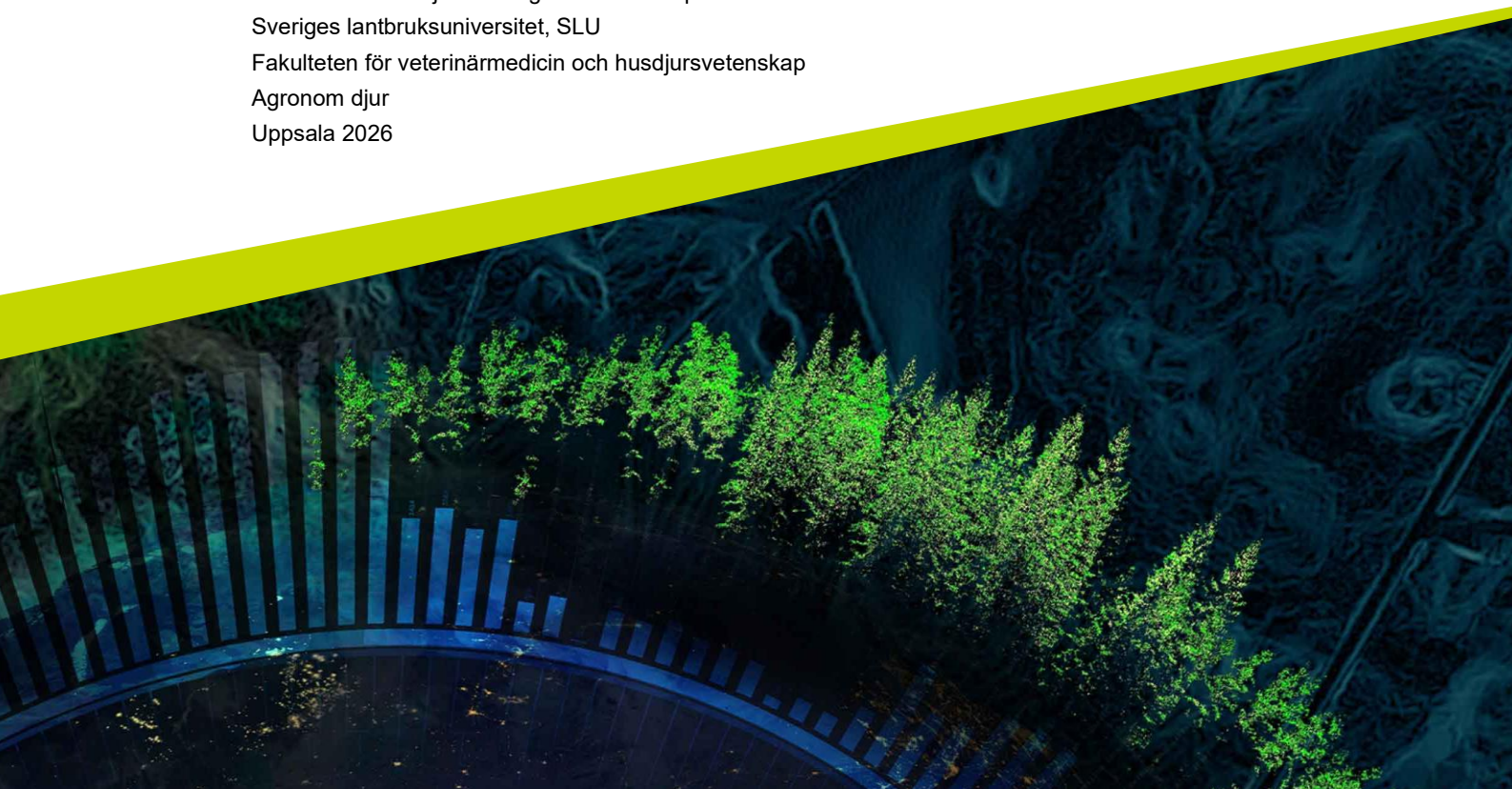




Identifiering av mjölkkor som lämpar sig för förlängda kalvningsintervall

Sanna Aspgren Kreivi

Examensarbete/Självständigt arbete • 30 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap
Agronom djur
Uppsala 2026



Identifiering av mjölkkor som lämpar sig för förlängda kalvningsintervall.

Identification of dairy cows suitable for extended calving intervals.

Sanna Aspgren Kreivi

Handledare: Cecilia Kronqvist, SLU, institutionen för tillämpad husdjursvetenskap och välfärd
Examinator: Anna Edvardsson Rasmussen, SLU, institutionen för kliniska vetenskaper

Omfattning: 30 hp
Nivå och fördjupning: Avancerad nivå, A2E
Kurstitel: Självständigt arbete i husdjursvetenskap för agronomer
Kurskod: EX1023
Program/utbildning: Agronom djur
Kursansvarig inst.: Institutionen för husdjurens biovetenskaper
Utgivningsort: Uppsala
Utgivningsår: 2026
Upphovsrätt: Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.

Nyckelord: Djurvälfärd, mjölkproduktion, laktationsuthållighet, reproduktion, kalvning

Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap
Institutionen för husdjurens biovetenskaper

Sammanfattning

Inom mjölkproduktionen har det traditionellt varit praxis att ha ett kalvningsintervall på cirka 12 månader, vilket har ansetts vara ekonomiskt optimalt. Det innebär att korna kalvar en gång per år och att laktationen snabbt följs av en ny dräktighet. Detta produktionssystem har ifrågasatts, då alla kor inte lämpar sig lika väl för ett sådant system. Vissa kor kan få alltför täta kalvningar, medan andra sinläggs medan de fortfarande producerar stora mängder mjölk. Syftet med denna studie var att undersöka vilka egenskaper som kännetecknar kor som istället lämpar sig för förlängda kalvningsintervall samt om sådana kor kan identifieras redan under första laktationen. Studien baserades på produktionsdata från mjölkkor i första och andra laktationen. Utifrån provmjölkkningsdata beräknades flera mått som beskrev laktationskurvans form och uthållighet, vilka sammanställdes till ett index där lägre värden motsvarade en mer gynnsam laktationskurva. Resultaten visade att kor som fick förlängda kalvningsintervall generellt hade lägre indexvärden än kor med traditionella intervall, vilket indikerar en mer uthållig mjölkproduktion över tid. Ett samband för index observerades även mellan första och andra laktationen, även om variationen mellan individer var stor. Ras hade ingen tydlig effekt på index, medan både individuella egenskaper och besättningsfaktorer verkade påverka resultaten. Studien visar att kor med ett förlängt kalvningsintervall får en mer uthållig mjölkproduktion och att information från första laktationen till viss del kan användas för att identifiera sådana kor.

Nyckelord: Djurvälstånd, mjölkproduktion, laktationsuthållighet, reproduktion, kalvning

Abstract

Within dairy production, it has traditionally been common practice to maintain a calving interval of approximately twelve months, as this has been considered economically optimal. This means that cows calve once per year and that lactation is quickly followed by a new pregnancy. However, this production system has been questioned, as not all cows are equally suited to such a system. Some cows may experience calvings too frequently, while others are dried off while still producing large amounts of milk. The aim of this study was to investigate which characteristics define cows suitable for extended calving intervals and whether such cows can be identified during the first lactation. The study was based on production data from dairy cows in their first and second lactations. Several measures describing the shape of the lactation curve and persistency were calculated from milk recording data and combined into an index, where lower values represented a more favorable lactation curve. The results showed that cows with extended calving intervals generally had lower index values than cows with traditional calving intervals, indicating a more persistent milk production over time. A significant association was observed between index in the first and second lactation, although variation between individuals was large. Breed had no clear effect on the index, while both individual characteristics and herd-related factors appeared to influence the results. The study indicates that cows with an extended calving interval develop a more persistent milk production and that information from the first lactation may partly be used to identify such cows.

Keywords: Animal welfare, milk production, lactation persistency, reproduction, calving

Innehållsförteckning

Figurförteckning	6
Förkortningar	8
1. Inledning	9
2. Litteraturoversikt.....	10
2.1 Effekter av förlängt kalvningsintervall	10
2.1.1 Mjolkproduktion och laktationskurva	10
2.1.2 Hälsa och välfärd	11
2.1.3 Fertilitet	13
2.2 Vilka kor lämpar sig inte?	13
2.3 Tidiga indikatorer på lämplighet för förlängt kalvningsintervall	14
3. Material och metod	16
3.1 Datamaterial och urval	16
3.2 Databearbetning.....	17
3.3 Statistisk och deskriptiv analys	18
3.4 Användning av artificiell intelligens	18
4. Resultat	19
4.1 Förstakalvare	19
4.1.1 Effekt av ras och besättning	23
4.2 Andrakalvare	25
4.2.1 Effekt av ras	28
5. Diskussion	30
5.1 Samband mellan laktationsavkastning och index	30
5.2 Hur ras och besättning påverkar.....	31
5.3 Hållbarhets- och djurvälfärds perspektiv.....	32
5.4 Reflektion av metod	34
5.5 Styrkor och begränsningar i studien	34
5.6 Framtida utvecklingsmöjligheter	35
6. Slutsats	36
Referenser.....	37
Populärvetenskaplig sammanfattning	40
Tack	41

Figurförteckning

Figur 1. Jämförelse av fördelning av index mellan de grupper som var planerade för EXT och TRAD i ursprungsförsöken och de grupper som fick EXT och TRAD i denna studie, för förstakalvare. Index sammanfattar laktationskurvans persistens, där lägre värden motsvarar en mer gynnsam och uthållig laktationskurva.	20
Figur 2. Medelvärde ($\pm 95\%$ KI) för mjölkavkastning (kg ECM) för förstakalvare vid provmjölkning 1 – 10 för kor med förlängd (EXT) resp. traditionell (TRAD) frivillig väntetid (FVT). De punkterade linjerna visar exponentiella trendlinjer för EXT respektive TRAD.	21
Figur 3. Fördelning av mjölkavkastning (kg ECM/dag) inom TRAD hos förstakalvare vid provmjölkning 1–10. Boxarna representerar interkvartilavståndet (25:e–75:e percentilen), den horisontella linjen i boxen medianen och whiskers observationsspridningen. Kryssen markerar medelvärdet.	22
Figur 4. Fördelning av mjölkavkastning (kg ECM/dag) inom EXT hos förstakalvare vid provmjölkning 1 – 10. Boxarna representerar interkvartilavståndet (25:e–75:e percentilen), den horisontella linjen i boxen medianen och whiskers observationsspridningen. Kryssen markerar medelvärdet.	22
Figur 5. Samband mellan laktationsavkastning (kg ECM) och index för EXT resp. TRAD för förstakalvare. Lägre index motsvarar högre persistens. De punkterade linjerna visar trendlinjer för EXT resp. TRAD.	23
Figur 6. Fördelning av indexvärden mellan och inom olika besättningar för förstakalvare. Lägre index indikerar högre persistens. Boxarna visar median, interkvartilavstånd och spridning inom respektive besättning, kryssen markerar medelvärdet.	24
Figur 7. Skillnad i index mellan raserna Holstein (HOL) och Svensk röd och vit boskap (SRB) för förstakalvare. Lägre index indikerar högre persistens.	25
Figur 8. Jämförelse av index mellan första och andra laktationen, samt inom EXT och TRAD i första och andra laktationen.	26

Figur 9. Samband mellan laktationsavkastning (kg ECM) och index för EXT resp. TRAD för andrakalvarna i första laktationen. Lägre index motsvarar högre persistens. De punkterade linjerna visar trendlinjer för EXT resp. TRAD.	27
Figur 10. Samband mellan laktationsavkastning (kg ECM) och index för EXT resp. TRAD för andrakalvarna i andra laktationen. Lägre index motsvarar högre persistens. De punkterade linjerna visar trendlinjer för EXT resp. TRAD.	28
Figur 11. Effekt av ras (KORS, HOL och SRB) på index för andrakalvar i första laktationen.....	29
Figur 12. Skillnad i index mellan korsningsras (KORS), Holstein (HOL) och Svensk röd och vit boskap (SRB) på index för andrakalvar i andra laktationen. Lägre index indikerar högre persistens.....	29

Förkortningar

ECM	Energikorrigerad mjölk
EXT	Extended/Förlängt kalvningsintervall
FPCM	Fett- och proteinkorrigerad mjölk
FVT	Frivillig väntetid
HOL	Holstein
KORS	Korsningsras
SRB	Svensk röd boskap
TRAD	Traditionellt kalvningsintervall

1. Inledning

Inom modern mjölkproduktion har det traditionellt varit praxis att eftersträva ett kalvningsintervall på cirka tolv månader, vilket länge har ansetts vara ekonomiskt optimalt (Strandberg & Oltenacu 1989; Inchaisri et al. 2011). Ett sådant upplägg innebär att korna kalvar ungefär en gång per år och att laktationen därmed relativt snabbt följs av en ny dräktighet. Samtidigt har detta produktionssystem ifrågasatts, då det inte nödvändigtvis är optimalt för alla individer (Edvardsson Rasmussen et al. 2024). Vissa kor kan få alltför täta kalvningar, medan andra sinläggs trots att de fortfarande producerar stora mängder mjölk och har en väl fungerande laktation (Stelwagen et al. 2024).

Ett centralt verktyg i detta sammanhang är förlängd frivillig väntetid (FVT), vilket innebär att tiden från kalvning till första insemination medvetet förlängs (Edvardsson Rasmussen et al. 2023a). Flera studier har under senare år undersökt hur ett sådant upplägg påverkar mjölkavkastning, fertilitet, hälsa och utslagning hos både förstakalvare (primipara kor) och andrakalvare (multipara kor) (Lehmann et al. 2017; Edvardsson Rasmussen et al. 2023b; 2024; Hansson et al. 2025). Tillsammans har dessa studier indikerat att förlängda kalvningsintervall ofta fungerar väl både för primipara och multipara kor, men att det finns individuella variationer i hur kor svarar på en längre FVT (Lehmann et al. 2017; Edvardsson Rasmussen et al. 2023b; 2024; Hansson et al. 2025), variationer som väcker behovet av att identifiera vilka kor som faktiskt är mest lämpade för ett förlängt kalvningsintervall.

Syftet med detta arbete är därför att undersöka vilka egenskaper som kännetecknar kor som lämpar sig för ett förlängt kalvningsintervall. Studien syftar också till att ta reda på om sådana kor kan identifieras redan under första laktationen för att möjliggöra bättre planering inför den andra laktationen. Arbetet har avgränsats till att fokusera på mjölkavkastning och egenskaper kopplade till laktationskurvan. Arbetet avser att besvara följande frågeställningar:

- Vad karakteriserar en ko som passar för förlängt kalvningsintervall?
- Kan kor som passar för ett förlängt kalvningsintervall i andra laktationen identifieras med hjälp av mått under första laktationen?

2. Litteraturöversikt

2.1 Effekter av förlängt kalvningsintervall

Ett förlängt kalvningsintervall, uppnått genom att förlänga FVT, har visat ge flera effekter på kornas produktion, hälsa och fertilitet.

2.1.1 Mjölkproduktion och laktationskurva

För primipara kor påverkas mjölkavkastningen inte i någon större utsträckning vid en FVT upp till 200 dagar, generellt förblev den dagliga mjölkavkastningen stabil (Burgers et al. 2021; van Kneysel et al. 2024). För multipara kor kan mjölkavkastningen (fett- och proteinkorrigerad mjölk, FPCM) bibehållas vid 125 dagars FVT, men har visats sjunka vid långa intervall upp till 200 dagar, Burgers et al. (2021) uppmätte mjölkavkastningen till 27,2 kg FPCM/dag i kalvningsintervallet vid 200 dagar FVT jämfört med 30,4 kg FPCM/dag vid 50 dagar FVT. Den främsta orsaken till att primipara kor kan bibehålla sin produktion så väl vid ett förlängt intervall är deras höga laktationsuthållighet (Arbel et al. 2001; Burgers et al. 2021).

Laktationsuthålligheten (persistens), definierad som hur väl mjölkavkastningen bibehålls efter produktionstoppen, påverkas positivt vid förlängt kalvningsintervall (Burgers et al. 2021; van Kneysel et al. 2024). De positiva effekterna har visats genom lägre tapp i mjölkproduktionen (-0,05 vs -0,07 kg/d) hos primipara kor med 200 dagars FVT jämfört med 50 dagar FVT (Burgers et al. 2021), detta kan förklaras av att den negativa effekten av en ny dräktighet på mjölkavkastningen fördröjs. Vid ett kort kalvningsintervall börjar den nya dräktigheten påverka laktationskurvan negativt tidigare. När fostret växer ökar behovet av energi och näringsämnen, samtidigt som fysiologiska och hormonella förändringar gör att en större andel av kons resurser riktas mot dräktigheten. Detta kan sannolikt förklara att mjölkavkastningen börjar minska tidigare under laktationen (Bell & Bauman 1997; Rehn et al. 2000; Sorensen et al. 2008). När dräktigheten inträffar senare i laktationen kan mjölkavkastningen därför bibehållas på en högre och mer stabil

nivå under en längre del av laktationen (Burgers et al. 2021; van Kneegsel et al. 2024).

Kor med förlängt FVT har generellt lägre mjölkavkastning vid sinläggning, vilket kan underlätta sinlägningsprocessen. Detta beror på att fler kor når en avkastningsnivå som är mer lämplig vid sinläggning (Ma et al. 2022), genom att korna spenderar mer tid i sen laktation när mjölkproduktionen naturligt minskar (Niozas et al. 2019; Burgers et al. 2021). Primipara kor tenderar att bibehålla en högre produktion längre in i laktationen än multipara kor, men även hos dem bidrar ett längre intervall till att avkastningen hinner sjunka till nivåer som underlättar sinläggningen (Rajala-Schultz et al. 2005; Burgers et al. 2021; 2023). En lägre mjölkproduktion vid sinläggning, vid förlängd FVT, är fördelaktigt eftersom hög avkastning vid sinläggning är en känd riskfaktor för juverhälsoproblem under sinperioden och i samband med nästa kalvning (Burgers et al. 2021; Ma et al. 2022).

2.1.2 Hälsa och välfärd

Juverhälsa

Ett förlängt kalvningsintervall leder till en lägre mjölkavkastning vid sinläggningen, vilket är fördelaktigt ur ett juverhälsoperspektiv. När avkastningen är hög ökar risken för mjölkkläckage och därmed möjligheten för bakterier att tränga in via spenkanalen, vilket i sin tur ökar risken för infektion. En lägre avkastning minskar inte bara infektionsrisken, det underlättar även juvrets naturliga involutionsprocess. För multipara kor minskade den årliga användningen av antibiotika vid sinläggning vid förlängd FVT, främst eftersom det längre intervallet medförde färre sinläggningsstillfällen per ko och år (Ma et al. 2022). En ytterligare hälsomässig fördel är att kor med längre intervall genomgår färre övergångsperioder, såsom kalvning och sinläggning, vilka utgör de mest sjukdomsbenägna faserna i laktationen (Ma et al. 2022; van Kneegsel et al. 2024). Eftersom dessa riskfaser upprepas mer sällan minskar den årliga sjukdomsbelastningen som mastit, kalvningsförslamning och ketos (Ma et al. 2022; van Kneegsel et al. 2022).

En förlängd FVT har inte visats påverka risken för klinisk mastit eller förekomsten av förhöjda celltalsnivåer per ko och år (Niozas et al. 2019; Ma et al. 2022). Resultaten avseende celltal under laktationen är mer varierade, Niozas et al. (2019) rapporterade inga skillnader mellan grupper, medan Ma et al. (2022) visat att framför allt multipara kor med längre FVT kan uppvisa något högre celltal sett över hela laktationen. Kor som haft ett mycket långt intervall (200 dagar FVT) kan uppvisa högre celltal under de första veckorna av den efterföljande laktationen (Ma et al. 2022). Detta kan delvis förklaras av att färre av dessa kor behandlades med antibiotika vid föregående sinläggning på grund av en generellt god juverhälsa. I

den sena delen av laktationen kan celltalet dessutom stiga naturligt, både på grund av den minskade mjölmängden, vilket ger en mindre utspädning av cellerna, och som följd av fysiologiska förändringar i juvervävnaden inför nästa kalvning. Dessa förändringar omfattar bland annat ökad cellavstötning och minskad täthet mellan cellerna, vilket kan bidra till förhöjda celltal i sen laktation (Ma et al. 2022).

Ämnesomsättning

Hos multipara kor kan 200 dagar FVT leda till ett högre hull i den sena delen av laktationen (Burgers et al. 2021). Detta beror på att dessa kor tillbringar mer tid i en fas där mjölkproduktionen har sjunkit, vilket ger en mer positiv energibalans och innebär att överskottsenergi i högre grad lagras som kroppsfett (Niozas et al. 2019; Burgers et al. 2023). Denna utveckling förstärks av hormonella förändringar under dräktigheten; multipara kor med längre intervall har uppvisat högre koncentrationer av insulin och IGF-1. Dessa förändringar sammanfaller med lägre mjölkproduktion och högre hull, vilket kan tyda på att en större andel av energin lagrades i kroppsreserverna (Burgers et al. 2023). Risken för överhull påverkas även av utfodringssystem, Grainger et al. (2009) visade att kor i betesbaserade system tenderade att ha mindre förändringar i både kroppsvikt och hull jämfört med kor som utfodrats med fullfoder. I betesbaserade system kan fler kor upprätthålla mjölkproduktionen under mycket långa laktationer (upp till 600 dagar) utan att bli för feta.

Konsekvenserna av ett för högt hull blir tydliga i samband med nästa kalvning. För feta kor löper större risk att hamna i en större negativ energibalans efter kalvningen, vilket leder till ökad fettmobilisering och högre nivåer av fria fettsyror (NEFA) i blodet. Ett för högt hull vid sinläggning och kalvning har även associerats med högre risk för metaboliska störningar som ketos (Gillund et al. 2001; Roche et al. 2009). En måttlig förlängning av intervallet, exempelvis upp till 125 dagar, verkar däremot inte öka risken för sådana ämnesomsättningsproblem hos multipara kor (Burgers et al. 2023).

Primipara kor påverkas inte på samma sätt. Tack vare högre persistens bibehåller de mjölkproduktionen längre och lägger därför inte på sig fett i samma utsträckning som äldre kor, vilket minskar risken för överhull vid förlängda intervall (Burgers et al. 2023).

Riskerna som kan uppstå hos multipara kor skulle kunna hanteras genom selektion av individer som lämpar sig för förlängda intervall. Kor med hög mjölkproduktion och lägre hull i början av laktationen är generellt bättre kandidater (Burgers et al. 2023; van Knegsel et al. 2024). Dessutom kan foderstaten anpassas i sen laktation, bland annat genom att reducera energitätheten eller minska kraftfodergivan, för att motverka extra fettansättning (Burgers et al. 2023; van Knegsel et al. 2024).

2.1.3 Fertilitet

Att förlänga kalvningsintervallet genom en längre FVT har i de flesta fall en positiv inverkan på fertiliteten, särskilt hos primipara kor (Edvardsson Rasmussen et al. 2023a). Den tydligaste effekten är en högre dräktighetsgrad vid första inseminationen, Edvardsson Rasmussen et al. (2023a) visade att dräktighetsgraden hos primipara kor blev 67% jämfört med 51% hos kor med konventionellt kalvningsintervall. Vad gäller multipara kor är resultaten mer motstridiga och har visat på både förbättrad dräktighetsgrad och ingen signifikant skillnad (van Kneegsel et al. 2024).

Ett förlängt intervall bidrar också till en mer effektiv reproduktionsprocess genom att antalet inseminationer per dräktighet minskar och tiden från första insemination till dräktighet ofta blir kortare i första laktationen (Edvardsson Rasmussen et al. 2023a). Trots att den första inseminationen sker senare, befruktas korna ofta snabbare när de väl börjar insemineras, vilket kan bidra till en mer effektiv reproduktionsprocess och potentiellt lägre reproduktionskostnader (Edvardsson Rasmussen et al. 2023a; van Kneegsel et al. 2024).

En viktig förklaring till de förbättrade reproduktionsresultaten är att korna hinner återhämta sig från den negativa energibalans som uppstår tidigt i laktationen (Edvardsson Rasmussen et al. 2023a). Vid en senare insemination har de oftare högre plasmakoncentrationer av insulin och IGF-1, vilket gynnar äggstocksfunktionen och äggcellskvaliteten (Burgers et al. 2023; van Kneegsel et al. 2024). Det längre tidsfönstret innan insemination medför även att fler kor hinner etablera normala brunstcykler, med både starkare brunstuttryck och färre störningar i cykliciteten (Ma et al. 2022; Edvardsson Rasmussen et al. 2024). Samtidigt får kor som drabbats av kalvningskomplikationer eller sjukdomar tidigt i laktationen bättre möjlighet att återhämta sig innan reproduktionsarbetet inleds, vilket ytterligare förbättrar chanserna till en lyckad dräktighet (Edvardsson Rasmussen et al. 2024; van Kneegsel et al. 2024). Även den naturliga sänkningen i mjölkproduktion senare i laktationen kan bidra till bättre fertilitet genom att minska den metaboliska stressen vid inseminationstillfället (Ma et al. 2022; Burgers et al. 2023).

2.2 Vilka kor lämpar sig inte?

Multipara kor med låg mjölkavkastning anses generellt vara mindre lämpliga för förlängda kalvningsintervall, då deras laktationspersistens ofta är lägre än hos primipara kor, och mjölkproduktionen sjunker snabbare (Niozas et al. 2019). När

intervallet förlängs spenderar dessa kor mer tid i sen laktation med låg avkastning per dag, vilket resulterar i en lägre genomsnittlig mjölkproduktion under hela kalvningsintervallet jämfört med konventionella intervall (Burgers et al. 2021; van Knegsel et al. 2022). Kor med tendens till överhull, hög kroppsvikt eller högt proteininnehåll i mjölken redan före den lyckade inseminationen i den aktuella laktationen verkar vara mindre lämpade för ett förlängt kalvningsintervall. Dessa egenskaper var, oberoende av längd på FVT, associerade med ett högre hull i slutet av laktationen (Burgers et al. 2023), vilket tyder på att energin i större utsträckning omfördelas från mjölkproduktion till kroppsreserver under sen laktation. Detta kan öka risken för överhull vid sinläggning och därmed även för ämnesomsättningsstörningar, som ketos, efter nästa kalvning (van Knegsel et al. 2022; Burgers et al. 2023).

Individer med låg persistens bör undvikas (Lehmann et al. 2017). Låga avelsvärden för persistens eller låg tidig mjölkproduktion indikerar att kon inte kan upprätthålla en lönsam produktion under förlängd laktation (van Knegsel et al. 2022; Edvardsson Rasmussen et al. 2024). Även friska kor med låg avkastningspotential löper risk att sinläggas för tidigt på grund av låg daglig avkastning (Edvardsson Rasmussen et al. 2024), vilket kan leda till förlängda sinperioder och negativ påverkan på hälsa och fertilitet i nästa laktation (Niozas et al. 2019; Andrée O'Hara et al. 2020). Celltal tillsammans med laktoshalt kan även vara en relevant indikator att beakta vid bedömning av lämplighet, Burgers et al. (2023) fann att en högre laktoshalt före insemination var associerad med lägre hull vid laktationens slut. Författarna noterade ett negativt samband mellan laktoshalt och celltal före insemination, detta kan tyda på att kor med höga celltal och låg laktoshalt har en lägre mjölkproduktion, vilket i sin tur kan öka risken för fettinlagring under den senare delen av laktationen.

2.3 Tidiga indikatorer på lämplighet för förlängt kalvningsintervall

För att kunna använda förlängda kalvningsintervall i praktiken behöver kor som lämpar sig för systemet identifieras innan beslut om inseminering fattas. Flera studier har därför undersökt vilka egenskaper tidigt i laktationen som kan användas för att förutsäga kons framtida prestation vid ett förlängt kalvningsintervall.

Lehmann et al. (2017) visade att mjölkavkastningen vid den andra och tredje provmjölkningen i tidig laktation var kopplad till kons framtida mjölkproduktion vid ett förlängt intervall, och identifierade därför tidig mjölkavkastning som en möjlig indikator vid selektion av kor för förlängt kalvningsintervall. Burgers et al. (2021) visade även att avelsvärden för persistens och mjölkavkastning under de

första sex veckorna efter kalvning kan vara användbara indikatorer för att förutsäga hur väl en ko kan upprätthålla mjölkproduktionen under en längre laktation.

Även Edvardsson Rasmussen et al. (2024) använde egenskaper i tidig laktation för att identifiera kor som kunde vara lämpade för en förlängt FVT. Urvalet baserades bland annat på hög mjölkavkastning under dag 4 – 33 efter kalvning, hög genomisk persistens samt förekomst av kalvningssvårigheter. Studien bygger på antagandet att kor med hög och uthållig mjölkproduktion tidigt i laktationen har större möjlighet att bibehålla produktion under ett längre intervall.

3. Material och metod

3.1 Datamaterial och urval

Till studien användes två dataset, ett för förstakalvare i första laktation med 817 kor och ett för andrakalvare i första och andra laktation med 972 kor. Datan hämtades från tre tidigare försök, där samtliga var kontrollerade fältförsök som genomförts i kommersiella besättningar i Sverige. Kriterier för besättningarna i försöken inkluderade hög mjölkproduktion, över 9000 kg ECM per ko och år, en besättningsstorlek på minst 100 kor och att de var anslutna till Kokontrollen (Edvardsson Rasmussen et al. 2023b; a; 2024; Hansson et al. 2025).

I det första försöket, som datan kommer ifrån, undersöktes effekterna av en förlängd FVT på produktion, fertilitet, hälsa och utslagning hos primipara kor som slumpmässigt tilldelades antingen en konventionell eller en förlängd FVT. Djuren följdes under en första laktation med intervention (konventionell eller förlängd FVT), samt en efterföljande andra laktation utan intervention (Edvardsson Rasmussen et al. 2023b; a). Till denna studie användes endast datan från första laktationen.

Det andra försöket var en vidareutveckling av samma försöksupplägg, där FVT anpassades individuellt för utvalda primipara kor baserat på egenskaper i tidig laktation, som genetisk persistens, sjukdomshistorik och mjölkavkastning. Korna som bedömdes passa för förlängd FVT randomiserades till olika behandlingsgrupper för att utvärdera effekterna på produktion, fertilitet och hälsa (Edvardsson Rasmussen et al. 2024). Kor som inte bedömdes passa och hade för låg mjölmängd och som inte randomiserades exkluderades, enbart data från de utvalda korna användes till studien.

Utöver dessa försök inkluderas ett tredje separat försök på multipara kor, där kor, likt första försöket, tilldelats en konventionell eller förlängd FVT under andra laktationen. Effekter på mjölkproduktion, fertilitet och utslagning analyserades (Hansson et al. 2025). Det är dessa kor som i denna studie refereras till som ”andrakalvare”.

Dataseten innehöll information om bland annat ID, besättning, ras, FVT, provmjölkningar, kalvningsintervall och laktationsavkastning (kg ECM). För förstakalvarna fanns information om grupptillhörighet (EXT och TRAD), om de var planerade för ett förlängt eller traditionellt kalvningsintervall. Dataseten för förstakalvarna och andrakalvarna innehöll inte samma individer.

Individer med ofullständiga eller saknade nyckelvariabler (t.ex. saknade provmjölkningar) exkluderades i relevanta analyser.

Samtliga kor i båda dataseten klassificerades i två grupper baserat på deras faktiska FVT, oavsett vad de var planerade för från början i rådatan:

- Fick EXT (förlängt kalvningsintervall), $FVT > 95$ dagar.
- Fick TRAD (traditionellt kalvningsintervall), $FVT \leq 95$ dagar.

Gränsvärdet 95 dagar valdes baserat på att den planerade TRAD-gruppen för förstakalvarna definierades av ett intervall upp till och med 95 dagar FVT.

3.2 Databearbetning

Bearbetningen av datan genomfördes i Microsoft Excel.

För att beskriva laktationskurvans egenskaper beräknades följande mått i båda dataseten:

- Kurvans lutning mellan provmjölkning 4-8 (Persistens.4.8)
- Kurvans lutning mellan provmjölkning 4-10 (Persistens.4.10)
- Kurvans lutning från toppavkastning (mellan pm 1-5) till sista tillgängliga provmjölkningsvärde innan sinläggning (LutningMAX)

Persistensen, kurvans lutning, beräknades som kvoten mellan två bestämda punkter (provmjölkningsstillfällen) på laktationskurvan.

För att sammanfatta måtten Persistens.4.8, Persistens.4.10 och LutningMAX till ett övergripande mått beräknades ett index baserat på rangordning av de ingående variablerna. Varje mått rangordnades (där 1 motsvarade bästa placering, dvs. minsta lutning) och därefter beräknades ett medelvärde av rangpositionerna för varje individ, detta medelvärde blev index. Korna rangordnades inom varje dataset. Endast individer med minst två av tre tillgängliga mått inkluderades i indexberäkningen, för att minska påverkan av saknade data. Ett lägre indexvärde motsvarade en mer gynnsam laktationskurva med hög persistens. Index beräknades för samtliga individer i båda dataseten. För förstakalvarna fick 782 kor ett indexvärde, och för andrakalvarna fick 949 kor ett indexvärde.

3.3 Statistisk och deskriptiv analys

Data analyserades och visualiserades i Excel. Följande metoder användes:

- Boxplots för att jämföra fördelningar mellan grupper, t.ex. ras och besättning, och "Fick EXT" och "Fick TRAD".
- Spridningsdiagram för att undersöka samband mellan index och avkastning
- Linjediagram för att beskriva förändringar i medelvärde med 95-procentigt konfidensintervall

Därefter analyserades datan i SAS 9.4, fyra separata statistiska modeller analyserades med linjär mixed model (PROC MIXED), modellerna skattades med Restricted Maximum Likelihood (REML). I samtliga modeller användes index som beroende variabel och besättning inkluderades som slumpmässig effekt för att ta hänsyn till variation mellan besättningar.

För förstakalvare analyserades dels en modell med fasta effekter av ras och FVT (EXT, TRAD), inklusive interaktion mellan dessa faktorer, samt en utökad modell där laktationsavkastning inkluderades. För förstakalvarna användes raserna Holstein (HOL) och Svensk röd och vit boskap (SRB).

För andrakalvare analyserades motsvarande modeller med fasta effekter av ras och FVT (EXT, TRAD) och index i första laktationen som en kontinuerlig variabel för att undersöka sambandet mellan första och andra laktationen, samt en modell med laktationsavkastningen inkluderad. För andrakalvarna användes raserna HOL, SRB och korsningsras (KORS) bestående av korsning mellan HOL, SRB och Montbéliard och SRB-HOL-korsning.

I samtliga linjära mixed modeller utvärderades de fasta effekterna med Typ III F-tester, och signifikansnivån sattes till $p < 0,05$. Justerade medelvärden (least squares means) beräknades för att kunna jämföra grupper.

3.4 Användning av artificiell intelligens

Generativ artificiell intelligens (ChatGPT, OpenAI) användes som stöd vid språklig bearbetning av text och förbättring av struktur, samt för teknisk vägledning vid databearbetning i Microsoft Excel. All bedömning, tolkning av resultat och slutlig utformning av arbetet genomfördes av författaren.

4. Resultat

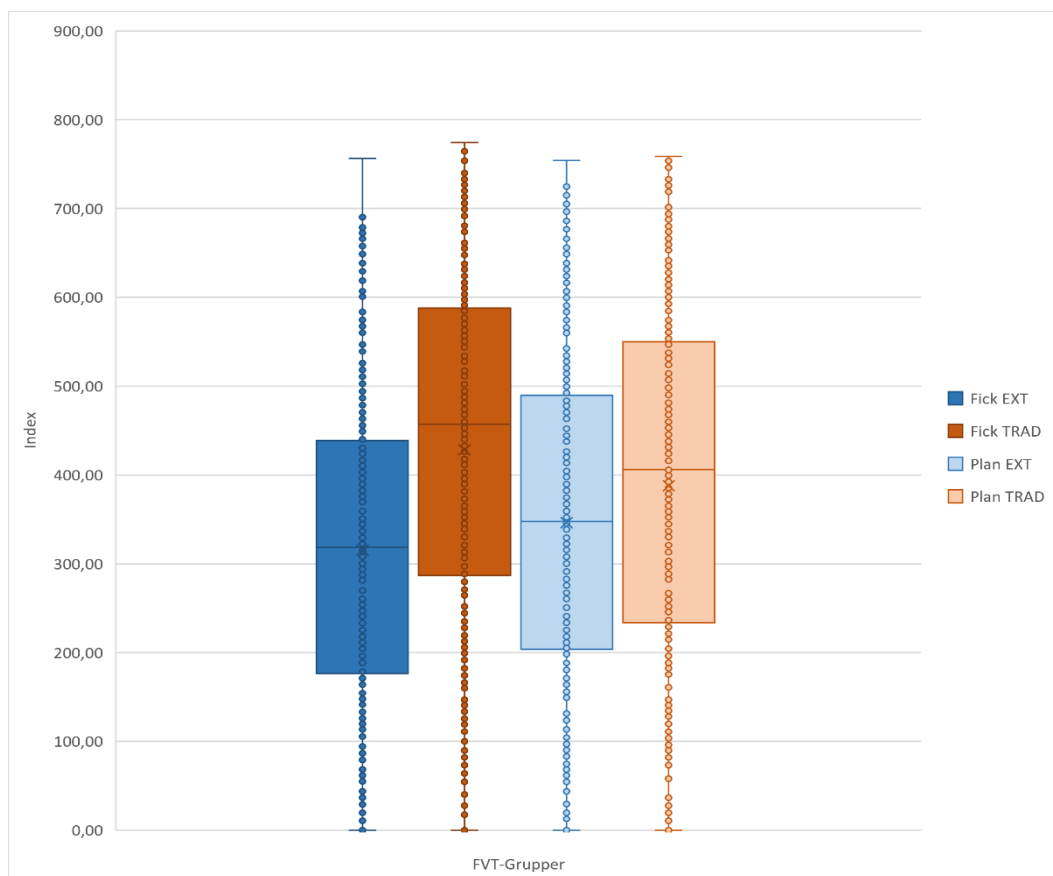
4.1 Förstakalvare

Kor som fick EXT uppvisade lägre medianvärden för index jämfört med kor som fick TRAD (figur 1). Medianen för 'Fick EXT' låg omkring 320, medan 'Fick TRAD' låg omkring 460, detta visar på att kor med ett förlängt kalvningsintervall generellt hade mer gynnsamma indexvärden.

För grupperna som var planerade för EXT och TRAD observerades ett liknande mönster, där 'Plan EXT' hade lägre medianvärde än 'Plan TRAD'. Däremot var skillnaden mindre mellan de planerade grupperna jämfört med de faktiska grupperna.

Samtliga grupper uppvisade en stor spridning i indexvärden och det fanns en betydande överlappning mellan grupperna, vilket innebär att individer med både låga och höga indexvärden återfanns i samtliga grupper.

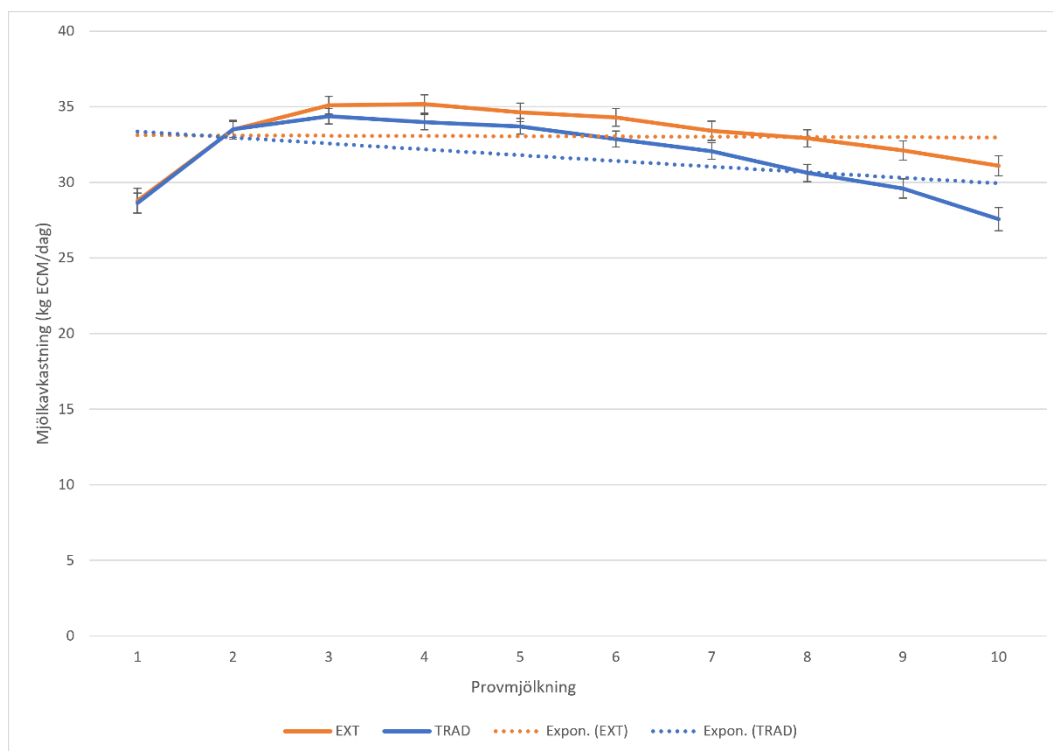
Den statistiska analysen visade att FVT (EXT/TRAD) hade en signifikant effekt på index ($p < 0,0001$). Kor som fick EXT hade lägre index (335,3) jämfört med de kor som fick TRAD (445,2).



Figur 1. Jämförelse av fördelning av index mellan de grupper som var planerade för EXT och TRAD i ursprungsförsöken och de grupper som fick EXT och TRAD i denna studie, för förstakalvare. Index sammanfattar laktationskurvans persistens, där lägre värden motsvarar en mer gynnsam och uthållig laktationskurva.

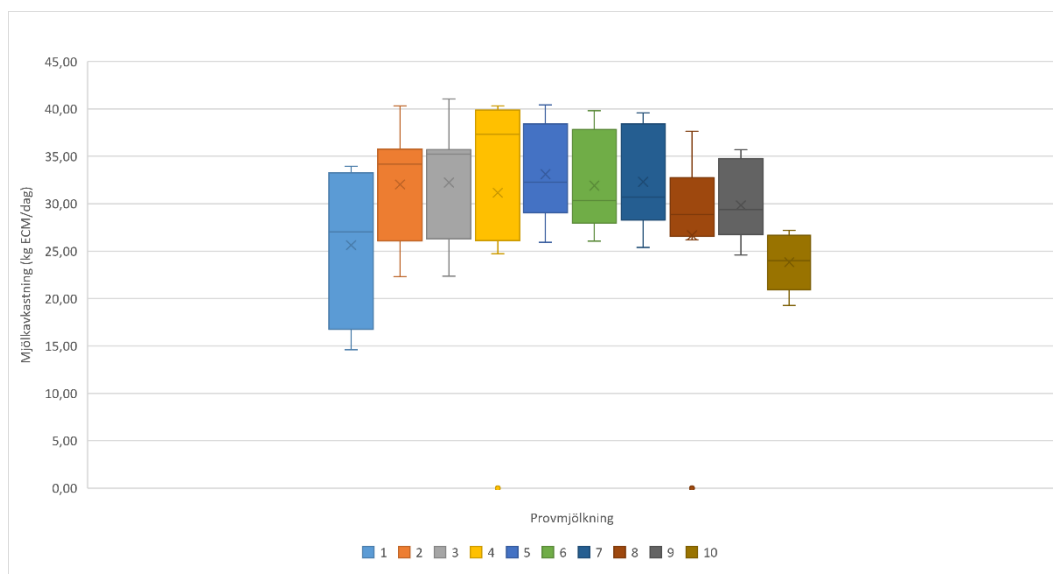
Fortsättningsvis används EXT och TRAD som benämningar för de klassificerade grupperna 'Fick EXT' resp. 'Fick TRAD', om ingenting annat framgår.

Figur 2 visar medelvärden för provmjölkning 1 – 10 för kor som fått EXT respektive TRAD. Båda grupperna visade en initial ökning i mjölkproduktion från tidig laktation till omkring provmjölkning 3 – 4. Därefter minskade produktionen successivt över tid. TRAD visade en tydligare nedgång i produktionen, särskilt i den senare delen av laktationen, jämfört med EXT som hade en mer gradvis minskning efter toppnivå. Detta visas också genom den exponentiella trendlinjen för TRAD som hade en brantare lutning jämfört med trendlinjen för EXT.

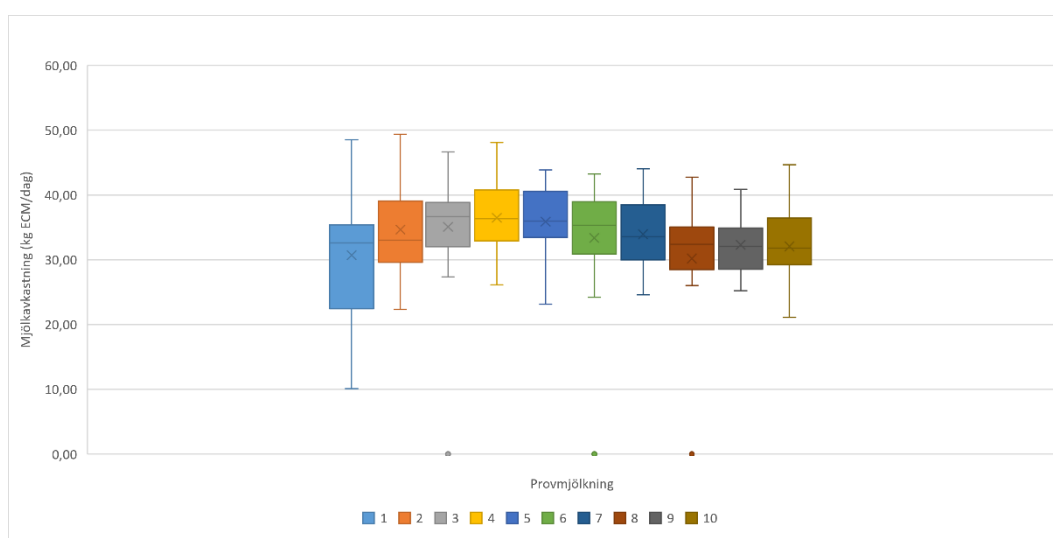


Figur 2. Medelvärde ($\pm 95\%$ KI) för mjölkavkastning (kg ECM) för förstakalvare vid provmjölkning 1 – 10 för kor med förlängd (EXT) resp. traditionell (TRAD) frivillig väntetid (FVT). De punkterade linjerna visar exponentiella trendlinjer för EXT respektive TRAD.

Figur 3 och figur 4 illustrerar hur mjölkproduktionen såg ut inom grupperna för EXT och TRAD. Båda grupperna visade en relativt stor variation i mjölkproduktion vid samtliga provmjölkningstillfällen, särskilt i tidig laktation. För TRAD observerades en minskning i både medianvärde och spridning i senare delen av laktationen (pm8 – pm10). EXT hade däremot en mer stabil nivå av både median och spridning vid samma period, således kunde EXT-kor i högre utsträckning upprätthålla mjölkproduktionen under senare delen av laktationen.



Figur 3. Fördelning av mjölkavkastning (kg ECM/dag) inom TRAD hos förstakalvare vid provmjölkning 1–10. Boxarna representerar interkvartilavståndet (25:e–75:e percentilen), den horisontella linjen i boxen medianen och whiskers observationsspridningen. Kryssen markerar medelvärdet.



Figur 4. Fördelning av mjölkavkastning (kg ECM/dag) inom EXT hos förstakalvare vid provmjölkning 1 – 10. Boxarna representerar interkvartilavståndet (25:e–75:e percentilen), den horisontella linjen i boxen medianen och whiskers observationsspridningen. Kryssen markerar medelvärdet.

För sambandet mellan index och laktationsavkastning visade den statistiska analysen en signifikant men svag negativ effekt ($p = 0,0347$), vilket innebär att högre index är associerat med lägre laktationsavkastning.

I den deskriptiva analysen observerades istället ett svagt positivt samband mellan index och laktationsavkastning (figur 5). Spridningen var stor över hela grafen

vilket visar på betydande variation i laktationsavkastningen vid olika index-nivåer. Skillnaderna mellan EXT och TRAD var små, även om TRAD generellt uppvisade något högre avkastning vid högre indexvärden, vilket även illustreras av trendlinjen för TRAD som har en mer uppåtgående lutning än EXT.

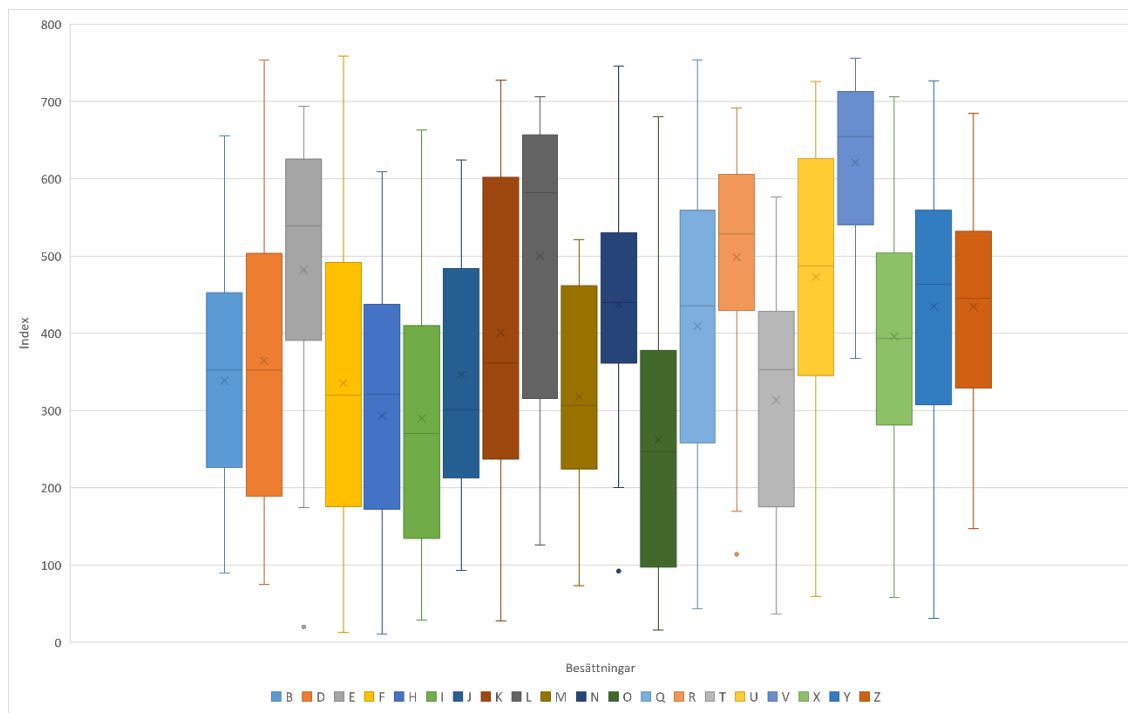


Figur 5. Samband mellan laktationsavkastning (kg ECM) och index för EXT resp. TRAD för förstakalvare. Lägre index motsvarar högre persistens. De punkterade linjerna visar trendlinjer för EXT resp. TRAD.

4.1.1 Effekt av ras och besättning

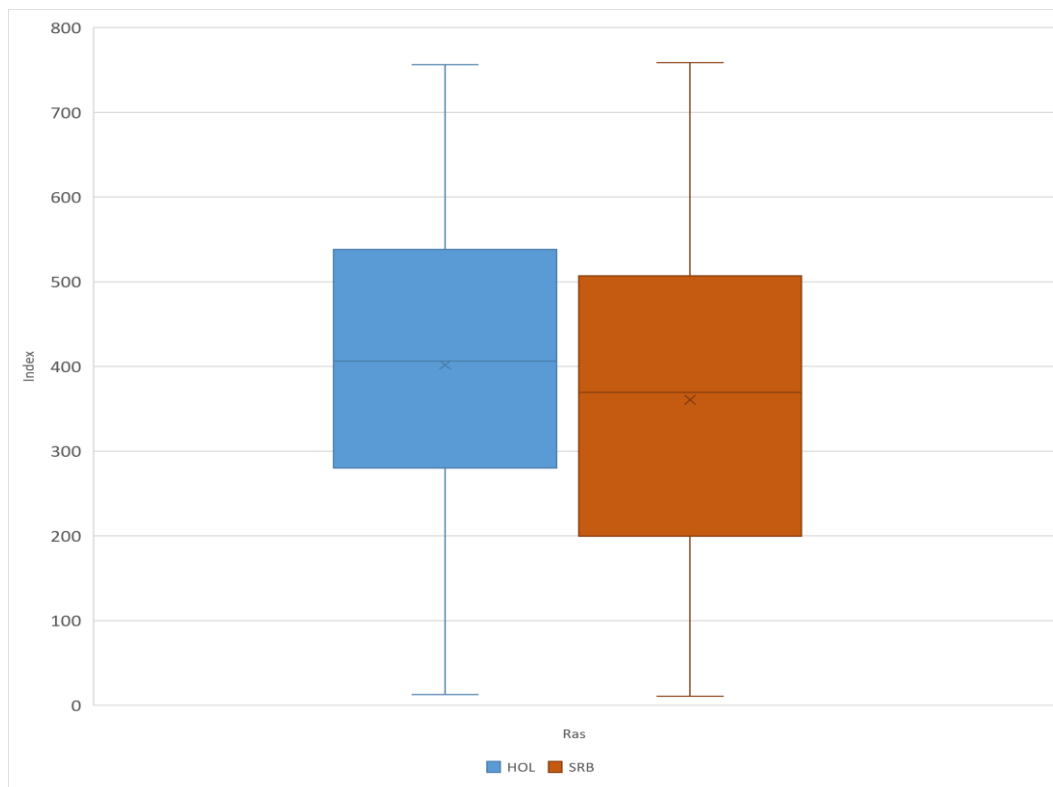
Variation i index observerades mellan olika besättningar (figur 6). Medianvärdena skilde sig mellan besättningar, där vissa besättningar uppvisade lägre indexnivåer medan andra hade genomgående högre värden. Spridningen inom respektive besättning var generellt stor, vilket framgår av utbredda boxar och långa whiskers. I tre av fallen förekom även extremvärden. Trots skillnader i medianvärden förekom överlappning mellan besättningarna, vilket tyder på att variationen inom besättning ofta var lika stor som variationen mellan besättningar.

Variansen mellan besättningar var relativt låg jämfört med residualvariansen (6794 respektive 25483), vilket indikerar att en större del av variationen i index förklaras av skillnader mellan individer (79 %) snarare än mellan besättningar (21 %).



Figur 6. Fördelning av indexvärden mellan och inom olika besättningar för förstakalvare. Lägre index indikerar högre persistens. Boxarna visar median, interkvartilavstånd och spridning inom respektive besättning, kryssen markerar medelvärde.

Skillnader i index observerades mellan raserna HOL och SRB (Figur 7). SRB uppvisade generellt lägre medianvärden för index jämfört med HOL. Samtidigt var spridningen stor i båda grupperna, och en tydlig överlappning mellan raserna förekom. Detta innebär att individer med både låga och höga indexvärden återfanns i båda rasgrupperna. Effekten av ras var inte statistiskt signifikant ($p = 0,4116$), och inte heller interaktionen mellan ras och FVT ($p = 0,6515$).

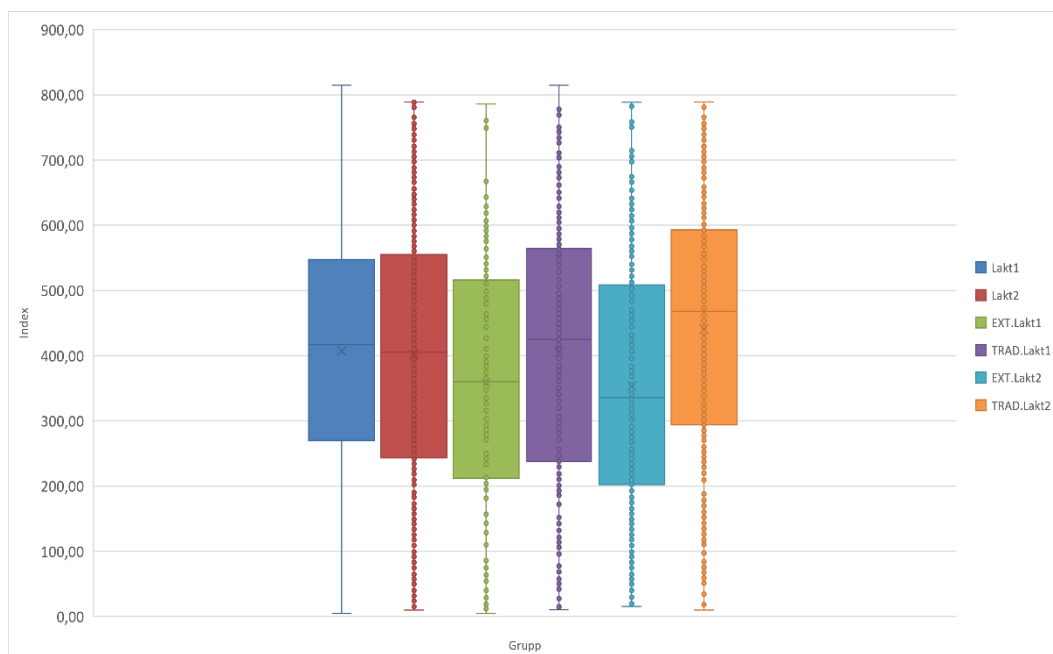


Figur 7. Skillnad i index mellan raserna Holstein (HOL) och Svensk röd och vit boskap (SRB) för förstakalvare. Lägre index indikerar högre persistens.

4.2 Andrakalvare

Figur 8 visar att fördelningen av indexvärden varierade mellan grupperna, men att medianvärdena generellt var lägre i andra laktationen än i första. Inom både första och andra laktationen uppvisade EXT-gruppen lägre medianvärden än TRAD-gruppen. Spridningen i indexvärden var stor i samtliga grupper, således förekom det individer med både höga och låga indexvärden i samtliga grupper.

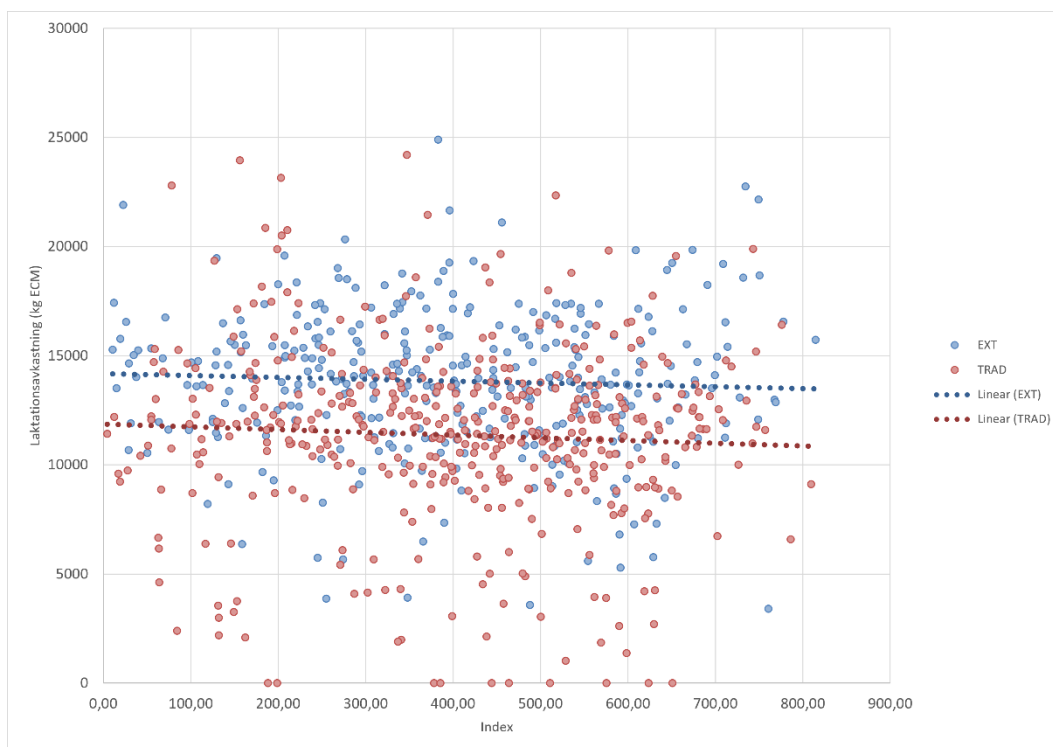
FVT (EXT/TRAD) hade en signifikant effekt på index ($p < 0,0001$), där kor i EXT-gruppen uppvisade lägre indexvärden (370,5) jämfört med TRAD (417,6).



Figur 8. Jämförelse av index mellan första och andra laktationen, samt inom EXT och TRAD i första och andra laktationen.

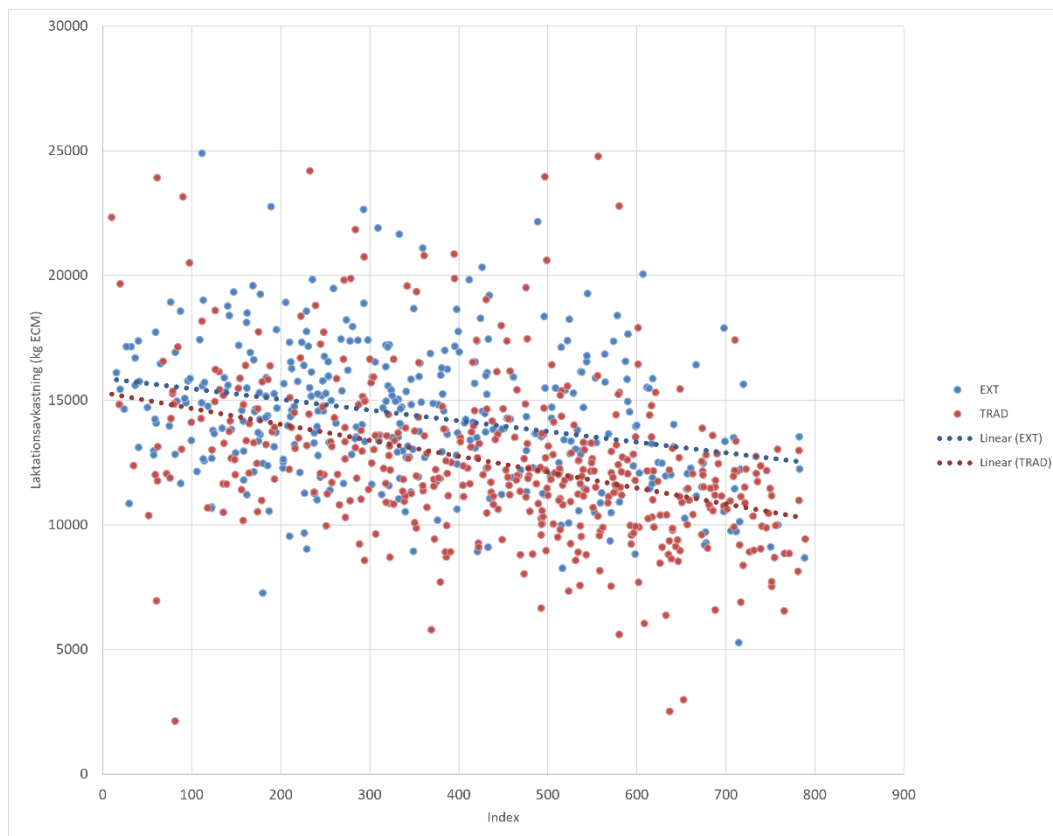
Index i första laktationen var signifikant associerat med index i andra laktationen ($p = 0,0001$). Sambandet var positivt vilket innebär att kor med ett lågt index i första laktationen tenderar att ha lägre index även i andra laktationen.

I första laktationen (figur 9) observerades ett svagt negativt samband mellan index och laktationsavkastning för både EXT och TRAD. EXT visade genomgående något högre nivåer för laktationsavkastningen än TRAD vid motsvarande indexnivåer, men spridningen var stor i båda grupperna.



Figur 9. Samband mellan laktationsavkastning (kg ECM) och index för EXT resp. TRAD för andrakalvarna i första laktationen. Lägre index motsvarar högre persistens. De punkterade linjerna visar trendlinjer för EXT resp. TRAD.

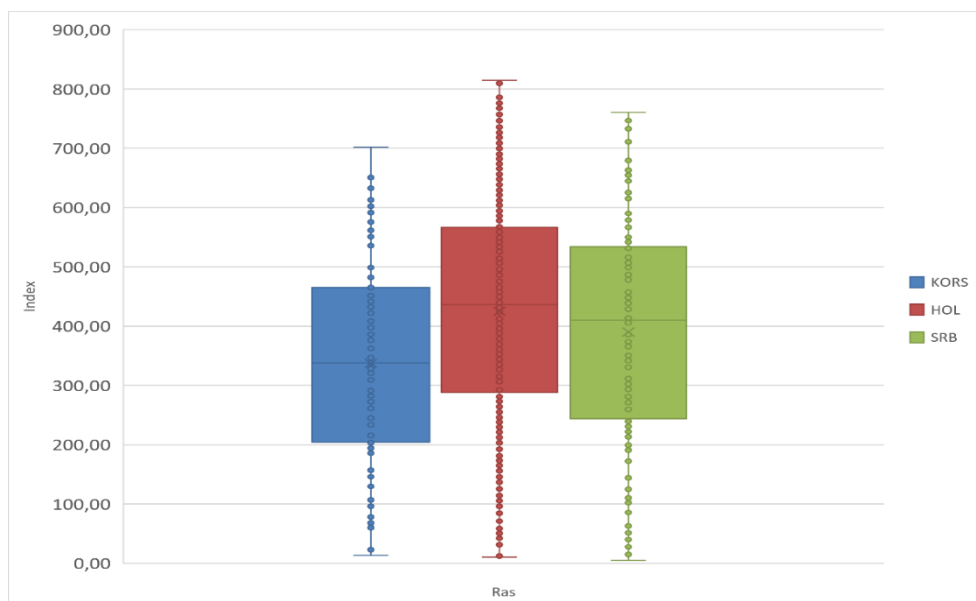
I andra laktationen (figur 10) framträdde ett tydligare negativt samband mellan index och laktationsavkastning för både EXT och TRAD. Trendlinjerna för båda grupperna visade en negativ lutning, vilket visar att högre index är relaterad till lägre avkastning. EXT hade generellt högre laktationsavkastning än TRAD över hela intervallet av indexvärden. Detta resultat stöds av den statistiska modellen som visade att laktationsavkastning hade en signifikant negativ effekt på index ($p < 0,0001$).



Figur 10. Samband mellan laktationsavkastning (kg ECM) och index för EXT resp. TRAD för andrakalvarna i andra laktationen. Lägre index motsvarar högre persistens. De punkterade linjerna visar trendlinjer för EXT resp. TRAD.

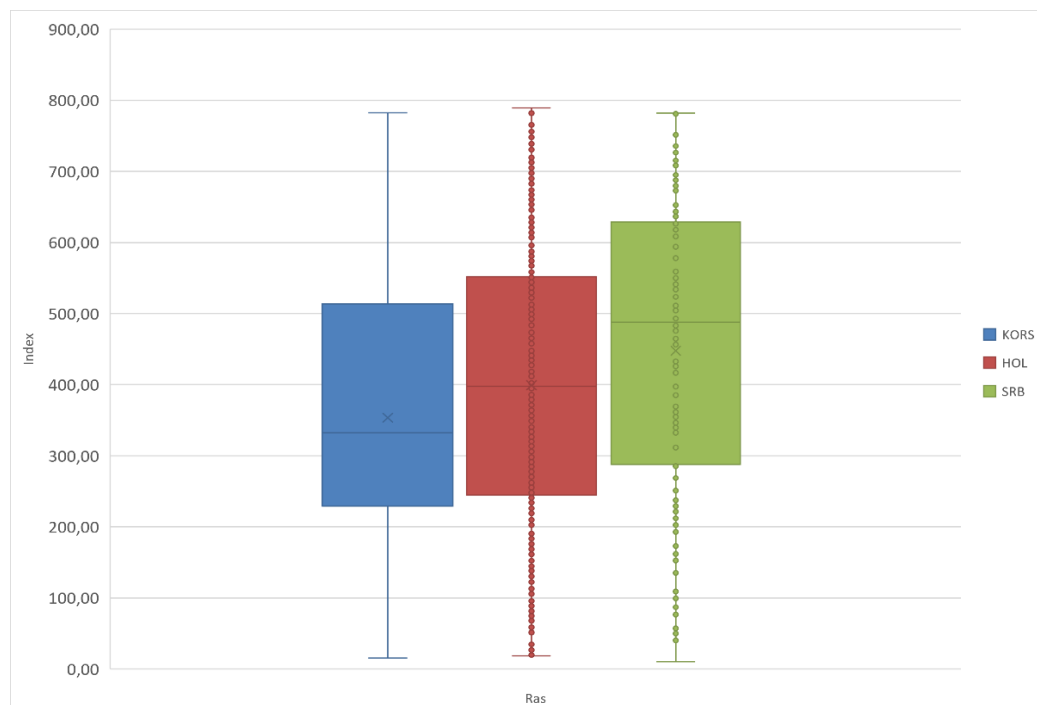
4.2.1 Effekt av ras

Figur 11 visar skillnader i index mellan raserna KORS, HOL och SRB under första laktationen. KORS visade generellt de lägsta indexvärdena, medan HOL hade de högsta medianvärdena för index. Samtidigt överlappar variationen mellan grupperna i stor utsträckning, vilket visar att spridningen inom respektive ras är stor. Det innebär att skillnaderna mellan individerna inom samma ras verkar vara större än skillnaderna mellan raserna.



Figur 11. Effekt av ras (KORS, HOL och SRB) på index för andrakalvare i första laktationen.

I andra laktationen (figur 12) återfanns ett liknande mönster som i första laktationen med att KORS hade generellt lägre indexvärden än HOL och SRB. SRB uppvisade de högsta medianvärdena för index. Även i andra laktationen är det stor variation inom raserna och spridningen är stor. Den statistiska modellen visade att ras inte hade någon signifikant effekt på index ($p = 0,606$).



Figur 12. Skillnad i index mellan korsningsras (KORS), Holstein (HOL) och Svensk röd och vit boskap (SRB) på index för andrakalvare i andra laktationen. Lägre index indikerar högre persistens.

5. Diskussion

Syftet med studien var att undersöka vilka egenskaper som karakteriserar en ko som lämpar sig för ett förlängt kalvningsintervall samt undersöka om sådana kor i andra laktationen kan identifieras med hjälp av mått under första laktationen. Resultatet visar konsekvent att kor som fick EXT hade lägre index än de kor som fick TRAD, oavsett laktationsnummer. Ett lägre index motsvarar en laktationskurva med flackare lutning, dvs. produktionen hålls mer stabil i sen laktation. Utifrån de observerade skillnaderna mellan EXT och TRAD framstår egenskaper kopplade till laktationsuthållig som centrala vid urval av kor till förlängda kalvningsintervall. Se figur 2 för visualisering av laktationskurvan för EXT och TRAD.

Att EXT hade en mer gynnsam laktationskurva kan till viss del förklaras av biologiska skäl som att FVT förlängs och korna spenderar mer tid i sen laktation och mjölkar längre (Burgers et al. 2021). En viktig bakomliggande orsak är sannolikt att den negativa effekt som en ny dräktighet har på mjölkproduktionen framträder senare i laktationen hos kor med förlängt intervall, vilket kan bidra till en långsammare nedgång i avkastningen under den senare delen av laktationen (Strandberg & Lundberg 1991; Burgers et al. 2021). EXT-kor kan därför upprätthålla produktionen under en längre period innan denna dräktighetseffekt blir tydlig.

5.1 Samband mellan laktationsavkastning och index

Sambandet mellan laktationsavkastning och index var genomgående svagt, den statistiska analysen visade ett negativt samband ($p = 0,0347$) vilket inte kunde ses i figur 5. Skillnaden kan bero på att den statistiska modellen tar hänsyn till andra faktorer, som till exempel besättning och ras, medan figur 5 sannolikt påverkas av dessa som bakomliggande faktorer, eftersom dessa faktorer inte kontrolleras för i den grafiska framställningen. Den signifikanta negativa effekten är ett viktigt resultat eftersom det tyder på att kor med uthållig produktion även har en hög produktion, vilket stärker möjligheten att identifiera kor, som är både produktiva och uthålliga, som är lämpliga i ett förlängt system. Detta resultat stärks även av resultaten från andrakalvarna som visade negativ effekt i båda laktationerna.

Den signifikanta negativa effekten för både förstakalvarna och andrakalvarna kan styrkas ytterligare av att index i första laktationen hade en signifikant effekt på index i andra laktationen, vilket innebär att egenskaper hos laktationskurvan delvis kvarstår mellan första och andra laktationen. Det fanns däremot en stor variation, vilket indikerar att prediktion på individnivå är begränsad. Det innebär att även om det finns en generell tendens att kor behåller sina egenskaper mellan laktationer, är det svårt att med hög precision förutsäga en enskild ko.

Ett alternativ till att undersöka sambandet mellan index och laktationsavkastning hade varit att istället använda mjölk mängd per dag i kalvningsintervallet. Eftersom detta mått är av praktisk betydelse för lantbrukaren hade en sådan analys kunnat ge ytterligare information om hur väl indexet speglar den genomsnittliga produktionen mellan två kalvningar. Samtidigt påverkas mjölk mängd per dag i kalvningsintervallet av både laktationskurvas egenskaper och kalvningsintervallets längd, vilket hade gjort tolkningen av sambandet mer komplex. En jämförelse mellan mjölk mängd per dag och laktationsavkastning skulle därför kunna vara ett intressant område för framtida studier.

5.2 Hur ras och besättning påverkar

Ras

Ras hade ingen tydlig eller signifikant effekt på index i någon laktation, index påverkas därför i större utsträckning av FVT (EXT/TRAD) och individuella variationer snarare än av genetiska skillnader mellan raser. Det innebär att de egenskaper som kännetecknar kor som lämpar sig för ett förlängt kalvningsintervall i huvudsak inte skiljer sig systematiskt mellan raser i detta datamaterial. Det är dock viktigt att beakta att rasfördelningen mellan besättningarna inte var balanserad, eftersom ras inte användes som urvalskriterium i de tidigare försöken som datan i denna studie är hämtad från.

Samtidigt finns det biologiska och praktiska aspekter som kan vara relevanta att beakta vid tolkning av resultaten. Holstein har generellt en högre mjölkavkastning, särskilt sent i laktationen och inför sinläggning, jämfört med SRB (Edvardsson Rasmussen et al. 2023a; b). Högre mjölkavkastning i sen laktation borde därför antyda att Holstein har högre persistens än SRB, detta kan dock inte styrkas av resultaten i denna studie. En hög mjölkavkastning vid sinläggning är en känd riskfaktor för juverinfektioner (Rajala-Schultz et al. 2005), vilket skulle kunna vara ett motiv för att förlänga kalvningsintervallet för Holstein-kor. Ett längre intervall kan bidra till att mjölkproduktionen hinner minska naturligt innan sinläggning, vilket kan förbättra juverhälsan. Således innebär det att även om ras inte framstår som en direkt avgörande faktor för index i denna studie, kan rasrelaterade skillnader

på produktionsnivå påverka hur ett förlängt kalvningsintervall tillämpas i praktiken. Resultaten bör därför tolkas i relation till både management och biologiska egenskaper.

Besättning

Variation i index observerades mellan besättningarna, vilket visar att management och miljöfaktorer sannolikt påverkar laktationskurvans egenskaper. Exempel på management som kan variera är utfodring, reproduktionsstrategier och mjölkningsrutiner. Österman & Bertilsson (2003) undersökte bland annat hur ökad mjölkningsfrekvens i kombination med ett förlängt kalvningsintervall påverkar produktiviteten. De fann att en högre mjölkningsfrekvens, tre mjölkningstillfällen per dag jämfört med två, kan resultera i ökad mjölkproduktion och en mer uthållig laktation.

Residualvariansen var större än variationen mellan besättningar, vilket innebär att skillnaderna mellan individer inom samma besättning (79 %) var större än skillnaderna mellan besättningarna (21 %). Individuella egenskaper verkar således ha större betydelse för index än vilken besättning kor tillhör. Trots detta framkom skillnader mellan besättningarna i den deskriptiva analysen (se figur 6), det kan tolkas som att management och miljöfaktorer troligen påverkar hur väl kor fungerar i system med förlängt kalvningsintervall. Besättning inkluderades därför som slumpmässig effekt i modellerna för att ta hänsyn till att kor inom samma besättning delar miljö och management. Besättningsspecifika förutsättningar och individuella egenskaper bör därför beaktas vid praktisk tillämpning.

5.3 Hållbarhets- och djurvälståndsperspektiv

Ur ett hållbarhets- och djurvälståndsperspektiv är resultaten särskilt relevanta. Det finns flera positiva effekter av att förlänga kalvningsintervallet, att kunna identifiera kor som är lämpliga är därför väsentligt.

Ett längre kalvningsintervall innebär färre födda kalvar per år, vilket reducerar antalet kalvar i produktion. Klimatavtrycket blir därför lägre när mindre resurser behövs. Om ett längre intervall dessutom leder till ökad livslängd hos korna kan det totala klimatavtrycket minska ytterligare, eftersom färre djur behöver födas upp (van Knegsel et al. 2022). Om mjölkavkastningen däremot minskar per dag kommer växthusgasutsläppen öka per kg producerad mjölk, eftersom kons underhållsbehov och tillhörande utsläpp fördelas på en mindre mängd produkt (van Knegsel et al. 2022). Med minskad mjölkproduktion minskar dessutom intäkterna för mjölken. Lägre mjölkavkastning är framför allt en risk för multipara kor med mycket lång FVT (≤ 200 dagar), där avkastningen per dag har observerats minska

i sen laktation (Burgers et al. 2021). Därmed blir den ekologiska hållbarheten beroende av att korna kan bibehålla en uthållig mjölkproduktion under hela laktationen, vilket resultaten i denna studie tyder på att vissa kor har bättre förutsättningar att göra vid ett förlängt kalvningsintervall.

Ur ett ekonomiskt perspektiv kan förlängda kalvningsintervall vara fördelaktiga, särskilt för högavkastande kor och primipara kor med god persistens. Arbel et al. (2001) visade att lönsamheten kan bibehållas eller till och med öka då mjölkavkastningen per dag kan förbli stabil samtidigt som kostnaderna minskar. Detta gällde för både primipara och multipara kor, men med något bättre lönsamhet för primipara kor. Nyare studier har visat att förlängda kalvningsintervall ibland kan ge lägre mjölkproduktion per år men behöver trots detta inte innebära en ekonomisk nackdel, då det delvis kan kompenseras genom minskade kostnader för bland annat inseminering och rekrytering. Samtidigt framhålls det att de ekonomiska konsekvenserna av ett förlängt kalvningsintervall är beroende av kons laktationsuthållighet. Särskilt primipara kor har visat sig vara bättre lämpade eftersom de ofta har en mer uthållig laktationskurva och kan bibehålla mjölkproduktionen bättre under en längre laktation än multipara kor (Kok et al. 2019; Lehmann et al. 2019; Burgers et al. 2022).

Förlängda kalvningsintervall kan förbättra fertiliteten med högre dräktighetsgrad och färre inseminationer per dräktighet, vilket reducerar kostnader för semin och inseminationstjänster (Edvardsson Rasmussen et al. 2023a; Hansson et al. 2025). Även veterinärkostnader kopplade till sjukdomar runt kalvning skulle kunna minska när korna genomgår färre övergångsperioder per tidsenhet (Ma et al. 2022). Dessutom kan arbetsinsatsen minska eftersom moment som är arbetskrävande sker mer sällan, t.ex. kalvningsövervakning, kalvskötsel och sjukdomsvård. Det skulle kunna förbättra arbetsmiljön för djurskötare och lantbrukare, samtidigt som arbetsbelastningen blir jämnare över tid (van Knegsel et al. 2022; 2024).

Förutom förbättrad arbetsmiljö skulle en minskning av dessa kritiska perioder kunna ha en positiv inverkan på djurvälståndet, då korna genomgår färre övergångsperioder som är de mest sjukdomsbenägna faserna i laktationen. Eftersom en stor andel av alla sjukdomsfall inträffar under den första månaden efter kalvning kan den totala sjukdomsriskerna minska när dessa perioder uppstår mer sällan (Burgers et al. 2021; Ma et al. 2022).

Samtidigt finns det flera potentiella välfärdsrisker, framför allt hos äldre kor och individer med låg persistens. Om produktionen sjunker för mycket i sen laktation kan korna lägga på sig för högt hull, vilket ökar risken för kraftig negativ energibalans och metaboliska sjukdomar efter nästa kalvning (van Knegsel et al. 2022; 2024; Burgers et al. 2023). Kor som inte lyckas bibehålla en tillräckligt hög

produktion riskerar dessutom att behöva sinläggas för tidigt, det kan medföra att sinperioden blir för lång med negativa effekter på både hälsa och fertilitet i nästa laktation (Niozas et al. 2019; Andrée O'Hara et al. 2020).

5.4 Reflektion av metod

Indexet baserades på tre mått som beskriver laktationskurvans lutning under den senare delen av laktationen. Syftet var att fånga kons förmåga att bibehålla mjölkproduktionen över tid, vilket bedömdes vara centralt i relation till förlängda kalvningsintervall. Andra mått hade också kunnat inkluderas, exempelvis genetiska persistensmått eller matematiska modeller som beskriver hela laktationskurvan. Ett mer omfattande index hade möjligen kunnat ge en mer heltäckande beskrivning av laktationskurvans egenskaper, men hade samtidigt gjort indexet mer komplext och svårare att tolka. De mått som valdes bedömdes därför ge en rimlig avvägning mellan biologisk relevans, tillgängliga data och praktisk användbarhet.

5.5 Styrkor och begränsningar i studien

En styrka med studien är att både grafiska analyser och statistiska modeller användes, vilket kan ge en bredare förståelse av sambanden mellan olika egenskaper och index. De grafiska analyserna möjliggjorde att trender och variation mellan individer kunde visualiseras, medan de statistiska modellerna gjorde det möjligt att kontrollera för bakomliggande faktorer. Skillnaderna mellan de grafiska och statistiska resultaten understryker vikten av att ta hänsyn till sådana faktorer vid tolkning av sambanden. Användningen av mixed models innebar dessutom att både fasta och slumpmässiga effekter kunde inkluderas i analyserna, vilket stärker studiens tillförlitlighet. Detta var särskilt viktigt eftersom resultaten tyder på att det finns besättningsrelaterade faktorer som påverkar, och modellen möjliggjorde därför en bättre kontroll för sådana variationer i analysen.

Däremot fanns det en stor residualvariation i modellerna, vilket tyder på att flera andra faktorer än de som inkluderades i studien sannolikt påverkar index. Den stora variationen mellan individer begränsar därför möjligheten att fullt ut förklara variationen och möjligheten till exakta prediktioner. Även om vissa samband var statistiskt signifikanta var effekterna ofta svaga, vilket innebär att index inte bör användas som ensam indikator för att identifiera kor som lämpar sig för ett förlängt kalvningsintervall. Det finns även risk för selektionsbias, till exempel kopplat till tidpunkt för inseminering, eftersom kor som inseminerades senare kan ha skiljt sig från övriga kor redan från början. Dvs. kor som var planerade för TRAD i rådatan kan ha blivit klassificerade som EXT om de inte framgångsrikt blev inseminerade

inom det planerade FVT-intervallet. Det kan innebära att en del av de observerade skillnaderna kan bero på bakomliggande egenskaper hos korna snarare än på det förlängda kalvningsintervallet i sig.

Samtidigt visar resultaten att kor som fick EXT generellt hade lägre indexvärden än kor som fick TRAD. Det signifikanta sambandet mellan index i första och andra laktationen visar dessutom att laktationskurvans egenskaper till viss del återkommer över tid. Resultaten talar därför för att information från första laktationen kan vara användbar vid identifiering av kor för förlängda kalvningsintervall. Detta är särskilt relevant eftersom tidigare studier visat på flera positiva effekter av att förlänga kalvningsintervallet, som bättre hälsa och förbättrade reproduktionsresultat med förbättrad fertilitet och effektivare befruktningar. Kunskap om vilka kor som lämpar sig för ett förlängt kalvningsintervall kan därför bidra till förbättrade och mer precisa strategier för management i praktiken.

5.6 Framtida utvecklingsmöjligheter

För framtida forskning vore det värdefullt att inkludera fler faktorer för att undersöka hur index påverkas, för att med bättre säkerhet kunna identifiera vilka kor som lämpar sig för förlängda kalvningsintervall. Möjliga faktorer att inkludera kan vara egenskaper relaterade till hälsa och fertilitet, och managementfaktorer som utfodring och mjölkkningsfrekvens. Det vore även intressant att följa kor över fler laktationer för att undersöka hur index och dessa egenskaper håller sig stabila över tid.

6. Slutsats

Kor som fick ett förlängt kalvningsintervall genom att förlänga FVT uppvisade generellt lägre indexvärden och därmed en mer uthållig laktationskurva under senare delen av laktationen, jämfört med kor som fick traditionellt kalvningsintervall. Dessutom var lägre indexvärden signifikant associerade med högre laktationsavkastning, sammantaget tyder resultaten på att egenskaper kopplade till en uthållig och fortsatt hög mjölkproduktion i sen laktation kan vara relevanta vid identifiering och urval av kor för förlängda kalvningsintervall.

Information från första laktationen kan till viss del användas för att identifiera kor som kan vara lämpade för förlängda kalvningsintervall, inför kommande laktation. Sambandet mellan index i första och andra laktationen visar att kor med lågt index i första laktationen tenderade att ha lågt index även i den andra laktationen. Detta samband kvarstod även efter korrigering för besättningseffekt. Det tyder på att vissa egenskaper hos laktationskurvan återkommer över tid. Samtidigt visar den stora individuella variationen att flera faktorer behöver beaktas vid praktisk tillämpning.

Referenser

- Andrée O'Hara, E., Holtenius, K., Båge, R., von Brömssen, C. & Emanuelson, U. (2020). An observational study of the dry period length and its relation to milk yield, health, and fertility in two dairy cow breeds. *Preventive Veterinary Medicine*, 175, 104876. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2019.104876>
- Arbel, R., Bigun, Y., Ezra, E., Sturman, H. & Hojman, D. (2001). The Effect of Extended Calving Intervals in High Lactating Cows on Milk Production and Profitability. *Journal of Dairy Science*, 84 (3), 600–608. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)74513-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)74513-4)
- Bell, A.W. & Bauman, D.E. (1997). Adaptations of Glucose Metabolism During Pregnancy and Lactation. *Journal of Mammary Gland Biology and Neoplasia*, 2 (3), 265–278. <https://doi.org/10.1023/A:1026336505343>
- Burgers, E.E.A., Goselink, R.M.A., Bruckmaier, R.M., Gross, J.J., Jorritsma, R., Kemp, B., Kok, A. & van Knegsel, A.T. (2023). Effect of voluntary waiting period on metabolism of dairy cows during different phases of the lactation. *Journal of Animal Science*, 101, skad194. <https://doi.org/10.1093/jas/skad194>
- Burgers, E.E.A., Kok, A., Goselink, R.M.A., Hogeveen, H., Kemp, B. & van Knegsel, A.T.M. (2021). Effects of extended voluntary waiting period from calving until first insemination on body condition, milk yield, and lactation persistency. *Journal of Dairy Science*, 104 (7), 8009–8022. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19914>
- Burgers, E.E.A., Kok, A., Goselink, R.M.A., Hogeveen, H., Kemp, B. & Knegsel, A.T.M. van (2022). Revenues and costs of dairy cows with different voluntary waiting periods based on data of a randomized control trial. *Journal of Dairy Science*, 105 (5), 4171–4188. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20707>
- Edvardsson Rasmussen, A., Båge, R., Holtenius, K., Strandberg, E., von Brömssen, C., Åkerlind, M. & Kronqvist, C. (2023a). A randomized study on the effect of an extended voluntary waiting period in primiparous dairy cows on fertility, health, and culling during first and second lactation. *Journal of Dairy Science*, 106 (12), 8897–8909. <https://doi.org/10.3168/jds.2023-23470>
- Edvardsson Rasmussen, A., Holtenius, K., Båge, R., Strandberg, E., Åkerlind, M. & Kronqvist, C. (2023b). A randomized study on the effect of extended voluntary waiting period in primiparous dairy cows on milk yield during first and second lactation. *Journal of Dairy Science*, 106 (4), 2510–2518. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22773>
- Edvardsson Rasmussen, A., Holtenius, K., Båge, R., Strandberg, E., Åkerlind, M. & Kronqvist, C. (2024). Customized voluntary waiting period before first insemination in primiparous dairy cows: Effect on milk production, fertility, and health. *Journal of Dairy Science*, 107 (11), 9558–9571. <https://doi.org/10.3168/jds.2023-24593>
- Gillund, P., Reksen, O., Gröhn, Y.T. & Karlberg, K. (2001). Body Condition Related to Ketosis and Reproductive Performance in Norwegian Dairy

- Cows. *Journal of Dairy Science*, 84 (6), 1390–1396. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)70170-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)70170-1)
- Grainger, C., Auldist, M.J., O'Brien, G., Macmillan, K.L. & Culley, C. (2009). Effect of type of diet and energy intake on milk production of Holstein-Friesian cows with extended lactations. *Journal of Dairy Science*, 92 (4), 1479–1492. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1530>
- Hansson, A., Holtenius, K., Båge, R., Lindberg, M. & Kronqvist, C. (2025). Effect of voluntary waiting period length on milk yield, fertility, and culling in high-yielding, second-parity cows. *Journal of Dairy Science*, 108 (12), 13416–13424. <https://doi.org/10.3168/jds.2025-26348>
- Inchaisri, C., Jorritsma, R., Vos, P.L. a. M., van der Weijden, G.C. & Hogeveen, H. (2011). Analysis of the economically optimal voluntary waiting period for first insemination. *Journal of Dairy Science*, 94 (8), 3811–3823. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3790>
- van Kneegsel, A.T.M., Burgers, E.E.A. & Edvardsson Rasmussen, A. (2024). Extended lactations in dairy cows and the effects on fertility and production. *Reproduction in Domestic Animals*, 59 (S2). <https://doi.org/10.1111/rda.14690>
- van Kneegsel, A.T.M., Burgers, E.E.A., Ma, J., Goselink, R.M.A. & Kok, A. (2022). Extending lactation length: consequences for cow, calf, and farmer. *Journal of Animal Science*, 100 (10). <https://doi.org/10.1093/jas/skac220>
- Kok, A., Lehmann, J.O., Kemp, B., Hogeveen, H., van Middelaar, C.E., de Boer, I.J.M. & van Kneegsel, A.T.M. (2019). Production, partial cash flows and greenhouse gas emissions of simulated dairy herds with extended lactations. *Animal*, 13 (5), 1074–1083. <https://doi.org/10.1017/S1751731118002562>
- Lehmann, J.O., Fadel, J.G., Mogensen, L., Kristensen, T., Gaillard, C. & Kebreab, E. (2016). Effect of calving interval and parity on milk yield per feeding day in Danish commercial dairy herds. *Journal of Dairy Science*, 99 (1), 621–633. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9583>
- Lehmann, J.O., Mogensen, L. & Kristensen, T. (2017). Early lactation production, health, and welfare characteristics of cows selected for extended lactation. *Journal of Dairy Science*, 100 (2), 1487–1501. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11162>
- Lehmann, J.O., Mogensen, L. & Kristensen, T. (2019). Extended lactations in dairy production: Economic, productivity and climatic impact at herd, farm and sector level. *Livestock Science*, 220, 100–110. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2018.12.014>
- Ma, J., Kok, A., Goselink, R.M.A., Lam, T.J.G.M., Kemp, B. & Kneegsel, A.T.M. van (2022). Udder health of dairy cows with an extended voluntary waiting period from calving until the first insemination. *Journal of Dairy Research*, 89 (3), 271–278. <https://doi.org/10.1017/S0022029922000516>
- Niozas, G., Tsousis, G., Malesios, C., Steinhöfel, I., Boscós, C., Bollwein, H. & Kaske, M. (2019). Extended lactation in high-yielding dairy cows. II. Effects on milk production, udder health, and body measurements. *Journal of Dairy Science*, 102 (1), 811–823. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15117>
- Rajala-Schultz, P.J., Hogan, J.S. & Smith, K.L. (2005). Short Communication: Association Between Milk Yield at Dry-Off and Probability of Intramammary Infections at Calving. *Journal of Dairy Science*, 88 (2), 577–579. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72720-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72720-X)
- Rehn, H., Berglund, B., Emanuelson, U., Tengroth, G. & Philipsson, J. (2000). Milk Production in Swedish Dairy Cows Managed for Calving Intervals of 12 and 15 Months. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A — Animal Science*, 50 (4), 263–271. <https://doi.org/10.1080/090647000750069458>
- Roche, J.R., Friggens, N.C., Kay, J.K., Fisher, M.W., Stafford, K.J. & Berry, D.P. (2009). Invited review: Body condition score and its association with dairy

- cow productivity, health, and welfare. *Journal of Dairy Science*, 92 (12), 5769–5801. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2431>
- Sorensen, A., Muir, D.D. & Knight, C.H. (2008). Extended lactation in dairy cows: effects of milking frequency, calving season and nutrition on lactation persistency and milk quality. *Journal of Dairy Research*, 75 (1), 90–97. <https://doi.org/10.1017/S0022029907002944>
- Stelwagen, K., Pinxterhuis, I. (J. B.), Lacy-Hulbert, S.J. & Phyn, C.V.C. (2024). A review of extended lactation in dairy cows managed in high-input and pasture-based farming systems. *Animal Production Science*, 64 (16), AN24167. <https://doi.org/10.1071/AN24167>
- Strandberg, E. & Lundberg, C. (1991). A note on the estimation of environmental effects on lactation curves. *Animal Science*, 53 (3), 399–402. <https://doi.org/10.1017/S0003356100020420>
- Strandberg, E. & Oltenacu, P.A. (1989). Economic Consequences of Different Calving Intervals. *Acta Agriculturae Scandinavica*, 39 (4), 407–420. <https://doi.org/10.1080/00015128909438534>
- Österman, S. & Bertilsson, J. (2003). Extended calving interval in combination with milking two or three times per day: effects on milk production and milk composition. *Livestock Production Science*, 82 (2), 139–149. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(03\)00036-8](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(03)00036-8)

Populärvetenskaplig sammanfattning

Mjölkkor kalvar vanligtvis en gång per år för att upprätthålla en hög mjölkproduktion. Samtidigt kan täta kalvningar innebära belastningar för både djur och lantbrukare, och en del kor sinläggs trots att de fortfarande producerar stora mängder mjölk och har en väl fungerande laktation. Kunskap om vilka kor som passar för längre kalvningsintervall kan bidra till bättre djurvelfärd, färre reproduktionsproblem och en mer hållbar mjölkproduktion. Ett verktyg som kan används är att förlänga den frivilliga väntetiden, dvs. tiden från kalvning till första insemination förlängs.

Det här arbetet undersökte egenskaper hos kor som lämpar sig för förlängda kalvningsintervall. Studien undersöker också om det går att identifiera dessa kor redan under första laktationen.

Studien baserades på produktionsdata från mjölkkor i första och andra laktationen. Med hjälp av uppgifter från provmjölkningar beräknades olika mått som beskrev laktationskurvans form och uthållighet. Måtten sammanställdes till ett index där lägre värden motsvarade en mer gynnsam laktationskurva.

Resultaten visade att kor som fick ett förlängt kalvningsintervall generellt hade lägre indexvärden och därmed en mer uthållig mjölkproduktion över tid jämfört med kor med traditionellt kalvningsintervall. Ett svagt signifikant samband mellan index och mjölkavkastning observerades också, där lägre indexvärden i viss utsträckning var förknippade med högre mjölkavkastning. Ett samband fanns även mellan första och andra laktationen, där kor med lågt index i första laktationen ofta uppvisade låga indexvärden även i andra laktationen. Sambandet var däremot relativt svagt och det fanns en stor variation mellan individer. Sambandet mellan första och andra laktationen innebär att information från första laktationen till viss del kan användas som stöd vid planering inför framtida laktationer.

Tack

Jag vill rikta ett särskilt tack till min handledare Cecilia Kronqvist för värdefull vägledning inom både metod och statistisk analys, samt för konstruktiv feedback och stöd under arbetets gång. Jag är särskilt tacksam för ditt engagemang och din generositet med tid genom våra många möten och din snabba återkoppling.

Jag vill också tacka min kurskamrat Louise Nilsson för sällskapet under den här tiden. Att skriva ett självständigt arbete kan stundtals vara ensamt, och därför har våra samtal, pauser och gemensamma stunder betytt mycket.

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU kan publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver i sådana fall godkänna publiceringen. I samband med att du godkänner publicering kommer SLU även att behandla dina personuppgifter (namn) för att göra arbetet sökbart på internet. Du kan närsomhelst återkalla ditt godkännande genom att kontakta biblioteket.

Även om du väljer att inte publicera arbetet eller återkallar ditt godkännande så kommer det arkiveras digitalt enligt arkivlagstiftningen.

Du hittar länkar till SLU:s publiceringsavtal och SLU:s behandling av personuppgifter och dina rättigheter på den här sidan:

- <https://libanswers.slu.se/sv/faq/228316>

☒ JA, jag, Sanna Aspgren Kreivi har läst och godkänner avtalet för publicering samt den personuppgiftsbehandling som sker i samband med detta.

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