

Agraarteadus
2013 * XXIV * 2 : 55–64



Journal of Agricultural Science
2013 * XXIV * 2 : 55–64

LEHMADE PIIMATOODANG JA KVALITEET KAHEKORDSEL PLATSILÜPSIL VÕRRELDES KOLMEKORDSE PLATSILÜPSI NING AUTOMAATLÜPSIGA

THE YIELD AND QUALITY OF MILK ON THE FARMS USING TWICE A DAY CONVENTIONAL MILKING IN COMPARISON WITH THE FARMS USING THREE TIMES A DAY CONVENTIONAL AND AUTOMATIC MILKING SYSTEMS

Heli Kiiman^{1,2}, Alo Tänavots^{1,2}, Tanel Kaart^{1,2}

¹ Eesti Maaülikool, veterinaarmeditsiini ja loomakasvatuse instituut, Kreutzwaldi 62, 51014 Tartu,
² OÜ Tervisliku Piima Biotehnoloogiate Arenduskeskus, Kreutzwaldi 1, 51014 Tartu

Saabunud: 3.12.2013
Received:
Aktsepteeritud: 17.12.2013
Accepted:

Avaldatud veebis: 20.12.2013
Published online:

Vastutav autor: Alo Tänavots
Corresponding author:
e-mail: alo.tanavots@emu.ee

Keywords: automatic milking system, conventional milking system, dairy cattle, milk yield, milk fat content, milk protein content, somatic cell score.

Lühendid / Abbreviation key: ALS – robotlüksiseade / automatic milking system, PLS – platsilüksiseade / conventional milking system, SRA – soomaatiliste rakkude arv / somatic cell count, SRS – soomaatiliste rakkude skoor / somatic cell score.

Link: http://agrt.emu.ee/pdf/2013_2_kiiman.pdf

ABSTRACT. The objective of this study was to compare milk parameters during lactation months on farms using automatic (ALS) and conventional milking systems (PLS). The highest milk yield per cow (30.1 kg) was obtained on 3x PLS farms, whereas cows on 2x PLS farms produced 7.7 kg less milk. Milk yield of the cows on ALS farms (24.8 to 26.3 kg) was between that of 2x PLS 2 and 3x PLS farms. On Robot 1 ALS farms the milk yield of cows was by 1.5 kg higher compared to Robot 3 ALS farms (24.8 kg). Milk yield increased until the second month of lactation on all the farms, and decreased subsequently. The difference in milk yield between 2x and 3x PLS farms increased until the third month of lactation, whereas it was by 8.8 to 9.9 kg higher in 3x PLS until the ninth month of lactation, and decreased subsequently (8.6 to 9.4 kg). All ALS farms showed more uniform results. Higher milk yield resulted in lower milk fat ($r = -0.36$) and milk protein ($r = -0.42$) content. The highest somatic cell score (SRS) (3.81) was found in the milk obtained from 2x PLS, whereas increased milking frequency decreased SRS by 0.48. Milk SRS was the lowest (2.88) on Robot 1 ALS farms, and the highest on Robot 2 (3.66) ALS farms. Irregular milking on ALS farms did not cause higher SRS of milk, compared to PLS. Increase in milking frequency resulted in higher milk yield and lower SRS, milk fat and milk protein content, whereas ALS and PLS farms showed similar trends. Decrease in milk yield was linear during lactation.

© 2013 Akadeemiline Põllumajanduse Selts. Kõik õigused kaitstud. 2013 Estonian Academic Agricultural Society. All rights reserved.

Sissejuhatus

Lehmade lüpsitehnoloogia valik on piimakarja majandamisel üks tähtsamaid otsuseid kuna sellest sõltub ööpäevane lüpsirutiin. Platsilüksiga piimakarjafarmides lüpstakse lehma tavaliselt kaks või kolm korda ööpäevas. Eesti piimakarjafarmides on peamiselt kasutusel kahekordne lüps, kolmekordset lüpsi kasutab vaid umbes 1/5 farmidest (Inno Maasikas, Jõudluskontrolli Keskus, isiklik suhtlus). Lehmade lüpsikordade arv mõjutab mitmeid näitajaid, millest piimatoodang on üks tähtsamaid (Ravagnolo, Misztal,

2000; Wagner-Storch, Palmer, 2003). Lehmade sagedasema lüpsimisega kasvab ka nende piimatoodang (Amos *et al.*, 1985). Mitmed lüpsisageduse uurimused (Barnes *et al.*, 1990; Klei *et al.*, 1997; Sapru *et al.*, 1997) pärinevad möödunud sajandi kaheksa- ja üheksakümnendate aastatest, kus piimakarjafarmides toimus aktiivne üleminek kahekordselt lüpsilt kolmekordsele – eesmärgiga suurendada lehmade piimatoodangut. Varner jt (2002) väidavad USA põllumajandusministeeriumi andmetele tuginedes, et lüpsisageduse suurendamisel suureneb piimatoodang 15–20% võrreldes karja eelneva toodanguga. Erdman ja Varner

(1995) võrdlesid 19 kirjandusallikat, kus hinnati kolme- ja kahekordse lüpsikorra piimatoodangu ja koostisosade erinevust, ning märkisid, et kolmekordsel lüpsil oli piimatoodang lehma kohta päevas keskmiselt $3,5 \pm 0,2$ kg suurem. Samas aga alanes kolmekordsel päevalüpsil piima rasva- ja valgusisaldus võrreldes kahekordse lüpsiga, kuid suurenenud lüpsisagedus tõstis siiski piima rasva- ja valgutoodangut (vastavalt 92 g ja 84 g lehma kohta). Leal (2012) vaatles piimatoodangu muutust farmis, kus suurendati lüpsisagedust päevas kahelt kolmele, ning leidis, et piimatoodang suurenes kolme kuu kestel keskmiselt 5,7%, seejuures vähenes aga rasva- ja valgu osakaal piimas. Seega, lüpsisageduse suurendamisega tõuseb rasva- ja valgutoodang, kuid nende komponentide osakaal piimas väheneb lahjenemise efekti tõttu.

Samas tuleb arvestada, et kolmekordset lüpsi kasutades peavad lüpsiseadmed olema võimelised käitlema ja hoiustama suuremat piimatoodangut kui kahekordsel lüpsil. Piiravateks faktoriteks võivad saada ka mõningad teised tegurid. Näiteks on sagedasema lüpsi kasutamisel väga oluline tagada lehmadele täisväärtuslik sööt, et lehmad säilitaksid sobiva konditsiooni. Kui lüpsisagedust muudetakse lehmade laktatsiooni kestel, võib see põhjustada neil stressi. Majandustegevuses tuleb tagada motiveeritud töötajad ja arvestada lüpsiseadmete suurema amortisatsiooniga ning vee- ja energiakuluga. Seega, piimatootjad, kes kaaluvad lüpsisagedust suurendada, peavad hindama, kas suurenenud tulu piimatoodangust katab eeltoodud faktorite maksumuse.

Levinuimaks põhjusteks, miks tootjad investeerivad automaatlüpsiseadmetesse (ALS), on lootus, et töötajate arv väheneb ja piimatoodang suureneb tänu suuremale lehmade lüpsisagedusele (Wagner-Stroch, Palmer, 2003). Piimatoodang, lüpsisagedus ja -intervall, lüpsi kestus ning nisakannude õnnestunud allapanek on ALSs olulisemaid funktsionaalseid aspekte (Gygax *et al.*, 2007). Robotlüpsi kasutamisel, kus lehmadel on lüpsiseadmele vaba juurdepääs, lüpsitakse lehma keskmiselt kuni kolm korda päevas (Klungel *et al.*, 2000; Baines, 2002; de Koning *et al.*, 2002; Castro *et al.*, 2012). Mitmed kirjandusallikad viitavad suuremale piimatoodangule robotlüpsil lüpsisageduse suurenemise tõttu lehma kohta võrreldes kahekordse lüpsiga lüpsiplatsil (Hogeveen *et al.*, 2001; Davis, Reinemann, 2002; Shoshani, Chaffer, 2002; Wagner-Stroch, Palmer, 2003; de Koning, Rodenburg, 2004; Speroni *et al.*, 2006), kuid on saadud ka vastupidiseid tulemusi (Kremer, Ordolff, 1992; Wirtz *et al.*, 2002) või pole piimatoodangu erinevust täheldatud (Svennerstein-Sjaunja *et al.*, 2000; Ordolff, Artmann, 2000). ALS puudustest on esile toodud selle suurt esialgse investeeringu vajadust, mis võib olla kaks või kolm korda suurem võrreldes tavapärase PLSga (Rotz *et al.*, 2003). ALSi puhul on lüpsiiintervallid väga erinevad, kuna lehmad ei külasta robotlüpsiseadet laktatsiooni kestel sama arv kordi ega ka igal päeval samal kellaajal. Ebakorrapärased lüpsisagedused ja -ajad vähen-

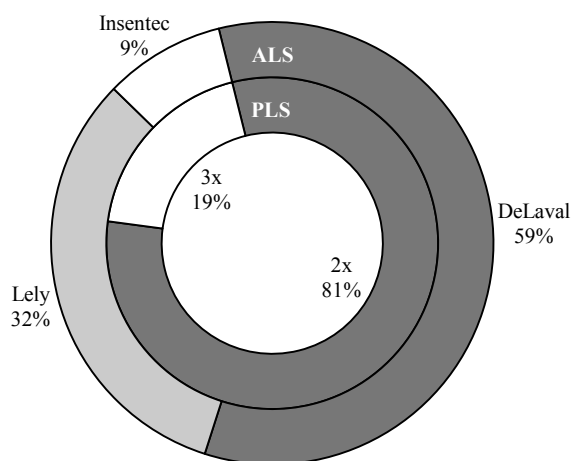
davad omakorda piimatoodangut (Bach, Busto, 2005). Artmann (2004) täheldas, et enam kui üle 45 kõrgetoodangulise lehma lüpsimisel sama robotiga vähenes nende lüpside arv ööpäevas. Lehmade lüpsiroboti külastuse aktiivsus on madalam öösel ja varahommikul (Wendl *et al.*, 2000; Olofsson *et al.*, 2000; Wagner-Stroch, Palmer, 2003). Kui lehm seostab lüpsirobotit söödaga, motiveerib see robotit sagedamini külastama. Umbes 30–56% robotikülastustest pole seotud lüpsimisega, vaid ilmselt sooviga ligi pääseda jõusöödale (Wendl *et al.*, 2000; Morita *et al.*, 2000).

Üks piima kvaliteedi ja udara tervise indikaatoreid on piima somaatiliste rakkude arv (SRA) (Sawa, Piwczynski, 2003), mida võivad mõjutada nii lüpsiseade kui ka -sagedus ööpäevas. Lüpsikordade suurendamisel on positiivne mõju udara tervisele ja piima kvaliteedile (Dahl *et al.*, 2004). Dahl jt (2004) väidavad, et prolaktiini retseptorite ekspressiooni suurendamine tänu sagedasemale lüpsile parandab immuunsuse funktsioone, mis selgitab looma suurenenud võimet võidelda nakkusega ning põhjustades sellega muutusi somaatiliste rakkude skooris (SRS). Samas leidsid Davis ja Reinemann (2002), et robotiga lüpsitud lehmade grupis oli piima SRA 58 000 võrra suurem kui kahekordsel platsilüpsil ($p < 0,0001$). Siiski märgivad nad, et piima SRA oli mõlemas grupis lubatud tasemel.

2013. a jaanuari seisuga oli 46 farmi üle Eesti paigaldatud 184 robotlüpsiseadet, mistõttu seati uurimistöö eesmärgiks võrrelda piimatoodangu ja piima kvaliteedinäitajate muutusi laktatsiooni kestel nii ALS kui ka platsilüpsiga (PLS) farmides sõltuvalt lüpsisagedusest.

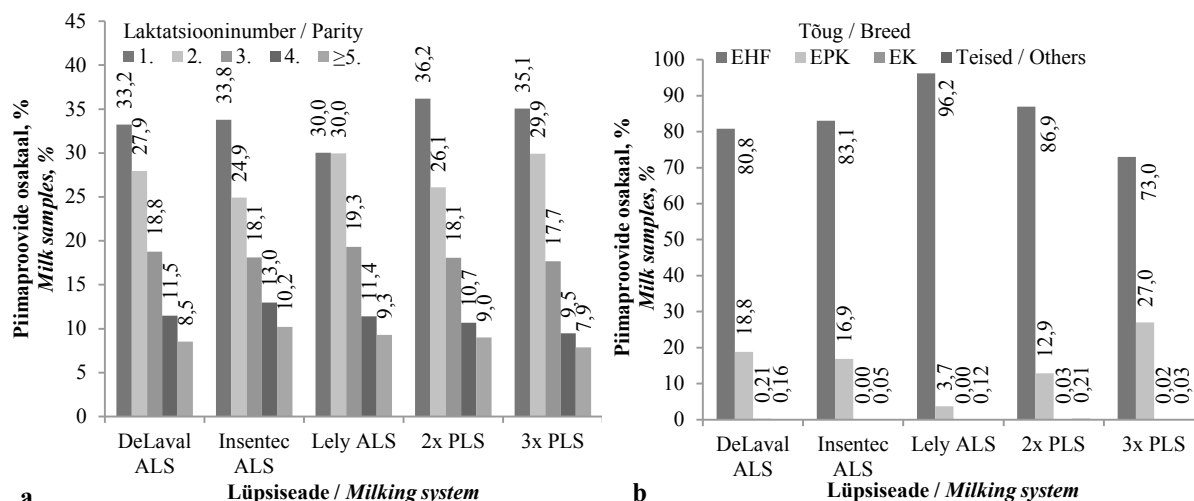
Materjal ja meetodika

Väljavõtte Jõudluskontrolli Keskuse andmebaasist sisaldas juhuslikult valitud 102 piimatootmisettevõtte 51 276 lehma kontroll-lüpsi andmeid. Kokku registreeriti neilt 2012. aastal 345 664 kontroll-lüpsi. Igaükselt toimuva kontroll-lüpsi andmetest kasutati uurimistöös piimatoodangu, -rasva, -valgu ja SRA näitajaid. Robotlüpsiseade oli kasutusel 34 laudas ja platsilüpsiseade 100 laudas. Robotlüpsiseadmetest kasutati lehmade lüpsimiseks 20 laudas DeLaval VMS, 11 laudas Lely Astronaut ja kolmes laudas Insentec Galaxy-Starline seadmeid. Edaspidi on tulemuste kirjeldamisel lüpsiseadmete margid kodeeritud (Robot 1, 2 ja 3) ning need ei vasta siintoodud järjestusele. Analüüsist jäeti välja laudad, kus uuele lüpsiviisile üleminek toimus 2011. aasta lõpus või 2012. aasta jooksul, kuna uuele lüpsiviisile üleminek võib põhjustada lehmadele stressi, mis omakorda mõjub toodangule negatiivselt (Baines, 2002). Platsilüpsi kasutatavates lautades lüpsiti 81 laudas lehma kaks korda ja 19 laudas kolm korda ööpäevas (joonis 1). Enamuses farmides kasutati DeLaval firma lüpsiplatse, kuid esindatud oli ka Boumatic (4), Impulsa (8) ja Westfalia (5) firma lüpsiplatsid.



Joonis 1. Lüpsiseadmete tootemargid robotlüpsiga ja lüpsisagedused platsilüpsiga farmides

Figure 1. Brands of milking equipment on the farms with robotic milking system, and milking frequencies on parlor farms



Joonis 2. Kontroll-lüpsiga piimaproovide jagunemine (%) laktatsiooniti (a) ja tõuti (b) olenevalt farmis kasutatavast lüpsiviisist (EHF – eesti holstein, EPK – eesti punane, EK – eesti maatõug)

Figure 2. Distribution of test-day milk samples (%) by parity (a) and breeds (b) depending on the milking system (EHF – Estonian Holstein, EPK – Estonian Red, EK – Estonian Native)

Statistiline analüüs. Võtmaks arvesse uuringusse kaasatud piimatootmisettevõtete loomade erinevat tõulist ja vanuselist struktuuri, rakendati piimatoodangu- ja kvaliteedinäitajate keskmiste väärtuste ja nende laktatsioonisisese dünaamika hindamiseks lüpsiseadmete kaupa üldist lineaarset mudelit kujul

$$Y_{ijklmno} = \mu + MS_i + P_j + CM_k + LM_l + MS*LM_{il} + B_m + F_n + \varepsilon_{ijklmno},$$

kus

- Y – uuritav tunnus / dependent variable;
- μ – üldkeskmine / model intercept;
- MS_i – lüpsiseade / milking system;
- P_j – laktatsiooninumber / parity;
- CM_k – poegimiskuu / calving month;
- LM_l – laktatsioonikuu / lactation month;
- $MS*LM_{il}$ – laktatsioonikuu ja lüpsiseadme koosmõju lactation month by milking system interaction;

- B_m – tõug / breed;
- F_n – farm;
- $\varepsilon_{ijklmno}$ – juhuslik viga / random error.

Farmi mõju ülaltoodud mudelis käsitleti juhusliku ja kõigi ülejäänud faktorite mõjusid fikseeritud efektidena. Tulemused on esitatud ülejäänud faktorite mõjude ja andmete ebakorrapärase struktuuri suhtes korrigeeritud vähimruutkeskmistena.

Piima toodangu- ja kvaliteedinäitajate omavahelisi seoseid uuriti korrelatsioonanalüüsiga. Andmete analüüs teostati statistikapaketiga SAS 9.1 (SAS, 2003).

Somaatiliste rakkude arv (SRA) teisendati somaatiliste rakkude skooriks (SRS), et tagada selle väärtuste jaotumine vastavalt normaaljaotuse seaduspäradele, kasutades valemit $SRS = \log_2(SRA / 100\,000) + 3$.

Tulemused ja arutelu

Suurem lüpsikordade arv suurendab piimatoodangut lehma kohta. Suurim piimatoodang (30,1 kg) lehma kohta lüpsiti kolmekordse lüpsiga farmides, kusjuures kahekordse lüpsiga farmides toodeti keskmiselt 7,7 kg piima vähem (tabel 1). See tähendab, et kolmekordsel lüpsil saadi lehma kohta keskmiselt 34,4% piima rohkem kui kahekordsel, ületades kirjandusallikates toodu peaaegu kahekordselt. Näiteks Ipema ja Benders (1992), Smith jt (2002), McNamara jt (2008) ning Wall ja McFadden (2008) leidsid, et suurendades lüpsikordi kahelt kolmele, suureneb piimatoodang 14–15%. Sarnase tulemuse said ka Campos jt (1994)

märkides, et 305-päevase laktatsiooni kestel suurenes kolmekordsel lüpsil päevatoodang 17,3%. Kristensen (2004) aga hindas piimatoodangu tõusuks 3,5 kg kui lüpsikordade arv suureneb ööpäevas kahelt kolmele. Sama täheldasid oma uurimuses ka Hart jt (2013) ning järeldasid, et lehmad, keda lüpsiti kolm korda ööpäevas, andsid 2,9 kg enam piima kui kahekordsel lüpsil olnud. Allen jt (1986) võrdlesid lehmade esimese nelja laktatsiooni toodangu erinevust ja leidsid, et kolmekordsel lüpsil suurenes piimatoodang vastavalt 19, 13, 11 ja 13%. Bar-Peled jt (1995) järeldavd oma uurimistöös, et suur lüpsikordade arv juba laktatsiooniperioodi alguses suurendab piimatoodangut kogu lüpsiperioodil.

Table 1. Piimatoodangu ja kvaliteedinäitajate vähimruutkeskmised (standardviga) sõltuvalt lüpsikordade arvust ja -seadmest
Table 1. Least square means of milk production and quality traits (standard error) according to milking frequency and device

Lüpsiseade <i>Milking equipment</i>	Lehmade arv <i>No. of cows</i>	Piimaproovide arv <i>No. of milk samples</i>	Piimatoodang, kg <i>Milk yield, kg</i>	Rasv / Fat		Valk / Protein		SRS	
				%	g	%	g		
ALS	Robot 1	4553	26,3	4,39	1128	3,61	925	2,88	
	<i>se</i>		0,40	0,028	16	0,012	14	0,073	
	Robot 2	734	25,5	4,24	1016	3,53	875	3,66	
	<i>se</i>		0,44	0,033	17	0,014	15	0,086	
	Robot 3	3000	21 798	24,8	4,42	1049	3,63	879	3,49
	<i>se</i>			0,41	0,028	16	0,013	14	0,074
PLS	2x lüps <i>2x milking</i>	31 614	22,4	4,46	980	3,61	792	3,81	
	<i>se</i>		0,39	0,026	15	0,012	14	0,068	
	3x lüps <i>3x milking</i>	11 375	30,1	4,17	1224	3,45	1015	3,33	
	<i>se</i>		0,40	0,027	15	0,012	14	0,070	

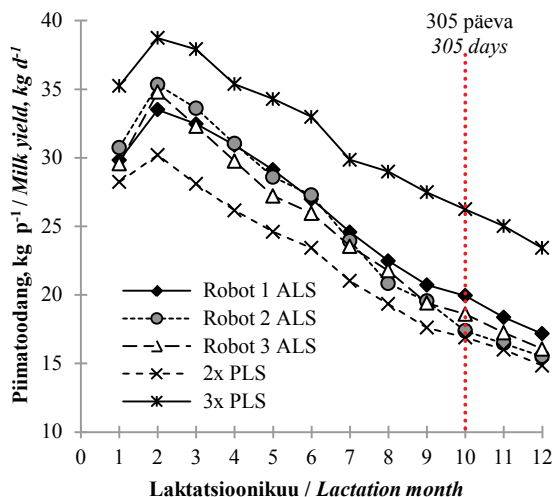
Robotlüpsiseadmega farmides on kirjandusallikate põhjal keskmiseks lüpsisageduseks kaks kuni kolm korda ööpäevas (Svennersten-Sjaunja *et al.*, 2000; Davis, Reinemann, 2002; Rasmussen, 2002; Shoshani, Chaffer, 2002; Wirtz *et al.*, 2002; Wagner-Storch, Palmer, 2003; Gyax *et al.*, 2007; Neijenhuis *et al.*, 2008; Løvendahl, 2011). Bach jt (2009) leidsid, et roboti vabatahtliku külastuse sagedus oli 1,7–2,2 ja sunniviisilise külastuse korral 2,4–2,5 korda ööpäevas. Castro jt (2012) märkisid oma töös, et oluliselt suurema lüpsisageduse ($2,69 \pm 0,28$) põhjuseks oli lehmade väike arv karjas, mis lubas lehmadel lüpsil käia tihedamini. Madsen jt (2010) aga said lüpsisageduseks 2,96, mis viitab sellele, et suurem lehmade läbilaskvus on ALSde puhul võimalik. Castro jt (2012) järeldavd, et piimatoodangut saab tõsta, kui lüpsita maksimaalselt lubatud arv lehma roboti kohta lüpsisagedusega 2,4–2,6 lüpsi lehma kohta päevas. Optimaalne lüpsisagedus, mis tagab piimatoodangu suurenemise ja ei mõju negatiivselt udara tervisele on 2,5–3 korda ööpäevas (Klungel *et al.*, 2000; Hogeveen *et al.*, 2001).

Antud uuringus jäi lehmade piimatoodang robotlüpsiga farmides (24,8–26,3 kg) kahe- ja kolmekordse platsilüpsiga farmide keskmise piimatoodangu vahele. Sarnase piimatoodangu ALS farmis said ka Castro jt (2012), kus ALSi Lely Astronaut kasutamisel saadi piimatoodanguks lehma kohta keskmiselt 28,5 kg.

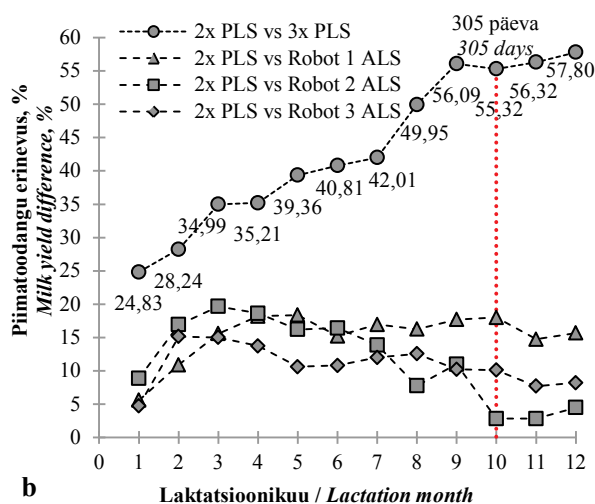
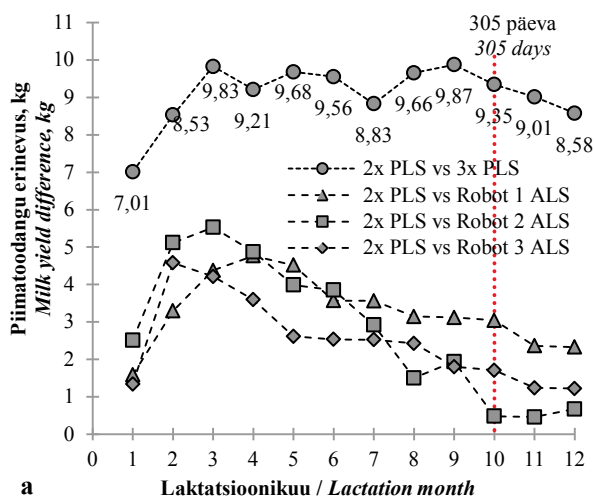
ALS farmides toodeti võrreldes kahekordse platsilüpsiga keskmiselt rohkem piima lehma kohta (Robot 1 – 3,9 kg; Robot 2 – 3,1 kg; Robot 3 – 2,4 kg). Wagner-Storch ja Palmer (2003) võrdlesid kalasaba lüpsiplatsi, kus oli kasutusel kahekordne lüps, ALS (Boumatic), mille lehmade keskmine lüpsisagedus oli 2,4 korda ööpäevas, ning leidsid, et robotlüpsil saadi veidi rohkem piima lehma kohta (26,4 vs 25,8 kg). Väikest erinevust põhjendasid nad sellega, et ALS osas olid ülekaalus esimese laktatsiooni lehmad, kelle piimatoodang oli madalam. Hinnates lüpsisageduse suurenemist statistilise mudeli abil, leidsid nad, et lüpsisageduse suurendamine robotlüpsil ühelt korralt kahele tõstab piimatoodangut 10 kg, kahelt kolmele 6,4 kg ja kolmelt neljale 3,2 kg. Ka Davis ja Reinemann (2002) leidsid, et piimatoodangu suurenemine lehma kohta robotlüpsil oli tagasihoidlik (0,6 kg), kuid siiski statistiliselt oluline.

Piimatoodangud robotlüpsiga kasutatavates farmides olid sarnased. Robot 1 ALSga farmides lüpsid lehmad keskmiselt 1,5 kg piima enam kui Robot 3 robotseadet kasutades, Robot 2 robotitega lüpsitud keskmine piimatoodang lehma kohta jäi eelnimetatud seadmete tulemuste vahele.

Piimatoodang suurenes kuni teise laktatsioonikuuni kõigis erinevate lüpsiviisidega farmides ning hakkas seejärel langema (joonis 3).



Joonis 3. Piimatoodangu vähimruutkeskmised laktatsioonikuuti
Figure 3. Monthly least square means of milk yields



Joonis 4. Lehmade piimatoodangu erinevused (a – kogus ja b – osakaal) kolmekordse platsi- ja robotlüksiga farmides võrreldes kahekordse platsilüpsiga farmidega
Figure 4. Difference between the milk yield of cows (a – volume and b – percentage) on the farms milking three times a day (conventional and robotic milking systems) and two times a day (conventional system)

Kuna ALS farmides vähenes lehmade piimatoodang laktatsioonikuude lõikes kiiremini kui kahekordse lüpsiga farmides (joonised 3 ja 4a), siis vähenes laktatsiooni kestel tasapisi ka piimatoodangu suhteline erinevus ALS farmides ja kahekordse lüpsiga farmides, jäädes siiski erinevate laktatsioonikuude ja lüpsiseadmete lõikes vahemikku 2,83–19,68% (joonis 4b). Piimatoodangu erinevus võrreldes kahekordset platsilüpsiga kasutatavate farmide lehmadega suurenes olenevalt ALSst kuni kolmanda või neljanda laktatsioonikuuni. Neljandast kuni kümnenda laktatsioonikuuni oli Robot 1 ALS farmides lehmade suhteline piimatoodangu erinevus võrreldes kahekordse platsilüpsiga stabiilne, jäädes 15,2–18,4% piiresse. Kõige suurem piimatoodangu erinevuse kõikumine võrreldes kahekordse platsilüpsiga oli Robot 2 lüpsirobotit kasutatavates farmides. Laktatsiooni esimestel kuudel oli piimatoodangu suhteline erinevus kahekordsest platsilüpsiga

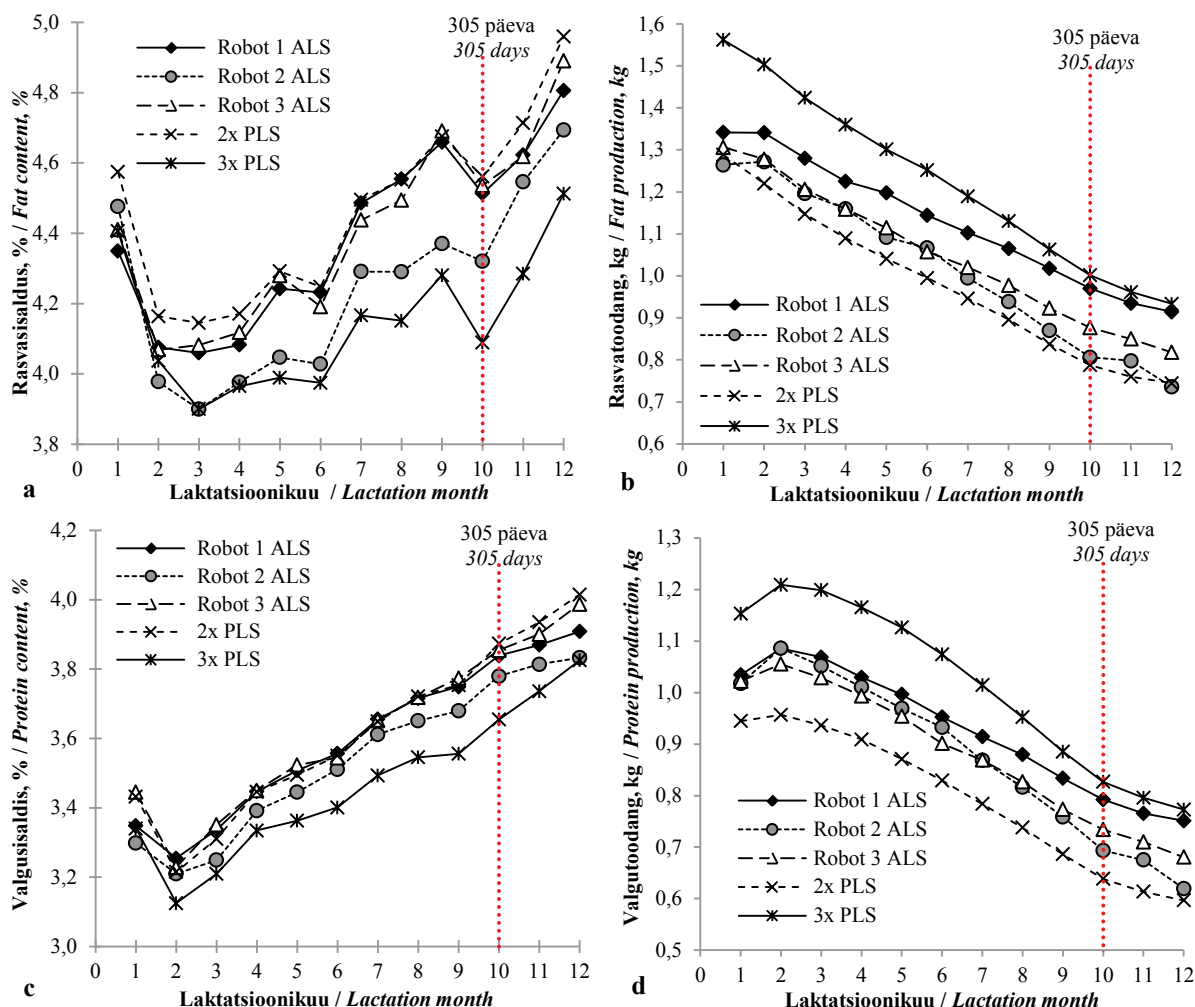
Keskmine piimatoodangu erinevus kahe- ja kolmekordset platsilüpsiga kasutatavates farmides suurenes kuni kolmanda laktatsioonikuuni (7,0–9,8 kg; joonis 4a) ning stabiliseerus siis, jäädes kuni üheksanda laktatsioonikuuni 8,8–9,9 kg piiresse. Alates kümnendast laktatsioonikuust hakkas keskmine piimatoodangu erinevus lüpsiseadmete vahel vähenema. Kuna piimatoodang laktatsiooni kestel vähenes, kuid piimatoodangu vahe kahe- ja kolmekordset lüpsil jäi muutumatuks, siis suurenes piimatoodangu suhteline erinevus (joonis 4b). Seega oli kolmekordset platsilüpsiga piimatoodang esimesel kolmel kuul 24,8–35,0% ja laktatsiooni keskel 35,2–42,0% suurem kui kahekordset lüpsil (joonis 4b). Laktatsiooniperioodi lõppedes aga lüpsiti kolmekordset lüpsil juba üle 50% piima rohkem kui kahekordset lüpsil.

lüksist kõige suurem (8,9–19,7%) võrreldes teiste ALSga. Seejärel aga piimatoodangu erinevus langes järsult ja oli võrreldes teiste ALSga madalaim.

Suurem piimatoodang põhjustas piima rasva- ($r = -0,36$) ja valgusisalduse ($r = -0,42$) langust (joonis 5) lahjenemise efekti tõttu. Suurim keskmine piima rasvasisaldus oli kahekordse lüpsiga karjade lehmadel (4,46%), kusjuures kolmekordse lüpsiga farmides oli see 0,29% väiksem (tabel 1). Samas tootsid kolm korda lüpsitavad lehmad 244 g rohkem piima rasva kui kaks korda lüpsitavad lehmad. Robotlüksiga farmide lehmade piima rasvasisaldus ja -toodang jäid kahe- ja kolmekordse platsilüpsiga farmide näitajate vahele. Robot 1 VMS ja Robot 3 ALS kasutatavate farmide lehmade keskmine piima rasvasisaldus (vastavalt 4,39% ja 4,42%) oli enam sarnane kahekordse lüpsiga farmide tulemusele, kuid Robot 2 ALS-ga farmides (4,24%) oli see näitaja sarnane kolmekordset lüpsiga

kasutavatele farmidele. Ka Klungel jt (2000) ning Shoshani ja Chaffer (2002) järeldasid oma töödes, et suurema piimatoodangu tõttu oli piima rasvasisaldus ALS puhul madalam kui kahekordse PLS korral. Seevastu Nogalski jt (2011) leidsid, et ALS lüpsitud piima

rasvasisaldus (4,08%) oli oluliselt suurem kui kahekordse PLS (3,97%) kasutamisel. Selle põhjuseks võis olla sarnane piimatoodang mõlema lüpsiseadmega lüpsimisel.



Joonis 5. Piima rasva- ja valgusisalduse (a ja c) ning -toodangu (b ja d) vähimruutkeskmised laktatsioonikuuti
Figure 5. Monthly least square means of milk fat and protein content (a and c) and yield (b and d)

Robot 1 ja Robot 3 ALS farmide lehmade piima valgusisaldus (vastavalt 3,61% ja 3,63%) sarnanes enam kahekordset lüpsiga farmide tulemusele (3,61%). Robot 2 robotiga farmides oli piima valgusisaldus kahekordse lüpsiga farmide tulemusest 0,08% väiksem ning kolmekordse lüpsiga farmide tulemusest samapalju suurem. Nogalski jt (2011) leidsid piima valgusisalduseks 3,47% kahekordset PLS kasutatavates ja 3,43% ALS farmides ($p < 0,05$).

Pärast teist laktatsioonikuud oli piima rasvasisaldus oluliselt madalam kolmekordse platsilüpsi ja Robot 2 robotlüpsi kasutatavate farmide lehmadel (joonis 5a). Veidi madalam piima valgusisaldus leiti samuti kolmekordse platsilüpsi ja Robot 2 robotlüpsi kasutatavate farmide lehmadel (joonis 5c). Samas peab märkima, et piima rasva- ja valgutoodang osutus kõrgemaks kolmekordse PLS farmides, olles 21,3–27,2% suurem kui kahekordsel lüpsil (joonised 5b ja 5d).

ALS farmide lehmade piima rasva- ja valgutoodang jäi aga kahe- ja kolmekordse PLS farmide tulemuste vahele, olles mõlema näitaja puhul kõrgem Robot 1 ALS kasutatavates farmides.

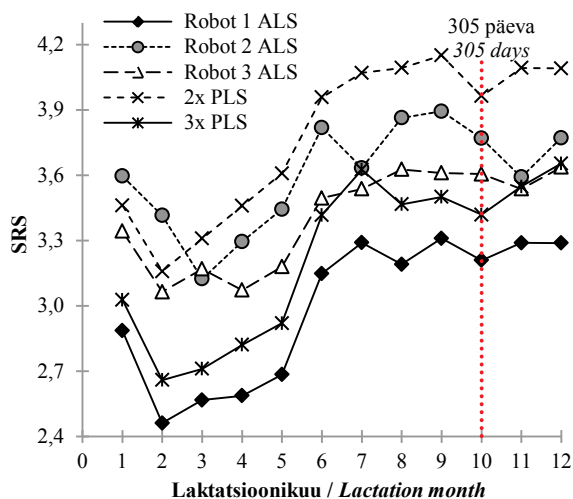
Lüpsisageduse mõju kohta piima koostisele on saadud erinevaid tulemusi. Allen jt (1986) leidsid, et kolmekordsel lüpsil oli piima rasvasisaldus veidi väiksem kui kahekordsel ning Amos jt (1985) ning DePeters jt (1985) näitasid, et lüpsisagedus ei mõjuta piima koostist. Seevastu Sapru jt (1997) ning Smith jt (2002) järeldavad oma uurimistöös, et lehmade, keda lüpsiti kolm korda ööpäevas, piima rasva- ja valgusisaldus oli märkimisväärselt madalam, kui kahekordse lüpsi kasutamisel. Szuchts jt (1986) leidsid, et kolmekordsel lüpsil oli keskmine piima rasvasisaldus 3,6% ja kahekordsel 3,8%, kusjuures see erinevus osutus statistiliselt oluliseks. Käesolevas töös leiti, et rasva- kui ka valgusisalduse erinevus kahe- ja kolme-

kordsel lüpsil lüpsitud piimas hakkas suurenema pärast teist laktatsioonikuud. Sarnaselt eelpool toodud kirjandusallikatele leiti väiksem piima rasva- ja valgusisaldus kolmekordsel lüpsil.

Pikem intervall lüpsikordade vahel jätab bakteritel rohkem aega paljuneda, samas suurema lüpsisageduse korral eemaldatakse bakterid udarast sagedamini. Rasmussen jt (2001a,b) märgivad, et robotlüpsi rakendamisel farmides on võimalik suurendada lüpsikordade arvu ööpäevas, mille tulemusena väheneb haigustekitajate kahjustav toime nende piimaga sagedasema väljutamise tulemusena. Samas rõhutavad nad, et lüpsikordade arvu suurenemisel on nisakanalid ööpäevas kauem avatud. Robotlüpsi eelena toovad Rasmussen jt (2001a,b) välja ka udaraveerandite individuaalset lüpsmist, mis mõjutab positiivselt udara tervist ja nisade olukorda.

Käesolevas uurimuses oli keskmine SRS suurem (3,81) kahekordse platsilüpsi kasutamisel, lüpsikordade arvu suurenemisel ühe võrra alanes SRS 0,48 võrra (tabel 1). Robotlüpsi kasutatavatest farmidest oli piima SRS madalaim (2,88) lehmadel, keda lüpsiti Robot 1 ALSga, ja kõrgeim (3,66) Robot 2 robotlüpsi korral. Ebakorrapäraseid lüpsiajaid robotlüpsiga farmides ei põhjastanud piima kõrgemat SRS võrreldes korrapärase lüpsiaegadega platsilüpsiga farmides.

SRS vähenes järsult pärast esimest laktatsioonikuud, tõusis seejärel järjest kiirendavalt kuuenda-seitsmenda laktatsioonikuuni ning jäi sealt edasi stabiilseks kõigi lüpsiseadmete korral (joonis 6). Kruip jt (2002) märgivad, et kõrgem SRA esimesel laktatsioonikuul on põhjustatud normaalsetest füsioloogilistest protsessidest poegimisjärgsel perioodil ega viita tingimata mastiidi ohule.



Joonis 6. Piima somaatiliste rakkude skoori vähimruutkeskmised laktatsioonikuude lõikes

Figure 6. Monthly least square means of the milk somatic cell score

Smith jt (2002) ning Dahl jt (2004) leidsid oma töedes, et suurendades lüpsikordade arvu ööpäevas, väheneb piima SRS, kusjuures SRS vähenemine leidis aset kogu laktatsiooniperioodil. Dahl jt (2004) võrdle-

sid oma uurimuses kolme- ja kuuekordset lüpsi ning leidsid, et kuuekordset lüpsil oli piima SRS madalam juba 21. laktatsioonipäeval ning püsis sellel tasemel kogu laktatsiooniperioodi. Nende tulemustest selgus, et kuuekordset lüpsi kasutades oli karjas lehmi, kelle SRA oli üle 200 000, ainult 9% võrreldes kolmekordse lüpsiga karjas, kus suurenenud SRAga lehmade osakaal oli 28%. Hogeveen jt (2001) ja Leal (2012) täheldasid oma uurimustes, et lüpsikordade suurendamisel kahelt kolmele väheneb piima SRA ja samuti paranes ka lehmade udara tervis. Klei jt (1997) leidsid, et SRA piimas oli kolmekordsel lüpsil võrreldes kahekordse lüpsiga väiksem kõigil laktatsiooni järkudel (<99, 100–199 ja 200–299 päeva). Allen jt (1986) said oma töös aga vastuolulisi tulemusi, kus kalifornia mastiidi testi väärtus oli suurem kui 1.–3. laktatsiooni lehmi lüpsiti kolm korda võrreldes samade lehmadega kahekordsel lüpsil. Samas neljanda ja hilisema laktatsiooni lehmadel oli testi väärtus kolmekordsel lüpsil oluliselt väiksem. Köhn jt (2007) leidsid nõrga negatiivse seose SRA ja lüpsisageduse vahel kümnes ALSga farmis. Võrreldes kahekordset platsilüpsi ALSga, ei leidnud Nogalski jt (2011) piima SRA erinevust esimesel laktatsioonikuul. Teisel ja kolmandal laktatsioonikuul aga langes piima SRA ALS puhul oluliselt enam võrreldes PLS-ga. Nogalski jt (2011) väidavad, et lüpsiseadmel on oluline mõju udara tervisele kuna 75,7% ALS lüpsitud lehmade piima SRA jäi alla 200 000, samas kui PLS puhul oli see 50,1%.

Hoolimata piimatoodangu ja kvaliteedinäitajate keskmiste väärtuste erinevusest lüpsiseadmete ja -sageduste vahel olid toodangu- ja kvaliteedinäitajate omavahelised seosed sarnased – piima-, rasva- ja valgutoodangu vahel oli tugev positiivne seos (korrelatsioonikordajate väärtused erinevate tunnuste paaride ja lüpsisageduste korral jäid vahemikku 0,72 kuni 0,97), keskmise tugevusega negatiivne seos leiti piimatoodangu ning piima rasva- ja valgusisalduse vahel ($r = -0,32 \dots -0,52$) ning nõrk negatiivne seos SRS ja piima-, rasva- ja valgutoodangu vahel ($r = -0,09 \dots -0,29$) ja nõrk positiivne seos SRS ja piima rasva- ja valgusisalduse vahel ($r = 0,13 \dots 0,24$). Korrelatsioonid rasvatoodangu ja rasvasisalduse vahel olid nõrgad ja positiivsed ($r = 0,01 \dots 0,35$) ning valgutoodangu ja valgusisalduse vahel nõrgad ja negatiivsed ($r = -0,10 \dots -0,24$).

Järeldused

Nii kirjanduse kui ka antud töö tulemusena joonistub välja piimatoodangu, selle koostisosade ja udara tervise positiivne trend suurema lüpsisagedusega farmides. Suurema lüpsisagedusega farmides oli oluliselt suurem lehmade keskmine piimatoodang. Teiseks suurema lüpsikorra positiivseks aspektiks oli madalam SRS, kuid negatiivseks piima rasva- ja valgusisalduse alandamine, samas aga suurenes piima rasva- ja valgutoodang.

Piimatoodangu ja kvaliteedinäitajate muutused laktatsioonikuude lõikes olid sarnased nii ALS kui ka PLS farmides. Piimatoodang vähenes laktatsioonikuude lõikes ühtlaselt, kusjuures kõige järsem langus leidis aset kuuendal laktatsioonikuul, mil suurenes

oluliselt ka SRS. Samas ebakorrapärsed lüpsiajad ei põhjustanud SRS suurenemist ALS farmides, võrreldes PLS farmidega.

Tuginedes kirjandusallikatele ja antud uurimusele võib väita, et suuremal lüpsikordade arvul või ALS kasutusel pole negatiivset mõju piimatoodangule ja piima koostisele.

Tänuavaldused

Projekti on toetanud Euroopa Liidu Euroopa Regionaalarengu Fond Tehnoloogia Arenduskeskuste Programmi raames. Uurimistöö on läbi viidud OÜ Tervisliku Piima Biotehnoloogiaste Arenduskeskuse poolt projektide EU30002 ning Haridus- ja Teadusministeeriumi institutsionaalse uurimistoetuse IUT8-1 raames. Täname Jõudluskontrolli Keskust käesoleva uurimistöö läbiviimiseks vajalike andmete eest.

Kasutatud kirjandus

- Allen, D.B., DePeters, E.J., Laben, R.C. 1986. Three times a day milking: effects on milk production, reproductive efficiency, and udder health. – *J. Dairy Sci.*, 69, p. 1441–1446.
- Amos, H.E., Kiser T., Loewenstein, M. 1985. Influence of milking frequency on productive and reproductive efficiencies of dairy cows. – *J. Dairy Sci.*, 68, p. 732–739.
- Artmann, R. 2004. System capacity of single box ALS and effect on the milk performance. In: *Proc. Automatic Milking – A Better Understanding*. Lelystad, the Netherlands. – Wageningen Acad. Publ., Wageningen, the Netherlands, p. 474–475.
- Bach, A., Busto, I. 2005. Effects on milk yield of milking interval regularity and teat cup attachment failures with robotic milking systems. – *J. Dairy Res.*, 72, p. 101–106.
- Bach, A., Devant, M., Igleasias, C., Ferrer, A. 2009. Forced traffic in automatic milking systems effectively reduces the need to get cows, but alters eating behavior and does not improve milk yield of dairy cattle. – *J. Dairy Sci.*, 92, p. 1272–1280.
- Bar-Peled, U., Maltz, I., Bruckental, Y., Folman, Y., Kali, H., Gacitua, A.R., Lehrer, C.H., Knight, C.H., Robinson, B., Voet, H. 1995. Relationship between frequent milking or sucking in early lactation and milk production of high producing dairy cows. – *J. Dairy Sci.*, 78, p. 2726–2736.
- Baines, J. 2002. Managing the change to a robotic milking system. – *The First North American Conference on Robotic Milking*, Toronto, Kanada, 3, p. 9–17.
- Barnes, M.A., Pearson, R.E., Lukes-Wilson, A.J. 1990. Effects of milking frequency and selection for milk yield on productive efficiency of Holstein cows. – *J. Dairy Sci.*, 73, p. 1603–1611.
- Campos, M.S., Wilcox, C.J., Head, H.H., Webb, D.W., Hayden, J. 1994. Effects on production of milking three times daily on first lactation Holsteins and Jerseys in Florida. – *J. Dairy Sci.*, 77, p. 770–773.
- Castro, A., Pereira, J.M., Amiama, C. Bueno, J. 2012. Estimating efficiency in automatic milking systems. – *J. Dairy Sci.*, 95, p. 929–936.
- Dahl, G.E., Wallance, R.L., Shanks, R.D., Lucking, D. 2004. Hot topic: Effects of frequent milking in early lactation on milk yield and udder health. – *J. Dairy Sci.*, 87, p. 882–885.
- Davis, M.A., Reinemann, D.J. 2002. Evaluation of milking performance of cows milked with a conventional parlor compared to an automatic milking system. – *ASAE Annual International Meeting / CIGR XVth World Congress*, 8 pp.
- de Koning, K., Ouweltjes, W. 2000. Maximising the milking capacity of an automatic milking system. – *Robotic Milking, Proc. Int. Symp.*, Lelystad, Holland, p. 38–46.
- de Koning, K., Rodenburg, J. 2004. Automatic Milking: State of the art in Europe and North America. In: *Proc. Automatic Milking – A Better Understanding*. Lelystad, the Netherlands. – Wageningen Acad. Publ., Wageningen, the Netherlands, p. 27–37.
- de Koning, C.J.A.M., van der Vorst, Y., Meijering, A. 2002. Automatic milking experience and development in Europe. – *Proceedings of The First North American Conference on Robotic Milking*, Toronto, Kanada, 1, p. 1–11.
- DePeters, E.J., Smith, N.E., Acedo-Rico, J. 1985. Three or two times daily milking of older cows and first lactation cows for entire lactations. – *J. Dairy Sci.*, 68, p. 123–132.
- Erdman, R.A., Varner, M. 1995. Fixed yield responses to increased milking frequency. – *J. Dairy Sci.*, 78, p. 1199–1203.
- Gygax, L., Neuffer, I., Kaufmann, C., Hauser, R., Wechsler, B. 2007. Comparison of functional aspects in two automatic milking systems and auto-tandem milking parlors. – *J. Dairy Sci.*, 90, p. 4265–4274.
- Hogeveen, H., Ouweltjes, W., Koning, C.J.A.M., Stelwagen, K. 2001. Milking interval, milk production and flow-rate in an automatic milking system. – *Livest. Prod. Sci.*, 2, p. 157–167.
- Ipema, A.H., Benders, E. 1992. Production, duration of machine-milking and teat quality of dairy cows milked 2, 3 or 4 times daily with variable intervals. – *The Proc. of the Int. Symp. on Prospects for Automatic Milking*, Wageningen, Holland, 65, p. 244–252.
- Hart, K.D., McBride, B.W., Duffield, T.F., DeVries, T.J. 2013. Effect of milking frequency on the behavior and productivity of lactating dairy cows. – *J. Dairy Sci.*, 96, p. 1–13.
- Klei, L.R., Lynch, J.M., Barbano, D.M., Oltenacu, P.A., Lednor, A.J., Bander, D.K. 1997. Influence of milking three times a day on milk quality. – *J. Dairy Sci.*, 80, p. 427–436.
- Klungel, G.H., Slaghuis, B., Hogeveen, H. 2000. The effect of the introduction of automatic milking systems on milk quality. – *J. Dairy Sci.*, 83, p. 1998–2003.

- Kremer, J.H., Ordolff, D. 1992. Experiences with continuous robot milking with regard to milk yield, milk composition and behavior of cows. – Proc. Int. Symp. on Prospects for Automatic Milking. Wageningen, Holland, p. 253–260.
- Kristensen, T. 2004. Feeding in Relation to ALS. Landbrugsinfo. [http://www.lr.dk/kvaeg/informations serier /kvaegforsk/1413.htm](http://www.lr.dk/kvaeg/informations%20serier/kvaegforsk/1413.htm)
- Kruip, T.A.M., Morice, H., Robert, M., Oweltjes, W. 2002. Robotic milking and its effect on fertility and cell counts. – J. Dairy Sci., 85, p. 2576–2581.
- Köhn, F., König, S., Gauly, M. 2007. Influence of milk production traits and genetic effects on milking frequency in automatic milking system. – Züchtungskunde, 79, p. 287–297.
- Leal, J. 2012. 2x Compared to 3x Milking Frequency in a California Dairy Herd. California Polytechnic State University. 32 pp. <http://digitalcommons.calpoly.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1055&context=dscisp> [16.11.2013]
- Løvendahl, P., Chagunda, M.G. 2011. Covariance among milking frequency, milk yield, and milk composition from automatically milked cows. – J. Dairy Sci., 94, p. 5381–5392.
- McNamara, S., Murphy, J.J., O'Mara, F.P., Rath, M., Mee, J.F. 2008. Effect of milking frequency in early lactation on energy metabolism, milk production and reproductive performance of dairy cows. – Livest. Sci., 117, p. 70–78.
- Morita, S., Nirasawa, E., Sugita, S., Hoshiya, S., Tokida, M., Hirayama, H., Uetake, K. 2000. Cow behavior and working time of a stockperson in a free-stall barn with an automatic milking-feeding system. – Robotic Milking: Proc. of the Int. Symp., Lelystad, Holland, 188 pp.
- Neijenhuis, F., Heinen, J.W.G., Hogeveen, H. 2008. Research protocol on risk factors for udder health on automatic milking farms. In: Mastitis Control: From Science to Practice (ed. T.J.G.M. Lam) – Proc. of Int. Conf. Wageningen Academic Publishers, p. 369.
- Nogalski, Z., Czerpak, K., Pogorzelska, P. 2011. Effect of automatic and conventional milking on somatic cell count and lactation traits in primiparous cows. – Ann. Anim. Sci., 11, p. 433–441.
- Olofsson, J., Pettersson, G., Wiktorsson, H. 2000. Feeding behaviour in an automatic milking system. – Robotic Milking: Proc. of the Int. Symp., Lelystad, Holland, p. 89.
- Ordolff, D., Artmann, R. 2000. Surface temperatures of udder and teats in conventional and automatic milking systems. – Robotic Milking: Proc. of the Int. Symp., Lelystad, Holland, p. 301–302.
- Speroni, M., Pirlo, G., Lolli, S. 2006. Effect of automatic milking systems on milk yield in a hot environment. – J. Dairy Sci., 89, p. 4687–4693.
- Rasmussen, M.D., Blom, J.Y., Nielsen, L.A.H., Justesen, P. 2001a. The impact of automatic milking on udder health. – Proc. of the 2nd Int. Symp. on Mastitis and Milk Quality, Vancouver, Kanada, p. 397–400.
- Rasmussen, M.D., Blom, J.Y., Nielsen, L.A.H., Justesen, P. 2001b. Udder health of cows milked automatically. – Livest. Prod. Sci., 72, p. 147–156.
- Rasmussen, M.D. 2002. Defining acceptable milk quality at time of milking. – The First North American Conference on Robotic Milking, Toronto, Kanada, p. 9–17.
- Ravagnolo, O., Misztal, I. 2000. Genetic component of heat stress in dairy cattle, parameter estimation. – J. Dairy Sci., 83, p. 2126–2130.
- Rotz, C.A., Coiner, C.U., Soder, K.J. 2003. Automatic Milking System, Farm Size and Milk Production. – J. Dairy Sci., 86, p. 4167–4177.
- Sapru, A.D.M., Barbano, D.M., Yun, J.J., Klei, L.R., Oltenacu, P.A., Bandler, D.K. 1997. Cheddar cheese: Influence of milking frequency and stage of lactation on composition and yield. – J. Dairy Sci., 80, p. 437–446.
- SAS. 2003. SAS OnlineDoc V9.1. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA. <http://support.sas.com/documentation/onlinedoc/91pdf/index.html> [21.11.2013]
- Sawa, A., Piwczyński, D. 2003. Frequency of the occurrence of cows with low somatic cell levels in milk during full lactation. – Med. Wet. 59, p. 630–633.
- Shoshani, E., Chaffer, M. 2002. Robotic milking: a report of a field trial in Israel. – Proc. of The First North American Conference on Robotic Milking, Toronto, Kanada, 3, p. 56–63.
- Smith, J.W., Ely, L.O., Graves, W.M., Gilson, W.D. 2002. Effect of milking frequency on DHI performance measures. – J. Dairy Sci., 85, p. 3526–3533.
- Szuchs, E., Acs, I., Ugri, K., Sas, M., Torok, I., Fodor, E. 1986. Milking three times a day in a herd with high milk yields. – Dairy Sci. Abstr., 48, p. 360.
- Svennersten-Sjaunja, K., Berglund, I., Pettersson, G. 2000. The milking process in an automatic milking system, evaluation of milk yield, teat condition and udder health. – Robotic Milking: Proc. of the Int. Symp. Lelystad, Holland, p. 277–288.
- Varner, M., Hale, S., Capuco, T., Sanders, A., Erdman, R. 2002. Increasing Milking Frequency. – 20th Western Canadian Dairy Seminar Proc, p. 265–271.
- Wagner-Storch A.M., Palmer, R.W. 2003. Feeding behavior, milking behavior, and milk yields of cows milked in a parlor versus an automatic milking system. – J. Dairy Sci., 86, p. 1494–1502.
- Wall, E.H., McFadden, T.B. 2008. Use it or lose it: enhancing milk production efficiency by frequent milking of dairy cows. – J. Anim. Sci., 86, p. 27–36.
- Wendl, G., Harms, J., Schon, H. 2000. Analysis of milking behaviour on automatic milking. – Robotic Milking: Proc. of the Int. Symp., Lelystad, Holland, p. 143–151.
- Wirtz, N., Oechtering, K., Tholen, E., Trappmann, W. 2002. Comparison of an automatic milking system to a conventional milking parlor. – Proc. of The First North American Conference on Robotic Milking, Toronto, Kanada, 3, p. 50–55.

The yield and quality of milk on the farms using twice a day conventional milking in comparison with the farms using three times a day conventional and automatic milking systems

Heli Kiiman^{1,2}, Alo Tänavots^{1,2}, Tanel Kaart^{1,2}

¹ Estonian University of Life Sciences,

Institute of Veterinary Medicine and Animal Sciences,

F.R. Kreutzwaldi 62, 51014 Tartu, Estonia

² Bio-Competence Centre of Healthy Dairy Products LLC,
Kreutzwaldi 1, 51014 Tartu, Estonia

Summary

The objective of this study was to compare milk parameters during lactation on the farms with automatic (ALS) and conventional milking systems (PLS). As of January 2013, 184 automatic milking systems (ALS) had been installed on 46 farms in Estonia.

A total of 345,664 test-day records of 51,276 cows from 102 enterprises were obtained from the Estonian Animal Recording Centre for January to December 2012. The variables measured monthly were as follows: milk yield, fat and protein content, and somatic cell score (SRS). ALS was used in 34 cowsheds (DeLaval VMS – 20, Lely Astronaut – 11, Insentec Galaxy-Starline – 3), and PLS in 100 cowsheds (2x milking – 81, 3x milking – 19). The GLM considering the fixed effects of the milking system, breed, parity, calving month, and random effect of farm, was fitted for each lactation month and variable (SAS 9.1).

The highest milk yield per cow (30.1 kg) was obtained on 3x PLS farms, whereas on 2x PLS farms the milk yield was by 7.7 kg lower. According to literature, milking frequency on ALS farms varies from 2x to 2.5x, therefore the milk yield on the farms using ALS (24.8–26.3 kg) was similar to that on PLS farms. On Robot 1 ALS farms the milk yield per cow was by 1.5 kg higher compared to Robot 3 ALS farms (24.8 kg). Milk yield increased until the second month of lactation on all the farms, and decreased subsequently. Difference in milk yield between 2x and 3x PLS

increased until the third month of lactation, being 8.8–9.9 kg higher in 3x PLS until the ninth month of lactation, and decreased subsequently (8.6–9.4 kg). All ALS farms showed more uniform results, whereas milk yield after the fifth month of lactation was similar to that obtained on 2x PLS farms. Higher milk yield resulted in lower milk fat ($r = -0.36$) and milk protein ($r = -0.42$) content. After the second month of lactation, milk fat content was considerably lower on 3x PLS and Robot 2 ALS farms. Lower milk protein content was found on 3x PLS and Robot 2 ALS farms. Longer milking intervals provide bacteria the time to propagate, while increased milking frequency removes bacteria from the udder more often. The highest SRS (3.81) was found in milk obtained from 2x PLS, but increased milking frequency decreased SRS by 0.48. SRS was the lowest (2.88) in the milk obtained on Robot 1 ALS farms, and the highest on Robot 2 (3.66) ALS farms. Irregular milking on ALS farms did not cause higher SRS, compared to PLS. SRS decreased during the first two months of lactation, showed subsequent modest increase until the fifth month of lactation, then increased considerably, and ultimately remained rather stable in all milking systems.

The milk yields were higher on the farms with increased milking frequency. Another positive aspect of more frequent milking is lower SRS, while decreased milk fat and milk protein content appear as negative features. In this respect, ALS and PLS farms showed similar trends. Decrease in milk yield was linear throughout the months of lactation, while the most remarkable change occurred in the sixth month of lactation, where SRS increased considerably.

Acknowledgements. The project has been supported by the EU European Regional Development Fund for Technology Development Centres program. The study was implemented by the Bio-Competence Centre of Healthy Dairy Products LLC within the project EU30002 and by Estonian Ministry of Education and Research within institutional grant IUT8-1. We would like to express gratitude to the Estonian Animal Recording Centre.