

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra chovu hospodářských zvířat**



**Fakulta agrobiologie,  
potravinových a přírodních zdrojů**

**Vliv robotických prvků v ekologickém režimu na produkci  
a reprodukci ve vybraném chovu dojnic**

**Diplomová práce**

**Bc. Václav Efler**

**Zemědělství a rozvoj venkova**

-

**ekologické zemědělství**

**Ing. Jaromír Ducháček Ph.D.**

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Vliv robotických prvků v ekologickém režimu na produkci a reprodukci ve vybraném chovu dojnic" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne \_\_\_\_\_

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval svému vedoucímu Ing. Jaromíru Ducháčkovi, Ph. D. za trpělivost, vstřícnost, pomoc a cenné rady bez nichž by tato diplomová práce nevznikla. Dále bych chtěl poděkovat rodině, nejbližším přátelům a kamarádům za pomoc a podporu při psaní této práce.

# Vliv robotických prvků v ekologickém režimu na produkci a reprodukci ve vybraném chovu dojníc

## Souhrn

Automatizace a robotizace je v posledních desetiletích na vzestupu a stále se zdokonaluje. V zemědělství se jedná především o automatické dojící systémy (AMS) a automatické krmné systémy (AFS), které jsou čím dál více instalovány na farmách po celém světě. Hlavními důvody je úspora času, zjednodušení lidské práce a vyšší pohodlí a welfare pro dojnice. Další motivací pro zavádění AMS do stáji je i zlepšování kvality a množství nadojeného mléka, v důsledku vyšší frekvence dojení a kvalitnější očištění struků, jak uvádí řada výrobců automatických prvků.

Tato diplomová práce je zaměřena na zjištění dopadů AMS (Astronaut A4) a AFS (Vector) od značky Lely na kvalitu a množství nadojeného mléka. Data jsou získána z rodinné farmy v severních Čechách čítající přibližně 100 ks dojníc červeného strakatého skotu hospodařící v ekologickém režimu. Vyhodnocení probíhalo z měsíčních výsledků rozborů bazénových vzorků poskytnutých mlékárnou od ledna 2008 do prosince 2022 a z měsíčních vzorků kontroly mléčné užitkovosti poskytnutých Českomoravským svazem chovatelů skotu od dubna 2018 do prosince 2022. V práci je porovnáváno období konvenčního dojení (od roku 2008 do listopadu 2014), kdy probíhalo dojení 2x denně na tandemové dojrně (1 x 4) s ostatními obdobími, kdy se nejprve nainstaloval první AMS do stáje. V květnu 2016 se spustil i druhý AMS a celé stádo krav bylo od té doby dojeno automatizovaně. Posledním prvkem automatizace byla náhrada krmného vozu poháněného traktorem za AFS, jenž byl do stáje zaveden v červnu 2021.

V této práci byl prokázán pozitivní vliv AMS na kvalitu mléka z hlediska snížení počtu somatických buněk (SB) o 23,51 % a celkového počtu mikroorganismů (CPM) o 43,51 % v porovnání s obdobím před zavedením AMS a AFS. SB silně negativně korelovaly s množstvím nadojeného mléka (před AMS  $r = -0,439$ ; po AMS  $r = -0,717$ ;  $P < 0,001$ ). CPM měl ale odlišnou tendenci při negativní korelaci s nadojeným mlékem (před AMS  $r = -0,379$ ; po AMS  $r = 0,293$ ). Vliv AMS měl negativní vliv na obsahy tuků a bílkovin, které byly v porovnání s neautomatizovaným obdobím nižší. Tuky se snížily v průměru o 0,06 % a bílkoviny o 0,11 %. V poslední části sledovaného období (2018-2022) spolu bílkoviny a tuky významně korelovaly ( $r = 0,507$ ;  $P < 0,001$ ).

Dopad zavedené automatizace ve stáji na kvalitu mléka je přijatelný, ač se obsahy tuku a bílkovin snížily, avšak kvůli nedostatku pracovní síly na trhu, je to jediná cesta do budoucna.

**Klíčová slova:** dojící robot, automatizace, mléčná produkce, kvalita mléka, ekonomika

# **Effect of robotic elements in organic farming on production and reproduction in selected dairy cows**

## **Summary**

Automatisation and robotisation has been on the rise in recent decades and is still improving. In agriculture, this is primarily the case with automatic milking systems (AMS) and automatic feeding systems (AFS), which are increasingly being installed on farms around the world. The main reasons are time saving, simplification of human labour and increased comfort and welfare for dairy cows. Another motivation for the introduction of AMS in the barn is the improvement of milk quality and quantity, due to higher milking frequency and better teat cleaning, as reported by many automatic component manufacturers.

This thesis aims to investigate the effects of Lely's AMS (Astronaut A4) and AFS (Vector) on milk quality and quantity. The data is obtained from a family farm in North Bohemia with approximately 100 czech fleckvieh dairy cattle managed in organic farming. The evaluation was carried out from monthly results of pool sample analyses provided by the dairy from January 2008 to December 2022 and from monthly milk yield control samples provided by the Czech-Moravian Cattle Breeders Association from April 2018 to December 2022. The paper compares the period of conventional milking (from 2008 to November 2014), when milking was carried out twice a day on a tandem parlour (1x4) with the period when the first AMS was installed in the barn. A second AMS was also started in May 2016 and the whole herd of cows has been milked automatically since then. The final element of automation was the replacement of the tractor-driven feed wagon with an AFS, which was introduced to the barn in June 2021.

In this study, AMS had a positive effect on milk quality in terms of a 23,51 % reduction in somatic cell count (SCC) and 43,51 % reduction in total germ count (TGC) compared to the period before the introduction of AMS and AFS. SCC were strongly negatively correlated with the amount of milk milked (before AMS  $r = -0,439$ ; after AMS  $r = -0,717$ ;  $P < 0,001$ ). However, TGC had a different trend when negatively correlated with milked milk (before AMS  $r = -0,379$ ; after AMS  $r = 0,293$ ). The effect of AMS was negative on fat and protein contents, which were lower compared to the non-AMS period. Fat and protein decreased on average by 0,06 % and 0,11 %, respectively. In the last part of the study period (2018-2022), protein and fat were significantly correlated ( $r = 0,507$ ;  $P < 0,001$ ).

The impact of the introduced automation on milk quality is acceptable, although fat and protein contents have decreased, but due to labour shortages, this is the only way.

**Keywords:** milking robot, automation, milk production, milk quality, economics

# 1 Obsah

2 Úvod.....	8
3 Vědecká hypotéza a cíle práce .....	9
4 Literární rešerše.....	10
Historie chovu skotu a dojení.....	10
Vývoj dojících systémů.....	12
4.1.1 Požadavky na dojícího robota.....	13
Výhody a nevýhody využívání dojících robotů .....	15
4.1.2 Nevýhody dojících robotů .....	16
Vztah zvířat k robotickému dojení.....	17
Robotické systémy využívané v ČR .....	18
4.1.3 DeLaval.....	18
4.1.4 Insentec .....	19
4.1.5 Fullwood.....	19
4.1.6 GEA – Farm technologies .....	19
4.1.7 Lely .....	19
4.1.8 Bližší popis Astronaut A4.....	19
Samotný proces dojení v Astronaut A4 .....	21
AMS a kvalita mléka.....	23
4.1.9 Ovlivňování produkce mléka v AMS .....	23
4.1.10 Vliv AMS na mléčnou žlázu dojnic.....	26
Robotické krmení.....	26
Pastevní selekční branky .....	28
Fyziologie a morfologie mléčné žlázy .....	28
4.1.11 Funkce mléčné žlázy.....	29
Kvalita mléka .....	30
4.1.12 Složení mléka.....	30
4.1.13 Mikroorganismy v mléce.....	33
4.1.14 Somatické buňky .....	34
4.1.15 Mastitida .....	37
Český strakatý skot .....	38
5 Metodika .....	40
Charakteristika farmy.....	40
Statistické vyhodnocení dat .....	41
6 Výsledky – měsíční rozборы mléka z mlékárny (2008-2022).....	43
Vyhodnocení základních dat.....	43
6.1.1 Přehled jednotlivých let sledovaného období .....	43

6.1.2	Přehled jednotlivých měsíců za celé sledované období 2008-2022 .....	46
6.1.3	Porovnávání jednotlivých období před a po zavedení AMS a AFS .....	48
6.1.4	Korelační analýza porovnávání před a po zavedení AMS a AFS.....	52
7	Výsledky – vyhodnocení dat KU z let 2018-2022 .....	56
	Vývoj sledovaných údajů za jednotlivé roky KU .....	57
7.1.1	Měsíc otelení a parametry nadojeného mléka.....	58
7.1.2	Pořadí laktace a parametry nadojeného mléka .....	62
7.1.3	AFS a parametry nadojeného mléka .....	64
7.1.4	Základní statistika – reprodukční znaky .....	65
7.1.5	Korelace mezi parametry reprodukce a produkce dojníc .....	66
	ANOVA – výsledky z KU 2018-2022 .....	68
7.2	Základní statistiky modelové rovnice hodnocených parametrů produkce	68
7.2.1	Vliv efektu roku .....	69
7.2.2	Vliv efektu měsíce .....	70
7.2.3	Vliv efektu měsíce otelení .....	72
7.2.4	Vliv efektu pořadí laktace .....	73
7.2.5	Vliv efektu automatického krmného systému .....	74
8	Diskuze.....	75
9	Závěr .....	79
10	Literatura .....	81
11	Samostatné přílohy.....	I

## 2 Úvod

Zemědělství je pro lidstvo nesmírně důležitým odvětvím, které lidem zajišťuje každodenní obživu, ale i práci a utváření krajiny kolem nás. Ač je zemědělství pro lidstvo existenčně důležité, stále menší část lidí se v něm chce angažovat a počet pracovníků se nepřetržitě snižuje. Proto jsou čím dál častěji zaváděny automatizované prvky, tzv. roboti, kteří pomáhají lidem snížit náročnost a každodenní rutinu běžného pracovního dne nejen na mléčných farmách. Především v živočišné výrobě, kde je o pracovníky nouze, se tyto prvky v posledních letech enormně rozšiřují a rozvíjejí. Ať už se jedná o automatické dojící systémy (AMS), automatické krmné systémy (AFS), či pastevní branky, vyhrnovače kejdy, pedometry a další automatické, počítačem řízené prvky, je důležité položit si otázku, jestli tito „roboti“ zvládnou udělat požadovanou práci alespoň stejně kvalitně jako člověk. Ze zkušeností a vědeckých prací ze světa víme, že se roboti zvládnou o zvířata postarat stejně dobře jako člověk, ale jejich hlavním úkolem je zajistit více času zooteknikům a ošetřovatelům, kteří mají více času na zlepšování komfortu jejich zvířat a dalších problémů, s chovem zvířat spojených.

I přes sebelepší technologie nemůžou automatické systémy plně nahradit lidský faktor. Stroje nikdy nemohou nahradit kritické myšlení člověka a stále jsou to pouze věci, které se mohou porouchat. Nicméně automatizace je skvělým doplňkem farem, na kterých chybí dostatečně proškolený personál se zájmem o zvířata a jsou tedy budoucností nejen v zemědělství.



### **3 Vědecká hypotéza a cíle práce**

- Automatizace a robotizace výroby mléka má vliv na kvalitu kravského mléka. S nástupem robotického dojení se počet somatických buněk a celkový počet mikroorganismů v mléce sníží.
- Automatické dojící systémy (AMS) mají pozitivní vliv na kvalitu mléka. Obsah tuku a bílkovin se v mléce zvýší.
- Cílem práce je zjistit, jaký dopad mají automatické systémy na produkci a reprodukci krav na farmě s uzavřeným obratem stáda a hospodařící v ekologickém režimu. Porovnává se postupný vliv nastupujících AMS a AFS, které postupně nahrazují lidský faktor.

## 4 Literární rešerše

### Historie chovu skotu a dojení

Člověk začal domestikovat skot (zoologicky tur domácí-*Bos primigenius f. taurus*) před více než 10 000 lety z původního praturu, který žil v lesostepích po celé Evropě a východní Asii. Podle genetické analýzy moderních plemen se veškerá dnešní populace domestikovaného skotu vyšlechtila z pouhých 80 zakladatelek (Bollongino et al. 2012). Po domestikaci došlo u skotu k mnoha morfologickým, fyziologickým a funkčním změnám (zmenšení tělesného rámce, zvětšení mléčné žlázy, využití energie pro produkci mléka a růst) a také ke změně chování (klidnější povaha, nižší aktivita a agrese). Velké rozdíly panují jak mezi plemeny, tak i mezi jednotlivými liniemi plemen (Grandin 2012).

Velký pokrok nastal hlavně u mléčné užitkovosti, kdy produkce mléka dojníc mnohonásobně převýšila potřebu pro výživu mláďete. „Přebytečné“ mléko pak člověk využívá pro svou potřebu. Získává jej dojením, což je proces, při kterém dojnice uvolňuje mléko z mléčné žlázy. Nejdéle využívaným systémem bylo ruční dojení, které se v domácích malochovech využívá dodnes. Obrovský pokrok pak přinesla modernizace zemědělství a nástup strojního dojení, které k uvolňování mléka využívá změny tlaku a podtlaku v okolí struku. Tím se radikálně snížila potřeba lidské práce pro získávání mléka, ale stále je lidský faktor pro podojení zvířete nezbytný (Koning 2011).

Dalším pokrokem je robotické dojení, kdy je dojnice podojena plně automatizovaně a farmář může svůj čas věnovat jiným činnostem (Bouška 2006).

Dojící roboti vznikly dlouhým vývojem, a to hlavně díky stále vyšším nárokům na kvalitu a efektivitu dojení a také z důvodů nižší dostupnosti pracovní a dostatečně kvalifikované pracovní síly (Machálek 2011).

Automatické dojící systémy (AMS – automatic milking system) jsou nejčastěji umístěny přímo v prostorách stáje, nebo v přiléhajících budovách. Dojnice si tak na jejich přítomnost brzy zvyknou, obzvláště když jsou za svou návštěvu v robotu odměněny jadrnými, granulovými či jinými energeticky výživnými a chutnými krmivy (John et al. 2016).

Automatizací této denně se opakující činnosti odpadá náročná práce, kterou je nutné provádět i o víkendech, ve svátcích či o dovolené (Bouška 2006).

AMS využívají robotické rameno k připojení, odpojení a ošetření vemen krav bez lidského zásahu, a tím může dojít k významnému snížení pracovních hodin na farmě o 20-30 % (Schewe & Stuart 2015).

Proto se automatické dojení často označuje jako robotické. K získávání mléka robotickou cestou byly prozatím vyvinuty tři hlavní typy AMS, které jsou příkladem současného pokroku ve světě:

- Integrovaný AMS – jedno boxový
- Průmyslový robotický AMS – více boxový
- Automatický rotační systém dojení – rotační robotické dojírny (Jiang et al. 2017).

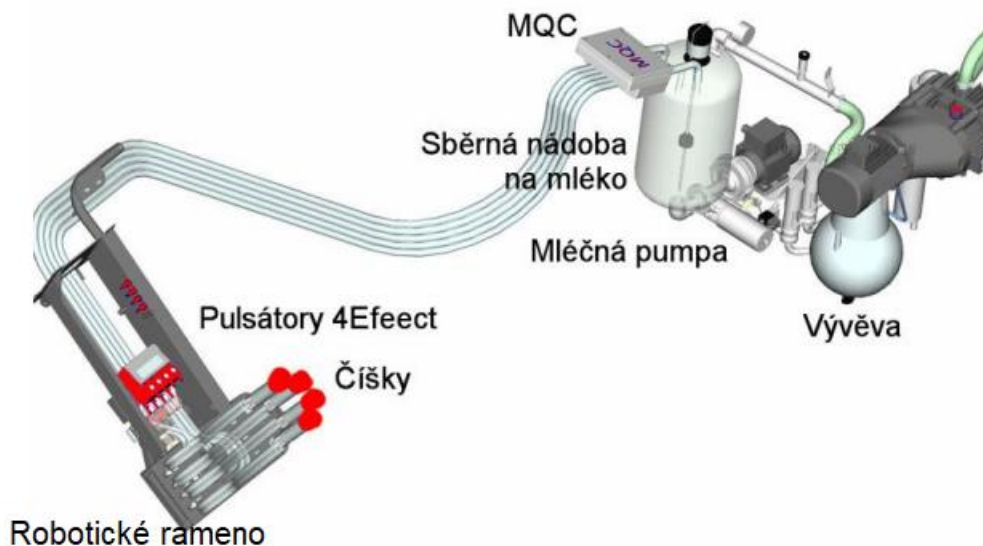
Existují dva zaběhlé typy automatických dojících systémů. Jedno boxový, mezi které patří většina robotů od značek Lely (Astronaut A4), DeLaval (VMS), Fullwood (M2Erlin) a BouMatic Robotic (MR-S2). Ty dokáží podojit najednou pouze jednu dojnici a celkově zvládnou cca 70 krav za den. Další možností jsou více boxové dojící systémy, které jsou umístěny samostatně a zvládnou dojit 2-5 krav zároveň. Jejich výkon se pak pohybuje od 120 do 350 kusů dojnic za den. Výrobci těchto AMS jsou Insentec, BouMatic Robotics a GEA (Sharipov et al. 2021).

Na trhu existuje ještě jedna varianta automatického dojení. Jedná se o robotické kruhové dojírny. Od firmy GEA je její velikost od 24 do 80 dojících boxů. Dojení ale neprobíhá kontinuálně po celý den, nýbrž 2-3 x denně. Každé stání, side by side, má vlastní robotické rameno, které provádí obdobnou činnost jako u jedno boxového dojení. Dojírna se bez přerušování otáčí, i když některá dojnice má problém s nasazením, či dojící zařízení skopne. V případě, že by se kráva nestihla za jednu jízdu vydojit, robot ji z boxu nepustí a vezme ji na druhé kolo. Tento systém dojení ale vyžaduje alespoň jednu kvalifikovanou osobu, která na celý proces dojení dohlíží (GEA 2022).

Velkou výhodou tohoto systému je rozdělování mléka podle kvality od jedné dojnice z každé čtvrti mléčné žlázy. Robot dokáže oddělit mléko z každé čtvrti zvlášť a rozhodnout, které bude separovat a které pošle do společného tanku. Ve světě je těchto dojíren zatím jen několik desítek, u nás pouze jedna funkční (Kamir & Co 2019).

Druhou, malinko rozdílnou variantou automatického rotačního systému dojení je dojírna AMR od firmy DeLaval. Zásadní rozdíl je, že se dojírna neotáčí kontinuálně po celou dobu, ale otáčí se podle toho, jak krávy nastupují na rotační plochu. To zajišťuje dvojitá vstupní branka. Dalším rozdílem je počet robotických ramen. U tohoto systému jich je pouze pět na všechna stání. Dva roboti připravují vemeno k dojení, dva další připojují dojící nástavce a jeden dezinfikuje vemeno na konci procesu dojení (Jiang et al. 2017). Jednoduchý systém dojícího robota od značky Lely je znázorněn na obrázku 1. Celý proces získávání mléka je zajištěn zobrazenými komponenty. Přímý kontakt s dojnici (s vemenem) zajišťují strukové nástavce,

kteře jsou umístěny na robotickém ramenu, které celé zajíždí pod vemeno krav. Zbytek robota je stacionární (Kragten 2014).



Obrázek 1. Zjednodušený pohled na dojící jednotku robota Lely A4 (Lely 2023).

## Vývoj dojících systémů

První výskyt dojících strojů se datuje kolem roku 1819. Jednalo se o trubku ze dřeva či o ptačí brk, který se zasunul do strukového kanálku tak, aby mléko mohlo volně vytékat z vemene (Goulart 2014). Později se přešlo na slonovinu, stříbro a duté kosti. Tento katérový systém dojení přetrvával místy až do 20. století (Jiang et al. 2017).

Tato metoda sebou přinášela zdravotní problémy zvířat a šíření mikrobiálních onemocnění mezi zvířaty, z důvodů oslabených svěracích svalů ve strucích. Další vývoj přišel v roce 1851 s vakuovým ručním strojem na dojení od Hodgese a Brockendena. Jednalo se o velký gumový pohár, který se nasadil na celé vemeno a ruční pumpičkou se vytvořil tlak, který spouštěl mléko (Richard 2015).

Dále se v 60. letech 19. století objevily první dojící stroje využívající podtlak. Jednalo se o přístroj se čtyřmi otvory na struky a gumovými membránovými vakuovými pumpami. Mléko teklo ze všech čtvrtí najednou a systém dojení byl pro zvířata nepříjemný a stresující. Vývoj v získávání mléka měl pro zvířata bolestivou cestu. Extrakce mléka z vemene byla násilná, strukové kanálky byly často nevratně poškozeny a zvířata trpěla častými infekčními záněty (Boušek 2006).

Až v roce 1898 byl vynalezen pulsátor. Ten byl poháněn parním čerpadlem a střídal sací a mačkáací efekt. Díky tomu se dojení začalo vyvíjet od kanyl zaváděných do strukových kanálků k již dnes využívaným podtlakovým nástavcům (Smith & Harding 1912).

S nárůstem živočišné produkce a intenzivních chovů se množily i požadavky na zkvalitnění, a především zrychlení dojení krav. To vedlo k vynálezu rybinové dojírny v roce 1952 na Novém Zélandu (Dodd et al. 1992).

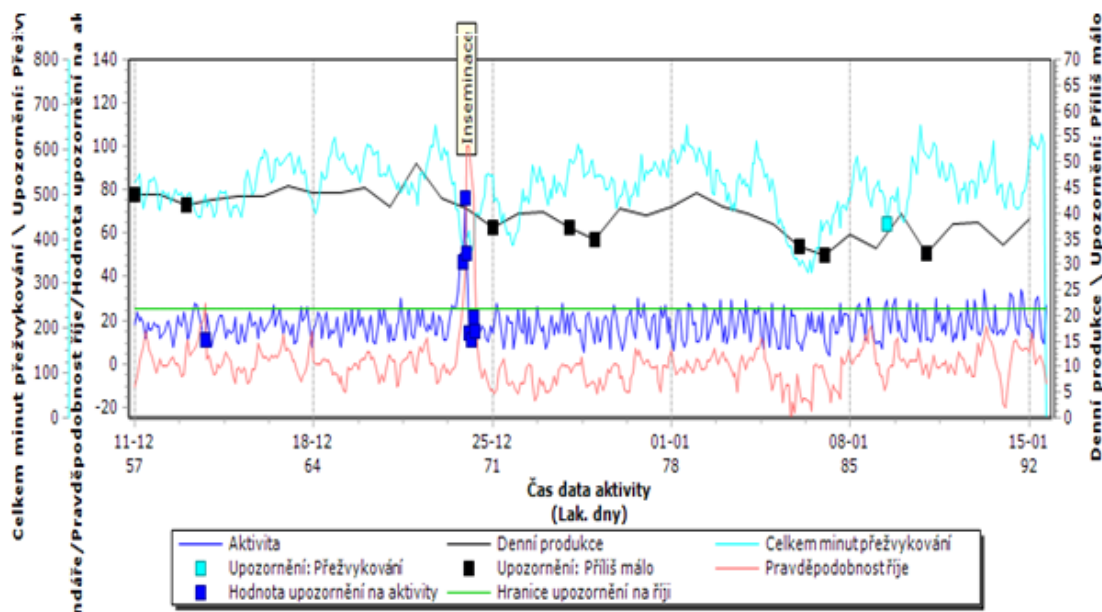
Přibližně v 50. letech minulého století se začaly provádět studie na plně automatizované dojení. Vývoj se ale urychlil až v 70. letech, kdy začaly růst ceny za lidskou práci. První prototypy však byly testovány až v 80. letech 20. století. Řada institucí v západní Evropě pracovala na systému určování polohy struků a vyvíjela zařízení pro automatické připojování dojícího zařízení. Mezi Evropské firmy, které se podílely na vývoji, patří Lely, Silsoe, Gascoigne, Melotte a Insetec. Nejlepších výsledků dosahovala společnost Lely, která do roku 1998 naistalovala a prodala na 100 automatických dojících systémů „Astronaut“ v Nizozemsku a několik desítek kusů i po západní Evropě a Japonsku. V roce 2010 už bylo naistalováno více než 16 000 AMS všech možných firem. Od té doby počty robotů výrazně narůstají (Sharipov et al. 2021).

Za AMS označujeme takové systémy, které sami zvládnou všechny nutné kroky při postupu dojení krav, které musí vykonávat člověk (Koning et al. 2004).

#### 4.1.1 Požadavky na dojícího robota

Robotické dojení v dnešní době neznamena pouze vyšší stupeň automatizace dojení, ale i zlepšení managementu stáda a zároveň celkové úrovně mléčné farmy (Knížková 2011).

Automatický dojící systém potřebuje každé zvíře **rozpoznat a identifikovat**. K tomu slouží respondéry, které bývají nejčastěji umístěny na obojku zvířete, případně na noze (Bouška 2006). Tyto identifikátory obsahují čipy, díky kterým dokáže robot rozpoznat o které zvíře se jedná a v jaké fázi laktace se nachází. Detektory mají i další funkce, jako je sledování aktivity. Inteligentní software umí měřit pohybovou aktivitu krav, počet kroků, frekvenci přežvýkování, čas příjmu krmiva, množství zbytku krmiva, nebo čas strávený ležením. Z těchto hodnot je možné detekovat případnou říjí, zdravotní stav, funkčnost bacheru a celkovou pohodu zvířete. Při dojení sleduje robot dále dobu dojení, čas rozdojení a maximální rychlost dojení (Weissmueller 2014). Ukázka znázornění grafu aktivity dojnice je na obrázku 2.



Obrázek 2. Graf aktivity dojnice z T4C. (Lely 2022).

**Nalezení jednotlivých struků, hodnocení tvaru vemene a polohy dojnice.** To je u Lely Astronaut A4 prováděno pomocí 3D kamery (technologie E – link). K zaměření a nalezení struků se využívá tří paprskový laserový systém TDS (Weissmueller 2014).

**Čištění struků vemene od hrubých nečistot.** Očista struků je uskutečňována pomocí kartáčů, které očistí celé struky i základnu vemene. Kartáčky se po každé očistě vemene oplachují v bez chlórovém prostředku, aby se zamezilo křížové kontaminaci (Lely 2022). Druhou možností je mycí strukový nástavec, který provádí veškeré očišťující úkony struků a připraví krávu k podojení. Zahrnuje to zbavení nečistot, omytí, první odstřík mléka, zprůchodnění kanálku a masáž struku. V případě prvního dojení po otelení je součástí i odstranění keratinové zátky (DeLaval 2022).

Při očištění vemene zároveň dochází ke **stimulaci mléčné žlázy** a tím i ke spuštění hormonu oxytocinu z podvěsku mozkového, který má za následek kontrakci hladké svaloviny ve vemeni a tím uvolňování mléka. Po automatickém připojení strukových nástavců dochází k oddojení prvních stříků a otevření strukového kanálku (Bouška 2006).

Dojící robot sleduje průtok mléka z každé čtvrtě vemene zvlášť, takže po dodojení každé čtvrtě dochází k odpojení násadce od struku, aby nedocházelo ke zbytečnému poškození strukového svěrače. Po ukončení dojení je každý struk přesně **ošetřen dezinfekcí**, nejčastěji na bázi jódu (Lely 2022).

Dnešní AMS po každém dojení **zjistí kvalitu mléka**, nádoj a případný obsah nežádoucích složek, jako je například krev. Dojící roboti Lely dokonce jako jediní hodnotí i zbarvení mléka

(Přikryl et al. 2004). Kvalita mléka je otázkou veřejného zájmu, zejména při přechodu na AMS. Jedná se o hygienickou kvalitu a nutriční složení, přičemž důležitými parametry jsou počet somatických buněk, celkový počet mikroorganismů, bod mrznutí, výskyt anaerobních spor, zastoupení volných mastných kyselin, obsah tuku, bílkovin, laktózy, kaseinu a močoviny (Jiang et al. 2017). Důležitou měřenou součástí mléka je i počet somatických buněk a vodivost mléka (oba tyto parametry se měří z každé čtvrti zvlášť), které jsou prognózou pro případný zánět mléčné žlázy a výskyt mastitid (Bouška 2006).

## **Výhody a nevýhody využívání dojících robotů**

Automatické dojící systémy byly navrženy, aby pro farmáře uspořily čas z každodenní, opakující se rutiny dojení. Další podstatnou výhodou je úspora lidské pracovní síly, kdy se v Evropě ušetří minimálně 20 % a např. v Dánsku až 50 % (Oudshoorn et al. 2012). Než byly AMS zavedeny na trh, souvisela přibližně polovina nákladů mléčné farmy s dojením (Castro et al. 2015). S nástupem AMS se dojnícím významně zkracuje čas strávený čekáním v čekárně na dojení a tím se zefektivňuje celý proces výroby mléka (Amstrong & Daugherty 1997).

Rozbor mléčných složek po každém dojení dojníc je významnou výhodou, kdy má zootechnik přehled o aktuálním zdravotním stavu zvířat a kvalitě nadojeného mléka. Pro dojnice je robotické dojení přirozenější oproti konvenčnímu systému dojení a jelikož mají zvířata do robota přístup 24 hodin denně, mohou se podojit dle vlastní potřeby i 4x za den. Počet dojení je ale závislé na fázi laktace a vždycky je mezi jednotlivými dojeními minimální interval, kdy robot zvíře nepodojí (Simoes 2020). Dle Jiang (2017) se frekvence dojení a užitkovost při dojení v AMS zvyšují, což je z důvodu nižšího namáhání vemene a zvýšeného pohodlí pro krávy. Tyto parametry se ale mohou i výrazně lišit, neboť záleží na vlivu prostředí farmy, zdraví zvířat, krmení a klimatu. Na farmách, kde dojí AMS došlo k průměrnému navýšení dojivosti o 17 % a na jednoho zaměstnance se vyrobilo o 61 % více mléka (Machálek 2011).

Díky robotickému dojení a „svobodné vůli“ přijít se podojit má kráva lepší podmínky k plnění welfare (Simoes 2020; Jacob & Siegford 2012). Při pozorování srdeční frekvence při dojení bylo zjištěno, že dojnice dojené v AMS mají nižší nebo stejnou frekvenci v porovnání s konvenčním dojením (Hagen 2005; Weiss 2004). AMS se také považují za faktor zlepšení zdraví vemene. Je to nejspíše z důvodu vyšší frekvence dojení, kdy bakterie mají méně času na rozvoj (Lind et al. 2011; Hovinen et al. 2000).

Roboti zabírají méně místa než dojírny a čekárny, jelikož jsou umístěni přímo ve stájích mezi zvířaty (Sharipov et al. 2021). Respondéry v obojcích krav pomáhají zootechnikovi i

s dalšími úkony, jako je vyhledávání říjí, sledování zdravotního stavu či aktuální pozice zvířete ve stáji.

#### 4.1.2 Nevýhody dojících robotů

Největší překážkou u AMS je vysoká pořizovací cena a provozní náklady jako je elektřina a spotřeba vody jsou také dosti vysoké. To vede k tomu, že ne každý zemědělský podnik si toto pracovní ulehčení může dovolit. To je největší nevýhoda těchto zařízení (Bouška 2006). Ale, v případě instalace nové klasické dojírny, vyjdou náklady s veškerým vybavením o 7 % draž než u AMS. Budeme-li ale počítat pouze s vybavením nutným k podojení, jsou automatické dojící systémy o 185 % nákladnější (Maršálek 2012).

Následný finanční přínosy během 10-15 let po přijetí AMS je slabší, ale v porovnávání s neautomatizovanými dojírnami je přínos financí po pořízení obdobný (Jiang et al. 2017). Na podnicích, kde byly AMS zavedeny, se současně zvýšily náklady na jeden krmný den, a to až o 30 % oproti konvenčnímu způsobu dojení v dojárně (Machálek 2011).

Další nevýhodou je omezený počet krav, které dokážou AMS podojit. Jeden robot s jednodokorovým dojením zvládne až 70 kusů za den. Toto číslo udávají některé značky jako DeLaval či Lely, ostatní výrobci udávají okolo 60 ks/den (Simoes 2020).

Problém AMS nastává při současné pastvě skotu. Jednou z možností je navyknout krávy na zvukové signály, aby se z pastviny přišly sami podojit. Na farmách, kde je aktivní pastva je frekvence dojení nižší a slibovaná úspora času farmáře je rázem nižší, neboť si pro dobytek na pastvinu musí dojít, nebo musí vynakládat jiné úsilí (Jacobs & Siegford 2012; Bach et al. 2007).

Dalším negativem je problém při výpadku elektřiny či jiné závadě na robotu, kdy jsou krávy bez možnosti podojení, a odstav AMS rozhodí kravám rytmus dojení. Proto je žádoucí mít na statku více dojících jednotek a servis v blízké dojezdové vzdálenosti (Bouška 2006).

Některými autory je za nevýhodu považována i častější frekvence dojení, kdy jsou strukové kanálky častěji otevírány a nesou vyšší riziko bakteriální invaze (Lind et al. 2011; Hovinen et al. 2000). Se zvýšenou frekvencí dojení se zvyšuje i doživost. To je bráno jako positivum, ale na druhou stranu s rostoucí užitkovostí se zhoršují parametry reprodukce, krávy jsou náchylnější k problémům s fundamentem, a to obzvláště v první třetině laktace (Stádník & Vacek 2007). Dle Bordeas et al. (2008) mají krávy naháněné do AMS člověkem větší problémy s pohyblivostí, či kulhají. To je přirozené, neboť zvíře, které kulhá má i nižší návštěvnost. To je signál pro zootechnika, aby zvíře vyhledal a zkontroloval.

AMS nezvládnou podojit všechny krávy, respektive všechny typy vemen, které by člověk podojit dokázal. Proto je potřeba vyřadit dojnice, které mají atypická vemen, jež se vyjímají



standardu a alespoň částečně nesplňují podmínky dané výrobcem (Machálek 2011). Dále si některé dojnice na robota prostě nezvyknou, obzvláště, jsou-li navyklé na klasický způsob dojení v dojírně. Na některých farmách byli chovatelé takto nuceni k technologické selekci až 2 % stáda (Simoes 2020).

Subklinické ketózy se ve větší míře vyskytují u stád dojených AMS, a to zejména na začátku laktace. Dle King et al. (2018) je to z důvodů vyšší frekvence dojení, jelikož mají dojnice tendenci k vyšší produkci mléka. Tak se dostávají do hlubší negativní energetické bilance, protože nepřijímají krmivo v dostatečné míře a intenzita dojení je u AMS znatelnější. Následkem toho mají tyto dojnice i vyšší šanci dostat se nakonec až k subklinické ketóze oproti neautomaticky dojeným dojnicím.

Studie prokázala, že dojnice dojené AMS mají v krvi vyšší obsah betahydroxybutyrátu, než dojnice z konvenčního dojení (Tatone et al. 2017). To se ale podle Kinga et al. (2018) týká pouze krav s vysokou užitkovostí, ty méně užitkové jsou schopné lépe přijímat a využívat získanou energii z krmiva.

## **Vztah zvířat k robotickému dojení**

Motivaci krav vstoupit do robota dělíme na **přímou a nepřímou**. První možností je vnitřní potřeba skotu, kdy si dojnice chce ulevit od tlaku ve vemeni nebo vyvíjí touhu po oxytocinu a příjemných pocitech spojených s dojením. Nepřímou motivací je lákání zvířat na jadrné krmivo. To znamená, že se musí upravit i krmná dávka a zajistit dostatek napájecí vody v blízkosti AMS (Machálek 2011).

V AMS je zjišťována vyšší frekvence návštěv a dojení, když není ve stáji přítomný žádný člověk. Když už ale musí být dojnice naháněny do robota zootechnikem, jsou ochotnější jej navštěvovat v pravidelných naučených časech (Machálek 2011). Ke zvyšování návštěvnosti také přispívá, pokud se krávy při vstupu do robota navzájem vidí. Jako negativum se bere labyrint úzkých a dlouhých uliček, kterými musí kráva projít, aby se dostala k robotu (Driessen 2015).

Počet krav, které vyžadují asistenci člověka při doprovodu do AMS, se u nás pohybuje od 8,2 do 25,2 %, přičemž za normální stav doprovodu se považuje hodnota 5-10 % (Maršálek 2012).

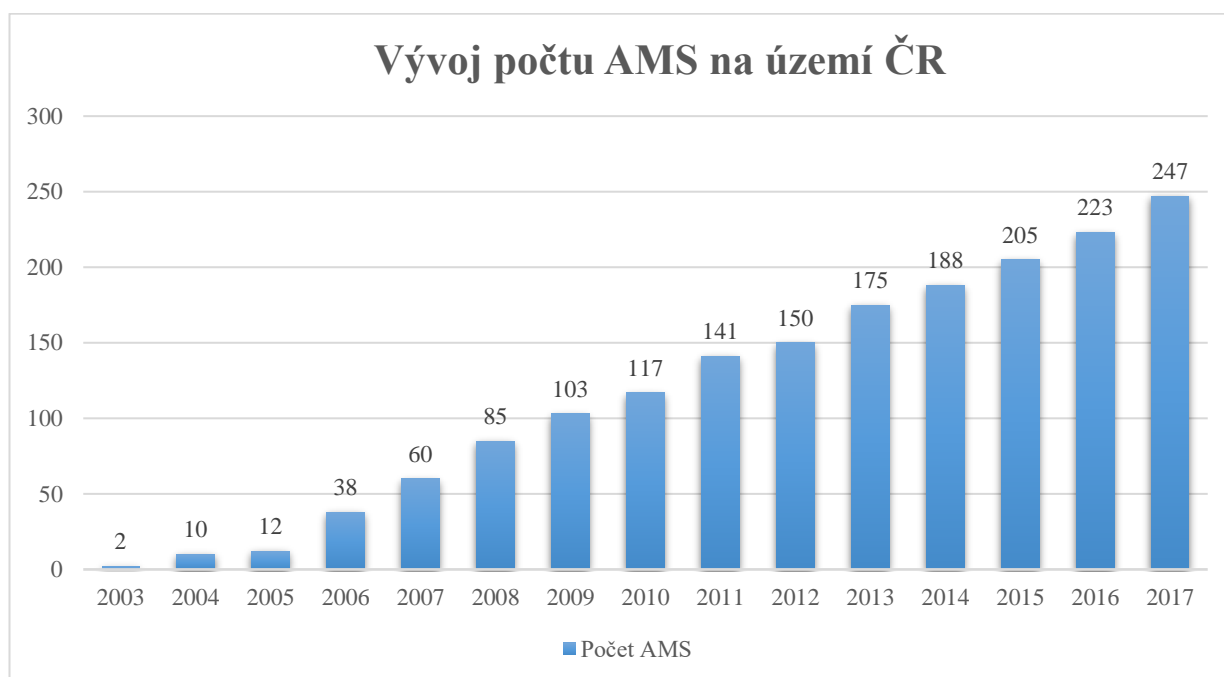
V tabulce č. 1 je patrné, že čím větší mají zvířata negativní vztah k ošetřovatelům, tím více se musí k dojení popohánět a doprovázet (Machálek 2011).

Parametr	Výborné	Vyhovující	Nutno zlepšit
Chování krav	Klidné, člověka se nebojí	Krávy si udržují od člověka odstup	Dojnice před člověkem utíká
Návštěvnost AMS	>3	2,5-3	<2,5
Počet přivedených krav do AMS	<3 %	3-5 %	>5 %
Doba odpočinku krav	>60 %	50-60 %	<50 %

Tabulka. č. 1. Důsledky vztahu člověka a zvířat (Machálek 2011).

## Robotické systémy využívané v ČR

V grafu č. 1 z roku 2017 je zaznamenaný vývoj používání a instalace AMS v ČR (Dojeni-roboty 2017).



Graf č.1. Vývoj AMS na území ČR od roku 2003 do roku 2017 (Dojeni-roboty 2017).

### 4.1.3 DeLaval

Švédská firma založená v roce 1883 pod názvem AB Separator si prošla dlouhým vývojem a teprve v roce 2000 se přejmenovala na dnes známou DeLaval (DeLaval 2022). Dle názoru firmy je termín pro AMS nevhodný, a tak své roboty nazývají termínem VMS (Voluntary Milking System – Systém dobrovolného dojení), který je přesnější, protože vychází ze svobodné a dobrovolné vůle zvířete, jít se podojit. Někteří kritici ale namítají, že krávy jsou do robota vábeny na jadrné krmivo, jejich volné myšlení je tedy ovlivňováno a nejde o svobodnou vůli přijít se podojit (Driessen 2015).

Společnost DeLaval v ČR spustila svého prvního dojícího robota v roce 2003, avšak se svými dojírnami a pomocnými zařízeními ve stáji u nás operuje již dlouhou dobu. Momentálně

nabízejí jednokomorového robota DeLaval VMS a DeLaval AMR<sup>tm</sup> – automatickou kruhovou dojírnu (DeLaval 2022).

Jedná se o druhou nejrozšířenější firmu s dojícími roboty na našem trhu, a to s přibližně 15,3% zastoupením v našich stájích využívajících AMS (Šimon 2013).

#### **4.1.4 Insentec**

Nizozemská firma založená roku 1979 se zabývá především krmnými automatickými systémy. V roce 1997 se zaměřila i na AMS. Firma je známa svým dojícím robotem Galaxy, který zvládne jediným ramenem obsluhovat dvě stání zároveň. V současnosti nabízejí robota Astrea 20.20 (Hokofarm 2022).

#### **4.1.5 Fullwood**

Společnost Fullwood Packo byla založena ve Velké Británii v roce 1785. Od té doby se zabývá inovací mlékárenského odvětví. Firma u nás spustila svého prvního robota Merlin v roce 2011. V současnosti je na trhu robot s názvem M<sup>2</sup>erlin (Fullwood 2022).

#### **4.1.6 GEA – Farm technologies**

Jedná se o německou společnost založenou v roce 1881, která působí v mnoha odvětvích trhu. Na českém trhu společnost GEA Westfalia Separator působí od roku 1991. AMS této firmy patří na našem území k těm méně rozšířeným. V dnešní době nabízejí kruhové robotické dojírny DairyProQ, monoboxové a multiboxové dojící roboty R9500 a MIone (Gea 2022).

#### **4.1.7 Lely**

Nizozemská společnost založená roku 1948 se nejprve zabývala technikou na sklizeň pícnin a v roce 1992 představila světu svého prvního dojícího robota Astronaut. Od roku 2003 působí na českém trhu se svými AMS Astronaut (Lely 2022). Roboti typu Astronaut A3, A4 a A5 působí na téměř tři čtvrtinách českých robotizovaných stájích (Šimon 2013).

#### **4.1.8 Bližší popis Astronaut A4**

Tato verze AMS vznikla v roce 2011 a jako její předchůdci je plně pneumatizovaná, tj. veškeré pístnice jsou ovládané vzduchem. Od starších typů se odlišuje novou modulární strukturou a je rozdělen na robotickou jednotku, centrální jednotku a řídicí jednotku. Na jednu centrální jednotku mohou fungovat až dvě robotická ramena, která od sebe mohou být vzdálena

až 30 m. V centrální jednotce se nachází vývěva vytvářející podtlak a systém čištění. Dalším doplňujícím vybavením, je parní čištění strukových nástavců, dávkování až čtyř druhů krmiva, včetně tekutého a snímače krmiv v krmném žlabu. Volitelnou výbavou je zabudovaná podlahová váha pro měření aktuální hmotnosti zvířat a systém separace nestandardního mléka (Lely 2022).

Pro lepší welfare dojníc je robot vybaven pohodlnějším vstupem a výstupem v jedné linii, tzv. „I-flow“, kdy byly eliminovány veškeré zatačky a stísněné prostory do kterých zvíře muselo vstupovat. Dále bylo zdokonaleno rameno a většina komponentů k němu byla připevněna, aby se docílilo co nejmenšího počtu pohybů, zamezilo se spadávání nástavců na zem a kráva tak byla co nejméně vyrušována během dojení. Robustní konstrukce ramene zvládne ustát i váhu dojnice, pakliže na něj stoupne. Zvíře v boxu je sledováno 3D kamerou (technologie E-link), která navádí rameno („mateřskou loď“) pod vemeno dojnice. Každý struk se nejprve očistí pomocí dvou proti sobě rotujících kartáčků, poté si robot detekuje tři paprskovým laserovým systémem TDS přesnou polohu a připojí strukové nástavce (Tohni 2017; Weissmuller 2014).

Díky speciálnímu pulsátoru 4Effect může být na každou čtvrt' vemene nastaven jiný parametr pulzace. Díky tomu se každá část vemene dojí samostatně a nezávisle na ostatních. Vylepšený operační systém T4C pro řízení managementu stáda s modulem dynamického krmení DLM je navrženo pro uživatele počítače i mobilních zařízení. Pro šetrnější práci s mlékem bylo rotující čerpadlo nahrazeno silikonovým membránovým čerpadlem. Přesnější systém Lely MQC (Milk quality control) podává uživateli informace z mléka predikcí mastitidy, stanovením obsahu tuku, bílkovin a laktózy. V každé čtvrti zvláště se měří elektrická vodivost, barva mléka, doba dojení, čas rozdojení, rychlost dojení a teplota mléka. Možností je i vylepšená verze MQC-C, jenž navíc měří i počet somatických buněk v mléce po dojení (Lely 2022; Weissmuller 2014).

Krmný žlab je zároveň výstupní branou, která se otevře po podojení do vnitřku robota a tím je kráva vyzvána k opuštění boxu. V případě neochoty zvířete opustit box, je robot vybavený elektrickým bičíkem, který po delším časovém intervalu vydá lehký výboj (Tohni 2017).

Přímo na robotu je zabudovaná dotyková obrazovka X-link, na které může obsluha vidět a řídit aktuální činnost robota a nahlížet do T4C. Systém CRS+ řídí a synchronizuje proplachy veškerých mléčných cest včetně mléčného tanku. Hlavní proplach probíhá standardně 3x denně. Všechny mléčné hadice se propláchnou horkou vodou a dezinfekčními prostředky pod tlakem. Celý proces jednoho čištění zabere cca 20 minut. Kolostrum, mléko obsahující antibiotika či

jinak nestandardní mléko je oddojeno do speciálních nádob a robot si následně dotčené cesty propláchně. V případě neobvyklých situací (výpadek elektřiny) či kritických alarmů, které znemožní AMS pokračovat ve výkonu, je CRS+ vybavená SIM kartou a telefonicky oznámí obsluhu poruchu (Lely 2022).

## **Samotný proces dojení v Astronaut A4**

- Vstup

Když dojnice vejde do dojícího stání je identifikována pomocí „respondéru“ na svém obojku. Robot okamžitě rozpozná, o kterou krávu se jedná, je-li v laktaci, a vyhodnotí, zdali má nárok na dojení nebo na zácvik. V případě že nemá nárok je z boxu vypuštěna. Tato situace nastává, když dojnice:

- byla dojena před méně než 6 hodinami, či déle (záleží na fázi laktace)
- je ve fázi stání na sucho,
- nebo je zařazena do skupiny, jíž se dojí jen v určité hodiny

V opačném případě je zahájeno dojení. Zácvik je nastaven u nelaktujících zvířat, která jsou přikrmována koncentrovanou dávkou v prostoru robota. Kvůli návyku na tento prostor simuluje robot proces dojení. Rameno nezajíždí pod krávu, ale pouze se přikloní z boku a vydává zvuky, pro dojení typické (Machálek 2011).

- Očista struků a příprava na dojení

Nejprve rameno („mateřská loď“) zajede pod krávu. Poté si robot pomocí dvou proti sobě rotujících kartáčů očistí každý struk mléčné žlázy od hrubých nečistot. Tímto způsobem dochází zároveň ke stimulaci vemene a spuštění oxytocinu (Tohni 2017). Polohu struků při očištění si robot porovnává s polohou z posledních 8 dojení. To zajišťuje přesnou a precizní očistu každého struku. Po každém procesu dojení se kartáčky očistí v bez chlóróvém dezinfekčním prostředku, čímž se zamezuje křížové kontaminaci (Lely 2022).

- Dojení

Pomocí třírozměrného laserového skeneru si robot naskenuje polohu, vzdálenost a rozmístění struků na vemeni. Poté začne připojovat jednotlivé strukové násadce od zadních po přední struky. Pokud robot nezaznamená do určitého časového intervalu průtok mléka, vyhodnotí špatně nasazený násadec a opakuje připojení. Pokud se nepodaří robotu ani na potřetí rozdojit alespoň jednu čtvrt, ukončí dojení, dezinfikuje struky a dojnice odchází jako neúspěšně dojená (Tohni 2017).

Při zdařilém připojení pokračuje dojení dál. Nejprve se oddělí 9 ml mléka, které jde kvůli vyšší kontaminaci mimo sběrnou nádobu, tzv. první odstřík. AMS sleduje průtok mléka z každé

čtvrti zvlášť a když poklesne pod určitou hodnotu, která je pro každou dojnici individuální, začne snímat jednotlivé násadce (Lely 2022).

V případě, že kráva skopne násadec z vemene, dojde k okamžitému zablokování podtlaku v daném násadci, který se obnoví po připojení zpět na struk (Lely 2022).

- Dezinfekce

Po ukončení dojení aplikuje robot pomocí rozstříkové trysky na každý struk dezinfekční přípravek, nejčastěji na bázi jódu. Ten je nastříknut na přední část základny struku, poté dezinfekce steče po hladké pokožce až na vrchol struku, kde je otevřený strukový kanálek. Na něm se kapičky zastaví, zaschnou a tím se uzavře všem patogenům (Lely 2022).

- Odchod

Když je dojení ukončeno a dojnice dostala svůj přidělený příkrm jadrným krmivem, dle fáze laktace, odchází výstupní bránou zpět do stáje, nebo do určité kategorie. Za výstupní bránou je možnost postavení další selekční branky, která rozděluje krávy podle kategorií do určené části stáje. Po odchodu krávy je okamžitě možný nástup dalšího zvířete (Lely 2022).

Čas, který potřebuje robot od vstupu dojnice na dojící stání, toaletu vemene, připojení strukových násadců a odchodu krávy z boxu, činí maximálně 2 minuty. Vlastní úspěšné dojení bez případných problémů a za standardních podmínek trvá cca 5,5 minuty. Celkový čas obvyklé dojící operace a proplachu se pohybuje od 7,5 do 8,5 minut (Čihák 2018).

- Očista robota a rozbor mléka

Robot promíchá nadojené mléko ve sběrné nádobě a odebere reprezentativní vzorek, kde změří:

- Obsah tuku, bílkovin a laktózy
- Barvu mléka
- Teplotu
- Počet somatických buněk

V případě, že je vše v pořádku, je mléko vypuštěno do mléčného potrubí až do mléčného tanku, kde je zchlazováno na teplotu 3-5 °C. Když je mléko abnormální (kolostrum), nebo robot zaznamená nějakou anomálii (krev), přepnou se ventily mezi mléčnou pumpou a mléčným potrubím a mléko putuje do separační sběrné nádoby (Hulsen 2011).

Robot se po každém dojení proplachuje. Každé kontaminované potrubí včetně sběrné nádoby propláchnou vlažnou vodou. Strukové násadce jsou důkladně omyty a dezinfikovány párou, která zabíjí bakterie na povrchu i uvnitř strukového násadce. Tím se zamezuje křížové kontaminaci mléčné žlázy (Lely 2022).

## **AMS a kvalita mléka**

Na farmách s AMS dojením je v mléce naměřeno významně menší počet somatických buněk (SB). Např. Dohmen et al. (2010) zkoumali kvalitu mléka na 144 farmách s robotickým dojením v Německu a zaznamenali spojení mezi nižším počtem SB v mléce a AMS. Zjistili tedy, že využití robotického dojení má pozitivní vliv na nižší počet SB v mléce. Příčinou tomu je vyšší frekvence dojení, kvalitnější očista a hygiena struků před dojením a po dojení.

Při srovnávání AMS mléka s mlékem z klasické dojírny u vodních buvolů byly naměřeny vyšší obsahy bílkovin a kaseinu, nižší počet SB, a i celkový výskyt mikroorganismů, zatímco bod tuhnutí, obsah tuku a pH nebyly ovlivněny vůbec (Sannino et al. 2018).

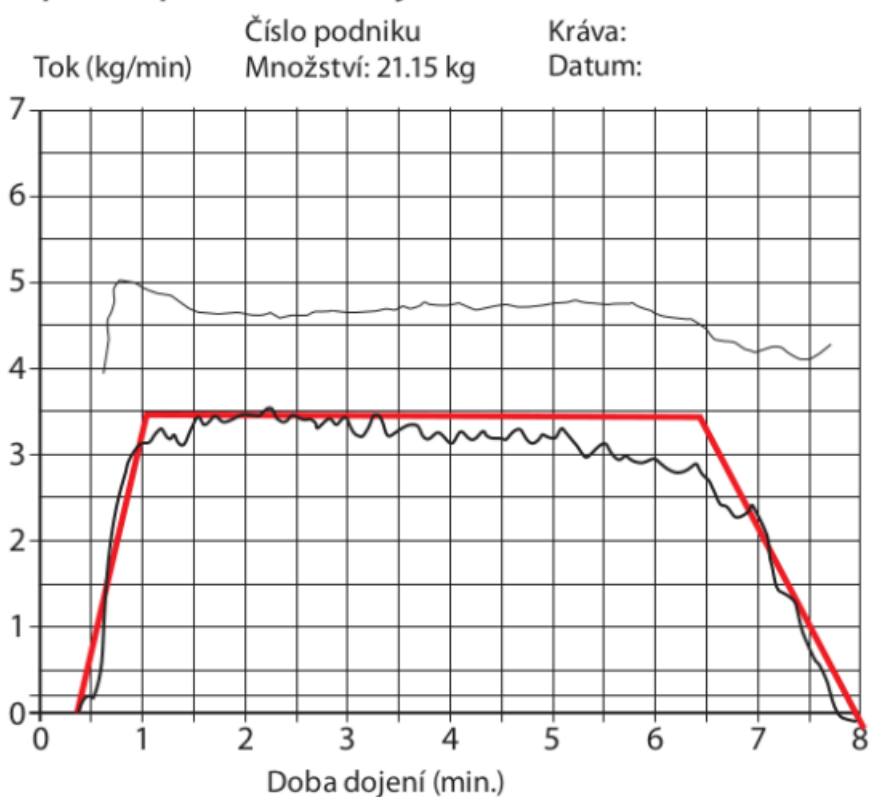
Na farmách využívajících AMS byl zjištěn i vyšší obsah volných mastných kyselin. To vedlo ke změnám ve smyslových vlastnostech a trvanlivosti mléka. Je to z důvodů vyšší frekvence dojení, které má dopad na velikost tukových kapének, jež jsou náchylnější k lipolýze (Simoes 2020). V porovnání kvality mléka, je obsah volných mastných kyselin vyšší oproti neautomatizovanému dojení v důsledku kratších intervalů dojení. Kvůli tomu mléko obsahuje i více vody a zvyšuje se hodnota bodu tuhnutí (Jiang et al. 2017). Co se týče tuku a bílkovin, jejich obsahy při častější frekvenci dojení a vyšší produkci klesají. Obsah tuku průměrně o 0,15 % a obsah bílkovin o 0,05 % (Simoes 2020).

Koncentrace hormonů v mléce, jako je kortizol či kortikosteroid se v porovnání s konvenčním dojením nelišila a hladiny byly stejné (Weiss et al. 2005; Gygax et al. 2006; Lexer et al. 2009). Zato hladiny adrenalinu a noradrenalinu v plazmě byly naměřeny vyšší při neautomatickém dojení. Z toho vyplývá, že byla tato zvířata pod vyšší stresovou zátěží (Hopster et al. 2002).

### **4.1.9 Ovlivňování produkce mléka v AMS**

Při přípravě vemene dojnice na dojení je při prvotní stimulaci uvolněno zpravidla 50 % alveolárního mléka. Koncentrace oxytocinu rychle klesá a je nezbytné začít s vlastním dojením do dvou minut od začátku stimulace vemene. Současně s dojením by měl robot stále stimulovat mléčnou žlázu. V případě, že je doba přípravy dlouhá (kráva je nervózní a nechce se nechat nasadit) a dojení se oddaluje, může to vést k rychlé ztrátě průtoku mléka. Obrázky č. 3 a 4 (Jelínková 2012).

## Optimální – obdélníkový profil průběhu dojení

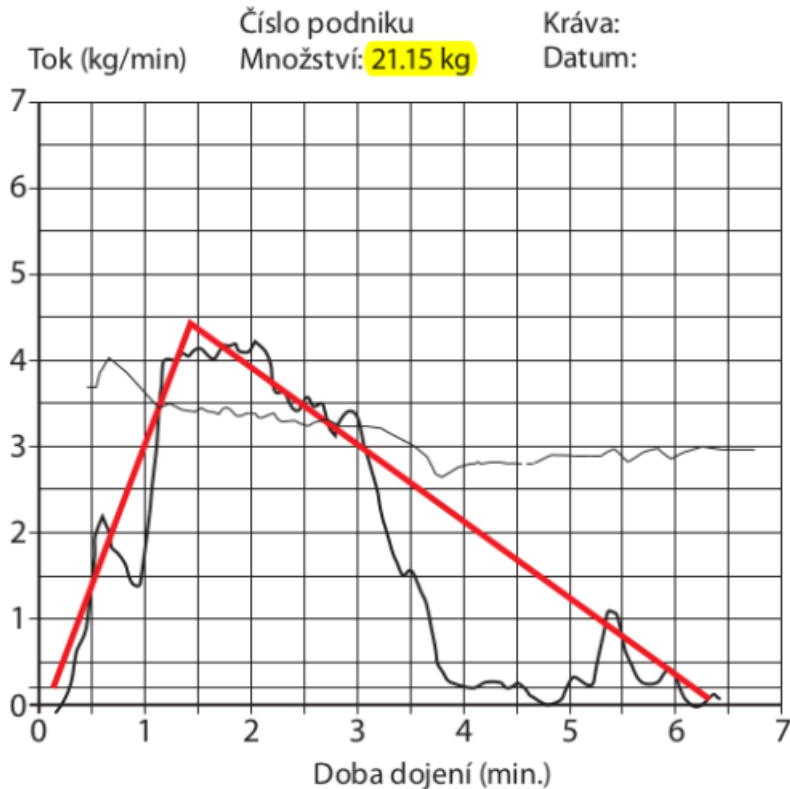


Obdélníková křivka průtoku mléka během dojení při správné stimulaci. Vyznačuje se krátkou dobou nástupu průtoku, následuje dlouhá fáze maximálního průtoku mléka, dále krátká fáze poklesu a rychlý konec dojení. Tak získáme maximální množství mléka za nejkratší čas.

Obrázek č. 3. Křivka produkce mléka při správném dojení (Jelínková 2012).



## Nesprávný – trojúhelníkový profil průběhu dojení



Trojúhelníková křivka průtoku mléka během dojení při nesprávné nebo nedostatečné stimulaci. Je vidět neplynulý a prodloužený nástup průtoku, následuje krátká a rychle klesající fáze maximálního průtoku mléka. Fáze poklesu je velmi dlouhá a průtok se snižuje na minimum. Mezi 4. a 5. minutou nastává dojení „naslepo“, pak následuje „dodojek“ a teprve poté konec dojení. Tímto způsobem je téměř polovina času dojení neefektivní a získáme mnohem méně mléka. Dojení naslepo navíc poškozuje strukové kanálky.

Obrázek č. 4. Křivka produkce mléka při špatném dojení (Jelínková 2012).

Při tradičním odchovu telat pod matkou saje mládě mléko více než 6krát denně, později 4–6krát za den. Celkový čas kojení krávy se pak pohybuje okolo 45-60 minut za den. Z toho vyplývá, že vyšší frekvence dojení je blíže přirozenějšímu chování dojnice (Brouček & Kišac 2001). Častější dojení způsobuje u dojnic s původním denním nádojem >35 kg mléka zvýšení produkce o 18,9 %, zatímco u dojnic s původním denním nádojem >25 kg mléka je nárůst produkce pouze o 1,4 %. Z toho vyplývá, že dojit dojnice 3 a vícekrát denně se vyplácí pouze u stád s dojivostí nad 10 000 kg mléka za laktaci (Doležal 2015). Při dojení krav v AMS se ale dojivost zvířat zvyšovala až o 25 % (Maršálek 2012).

Při dojení krav v AMS od Lely byla v chovech s českým strakatým skotem a holštýnským skotem zjištěna nejvyšší užitkovost na druhé laktaci. Rozdíl v denní produkci mezi první a druhou laktací byl přitom až 10 kg. Další laktace se příliš nelišily a byly o něco málo nižší než druhá laktace, kde se dojnice dostaly na vrchol své užitkovosti (Maršálek 2012).

#### **4.1.10 Vliv AMS na mléčnou žlázu dojnic**

AMS zvyšují díky vyšší frekvenci dojení množství buněčných elementů ve vemeni, což se odborně nazývá celulární diapedéza. Vyšší frekvence dojení zajišťuje odplavování choroboplodných zárodků, ale současně i zvyšuje šance na průnik těchto patogenů do vemene z důvodu častěji otevřených strukových kanálků, jež se uzavírají až dvě hodiny po dojení. Infekce vemene je rizikovější kvůli odplavení ochranné keratinové výstelky vnitřní části mléčné žlázy. Pokud je AMS správně seřízen a je zajištěn správný management chovu, jsou vemena vystavena častější toaletě, a to v kombinaci s neutrofilními granulocyty (bílé krvinky), které prostupují do mléčné žlázy a riziko infekce snižují (Kic 1997).

Před začátkem dojení musí být struky kvalitně očištěny a měly by být co nejvíce suché. Dojení a manipulace s mokrým strukem vede k vyššímu přenosu bakterií směrem k vrcholu struku, zvýšení rizika infekce *Streptococcus dysgalactiae* a dalším problémům se zdravotním stavem mléčné žlázy (Rasmussen 2010). Ve stájích s vysokým výskytem mastitidy byl zjištěn výrazný útlum zánětů vemene po zavedení a úspěšném zaběhnutí AMS (Koning 2011).

### **Robotické krmení**

Automatické krmné systémy (AFS – automatic feeding system) se začaly vyskytovat v chovu dojnic kolem roku 2000. Komerčně se ale AFS začaly na farmách využívat až kolem roku 2006. Hlavním rozdílem mezi AFS a klasickým krmením je více „volného“ času pro farmáře, který se do přípravy a distribuce krmné dávky přímo nezapojuje. AFS umožňují častější frekvenci krmení a možnost naprogramování několika krmných dávek pro různé kategorie zvířat (Hollander et al. 2005).

Krmení krav manuální cestou a běžně dostupnými prostředky zabírá přibližně 25 % pracovní doby. Nejmodernější krmná technika umožňuje automatickou distribuci krmné dávky (KD) na krmný žlab pomocí dopravníkových pásů, kolejnicově vedených nebo samojízdných krmných robotů (Schick 2006).

Nejčastějším důvodem k instalaci AFS byla potřeba zefektivnění a úspora práce (až o 24 %), využití statkových budov a lepší spolupráce s AMS. Protože vyšší frekvence krmení je spojená s vyšší frekvencí dojení. Dalším důvodem je lepší účinnost krmení a lepší hospodaření

s nimi, jelikož pojízdné krmné systémy krmivo zároveň přihrnují. Čas na přípravu KD byl s AFS zkrácen až o 50,9 % a omezen na doplňování krmiva do „kuchyně“ (skladu) robota, kde krmivo vydrží v zimě až 3 dny. Nutno je ale podotknout že AFS jsou oproti klasickým systémům krmení až 3x dražší (Belle 2012).

Dostupné jsou různé typy AFS:

- **Stacionární krmné systémy**

První možností je dopravníkový distributor. Funguje na principu shrnovací radlice, která rovnoměrně stahuje krmnou dávku na krmný stůl z dopravního pásu, jenž se vine nad krmištěm. V přípravě krmiv jsou otevírače balíků, které KD namíchávají na dopravní pás nebo se dávka může míchat přímo ze silážních věží pomocí silořezů. Celý systém je poháněn elektromotory (Nydegger & Grothmann 2009).

Druhou možností je řetězový stůl. Jedná se o řetěz s hrabicemi na úzkém krmném stole. Dopravní pás odebírá KD z přípravní krmiva a rovnoměrně ji rozváží po celé délce krmiště až na vzdálenost 90 m (Nydegger & Grothmann 2009).

- **Mobilní krmné systémy**

Do této kategorie se řadí samojízdné krmné vozy. Ty se pohybují po zemi a jsou naváděny indukčním drátem zapuštěným v podlaze, nebo pomocí naváděcích čidel podél krmné zábrany. Vůz se v přípravě krmiv naplní pomocí frézovacích a nakládacích válců, nebo mostního drapáku. Distribuční vůz může být vybaven vertikálním nožovým šnekem na promíchávání krmiv. Vozíky mohou být poháněny plně elektricky, nebo na naftový motor (Nydegger & Grothmann 2009).

- **Kolejnicově vedené krmné systémy**

Jedná se o střední cestu mezi stacionárními dopravníky a mobilními systémy. Principem je kolejnice zavěšená na sloupech, po které se pohybuje krmný vůz. Ten distribuuje KD na krmiště a jeho pohyb je omezen kolejnicí. Plnění vozíku probíhá ve stacionární přípravě či skladišti krmiv, kde si z jednotlivých komponentů systém namíchá požadovanou krmnou dávku. Zavěšené vozíky rozlišujeme na rozdělovací a míchací. Ty uvnitř mají navíc vertikální nožový šnek, popřípadě šneky, které nařezou a namíchají KD. Pohon je zajištěn elektromotory, kdy je vozík vybaven bateriemi, vlečnými kabely, nebo napájecí napěťovou lištou s průběžným napájením (Gjødesen 2007).

## Pastevní selekční branky

Pastva skotu s mléčnou užitkovostí je v mnoha zemích běžná (Nový Zéland, Austrálie, skandinávské země, Nizozemsko, Irsko a další země Evropy). Problémem nastává při dojení, kdy se zvířata musí z pastvin přihánět, a to může být při větším počtu náročné. Dále dlouhé vzdálenosti, které musí zvířata kvůli pastvě ujít snižují produkci mléka a zvyšuje se náročnost dojení (Koning 2011).

Aby se krávy mohly pást i na farmě s AMS je potřeba je roztrdit na podojené a na krávy bez nároku na pastvu (takové, které AMS podojí, nebo nesmí na pastvu kvůli inseminaci či brzkému termínu telení). K tomu slouží například pastevní třídící branka (Grazeway) od společnosti Lely, nebo obdobné pastevní branky od firem DeLaval, Vrbovec, nebo Farmsoft. Ta operuje se stejným softwarem jako AMS a branka tak dokáže díky respondérům v obojku rozlišit, kterou krávu kam pustit (Utsumi 2011).

Pastevní systémy snižují počet dojení v AMS v závislosti na velikosti pastvin. K snížení počtu dojení docházelo hlavně v časných ranních hodinách. V porovnání s krávami, které neměly možnost pastvy se snížila návštěvnost dojících robotů až o 50 % (John et al. 2016). Motivace dojnic k dobrovolné návštěvě AMS silně klesá, má-li ujít více jak 500 m (Koning 2011). Dojnice upřednostňují pastvinu, na které je dostatek potravy před krmným žlabem ve stáji. Proto klesá návštěvnost a i dojivost. Je-li ale pastva chudá, krávy navštěvují raději stáj a tím se návštěvnost v AMS zvýší. S délkou pastvy dojnic klesá produkce mléka. Při 8-12 hodinové pastvě vzdálené 400 m od stáje klesla produkce mléka o cca 15 % oproti celodennímu pobytu ve stáji a vyvážené krmné dávce (60 % objem, 40 % jádro) (Utsumi 2011).

## Fyziologie a morfologie mléčné žlázy

Z pohledu fylogenetického vývoje je mléčná žláza přetvořená kožní žláza, která se u samic vyšších saveců formuje ve strukturovaný orgán tvořící z exteriéru viditelnou vyvýšeninu kůže zakončenou strukem. U hospodářských zvířat tento útvar nazýváme vemeno (Reece 2011).

Morfologicky se mléčná žláza skládá ze žláznatých alveolů a tubulů, které jsou propojeny vývodovým systémem končícím v mlékojemu. Na ten navazuje struk, jenž vyúsťuje na povrch. Počet alveol ve vemenu je řádově až  $10^9$ , a spolu s vývodovým systémem vytváří žláznatý parenchym. Součástí alveol jsou košíčkové myoepiteliální buňky, které mají důležitou vlastnost smršťování. Tím vytlačují mléko z alveol, pokud na ně působí hormon oxytocin (Jacobson 1996).

Samotné vemeno se skládá ze žláznatého tělesa, které je složeno ze žláznatého parenchymu obklopeným žláznatým vazivem. To celé je obaleno v tukovém polštáři vemene. Součástí žláznatého tělesa je ventrálně umístěná mléčná cisterna, do které je odváděno mléko vývodovým systémem alveol. V těchto vývodech jsou svěrače, které rozdělují celý systém na několik pater, aby docházelo k postupnému naplňování. Cisterna je rozdělena na žlázovou a strukovou část. Vemeno je k břišní stěně krávy připevněno závěsným vazem (Hovey et al. 2002).

Aby mohly žláznaté alveoly vylučovat mléko, musí projít procesem zvaným laktogeneze, která je řízena hormonálně (estrogenem, progesteronem, prolaktinem apod.). Prvním mlékem, které samice po porodu (otelení v případě krav) produkují, je nezralé mléko zvané mlezivo – kolostrum. Toto mléko kráva produkuje prvních 5 dní od otelení, pak postupně vytváří mléko zralé (Reece 2011).

#### **4.1.11 Funkce mléčné žlázy**

Syntéza mléka ve žláznatém parenchymu (alveolách) se nazývá sekrece. Ta probíhá uvnitř vemene, kde se mléko shromažďuje a postupně zaplňuje nejprve alveoly, mlékovody a nakonec mlékojemy (Frelich 2011). Spodní patra vývodového systému se naplňují až po naplnění horních vyšších pater (Eckles & Anthony 2008). Když je vemeno naplněno z 85 %, zamezuje vnitřní tlak vemene tvorbu lipidových kuliček. Další naplňování vemene postupně zastavuje sekreci mléka (Frelich 2011).

Ke spouštění mléka z vemene dochází pasivním mechanickým vlivem, přirozeně podtlakem vytvořeným teletem, nebo člověkem – strojně. Mléko, které se takto uvolní je z cisternové části, tzv. cisternové mléko. K uvolňování mléka napomáhá zároveň tlak uvnitř vemene, který může v některých případech překonat sílu svěrače strukového kanálku a tím dojde k samovolnému vytékání mléka. K uvolnění dalšího mléka dochází aktivním působením neurohumorálního mechanismu ze žláznatého parenchymu mléčné žlázy (tzv. alveolární mléko) procesem, zvaným ejakce (Frelich 2011). Masáží vemene a struků se spouští z neurohypofýzy hormon oxytocin, který spouští sekreci mléka. S nástupem koncentrace oxytocinu v krvi začnou reagovat košičkové myoepiteliální buňky a vnitřní tlak uvnitř mléčné žlázy vzroste z 0–8 mm Hg na úroveň 30–50 mm Hg. Tento hormon působí 10–15 minut, dokud se nerozloží v játrech. Oxytocin je citlivý hormon a může být snadno potlačen, pokud zvíře vystavujeme stresovým situacím, například adrenalinem (Truchet & Honvo-Houéto 2017).

## Kvalita mléka

Základní definicí mléka uvádí *Codex Alimentarius*: „Mléko“ je sekret mléčné žlázy zvířat produkujících mléko, jež je získáno dojením a do kterého nebylo nic přidáno, ani z něho nebylo nic odebráno, je určeno pro přímou konzumaci v tekutém stavu, nebo pro další zpracování. V evropské legislativě je mléko definováno jako: „Surovým mlékem“ se rozumí mléko produkované sekrecí mléčné žlázy hospodářských zvířat, které nebylo podrobeno ohřevu nad 42 °C, a nebylo ošetřeno žádným způsobem s rovnocenným účinkem (Navrátilová 2012).

Mléko patří mezi potraviny živočišného původu, které lze definovat obecným pojetím jako souhrn zjistitelných, nebo měřitelných vlastností, které informují konzumenta o vhodnosti pro zpracování, konzumaci a kulinářské úpravě. Nejdůležitější informací je však zdravotní nezávadnost, případná rizika nebo pozitivní přínos pro zdraví spotřebitele a uspokojení smyslových vjemů člověka (Doležal 2010).

### 4.1.12 Složení mléka

Mléko je sekret produkovaný mléčnými žlázami samic savců určený k výživě jejich mláďat. Obsahuje složky (bílkoviny, tuky, sacharidy, minerální látky, vitaminy) nezbytné pro růst a vývoj mláďat. Mimo výživové funkce plní mléko i další významné fyziologické funkce. Tou nejvýznamnější funkcí je obranná (obsahuje imunoglobuliny, antimikrobiální látky), napomáhá trávení (enzymy, inhibitory enzymů, enzymy vázající protein) a dále obsahuje růstové faktory a hormony. Každý druh má své nutriční a fyziologické požadavky jedinečné, a proto složení mléka vykazuje mezidruhové rozdíly (tabulka č. 2) (Navrátilová 2012)

Savec	Sušina	Tuk	Bílkovina	Laktóza	Min. látky
Člověk	12,2	3,8	1	7	0,2
Skot	12,7	3,7	3,4	4,8	0,7
Buvol	16,8	7,4	3,8	4,8	0,8
Koza	12,3	4,5	2,9	4,1	0,8
Ovce	19,3	7,4	4,5	4,8	1
Prase	18,8	6,8	4,8	5,5	1
Kůň	11,2	1,9	2,5	6,2	0,5
Osel	11,7	1,4	2	7,4	0,5
Potkan	32,8	18,3	11,9	2,1	1,8
Indický slon	31,9	11,6	4,9	4,7	0,7
Polární medvěd	47,6	33,1	10,9	0,3	1,4

Tabulka č. 2. Obsahy hlavních složek (%) v mléce (Fox 2003).

### **Základní složení mléka**

Složky mléka se dají obecně rozdělit na původní, které vznikají během tvorby mléka v mléčné žláze a jsou přirozenou součástí mléka a na nepůvodní (cizorodé), jež se mohly dostat do mléka intravitálně, nebo postsekretoricky. Původní složky se dále rozdělují na hlavní – voda, laktóza, bílkoviny a tuk; a vedlejší – plyny, vitaminy, minerální látky, hormony, enzymy, somatické buňky aj. (Lukášová et al. 1999).

Z fyzikálně-chemického hlediska je mléko polydisperzní systém, který se skládá ze dvou základních částí: z disperzního prostředí a z částí rozptýlených v tomto prostředí, tedy disperzní fáze. Vlastnosti tohoto systému závisí na vnitřních faktorech (složení a struktura) a na vnějších faktorech (teplota a ošetření mléka po nadojení). Mléko má velice komplikovanou strukturu, jelikož obsahuje více než 100 000 molekul různých chemických látek. Podle velikosti molekul se částice rozlišují na **fáze emulzní, molekulární a koloidní**. V čerstvém mléce je emulzní fáze tvořena mléčným tukem spolu s fosfolipidy, steroly, vitaminy rozpustnými v tucích a volnými mastnými kyselinami. Koloidní fáze je zastoupena mléčnou bílkovinou (kaseiny,  $\alpha$ -laktalbuminem,  $\beta$ -laktoglobulinem, sérovým albuminem a enzymy). Molekulární fáze je tvořena sacharidy, vitaminy rozpustnými ve vodě, nebílkovinnými dusíkatými látkami, solemi minerálních látek a plyny (Truchet & Honvo-Houéto 2017).

Chceme-li získat mléčné sérum, musíme z mléka odstranit tuk a kasein. Pro výrobu mléčné plazmy odstředíme z mléka tuk (Navrátilová 2012).

### **Protein**

Bovinní mléko obsahuje přibližně 3,2-3,5 % proteinů. Jeho množství je ovlivněno řadou faktorů jako je věk, plemeno, individualita dojnice, fáze a pořadí laktace nebo výživa. Hlavní podíl mléčné bílkoviny přežvýkavců tvoří kasein ( $\geq 75$  %). Mléčné bílkoviny jsou tvořeny směsí dvou hlavních typů proteinů: kaseiny (80 %) a syrovátkové proteiny (20 %). (Walstra et al. 1999).

Celkově se v mléce nachází 6 specifických proteinů, jež pocházejí z mléčné žlázy:

- Kaseinové
  - $\alpha_{s1}$  tvoří přibližně 38 % z celkového kaseinu
  - $\alpha_{s2}$  10 %
  - $\beta$  36 %
  - $\kappa$  15 %
- Bílkoviny
  - **$\alpha$ -laktalbumin** který tvoří cca 40 % celkového obsahu syrovátkových bílkovin
  - **$\beta$ -laktoglobulin** tvoří cca 20 % (Løvendahl & Chagunda 2011).

Dále se k hlavním proteinům řadí i další syrovátkové bílkoviny, které přicházejí z krve. Jedná se o **bovinní sérové albuminy** (cca 10 %) a **imunoglobuliny** (cca 10 %). Posledními skupinami proteinů v mléce jsou **enzymy**, které jsou zastoupeny méně než 1 % z celkového obsahu bílkovin a **minoritní bílkoviny** (transferin, laktoferin, aj.) (Singh & Flanagan 2006).

### **Sacharidy**

Základním sacharidem mléka je laktóza, která tvoří 99 % všech cukrů v mléce. Ostatní sacharidy jako glukóza, galaktóza, fruktóza aj., tvoří pouze stopové množství (Navrátilová 2012).

Laktóza je redukující disacharid, tvořený z **D-glukosy** a **D-galaktózy**, které jsou spojeny  $\beta$ -1,4-glykosidickou vazbou. Existují dvě formy laktózy, které se liší svou rozpustností a krystalizací. Nejstabilnější je monohydrát  $\alpha$ -laktózy a druhou formou je  $\beta$ -laktóza. Při porovnání s ostatními sacharidy je laktóza relativně nerozpustná (Muir 2003).

### **Mléčný tuk**

Tuk se vyskytuje v mléce všech savců. Jeho obsah je vysoce variabilní jak v kvalitě, tak kvantitě. Jeho obsah je podle druhu savce od 2 % do 50 %. Tuk je významný zdroj esenciálních mastných kyselin a lipofilních vitamínů. Po chemické stránce je tvořen celkový tuk z 97-98 % **triacylglycerolem (TGA)**. Malý podíl tvoří i **diacylglycerol** (0,3 %) a minimálně jsou přítomny i **monoacylglyceroly** (0,03 %) a **volné mastné kyseliny** (0,1 %). Množství těchto méně zastoupených tuků stoupá po nadoji vlivem lipolýzy. Nejvíce jsou ovlivněny volné mastné kyseliny, které mohou zvýšit svůj obsah až na 1 % (Løvendahl & Chagunda 2011).

Dalšími zástupci mléčného tuku jsou **fosfolipidy**, které zaujímají cca 0,8 % z celkového obsahu. Jejich význam je v přítomnosti u membrán tukových kuliček. Významnou skupinou jsou i **steroly** (0,3 %) z nichž nejvýznamnější je cholesterol. Ve stopovém množství se vyskytují v mléce **karotenoidy**, kteří jsou prekurzory vitamínu A jsou tedy viníkem žlutavého zbarvení mléka. Tato skupina tuků je vysoce ovlivněna plemenem (Jersey má vyšší obsah oproti ostatním plemenům) a výživou, kdy v létě je díky pastvě v mléce vyšší obsah. To z mléka dělá jeden z hlavních zdrojů vitamínu A – retinolu (Navrátilová 2012).

Struktura tuku v mléce je v podobě mikroskopických globulů, které vytváří emulzi olej/voda. V tukových kuličkách je obsaženo 95 % všech lipidů mléka, malé množství lipidů je emulgováno v mléčném séru a je neoddělitelné při odstředování. Velikost těchto kuliček se pohybuje v rozmezí 0,1-30  $\mu\text{m}$ , ale průměrná velikost tukové kuličky je 3,5  $\mu\text{m}$ . Jejich průměrné množství v 1 ml mléka s tučností 3,7 – 4,1 % se pohybuje mezi  $1,5 - 6 \cdot 10^{10}$  (Truchet & Honvo-Houéto 2017).



### **Minerální látky**

Nejčastěji se minerální látky v mléce dělí podle zastoupení na: makroelementy, mikroelementy a stopové prvky. K nejvýznamnějším prvkům z nutričního hlediska patří – Na, K, Mg, Ca, Cl, P a S (makroprvky) a některé stopové prvky – Fe, Zn, Mn, Cu, Ni, Co, Mo, Cr, Se, I, F, B a Si. Obsahy minerálních látek nejsou konstantní, ale liší se v závislosti na fázi laktace, výživě, genetických faktorech a vnějším prostředí (Cashman 2003).

Minerální látky se v mléce nachází v různých formách. Např. v podobě anorganických iontů a solí, nebo jako součást organických sloučenin – tuky, sacharidy, bílkoviny a nukleové kyseliny. Význam solí je důležitý při zpracování mléka, protože ovlivňují jeho technologické vlastnosti. V důsledku změny složení mléka, například při mastitidách, dochází ke změně koncentrace solí v mléce a k následnému negativnímu ovlivňování jakosti mléčných výrobků (Navrátilová 2012).

#### **4.1.13 Mikroorganismy v mléce**

Mléko je výborným živným médiem pro růst a vývoj mikroorganismů, jelikož má skvělé biochemické složení, velký obsah vody a téměř neutrální pH. Do mléka se dostávají mikroorganismy různými cestami. První z nich je primární mikroflóra, která se do mléka dostává ještě před dojením krevním oběhem nebo strukovými kanálky. Obecně nemá primární mikroflóra u zdravých a vitálních dojnic žádný větší vliv na jakost a trvanlivost mléka (Navrátilová 2012).

Primární mikroflóra je celkem brzy potlačena sekundární mikroflórou, která mléko kontaminuje během dojení a dalšího zpracování. Zdrojem kontaminace je povrch mléčné žlázy dojnic, krmná směs, podestýlka, výkaly, dojiči, dojící zařízení, vzduch a sběrné nádoby na mléko (Quigley et al. 2013).

Množství a zastoupení mikroorganismů v syrovém mléce je závislé na hygienických podmínkách při získávání mléka, ročním období, krmné směsi a ošetření a skladování mléka. V 1 ml čerstvě nadojeného mléka od zdravých dojnic bývá  $10^2$ - $10^3$  tis. mikroorganismů. Jejich zastoupení se rozděluje do tří skupin:

- Patogenní a toxigenní mikroorganismy
- Mikroorganismy působící zkažení mléka
- Mikroorganismy využívané k fermentaci mléčných výrobků

Několik druhů je možno pozorovat jako zástupce více skupin zároveň (např. *Bacillus cereus* nebo bakterie mléčného kvašení). Hlavním kritériem kvalitního mléka je eliminovat

patogenní mikroorganismy a zajistit co nejnižší výskyt mikroorganismů způsobujících jeho kažení (Gemechu 2015).

Při kažení mléka dochází k fermentaci sacharidů (mléčné, propionové či máselné kvašení), degradaci proteinů a také tuků působením bakteriálních proteolytických a lipolytických enzymů. Mezi nejvýznamnější mikroorganismy způsobující kažení mléka patří gramnegativní tyčinky (koliformní bakterie, *Pseudomonas* spp.), grampozitivní sporotvorné bakterie (*Bacillus* spp., *Clostridium* spp.), bakterie mléčného kvašení, koryneformní bakterie, kvasinky a plísně (Shabbir et al. 2020).

Mezi nejvýznamnější patogenní mikroorganismy vyskytující se v syrovém mléce řadíme *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Campylobacter* spp., *Salmonella* spp., *Escherichia coli*., *Clostridium* spp., kvasinky, plísně a také viry. Tyto mikroorganismy jsou v mléce schopny vyvolat alimentární infekci či intoxikaci. K jejich inhibici však dochází při zchlazení mléka po nadojení na 3-4 °C a také nepatogenní kompetitivní mikroflórou mléka (Quigley et al. 2013).

Poslední skupinou jsou mikroorganismy využívané při fermentaci mléka a k výrobě mléčných produktů. Ty se v syrovém mléce přirozeně vyskytují, ale také se při výrobě do mléka přidávají. Nejvýznamnějšími jsou *Lactococcus* spp., *Lactobacillus* spp., *Prorionibacterium* spp., *Bifidobacterium* spp. a plísně *Penicillium* spp (Gemechu 2015).

#### 4.1.14 Somatické buňky

Mléko ve všech svých fázích obsahuje buňky, které jsou od roku 1963 označeny jako somatické buňky (SB). Tyto buňky jsou odrazem zdravotního stavu mléčné žlázy a také se využívají k hodnocení kvality mléka při zpeněžování (Pappe et al. 2001).

Somatické buňky mají navíc svůj vlastní obranný enzymatický aparát, kterým bojují proti cizím mikrobiálním substancím uvnitř vemene. Tyto enzymy zhoršují, při vyšším počtu SB, zpracovatelnost mléka, respektive kysací procesy (Alhussien & Dang 2018).

Původ somatických buněk je z krve dojnice a z epitelu mléčné žlázy. Jedná se o bílé krvinky (84-98 %) a oloupaný epitel z různých úseků mléčné žlázy (2-16 %). Leukocyty přecházejí do mléčné žlázy a mléka z krve. Zvýšený počet SB je signálem, že byla mléčná žláza napadena infektem, nebo neinfekčními vlivy. Organismus pak využívá bílé krvinky k eliminaci přítomné infekce, reparuje poškozené buňky mléčné žlázy a zajišťuje uzdravení (Navrátilová 2012).

Počet SB v 1 ml mléka je u zdravé dojnice do 100 000. Pokud je počet nad 200 000 SB/ml doporučuje se vyšetření a překročí-li hodnota 300 000 SB/ml jedná se již o zdravotní

problém (Samková 2012). V případě, že se u dojnice v mléce naměří hodnota SB od 1 000 000 v 1 ml, jedná se o predikci poruchy imunitního systému (Kic 1997). Podle platné legislativy (nařízení ES 853/2004 a nařízení ES 1662/2006) je kritériem pro syrové kravské mléko limit počtu somatických buněk do 400 tisíc v 1 ml mléka (Alhussien & Dang 2018).

Počet somatických buněk (PSB) je závislý na mnoha faktorech. Nejdůležitější z nich je **zdravotní stav dojnice**. Záněty v mléčné žláze – mastitida – je nejvýznamnějším činitelem. Mastitida dokáže zvýšit počet somatických buněk v mléce až o několik řádů z  $10^4$  na  $10^7$ . Průměrný PSB vzrůstá úměrně s virulencí patogenu a jeho patogenitou. Při mastitidě dochází i k vyššímu odlupování epitelů (Hamann & Fehlings 2002). Dalším faktorem zvyšujícím PSB jsou metabolické poruchy jako acidózy a bachorové alkalózy, které jsou spojeny se vznikem mastitidy. Dále se vyšší PSB vyskytuje ve čtvrtích, kde byla mastitida někdy prodělána a byla i zcela vyléčená (Navrátilová 2012).

Vysoký obsah somatických buněk se v mléce objevuje zpravidla i na začátku laktace (5-14 den), kdy se v něm vyskytuje vyšší počet epiteliálních buněk. Ke snižování PSB dochází postupně do 10. týdne a ve zralém mléce je pak relativně nízký a stabilní obsah až do 5-6 měsíce březosti. Počty SB se pak zvyšují ve starodojném mléce ke konci laktaci, kdy příprava na další laktaci zahrnuje i regeneraci epitelu mléčné žlázy (Alhussien & Dang 2018).

Dalšími faktory ovlivňování PSB v mléce jsou:

- **Věk dojnice a pořadí laktace**
  - Od první do desáté laktace se SB vzestupně zvyšují.
- **Frakce mléka**
  - V prvních střících je vysoký počet SB, následně klesá a na konci se opět zvyšuje. Nejvíce SB je v reziduálním mléku (nevydojené mléko).
- **Frekvence dojení**
  - Čím více dojení za den, tím nižší PSB.
- **Denní variabilita**
  - Při večerním dojení bývá vyšší PSB.
- **Stavba vemene**
  - U hlubokých vemen a u velkoobjemových zadních čtvrtí byl pozorován vyšší obsah počtu somatických buněk.

- **Teplota prostředí**
  - Optimální rozmezí tepelného komfortu u vysokoprodukčních dojnic se pohybuje okolo 8-16 °C. Zvýšená okolní teplota způsobuje nižší užitkovost, snížení obsahu tuku a zvýšení PSB v mléce.
- **Roční období**
  - V zimním období byly pozorovány nižší počty SB.
- **Výživa**
  - Vyšší PSB bylo pozorováno u přechodu ze zimní na letní krmnou dávku, obzvláště se začátkem pastvy. Náhlé změny krmení mají neblahý vliv na složení bachorové mikroflóry, která se adaptuje pomaleji. Negativním vlivem na PSB je i zkrmování zaplísňených nebo zapařených krmiv.
- **Plemeno**
  - Uvádí se, že horská plemena (Brown Swiss) mají o 50-100 tisíc méně SB oproti nížinným (holštýnský skot).
- **Stres**
  - Stresující manipulace (úprava paznehtů, odběry krve) i sociální stresy (hierarchie) způsobují zvýšení PSB.
- **Říje**
  - V tomto období je možný krátkodobý vyšší výskyt SB.
- **Technika dojení a dojící zařízení**
  - Způsob dojení a typ dojícího zařízení ovlivňuje počet PSB. Významná je především příprava struků, provedení toalety vemene a závěrečná dezinfekce (Alhussien & Dang 2018).

Ovlivňování počtu somatických buněk a dalších složek mléka s nástupem dojícího automatu na farmě je zahrnuto v tabulce č. 3.

Dojírna		Tradiční Dojení 2x denně	Tradiční Dojení 3x denně	Robotické Před zavedením	Robotické Po zavedení
CPM	(*1000/ml)	8	8	8	12
PSB	(*1000/ml)	181	175	175	190
Bod tuhnutí	(°C)	-0,520	-0,521	-0,521	-0,516
FFA	(meq/100 g tuku)	0,44	0,54	0,41	0,59

Tabulka č. 3. Vliv druhu dojení na počet SB, CPM, bodu tuhnutí a FFA v mléce (Koning 2011). CPM (Celkový počet mikroorganismů); PSB (Počet somatických buněk); FFA (volné mastné kyseliny)

Z tabulky 3 je zřejmé, že při přechodu z klasického dojení na AMS došlo ke zvýšení PSB a CPM v 1 ml mléka oproti tradičnímu způsobu dojení. Na vyšší počty mohly mít vliv i další faktory, nejen změna způsobu dojení. Nepatrně se snížila hodnota bodu tuhnutí mléka, a obsah volných mastných kyselin se po nástupu automatického dojení zvýšil (Koning 2011).

#### 4.1.15 Mastitida

Mastitidou se rozumí zánět mléčné žlázy, který je charakteristický fyzikálními, chemickými a mikrobiologickými změnami v mléce. Především se ale vyznačuje zvýšením počtu somatických buněk a patologickými symptomy ve tkáni mléčné žlázy. Mastitidy dělíme podle různých aspektů. Podle klinického průběhu se mohou dělit na perakutní, akutní a chronické. Nejčastěji se rozdělují podle symptomů na **klinické** a **subklinické**. A podle etiologie se dají rozdělit na infekční mastitidy způsobené mikrobiální činností a na neinfekční mastitidy vzniklé působením jiných činitelů (trauma, teplotní vlivy, nesprávná funkce dojícího zařízení atd.) (Navrátilová 2012). Mezi nejčastější původce mastitidy se řadí patogenní bakterie rodů *Streptococcus agalactiae* a *Staphylococcus aureus*, dalšími pak *Str. dysgalactiae*, *Str. uberis*, *Escherichia coli* nebo *Pseudomonas aeruginosa*. Vzácně mohou mastitidu vyvolat i *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* spp., *Klebsiella* spp., *Mycobacterium tuberculosis*, *M. bovis* a další. Jejich nejobvyklejší cesta do mléčné žlázy je přes strukový kanálek, ale např. *S. aureus* je schopen kolonizovat ústí strukového kanálku a setrvávat zde po řadu týdnů, aniž by pronikl dále do vemene a vyvolal onemocnění (Zigo & Ondrašovičová 2021).

Jako odpověď organismu na poškození bývá přirozené, že dojde k zánětu. Mastitidu může obecně vyvolat téměř cokoli. Nejběžnější jsou patogenní bakterie, které se do vemene dostanou přes otevřený strukový kanálek z podestýlky, z dutiny ústní od sajícího telete nebo se přenesou přes hmyz dorážející v okolí struků. Příčinou bývají i různá poranění (ušlápnutí struku,

nakopnutí, odřeniny, neprofesionální zavádění kanyl do struků), špatně seřízené dojící zařízení, sekundární infekce způsobená kožními záněty na povrchu vemene a špatná úroveň a kvalita krmné dávky (mykotoxiny). Další možností je infekční onemocnění způsobené bakteriemi (i viry), jimiž se dostanou do mléčné žlázy přes krevní oběh či lymfu z jiné zanícené části organismu (např. z dělohy) (Mikšík & Žižlavský 2005).

Mastitida je jedno z nejčastějších a nejnákladnějších onemocnění u dojnic (Halasa et al. 2007). Tento zánět mléčné žlázy je způsoben nejčastěji bakteriální infekcí a jeho detekce je důležitá pro zajištění zdraví vemene. Klinická mastitida (KM) bývá snadno odhalitelná, zatímco subklinická mastitida (SM) vyžaduje diagnostický test detekce a je indikována středně zvýšeným počtem somatických buněk. (Hovinen 2009).

Včasná detekce klinické mastitidy je důležitá pro udržení určitého standardu kvality mléka. V konvenčních systémech dojení je detekce KM založena na vizuální kontrole mléka během dojení, zatímco na farmách s AMS jsou ošetřovatelé odkázáni na hlášení a upozornění od robota (Hogeveen & Ouweltjes 2003). Po zavedení AMS se počet upozornění na zdraví vemene zvýšil, ale ne všechny dojnice potřebovaly léčbu. (Jiang 2017).

Infekční proces uvnitř mléčné žlázy má za následek sníženou produkci mléka, kvalitativní změny ve složení mléka, změnu sensorických a fyzikálně-chemických vlastností. Stupeň změn závisí na intenzitě a délce trvání infekce (Auldist 2003).

Nejjednodušší boj proti vzniku mastitid je prevence, kdy se dodržují správné hygienické postupy, dojnice se udržují v čistotě a suchu, dostávají zdravou a vyrovnanou krmnou dávku a problematické kusy se brakují. Léčba se u lehkých mastitid (drobné hrudky, ojedinělé vločky v mléce) provádí vydojením co největšího množství kontaminovaného sekretu ze čtvrtě. K lepšímu uvolnění a urychlení léčby se postižená čtvrt' promasíruje protizánětlivými mastmi, které podpoří lepší prokrvení vemene. U těžších, problematických klinických mastitid, které jsou spojeny s narušením celkového zdravotního stavu zvířete (pokles přežvykování, hubnutí, pokles doživosti) je doporučováno nasazení antibiotik společně s pomocí protizánětlivých preparátů (Bouška 2006).

## **Český strakatý skot**

Český strakatý skot (čestr) je původním plemenem na území České republiky. Je součástí globální populace strakatých plemen se shodným fylogenetickým původem a je rozšířeno pro svoje vynikající vlastnosti a široké využití po celém světě. Toto plemeno vzniklo křížením domácích plemen, především červinek, od poloviny 19. století s býky švýcarského skotu, zejména pak bernsko-simentálským. Tím vznikla řada krajových rázů plemen. Postupem času

se sjednotily do jedné populace českého strakatého skotu. Zušlechťování čestra začalo po roce 1950 Ayshirským skotem, švédským černobílým skotem a dánským červeným skotem. Hlavním důvodem bylo zlepšení mléčné užitkovosti a tvaru vemene. V 70. letech se začaly zušlechťovat červeným holštýnským skotem (Red Holstein). V 90. letech se přistoupilo na zušlechťování býky fylogeneticky příbuzných (strakatých) plemen ze SRN (Deutsches Fleckvieh), Rakouska (Österreichisches Fleckvieh), Francie (Montbéliarde) a Švýcarska (Simmentaler Fleckvieh) (Čestr 2023). Plemenná kniha čestra je vedena od roku 1994. Původní plemeno s trojstrannou užitkovostí (maso-mléko-tah) je v dnešní době šlechtěno na užitkovost dvoustrannou s výraznější mléčnou užitkovostí v poměru mléko : maso 66-60 : 34-40 (Červená 2001). Od roku 2012 byla zavedena možnost označování genetických vad a bezrohosti čestra (Kučera 2013).

Plemeno čestr se vyznačuje středním až větším tělesným rámcem s přiměřeně silnou kostrou a dobrým osvalením. Exteriér vyniká hlubokým a prostorným hrudníkem s dobře utvořenou zádí. Vemeno je polovejčitého tvaru. Barva kůže je červenostrakatá, kdy barevné plochy převažují. Hlava a končetiny jsou bílé. Hmotnost krav v dospělosti je 650-750 kg s kohoutkovou výškou 140-144 cm. Býci v dospělosti váží 1200-1300 kg s kohoutkovou výškou 152-160 cm. Věk při prvním zapouštění jalovic se pohybuje okolo 16-18 měsíci (Bouška 2006).

Předností plemene je dobrý zdravotní stav, zejména mléčné žlázy, pravidelná plodnost a snadné porody. Telata jsou vitální a jejich odchov je bezproblémový. V porovnání s ostatními plemeny má čestr nadprůměrný příjem a využití objemných krmiv a dobré pastevní schopnosti (Čestr 2023).

Chovný cíl plemene čestr je zaměřen na produkci kvalitního mléka a masa. Cílová hodnota mléčné užitkovosti je 6000–7500 kg mléka za laktaci s obsahem bílkovin nad 3,5 % a tuku nad 4 %. Mezidobí by mělo být mezi 380-390 dny. Masná užitkovost by měla dosáhnout v intenzivních výkrmech býků nad 1300 g/den a jatečná výtěžnost 58 %. Řada našich špičkových chovů těchto parametrů dosahuje již dnes (Čestr 2023).

## 5 Metodika

Veškeré údaje a materiály této diplomové práce na téma „Vliv robotických prvků v ekologickém režimu na produkci a reprodukci ve vybraném chovu dojníc“ byly získány z archivu dat rodinné farmy zabývající se chovem českého strakatého skotu a produkcí biomléka Agrofarma Merboltice s.r.o. hospodařící v ekologickém režimu. Dostupná data byla získána od **dubna 2018 do listopadu 2022** z pravidelné **měsíční kontroly užítkovosti (KU)** stáda, kterou zajišťuje Českomoravský svaz chovatelů skotu (ČMSCH). Druhým zdrojem dat byly **průměrné měsíční rozborů složek mléka**, které provádí společnost Polabské mlékárny a.s., jež mléko z farmy odebírá. Od nich jsou data dostupná od **ledna 2008 do prosince 2022**. V práci se porovnává vliv robotických dojících robotů a krmícího robota na kvalitu mléka před zavedením robotizace a po zaběhnutí robotů v praxi. Zpracování proběhlo pomocí počítačových programů MS Word, MS Excel a statistické vyhodnocení v programu SAS.

### Charakteristika farmy

Agrofarma Merboltice leží v Ústeckém kraji, okres Děčín v obci Merboltice a nadmořské výšce 475 m.n.m. Farma vznikla rozpadem družstevního JZD, kdy ji v roce 1992 koupili nynější majitelé. V roce 2000 vstoupila farma do ekologického režimu, ve kterém hospodaří dodnes. Obhospodařovaná výměra činí cca 320 ha luk, pastvin, orné půdy a lesů. Primárním ziskem farmy je produkce mléka v biokvalitě získávaného od 92 ks dojníc Českého strakatého skotu. Mléko vykupuje společnost Polabské Mlékárny a.s.

Ustájení skotu je volné boxové s denním nastýláním a vyhrnováním chlévské mrvy. Modernizace stáje (K-96) probíhá od roku 2007, kdy se rozšířila kapacita ustájení na 110 ks dojníc. Důležitým milníkem byl listopad 2014, kdy se započal přechod z tandemové dojírny (1x4) na AMS Astronaut A4 od značky Lely. Jelikož má 1 dojící robot kapacitu max 70 ks dojníc, dojila se část stáda v dojírně. Druhý dojící robot byl naistalován v květnu roku 2016. Od té doby probíhá dojení plně automaticky. V tuto dobu byla pořízena i pastevní branka GrazeWay a nárok na pastvu začal být od této chvíle korigován. Další robotizovanou modernizací podniku byl automatický krmný systém (Vector od firmy Lely) spuštěný v červnu 2021. Do té doby probíhalo zakládání krmné dávky 2x denně v letním krmném období a 3x denně v zimním období. Automatický krmicí systém poskytuje krmnou dávku kontinuálně v malých dávkách po celý den.

Veškeré pozemky podniku jsou na jednom katastrálním území. Na přibližně 100 ha v nejbližším okolí farmy se nachází pastviny pro dojnice a mladé jalovice. Ornou půdu zabírá 40 ha, na kterých se pěstuje výhradně objemné krmivo jako je žito, oves, peluška, vojtěška,



jetel a různé travní směsi, jež se následně konzervují jako senáž. Na cca 160 ha jsou TTP, které se sečou na senáže a suší na sena. Zbýlých 20 ha tvoří nejčastěji lesy. Jadrná a granulovaná krmiva, stejně jako sláma se nakupují z tuzemských zdrojů.



Obrázek č. 5. Pohled na farmu, část vesnice a přilehlé pastviny a pole (Mapy. cz 2023).

### **Statistické vyhodnocení dat**

Statistika byla vyhodnocena v programu SAS 9.4. (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). Základní parametry byly stanoveny pomocí procedury UNIVARIATE a MEANS. Frekvence byla vypočtena procedurou FREQ. Stanovení vzájemných korelací byla využita procedura CORR. Tyto modely byly využity pro vyhodnocení dat poskytnutých mlékárnou (2008-2022).

K vyhodnocení dat z kontroly užítkovosti byly využity stejné procedury, jež jsou popsány výše, a navíc se k nim připojily i následující věty. Pro výběr vhodného modelu hodnocení daných ukazatelů se využila procedura REG, metoda STEPWISE. K získání a vyhodnocení významnosti efektů byla zvolena procedura GLM a následné detailní vyhodnocení proběhlo za pomoci Tukey-Kramerova testu.

Modelová rovnice pro výpočet:

$$y_{ijklmn} = \mu + \text{ROK}_i + \text{MESKU}_j + \text{MESO}_k + \text{POR}_l + \text{ROB}_m + b*(\text{DIM}) + e_{ijklmn}$$

Kde:

- $y_{ijklmn}$  – hodnoty závislé proměnné (nádoj (kg), obsahy tuku (%) a bílkovin (%), bod tuhnutí (°C), celkový počet mikroorganismů (\*1000/ml), somatické buňky (\*1000/ml), mezidobí (dny), inseminační interval (dny) a servis perioda (dny)),
- $\mu$  – obecná hodnota závislé proměnné,
- $\text{ROK}_i$  – fixní efekt roku ( $i = 2018, n = 754; i = 2019, n = 1125; i = 2020, n = 1210; i = 2021, n = 1165; i = 2022, n = 1165$ ),
- $\text{MESKU}_j$  – fixní efekt měsíce kontroly užitkovosti ( $j = \text{leden}, n = 406; j = \text{únor}, n = 382; j = \text{březen}, n = 378; j = \text{duben}, n = 382; j = \text{květen}, n = 480; j = \text{červen}, n = 483; j = \text{červenec}, n = 479; j = \text{srpen}, n = 470; j = \text{září}, n = 492; j = \text{říjen}, n = 487; j = \text{listopad}, n = 487; j = \text{prosinec}, n = 493$ ),
- $\text{MESO}_k$  – fixní efekt měsíce otelení ( $k = \text{leden}, n = 528; k = \text{únor}, n = 254; k = \text{březen}, n = 249; k = \text{duben}, n = 394; k = \text{květen}, n = 431; k = \text{červen}, n = 439; k = \text{červenec}, n = 568; k = \text{srpen}, n = 682; k = \text{září}, n = 495; k = \text{říjen}, n = 569; k = \text{listopad}, n = 330; k = \text{prosinec}, n = 480$ ),
- $\text{POR}_l$  – fixní efekt pořadí laktace ( $l = 1, n = 1190; l = 2, n = 1247; l = 3, n = 1060; l = 4, n = 777; l = 5 + 6 + 7 + 8 + 9 + 10 + 11, n = 1145$ ),
- $\text{ROB}_m$  – fixní efekt zařazení automatického krmného systému do stáje ( $m = 1, n = 3580; m = 2, n = 1839$ ),
- $b*(\text{DIM})$  – lineární regrese na dny laktace při provádění kontroly mléčné užitkovosti,
- $e_{ijklmn}$  – náhodná reziduální chyba.

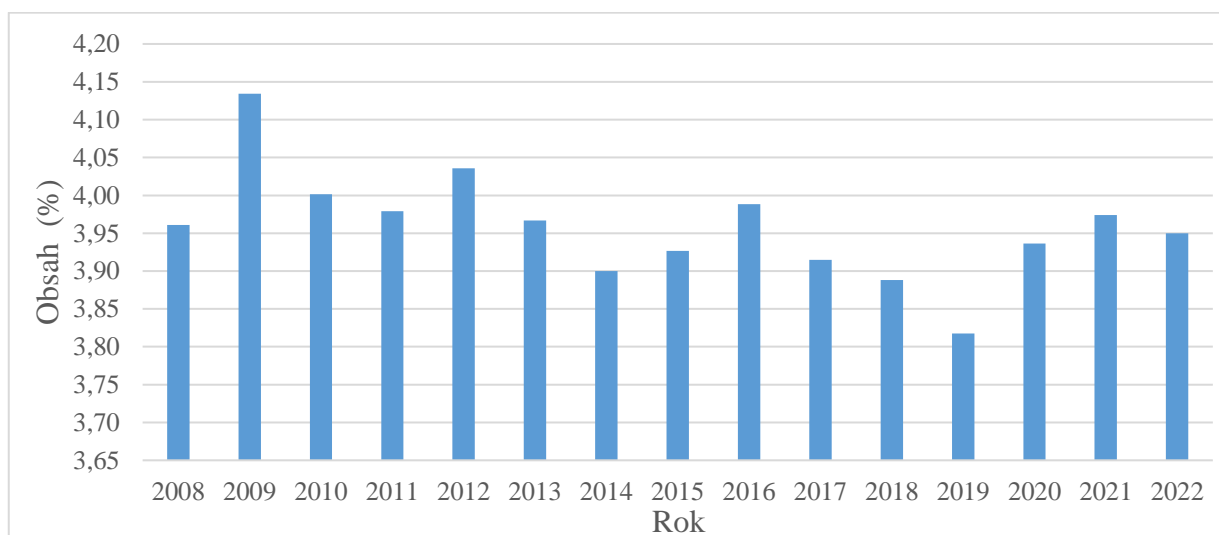
Pro vyhodnocení statistický průkazností byly použity úrovně  $P < 0,001$ ,  $P < 0,01$  a  $P < 0,05$ .

## 6 Výsledky – měsíční rozbor mléka z mlékárny (2008-2022)

### Vyhodnocení základních dat

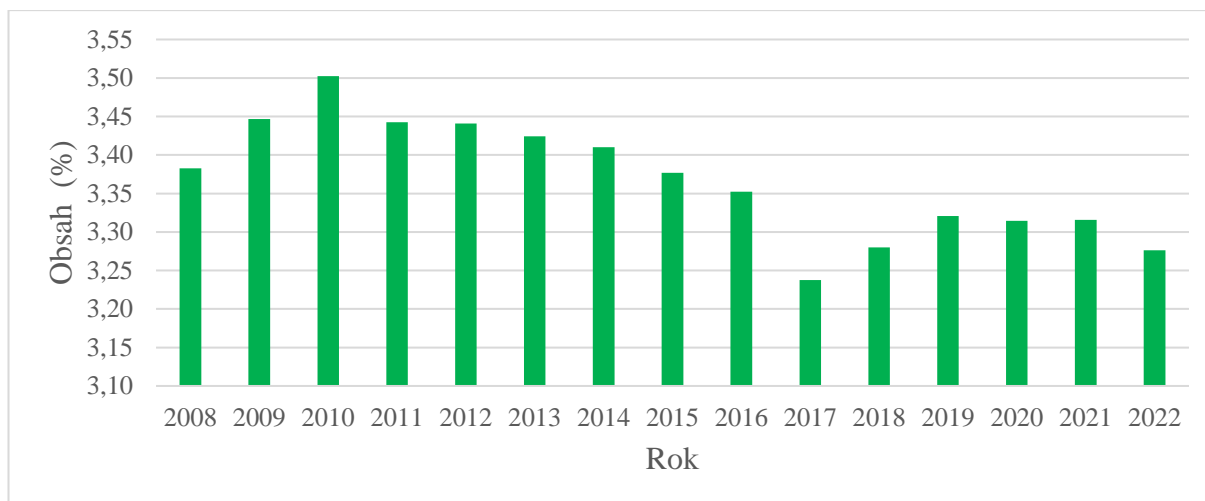
V této části jsou využity průměrné měsíční hodnoty získané z rozborů mléka od ledna 2008 do prosince 2022.

#### 6.1.1 Přehled jednotlivých let sledovaného období



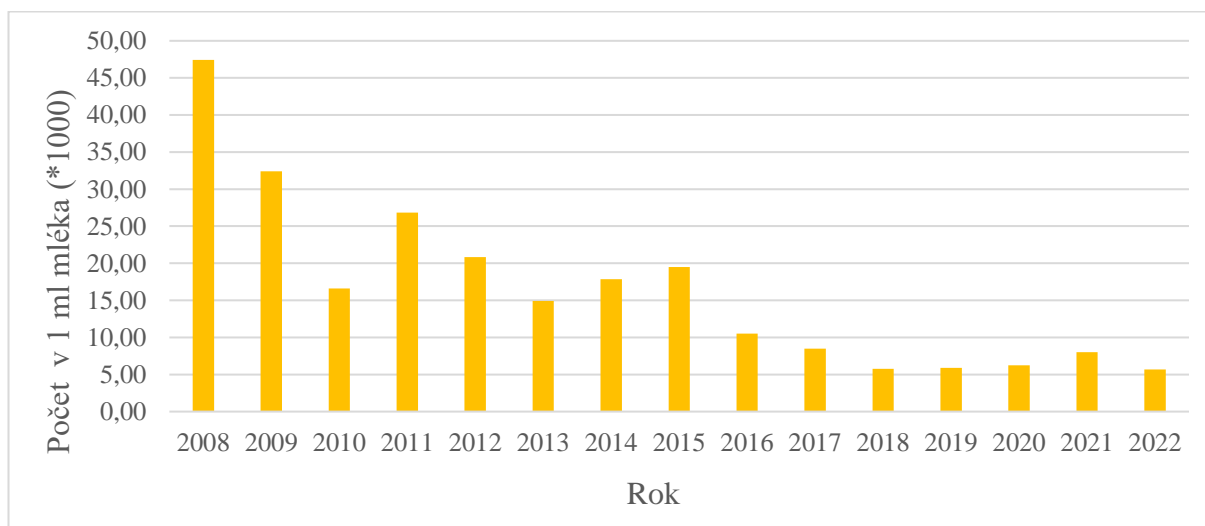
Graf č. 2. Vývoj obsahu tuku v mléce za sledované období 2008-2022.

Na grafu jsou znázorněny jednotlivé průměrné hodnoty obsahů tuku v mléce za každý rok sledovaného období. Obsahy jsou každý rok poměrně proměnlivé. V období před nástupem prvního AMS jsou obsahy vyšší než v následujících letech po jejich zavedení. Nejvyšší procento tuku v mléce bylo v roce 2009 (4,13 %). Po úspěšném zavedení prvního AMS v roce 2014 (3,90 %), se obsahy tuku mírně zvedly. Po zavedení druhého AMS v roce 2016 (3,99 %) se však prudce propadly na nejnižší hodnotu celého sledovaného období, které nastalo v roce 2019 (3,82 %). Zásadní vliv na tento propad mělo především období dlouhodobého sucha, kdy farma nebyla schopna vyprodukovat dostatek kvalitní píce pro dojnice v požadovaném množství. V roce 2021 (3,97 %) byl zaveden první AFS a po roce jeho užívání klesly hodnoty tuku na 3,95 %.



Graf č. 3. Vývoj obsahu bílkovin v mléce za sledované období 2008-2022.

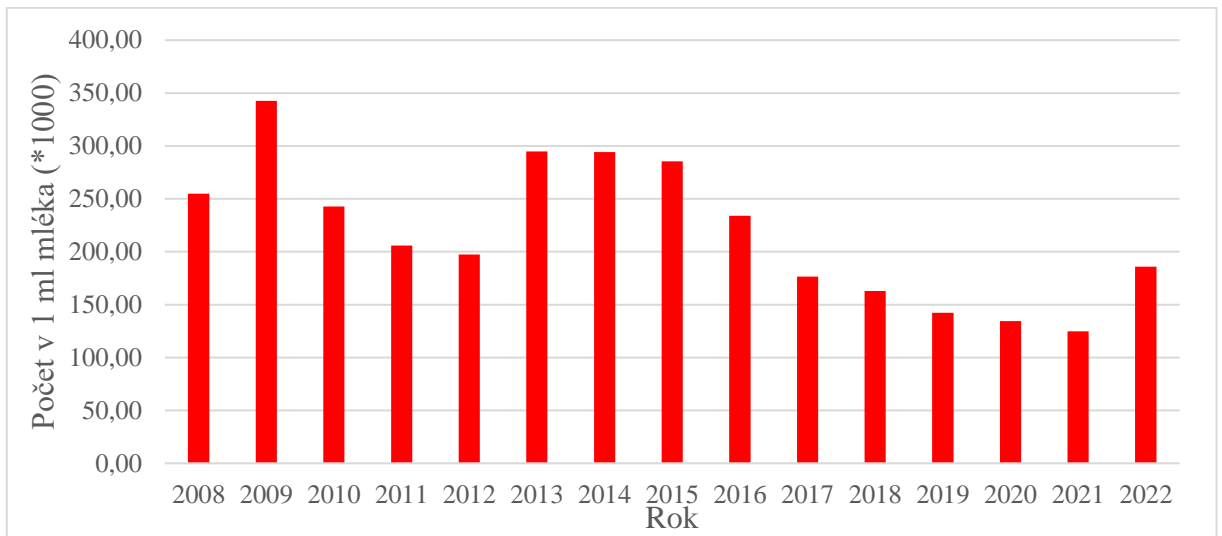
Na grafu je vidět pozvolný nárůst obsahu bílkovin v mléce do roku 2010, kdy byly průměrné obsahy tuku nejvyšší za celou dobu získávání dat (3,5 %). Od tohoto roku mají bílkoviny klesající tendenci až na nejnižší hodnotu do roku 2017 (3,24 %). V dalších letech se obsahy v mléce zvedají až do roku 2019 (3,32 %) a až do roku 2021 mají téměř shodnou hodnotu. V roce 2022 nastal mírný pokles na obsah 3,28 %.



Graf č. 4. Vývoj celkového počtu mikroorganismů v mléce za sledované období 2008-2022.

V období klasického systému dojení od roku 2008 (47,42 tis) je viditelný zvýšený obsah CPM v mléce, který má ale klesající tendenci po celé sledované období. Od zavedení AMS ve stáji v roce 2014 (17,83 tis) a dostatečného navyknutí stáda na nový způsob dojení od roku 2016 (10,50 tis) je patrný úspěšný pokles CPM v mléce. Při zavedení AFS v roce 2021 (8 tis) byl

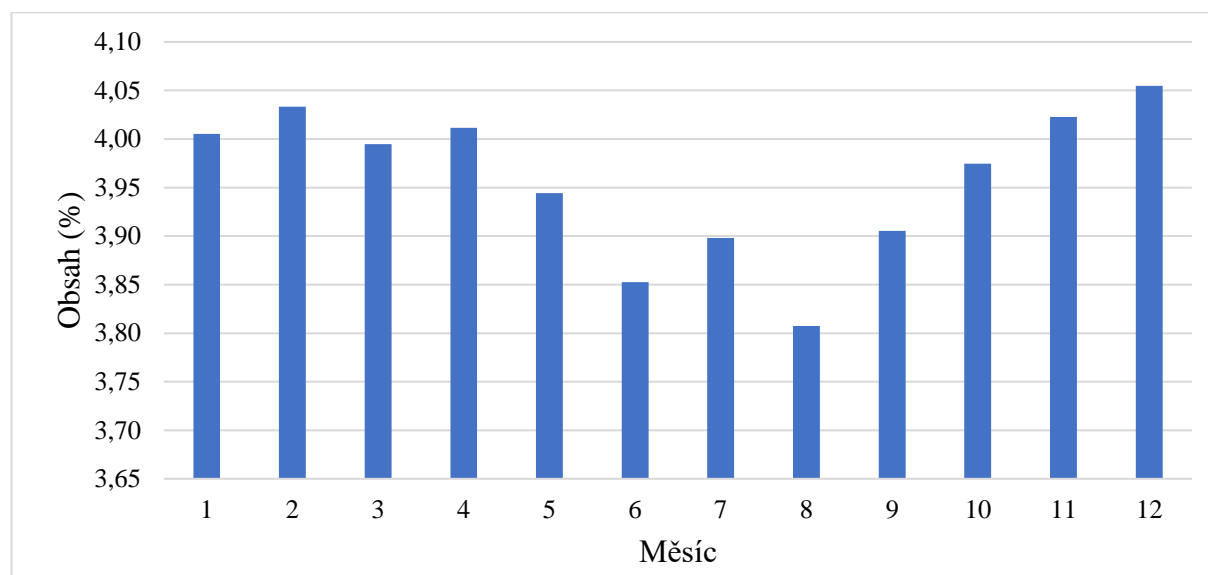
mírně počet CPM v mléce navýšen, ale již v následujícím roce kleslo množství na nejnižší hodnotu 5,67 tis.



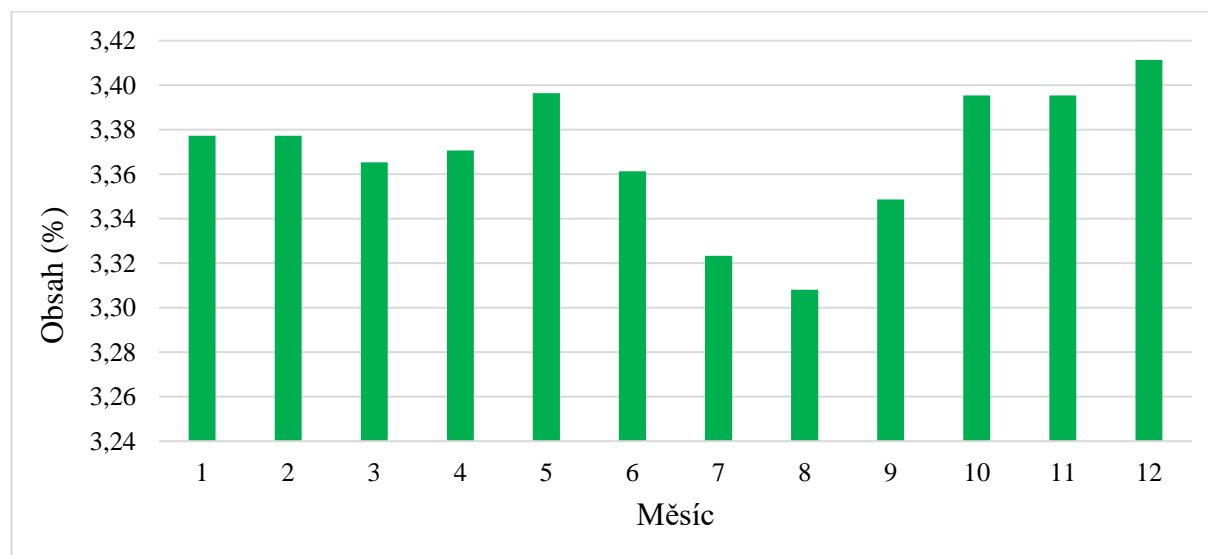
Graf č. 5. Vývoj počtu somatických buněk v mléce za sledované období 2008-2022.

Výskyt SB v mléce je za celé sledované období proměnlivý. Nejvyšší výskyt v mléce je patrný v roce 2009 (342,67 tis), ale poté má klesající tendenci až do roku 2012 (197,25 tis). Od zavedení AMS ve stáji v roce 2014 (294,08 tis) byly obsah SB v mléce navýšeny, ale po instalaci druhého AMS v 2016 (233,92 tis) se jejich počet v mléce opět snižuje až na nejnižší hranici za celé sledované období v roce 2021 (124,75 tis). Nárůst je opět patrný v roce 2022 (186 tis), kdy byl úspěšně zavedený AFS.

### 6.1.2 Přehled jednotlivých měsíců za celé sledované období 2008-2022

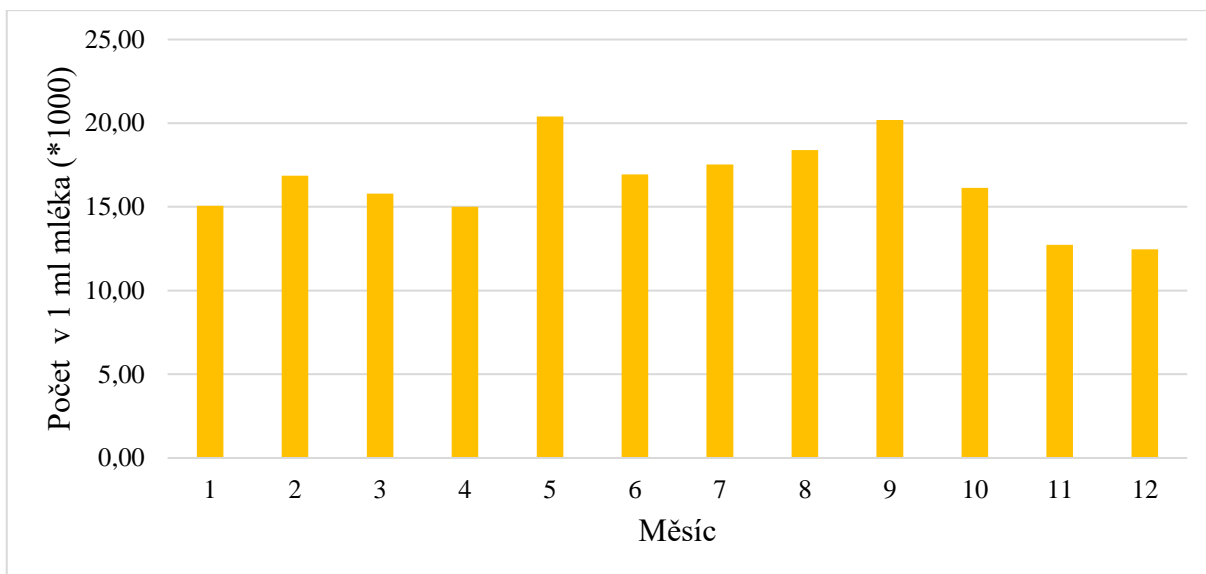


Graf č. 6. Průměrné hodnoty tuku v mléce za sledované období 2008-2022 ve vztahu k měsíci.



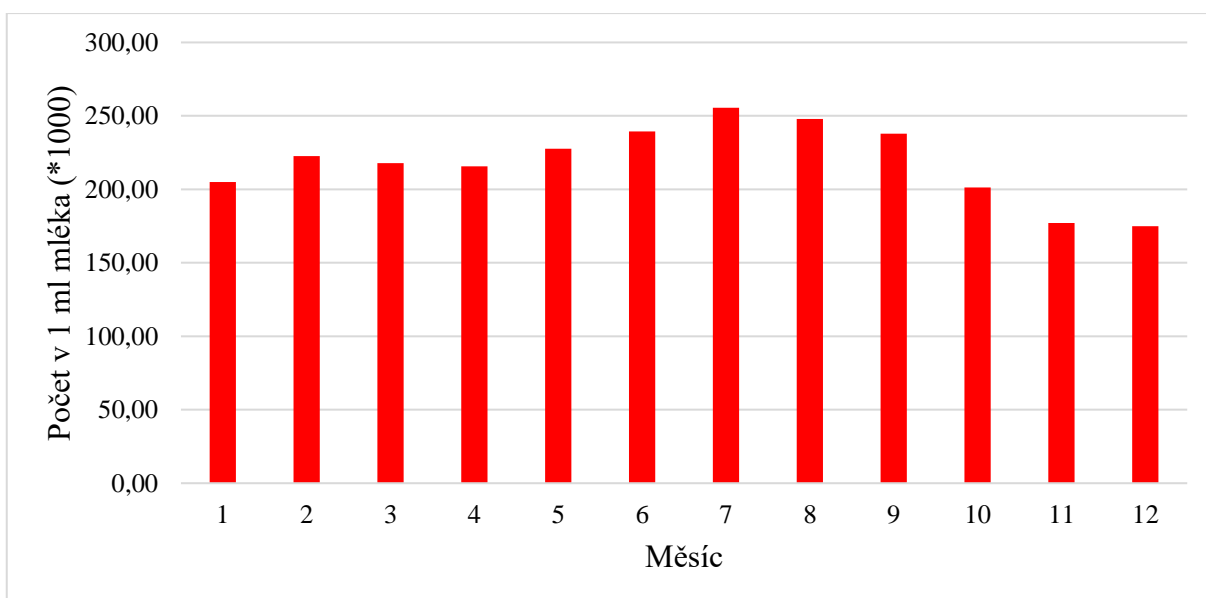
Graf č. 7. Průměrné hodnoty bílkovin v mléce za sledované období 2008-2022 ve vztahu k měsíci.

Na grafech 6 a 7 jsou zaznamenány průměrné hodnoty tuku a bílkovin ze všech měsíců za celé sledované období a jejich proměnlivost během celého roku. Z nich je patrné, že nejvyššího obsahu sledovaných složek mléka bylo dosaženo v zimním období, konkrétně v prosinci (tuk 4,05 % a bílkoviny 3,41 %), kdy se dojnice nepásly a měly k dispozici vyváženou krmnou dávku po celý den a nebyly nuceny vydávat energii na pastvině. Zato nejnižších hodnot sledovaných složek mléka bylo dosaženo v nejteplejších měsících v roce, a to v srpnu (tuk 3,81 % a bílkoviny 3,31 %).



Graf č. 8. Průměrný výskyt celkového počtu mikroorganismů v mléce v jednotlivých měsících zprůměrované za celé sledované období 2008-2022.

Na první pohled není příliš patrný velký rozdíl mezi jednotlivými měsíci. V zimním období, kdy jsou dojnice intenzivněji dojeny je výskyt CPM nižší než v teplých jarních a letních měsících. Konkrétně v listopadu a prosinci je počet CPM průměrně okolo (12,5 tis). Nejvyšší množství jich je průměrně v květnu (20,4 tis) a září (20,2 tis). Od ledna do dubna se počet pohybuje okolo hodnoty 15 tis. Od června do srpna a v říjnu je počet CPM mezi 15 a 18 tis v 1 ml mléka.



Graf č. 9. Průměrný výskyt somatických buněk v mléce v jednotlivých měsících zprůměrované za celé sledované období 2008-2022.

Na grafu je patrná podobná situace jako v grafu 8, kdy nejnižších hodnot SB je dosahováno v zimním období. Nejvyšší počet SB v mléce je sledováno v červenci (255,5 tis). Od ledna do října se se množství SB pohybuje mezi hodnotami 200 a 250 tis v 1 ml mléka. Pouze listopadu a prosinci se hodnoty pohybovaly okolo 177 tis.

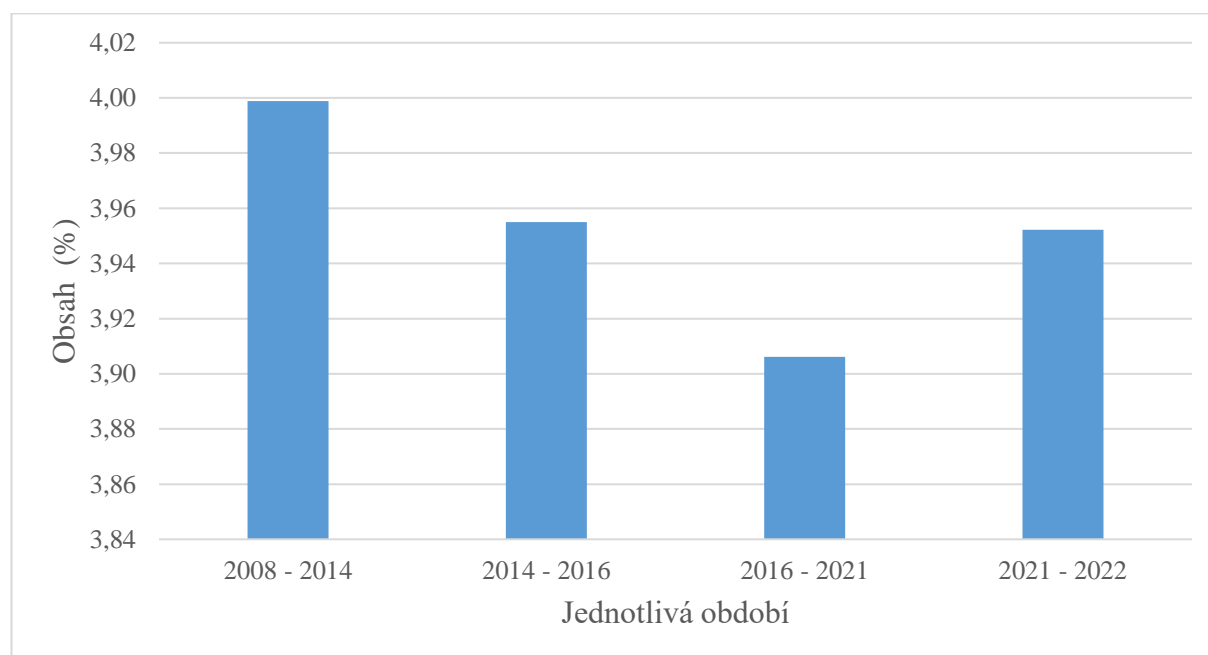
### 6.1.3 Porovnávání jednotlivých období před a po zavedení AMS a AFS

V této části jsou získaná data rozdělena na čtyři období. První je od ledna 2008 do října 2014, tedy do doby, než byl nainstalován první AMS a dojení probíhalo 2x denně v dojárně za využití lidského faktoru.

Druhé období je od listopadu 2014 do dubna 2016 označováno jako přechodné, kdy část stáda je dojena AMS a druhá část na dojárně.

Třetí období je od května 2016 do května 2021, kdy je mléko získáváno plně automaticky, ale zakládání krmiva probíhá manuálně.

Poslední období, od června 2021 do prosince 2022, je plně automatizované, kdy dojení i krmení obstarává robotický faktor.

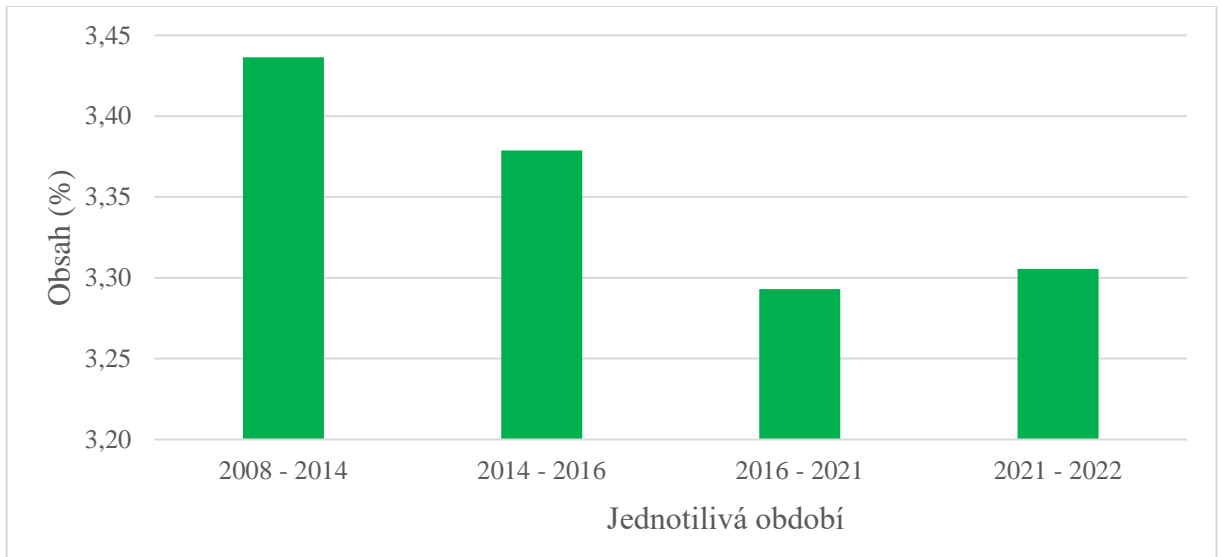


Graf č. 10. Vývoj obsahu tuku v mléce před a po zavedení automatického dojícího systému a automatického krmného systému.

Na první pohled je patrné, že nejvyšší průměrné hodnoty tuku v mléce byly dosaženy v prvním období před zavedením AMS (4 %). Od nainstalování prvního AMS (3,96 %) až po spuštění druhého AMS má obsah tuku klesající tendenci (3,91 %). Po zavedení AFS se hodnoty

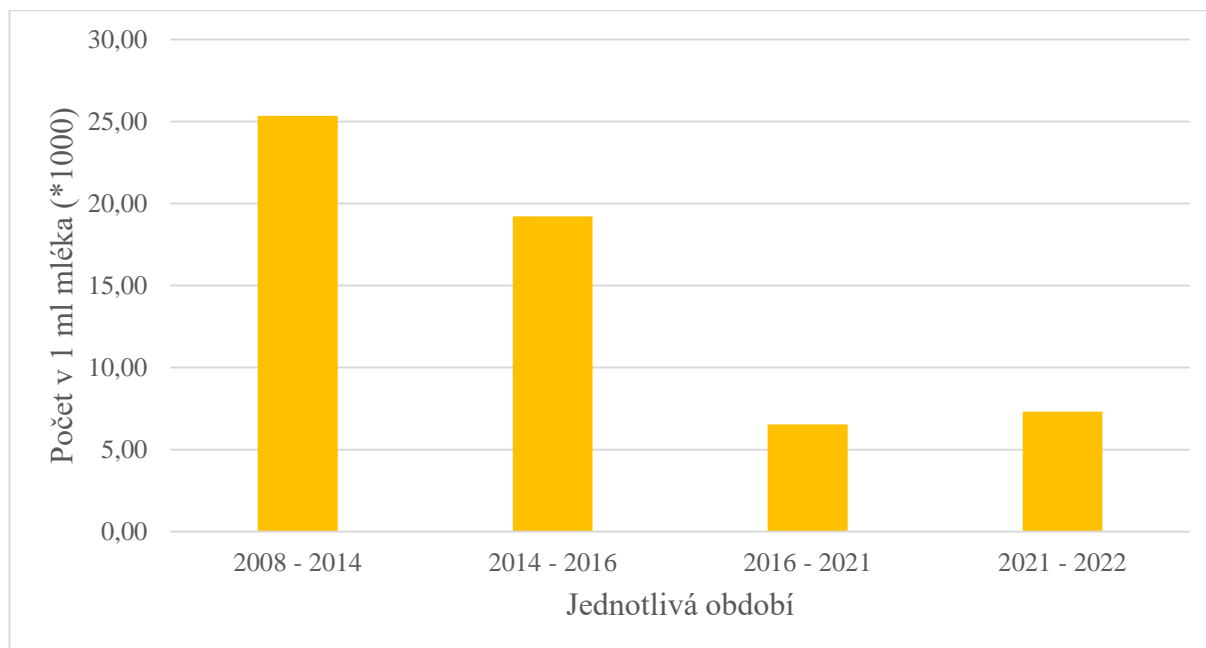


tuku stabilizovaly na úroveň druhého období (3,95 %). Při bližším pohledu je ale vidět, že rozdíl mezi prvním a třetím obdobím, tedy nejvyšším a nejnižším obsahem, je pouze 0,09 %. Zato rozdíl obsahu tuku v mléce před zavedením a po zavedení AMS a AFS je pouhých 0,05 %.



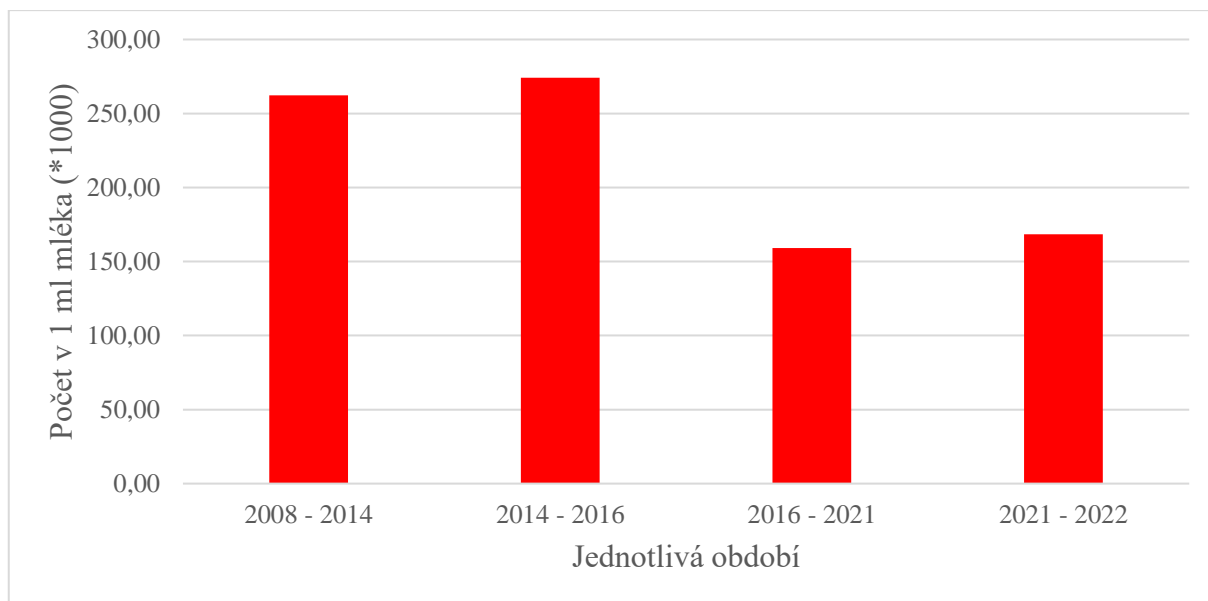
Graf č. 11. Vývoj obsahu bílkovin v mléce před a po zavedení automatického dojícího systému a automatického krmného systému.

V prvním období bylo v mléce obsaženo nejvíce bílkovin a to 3,44 %. Od přechodu do druhého období (3,38 %) se obsah snižoval až do třetího období (3,29 %). Až ve čtvrtém sledu se úroveň bílkovin v mléce začala opět mírně navyšovat (3,31 %). Rozdíl mezi nejvyšším obsahem v prvním období a posledním obdobím je 0,13 %.



Graf č. 12. Vývoj obsahu celkového počtu mikroorganismů v mléce před a po zavedení automatického dojícího systému a automatického krmného systému.

Na začátku období (25,35 tis) je patrný výskyt vyššího počtu CPM než u třetího a čtvrtého období. Od zavedení AMS v druhém období (19,22 tis) má tato složka klesající tendenci. Nejnižších hodnot byly naměřeny v třetím období (6,54 tis). V posledním období mají CPM mírné sklony k nárůstu (7,32 tis), ale není to žádný drastický postup. Rozdíl mezi prvním a posledním obdobím, tedy před a po zavedení AMS a AFS, je 18,0 tisíc CPM v jednom mililitru mléka. To je již razantní rozdíl.



Graf č. 13. Vývoj obsahu somatických buněk v mléce před a po zavedení automatického dojícího systému a automatického krmného systému.

V tomto grafu, na rozdíl od grafů 12, 11 a 10 není nejvyšší počet sledované složky v prvním období. O 11,91 tisíc v 1 ml mléka je více SB v druhém sledovaném období (274,11 tis), oproti prvnímu (262,2 tis). Nejnižší počet SB byl naměřen ve třetím období s hodnotou 159,2 tisíc. V posledním období byl znát slabý nárůst průměrného počtu SB (168,32 tis). Rozdíl mezi prvním a posledním obdobím je 93,88 tisíc/ml mléka.

## 6.1.4 Korelační analýza porovnávání před a po zavedení AMS a AFS

### Období 2008-2014 – před nástupem automatizace

Parametr		Tuk (%)	Bílkoviny (%)	CPM	SB	BT	Sušina
Nadojené litry	r	0,098	0,154	-0,379	-0,439	-0,363	0,210
	P	0,382	0,168	0,004	<0,001	0,001	0,058
	n	82	82	82	82	82	82
Tuk (%)	r		0,506	-0,096	-0,061	0,452	0,506
	P		<0,001	0,392	0,585	<0,001	<0,001
	n		82	82	82	82	82
Bílkoviny (%)	r			-0,193	-0,066	0,051	0,784
	P			0,082	0,555	0,647	<0,001
	n			82	82	82	82
CPM	r				0,203	0,267	-0,271
	P				0,067	0,016	0,014
	n				82	82	82
SB	r					-0,013	-0,122
	P					0,904	0,276
	n					82	82
BT	r						0,087
	P						0,436
	n						82

Tabulka č. 4. Korelace před nástupem automatizace ve stáji.

CPM – celkový počet mikroorganismů v 1 ml mléka (\*1000)

SB – somatické buňky v 1 ml mléka (\*1000)

BT – bod tuhnutí mléka (°C)

r – korelační koeficient – vyjadřuje míru závislosti mezi dvěma veličinami

P – statistická průkaznost

n – počet vybraných případů

V tabulce jsou výsledky z 82 měření (měsíců) před nástupem 1. robota. Ze získaných hodnot je patrné, že CPM a BT středně negativně korelují s množstvím nadojeného mléka a SB silně negativně ( $r = -0,439$ ;  $P < 0,001$ ). Sušina, bílkoviny a tuk již s nádojem nejsou průkazné.

Množství tuku v mléce silně koreluje s množstvím bílkovin ( $r = 0,506$ ;  $P < 0,001$ ), bodem tuhnutí ( $r = 0,452$ ;  $P < 0,001$ ) a sušinou ( $r = 0,506$ ;  $P < 0,001$ ) a množství bílkovin úzce koreluje se sušinou ( $r = 0,784$ ;  $P < 0,001$ ).

Obsah CPM slabě koreluje s BT ( $r = 0,267$ ;  $P = 0,016$ ) a slabě negativně se sušinou ( $r = -0,271$ ;  $P = 0,014$ ). Ostatní hodnoty mají menší průkaznost než 95 % a jsou tedy ze statistického hlediska neprůkazné.

**Období 2014-2016 – přechodné období s jedním AMS a dojárnou**

<b>Parametr</b>		<b>Tuk (%)</b>	<b>Bílkoviny (%)</b>	<b>CPM</b>	<b>SB</b>	<b>BT</b>	<b>Sušina</b>
<b>Nadojené litry</b>	r	0,607	-0,327	-0,034	-0,219	0,530	0,105
	P	0,008	0,185	0,893	0,382	0,024	0,677
	n	18	18	18	18	18	18
<b>Tuk (%)</b>	r		-0,105	0,061	-0,173	0,273	0,059
	P		0,677	0,812	0,493	0,274	0,816
	n		18	18	18	18	18
<b>Bílkoviny (%)</b>	r			0,487	0,212	-0,168	0,727
	P			0,040	0,399	0,505	0,001
	n			18	18	18	18
<b>CPM</b>	r				0,463	-0,069	0,268
	P				0,053	0,785	0,283
	n				18	18	18
<b>SB</b>	r					-0,061	-0,097
	P					0,811	0,703
	n					18	18
<b>BT</b>	r						0,244
	P						0,330
	n						18

Tabulka č. 5. Korelace v období s jedním automatickým dojícím systémem a dojárnou.

CPM – celkový počet mikroorganismů v mléce v 1 ml mléka (\*1000)

SB – somatické buňky v 1 ml mléka (\*1000)

BT – bod tuhnutí mléka (°C)

r – korelační koeficient – vyjadřuje míru závislosti mezi dvěma veličinami

P – statistická průkaznost

n – počet vybraných případů

Toto sledované období bylo kratší a obsahuje výsledky z 18 měsíců pozorování. V tomto období silně průkazně korelovalo ( $r = 0,607$ ;  $P = 0,008$ ) množství nadojeného mléka pouze s obsahem tuku a bodem tuhnutí ( $r = 0,530$ ;  $P = 0,024$ ). S ostatními hodnotami nebyla hodnota dostatečně průkazná.

Obsah tuku v mléce nekoreloval ani s jednou další hodnotou. Obsah bílkovin silně koreloval se sušinou ( $r = 0,727$ ;  $P = 0,001$ ) a s CPM ( $r = 0,487$ ;  $P = 0,04$ ). Ostatní hodnoty nebyly u ostatních složek průkazné.

### Období s dvěma AMS

Parametr		Tuk (%)	Bílkoviny (%)	CPM	SB	BT	Sušina
Nadojené litry	r	0,095	0,239	-0,284	-0,717	0,457	0,372
	P	0,468	0,066	0,027	<0,001	<0,001	0,003
	n	60	60	61	61	61	60
Tuk (%)	r		0,312	0,124	-0,281	0,331	0,240
	P		0,015	0,344	0,030	0,010	0,065
	n		60	60	60	60	60
Bílkoviny (%)	r			-0,145	-0,128	0,312	0,631
	P			0,267	0,331	0,015	<0,001
	n			60	60	60	60
CPM	r				0,293	-0,253	-0,237
	P				0,022	0,049	0,068
	n				61	61	60
SB	r					-0,408	-0,243
	P					0,001	0,061
	n					61	60
BT	r						0,304
	P						0,018
	n						60

Tabulka č. 6. Korelace v období s dvěma automatickými dojícími systémy.

CPM – celkový počet mikroorganismů v mléce v 1 ml mléka (\*1000)

SB – somatické buňky v 1 ml mléka (\*1000)

BT – bod tuhnutí mléka (°C)

r – korelační koeficient – vyjadřuje míru závislosti mezi dvěma veličinami

P – statistická průkaznost

n – počet vybraných případů

V tomto období bylo sledované období 61 měsíců, ale u některých hodnot nebyly vždy přístupná data. V této tabulce středně koreluje s množstvím nadojeného mléka celkový počet mikroorganismů ( $r = -0,284$ ;  $P = 0,027$ ) a sušina ( $r = 0,372$ ;  $P = 0,003$ ). CPM jsou navíc v negativní korelaci. Silná korelace je u bodu tuhnutí ( $r = 0,457$ ;  $P < 0,001$ ) a somatických buněk ( $r = -0,717$ ;  $P < 0,001$ ), které mají i negativní korelaci.

S obsahem tuku středně korelují bílkoviny ( $r = 0,312$ ;  $P = 0,015$ ) a BT ( $r = 0,331$ ;  $P = 0,01$ ). Negativní střední korelace byla u SB ( $r = -0,281$ ;  $P = 0,03$ ). Zato s bílkovinou významně koreluje sušina mléka ( $r = 0,631$ ;  $P < 0,001$ ) a středně BT ( $r = 0,312$ ;  $P = 0,015$ ).

CPM v tomto případě středně negativně korelují s BT a poprvé i se SB ( $r = 0,293$ ;  $P = 0,022$ ). Ty zase silně negativně korelují s BT ( $r = -0,408$ ;  $P = 0,001$ ). Bod tuhnutí středně koreluje se sušinou mléka.

**Poslední sledované období s AFS**

<b>Parametr</b>		<b>Tuk (%)</b>	<b>Bílkoviny (%)</b>	<b>CPM</b>	<b>SB</b>	<b>BT</b>	<b>Sušina</b>
<b>Nadojené litry</b>	r	-0,386	-0,319	0,354	-0,293	-0,146	-0,149
	P	0,114	0,197	0,137	0,224	0,550	0,542
	n	18	18	19	19	19	19
<b>Tuk (%)</b>	r		0,689	0,225	0,133	0,189	0,474
	P		0,002	0,369	0,600	0,453	0,047
	n		18	18	18	18	18
<b>Bílkoviny (%)</b>	r			0,283	-0,150	0,359	0,822
	P			0,256	0,552	0,144	<0,001
	n			18	18	18	18
<b>CPM</b>	r				-0,261	-0,341	0,243
	P				0,280	0,153	0,317
	n				19	19	19
<b>SB</b>	r					-0,084	-0,211
	P					0,733	0,387
	n					19	19
<b>BT</b>	r						0,257
	P						0,289
	n						19

Tabulka č. 7. Korelace v období s dvěma automatickými dojícími systémy a automatickým krmným systémem.

CPM – celkový počet mikroorganismů v mléce v 1 ml mléka (\*1000)

SB – somatické buňky v 1 ml mléka (\*1000)

BT – bod tuhnutí mléka (°C)

r – korelační koeficient – vyjadřuje míru závislosti mezi dvěma veličinami

P – statistická průkaznost

n – počet vybraných případů

Poslední období sledování bylo opět krátké. Data jsou poskytnuta z 19 měsíců sledování s tím, že u některých hodnot nebyla obsažena veškerá data. S nádojem mléka nebyla průkazná ( $P > 0,05$ ) v tomto případě žádná hodnota. Obsah tuku v mléce významně koreloval s obsahem bílkovin ( $r = 0,689$ ;  $P = 0,002$ ) a bílkoviny silně s obsahem sušiny ( $r = 0,822$ ;  $P < 0,001$ ). Ostatní hodnoty nebyly průkazné.

## 7 Výsledky – vyhodnocení dat KU z let 2018-2022

V této části diplomové práce jsou vyhodnocena dostupná data z KU za období od dubna 2018 do prosince 2022. Porovnávání dat tedy neprobíhá z doby před nástupem AMS, ale vyhodnocuje se vliv AMS a AFS na stádo.

Proměnná	n	$\bar{x}$	s	Minimum	Maximum	s.e.	V (%)
Pořadí laktace	5419	3,09	1,82	1	11	0,02	58,92
Ins. int. (dny)	3962	69,76	19,66	42	200	0,31	28,18
Servis perioda (dny)	2322	96,16	45,61	42	347	0,95	47,43
Mezidobí (dny)	4229	384,67	48,39	313	732	0,74	12,58
Mléko (kg)	4383	21,76	6,64	5,2	39,9	0,10	30,52
Tuk (%)	4214	3,75	0,71	2	8,44	0,01	18,96
Bílkoviny (%)	4227	3,43	0,40	2,4	5,9	0,01	11,76
SB	4227	199,97	533,30	5	9999	8,20	266,70

Tabulka č. 8. Vyhodnocení základní statistiky stáda z dat kontroly užitkovosti 2018-2022.

n – počet vyhodnocených a dostupných dat za dané období

$\bar{x}$  – průměrná hodnota

s – směrodatná odchylka

Minimum – nejmenší hodnota, která se v vyskytovala v měření

Maximum – nejvyšší hodnota, která se vyskytovala v měření

s.e. – směrodatná chyba

V (%) – variační koeficient

Ins. int. (dny) – inseminační interval

SB – somatické buňky v 1 ml mléka (\*1000)

V tabulce jsou zobrazena data za 4 roky měsíčních kontrol užitkovosti. Při pohledu seshora od pořadí laktace vidíme, že průměrně se dojnice dožívají v automatizované stáji 3 laktací, s tím, že nejvyšší počet dosažených laktací byl 11. Inseminační interval má průměrnou hodnotu 70 dní, ale pohybují se v rozmezí 42 a 200 dní. Směrodatná odchylka má hodnotu cca 20 dní. Servis perioda činí 96 dní, což je u českého strakatého skotu nadprůměrný počet dní. V extrémních hodnotách zabřezly dojnice až v 347 dnech od otelení. Průměrná hodnota mezidobí byla na v této stáji 385 dní, kdy nejkratší doba od otelení do dalšího otelení trvala pouhých 313 dní. Naopak nejdelší období trvalo celých 732 dní.

Nadojené mléko se pohybuje průměrně ve stádě okolo 21,76 kg a nejlepší dojnice nadojí až 39,9 kg. Odchylka od průměru je 6,64 kg. Průměrná hodnota tuku je 3,75 % s odchylkou 0,71 % a nejtučnější mléko mělo 8,44 %. Obsah bílkovin v mléce má hodnotu 3,43 % s poměrně úzkou odchylkou 0,4 %.

Somatické buňky ve stádě mají průměrnou hodnotu v 1 ml mléka 199,97 tisíc, ale odchylka od této hodnoty je velmi vysoká a činí 533,3 tisíc. Nejnižšími hodnotami je obsah



pouze 5 tisíc a nejvyšší přesahuje hodnotu 9999 tisíc. Z toho důvodu je u této proměnné i vysoký variační koeficient 266,7 %.

### Vývoj sledovaných údajů za jednotlivé roky KU

Rok	Parametr	n	$\bar{x}$	s	Minimum	Maximum	s.e.	V (%)
2018	Mléko (kg)	615	21,73	6,53	7,7	39,9	0,26	30,03
	Tuk (%)	577	3,63	0,73	2,05	6,49	0,03	19,98
	Bílkoviny (%)	577	3,43	0,42	2,49	5,19	0,02	12,18
	SB	577	207,85	633,56	5	9999	26,38	304,81
2019	Mléko (kg)	929	22,60	6,52	6,9	39,4	0,21	28,87
	Tuk (%)	920	3,63	0,69	2	6,92	0,02	19,10
	Bílkoviny (%)	920	3,46	0,37	2,69	5,9	0,01	10,74
	SB	920	199,80	585,20	5	9999	19,29	292,89
2020	Mléko (kg)	948	21,46	6,55	6,4	38,9	0,21	30,53
	Tuk (%)	920	3,68	0,67	2,01	7,39	0,02	18,32
	Bílkoviny (%)	926	3,45	0,43	2,5	5,7	0,01	12,38
	SB	926	141,12	332,87	5	6292	10,94	235,88
2021	Mléko (kg)	949	21,84	6,99	5,2	39,5	0,23	32,01
	Tuk (%)	904	3,86	0,71	2,08	8,44	0,02	18,30
	Bílkoviny (%)	907	3,43	0,40	2,44	5,78	0,01	11,54
	SB	907	187,12	520,95	5	9117	17,30	278,40
2022	Mléko (kg)	942	21,19	6,49	5,8	39,9	0,21	30,63
	Tuk (%)	893	3,92	0,72	2,18	8,14	0,02	18,23
	Bílkoviny (%)	897	3,40	0,41	2,4	5,47	0,01	12,01
	SB	897	268,80	578,62	5	5295	19,32	215,26

Tabulka č. 9. Údaje z kontroly užítkovosti za sledované období 2018-2022.

n – počet vyhodnocených a dostupných dat za dané období

$\bar{x}$  – průměrná hodnota

s – směrodatná odchylka

Minimum – nejmenší hodnota, která se v vyskytovala v měření

Maximum – nejvyšší hodnota, která se vyskytovala v měření

s.e. – směrodatná chyba

V (%) – variační koeficient

SB – somatické buňky v 1 ml mléka (\*1000)

Z tabulky je patrné, že každý rok byl sledován rozdílný počet dojnic, které podléhaly KU. Průměrné hodnota nadojeného mléka v roce 2018 byla 21,73 kg na krávu. V 2019 byl nádoj nejvyšší a to 22,6 kg. V ostatních letech byla průměrná hodnota nadojeného mléka nižší a v roce 2022 klesla na hodnotu 21,19 kg na kus. Variační koeficient byl nejvyšší v roce 2021, kdy dosáhl hodnoty 32,01 % a nejnižší v roce 2019 (28,87 %). V ostatních letech se pohyboval okolo 30 %. Mezi nejvyšší hodnoty nadojeného mléka (39,9 kg) se řadí hned dva roky 2018 a

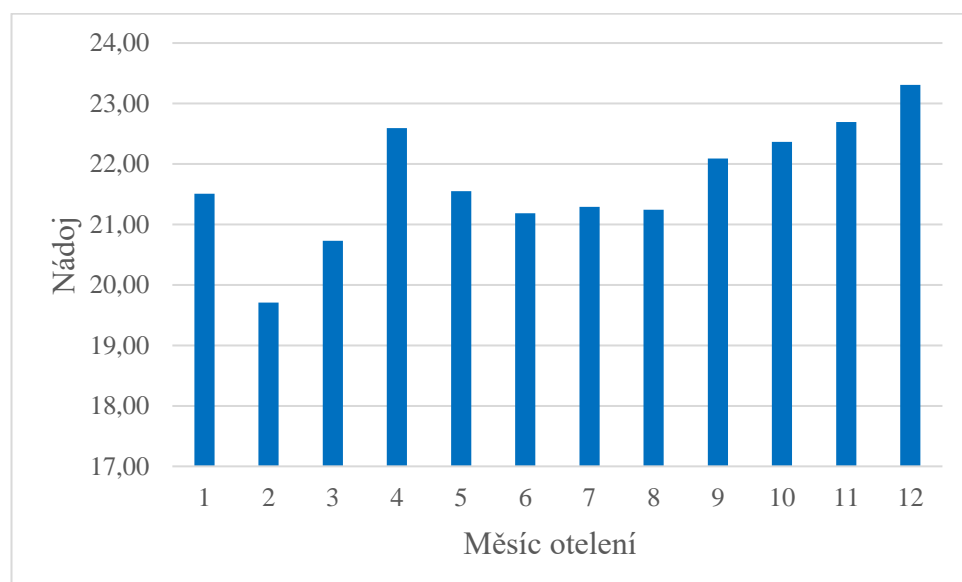
2022, zatímco nejméně mléka připadalo v roce 2021 (5,2 kg). Směrodatná odchylna nebyla u nádoje příliš vysoká a pohybovala se v rozmezí 6,49 až 6,99 kg.

Průměrné hodnoty tuku v roce v 2018 a 2019 byly vyrovnané 3,63 %, v 2020 se nepatrně navýšila na 3,68 %. Při nástupu AFS v 2021 se vyšplhala průměrná hodnota na 3,86 % a v 2022 až na 3,92 %. Směrodatná odchylna se každý rok pohybovala v rozmezí 0,67 až 0,73 %. Nejvyšší množství tuku bylo v roce 2021 (8,44 %) a nejnižší v roce 2019 s hodnotou 2 %.

Průměrné hodnoty bílkovin v mléce nebyly významně proměnlivé za celou dobu sběru dat a pohybovaly se okolo 3,43 %. Směrodatná odchylna byla v tomto případě ještě užší než u tuku a pohybovala se v rozmezí 0,37 – 0,43 %. Maximální hodnota bílkovin v mléce byla naměřena v roce 2019 (5,9 %) a minimální hodnota byla v roce 2022 (2,4 %).

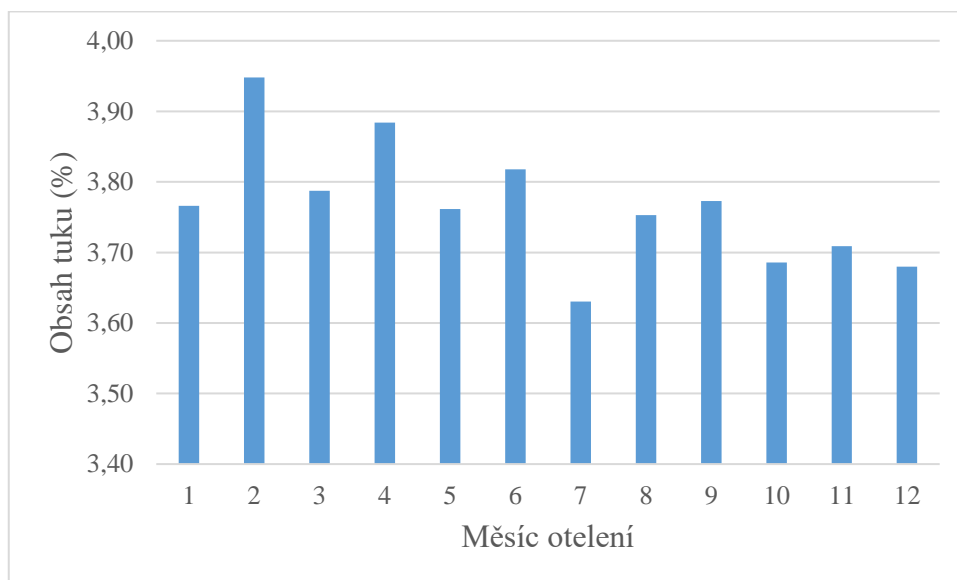
Když se zaměříme na SB, tak zjistíme, že nejnižší průměrná hodnota je v roce 2020 v množství 141,12 tis/ml mléka. V červnu 2021 byl naistalován a spuštěn automatický krmný systém a hodnota SB se zvýšila na 187,12 tis. V roce 2022 už tato hodnota stoupla na 268,8 tis, tedy na dvojnásobek hodnoty z roku 2020. Nejextrémnější hodnoty SB byly naměřeny v letech 2018 a 2019, kdy přesahovaly množství 9999 tis/ml. Směrodatná odchylna je u této proměnné již mnohem vyšší a pohybuje se v rozmezí 332,87 tis (rok 2020) až 633,56 tis (rok 2018). To tomto roce byl i nejextrémnější variační koeficient (304,81 %).

### 7.1.1 Měsíc otelení a parametry nadojeného mléka



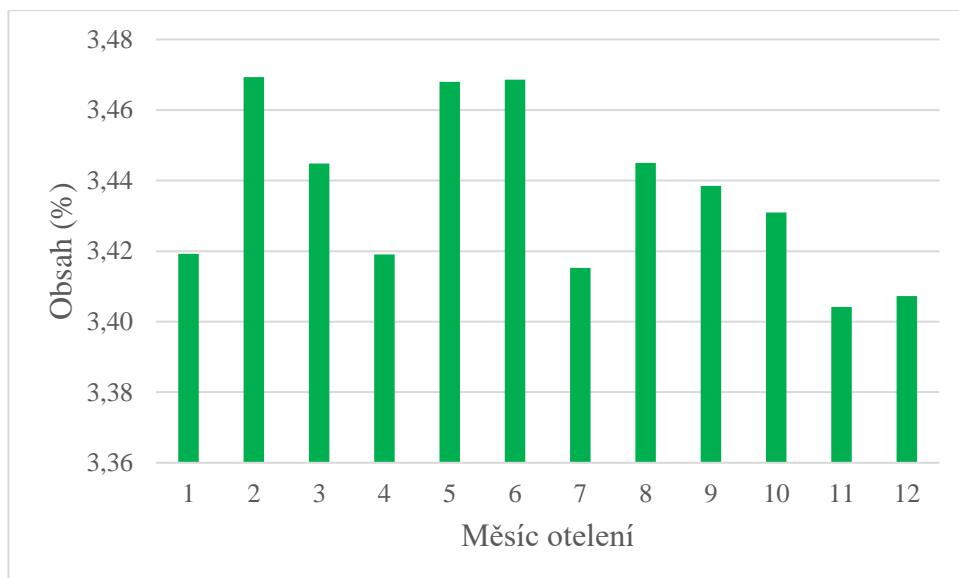
Graf č. 14. Vývoj nadojeného mléka podle měsíce otelení.

Z grafu je patrné, že nejvíce mléka se za období 2018-2022 nadojilo u krav otelených v dubnu, září, říjnu, listopadu a prosinci, a to v průměrném množství nad 22 kg/kus a den. Nejmenší množství mléka bylo nadojeno u krav otelených v únoru s nádojem 19,71 kg a březnu, kdy byla dojivost 20,73 kg mléka. V ostatních měsících byla dojivost krav mezi 21 a 22 kg mléka.



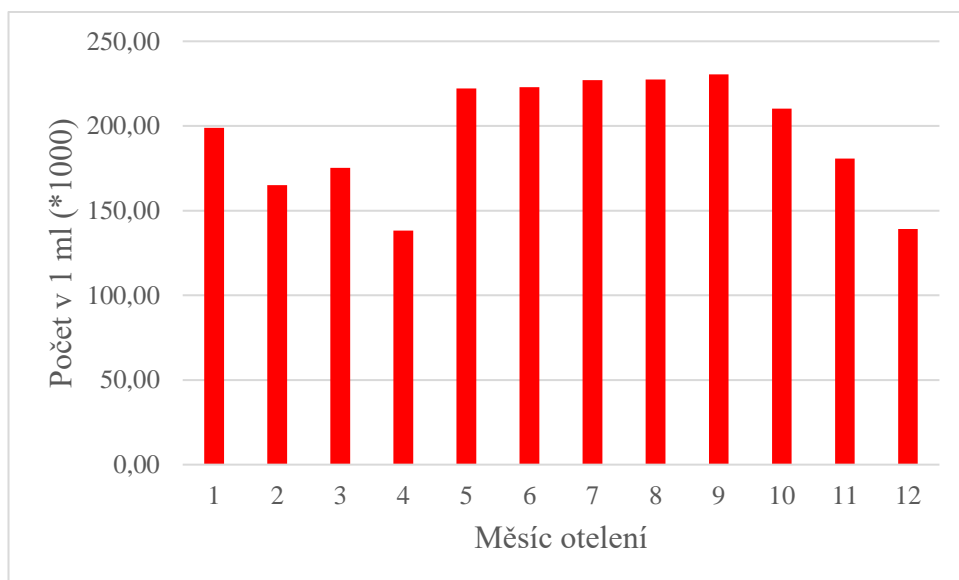
Graf č. 15. Vývoj obsahu tuku v mléce podle měsíce otelení.

Na tomto grafu je vidět, že obsah tuku v mléce je vysoce proměnlivý každý měsíc. Nejnížší obsah tuku v mléce byl naměřen v červenci s hodnotou 3,63 %, říjnu a prosinci, kdy obě hodnoty byly lehce pod hranicí 3,7 %. Nejvyšší obsah tuku se vyskytoval u krav otelených v únoru (3,95 %), dubnu a červnu, kde byly hodnoty nad 3,8 %. Ve zbylých měsících byly hodnoty mezi 3,7 a 3,8 % tuku.



Graf č. 16. Vývoj obsahu bílkovin v mléce podle měsíce otelení.

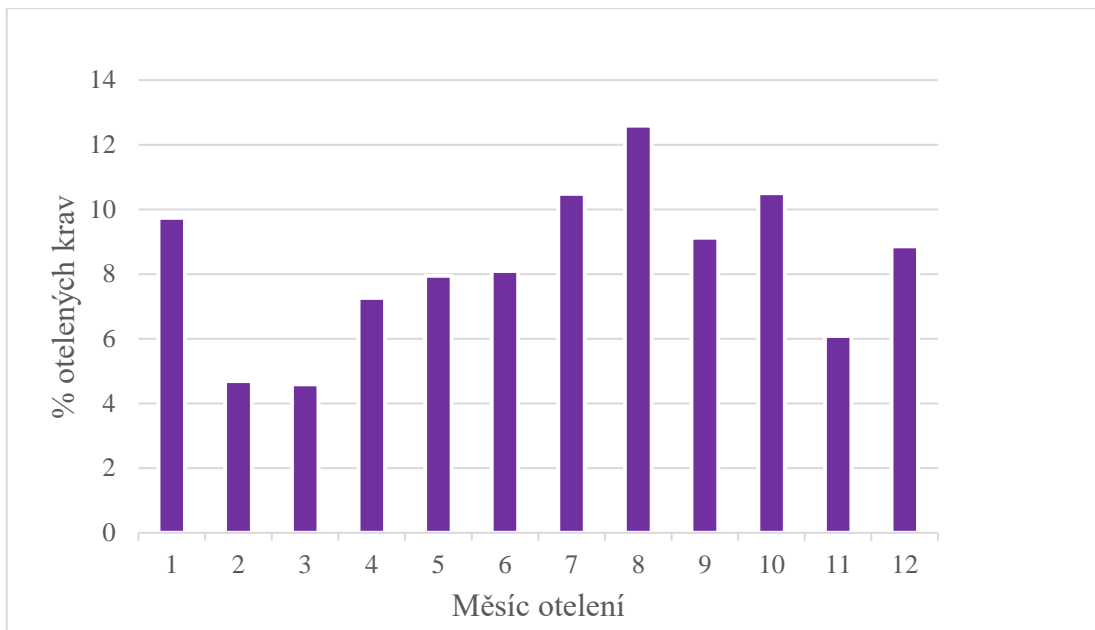
Z grafu vyplývá, že vliv měsíce otelení nemá na obsah bílkovin v mléce příliš vysoký vliv, jelikož hodnoty jsou v rozmezí 3,40–3,47 %. Nejméně bílkovin bylo v mléce naměřeno u krav otelených v listopadu (3,40 %) a prosinci (3,41 %). Shodnou hodnotu měly měsíce leden, duben a červenec, kdy byl průměrný obsah bílkovin 3,42 %. Nejvyšších hodnot dosahovaly měsíce únor, květen a červen s hodnotou 3,47 %.



Graf č. 17. Vývoj počtu somatických buněk v mléce podle měsíce otelení.

Na grafu lze pozorovat, že obsah SB je rozdílný velmi pozvolně. V celém půl roce od listopadu do dubna, se hodnoty SB u otelených krav drží pod hranicí 200 tis/ml. Nejnižší

hodnoty jsou v dubnu (138,26 tis) a prosinci (139,22 tis). Ostatní výše vyjmenované měsíce mají naměřené hodnoty mezi 160 a 200 tis/ml. Nejvyšší počet SB byl v druhé polovině roku – od května do října. U těchto měsíců byly průměrné hodnoty nad 200 tis a nejvíce SB bylo naměřeno v září (230,5 tis/ml).



Graf č. 18. Procento otelení krav v různých měsících za sledované období.

Tento graf je doplňující, aby bylo vidět v jakých měsících jsou krávy nejčastěji oteleny. Nejvíce se za poslední 4 roky krávy telily v srpnu (12,6 %), červenci a říjnu (oba měsíce s hodnotou 10,5 %). Nejmenší porodnost připadá na březen (4,6 %), únor (4,7 %) a listopad (6 %). V ostatních měsících se otelilo 6-10 % zvířat.

### 7.1.2 Pořadí laktace a parametry nadojeného mléka

V této tabulce je zahrnut veškerý skot v laktaci na farmě. Dojnice jsou rozděleny do 5 skupin. Krávy jsou rozděleny od první do čtvrté laktace (1-4) a v páté skupině jsou zahrnuty všechny dojnice od 5. do 11. laktace. Je to z důvodu malého množství zvířat na 6. a vyšší laktaci, takže by statisticky nebyly vyhodnoceny. Navíc na 5. laktaci mají dojnice ukončený růst a vývoj těla a je možné je zahrnout do jedné skupiny.

Pořadí laktace	Parametr	n	$\bar{x}$	s	Minimum	Maximum	s.e.	V (%)
1	Mléko (kg)	927	18,84	5,11	6,9	33,4	0,17	27,14
	Tuk (%)	886	3,77	0,61	2,12	6,1	0,02	16,16
	Bílkoviny (%)	888	3,42	0,41	2,4	5,9	0,01	12,10
	SB	888	174,75	512,60	5	9999	17,20	293,34
2	Mléko (kg)	1016	21,25	6,55	5,2	38,9	0,21	30,84
	Tuk (%)	973	3,76	0,68	2,08	8,44	0,02	18,08
	Bílkoviny (%)	974	3,46	0,38	2,48	5,17	0,01	11,08
	SB	974	158,09	372,51	5	4986	11,94	235,64
3	Mléko (kg)	872	22,68	6,82	6,5	39,5	0,23	30,09
	Tuk (%)	849	3,76	0,74	2	6,92	0,03	19,54
	Bílkoviny (%)	853	3,47	0,43	2,44	5,78	0,01	12,50
	SB	853	151,37	338,57	5	5295	11,59	223,67
4	Mléko (kg)	626	23,44	7,11	5,8	39,9	0,28	30,35
	Tuk (%)	596	3,75	0,75	2,02	6,31	0,03	20,08
	Bílkoviny (%)	601	3,44	0,40	2,55	5,1	0,02	11,70
	SB	601	230,63	676,42	5	9999	27,59	293,29
5+	Mléko (kg)	942	23,23	6,57	8,4	39,9	0,21	28,29
	Tuk (%)	910	3,72	0,78	2,01	8,14	0,03	21,06
	Bílkoviny (%)	911	3,39	0,38	2,49	4,93	0,01	11,34
	SB	911	294,60	702,14	5	9117	23,26	238,34

Tabulka č. 10. Údaje z kontroly užitekosti – vliv pořadí laktace na kvalitu mléka.

n – počet vyhodnocených a dostupných dat za dané období

$\bar{x}$  – průměrná hodnota

s – směrodatná odchylka

Minimum – nejmenší hodnota, která se v vyskytovala v měření

Maximum – nejvyšší hodnota, která se vyskytovala v měření

s.e. – směrodatná chyba

V (%) – variační koeficient

SB – somatické buňky v 1 ml mléka (\*1000)

5+ - zahrnuje 5, 6, 7, 8, 9, 10 a 11 laktaci

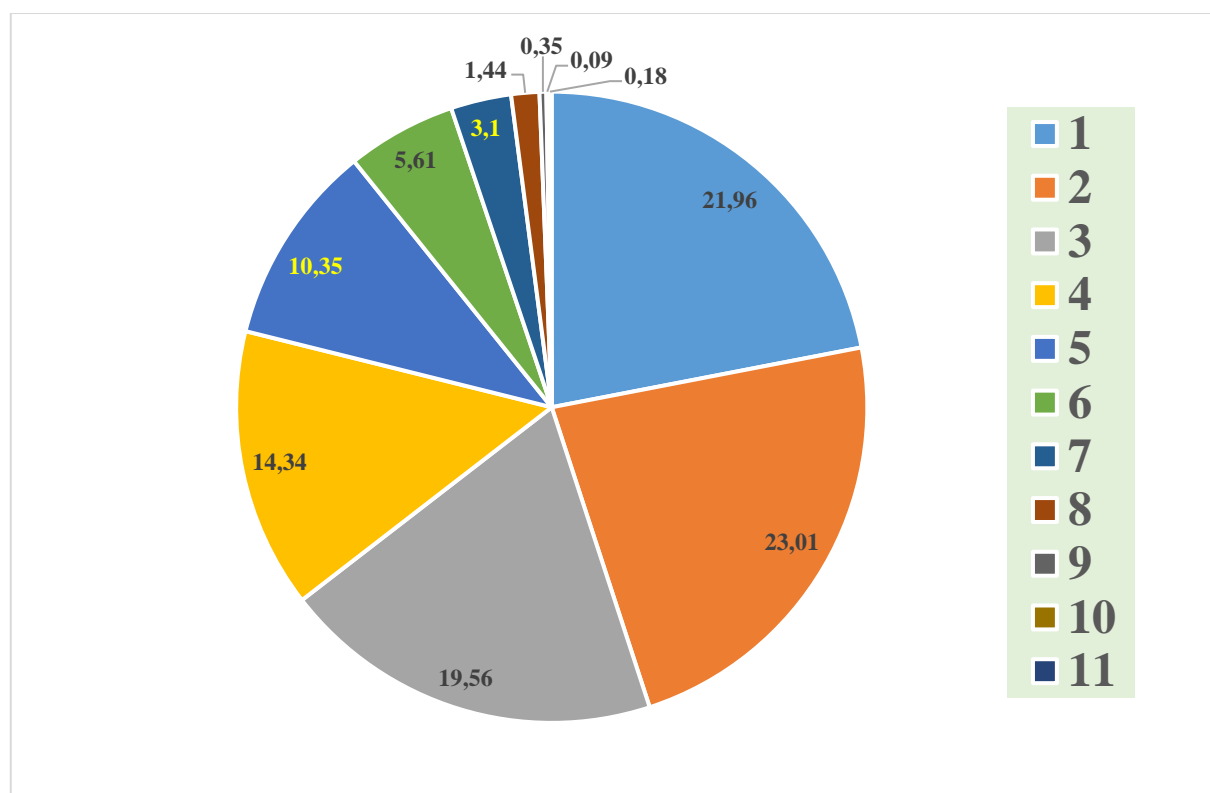
Z tabulky vyplývá, že nejvíce nadojeného mléka bylo průměrně na 4. laktaci. Nepatrně méně nadojily dojnice na 5. a vyšší laktaci. Od první laktace (18,84 kg) se dojivost postupně zvyšovala až do 4. laktace (23,44 kg). Úměrně s dojivostí se navyšuje i směrodatná odchylka,

tedy od 1. (5,11 kg) do 4. (7,11kg) laktace a na 5+. laktaci se opět snižuje na (6,57 kg). Nejvyšších hodnot dosáhly dojnice na 4. a 5+. laktaci (39,9 kg).

Obsah tuku v mléce se v jednotlivých laktacích výrazně neměnil. Od první (3,77 %) do čtvrté laktace (3,75 %) byl jeho průměrný obsah téměř shodný. Až na 5. a další laktaci mírně poklesl na hodnotu 3,72 %. Směrodatná odchylka je v rozmezí od 0,68 do 0,78 %. Variační koeficient úměrně stoupá od 1. (16,16 %) do 5+. (21,06 %) laktace.

Nejvíce obsahu bílkovin bylo v mléce u krav na 3. laktaci (3,47 %). Od první laktace (3,42 %) se postupně navyšoval až do 3. laktace. Poté opět postupně klesal až k 5+. laktaci (3,39 %). Směrodatná odchylka je u bílkovin vysoce nízká (0,38-0,43 kg) a každou laktaci proměnlivá bez nějaké posloupnosti. Nejvyšší (5,9 %) a nejnižší (2,4 %) změřené hodnoty bílkovin byly u dojnic na první laktaci.

U průměrného obsahu SB jsou hodnoty proměnlivější. Od první laktace (174,75 tis) mají hodnoty klesající tendenci až do 3. laktace (151,37 tis). Od 4. laktace (230,63 tis) průměrný počet SB prudce stoupá až do 5. a další laktace (294,6 tis). Nejvyšší hodnota směrodatné odchylky byla u krav na 5. a vyšší (702,14 tis) laktaci, 4. (676,42 tis) laktaci a 1. (512,6 tis) laktaci. Ostatní laktace mají odchylku okolo 350 tisíc. Nejvyšší hodnoty variačního koeficientu jsou na 1. (293,34 %) a 4. (293,29 %). Zbylé měřené laktace mají hodnoty okolo 230 %.



Graf č. 19. Podíl krav podle laktace ve stádě za sledované období.

Tento graf označuje, jaké je procento zastoupení krav na jednotlivých laktacích ve stádě. Nejvíce dojnic je na druhé laktaci a tvoří necelou 1/4 stáda. Nepatrně menší počet (21,96 %) dojnic je na první laktaci a téměř 1/5 tvoří krávy na třetí laktaci. Od páté laktace (10,35 %) výše již počty krav rapidně klesají.

### 7.1.3 AFS a parametry nadojeného mléka

První hodnota roku užívání se počítá od června 2021 do května 2022, kdy byl zaveden automatický krmný systém. V druhém roce jsou data od června 2022 do prosince 2022 a to byl již AFS ve stáji zaběhnutý. Od června 2021 probíhá krmení dojnic a jalovic v malých dávkách 24 hodin denně a na krmném stole má tedy skot dostatek čerstvého krmení v neomezeném množství.

Rok užívání	Parametr	n	$\bar{x}$	s	Minimum	Maximum	s.e.	V (%)
1	Mléko (kg)	2903	21,93	6,59	6,4	39,9	0,12	30,05
	Tuk (%)	2822	3,67	0,70	2	8,44	0,01	19,07
	Bílkoviny (%)	2830	3,44	0,40	2,44	5,9	0,01	11,69
	SB	2830	174,28	502,36	5	9999	9,44	288,24
2	Mléko (kg)	1479	21,45	6,73	5,2	39,9	0,17	31,37
	Tuk (%)	1391	3,92	0,70	2,08	8,14	0,02	17,97
	Bílkoviny (%)	1396	3,42	0,41	2,4	5,47	0,01	11,85
	SB	1396	252,06	588,00	5	9117	15,74	233,28

Tabulka č. 11. Údaje z kontroly užítkovosti – vliv pořadí laktace na kvalitu mléka.

n – počet vyhodnocených a dostupných dat za dané období

$\bar{x}$  – průměrná hodnota

s – směrodatná odchylka

Minimum – nejmenší hodnota, která se v vyskytovala v měření

Maximum – nejvyšší hodnota, která se vyskytovala v měření

s.e. – směrodatná chyba

V (%) – variační koeficient

SB – somatické buňky v 1 ml mléka (\*1000)

V této tabulce jsou zaneseny průměrné hodnoty nadojeného mléka v prvním roce užívání (21,93 kg). Ve druhém roce užívání AFS je patrný mírný pokles dojivosti na 21,45 kg. Směrodatná odchylka má hodnotu 6,59 kg v prvním roce a 6,73 kg ve druhém. Maximální nádoj byl u obou let 39,9 kg mléka a minimální 6,4 kg (v prvním roce) a 5,2 kg (ve druhém roce).

Pozitivní nárůst je u průměrného obsahu tuku, kdy v prvním roce byl obsah 3,67 % a v druhém 3,92 s tím, že odchylka se ani v jednom roce neměnila (0,70 %). Za to variační koeficient se zúžil z 19,07 % na 17,97 %.



Téměř nepatrný pokles je u druhého roku užívání u průměrného obsahu bílkovin (z 3,44 na 3,42 %) v mléce. Variační odchylka se zvýšila na 0,41 % v druhém roce o 0,01 %. Stejně tak se nepatrně navýšil i variační koeficient z 11,69 na 11,85 %.

U průměrných hodnot SB je vidět vysoký nárůst. Po prvním roce užívání bylo naměřeno 174,28 tis a ve druhém stouply průměrné hodnoty na 252,06 tis/ml. Tím se navýšila i směrodatná odchylka z 502,36 na 588 tis. Zajímavější je maximální hodnota SB, která u prvního roku činí hodnotu přes 9999 tis, ale u druhého období dosáhla „pouze“ 9117 tis/ml mléka. Dalším zajímavým faktorem je i variační koeficient (288,24 %), který se výrazně snížil v druhém roce (233,28 %) užívání.

#### 7.1.4 Základní statistika – reprodukční znaky

Rok	Proměnná	n	$\bar{x}$	s	Minimum	Maximum	s.e.	V (%)
2018	Mezidobí (dny)	526	386,8	46,54	324	550	2,23	12,32
	Ins. int. (dny)	510	72,48	19,62	47	200	0,89	27,05
	Servis perioda (dny)	305	97,28	37,23	55	225	2,13	38,24
2019	Mezidobí (dny)	862	384,75	45,79	330	732	1,56	11,9
	Ins. int. (dny)	774	77,45	23,09	43	193	0,83	29,81
	Servis perioda (dny)	455	96,49	45,46	49	310	2,13	47,11
2020	Mezidobí (dny)	943	387,18	56,73	334	732	1,85	14,65
	Ins. int. (dny)	944	71,9	18,35	42	193	0,6	25,56
	Servis perioda (dny)	563	103,52	44,69	42	347	44,69	43,14
2021	Mezidobí (dny)	966	386,79	44,04	313	530	44,04	11,3
	Ins. int. (dny)	885	63,74	15,32	42	137	15,32	24,02
	Servis perioda (dny)	502	91,38	48,51	42	347	48,51	53,8
2022	Mezidobí (dny)	932	378,67	46,42	313	568	46,42	12,26
	Ins. int. (dny)	849	65,03	18,58	44	189	18,58	28,54
	Servis perioda (dny)	497	91,67	47,43	44	293	47,43	51,74

Tabulka č. 12. Údaje z kontroly užítkovosti – vývoj reprodukčních znaků v průběhu let.

n – počet vyhodnocených a dostupných dat za dané období

$\bar{x}$  – průměrná hodnota

s – směrodatná odchylka

Minimum – nejmenší hodnota, která se v vyskytovala v měření

Maximum – nejvyšší hodnota, která se vyskytovala v měření

s.e. – směrodatná chyba

V (%) – variační koeficient

Ins. int. – inseminační interval

V této tabulce jsou zaznamenány údaje poskytnuté KU ve vztahu k reprodukčním znakům. Průměrná hodnota mezidobí se po celou dobu sledování moc neproměňovala a pohybovala se okolo 384 dnů. Zajímavější jsou už maximální hodnoty, kterých bylo dosaženo

v letech 2019 a 2020 (732 dnů), což je téměř dvojnásobná hodnota, než je průměr. Směrodatná odchylka se pohybovala okolo 46 dnů.

Inseminační interval dosahoval nejvyšších hodnot v roce 2019 (77 dnů) a nejkratší byl v roce 2021 (64 dnů). Nejkratší intervaly byly v letech 2020 a 2021 (42 dní).

Nejlepší zabřezávání krav probíhalo statisticky v letech 2021 a 2022 (91 a 92 dnů) a nejmenší rozdíl mezi servis periodou a inseminačním intervalem byl v roce 2019 s hodnotou 19 dnů. Nejdelší prodleva u zabřeznutí byla v letech 2020 a 2021 (347 dní).

### 7.1.5 Korelace mezi parametry reprodukce a produkce dojnic

V této části se bude hodnotit vliv dalšího automatického prvku ve stáji na reprodukční a produkční vlastnosti dojnic v již automatizované stáji. AFS je ale ve stáji zaveden až v polovině pozorování. Jedná se tedy o vyhodnocování v době jeho zavádění.

Parametr		Poř. lak	Ins. int.	Serv. P.	Mléko	Tuk	Bílkoviny	SB
Mezidobí (dny)	r	-0,003	0,091	0,164	0,059	0,010	-0,003	-0,011
	P	0,837	<0,001	<0,001	0,001	0,570	0,880	0,516
	n	4229	3051	1753	3456	3328	3339	3339
Pořadí laktace	r		-0,002	0,095	0,195	-0,033	-0,042	0,098
	P		0,908	<0,001	<0,001	0,033	0,007	<0,001
	n		3962	2322	4383	4214	4227	4227
Ins. int. (dny)	r			0,405	-0,116	0,034	0,125	0,056
	P			<0,001	<0,001	0,069	<0,001	0,003
	n			2322	2957	2832	2836	2836
Servis perioda (dny)	r				-0,167	0,062	0,275	-0,011
	P				<0,001	0,025	<0,001	0,687
	n				1362	1302	1303	1303
Mléko (kg)	r					-0,436	-0,591	-0,046
	P					<0,001	<0,001	0,003
	n					4214	4227	4227
Tuk (%)	r						0,507	0,086
	P						<0,001	<0,001
	n						4214	4214
Bílkoviny (%)	r							0,079
	P							<0,001
	n							4227

Tabulka č. 13. Údaje z kontroly užítkovosti – vliv automatického krmného systému na reprodukci a kvalitu mléka.

Ins. int. (dny) – inseminační interval

SB – somatické buňky v 1 ml mléka (\*1000)

Poř. lak. – pořadí laktace

Serv. p. – servis perioda (dny)

r – korelační koeficient – vyjadřuje míru závislosti mezi dvěma veličinami

P – statistická průkaznost

n – počet vybraných případů

V tabulce je vidět, že dny mezidobí slabě korelují s insemináčním intervalem ( $r = 0,091$ ;  $P = <0,001$ ), servis periodou ( $r = 0,164$ ;  $P = <0,001$ ) a nadojeným mlékem ( $r = 0,059$ ;  $P = <0,001$ ), ale mají mezi sebou velmi silnou závislost. Na tuk, bílkoviny a SB nemá mezidobí vliv.

Pořadí laktace má slabou korelaci se všemi hodnocenými znaky, kromě insemináčního intervalu. S tukem ( $r = -0,033$ ;  $P = 0,033$ ) a bílkovinou ( $r = -0,042$ ;  $P = 0,007$ ) je to navíc negativní korelace.

Insemináční interval silně koreluje se servis periodou ( $r = 0,405$ ;  $P = <0,001$ ). Kromě tuku pak slabě koreluje i s ostatními hodnotami. S mlékem navíc koreluje negativně ( $r = -0,116$ ;  $P = <0,001$ ).

Servis perioda slabě negativně koreluje s nadojeným mlékem ( $r = -0,167$ ;  $P = <0,001$ ), slabě s tukem a středně s bílkovinami ( $r = 0,275$ ;  $P = <0,001$ ). Mezi servis periodou a SB není žádná korelace.

Nadojené množství mléka mělo po vlivu AFS silně negativní korelaci s tukem ( $r = -0,436$ ;  $P = <0,001$ ), bílkovinami ( $r = -0,591$ ;  $P = <0,001$ ) a slabou negativní korelaci se somatickými buňkami ( $r = -0,046$ ,  $P = 0,003$ ).

Tuk silně koreluje s bílkovinami ( $r = 0,507$ ;  $P = <0,001$ ) a slabě se SB ( $r = 0,086$ ;  $P = <0,001$ ). Bílkoviny korelují se SB slabě, ale existuje mezi nimi velmi silná závislost ( $r = 0,079$ ;  $P = <0,001$ ).

## ANOVA – výsledky z KU 2018-2022

### 7.2 Základní statistiky modelové rovnice hodnocených parametrů produkce

		Mléko (kg)	Tuk (%)	Bílkoviny (%)	SB
Model	r <sup>2</sup>	0,64	0,21	0,35	0,02
	P	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Rok	F-test	18,24	7,46	3,71	2,55
	P	<0,001	<0,001	0,005	0,037
Měsíc	F-test	25,62	25,45	16,42	1,34
	P	<0,001	<0,001	<0,001	0,197
Měsíc otelení	F-test	9,2	7,43	2	2,32
	P	<0,001	<0,001	0,024	0,008
Pořadí laktace	F-test	201,71	2,9	3,95	10,94
	P	<0,001	0,021	0,003	<0,001
Robot AFS	F-test	6,96	2,65	0,9	1,41
	P	0,008	0,104	0,344	0,236
Dny laktace	F-test	6472,81	633,64	2062,9	0,79
	P	<0,001	<0,001	<0,001	0,376

Tabulka č. 14. Vyhodnocení základní statistiky ANOVA – proměnlivost a hodnota jednotlivých složek v rámci efektů.

r<sup>2</sup> (%) – vysvětluje proměnlivost složky mléka na základě použitých efektů v modelové rovnici

P – statistická průkaznost – aby byla hodnota průkazná musí být nižší než 0,05

F-test – hodnota jednotlivých efektů

AFS – automatický krmný systém

SB – somatické buňky (\*1000/ml mléka)

Tabulka se skládá ze 4 sledovaných složek mléka (nádoj, tuk, bílkoviny a SB), které byly v rámci KU k dispozici; modelu, který udává z kolika procent efekty vysvětlují proměnlivost hodnocené složky mléka (r<sup>2</sup>); a jednotlivých efektů (rok, měsíc, měsíc otelení, pořadí laktace, AFS a dny laktace), u kterých bylo zjišťováno, jak velký mají vliv na jednotlivé složky mléka (F-test).

Mléko bylo ovlivňováno jednotlivými efekty z 64 % a největší podíl na tom měly laktační dny a pořadí laktace (P <0,001). Ostatní zbylé efekty měly menší vliv na nádoj, ale konkrétní měsíce v roce měly vyšší vliv než samotné roky či měsíc otelení, všechny však byly průkazné (P <0,001). Vliv AFS na nádoj byl průkazný s hodnotou P = 0,008.

Množství tuku v mléce bylo ovlivňováno z 21 %. Nejvyšší vliv na jeho obsah měly laktační dny, dále kalendářní měsíc, a nakonec téměř shodně rok a měsíc otelení (P <0,001). Pořadí laktace má nižší průkaznost (P = 0,021) a vliv AFS není průkazný.

Na obsah bílkovin v mléce měly pozorované efekty vliv z 35 %. Z největší části jej ovlivňuje fáze laktace a měsíc (P <0,001). Pořadí laktace (P = 0,003), rok (P = 0,005) a měsíc

otelení ( $P = 0,024$ ) mají na obsah bílkovin v mléce velmi minimální vliv. Zbýlý efekt AFS byl neprůkazný.

Vybrané efekty ovlivňovaly somatické buňky pouze z 2 % a nejvyšší vliv na ně mělo pořadí laktace ( $P < 0,001$ ), téměř nezatelně pak měsíc otelení ( $P = 0,008$ ) a rok ( $P = 0,037$ ). Zbýlé sledované efekty neměly na množství SB průkazný vliv.

### 7.2.1 Vliv efektu roku

Rok	Mléko (kg)	Tuk (%)	Bílkoviny (%)	SB (*1000)/ml
	LSM $\pm$ SELSM	LSM $\pm$ SELSM	LSM $\pm$ SELSM	LSM $\pm$ SELSM
<b>2018</b>	22,38 $\pm$ 0,247 <sup>B,C,a</sup>	3,68 $\pm$ 0,040 <sup>A</sup>	3,43 $\pm$ 0,020	231,06 $\pm$ 33,724
<b>2019</b>	23,32 $\pm$ 0,207 <sup>A,b</sup>	3,68 $\pm$ 0,033 <sup>A</sup>	3,46 $\pm$ 0,017 <sup>a</sup>	221,41 $\pm$ 27,287
<b>2020</b>	22,77 $\pm$ 0,207 <sup>B,D,E</sup>	3,69 $\pm$ 0,033 <sup>A</sup>	3,44 $\pm$ 0,017	166,71 $\pm$ 27,941
<b>2021</b>	21,42 $\pm$ 0,136 <sup>B,D,E</sup>	3,89 $\pm$ 0,022 <sup>B</sup>	3,44 $\pm$ 0,011 <sup>a</sup>	176,31 $\pm$ 18,430
<b>2022</b>	20,57 $\pm$ 0,205 <sup>B,D,F</sup>	3,91 $\pm$ 0,033 <sup>B</sup>	3,38 $\pm$ 0,017 <sup>b</sup>	231,12 $\pm$ 27,658

Tabulka č. 15. Efekt jednotlivých let na složky mléka.

Rozdílná písmena ve sloupcích v rámci efektů znamenají statistickou průkaznost A-B, C-D, E-F ...

$P < 0,01$ ; resp. a-b ...  $P < 0,05$

Pokud nejsou v buňce žádná písmenka, znamená to, že není mezi hodnotami průkazný rozdíl

LSM - least square means – průměry očištěné o metodu nejmenších čtverců

SELSM - standard error of least square means – střední chyba průměrů opravených o metodu nejmenších čtverců

SB – somatické buňky

V tabulce jsou výsledky KU za pět let. Množství průměrného nadojeného mléka bylo nejvyšší v roce 2019 s hodnotou 23,32 kg. Poté až do roku 2022 hodnoty mléka klesají až na 20,57 kg. Rok 2019 je statisticky průkazně nejvyšší ( $P < 0,01$ ) a v porovnání s ostatními roky má nejvyšší nádoj. Dále nádoj v roce 2018 byl průkazně odlišný od nádojů v letech 2020-2022 a naposled se výrazně a průkazně lišily nádoje v roce 2020 a 2021 od množství nadojeného mléka v 2022. Mezi roky 2018 a 2019 bylo množství nadojeného mléka rozdílné se slabší průkazností ( $P < 0,05$ ).

Hodnoty obsahu tuku se postupně během let navyšovaly. Z hodnoty vypočtené v roce 2018 (3,68 %) vzrostla na 3,91 % v roce 2022. Statisticky průkazné rozdíly hodnot tuku byly mezi roky 2018, 2019 a 2020 a mezi 2021 a 2022 ( $P < 0,01$ ).

Obsah bílkovin byl proměnlivý napříč lety. Nejvíce bílkovin bylo v mléce v roce 2019 (3,46 %) a naopak nejmenší obsah bílkovin byl naměřen v roce 2022 (3,38 %). Statistická průkaznost rozdílů mezi roky tak byla prokazatelná pouze mezi lety 2019, 2021 a 2022 s hodnotou  $P < 0,05$ . Zbýlé hodnoty nebyly mezi sebou průkazné.

U obsahu SB v mléce se nejnižší množství vyskytovalo v roce 2020 (166,71 tis/ml). Následující dva roky se počet postupně navyšuje až na množství 231,12 tis/ml se střední chybou průměru 21,658 tis/ml mléka. Tato hodnota je téměř shodná s množstvím SB z roku 2018. Mezi množstvím SB v každém roce neexistuje žádná statistická odlišnost.

### 7.2.2 Vliv efektu měsíce

Měsíce	Mléko (kg)	Tuk (%)	Bílkoviny (%)	SB (*1000)/ml
	LSM ± SELSM	LSM ± SELSM	LSM ± SELSM	LSM ± SELSM
<b>Leden</b>	21,55 ± 0,243 <sup>A,a</sup>	3,78 ± 0,041 <sup>A,a</sup>	3,47 ± 0,021 <sup>A,a</sup>	244,08 ± 34,080
<b>Únor</b>	21,40 ± 0,248 <sup>C,c</sup>	3,81 ± 0,040 <sup>C,c</sup>	3,38 ± 0,020 <sup>C,b,c</sup>	191,20 ± 33,413
<b>Březen</b>	22,64 ± 0,252 <sup>D,E,b</sup>	3,80 ± 0,040 <sup>C,c</sup>	3,33 ± 0,020 <sup>B,E</sup>	156,77 ± 33,683
<b>Duben</b>	22,65 ± 0,252 <sup>D,E,b</sup>	3,74 ± 0,040 <sup>E,e</sup>	3,40 ± 0,020 <sup>B,E,e</sup>	190,27 ± 33,789
<b>Květen</b>	24,54 ± 0,253 <sup>B,D,F,G</sup>	3,57 ± 0,042 <sup>B,D,G,f,g</sup>	3,40 ± 0,021 <sup>G,f</sup>	177,25 ± 34,702
<b>Červen</b>	23,60 ± 0,209 <sup>B,D,G</sup>	3,55 ± 0,034 <sup>B,D,G,f,g</sup>	3,36 ± 0,017 <sup>B,I,g</sup>	216,73 ± 28,278
<b>Červenec</b>	21,67 ± 0,211 <sup>H,I</sup>	3,60 ± 0,034 <sup>D,G,b,g</sup>	3,40 ± 0,017 <sup>G,f</sup>	264,20 ± 28,528
<b>Srpen</b>	22,18 ± 0,215 <sup>H,I</sup>	3,59 ± 0,036 <sup>D,G,b,g</sup>	3,45 ± 0,018 <sup>F,h,i</sup>	240,36 ± 29,828
<b>Září</b>	21,95 ± 0,208 <sup>H,I</sup>	3,75 ± 0,034 <sup>G,h</sup>	3,48 ± 0,017 <sup>F,J,d</sup>	227,99 ± 28,319
<b>Říjen</b>	21,24 ± 0,211 <sup>F,H</sup>	3,99 ± 0,034 <sup>B,F,H,d</sup>	3,52 ± 0,017 <sup>D,F,H,J</sup>	209,92 ± 28,339
<b>Listopad</b>	20,35 ± 0,211 <sup>B,F,H,J,d,e</sup>	3,98 ± 0,033 <sup>B,F,H,d</sup>	3,54 ± 0,017 <sup>D,F,H,J,j</sup>	179,71 ± 28,027
<b>Prosinec</b>	21,33 ± 0,208 <sup>F,H,f</sup>	4,07 ± 0,033 <sup>B,D,F,H</sup>	3,53 ± 0,017 <sup>D,F,H,J,j</sup>	165,37 ± 27,728

Tabulka č. 16. Efekt jednotlivých měsíců na pozorované složky mléka.

Rozdílná písmena ve sloupcích v rámci efektů znamenají statistickou průkaznost A-B, C-D, E-F, G-H, I-J ... P < 0,01; resp. a-b, c-d, e-f, g-h, i-j ... P < 0,05.

Pokud nejsou v buňce žádná písmenka, znamená to, že není mezi hodnotami průkazný rozdíl

LSM - least square means – průměry očištěné o metodu nejmenších čtverců

SELSM - standard error of least square means – střední chyba průměrů opravených o metodu nejmenších čtverců

SB – somatické buňky

V této tabulce jsou zaznamenány výsledky vlivu jednotlivých měsíců na sledované složky mléka dojníc. V rámci lepšího přehledu a porovnávání si měsíce rozdělíme na čtyři období – 1. prosinec až únor, 2. březen až květen, 3. červen až srpen a 4. období zahrnuje září až listopad.

V prvním období se nádoj mléka pohyboval od 21,33 do 21,4 kg mléka. V 2. období je průměrná hodnota nádoje na jednu krávu 22,64 až 24,54 kg. V létě, tedy třetím období, se rozmezí nádoje pohyboval mezi 22,18 a 23,6 kg mléka. Poslední podzimní období znamenalo opětovné snížení nádoje v rozmezí 21,95 až 20,35 kg mléka. Nejvyšší průměrný nádoj na dojnici a den byl za celé období zaznamenán v květnu s hodnotou 24,54 ± 0,253 kg. Zato nejnižší nádoje byly prokázány v listopadu (20,35 kg). Mezi jednotlivými měsíčními nádoji

mléka existují četné statisticky průkazné rozdíly ( $P < 0,05$  a  $P < 0,01$ ), jak je patrné z tabulky 16 a sloupce mléka.

U obsahu tuku v mléce bylo rozmezí hodnot v prvním období 3,81 až 4,07 %. V jarním období (2.) byly hodnoty obsahů mezi 3,57 a 3,8 %. Ve třetím období se pohybovaly obsahy tuku v mléce okolo 3,55 až 3,59 %. V posledním období se vyskytovalo ve mléce průměrně nejvíce tuku s hodnotami mezi 3,75 a 3,98 %. Nejvíce tučné mléko bylo průměrně v prosinci, kdy průměrná hodnota dosahovala  $4,07 \% \pm 0,033$  a nejmenší procento tuku obsahovalo mléko v červnu (3,55 %). Průkaznost rozdílu v obsahích tuku mezi jednotlivými měsíci je opět specifická. V některých měsících (květen, červen, červenec, srpen, říjen, listopad a prosinec) jsou rozdíly průkaznější více než u zbylých měsíčních obsahů.

Obsah bílkovin v mléce byl po celý rok celkem vyrovnaný. V zimě dosahovaly průměrné hodnoty bílkovin 3,46 %, v jarním 3,37, letním 3,4 a nejvyšší obsah bílkovin byl změřen na podzim (3,5 %). Za samostatné měsíce byly v největším množství obsaženy bílkoviny v listopadu ( $3,54 \pm 0,017$  %) a nejkvalitnějším měsícem na obsah bílkovin v mléce byl statisticky březen ( $3,33 \pm 0,020$  %). Průkaznost mezi jednotlivými měsíci je dosti nesourodá ale vyskytovala se tam. Vývoj tohoto ukazatele mléčné produkce lze popsat jako kolísavý.

Počet somatických buněk v mléce nebyl každé roční období tolik proměnlivý a rozdíl mezi nejnižším a nejvyšším dosahoval cca 60 tis/ml. V prvním období byla průměrná hodnota SB 200,2 tis/ml, na jaře bylo průměrně nejnižší množství SB (179,1 tis/ml), v létě zase naopak dosahovaly průměrné hodnoty SB svého vrcholu (240,43 tis/ml) a na podzim jejich hodnoty opět klesaly k 205,87 tis/ml. Nejvyšší množství SB se vyskytovalo v mléce v nejteplejším měsíci v roce, červenci ( $264,20 \pm 28,528$  tis/ml) a nejkvalitnější mléko bylo naopak dojeno v březnu ( $156,77 \pm 33,683$  tis/ml). Jednotlivé změřené obsahy SB v každém měsíci nejsou mezi sebou statisticky průkazné.

### 7.2.3 Vliv efektu měsíce otelení

Měsíc	Mléko (kg)	Tuk (%)	Bílkoviny (%)	SB (*1000)/ml
	LSM ± SELSM	LSM ± SELSM	LSM ± SELSM	LSM ± SELSM
Leden	22,13 ± 0,210 <sup>a</sup>	3,78 ± 0,034 <sup>a</sup>	3,43 ± 0,017	225,26 ± 28,407
Únor	21,13 ± 0,298 <sup>A,c</sup>	3,99 ± 0,048 <sup>A,b,c</sup>	3,49 ± 0,025	153,48 ± 40,571
Březen	22,26 ± 0,298	3,75 ± 0,049 <sup>d</sup>	3,49 ± 0,025	215,21 ± 40,970
Duben	22,54 ± 0,240 <sup>B,C,e</sup>	3,92 ± 0,039 <sup>C</sup>	3,40 ± 0,020	143,17 ± 32,532
Květen	22,29 ± 0,227 <sup>E</sup>	3,76 ± 0,037 <sup>B</sup>	3,43 ± 0,019	233,12 ± 30,608
Červen	21,67 ± 0,224 <sup>E</sup>	3,78 ± 0,036 <sup>d,e</sup>	3,45 ± 0,018	220,44 ± 30,057
Červenec	21,35 ± 0,201 <sup>D,E,g</sup>	3,62 ± 0,032 <sup>B,D,b,f</sup>	3,41 ± 0,016	246,34 ± 27,026
Srpen	21,46 ± 0,184 <sup>f</sup>	3,73 ± 0,030 <sup>B,D</sup>	3,46 ± 0,015	244,22 ± 25,026 <sup>a</sup>
Září	22,33 ± 0,215 <sup>d,h</sup>	3,78 ± 0,035 <sup>d,e</sup>	3,45 ± 0,018	258,89 ± 29,101 <sup>a</sup>
Říjen	23,00 ± 0,200 <sup>B,F,G</sup>	3,67 ± 0,033 <sup>B,D</sup>	3,40 ± 0,016	222,51 ± 27,247
Listopad	21,73 ± 0,266 <sup>H</sup>	3,79 ± 0,043	3,45 ± 0,022	180,30 ± 35,952
Prosinec	23,19 ± 0,217 <sup>B,F,G,b</sup>	3,66 ± 0,035 <sup>B,D</sup>	3,41 ± 0,018	120,93 ± 29,591 <sup>b</sup>

Tabulka č. 17. Efekt jednotlivých měsíců otelení na sledované složky mléka.

Rozdílná písmena ve sloupcích v rámci efektů znamenají statistickou průkaznost A-B, C-D, E-F, G-H ... P <0,01; resp. a-b, c-d, e-f, g-h ... P <0,05.

Pokud nejsou v buňce žádná písmenka, znamená to, že není mezi hodnotami průkazný rozdíl

LSM - least square means – průměry očištěné o metodu nejmenších čtverců

SELSM - standard error of least square means – střední chyba průměrů opravených o metodu nejmenších čtverců

SB – somatické buňky

Nejvíce mléka nadojily průměrně krávy otelené v prosinci (23,19 kg) a říjnu (23,00 kg). Naopak nejmenší dojivostí se vyznačovaly dojnice, které se telily v únoru (21,13 kg) a červenci (21,35 kg). Ostatní průměrné denní nádoje se pohybovaly v rozmezí 21,46 až 22,54 kg. Statistická průkaznost rozdílů nádojů mezi jednotlivými měsíci otelení byla provázaná, kdy nádoje v únoru, dubnu, květnu, červnu, červenci, říjnu, listopadu a prosinci byly průkazné na P <0,01. Leden, srpen a září jsou s některými dalšími hodnotami nadojeného mléka měsíce otelení průkazné s hodnotou P <0,05. Jedině nadojené mléko od krav otelených v březnu se průkazně nelišilo od žádného jiného nádoje.

Obsah tuku v mléce byl nejvyšší u krav, jež se otelily v únoru (3,99 %), dubnu (3,92 %) a nejméně tučné mléko se vyskytovalo u dojnic, které rodily v červenci (3,62 %) a prosinci (3,66 %). Rozdíl mezi nejtučnějším a nejméně tučným mlékem v rámci měsíce otelení byl 0,37 %. Průkazný rozdíl v obsazích tuku s hodnotou P <0,05 byl u měsíců září, červen a březen. Ostatní zbylé měsíční rozdíly obsahů tuku byly průkazné (P <0,01). U listopadu nebyl statisticky prokázán rozdíl od ostatních měsíců otelení.

Nejvyššího obsahu bílkovin v mléce dosahovaly krávy otelené v únoru a březnu se shodnou hodnotou (3,49 ± 0,025 %). Na druhé straně nejnižší hodnoty byly naměřeny u krav



otelených v dubnu (3,40 %) a říjnu (3,40 %). Rozdíl v obsazích mezi jednotlivými měsíci otelení je minoritní. Mezi jednotlivými měsíčními obsahy bílkovin není statistická průkaznost.

Somatické buňky se pohybovaly v hodnotách od 120,93 do 258,89 tis/ml mléka. Rozdíl mezi nimi je tedy více než dvojnásobný. Nejvyšší mléko s nejvyšším obsahem SB bylo získáváno od krav otelených v prosinci ( $120,93 \pm 29,591$  tis/ml) a dubnu ( $143,17$  tis/ml). Naopak nejvíce SB bylo indikováno v mléce u dojníc, které se otelily v září ( $258,89$  tis/ml) a srpnu ( $244,22$  tis/ml). Rozdíly množství SB v mléce za srpen, září a prosinec jsou spolu statisticky průkazné s hodnotou  $P < 0,05$ . Mezi zbylými měsíčními rozdíly SB není statisticky průkazný rozdíl.

#### 7.2.4 Vliv efektu pořadí laktace

Pořadí laktace	Mléko (kg)	Tuk (%)	Bílkoviny (%)	SB (*1000)/ml
	LSM $\pm$ SELSM	LSM $\pm$ SELSM	LSM $\pm$ SELSM	LSM $\pm$ SELSM
<b>1</b>	$18,83 \pm 0,149^A$	$3,79 \pm 0,024$	$3,43 \pm 0,012$	$172,63 \pm 20,221^A$
<b>2</b>	$21,45 \pm 0,144^{B,C}$	$3,80 \pm 0,023^a$	$3,45 \pm 0,012^a$	$160,70 \pm 19,600^A$
<b>3</b>	$22,97 \pm 0,158^{B,D,E}$	$3,79 \pm 0,026$	$3,45 \pm 0,013^A$	$156,48 \pm 21,321^{A,a}$
<b>4</b>	$29,94 \pm 0,177^{B,D,F,a}$	$3,74 \pm 0,029$	$3,43 \pm 0,015$	$238,13 \pm 23,963^b$
<b>5+</b>	$23,27 \pm 0,150^{B,D,b}$	$3,71 \pm 0,024^b$	$3,40 \pm 0,012^{B,b}$	$298,67 \pm 20,304^B$

Tabulka č. 18. Efekt jednotlivých laktací na sledované složky mléka.

Rozdílná písmena ve sloupcích v rámci efektů znamenají statistickou průkaznost A-B, C-D, E-F ...

$P < 0,01$ ; resp. a-b ...  $P < 0,05$ .

Pokud nejsou v buňce žádná písmenka, znamená to, že není mezi hodnotami průkazný rozdíl

LSM - least square means – průměry očištěné o metodu nejmenších čtverců

SELSM - standard error of least square means – střední chyba průměrů opravených o metodu nejmenších čtverců

SB – somatické buňky

5+ - zahrnuje všechny laktace od 5. až do 11.

Vliv pořadí laktace na průměrné množství nadojeného mléka od jednotlivých krav byl nejnižší u prvotek ( $18,83$  kg). S rostoucím pořadím laktace se zvyšoval i průměrný nádoj až do 4. laktace, kdy byl průměrný nádoj nejvyšší ( $29,94$  kg). Na 5. a další laktaci se nádoj opět snižoval. Statistická průkaznost rozdílu průměrně nadojeného mléka v laktaci je mezi první a všemi ostatními laktacemi ( $P < 0,01$ ). Dále jsou průkazné rozdíly 2. 3. 4. a 5+. laktace a rozdíly v nadojeném mléce na 3. laktaci je průkazný s 4. ( $P < 0,01$ ). S hodnotou  $P < 0,05$  jsou mezi sebou průkazné rozdíly 4. a 5+. laktace.

Obsah tuku v mléce nebyl pořadím laktace příliš ovlivněn. Statisticky nejvyšších hodnot dosahoval u krav na druhé laktaci ( $3,80 \pm 0,023$  %), poté postupně hodnoty tuku klesaly až k hodnotě  $3,71$  %, kterých bylo dosaženo na 5. a vyšší laktaci. Statisticky průkazné rozdíly v

obsazích tuku jsou pouze na 2. a 5+ laktaci, kdy na druhé laktaci je prokazatelně ( $P < 0,05$ ) vyšší hodnota obsaženého tuku v mléce. Ostatní laktační rozdíly byly neprůkazné.

Množství obsažených bílkovin v mléce byl nejnižší na páté a vyšší laktaci (3,40 %) a nejvyšší obsahy byly průměrně o pouhých 0,05 % vyšší na 2. a 3. laktaci. Statisticky průkazné byly rozdíly v obsazích na 2 a 5+ ( $P < 0,05$ ) a 3 a 5+ ( $P < 0,01$ ) laktaci. Mezi ostatními laktačními průměrnými obsahy nebyl statisticky průkazný rozdíl.

U SB bylo nejlepšího, respektive nejnižšího, množství dosahováno v mléce u krav na 3. laktaci ( $156,48 \pm 21,321$  tis/ml). S postupem dalších laktací se počet SB v mléce statisticky zvyšoval a nejvyšších hodnot dosahovaly na páté a další laktaci (298,67 %). Statistické průkaznosti mezi těmito obsahy jsou pozorovány na 5., 1. 2. a 3. laktaci ( $P < 0,01$ ) a mezi rozdílem SB na 3. a 4. ( $P < 0,05$ ). To znamená že všechny laktace mají průkazně lepší hodnoty SB oproti 5.+ laktaci a na 3. laktaci jsou prokazatelně nižší hodnoty SB než na 4. laktaci.

### 7.2.5 Vliv efektu automatického krmného systému

Rok užívání AFS	Mléko (kg)	Tuk (%)	Bílkoviny (%)	SB (*1000)/ml
	LSM $\pm$ SELSM	LSM $\pm$ SELSM	LSM $\pm$ SELSM	LSM $\pm$ SELSM
1	21,69 $\pm$ 0,113 <sup>A</sup>	3,73 $\pm$ 0,018	3,42 $\pm$ 0,009	180,92 $\pm$ 15,167
2	22,49 $\pm$ 0,223 <sup>B</sup>	3,81 $\pm$ 0,036	3,44 $\pm$ 0,018	229,72 $\pm$ 30,334

Tabulka č. 19. Efekt obou let užívání automatického krmného systému na složky v mléce.

Rozdílná písmena ve sloupcích v rámci efektů znamenají statistickou průkaznost A-B ...  $P < 0,01$

Pokud nejsou v buňce žádná písmenka, znamená to, že není mezi hodnotami průkazný rozdíl

LSM - least square means – průměry očištěné o metodu nejmenších čtverců

SELSM - standard error of least square means – střední chyba průměrů opravených o metodu nejmenších čtverců

SB – somatické buňky

AFS – automatický krmný systém

Nádoje mléka po prvním roce fungování AFS se pohybovaly průměrně na  $21,69 \pm 0,113$  kg. Ve druhém roce od je spuštění se průměrný nádoj na krávu navýšil o téměř jeden kilogram na  $22,49$  kg. Mezi oběma průměrnými nádoji za sledované období existuje statistická průkaznost ( $P < 0,01$ ), kdy v druhém roce užívání je prokazatelně vyšší nádoj než v prvním.

Průměrný obsah tuku byl v roce spuštění AFS na hodnotě 3,73 % a následný rok se jeho obsah zvýšil o 0,8 %, tedy na 3,81 %. Mezi rozdíly hodnot obou let neexistuje průkazný rozdíl.

Množství bílkovin obsažené v mléce se mezi oběma roky užívání zvýšil jen nepatrně (z 3,42 % na 3,44 %). Oba rozdíly obsahu bílkovin jsou statisticky neprůkazné.

Počet SB po první roce (180,92 tis/ml) fungování AFS vzrostl v druhém roce na 229,72 tis/ml mléka. Obě tyto hodnoty za každý rok jsou statisticky neprůkazné.

## 8 Diskuze

### Vyhodnocení vlivu AMS na množství tuku a bílkovin v mléce

Automatické dojící systémy (AMS – automatic milking system) a automatický krmný systém (AFS – automatic feeding system) se na sledované farmě zavedly v odlišných letech s většími časovými odstupy. Porovnávání doby s konvenčním dojením a s obdobím automatizovaného získávání mléka je tedy nutno brát s rezervami. Přesto je pozorovatelný postupný vliv techniky na dojnice. Z období před zavedením AMS a AFS ve stáji (2008-2013) dosahovala průměrná hodnota tuku 4 %. Po instalaci obou AMS a AFS byla naměřena průměrná hodnota 3,94 %. Wirtz et al. (2004) ve svém výzkumu zjistili, že obsah tuku byl o 0,23 % nižší u krav dojených AMS v porovnávání s konvenčním dojením. Z výsledků této práce vyšlo najevo, že obsah tuku v mléce byl po nástupu automatizace snížen o 0,06 %. Sannino et al. (2018) ve své práci uvádí, že na obsah tuku neměly AMS žádný dopad. Naopak Toušová et al. (2014) došla ve své studii k výsledku, kdy se obsah tuku v mléce po nástupu AMS zvýšil o 0,16 %. Simoes (2020) uvedl, že ke zvýšení obsahu tuku v průměrném množství 0,15 % dochází po nástupu AMS. V další studii od Vorobjovas et al. (2010) došli k závěru, že po robotizaci dojení se obsah tuku navýšil o 0,09 %.

U obsahu bílkovin v mléce bylo průměrné množství před zavedením automatizace 3,44 % a po instalaci AMS a AFS se hodnoty snížily na 3,33 %. Z toho lze spočítat, že po zapojení robotických prvků do výroby mléka došlo k průměrnému snížení bílkovin v mléce o 0,11 %. To je horší výsledek, než ke kterému dospěli Wirtz et al. (2004), kteří nenašli žádný statistický rozdíl v obsahu bílkovin mezi AMS a konvenčně získávaným mlékem. Ve studii Toušová et al. (2014) byl obsah bílkovin v mléce získaného z AMS navýšen o 0,06 %. Stejně jako ve studii Vorobjovas et al. (2010), kteří uvádějí zvýšení obsahu bílkovin o 0,08 % po zavedení AMS ve srovnání s konvenční dojírnou. Dále Sannino et al. (2018) předložili, že robotické dojení mělo na obsah bílkovin v mléce pozitivní vliv. S tím se shoduje i Simoes (2020), který potvrdil příznivý vliv AMS na bílkoviny v průměru o 0,05 %.

Množství tuku a bílkovin obsažených v mléce získaného z AMS za období (2018-2022) spolu významně korelovaly ( $r = 0,507$ ;  $P < 0,001$ ). Z výsledků dosažených za období (2016-2021 a 2021-2022) spolu tuk a bílkoviny korelovaly v hodnotách ( $r = 0,312$ ) a ( $r = 0,689$ ). Podobné korelace tuku a bílkovin v mléce nadojeného pomocí AMS dosáhli ve studii Toušová

et al. (2014) s hodnotou ( $r = 0,581$ ;  $P < 0,01$ ). Obsah tuku v této práci klesal v období (2016-2021) s množstvím SB ( $r = -0,281$ ;  $P < 0,03$ ) a v ostatních sledovaných obdobích nebyly hodnoty průkazné. K podobnému závěru se dopravovali i Toušová et al. (2014) s hodnotou ( $r = -0,279$ ;  $P < 0,05$ ).

Za sledované období ve vztahu k ročnímu období byl zaznamenán nejvyšší obsah tuku v mléce (4,03 %) v zimě (prosinec-únor) a nejnižší v létě (červen-srpen) s hodnotou 3,85 %. Tomu odpovídá i práce Toušová et al. (2014), ve které naměřili v mléce v zimním období 4,24 % tuku a menší množství v letním období. S obsahem bílkovin v mléce to bylo obdobné jako u tuku, kdy bylo vyhodnoceno nejvyšší množství v zimním období (3,39 %) a nejnižší v letním (3,33 %). Na podzim a na jaře panovala shodná hodnota 3,38 %. Ve studii Toušová et al. (2014) ale došli k závěru, že nejvyššího množství bílkovin v mléce bylo dosaženo na podzim a v zimě, zatímco na jaře a v létě byly hodnoty nižší. Jejich tvrzení odpovídá i práce Sitkowská & Piwczynski (2011), kteří došli k obdobným výsledkům a jejich závěr se tedy neshoduje s výsledky této práce.

### **Vyhodnocení vlivu AMS na množství CPM v mléce**

Z obecných studií lze tvrdit, že nárůst CPM (celkový počet mikroorganismů) je v zásadě připisován problémům v procesu čištění struků. Kůže struků je údajně nejdůležitějším zdrojem mléčné mikroflóry, přičemž zdroje životního prostředí (např. výkaly stáda, podestýlka a dojící zařízení) jsou druhořadé (Dohmen et al. 2010; Derakhshani et al. 2018).

Množství CPM v mléce před zavedením AMS a AFS dosahovalo průměrných hodnot 25,35 tisíc v 1 ml mléka. Vliv robotizace je u tohoto parametru značný, jelikož průměrná hodnota CPM se po zaběhnutí AMS a AFS snížila oproti konvenčnímu dojení na průměrnou hladinu 11,03 tis/ml mléka. Rozdíl mezi těmito obdobími je 14,32 tis/ml a tím došlo ke snížení o 43,51 %. To je mnohem nižší, a tedy pozitivnější, výsledek, než kterého dosáhli vědci ve studii Toušová et al. (2014), již naměřili hodnoty CPM v mléce získaného AMS 51,85 tis/ml. Ale například Koning (2011) došel k závěru, že se CPM v mléce po zavedení AMS zvýšil z 8 tis/ml (tradiční dojení) na 12 tis/ml mléka (AMS).

V období konvenčního dojení byl zaznamenáván pokles CPM se zvyšujícím se nádojem ( $r = -0,379$ ). V období AMS dojení se tato hodnota ale snížila na ( $r = -0,284$ ) a začala i středně korelovat se SB ( $r = 0,293$ ).

Vliv ročního období na množství CPM v mléce je rozdílný. Nejnižší obsah byl vyhodnocen v zimě (14,8 tis/ml) a nejvyšší se vyskytoval v létě (17,62 tis/ml). K tomu, že se

nejvíce CPM v mléce vyskytuje v období od června do srpna došli i Toušová et al. (2014), ale jejich hodnoty se v tomto období pohybovaly mezi 55,46 a 61,7 tis/ml.

### **Vyhodnocení vlivu AMS na množství SB v mléce**

Před zavedením automatizace se somatické buňky (SB) vyskytovaly v mléce v průměrném množství 262,20 tisíc/ml mléka. V následujícím období, kdy se již AMS a AFS zaběhly, klesla průměrná hodnota SB na 200,54 tis/ml. Automatizace, vyšší frekvence dojení, a tedy i lepší hygiena struků, snížily průměrný obsah SB o 23,51 %. K nižšímu počtu SB v mléce od krav dojených v AMS se dostali i ve studii Toušová et al. (2014). Naopak zvýšené množství SB v mléce od krav z AMS byl zjištěn ve studiích Kruip et al. (2002) a Svennersten-Sjaunja a Pettersson (2008). Dohmen et al. (2010) zkoumali kvalitu mléka na 144 farmách s robotickým dojením v Německu a zaznamenali spojení mezi nižším počtem SB v mléce a AMS. Koning (2011) zase došel ve své studii k závěru, že zavedení automatizace do stáje navýšilo počet SB v mléce ze 175 tis/ml na 190 tis/ml. Studie Tse et al. (2018) uvádí, že se počet SB v bazénových vzorcích při zavedení AMS snížil u 43 % respondentů. Celých 37 % sledovaných farem tvrdilo, že AMS neměly žádný vliv a 20 % hlásilo zvýšení obsahu SB v bazénových vzorcích. Berglund et al. (2002) zjistili, že kvalita mléka z AMS, co se SB týče, byla srovnatelná s neautomatizovaným dojením a v některých případech byla lepší.

Před spuštěním automatického dojení negativně korelovaly SB s množstvím nadojeného mléka ( $r = -0,439$ ;  $P < 0,001$ ). Tato hodnota ale zesílila po zavedení obou AMS, a to na hodnotu ( $r = -0,717$ ;  $P < 0,001$ ). To potvrzuje ve své práci z Kanady i Tse et al. (2018), který zaznamenal, že se zvyšujícím množstvím nadojeného mléka se snižuje obsah SB v bazénových vzorcích.

Co se týká SB v mléce a jejich zvýšený či snížený výskyt ve vztahu k ročnímu období, byl zaznamenán nejvyšší nárůst SB v mléce v letním období (243,62 tis/ml), na jaře (220,36 tis/ml) a nejmenší výskyt SB byl na podzim (205,42 tis/ml) a v zimě (200,89 tis/ml). V obdobích jaro a léto je pozorovatelný zvýšený obsah SB v mléce oproti podzimu a zimě. To je v rozporu se studií od Toušová et al. (2014), kteří uvádějí, že mezi jednotlivými obdobími není přílišný rozdíl a nejvyšší hodnoty naměřili na podzim (184,83 tis/ml). Výsledky této práce jsou pravým opakem toho, co naměřili Rajčević et al. (2003), kteří mají ve své práci udávány nejvyšší hodnoty SB v mléce v zimě a nejnižší na jaře.

Lopez-Benavides et al. (2006) zjistili vyšší frekvence výskytu klinických mastitid vyskytujících se u neautomatizovaného strojového dojení ve srovnání s AMS, což ukázalo, že zdraví vemene přechodem na AMS bylo pozitivně ovlivněno. Bennedsgaard a kol. (2004)

naopak zaznamenali nárůst antibiotické léčby mastitidy na 20 farmách po zavedení AMS. Četnost výstrah po přijetí AMS se zvýšila; ne všechny však potřebovali nutnou léčbu. Tento jev zcela závisí na detekci mastitidy lidského faktoru, který musí každou výstrahu po AMS zhodnotit. Zdá se, že závěr existujícího výzkumu naznačuje, že se zdraví vemene po zavedení AMS mírně zhoršuje (Jiang, 2017).

### **Vyhodnocení vlivu jednotlivých efektů na množství nadojeného mléka**

Měsíc otelení množství nadojeného mléka průkazně ovlivňoval, ale rozdíly mezi jednotlivými měsíci nebyly příliš výrazné. Krávy, které se otelily v zimním období (od prosince do února) měly nádoje nepatrně vyšší než krávy otelené v létě (červen-srpen) o přibližně 0,66 kg mléka. Tento fakt uvádí ve své práci i Pinedo & De Vries (2017), kteří svůj pokus uskutečňovali u holštýnského skotu na Floridě. V této diplomové práci však nejvyšší průměrné dojivosti dosahovaly krávy otelené v jarním a podzimním období (22,36 a 22,35 kg mléka). K této skutečnosti došli ve své práci i Fodor et al. (2020) ze Spojeného Království, kteří uvádějí, že nejvyšší dojivosti docílily prvotelky otelené na podzim a nejméně mléka nadojily krávy otelené v létě. K obdobnému výsledku se dostali i Brouček et al. (2006) na Slovensku, kteří naměřili nejvyšší dojivost u krav otelených v zimě.

Pořadí laktace mělo na množství nadojeného mléka nejvyšší vliv. Nejvíce mléka průměrně nadojily dojnice na 4. laktaci (29,94 kg), s výrazným rozdílem od ostatních laktací. Na 3. to bylo „pouze“ 22,97 kg mléka. Podobnou vzestupnou formu nádoje mléka uvádí ve své práci i Hadáš (2017), který pozoroval dojnice holštýnského skotu, s obdobnými podmínkami ekologické farmy.

Vliv automatického krmného systému Vector měl prokazatelně vliv na množství nadojeného mléka. V prvním roce jeho spuštění byla dojivost krav 21,69 kg a v následujícím roce se zvýšila na 22,49 kg (rozdíl 0,8 kg). Ve studii od Da Borsa et al. (2017) se uvádí, že průměrná dojivost holštýnského skotu na první laktaci ve 120-180 dnech laktace, se po zavedení AFS zvýšila o 4,7 kg mléka. Zároveň měl tento systém na krávy pozitivní vliv, co se welfare týče a poskytoval vyšší komfort pro zvířata, která měla přístup ke krmivu po celý den.

### **Vyhodnocení vlivu jednotlivých efektů na reprodukční znaky**

Na reprodukční sledované znaky jako je mezidobí (MZ), servis perioda (SP) a inseminační interval (II) neměl vliv robotizace přílišný vliv. Je to i z důvodu, že data k této části výzkumu byla dostupná pouze z období, kdy už byly oba AMS zavedeny a nebylo tedy možné porovnat hodnoty z doby před jejich působením. Jediným ovlivnitelným prvkem těchto znaků

byl tedy AFS, který byl nainstalován v polovině sledování těchto dat. S mezidobím slabě korelovaly II ( $r = 0,091$ ) a SP ( $r = 0,164$ ) s průkazností ( $P < 0,001$ ). II středně koreloval se SP ( $r = 0,405$ ), což je v celku logické, protože čím dříve se dojnice inseminuje, tím má větší šanci na dřívější zabřeznutí. Dále slabě koreloval II s obsahem bílkovin a SB ( $r = 0,125$ ;  $r = 0,056$ ). U SP byla zaznamenána střední korelace s obsahem bílkovin ( $r = 0,275$ ), velmi slabá s obsahem tuku ( $r = 0,062$ ) a negativní dopad měla na množství nadojeného mléka ( $r = -0,167$ ). U studie z výzkumu Piwczynski et al. (2020) z Polska, kde sledovali stádo holštýnského skotu před a po zavedení AMS a jejich dopady na reprodukční znaky, zjistili, že se SP zkrátila pouze u prvotek o 7 dnů a II se snížil na 1,79. To se shoduje s výsledky této práce, kdy spolu II a SP korelují.

## 9 Závěr

- Hypotéza 1. „Automatizace a robotizace výroby mléka má vliv na kvalitu kravského mléka. S nástupem robotického dojení se počet somatických buněk (SB) a celkový počet mikroorganismů (CPM) v mléce sníží.“ V této diplomové práci se tato hypotéza potvrdila. Za sledované období 2008-2022, kdy se sledoval vliv postupného nástupu AMS (automatic milking system) na kvalitu mléka, bylo patrné, že se průměrný počet SB v mléce snížil. Na začátku sledovaného období (rok 2008), kdy bylo mléko získáváno konvenčním způsobem byl průměrný počet SB 254,83 tis/ml mléka. Na konci pozorování (rok 2022), když už byla stáj plně automatizovaná byly průměrné hodnoty SB na 186 tis/ml. Při hodnocení obsahu CPM v mléce a vlivu automatizace na jejich množství, vyšel podobný závěr. Porovnání prvního (47,42 tis/ml) a posledního (5,67 tis/ml) roku sledování ukázalo razantní snížení CPM v mléce.
- Hypotéza 2. „Automatické dojící systémy (AMS) mají pozitivní vliv na kvalitu mléka. Obsah tuku a bílkovin se v mléce zvýší.“ Z výsledků dat této práce je patrné, že se hypotéza nepotvrdila. Když opět porovnáme první (2008) a poslední rok (2022) monitorování, zjistíme, že obsah tuku dosahoval při konvenčním způsobu získávání mléka hodnot 3,96 % a v době automatizovaného dojení a krmení byla jeho hodnota 3,95 %. V průběhu celého sledovaného období se však jeho hodnota pohybovala v rozmezí 3,82 až 4,13 % s tím, že nejvyššího obsahu bylo opravdu dosaženo v době před instalací AMS do stáje a od té doby má jeho zastoupení v mléce klesající tendenci. Obsah bílkovin v mléce se mezi obdobími 2008 a 2022 také snížil. Při tradičním

získávání mléka byl průměrný obsah bílkovin 3,38 % a po automatizaci výroby mléka byly jeho hodnoty 3,28 % (rok 2022). Obsah bílkovin v mléce byl, podobně jako obsah tuku, proměnlivý a po celé sledované období se pohyboval v rozmezí 3,24 až 3,5 %. Stejně jako u podílu tuku, i bílkoviny dosahovaly průměrně vyšších hodnot v letech 2008-2014, tedy před instalací prvního AMS do stáje. Rozdíly v obsahu tuku a bílkovin v mléce před a po zavedení AMS jsou však minoritní.

- Z výsledků této práce nelze jednoznačně říct, že na nižší obsahy SB, CPM, tuku a bílkovin může pouze automatizace stáje a výroby mléka. Významným faktorem je krmná dávka, která dosahuje sice požadované kvality, ale v posledních letech (od roku 2018) se farma potýká s nedostatkem krmiva. V důsledku velmi suchých let (2018 a 2019) nebylo možné vyrobit dostatek senáže a sena, a navíc se krávy neměly na čem pást. Následky těchto suchých let jsou pocíťovány dodnes. Mezi další potenciální přispívající faktory mohou patřit například zvířata v různých fázích laktace a reprodukčních cyklů, které by také mohly ovlivnit hodnoty hlavních parametrů studované kvality mléka. Potenciálně nejvýznamnější faktor může vyplývat ze skutečnosti, že při použití AMS neexistuje žádné denní omezení počtu dojení. Neautomatizované stroje se používají v pevně stanovených časech (tj. dvakrát až třikrát denně), zatímco povaha AMS je nepevná a variabilní. Nepřetržité používání dojicích linek, zkracující časové okno pro čištění mléčného potrubí a neustálé přidávání mléka do nádrže na mléko, které nemusí být dostatečně rychle ochlazeno na požadovanou teplotu, může vést ke zhoršení kvality mléka, následkem přemnožení nežádoucích patogenů. Proto je třeba provést adekvátní kontrolované studie zohledňující některé z těchto nedostatků AMS.



## 10 Literatura

Alhussien MN, Dang AK. 2018. Milk somatic cells, factors influencing their release, future prospects, and practical utility in dairy animals. *Veterinary world* **11**: 562.

Auldism M. 2003. Effect on processing characteristics. Academic Press. London.

Bach A, Iglesias C, Calsamiglia S, Devant M. 2007. Effect of amount of concentrate offered in automatic milking systems on milking frequency, feeding behavior, and milk production of dairy cattle consuming high amounts of corn silage. *Journal of Dairy Science* **90**: 5049–5055.

Belle Z, André G, Pompe JCAM. 2012. Effect of automatic feeding of total mixed rations on the diurnal visiting pattern of dairy cows to an automatic milking system. *Biosystems Engineering* **111**: 33-39.

Benedsgaard TW, Elstrom S, Rasmussen MD. 2004. Selection of cows for treatment of udder infection in AMS herds. Pages 209-214 in Meijering A, Hogeveen H, de Koning CJAM, editors. *Proceedings of automatic milking: better understanding*. Wageningen Academic Publishers, Lelystand.

Berglund I, Pettersson G, Svennersten-Sjaunja K. 2002. Automatic milking: Effects on somatic cell count and teat end-quality. *Livestock Production Science* **78**: 115–124.

Bogucki M, Sa wa A, Kuropatwińska I. 2017. Association of automatic milking systems milking frequency in primiparous and multiparous cows with their yield and milkability. *Acta Agriculturae Scandinavica Animal Science* **67**: 66–70.

Bollongino R, Burger J, Powell A, Mashkour M, Vigne JD, Thomas MG. 2012. Modern taurine cattle descended from small number of near-eastern founders. *Molecular biology and evolution* **29**: 2101-2104.

Borderas TF, Fournier A, Rushen J, De Passillé AMB. 2008. Effect of lameness on dairy cows' visits to automatic milking systems. *Canadian Journal of Animal Science* **88**: 1–8.

Brouček J, Arave CW, Kisac P. 2006. Effects of some management factors on milk production in first-calf heifers. *Asian-Australas Journal of Animal Sciences* **19**: 672–678.

Brouček J, Kišac P. 2001. Etologické aspekty napájení telat. *Veterinářství* **51**: 493-497.

Castro AJ, Pereira M, Amiama C, Bueno J. 2015. Typologies of dairy farms with automatic milking system in northwest Spain and farmers' satisfaction. *Italian Journal of Animal Science* **14**: 207–219.

Concha C. 1986. Cell types and their immunological function in bovine mammary tissues and secretions. A review *Nort Veterinary Med* **38**: 257-272.

Červená A. 2001. Domáci zvířata. Albatros, Praha.

Číhák P. 2023. BDTech. Dojící roboti firmy Prolion. Available from [http://www.bdtech.cz/dojici\\_roboti\\_fy\\_prolion.html](http://www.bdtech.cz/dojici_roboti_fy_prolion.html) (accessed February 2023).

Da Borso F, Chiumenti A, Sigura M, Pezzuolo A. 2017. Influence of automatic feeding systems on design and management of dairy farms. *Journal of Agricultural Engineering* **48**: 48-52.

De Koning CJAM, Slaghuis B, Van der Vorst Y. 2004. Milk quality on farms with an automatic milking system. Pages 311-320 in Meijering A, Hogeveen H, de Koning CJAM. *Proceedings of automatic milking: a better understanding*. Wageningen Academic Publishers, Lelystad.

De Koning K. 2011. Automatic Milking: Common practise on over 10,000 diary farm worldwide. *Proceedings of the Dairy Research Foundation Symposium* **6**: 14-31.

Derakhshani H, Fehr KB, Sepehri S, Francoz D, De Buck J, Barkema HW, Plaizier JC, Khafipour E. 2018. Invited review: Microbiota of the bovine udder: Contributing factors and potential implications for udder health and mastitis susceptibility. *Journal Dairy Science* **101**: 10605–10625.

Dodd FH, Hall HS, Bramley AJ, Mein GA, Bramley JA. 1992. History and development. *Machine milking and lactation*: 1–36.

Doležal O, Kopunecz P. 2010. Management dojení, jeho optimalizace a hodnocení kvality dodávek mléka. Institut vzdělávání v zemědělství, Praha.

Doležal O, Staněk S. 2015. Chov dojného skotu. Profi press, Praha.

Driessen C, Heutinck LFM. 2015. Cows desiring to be milked? Milking robots and the co-evolution of ethics and technology on Dutch dairy farms. *Agric Hum Values* **32**: 3–20.

Eckles CH, Anthony LE. 2008. Dairy Cattle and Milk Production 3rd Indian impression Biotech book, Dehli.

Fodor I, Lang Z, Ózsvári L. 2020. Relationship of dairy heifer reproduction with survival to first calving, milk yield and culling risk in the first lactation. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* **33**: 1360.

Fox PF. 2003. Milk, introduction. *Encyclopedia of Dairy Sciences - Academic Press*: 1805-1812.

Frelich J. 2011. Chov skotu. Jihočeská univerzita, České Budějovice.

Fullwood. 2023. Fullwood Packo. Fullwood CS 1785. Available from [www.fullwood.com](http://www.fullwood.com) (accessed February 2023).

GEA Group. 2023. GEA. Available from: <https://www.gea.com> (accessed February 2023).

Gea. 2022. Gea group aktiengesellschaft. Gea 1881. Available from [www.gea.com](http://www.gea.com) (accessed February 2023).

Gemechu T. 2015. Review on lactic acid bacteria function in milk fermentation and preservation. *African Journal of Food Science* **9**: 170-175.

Gjødesen MU. 2007. *Automatiske foderanlæg*, Landskonsulent Kjeld Vodder Nielsen. AgroTech A/S, Holeby.

Goulart MM. 2014. A history, description, and comparison of different brands of dairy Parlor Equipment and which designs are the best fit for different sized dairy operations. [Dissertation Thesis]. California Polytechnic State University, California.

Grandin T. 2012. AMI Conference Targets Animal Care. Meat and Poultry. Available from <https://www.meatpoultry.com> (accessed February 2023).

Graver HO. 1988. Automation in milk production. Automation of feeding and milking: production, health, behaviour, breeding. Kiel Institute for Milk Production, Federal Dairy Research Center, Kiel.

Gygax L, Neuffer I, Kaufmann C, Hauser R, Wechsler B. 2006. Milk cortisol concentration in automatic milking systems compared with auto-tandem milking parlors. *Journal of Dairy Science* **89**: 3447–3454.

Hadáš Z. 2017. *Analýza vybrané ekologické farmy* [MSc. Thesis]. Mendelova univerzita v Brně, Brno.

Hagen K, Langbein J, Schmied C, Lexer D, Waiblinger S. 2005. Heart rate variability in dairy cows—Influences of breed and milking system. *Physiology & Behavior* **85**: 195–204.

Halasa T, Huijps K, Østeras O, Hogeveen H. 2007. Economic effects of bovine mastitis and mastitis management. A review *Veterinary quarterly* **29**:18–31.

Hansen BG, Jervell AM. 2015. Change Management in Dairy Farming. *The International Journal of Sociology of Agriculture and Food* **22**: 23-40.

Hogeveen H, Ouweltjes W. 2003. Sensors and management support in high-technology milking. *Journal of Animal Sciences* **81**: 1–10.

Hokofarm. 2006. Hokofarmgroup. Hokofarm 1979. Available from [www.hokofarmgroup.com](http://www.hokofarmgroup.com) (accessed February 2023).

Hollander CJ, Blanken K, Gotink A, van Duinkerken G, Dijk G, Lensinck F, de Koning CJAM. 2005. Voersystemen in de melkveehouderij. Feeding systems in dairy farms. *Animal Sciences Group* **73**: 1570 – 8616.

Hopster H, Bruckmaier RM, Van der Werf JTN, Korte SM, Macuhova J, Korte-Bouws G, van Reenen CG. 2002. Stress responses during milking: comparing conventional and automatic milking in primiparous dairy cows. *Journal of Dairy Science* **85**: 3206–3216.

Hovey RC, Trott JF, Vonderhaar BK. 2002. Establishing a framework for the functional mammary gland: from endocrinology to morphology. *Journal of Mammary Gland Biology* **7**: 17-38.

Hovinen M, Pyörälä S. 2011. Invited review: Udder health of dairy cows in automatic milking. *Journal of Dairy Science* **94**: 547– 562.

Hovinen M, Rasmussen MD, Pyörälä S. 2009. Udder health of cows changing from tie stall or free stall with conventional milking to free stall with either conventional or automatic milking. *Journal of Dairy Science* **92**: 3696–3703.

Hulsen J. 2011. Robotické dojení. Mendelova Univerzita v Brně, Brno.

Jacobs JA, Siegford JM. 2012. Invited review: the impact of automatic milking systems on dairy cow management, behavior, health, and welfare. *Journal of Dairy Science* **95**: 2227–2247.

Jacobson NL, Duke HH. 1996. *Physiology of Domestic Animals*. Publishing Corporation, New Dehli and Bangalore.

Jelínková J. 2012. Správná stimulace jako základ efektivního dojení. *Náš chov* **2**: 2-3.

Jiang H, Wang W, Li Ch, Wang W. 2017. Innovation, practical benefits and prospects for the future development of automatic milking systems. *Frontiers of Agricultural Science and Engineering* **4**: 37-47.

Kamir & Co spol s.r.o. 2019. Kamir. Available from: <https://www.kamir.cz/infoportal/roboticka-kruhova-dojirna-v-agrodruzstvu-blizkovice> (accessed February 2023).

Kic P, Nehasilová D. 1997. Dojící roboty a jejich vliv na zdraví mléčné žlázy. Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha.

King MTM, Sparkman KJ, Leblanc SJ, De Vries TJ. 2018. Milk yield relative to supplement intake and rumination time differs by health status for fresh cows milked with automated systems. *Journal of Dairy Science* **101**: 10168-10176.

Knížková I, Kunc P, Příkryl M, Maloun J, Jiroutová P, Staněk S, Malaťák J. 2011. Automatické dojící systémy - Vybrané faktory ovlivňující proces robotizovaného dojení. VÚŽV Uhřetěves, Praha.

Kragten GA. 2014. Milking robot. World intellectual property organization disclosure WO2014038933A1.

Kruij TAM, Morice H, Robert M, Ouweltjes W. 2002. Robotic milking and its effect on fertility and cell counts. *Journal of Dairy Science* **85**: 2576–2581.

Kučera J. 2013. Aktuality ze strakatého šlechtění. *Náš chov* **1**: 16-20.

Lexer D, Hagen K, Palme R, Troxler J, Weiblinger S. 2009. Time budgets and adrenocortical activity of cows milked in a robot or a milking parlour: Interrelationships and influence of social rank. *Animal Welfare* **18**: 73–80.

Lind O, Ipema AH, de Koning CJAM, Mottram TT, Hermann HJ, Hogeveen H. 2000. Automatic milking: reality, challenges and opportunities. *Journal of Dairy Science* **76**: 3607–3616.

Lopez-Benavides MG, Williamson JH, McGowan JE, LacyHulbert SJ, Jago JG, Davis KL, Woodford MW. 2006. Mastitis in cows milked in an automated or conventional milking system in New Zealand. Pages 252-257 in *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*. New Zealand, Napier.

Løvendahl P, Chagunda MGG. 2011. Covariance among milking frequency, milk yield, and milk composition from automatically milked cows. *Journal of Dairy Science* **94**: 5381-5392.

Lukášová J, Holec J, Ryšánek D, Ostrý V. 1999. *Hygiena a technologie produkce mléka*. Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, Brno.

Machálek A. 2011. *Analýza a metodika hodnocení interakcí systému člověk – zvíře – robot na farmách dojnic*. Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha.

Machálek A. 2011. *Příprava dojnic k robotickému dojení*. Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha.

Maršálek M, Voříšková J, Zedníková J. 2012. Results of Automatic Milking System and Milk Performance on Selected Farms. *Milk Production – Advanced Genetic Traits, Cellular Mechanism, Animal Management and Health* **14**: 315 – 338.

Maršálek M, Voříšková J, Zedníková J. 2012. Results of Automatic Milking System and Milk Performance on Selected Farms. *Milk Production – Advanced Genetic Traits, Cellular Mechanism, Animal Management and Health* **14**: 315 – 338.

Marvan F. 2003. *Morfologie hospodářských zvířat*. Česká zemědělská univerzita v nakladatelství Brázda, Praha.

Mikšík J, Žižlavský J. 2005. Chov skotu. Mendelova univerzita v Brně, Brno.

Muir DD. 2003. Lactose. Properties, production, applications. Pages 1525-1529 in Roginski H, Fuquay JW, Fox PF, editors. Encyclopedia of Dairy Sciences. Academic Press, New York.

Mulder HA, Groen AF, De Jong G, Bijma P. 2004. Genotype x environment interaction for yield and somatic cell score with automatic and conventional milking systems. *Journal of Dairy Science* **87**: 1487–1495.

Navrátilová P, Králová M, Janštová B, Přidalová H, Cupáková Š, Vorlová L. 2012. Hygiena Produkce Mléka. Veterinární a farmaceutická univerzita Brno - Ústav hygieny a technologie mléka, Brno.

Nydegger F, Grothmann A. 2009. Automatische Fütterung von Rindvieh: Ergebnisse einer Erhebung zum Stand der Technik. Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Curych.

Oudshoorn FW, Kristensen T, Zijpp AJVD, Boer IJMD. 2012. Sustainability evaluation of automatic and conventional milking systems on organic dairy farms in Denmark. *NJAS – Wageningen Journal of Life Sciences* **59**: 25–33.

Paape MJ, Poutrel B, Contreras A, Marco JC, Capuco AV. 2001. Milk Somatic Cells and Lactation in Small Ruminants. *Journal of Dairy Sciences* **84**: 237-244.

Pettersson, G, Svennersten-Sjaunja K, Knight CH. 2011. Relationships between milking frequency, lactation persistency and milk yield in Swedish Red heifers and cows milked in a voluntary attendance automatic milking system. *Journal Dairy Research* **78**: 379–384.

Pinedo PJ, De Vries A. 2017. Season of conception is associated with future survival, fertility, and milk yield of Holstein cows. *Journal of Dairy Science* **100**: 6631-6639.



Piwczyński D, Brzozowski M, Sitkowska B. 2020. The impact of the installation of an automatic milking system on female fertility traits in Holstein-Friesian cows. *Livestock Science* **240**: 104-140.

Quigley L, O'Sullivan O, Stanton C, Beresford TP, Ross RP, Fitzgerald GF, Cotter PD. 2013. The complex microbiota of raw milk. *FEMS microbiology reviews* **37**: 664-698.

Rajčević M, Potočník K, Levstek J. 2003. Correlations between somatic cells count and milk composition with regard to the season. *Agriculturae Conspectus Scientificus* **68**: 221 – 226.

Rasmussen MD, Blom JY, Nielsen LAH, Justesen P. 2001. Udder health of cows milked automatically. *Livestock Production Science* **72**: 147–156.

Rasmussen MD, Reinemann DJ. 2010. Milk management IDF Mastitis Conference. Christchurch, New Zealand.

Reece WO. 2011. *Fyziologie a funkční anatomie domácích zvířat*. Grada Publishing a.s., Praha.

Richard VV. 2015. American Artifacts. Available from: <http://www.americanartifacts.com/smma/milker/patents.htm> (accessed February 2023).

Samkova E. 2012. *Mléko: Produkce a kvalita*. Jihočeská univerzita, České Budějovice.

Sannino M, Faugno S, Crimaldi M, Di Francia A, Ardito L, Serrapica F, Masucci F. 2018. Effects of an automatic milking system on milk yield and quality of Mediterranean buffaloes. *Journal of Dairy Science* **101**: 8308-8312.

SAS Institute Inc. 2011: *SAS/STAT® 9.3 User's Guide*. Cary, NC: SAS Institute Inc.

Shabbir MA, Ahmed H, Maan AA, Rehman A, Afraz MT, Iqbal MW, Aadil RM. 2020. Effect of non-thermal processing techniques on pathogenic and spoilage microorganisms of milk and milk products. *Food Science and Technology* **41**: 279-294.

Shapiro DR, Yakimov OA, Gainullina MK, Kashaeva AR, Kamaldinov IN. 2021. Developmnet of automatic milking systems and their classification. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* **659**: 012080.

Schewe RL, Stuart D. 2015. Diversity in agricultural technology adoption: how are automatic milking systems used and to what end? *Agriculture and Human Values* **32**: 199–213.

Schick M. 2006. Dynamische Modellierung landwirtschaftlicher Arbeit unter besonderer Berücksichtigung der Arbeitsplanung [Habilitation Thesis]. Universität Hohenheim, Stuttgart.

Simões Filho LM, Lopes MA, Brito SC, Rossi G, Conti L, Barbari M. 2020. Robotic milking of dairy cows: a review. *Semina: Ciências Agrárias* **41**: 2833-2850.

Singh H, Flanagan J. 2006. Milk proteins. Pages 1-20 in Hui YH, editor. *Handbook of Food Science, Technology and Engineering*. CRC Press, New York.

Sitkowska B, Piwczynski D. 2011. Impact of successive lactation, year, season of calving and tet milking on cows' milk performance of Polish HolsteinFriesian-and-White breed. *Journal of Central European Agriculturae* **12**: 283 – 293.

Smith GA, Harding HA. 1912. Milking machines: effect of machine method of milking upon the milk flow. Geneva: New York Agricultural Experiment Station **348**: 326–361.

Stádník L, Vacek M. 2007. Užitkové vlastnosti skotu a jejich hodnocení. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.

Svennersten-Sjaunja KM, Pettersson G. 2008. Pros and cons of automatic milking in Europe. *Journal of Animal Science* **86**: 37 - 46.

Šimon J. 2013. Automatické dojící systémy a český trh. Profi Press Zemědělec.

Tatone EH, Duffield TF, Leblanc SJ, De Vries TJ, Gordon JL. 2017. Investigating the within-herd prevalence and risk factors for ketosis in dairy cattle in Ontario as diagnosed by the test-day concentration of  $\beta$ -hydroxybutyrate in milk. *Journal of Dairy Science* **100**: 1308-1318.

Tohni J. 2017. Lelyn lypsyrobottimallien robottitehokkuus ja kapasiteettien vertailu. [MSc. Thesis]. University of Helsinki, Helsinki.

Tousova R, Duchacek J, Stadnik L, Ptacek M, Beran J. 2014. The comparison of milk production and quality in cows from conventional and automatic milking systems. *Journal of Central European Agriculture* **15**: 0-0.

Truchet S, Honvo-Houéto E. 2017. Physiology of milk secretion. *Best Practice & Research Clinical Endocrinology & Metabolism* **31**: 367-384.

Tse C, Barkema HW, DeVries TJ, Rushen J, Pajor EA. 2018. Impact of automatic milking systems on dairy cattle producers' reports of milking labour management, milk production and milk quality. *Animal* **12**: 2649-2656.

Utsumi S. 2011. Strategies to increase the efficiency of automatic milking and milk production from high producing dairy cows. *Proceedings of the Dairy Research Foundation Symposium* **6**: 32-43.

Vorobjovas G, Zilaitis V, Banys A, Juozaitienė V, Jukna Č. 2010 The influence of automatic milking on milk yield and composition in cows. *Veterinarija ir Zootechnika* **51**: 71 – 76.

Walstra P, Geurts TJ, Noomen A, Jellema A, van Boekel MAJS. 1999. *Dairy Technology*. Marcel Dekker, New York.

Weiss D, Helmreich S, Möstl E, Dzidic A, Bruckmaier RM. 2004. Coping capacity of dairy cows during the change from conventional to automatic milking. *Journal of Animal Science* **82**: 563–570.

Weissmueller C. 2014. Mechanical assistants with embedded CAN networks. *CAN Newsletter* **3**: 3-7.

Wirtz N, Tholen E, Spoekers H, Zahres W, Pfeffer E, Trappmann W. 2004. Comparison between automatic and conventional milking concerning milk performance and feed amount. *Zuchtungskunde* **76**: 321-334.

Zigo F, Vasil' M, Ondrašovičová S, Výrostková J, Bujok J, Pecka-Kielb E. 2021. Maintaining optimal mammary gland health and prevention of mastitis. *Frontiers in veterinary science* **8**: 607311.

## 11 Samostatné přílohy

Všechny přiložené přílohy jsou foceny autorem.



Příloha 1. Pohled na vnitřní prostor dojícího robota a operační prostor pro obsluhu.



Příloha 2. Pohled na spokojenou prvotelku při dojení.



Příloha 3. AFS – krmný vozík přihrnující a zakládající krmnou dávku na krmný stůl.



Příloha 4. AFS – podavač krmiva nabírající objemná krmiva z uložště krmiva.





Příloha 5. AFS – nakládání krmného vozíku a míchání krmné dávky.



Příloha 6. Zakládání krmné dávky na krmný stůl.



Příloha 7. Spokojené krávy odpočívající na pastvě. V pozadí kravín.