

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra veterinárních disciplín**



**Vliv mikroklimatických faktorů na vybrané ukazatele  
procesu dojení v automatickém dojicím systému**

**Diplomová práce**

**Autor práce: Bc. Věra Poláčková**

**Obor studia: Živočišná produkce**

**Vedoucí práce: MVDr. Romana Krejčířová, Ph.D.**

**Konzultant: doc. Ing. Ivana Knížková, CSc.**

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Vliv mikroklimatických faktorů na vybrané ukazatele procesu dojení v automatickém dojicím systému" jsem vypracovala samostatně pod vedením konzultantky a vedoucí 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 autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze, dne 9. července 2020

---

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala především své konzultantce doc. Ing. Ivaně Knížkové, CSc., za odborné vedení práce a za cenné připomínky, rady a materiály, které mi poskytla, a které mi pomohly k vypracování této diplomové práce.

Dále děkuji své vedoucí práce MVDr. Romaně Krejčířové, Ph.D. za čas, trpělivost a ochotu pomoci při vypracování této diplomové práce. Poděkování patří i Výzkumnému ústavu živočišné výroby Praha Uhřetěves za zapůjčení přístrojů pro sledování meteorologických údajů, které byly potřebné pro zpracování této diplomové práce.

V neposlední řadě velmi děkuji své rodině, přátelům a snoubenci za nekonečnou trpělivost a podporu při mých studiích.

# Vliv mikroklimatických faktorů na vybrané ukazatele procesu dojení v automatickém dojicím systému

## Souhrn

Cílem práce bylo posoudit vliv mikroklimatických parametrů (teplota vzduchu (TV), relativní vlhkost vzduchu (RV), teplotně-vlhkostní index (THI)) a kalendářního měsíce na vybrané ukazatele procesu dojení v automatickém dojicím systému (AMS) (denní nádoj, frekvence dojení a celková doba dojení na dojnici). Byla testována hypotéza, že TV a RV významně ovlivňují proces dojení v AMS.

Sledování se uskutečnilo v provozních podmínkách mléčné farmy s AMS (chov plemene ČESTR, možnost pobytu na pastvině), a to od března 2019 do února 2020. Hodnoty TV a RV byly pomocí přístrojů Datalogger zaznamenávány uvnitř a vně stáje v hodinových intervalech, THI byl vypočten. Ukazatele dojení byly získány z denních reportů AMS. Data byla následně statisticky zpracována.

Průměrné hodnoty TV a RV se pohybovaly v širokém rozpětí v souvislosti s ročním obdobím. Nejvyšší rozdíly mezi vnitřní a vnější TV byly zjištěny v zimním období (od 9,7 do 7,4 °C), naopak nejnižší rozdíly byly v letním období (3,8 °C). Nejvyšší průměrná TV ve stáji byla zjištěna v červnu ( $22,5 \pm 2,1$  °C). Hodnoty RV ve stáji v zimním období překračovaly hranici 80 %. THI se pohyboval ve 3 zónách (bezstresová až zóna mírného stresu).

V souvislosti s mikroklimatickými ukazateli bylo zjištěno, že denní nádoj významně ( $p < 0,05$ ) vzrůstal se zvyšující se TV, frekvence dojení se však významně ( $p < 0,05$ ) snižovala. Doba dojení nebyla vyšší TV ovlivněna. Vysoká RV vedla k významnému ( $p < 0,05$ ) snížení denního nádoje a zkrácení doby dojení, avšak frekvence dojení byla významně ( $p < 0,05$ ) vyšší. Vybrané ukazatele nebyly THI významně ovlivněny. Nejvyšší denní nádoj ( $24,89 \pm 0,87$  l.den<sup>-1</sup>) byl zjištěn v červnu, avšak při nejnižší frekvenci dojení ( $2,19 \pm 0,11$  dojení.den<sup>-1</sup>). Nejvyšší nárůst nádoje byl zaznamenán mezi květnem a červenem, naopak nejvyšší pokles byl mezi červnem a červencem.

Testovaná hypotéza byla potvrzena, nicméně získané výsledky ne zcela korespondují s jinými studiemi, což je ale dáno jejich zaměřením na holštýnský skot. V této diplomové práci bylo sledováno plemeno ČESTR, které má pravděpodobně vyšší toleranci vůči teplu. Významným momentem byla rovněž skutečnost, že v dané lokalitě nebylo v době měření dosaženo extrémních teplotních hodnot a dojnice měly navíc možnost volného pobytu na pastvině u stáje. Mikroklimatické podmínky byly ovlivněny i stavebně konstrukčním řešením stáje, polohou farmy a v neposlední řadě praktikovaným managementem stáda.

**Klíčová slova:** dojení, automatický dojicí systém, teplota vzduchu, relativní vlhkost vzduchu, teplotně-vlhkostní index

# Effect of microclimate factors on selected milking process parameters in automatic milking system

## Summary

The aim of the work was to assess the effect of microclimate parameters (air temperature (TA), relative humidity (RH), temperature-humidity index (THI)) and calendar month on selected indicators of the milking process in the automatic milking system (AMS) (daily milk yield, milking frequency and total milking time per dairy cow). The hypothesis that TA and RH affect significantly the milking process in AMS was tested.

Monitoring was carried out in the field conditions of a dairy farm with AMS (breeding of the breed Fleckvieh, the possibility of stay on pasture), from March 2019 to February 2020. TA and RH values were recorded using Dataloggers inside and outside the stable at hourly intervals, THI was calculated. Milking indicators were obtained from AMS daily reports. The data were then statistically processed.

The average values of TA and RH ranged widely in relation to the season. The highest differences between indoor and outdoor TA were found in the winter period (from 9.7 to 7.4 °C), while the lowest differences were found in the summer period (3.8 °C). The highest average AT in the stable was found in June ( $22.5 \pm 2.1$  °C). The RH values in the stable in the winter exceeded 80 %. THI ranged in 3 zones (no heat stress to mild stress zone).

In connection with microclimatic indicators, it was found that daily milk yield increased significantly ( $p < 0.05$ ) with increasing TA, but the milking frequency decreased significantly ( $p < 0.05$ ). The milking time was not affected by the TA. High RH caused a significant ( $p < 0.05$ ) reduction in daily milk yield and a reduction of milking time, but the milking frequency was significantly ( $p < 0.05$ ) higher. Selected indicators were not significantly affected by THI. The highest daily milk yield ( $24.89 \pm 0.87$  l.day<sup>-1</sup>) was found in June, but at the lowest milking frequency ( $2.19 \pm 0.11$  milk.day<sup>-1</sup>). The highest increase in daily milk yield was recorded between May and June, while the highest decrease was between June and July.

The tested hypothesis was confirmed, however, the obtained results do not completely correspond to other studies, which is due to their focus on Holstein cattle. In this diploma thesis, the Fleckvieh breed was monitored, which probably has a higher tolerance to heat. An important moment was also the fact that in the given locality extreme temperature values were not reached at the time of the measurement and the dairy cows also had opportunity to stay freely on the pasture near the stable. The microclimatic conditions were also influenced by the structural design of the stable, the location of the farm and, last but not least, the practiced herd management.

**Keywords:** milking, automatic milking system, air temperature, relative humidity, thermal-humidity index

# Obsah

<b>1 Úvod.....</b>	<b>1</b>
<b>2 Vědecká hypotéza a cíl práce .....</b>	<b>2</b>
<b>3 Literární řešerše .....</b>	<b>3</b>
<b>3.1 Termoregulační schopnosti skotu .....</b>	<b>3</b>
3.1.1 Tepelný stres .....	4
3.1.2 Důsledky tepelného stresu .....	5
<b>3.2 Nároky skotu na mikroklimatické podmínky chovného prostředí.....</b>	<b>6</b>
3.2.1 Teplota vzduchu.....	6
3.2.2 Vlhkost vzduchu .....	6
3.2.3 Teplotně vlhkostní index (THI) .....	7
<b>3.3 Technologické linky strojního dojení .....</b>	<b>9</b>
3.3.1 Dojení na stání .....	10
3.3.2 Dojení v dojrnách .....	10
3.3.3 Automatické dojící systémy (AMS) .....	11
3.3.4 Princip činnosti AMS.....	13
3.3.5 Efekty robotizovaného dojení.....	13
<b>4 Metodika .....</b>	<b>15</b>
<b>4.1 Charakteristika podniku .....</b>	<b>15</b>
<b>4.2 Charakteristika sledovaných zvířat.....</b>	<b>18</b>
4.2.1 Plemeno .....	18
4.2.2 Užítkovost.....	19
4.2.3 Ustájení a krmení .....	19
<b>4.3 Charakteristika používaného AMS .....</b>	<b>20</b>
4.3.1 Pohyb dojnic ve stáji s použitím VMS .....	22
<b>4.4 Sledované ukazatele .....</b>	<b>22</b>
<b>4.5 Statistické zpracování dat.....</b>	<b>24</b>
<b>5 Výsledky .....</b>	<b>25</b>
<b>5.1 Teplota vzduchu a relativní vlhkost vzduchu.....</b>	<b>25</b>
<b>5.2 Vliv vybraných faktorů na denní nádoj mléka.....</b>	<b>27</b>
<b>5.3 Vliv vybraných faktorů na počet dojení.....</b>	<b>31</b>
<b>5.4 Vliv vybraných faktorů na průměrnou dobu dojení .....</b>	<b>35</b>

<b>6</b>	<b>Diskuze .....</b>	<b>39</b>
<b>7</b>	<b>Závěr.....</b>	<b>43</b>
<b>8</b>	<b>Seznam literatury .....</b>	<b>44</b>
<b>9</b>	<b>Seznam použitých zkratk.....</b>	<b>50</b>
<b>10</b>	<b>Přehled tabulek, grafů a obrázků .....</b>	<b>I</b>

# 1 Úvod

V posledních letech dochází v chovech dojeného skotu k neustálým změnám v chovném prostředí. Do živočišné výroby stále více proniká robotizace, která se týká i chovu dojnic. Zde jsou z důvodů ekonomických i sociálních zaváděny automatické dojící systémy (AMS), a to i přesto, že náklady na pořízení AMS jsou vysoké (Doležal & Staněk 2015). Robotizované dojení však v současném pojetí neznamena pouze vyšší stupeň automatizace dojení, ale umožňuje zcela nový způsob optimalizace managementu stáda a celé mléčné farmy (Kunc et al. 2007). Proto při zavedení AMS musí chovatel pohlížet na činnost, plánování, uspořádání stáje, použitý materiál i zařízení jako na spolu související celek. To rozhoduje o úspěchu chovu dojnic se zavedeným AMS (Hulsen 2011).

Dojnice se musí ve stájích přizpůsobovat celé řadě změn souvisejících s organizací, technologií i technikou chovu. V těchto podmínkách reagují intenzivně na veškeré nedostatky stájového prostředí. Svůj ne nepodstatný vliv mají i mikroklimatické podmínky. Mikroklimatem se rozumí ovzduší ve více méně uzavřeném prostoru stáje, které je v přímém vztahu k zevnímu atmosférickému prostředí (makroklima), přičemž vliv makroklimatu na mikroklima je zprostředkováván řadou faktorů, především konstrukcí a provedením stavby, způsobem větrání provozem a dalšími konstrukčně technickými faktory (Tančín et al. 2016).

Mikroklimatické podmínky nemalou měrou ovlivňují užitkovost, zdravotní stav a životní projevy zvířat. Mikroklima, resp. teplotní podmínky ve stáji musí být takové, aby zabezpečily dostatečný odvod tepla z organismu chovaných zvířat. Budou-li teplotně-vlhkostní poměry v optimu, nebude organismus významně namáhán. Při změnách těchto poměrů mimo optimum bude docházet k zatěžování organismu, k narušení metabolických procesů, ke snížení užitkovosti a k dalším nežádoucím projevům a účinkům (Kunc et al. 2007).

Z těchto důvodů se diplomová práce zabývala vlivem mikroklimatických parametrů (teplotou vzduchu a relativní vlhkostí vzduchu) na vybrané ukazatele procesu dojení na farmě s automatickým dojícím systémem (AMS).



## **2 Vědecká hypotéza a cíl práce**

V rámci diplomové práce byla testována hypotéza, že teplota vzduchu a relativní vlhkost vzduchu významně ovlivňují proces dojení v AMS.

Cílem práce bylo posoudit vliv mikroklimatických parametrů (teplota vzduchu, relativní vlhkost vzduchu, teplotně-vlhkostní index) na vybrané ukazatele procesu dojení na farmě s automatickým dojícím systémem (AMS).

## 3 Literární rešerše

### 3.1 Termoregulační schopnosti skotu

Termoregulací se u stálotepečných (homoiotermních) živočichů, k nimž náleží i skot, rozumí řízení tělesné teploty s cílem udržení její hodnoty v mezích, které se též nazývají jako fyziologické rozpětí. Udržení tělesné teploty se děje chemickou termoregulací (produkcí tepla) a fyzikální termoregulací (výdejem tepla) (Silanikove 2000). Homoiotermní živočichové mají vyvinutý termoregulační systém, který jim v obvyklých životních podmínkách dovoluje uchovat teplotu těla poměrně konstantní bez ohledu na teplotu prostředí. To jim umožňuje udržet si přiměřenou úroveň funkcí ve velkém tepelném rozmezí prostředí (Adamczyk et al. 2015; Rojas-Downing et al. 2017).

Skot patří mezi druhy zvířat s velmi dobrými termoregulačními schopnostmi, s pohotovými mechanismy fyzikální i chemické termoregulace. To je dáno jeho fylogenetickým původem z glaciálního období (Silanikove 2000, Turnpenny et al. 2000; Kadzere et al. 2002; Manzoor et al. 2019).

Při udržování tepelné homeostázy mají u skotu významnou roli předžaludky, zejména bachor, kde se vzhledem k mikrobiální činnosti uvolňuje značné množství tepla. Produkce tepla je u skotu na vysoké úrovni. Avšak z důvodu relativně malého povrchu těla ( $6 \text{ m}^2$ ) se nadbytečného tepla zbavuje skot s obtížemi (Knížková & Kunc 2010). Při působení vysokých teplot prostředí se organismus skotu snaží produkci tepla omezit (Silanikove 2000; Kadzere et al. 2002), a proto mu více vyhovuje prostředí s nízkými teplotami prostředí (Silanikove 2000, Ternpenny et al. 2000).

Výdej tepla z organismu skotu probíhá několika způsoby. Mezi aktivní mechanismy patří převážně cévní reakce, které jsou nejpohotovějším mechanismem výdeje tepla. Pro omezení výdeje tepla slouží vazokonstrikce (zúžení cév), pro zvýšení výdeje tepla z organismu pak vazodilatace (rozšíření cév). Tím se mění průtok krve k periférii, resp. povrchu těla zvířete (Silanikove 2000; Kadzere et al. 2002; Williams 2008; Manzoor et al. 2019). Skot má specifické uspořádání cévní soustavy v kůži, v oblasti hřbetu a boků. Jedná se o tzv. arteriovenózní anastomózy třech vrstev podkožních a kožních cév, které slouží k adaptaci při značných teplotních rozdílech. Přítomnost těchto anastomóz umožňuje zabezpečení zvýšeného nebo sníženého přísunu tepla krví z jádra na periférii. Patrný je i souběžný průběh tepen a žil u skotu, umožňující vzájemnou výměnu tepla (Schleger et al. 1981, Silanikove 2000).

Významným aktivním mechanismem je u skotu frekvence dechu. Dýchání obecně plní u skotu nejen funkci výměny plynů mezi organismem a vnějším prostředím, ale aktivně se též podílí na výdeji tepla, zejména vyrovnává okamžitý nesoulad mezi produkcí tepla a potřebou výdeje tepla z organismu (Knížková & Kunc 2010; Rashamol et al. 2018). Minimální hodnoty frekvence dechu jsou uváděny v rozmezí 10-15 dechů za minutu (při nízkých teplotách mohou být i okolo 8 dechů za minutu), avšak při vysokých teplotách dochází k jejich zvýšení až na 90-180 dechů za minutu, což je již termická polypnoe (Kadzere et al. 2000; Dikmen & Hansen 2009; Knížková & Kunc 2010; Herbut et al. 2018). Tento jev je doprovázen zvýšeným sliněním (salivací), což má za následek metabolickou acidózu, protože se ztrácí hydrogenuhličitan sodný i pufrové fosfáty, které jsou obsaženy ve slinách přežvýkavců (Silanikove 2000).

Nejúčinnějším a také nejspolehlivějším mechanismem u skotu pro udržení stálé tělesné teploty ve vysokých teplotách prostředí je výpar kůže (pocení) (Rashamol et al. 2018). Za nízkých teplot je neúčinný, se stoupající okolní teplotou se postupně zapojuje a účinně reaguje na potřebu výdeje tepla. Potní žlázy jsou při nižších teplotách rovněž neúčinné, aktivují se asi při 18-20 °C (Silanikove 2000; Kadzere et al. 2002; Herbut et al. 2018).

Vedle těchto mechanismů se však také uplatňují tzv. mechanismy dlouhodobé adaptace, kam patří délka a kvalita srsti, výše podkožního tuku, tloušťka kůže či změny v chování zvířat (Silanikove 2000; Kadzere et al. 2002; Schutz et al. 2009; Manzoor et al. 2019).

### **Termoneutrální zóna**

Rojas-Downing et al. (2017) popsali termoneutrální zónu (TNZ) jako zónu tepelného komfortu, kde rozsah teplot prostředí je optimální pro fyziologické funkce organismu. Podle Kadzereho et al. (2002) je v rámci této zóny patrná minimální tepelná produkce při normální rektální teplotě. V rámci této zóny je podle těchto autorů minimální námaha fyziologických mechanismů souvisejících s termoregulací a maximální produktivita. Obecně je termoneutrální zóna ohraničena spodní kritickou a horní kritickou teplotou. Při překročení těchto hranic začíná organismus zapojovat termoregulační mechanismy (Silanikove 2000). Hodnota horní i spodní kritické teploty je dána mnoha faktory (Kadzere et al. 2002). Patří sem např. věk, druh, plemeno, dostatek krmiva, složení krmiva, aklimatizace, produkce, způsob ustájení atd.

Termoneutrální zóna skotu se vyznačuje širokým rozpětím, nicméně zejména u nízkých teplot se hodnoty v literatuře značně liší (od 1 °C až do -10 °C s optimem 13–18 °C) (Manzoor et al. 2019). Hranice termoneutrální zóny nejsou stejné pro všechny kategorie skotu, ale liší se i v rámci kategorií; ovlivňuje je užítkovost, stáří, aklimatizace, jak již bylo uvedeno výše (Kadzere et al. 2002). Avšak hranice pro horní kritickou teplotu jsou u skotu stanoveny přesně. Za horní kritickou teplotu je všeobecně uváděna teplota 25 °C. Nicméně pro vysokoužitkové dojnice je tato hranice posunuta na hraniční teplotu 20-21 °C (Kadzere et al. 2000; Silanikove 2000; West 2003; Das et al. 2016). To vychází z faktu, že vysokoužitkové dojnice jsou senzitivnější na teplo v porovnání s nízkoužitkovými dojnicemi. Tento jev se prokazuje výrazně vyšší úrovní produkce metabolického tepla (Rojas-Downing et al. 2017). Berman (2005) zaznamenal vyšší senzitivitu vůči teplu u dojnic s užítkovostí 35-45 kg mléka na den.

#### **3.1.1 Tepelný stres**

I když při překročení spodní kritické teploty může dojít u skotu ke chladovému stresu, není tento jev považován za tak závažný pro organismus, neboť existuje více možností na jeho zmírnění, nežli u stresu z vysokých teplot prostředí (Manzoor et al. 2019).

Tepelný stres, který nastává při překročení horní kritické teploty, je v chovu nežádoucím jevem a velmi negativně ovlivňuje pohodu zvířat, užítkovost, reprodukci a zdraví (Kadzere et al. 2002). Navíc prognóza oteplování evropského kontinentu předpokládá i nadále změny klimatických podmínek směrem k vyšším teplotám vzduchu (Rojas-Downing et al. 2017; Williams 2018).

Skot všeobecně patří mezi zvířata s velmi dobrými termoregulačními schopnostmi. Nicméně vzhledem k disproporci mezi produkcí a výdejem tepla v jeho organismu je pro skot optimální pobyt v chladnějších podmínkách prostředí, které mu napomáhají ke snadnějšímu výdeji tepla v důsledku většího tepelného spádu mezi organismem a prostředím. Vysoké teploty prostředí zhoršují výdej tepla a organismus je pak nucen zapojovat tzv. aktivní termoregulační mechanismy (Kadzere et al. 2002; Dickman & Hansent 2009; Habeeb et al. 2018). Tyto mechanismy (zejména zvýšená frekvence dechu a pocení) však spotřebovávají na svou činnost energii, která by byla v optimálních podmínkách využita na tvorbu produktů (mléka, přírůstků živé hmotnosti apod).

Doprovodným jevem tepelného stresu je i zvýšená rektální teplota. Skot jako homoiotermní živočich udržuje podle Henryho et al. (2012) svoji stálou tělesnou teplotu v rozmezí  $\pm 0,5$  °C. Její fyziologické rozmezí je 37,5 – 39,5 °C, avšak v období tepelného stresu lze naměřit hodnoty nad 39,5 °C a v období velmi silného tepelného stresu nad 40 °C (Knížková & Kunc 2010).

### 3.1.2 Důsledky tepelného stresu

Vysoké teploty prostředí dokážou velmi nepříznivě ovlivnit organismus chovaných zvířat, což se v konečném důsledku promítá do ekonomických ztrát chovu (Rojas-Downing et al. 2017; Herbut et al. 2018). Tepelný stres negativně ovlivňuje i příjem krmiva a zvyšuje požadavky na záchovnou krmnou dávku. Negativně je též ovlivněna účinnost využití krmiva a zvyšuje se spotřeba vody, a to až o 50 % v porovnání s termoneutralními podmínkami (Rhoads et al. 2009; Dahl et al. 2016).

Omezování příjmu krmiva a energie za vysokých teplot představuje obranný mechanismus; kvůli redukovanému příjmu krmiva a tím redukované produkce metabolického tepla je možné udržet stálou tělesnou teplotu. Obecně se uvádí pokles příjmu krmiva a sušiny v rozpětí 5-25 %, podle úrovně tepelného stresu a podle typu diety. Záchovná krmná dávka je vyšší v důsledku aktivit na eliminaci tepelného stresu, tj. zvýšený tělesný metabolismus, zvýšená dechová a tepová frekvence, zvýšený oběh vody a elektrolytů pro urychlení rozptylu tepla apod. (Kadzere et al. 2002).

Pokud se týká mléčné užitkovosti a složení mléka, i zde se tepelný stres negativně uplatňuje. Mléčná užitkovost může během působení tepelného stresu poklesnout až o 25 %, a to jak při krátkodobém, tak i dlouhodobém působení. Dojnice otelená v průběhu horkých letních měsíců mají s velkou pravděpodobností celou následující laktaci nižší užitkovost (Kadzere et al. 2002; Herbut et al. 2017). Hanusová et al. (2019) zjistili, že pokles užitkovosti přetrvává i v postresovém období po návratu teploty na původní úroveň termoneutralní zóny, tedy do optimálních teplotních podmínek.

Mění se rovněž složení mléka. Především klesá obsah tuku v mléce, resp. obsah mastných kyselin. Dále se snižuje procentické zastoupení pevných netukových látek v mléce, ale také klesají proteiny, včetně celkového obsahu N v mléce. Rovněž byla zaznamenána nižší hladina laktózy a mírná redukce makroelementů v mléce (Ca, P, Mg, Na). Tepelný stres ovlivňuje počet somatických buněk v mléce se zřetelnými tendencemi ke zvýšení výskytu (Kadzere et al. 2000; West 2003; Lambertz et al. 2014; Williams 2018).

## 3.2 Nároky skotu na mikroklimatické podmínky chovného prostředí

Knížková et al. (2002) uvádějí, že ovzduší v ustájovacím prostoru je jedním z nejdůležitějších součástí tzv. stájového prostředí. Kvalita stájového prostředí společně s výživou, způsobem ustájení a kvalitou ošetřování patří mezi hlavní činitele, působí na organismus zvířat a ovlivňují produkci zvířat a rentabilitu chovu. Stájové prostředí dále ovlivňuje i spotřebu krmiva a zdravotní stav zvířat. Mikroklimatické podmínky působí na užítkovost, zdravotní stav a životní projevy hospodářských zvířat (Schutz et al. 2009; Herbut et al. 2018).

Teplotní podmínky ve stájovém prostředí musí zajišťovat dostatečný odvod tepla z organismu chovaných zvířat. Jsou-li mikroklimatické podmínky optimální, nebude organismus zvířat namáhaný a nebudou narušeny metabolické procesy (Hill & Wall 2015; Habeeb et al. 2018).

### 3.2.1 Teplota vzduchu

Mezi nejdůležitější faktory stájového mikroklimatického prostředí patří teplota vzduchu. Základním a hlavním zdrojem produkce tepla ve stáji je teplo vydané zvířetem. Teplo se vytváří v těle zvířat během vnitřních biochemických procesů jeho organismu (Pogran et al. 2011). Vydané teplo závisí na množství přijaté potravy. Pokud je organismus dojnice tepelně zatížený, vyzařuje více energie a tím vyprodukuje více tepla a dojnice se zahřívá. Dalším zdrojem tepla v ustájovacím prostoru je teplo pronikající obvodovou konstrukcí, vzduchem při větrání, slunečním zářením či vytápěním stáje. Za určitých okolností je zdrojem produkce tepla ve stáji i podestýlka. Nahromaděné teplo tak způsobuje u zvířat přehřátí organismu (Gálik et al. 2015).

Podle Doležala & Staňka (2015) je stájová teplota rozhodujícím faktorem úrovně stájového komfortu. Autoři uvádějí, že při nízkých teplotách je plně využit výkonnostní potenciál zvířat, ovšem je nutné skotu předkládat adekvátní výživu, neboť stoupá nárok na spotřebu energie pro stabilizaci tělesné teploty. Problém nastává podle autorů při teplotách nad 20 °C.

Optimální hodnoty teploty pro skot, zejména dojnice, jsou uvedeny v kapitole 3.1 (podkapitola Termoneutrální zóna).

### 3.2.2 Vlhkost vzduchu

Druhým nejdůležitějším ukazatelem kvality mikroklimatu ve stájích je vlhkost vzduchu. Ta je dána obsahem vodních par. Vodní páry jsou ve vzduchu vždy, avšak v proměnlivém množství. K hodnocení vlhkostního stavu ovzduší v chovech hospodářských zvířat se nejčastěji využívá tzv. relativní vlhkost vzduchu, vyjádřená v % (Gálik et al. 2015). Podle Silanikoveho (2000) vlhkost vzduchu nemalou měrou ovlivňuje tepelné ztráty zvířat.

Hlavním zdrojem vlhkosti ve stájích jsou zvířata, mokré podlahy, prostory pod rošty, vodní zdroje a vlhké či teplé krmivo (Gálik et al. 2015). Množství výparu ve vzduchu je závislé na teplotě, stupni nasycení vodními parami a rychlosti proudění vzduchu. Jako optimální rozpětí relativní vlhkosti vzduchu u skotu uvádí Gálik et al. (2015) hodnoty od 50 do 75 % s maximem do 85 %. Podle Westa (2003) je optimální rozpětí relativní vlhkosti vzduchu od 60 do 80 %.

Pokud vlhkost vzduchu klesne pod optimální hranici, má negativní vliv na organismus zvířat. Podle Havlíčka et al. (2014) je tato hranice 50 %. Nízká vlhkost vzduchu vede k dehydrataci a tím způsobuje vysychání sliznic. To narušuje přirozenou obranyschopnost dýchacího systému (Doležal & Staněk 2015). Sliznice jsou poškozené a náchylné na průnik patogenů do organismu a způsobují zdravotní potíže. Nízká vlhkost vzduchu má za následek snížený příjem krmiva, zvýšený příjem vody a celkový pokles užitkovosti (Havlíček et al. 2014). Zdravotní komplikace jsou způsobené zůstávajícími prachovými částicemi v objektech s nadměrným zdrojem prašnosti, což je důsledek nízké vlhkosti vzduchu. Velmi nebezpečné je vzájemné působení nízké vlhkosti vzduchu s vysokou teplotou vzduchu, kdy nastává vysoký sytostní doplněk (Gálik et al. 2015).

Vysoká vlhkost vzduchu (nad doporučenou hranici) zvyšuje tepelnou vodivost vzduchu. Vlhký vzduch pohlcuje více tepelného záření. Čím je tedy vzduch vlhčí, tím jsou vyšší ztráty tepla radiací z organismu. Z toho vyplývá, že vysoká vzdušná vlhkost ovlivňuje významně výdej tepla z organismu (Silanikove 2000; Kadzere et al. 2002). Podle Havlíčka et al. (2014) souvisí vysoká vlhkost stájového vzduchu s nedostatečným odvodem vodních par, což je záležitost především špatné kvality a intenzity větrání, ale také nedostatečné hygieny ve stáji.

Gálik et al. (2015) uvádějí, že se ve vlhkém prostředí zvětšuje měrný povrch částic, které rychleji sedimentují na podlahu a dochází tak k rychlejšímu vývoji mikroorganismů ve stájích, či dalších prostorách. Velmi nebezpečnou kombinací je vysoká relativní vlhkost vzduchu a vysoká teplota vzduchu, ale i vysoká relativní vlhkost vzduchu a nízká teplota vzduchu. Působením vysoké vlhkosti vzduchu a vysoké teploty vzduchu dochází k omezení tepelného spádu mezi povrchem těla zvířete a jeho okolím, tím se zamezuje výdeji tepla konvekcí a evaporací z těla. Nahromaděné teplo v organismu je důvodem přehřátí organismu. Působením vysoké vlhkosti vzduchu a nízké teploty vzduchu naopak dochází k neúměrnému zvětšení tepelného spádu, organismus tak nadměrně ztrácí teplo a dochází k jeho podchlazení (Silanikove 2000; Kadzere et al. 2002; Gálik et al. 2015; Habeeb et al. 2018; Herbut et al. 2018). Vysoká vlhkost v kombinaci s nízkou teplotou vzduchu snižuje podle Doležala & Staňka (2015) tepelné izolační vlastnosti srsti.

### **3.2.3 Teplotně vlhkostní index (THI)**

Vlhkost vzduchu a teplotu vzduchu je vždy vhodné posuzovat společně. Toto společné působení na organismus zvířat je vyjádřeno teplotně vlhkostním indexem Thermal Humidity Index – THI. THI je považován za velmi důležitý ukazatel kvality stájového prostředí, neboť obsahuje kombinace efektů teploty vzduchu a relativní vlhkosti vzduchu (Gantner et al. 2017; Habeeb et al. 2018; Herbut et al. 2018; Peng et al. 2019). Původně byl vypracován pro posouzení tepelného stresu lidí jako funkce suchého teploměru a teploty rosného bodu. Později byl THI stanovený pro jednotlivé druhy a kategorie hospodářských zvířat (Pogran et al. 2011).

THI je velmi často využíván k popisu tepelné zátěže a je výborným indikátorem stresových teplotních klimatických podmínek (Habeeb et al. 2018). Herbut et al. (2018) však upozorňují na skutečnost, že THI model nezohledňuje další faktory prostředí, jakými jsou rychlost proudění vzduchu, intenzita solárních radiací apod. Tyto faktory také nemalou měrou ovlivňují teplotní komfort ustájených zvířat.

Ke zjištění intenzity tepelného stresu u skotu se zjišťuje teplota vzduchu a relativní vlhkost vzduchu v místě ustájení zvířat a v dané tabulce (Obrázek 1) pak lze odečíst příslušnou hodnotu THI. Tím se dá zjistit, v jaké zóně tepelného stresu zvířata jsou (Habeeb et al. 2018).

Pro určení intenzity teplotního stresu se u skotu nejčastěji používá výpočet THI podle následujícího vzorce:

$$THI = Tdb - [0,55 - (0,55 * RH/100)] * (Tdb - 58) \quad (1)$$

Kde:

Tdb = teplota vzduchu [°F]

RH = relativní vlhkost vzduchu [%]

Jednotlivé hodnoty THI jsou klasifikované do následujících zón (West 2003; Herbut et al. 2018):

- 64-67 = bezstresová zóna
- 68-71 = zóna velmi mírného stresu
- 72-79 = zóna mírného stresu
- 80-89 = zóna silného stresu
- 90-98 = zóna extrémně silného stresu
- 99-104 = smrtící zóna

Temperature		% Relative Humidity																		
°F	°C	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
72	22.0	64	65	65	65	66	66	67	67	67	68	68	69	69	69	70	70	70	71	71
73	23.0	65	65	66	66	66	67	67	68	68	68	69	69	70	70	71	71	71	72	72
74	23.5	65	66	66	67	67	67	68	68	69	69	70	70	70	71	71	72	72	73	73
75	24.0	66	66	67	67	68	68	68	69	69	70	70	71	71	72	72	73	73	74	74
76	24.5	66	67	67	68	68	69	69	70	70	71	71	72	72	73	73	74	74	75	75
77	25.0	67	67	68	68	69	69	70	70	71	71	72	72	73	73	74	74	75	75	76
78	25.5	67	68	68	69	69	70	70	71	71	72	73	73	74	74	75	75	76	76	77
79	26.0	67	68	69	69	70	70	71	71	72	73	73	74	74	75	76	76	77	77	78
80	26.5	68	69	69	70	70	71	72	72	73	73	74	75	75	76	76	77	78	78	79
81	27.0	68	69	70	70	71	72	72	73	73	74	75	75	76	77	77	78	78	79	80
82	28.0	69	69	70	71	71	72	73	73	74	75	75	76	77	77	78	79	79	80	81
83	28.5	69	70	71	71	72	73	73	74	75	75	76	77	78	78	79	80	80	81	82
84	29.0	70	70	71	72	73	73	74	75	75	76	77	78	78	79	80	80	81	82	83
85	29.5	70	71	72	72	73	74	75	75	76	77	78	79	80	81	81	82	83	83	84
86	30.0	71	71	72	73	74	74	75	76	77	78	79	80	81	81	82	83	84	84	85
87	30.5	71	72	73	73	74	75	76	77	77	78	79	80	81	81	82	83	84	85	85
88	31.0	72	72	73	74	75	76	76	77	78	79	80	81	81	82	83	84	85	86	86
89	31.5	72	73	74	75	75	76	77	78	79	80	80	81	82	83	84	85	86	86	87
90	32.0	72	73	74	75	76	77	78	79	79	80	81	82	83	84	85	86	86	87	88
91	33.0	73	74	75	76	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	86	87	88	89
92	33.5	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	85	86	87	88	89	90
93	34.0	74	75	76	77	78	79	80	80	81	82	83	85	85	86	87	88	89	90	91
94	34.5	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	86	86	87	88	89	90	91	92
95	35.0	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93
96	35.5	75	76	77	78	79	80	81	82	83	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94
97	36.0	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	91	92	93	94	95
98	36.5	76	77	78	80	80	82	83	83	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
99	37.0	76	78	79	80	81	82	83	84	85	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
100	38.0	77	78	79	81	82	83	84	85	86	87	88	90	91	92	93	94	95	96	98
101	38.5	77	79	80	81	82	83	84	86	87	88	89	90	92	93	94	95	96	98	99
102	39.0	78	79	80	82	83	84	85	86	87	89	90	91	92	94	95	96	97	98	100
103	39.5	78	79	81	82	83	84	86	87	88	89	91	92	93	94	96	97	98	99	101
104	40.0	79	80	81	83	84	85	86	88	89	90	91	93	94	95	96	98	99	100	101
105	40.5	80	80	82	83	84	86	87	88	89	91	92	93	95	96	97	99	100	101	102
106	41.0	80	81	82	84	85	87	88	89	90	91	93	94	95	97	98	99	101	102	103
107	41.5	80	81	83	84	85	87	88	89	91	92	94	95	96	98	99	100	102	103	104

**Obrázek 1.** Hodnoty THI v závislosti na teplotě vzduchu (temperature) a relativní vlhkosti vzduchu (relative humidity) (Burgos Zimbelman & Collier 2011).

### 3.3 Technologické linky strojního dojení

Mléko se získává pro potravinářské účely strojním dojením. Strojní dojení je proces, kdy je mléko od dojnice získáváno co nejrychleji a zároveň tak, aby nedošlo k poškození mléčné žlázy a byly dodrženy nejlepší hygienické podmínky (Kunc et al. 2007). Přejedem z ručního dojení na strojové došlo ke zvýšení produktivity práce a také ke zlepšení kvality mléka z hlediska hygieny. Podle Tančina & Tančinové (2008) však tento vývoj přinesl také množství technických a biologických problémů. Strojní dojení je stále považováno za nepřirozený způsob získávání mléka a je proto potřebné respektovat fyziologickou ejekci mléka a hygienické požadavky. Tančin & Tančinová (2008) uvádějí, že spolu s technickým vývojem dojicích zařízení je nutné se věnovat i šlechtění dojnic s ohledem na požadované tvarové i funkční vlastnosti vemene i struků.

Gálik et al. (2015) uvádějí, že strojní dojení je biologicko-technický systém zahrnující čtyři základní součásti, a to dojnice, dojící zařízení, prostředí a člověka. Pro efektivní a zdravé získávání mléka je velmi podstatný soulad všech uvedených složek. V současných dojicích zařízeních se používají senzory spojené s mikroprocesorovou technikou, která zásadním způsobem přispívá ke zkvalitnění dojícího procesu (Kunc et al. 2007).

#### Základní konstrukce a princip činnosti dojícího stroje

Dojící zařízení je složeno z dojicích jednotek, potrubního mlékovodu a vzduchovodného a dezinfekčního okruhu. Mezi součástí dojící jednotky patří: dojící souprava, dlouhé mlékovodné a vzduchovodné hadice, pulzátor a případně jiné doplňky, které jsou charakteristické pro daný typ dojícího zařízení. Doplňkem může být zařízení pro ovládání ukončování dojení, elektronické řízení činnosti dojící jednotky, sběrná nádoba a konve. Dojící souprava je složena ze čtyř strukových násadců, krátkých hadic a sběrače mléka. Strukový násadec obsahuje tyto části: kovové či plastové pouzdro a strukovou gumou. Pro dopravu mléka do tanků se používá nerezové potrubí (Brestenský & Mihina 2006).

Ukončení dojení může být vyřešeno z technického hlediska velmi odlišně. Nejefektivnějším způsobem je automatické ukončení dojení, které při poklesu průtoku mléka na konci dojení samovolně stáhne strukové násadce z vemene. V dojárnách se používá automatická identifikace dojnic, která velmi ulehčuje kontrolu celého procesu dojení i management chovu dojnic (Brestenský & Mihina 2006).

Principem funkčnosti a činnosti dojícího stroje je řízené střídání atmosférického tlaku s podtlakem v mezistěnové komoře strukového násadce s trvalým podtlakem v podstrukové komoře (Kunc et al. 2007).

Gálik et al. (2015) uvádějí, že strukový násadec vytváří a rytmicky střídá dva takty, a to vlivem podtlaku a atmosférického tlaku vzduchu. Tyto takty tvoří pulzy – takt sání a takt stlačení. Takt sání je pracovní takt a takt stlačení je masážní, resp. regenerační prvek pro struk. Pokud je v podstrukové komoře stálý podtlak, který vytvořila vývěva, vznikne takt sání. Ten je rozváděný potrubím a hadicemi do podstrukové komory, kdy v mezistěnové komoře je také podtlak, který vznikl pomocí pulzátoru. Na stěny gumových násadců působí rovnoměrné tlaky, síly stěny gumy zůstávají v podobě válce – guma je otevřená. Působením podtlaku v podstrukové komoře na hrot struku se struk mírně prodlouží do podstrukové komory a otevře



se strukový svěrač. Tím se odsaje mléko do mlékovodné hadice a poté do sběrače mléka. Podtlak, který působí na struky, udržuje strukové násadce se sběračem na vemenu tak, že nespadnou.

Gálik et al. (2015) dále uvádějí, že za čas cca 0,5 sekundy se vpustí atmosférický tlak přes hadice pulzujících tlaků, rozdělovač a krátkou hadici pulzujících tlaků do mezistěnové komory. Na stěnu gumy působí rozdílné tlaky i rozdílné směrodatné síly a důsledkem toho je, že se struková guma deformuje směrem do podstrukové komory. Vnitřní (strukové) gumy kopírují tvar struku a mírně ho stlačí – masírují ho. Stěny gumy se k sobě přiblíží tak, jak jim to dovolí odpor struku a pružnost gumy. Tento stav se nazývá jako uzavření gumy pod strukem. Uzavření gumy však není úplné, což nedovoluje tloušťka stěny gumy. Tímto stlačením se pak uzavře strukový svěrač a ukončí dojení.

Jako optimální je v současné době doporučován podtlak v hodnotách 40 – 42 kPa. Jeho vyšší hodnoty mohou vést k makroskopické nebo mikroskopické traumatizaci struků, naopak hodnoty nižší jsou příčinou prodloužení doby dojení a častého padání dojící soupravy. (Kunc et al. 2007).

## **Technologické linky strojního dojení**

Podle místa dojení jsou rozlišovány dvě základní technologické linky – na stání nebo v dojárnách. Dojením na stání se rozumí způsob dojení do konví a do potrubí, kdy oba způsoby mohou být realizované jako pojízdné nebo stacionární. V dojárnách probíhá dojení pouze do potrubí, a to přímo přes odměrné nádoby nebo přes průtokoměr (Kunc et al. 2007).

### **3.3.1 Dojení na stání**

Dojení do konví je používáno v případě vazného stání s menším počtem ustájených zvířat. Výhodou této metody je jednoduchost, snadná montáž, vysoká funkční spolehlivost a nízká pořizovací cena. Konvové dojící zařízení je řešené jako stabilní s napevno zabudovanou vývěvou a podtlakovým potrubím nebo jako plně funkční samostatná mobilní jednotka. V obou případech se na řízení pulzace používají převážně pneumaticky ovládané pulsátory. Konvové dojící systémy jsou známé dobrou stabilitou podtlaku. Nevýhodou této technologie je náročnost při manipulaci, dezinfekci a velmi nízká hodinová výkonnost cca 12-15 ks.h<sup>-1</sup>.dojič<sup>-1</sup> (Kunc et al. 2007).

### **3.3.2 Dojení v dojárnách**

Dojírna je zvláště vymezený prostor, oddělený od vlastního ustájovacího prostoru, který slouží pouze na dojení. Dojírna je vybavená dojícími stáními, která omezují pohyb zvířete při dojení a dojícím zařízením do potrubí. Dojírny se rozdělují dle pohyblivosti stání – nepohyblivé stání (stacionární dojírny), pohyblivé stání (rotační dojírny). Další rozdělení dojíren je podle:

- stavebního uspořádání (polygonové, řadové),
- nástupu dojnic (individuální, skupinové),
- uspořádání dojících stání (tandemové, rybinové, paralelní),
- odchodu (klasické, rychlé) (Doležal & Staněk 2015).

Do zemědělství začíná stále výrazněji pronikat robotizace. Nejvhodnější oblastí pro modernizaci a využívání robotů je proces dojení.

### 3.3.3 Automatické dojicí systémy (AMS)

První automatizovaný dojicí systém (automatic milking system – AMS) byl zaveden v roce 1992 na farmě v Holandsku. Během 20 let se AMS rozšířil na další mléčné farmy po celé Evropě i Americe. Tento systém měl být původně určený výhradně pro malé farmy s počtem dojnic 50-150 kusů. Vzhledem k technologickému pokroku a zvyšujícím se zkušenostem s managementem chovu dojnic je v současné době AMS instalován i na mléčné farmy s více než 500 dojnicemi. Největšími výhodami AMS jsou: snížení pracovní zátěže personálu mléčné farmy a možnost dojení více než dvakrát za den bez vyšších nákladů na práci. Je důležité zdůraznit, že AMS nezahrnuje jen vlastní robotizované dojení, ale představuje zcela nový management na mléčných farmách (Svennersten-Sjaunja et al. 2007; Hulsén 2011).

Dojicí robot pracuje s biologickým materiálem (dojnicí), což s sebou přináší speciální požadavky na exteriérové a fyziologické vlastnosti dojnic. Dojnice, dojená mléčným robotem, musí mít pravidelný tvar vemene a pravidelné postavení všech struků. Přípustné jsou pouze malé odchylky v postavení struků. Další podmínkou je, že dojnice musí být dojitelná na všechny čtyři čtvrtě. Proto se doporučuje věnovat pozornost na exteriérové vyrovnanosti a pravidelnost stavby vemene (Doležal & Staněk 2015).

Doležal & Staněk (2015) dále uvádějí, že získávání mléka pomocí robotického dojení neznamená, že se o sebe dojnice postarají samy. Nicméně většina podporovatelů tohoto způsobu získávání mléka si plně neuvědomuje, že musí být splněny veškeré požadavky na správný management chovu. Ve většině podniků s dojícím robotem se dojnice samy rozhodují, zda se dají podojit a kdy. Dojnice jsou lákány na dávkované jadrné krmivo uvnitř dojicího boxu. Avšak pokud se dojnice nechtějí dát dobrovolně podojit, vážně tím zohrozí celý systém. Existují rozdíly mezi podniky s klasickou dojárnou a robotickým dojením. Lze říct, že chyby a nedostatky ve vedení stáda se projevují více při robotizovaném dojení než u jiných způsobů získávání mléka. Pro správný management stáda s dojícími roboty je důležité, aby chovatel velmi rychle, správně a operativně zareagoval na sebemenší podněty nebo symptomy nedostatečnosti. Např. kulhavá dojnice se dokáže dostat do dojírny, ale pro používání AMS je tato dojnice nevyhovující. Otázkou je i volba optimálního počtu dojících robotů pro daný chov, protože obvykle se uvádí 50-65 dojnic na jedno robotické rameno. Z dlouhodobého hlediska je nutné počítat s nárůstem užitkovosti stáda, čímž vznikne problém v průchodnosti dojicího stání. Prodlouží se čas dojení a sníží se počet obslužených dojnic za 24 hodin.

V současnosti je v každé moderní dojárně základní výbavou zařízení na identifikaci dojnic a dojicí soupravy řízené procesory, které zahajují stimulaci před dojením a automaticky ovládají pulzaci, monitorují a regulují průběh dojení, automaticky řídí dodojení, dokážou měřit množství nadojeného mléka, odebírají zkušební vzorky a kontrolují kvalitu mléka. Zařízení dokáže automaticky odebrat i dojicí soupravu, ovládat sanitační systém a získané údaje pak předávat řídicímu počítači (Hulsén 2011).

Robotizované dojení v současnosti znamená vyšší stupeň automatizace a také nový způsob optimalizace managementu stáda a celé mléčné farmy. Jednotliví výrobci dojících robotů neustále přicházejí s novinkami a vylepšeními technických parametrů. Hlavní rozdíly spočívají hlavně v odlišném způsobu organizace stáda, a to volný pohyb dojnic s dobrovolnou

návštěvou dojícího robota nebo řízený pohyb stáda s individuálním přístupem k jednoboxovým či víceboxovým robotům, kde jedno robotické rameno obsluhuje více dojících míst (Hulsen 2011; Gustafsoon 2017). Z výzkumu Halachmia et al. (2000) vyplynulo, že obsazenost boxových loží ve stájích s AMS byla 75 %, což by umožňovalo snížit počet boxových loží ve stáji, aniž by to nepříznivě ovlivnilo chování dojnic.

Většina nejnovějších robotů má stejnou úroveň podlah v dojících boxech s podlahou ve stáji, což zajišťuje bezpečný pohyb zvířat z boxu a ve stáji. Každá dojnice má na sobě elektronický identifikátor, který zajišťuje jednoznačnou identifikaci a shromáždění dat, která dané dojnici přísluší (Hulsen 2011).

Dojící robot zajišťuje pracovní operace a úkony: identifikaci dojnic, aktivaci systému vyhledávání struků pomocí kamery a laseru, které jsou umístěné na rameni, čištění struků, přípravu na dojení, oddojení prvních stříků, zkoušku kvality mléka z jednotlivých čtvrtí a vyšetření na mastitidu, měření aktivity s prognózou říje, nasazení dojícího stroje a vlastní dojení, dodojení, samovolné odnětí dojícího stroje, zpracování a přenos dat o čase rozdojování a samotného dojení do počítače, zjištění množství nadojeného mléka a rychlost dojení (Doležal & Staněk 2015).

V podlaze boxu může být zabudovaná váha, která sleduje hmotnost dojnice, určuje polohu jejího těžiště, což bývá důležitým údajem pro navádění robotického ramene. Robotické rameno je vybaveno pneumatickými písty, které zajišťují jeho 3D pohyb. Hlavní součásti robotického ramene jsou pulzátory, laserový zaměřovač s kamerou, systém mléčných a vzduchových hadic spojených se strukovým násadcem. Než začne dojení, dojde k očištění struků, které zajišťují čisticí kartáče a trysky. Kartáče i trysky zajišťují i prvotní stimulaci struků (Gálik et al. 2015).

Po dokončení čištění a stimulace struků dochází k zaměření struků pomocí detekčního systému (laser, kamera). Systém dokáže porovnat zapsané souřadnice s dalšími údaji za posledních osm dojení. Po nasazení strukových násadců se dojnici do 20 sekund spustí mléko. Mléko prochází přes průtokoměr do sběrné nádoby a následně do mléčných tanků. Pokud nedojde ke spuštění mléka, či dojnice skopne strukové násadce, zablokuje se vstup podtlaku do strukového násadce a robotické rameno ho opakovaně nasadí. Zablokováním podtlaku se zabrání průniku nečistot do mléka, např. výkalů z podlahy v boxu. Součástí dojícího systému je pulzátor, zajišťující dojení pro každou čtvrt' vemene samostatně. Pulzátor tak dokáže reagovat na okamžitý průtok mléka změnou pulzační frekvence, a to umožní rychlejší a dokonalejší vyprázdnění mléčné žlázy podle potřeby dojnice (Gálik et al. 2015).

Po ukončení dojení jsou strukové násadce odebrány a dojení je ukončeno dezinfekcí struků, kterou provádí trysky na robotickém rameni. První odstříky jsou odváděny do sběrného kanálu, tím se nedostanou do hlavního nádoje. Mléko v průběhu dojení protéká přes systém zajišťující sledování konduktivity objemového průtoku a barevného spektra mléka. Tento systém sleduje i minimální změny kvality mléka a zajišťuje následnou separaci nestandardního mléka. Čištění umožňuje centrální řídicí systém, který zajišťuje synchronizaci proplachování všech mléčných cest i mléčného tanku. Hlavní čištění celého systému probíhá 2 - 3x denně pomocí horké vody a dezinfekčních prostředků. Údaje z každého dojení jsou přenášeny do počítačové databáze a prostřednictvím programu jsou přístupné zootechnikovi i ošetřovatelům. Systém sleduje veškeré informace o dojnici, hmotnosti nádoje i o počtu návštěv. Systém také automaticky vyhodnotí kvalitu mléka i zdravotní stav dojnic a celého stáda (Gálik et al. 2015).

Podle Knížkové et al. (2011) jsou na základě poznatků z odborných článků upřednostňovány spíše vícemístné robotické dojící systémy před jednomístnými. Oba typy dojících systémů mají velmi podobné technické řešení a úroveň. Zastánci vícemístných AMS poukazují na vyšší průchodnost – výkonnost vícemístného robota, kdy poukazují na nižší pořizovací náklady pro zemědělský podnik oproti jednomístnému robotu. Důsledkem překonávání větších dopravních vzdáleností po nadojení ve vícemístných robotických zařízeních, se může změnit obsah volných mastných kyselin v mléce. Dochází ke štěpení mléčného tuku mikrobiologickou transformací a vzniklé volné mastné kyseliny následně negativně ovlivňují chuť a vůni mléka. Z praxe však vyplývá, že na území České republiky se využívají převážně jednomístné roboty.

### 3.3.4 Princip činnosti AMS

Činnost a funkčnost dojícího robota lze stručně popsat následujícím způsobem (Knížková et al. 2011; Gálik et al. 2015):

- otevření volného dojícího boxu,
- přemístění robotického ramene k prázdnému boxu a uchopení dojící soupravy,
- nástup dojnice do boxu, její identifikace a uzavření boxu,
- ověření v počítači, zda má být dojnice dojena nebo jestli nebyla v průběhu tří hodin dojena; pokud proběhlo dojení, box dojnici vypustí z dojícího boxu,
- dávkování jadrné směsi do krmného žlabu, pokud bude dojnice dojena,
- očištění vemene a struků,
- uchopení dojící soupravy a posun směrem k vemenu,
- určení přesné pozice struků pomocí laseru s kamerou,
- po řádném nasazení nastupuje fáze rozdojení,
- následné samotné dojení, kdy robot kontroluje průtok mléka z jednotlivých čtvrtí, jeho elektrickou vodivost a přizpůsobuje parametry průtoku mléka,
- mléko z každé čtvrtě je svedeno do společné odměrné nádoby,
- odebrání dojící soupravy robotem podle potřeb jednotlivých čtvrtí a uložení údajů o podojené dojnici do počítače,
- dezinfekce struků dojnice,
- otevření boxu a vypuštění dojnice do stáda,
- následné mytí a dezinfekce násadců a mlékovodné hadice,
- robot je připravený na další dojnici.

### 3.3.5 Efekty robotizovaného dojení

Celkovým efektem robotizovaného dojení je podstata dobrovolnosti a samozřejmosti, se kterou přicházejí dojnice do dojícího boxu. Pro správnou efektivnost je zásadní dodržování správného a kvalitního managementu a znalostí problematiky ošetřovateli. Pravidelná návštěvnost dojících robotů je také závislá na zdravotním stavu dojnice, především na zdraví paznehtů, perfektním ustájovacím prostředí, ale i na ochotě přijímat krmivo. Kvalita vedení

farmy plně souvisí s kvalitními znalostmi chovatele, které závisí na jeho schopnosti odhadovat rizika a choroby zvířat. Minimálním cílem podniků s robotizovaným dojením je to, aby dojnice navštívily robot alespoň 2x denně. Snahou chovatelů je, aby v důsledku málopočetných návštěv nedošlo k výraznému poklesu nádoje a tím se nezatížilo vemeno dojnice. Z mnoha zkušeností předních evropských farem vyplývá, že ideální počet návštěv robota je 2,5 až 2,7x za den (Doležal & Staněk 2015). Podle Gálíka et al. (2015) je optimální, aby dojnice navštívila box 2,5 – 3x denně. Existují i případy, kdy se vysoce užitkové dojnice na vrcholu laktace nechají podojit 3 – 4x za den. Naopak nízkoužitkové dojnice využijí návštěvu robota méně než 2x denně. Problémy nastávají často u prvotelek, kdy je nutná asistence ošetřovatele při navykání si na robotizované dojení. Většina robotů je naprogramovaná tak, že pokud přijde do dojicího boxu dojnice dříve, než má určeno, robot její službu odmítne a vypustí ji z dojicího boxu ven (Doležal & Staněk 2015).

Doležal & Staněk (2015) tvrdí, že robot může být obrovským a cenným zdrojem informací, které dokáže zkušený chovatel maximálně využít ve prospěch stáda. Například jde o počet návštěv za den, počet neúspěšných pokusů nasazení strukových násadců, počet odmítnutí dojnice, hlášení dojnic, sledování hmotnosti dojnic (celkový a aktuální pokles hmotnosti), sledování teploty mléka, kvality mléka, času a rychlosti dojení. Při automatickém dojícím systému se předpokládá volný, adlibitní pohyb dojnic. Každý vynucený pohyb s sebou přináší menší i větší provozní problémy. V takovém provozu je samozřejmostí, že se dojnice bez problému dostávají ke krmivu a vodě. Tento způsob pohybu je zapříčiněn procházením automatickým dojícím boxem, i když ne vždy je tento průchod spojen s vlastním dojením (dojnice pouze prochází skrz dojicí box). Část jaderného krmiva bývá dávkována v dojícím robotu, což slouží jako pozitivní stimulace pro příchod dojnice do dojicího boxu.

Veškeré vědecké i odborné práce, týkající se procesu dojení v AMS, se většinou soustředí na počet dojení, ejekci a kvalitu nadojeného mléka, hygienu vemene před nasazením dojicího systému, na organizaci řízení nástupu dojnic robota a na welfare dojnic, které jsou ustájeny ve stájích s AMS (Hogeveen et al. 2001; Gerglund et al. 2002; Fisher et al. 2002; Spolders et al. 2004; Munksgaard et al. 2005; Forsberg 2008; Berman 2005; Witaifi et al. 2018).

Další pohledy na robotizované dojení v chovech, jako je energetická náročnost robotizovaného dojení, přímý vliv technických faktorů, vliv mikroklimatických faktorů na organismus dojnice a proces dojení, není zatím ve větší míře vědecky zpracován (Knížková et al. 2011).

## 4 Metodika

Za účelem ověření stanovené hypotézy a splnění stanoveného cíle o vlivu mikroklimatických faktorů na vybrané ukazatele procesu dojení v AMS byla v provozních podmínkách farmy s AMS uskutečněna v období březen 2019 až únor 2020 sledování vlivu teploty vzduchu, relativní vlhkosti vzduchu a teplotně-vlhkostního indexu (THI) a také kalendářního měsíce na vybrané ukazatele robotizovaného procesu dojení.

### 4.1 Charakteristika podniku

Sledování se uskutečnilo na soukromé mléčné farmě. Farma Poláček je rodinná farma hospodařící v podhůří Orlických hor v malé vesnici Osečnice, která se nachází v nadmořské výšce 550 m n. m. (Obrázek 2). Pozemky farmy se rozkládají na 210 ha, z toho je 90 ha orné půdy, zbytek jsou louky a pastviny pro dojnice a jalovice. Všechny plodiny pěstované na orné půdě jsou určeny ke krmení zvířat farmy. Zhruba 30 ha je kukuřice na siláž, 40 ha obilí pro krmení a stelivovou slámu, zbytek jsou hrachojetelové směsky na siláž.



**Obrázek 2.** Letecký pohled na Farmu Poláček Osečnice

Zdroj: Mapy.cz, 2020

Louky jsou rozděleny do tří kategorií – pastviny v bezprostřední blízkosti stáje, louky mimo CHKO Orlické hory a horské louky v CHKO Orlické hory. Na farmě je maximálně využita možnost sezónní pastvy zvířat. Problematika pastvy byla vyřešena společně s modernizací stáje na robotickou, kdy byl postaven tzv. texaský přechod pro volný pohyb dojníc mezi stájí a pastvou přes místní komunikaci. Jedná se o systém trubek s mezerami, na které má zvíře obavu vstoupit. Vytvořená zábrana z trubek zamezuje opuštění přechodového prostoru přes komunikaci, takže dojnice překonají silnici pouze rovně po vyhrazené betonové ploše (Obrázek 3).

Pastviny jsou v těsné blízkosti stáje, kdy jedna je 50 m od stáje a druhá 38 m. Ideální vzdálenost od stáje je do 1 km (Obrázek 4 a 5). Pastva probíhá od dubna do října střídavě na dvou pastvinách o výměře 6,6 ha a 5,9 ha. Na pastvě není přítomna nádrž s vodou ani jiný zdroj vody, a to z důvodu stimulování ochoty k návratu dojníc do stáje za napojením. Pokud by byla na pastvě přítomna nádrž na vodu, dojnice by se nevracely do stáje a vznikaly by dlouhé intervaly mezi dojeními. Zastínění je na pastvě vyřešeno formou přírodních úkrytů pod stromy a keři. Vzhledem k malé vzdálenosti pastvin od stáje se mohou dojnice schovat při nepříznivém počasí i do prostorů stáje podle své potřeby. Pohyb dojníc je řízen pomocí elektronických branek, které pouští dojnice prostřednictvím informací z krčního respondéru na pastvu jednotlivě, a to podle nároku na podojení. Pokud dojnice splnila nárok, může jít na pastvu, pokud ne, musí se nechat podojit a teprve po podojení je na pastvu vpuštěna. Dojnice se do stáje vrací dobrovolně většinou za účelem napojení a nakrmení jádrem, které je podáváno pouze ve stáji, a to v dojicím boxu a v AKB (automatický krmný box).



**Obrázek 3.** Dojnice jdoucí přes přechod do stáje  
Zdroj: Autorka práce, 2020



**Obrázek 4.** Pohled na stáj z pastviny  
Zdroj: Autorka práce, 2020



**Obrázek 5.** Přílehlá pastvina poblíž stáje  
Zdroj: Autorka práce, 2020

Farma Poláček byla vždy zaměřena na produkci mléka. V restituovaných budovách byla původně technologie vazného ustájení (dvouřadá průjezdná stáj s tehdejším označením K96). Dojilo se na stání do skleněného potrubí svedeného do kruhových 500 litrových bazénů. K obsluze stáje bylo zapotřebí sedm lidí, kteří vykonávali funkce dojičů a krmičů.

Současná stáj pro dojnice byla zrekonstruována z bývalé OMD (odchovna mladého dobytka) na volnou stáj se stlanými boxovými loži pro dojnice a dále s koci s hlubokou podestýlkou pro mladý dobytek. V místě krmiště byla vystavěna roštová podlaha a kryté žlaby. Pro kvalitní cirkulaci vzduchu ve stáji slouží hřebenová větrací šterbina (Obrázek 6, 7 a 8).



**Obrázek 6.** Pohled na krmiště ve stáji  
Zdroj: Autorka práce, 2020



**Obrázek 7.** Stlaná boxová lože  
Zdroj: Autorka práce, 2020



**Obrázek 8.** Vnější pohled na stáj s umístěným dojícím robotem Zdroj: Autorka práce, 2020



Důsledkem přísnějších pravidel na kvalitu mléka ze strany mlékárny a z důvodu úspory pracovních sil a snížení pracnosti byla v roce 1994 vystavěna nová volná stáj s dojrnou pro 85 dojnic. Do nově vybudované budovy byla naistalována tandemová dojírna 2x3 stání s identifikací přes počítač od firmy Miele. Součástí technologie bylo i automatické dávkování krmné směsi přes AKB (automatický krmný box). Rekonstrukcí se dosáhlo významného zlepšení pohody u dojnic a vyšší užitkovosti. Nemalou výhodou byla i úspora pracovních sil.

V roce 2016 změnila Farma Poláček technologii dojení z tandemové dojírny 2x3 stání na systém VMS V300 dojícího robota DeLaval (Obrázek 9). S tím byla spojena i změna složení stáda, kdy došlo k vyřazení nevyhovujících dojnic a omlazení stáda. Nevyhovujícími dojnicemi se rozumí dojnice, které měly nevhodný tvar vemene, nebyly ochotné naučení se novému systému dojení nebo měly příliš nízkou mléčnou užitkovost. Zavedením systému VMS (voluntary milking system – dobrovolný dojící systém) došlo ke snížení počtu dojnic na 73 z důvodu maximální kapacity dojícího robota, která uvádí maximální počet 75 dojnic na jedno dojící zařízení.



**Obrázek 9.** Dojící robot DeLaval typ VMS V300

Zdroj: DeLaval.com, 2017

## **4.2 Charakteristika sledovaných zvířat**

### **4.2.1 Plemeno**

V roce 1992 převzala farma s budovami i 93kusé stádo dojnic s mladým dobyt看em plemene české strakaté (ČESTR) s různě procentním křížením plemene ayshire. V 90. letech se pro zlepšení užitkovosti používali býci plemene red holštýn. Z důvodu rekonstrukcí se na farmě našly prostory pro výkrm býků, a proto bylo nutné tomuto záměru přizpůsobit i výběr plemene. Ve spolupráci s firmou CRV byli vybráni býci plemene fleckvieh, kteří se na farmě používají dodnes. Plemeno velmi dobře snáší pobyt ve vyšších nadmořských výškách (nad 500 m n. m.), plně vyhovuje pastevnímu odchovu a splňuje chovatelský cíl mléčno-masné užitkovosti. Farma je charakteristická dlouhověkostí dojnic, kdy se po zkušenostech vyplácí udržovat stabilnější stádo s výkonnými dojnicemi. Některé dojnice byly velmi dobře vyhodnoceny na základě výsledků kontrol užitkovosti.

#### 4.2.2 Užitkovost

Mléčná užitkovost před zavedením nové technologie dosahovala 8 000 kg mléka za laktaci na jednu dojnici, kdy bylo dojeno 85 krav. Průměrný denní nádoj činil 17,6 litrů na dojnici a 1 500 litrů mléka byl denní nádoj na stádo. Po změně technologie na systém DeLaval VMS došlo i ke změnám v hodnotách mléčné užitkovosti. Roční užitkovost nyní dosahuje hodnoty přes 7 500 kg mléka s průměrným nádojem 24 litrů za den na dojnici. Tučnost se průměrně pohybuje kolem hodnoty 4,15 %, bílkoviny jsou průměrně 3,5 %. Počet somatických buněk dosahuje hodnot do 200 tisíc v 1 ml mléka, což odpovídá kvalitě standardního mléka. Celkový počet mikroorganismů je okolo 15 tisíc v 1 ml mléka, a to odpovídá kvalitativně mléku o jakosti Q.

#### 4.2.3 Ustájení a krmení

Veškerá zvířata chovaná v budovách farmy jsou ustájena volně, mají dostatek pohybu, což pozitivně působí na jejich zdravotní stav a přispívá k jejich pohodlí. Novorozená telata jsou hned po porodu převedena do VIB (venkovních individuálních boxů), kde jsou ustájena 7–9 dní. Zde jsou krmena nejprve mlezivem a poté mlékem vlastních matek. Po tomto období jsou přemístěna do skupinového stlaného kotce, kde jsou krmena MKS (mléčnou krmnou směsí), granulovaným startérem a senem. Krmení zajišťuje krmicí automat, zakoupený v roce 2015 od firmy DeLaval s označením CF1000. Přibližně v půl roce věku jsou telata rozdělena do skupin podle pohlaví a ustájena na hluboké podestýlce (Prýmas 2017).

Dojnice jsou ustájeny ve stáji, kde je umístěn dojicí robot. Stáj je zařízena pro chov dojnic, suchostojné krávy a vysokobřezí jalovice. Suchostojné krávy jsou na hluboké podestýlce, krmíště je na roštové podlaze. Dojnice většinu času tráví ve stlaných boxových ložích, kde odpočívají. Na krmíšti je využita technologie roštových podlah. Mezi boxy je hnojná ulička, která se denně vyhrnuje mechanizačním strojem.

Krmení probíhá pravidelně 2x denně pomocí krmného vozu, kdy je směsná krmná dávka (TMR) zakládána do žlabů. Farma zkrmuje kukuřičnou siláž, která tvoří základ krmné dávky, jetelo-luskovinnou senáž a jádro. Krmný vůz zajišťuje kvalitní směsnou krmnou dávku promícháním přidávaného jádra, což je spojeno s optimálním využitím pro produkci mléka. V letním období za využití selekčních branek mohou dojnice využívat pastvu, která je v těsné blízkosti stáje. Další jádro, tvořené granulovanou směsí, je dojnicím podáváno při vlastním dojení v dojicím boxu jako doplněk stravy pro zvýšení produkce, nicméně hlavním důvodem je motivace pro návštěvu dojicího boxu (robotu). Dávkování jádra je řízeno počítačem a je závislé na užitkovosti jednotlivých dojnic. Napájení ad libitum zajišťují čtyři napájecí žlaby s možností temperace vody v chladném období roku.

V areálu farmy se nachází pomocné objekty sloužící k chovu skotu, a to silážní jáma, budova pro uskladnění obilí, šrotu, MKS a minerálů, sklad steliva i sena a venkovní otevřené prostory pro uskladnění senáže. Na Farmě Poláček je využíván uzavřený obrat stáda. Veškerá odchovaná zvířata zůstávají na farmě, až na býky, kteří jsou po období výkrmu odvázeni na jatka TORO Hlavečník. Občasně jsou prodávány jalovice do zahraničí.

### 4.3 Charakteristika používaného AMS

Farma Poláček využívá dojící robot DeLaval VMS V300 (Obrázek 10 a 11), model z roku 2016 a systém řízeného pohybu dojnic Milk First. DeLaval VMS představuje komplexní řešení automatického dojení, které je vyvinuto tak, aby bylo pro krávy nejšetrnějším, nejhygieničtějším a nejefektivnějším způsobem dojení mléka. Toto spolehlivé řešení může z ekonomického pohledu zvýšit produktivitu na mléčné farmě.



**Obrázek 10.** Dojící robot DeLaval VMS V300 na Farmě Poláček Osečnice  
Zdroj: Autorka práce, 2020



**Obrázek 11.** Dojnice v čekárně před dojícím boxem      Zdroj: Autorka práce, 2020

Hydraulické robotické rameno odlišuje DeLaval VMS od ostatních systémů dojení. Jeho unikátní konstrukční řešení umožňuje podojit více krav, které mají problematictější tvar a velikost vemene. Jeho rychlé, přesto jemné rameno, je dostatečně pružné, aby mohlo nasazovat strukové násadce na struky až pod úhlem 45° od svislé osy. Na rameni je umístěna optická kamera s dvěma lasery, které určují přesnou polohu a umístění jednotlivých struků. Prostřednictvím systému Auto-Teach nachází rameno při další návštěvě dojnice dojícího boxu struky automaticky. DeLaval VMS je charakteristický možností manuálního nasazení strukových násadců, což je největší konkurenční výhodou oproti jiným výrobcům dojících robotů. Pokud dojnice skopne jakýkoli strukový násadec, rameno ho okamžitě nasadí zpět na struk (DeLaval 2020).

Pro systém DeLaval VMS je charakteristický speciální strukový násadec, který zajišťuje přípravu struku před dojením. Jednotlivé struky jsou tímto násadcem očištěny a osušeny. Odstraňují ulpívající špínu a výkaly ze struků a částečně i z vemene. Zároveň je proveden odstřík a kontrola mléka. Všechny násadce jsou mezi jednotlivými dojeními propláchnuty vodou a dezinfekčním přípravkem, čímž je zamezena kontaminace vemene další dojnice. Strukový násadec je před opětovným nasazením, případně po skopnutí, propláchnut. Každá dojnice pro zajištění optimálního dojení vyžaduje jiné nastavení robota. Olejová vývěva s přímým pohonem a regulací otáček dle aktuální potřeby podtlaku se vzduchovým kompresorem Atlas Copco vytváří pulzy. Pulzátory umožňují nastavit podtlak a hodnoty pulzace pro každou čtvrt' vemene zvlášť. Pomocí dynamické pulzace je dojení upravené na míru pro každou dojnici.

Měření kvality mléka je zabezpečeno systémem ICAR, které měří základní parametry mléka: vodivost pro každou čtvrt', barevné odchylky, detekci krve, dobu dojení, teplotu mléka, tuk a bílkoviny. Všechny informace jsou po dokončení dojení dostupné v manažerském programu Dell Pro VMS software. Dell Pro software v sobě zahrnuje systém řízení stáda s případnou selekcí dojnic do separace a možnost řízení reprodukce pomocí měření pohybové aktivity každé dojnice.

Součástí DeLaval VMS je posuvný nerezový krmný žlab na jadrné krmivo, sloužící jako doplněk stravy i motivace k dojení v boxu. Dojnice je ohrazena zezadu pomocí podocasového nerezového žlabu, který zachytává výkaly a moč do sběrného kanálu, takže nedochází ke znečištění vemene ani ramene se strukovými násadci. Oba žlaby se pohybují podle prvotního manuálního nastavení pro každou dojnici zvlášť. Box má otevřený design, který nabízí snadný přístup dojnic. Bezpečnost a pohodlí dojnic, které stojí na protiskluzové pryžové matraci, jsou zabezpečeny pevnými zábranami (DeLaval 2020).

Mléko je odváděno dezinfikovaným plastovým potrubím přes různé filtry do chladících tanků od firmy Pacov. Tanky jsou po každém odvozu mléka mlékárnou vyčištěny a vydezinfikovány. Mléko je za stálého pomalého míchání chlazeno na 4 °C.

Všechny údaje je možné sledovat tzv. vzdáleným přístupem přímo z domu farmáře, případně na mobilním telefonu přes systémovou aplikaci Dell Pro.

### 4.3.1 Pohyb dojnic ve stáji s použitím VMS

Firma DeLaval i Farma Poláček patří k zastáncům řízeného pohybu dojnic ve stáji. K tomuto účelu je využíván systém jednosměrných branek a selekčních elektronických branek, které jsou propojené přes software s dojčím robotem.

Pokud chce jít dojnice na krmiště, musí projít přes selekční branku, která prostřednictvím informací z respondéru určí směr do čekárny nebo na krmiště, a to podle nároku na dojení. Když nemá dojnice nárok na dojení, branka ji nasměruje rovnou na krmiště. Z krmiště se poté vrací jednosměrnou brankou do klidové zóny s boxovými loži. V případě nároku na dojení nasměruje branka dojnici do čekárny před dojčí box. Problémové dojnice (příznaky mastitidy, neúplná dojení, chybné nasazení násadců, opakované skopávání, říje) jsou po dojení odkloněny do separace. K možnosti pohybu dojnic na pastvu farma používá selekční pastevní branku, která reaguje na informace z krčního respondéru každé dojnice. Má-li dojnice nárok na podojení, branka ji nevypustí na pastvu a musí se jít nejdříve nechat podojit robotem.

Jednotlivá nastavení selekčních branek si může chovatel seřizovat podle potřeby, například intervaly mezi jednotlivými dojeními, přístup na pastvu a odklon do separace.

## 4.4 Sledované ukazatele

V rámci experimentu byly sledovány mikroklimatické parametry a vybrané ukazatele robotizovaného dojení:

Vybrané mikroklimatické parametry:

- teplota vzduchu (TV) [°C]
- relativní vlhkost vzduchu (RV) [%]
- teplotně-vlhkostní index (THI)

Hodnoty teploty vzduchu a relativní vlhkost vzduchu byly zaznamenávány registračními přístroji Datalogger R3120, vyrobenými firmou COMET. Tyto přístroje byly umístěny ve stáji pro dojnice a ve venkovních podmínkách, a to ve výšce 200 cm nad zemí bez možnosti přímého slunečního záření. Výška byla zvolena s ohledem na provoz stáje a bezpečnost pracovníků a zvířat. Bylo vybráno celkem šest měřících míst, z toho pět ve stájových prostorách a jedno v podmínkách venkovních. Rozmístění záznamových zařízení znázorňuje obrázek 12.

Hodnoty teploty vzduchu i relativní vlhkost vzduchu byly zaznamenávány v hodinových intervalech. Z naměřených hodnot byla vypočtená průměrná denní teplota vzduchu a průměrná denní relativní vlhkost vzduchu, a to tzv. metodou „mannheimské hodiny“ (vzorec pro výpočet průměrné denní teploty je  $(T(7) + T(14) + 2T(21))/4$ ). Tento postup byl odvozen empiricky – porovnáním údajů z kontinuálního grafického záznamu na termografu se zjistilo, že tento vzorec v našich klimatických podmínkách nejlépe odpovídá naměřeným hodnotám. Jedná se tedy o postup, který byl odvozen ze skutečně pozorovaných hodnot (<http://portal.chmi.cz/>).

THI byl vypočítaný na základě vzorce (1). Rozdělení zón podle vypočteného THI je následující:

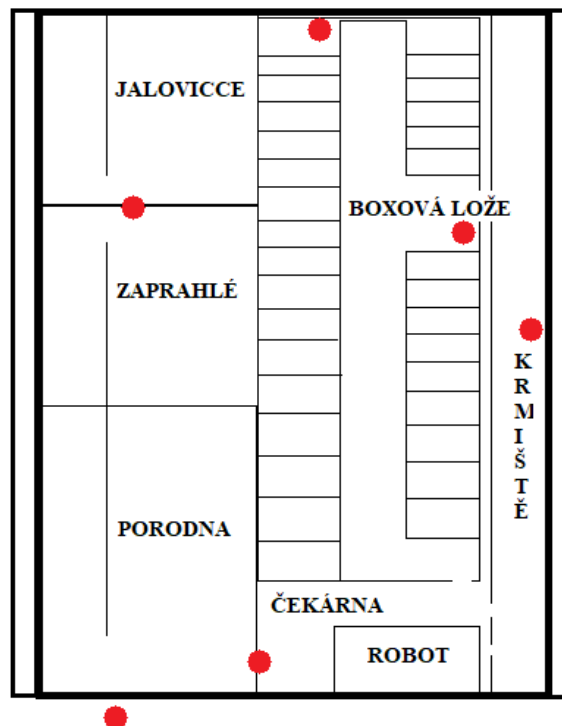
- 64 - 67: bezstresová zóna (BS)
- 68 – 71: zóna velmi mírného stresu (VMS)
- 72 – 79: zóna mírného stresu (MS)
- 80 – 89: zóna silného stresu (S)
- 90 – 98: zóna extrémně silného stresu (ESS)
- 99 – 104: smrtící zóna (SZ).

Jako další parametr pro hodnocení byl zvolen:

- kalendářní měsíce roku (leden /1/ až prosinec /12/)

Za ukazatele robotizovaného dojení byly vybrány:

- denní nádoj na jednu dojnici [l]
- frekvence (čestnost) dojení
- čas dojení na jednu dojnici [min]



**Obrázek 12.** Rozmístění přístrojů na Farmě Poláček Osečnice  
Zdroj: Vlastní zpracování, 2020

Získaná data byla vyhodnocena následovně:

- průměrný nádoj na jednu dojnici a den v závislosti na měsíc v roku, teplotě vzduchu, relativní vlhkosti vzduchu, THI a kalendářním měsícem v roku
- průměrný počet dojení na dojnici a den v závislosti na teplotě vzduchu, relativní vlhkosti vzduchu, THI a kalendářním měsícem roku
- průměrný čas dojení na jednu dojnici v závislosti na teplotě vzduchu, relativní vlhkosti vzduchu, THI a kalendářním měsícem roku

## 4.5 Statistické zpracování dat

Získané údaje z mléčné farmy byly prvotně zpracované v programu Microsoft Office Excel (verze 2010). Vybraná data byla podrobena statistické analýze pomocí statistického programu Statistica komplet CZ, verze 12 (StatSoft, USA). Získaná a vypočítaná data byla zpracována pomocí základní popisné statistiky výběrového souboru. V daném případě to byl aritmetický průměr a rozptyl dat směrodatné odchylky (se zápisem  $\pm$ ), včetně grafického zpracování. Následně byla zjišťována příčina variability v datech pomocí jednofaktorové analýzy ANOVA a potom byly pomocí POST-HOC testu analyzovány statisticky průkazné odlišnosti při zvolené hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  ( $p < 0,05$ ). Z POST-HOC testů byl konkrétně použit Tukeyho test.

## 5 Výsledky

V následující podkapitolách 5.1 až 5.4 jsou uvedeny výsledky diplomové práce, která se týkala vlivu mikroklimatických ukazatelů – teploty vzduchu, relativní vlhkosti vzduchu, teplotně-vlhkostního indexu na vybrané parametry dojení v AMS, a to konkrétně na denní nádoj na jednu dojnici, frekvenci dojení a čas dojení na jednu dojnici. Jako doplňující ukazatel byl zvolen i vliv kalendářního měsíce na vybrané parametry AMS.

### 5.1 Teplota vzduchu a relativní vlhkost vzduchu

V následujících tabulkách 1 a 2 jsou uvedeny průměrné hodnoty teplot vzduchu a relativní vlhkosti ve stáji a ve venkovních podmínkách v jednotlivých měsících roku.

**Tabulka 1. Průměrná teplota vzduchu ve stáji (interní) a ve venkovním prostředí (externí) během roku.**

Měsíc roku	TV interní [°C]	TV externí [°C]
1	7,8 ± 1,3	-1,9 ± 2,6
2	8,5 ± 1,8	1,0 ± 3,2
3	10,4 ± 2,4	3,0 ± 2,7
4	13,1 ± 3,0	7,9 ± 4,2
5	13,3 ± 3,9	8,9 ± 3,9
6	22,5 ± 2,1	18,7 ± 2,8
7	20,5 ± 2,9	16,3 ± 3,9
8	20,8 ± 2,1	16,7 ± 2,4
9	16,1 ± 2,3	10,7 ± 3,2
10	13,6 ± 3,5	8,1 ± 4,6
11	10,7 ± 2,3	5,1 ± 3,1
12	8,3 ± 2,1	0,3 ± 3,4

Z tabulky 1 jsou patrné změny teplot v průběhu roku ve venkovním i stájovém prostředí. Nejnižší průměrná hodnota teploty vzduchu ve stáji (interní) byla zjištěna v 1. měsíci (leden), a to  $7,8 \pm 1,3$  °C. Průměrná teplota vzduchu ve venkovním prostředí (externí) dosahovala nejnižší hodnoty také v 1. měsíci, a to  $-1,9 \pm 2,6$  °C. Naopak nejvyšší průměrná hodnota teploty vzduchu interní byla naměřena v 6. měsíci (červen)  $22,5 \pm 2,1$  °C a externí nejvyšší průměrná teplota vzduchu dosahovala  $18,7 \pm 2,8$  °C taktéž v 6. měsíci (červen).

Rozdíl mezi nejnižší a nejvyšší interní průměrnou hodnotou teploty vzduchu ve stáji činil  $14,7$  °C a rozdíl mezi nejnižší a nejvyšší průměrnou hodnotou externí teploty vzduchu činil  $20,6$  °C. Mezi vnitřní a vnější teplotou vzduchu byly nalezeny nejvyšší rozdíly ve 12., 1., 2. a 3. měsíci roku (od  $9,7$  do  $7,4$  °C), což bylo souhrnně v zimních měsících roku, kdy se teplota vzduchu ve stáji udržovala na vyšších hodnotách oproti venkovním podmínkám. Naopak nejmenší rozdíl byl zjištěn v 6. měsíci ( $3,8$  °C).



Tabulka 2 uvádí hodnoty průměrné relativní vlhkosti vzduchu ve stáji a ve venkovním prostředí během roku.

**Tabulka 2. Průměrná relativní vlhkost vzduchu ve stáji (interní) a ve venkovním prostředí (externí) během roku.**

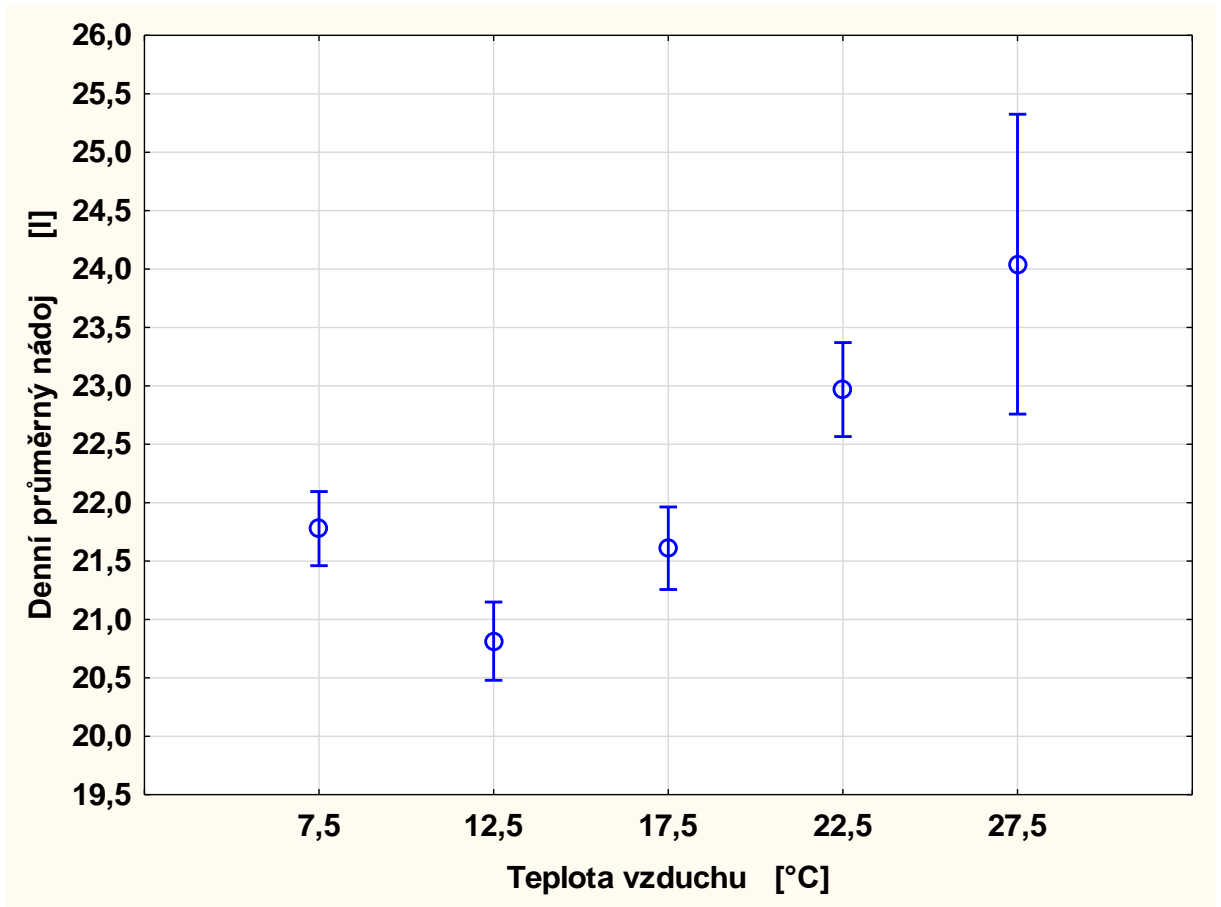
Měsíc roku	RV interní [%]	RV externí [%]
<b>1</b>	<b>83,2 ± 3,2</b>	<b>92,4 ± 7,6</b>
<b>2</b>	<b>83,4 ± 2,9</b>	<b>91,1 ± 5,7</b>
<b>3</b>	<b>71,2 ± 5,4</b>	<b>81,6 ± 7,3</b>
<b>4</b>	<b>59,3 ± 10,4</b>	<b>63,1 ± 15,8</b>
<b>5</b>	<b>70,4 ± 7,9</b>	<b>76,7 ± 11,3</b>
<b>6</b>	<b>66,9 ± 8,5</b>	<b>69,7 ± 10,0</b>
<b>7</b>	<b>64,2 ± 11,2</b>	<b>70,8 ± 12,7</b>
<b>8</b>	<b>72,6 ± 6,1</b>	<b>81,0 ± 7,2</b>
<b>9</b>	<b>72,8 ± 7,7</b>	<b>85,1 ± 9,0</b>
<b>10</b>	<b>75,6 ± 6,2</b>	<b>85,6 ± 8,5</b>
<b>11</b>	<b>83,1 ± 3,7</b>	<b>89,4 ± 7,0</b>
<b>12</b>	<b>82,5 ± 3,0</b>	<b>89,8 ± 7,8</b>

Z tabulky jsou zřejmé změny relativní vlhkosti vzduchu mezi jednotlivými měsíci roku. Nejnižší průměrná hodnota relativní vlhkosti vzduchu ve stáji (interní) byla zjištěna ve 4. měsíci (duben), a to  $59,3 \pm 10,4$  %. Ve venkovním prostředí (externí) dosahovala nejnižší průměrná hodnota relativní vlhkosti vzduchu  $63,1 \pm 15,8$  % také ve 4. měsíci (duben). Naopak interní nejvyšší průměrné hodnoty relativní vlhkosti vzduchu jak interní, tak externí bylo dosaženo v 1. měsíci, a to  $83,2 \pm 3,2$  %, resp.  $92,4 \pm 7,6$  %. Obecně se v zimních měsících udržovaly hodnoty relativní vlhkosti na vyšší úrovni.

Rozdíl mezi nejnižší a nejvyšší průměrnou hodnotou relativní vlhkosti vzduchu ve stáji byl 23,9 %. Mezi nejnižší a nejvyšší průměrnou hodnotou relativní vlhkosti vzduchu ve venkovním prostředí činil rozdíl 29,3 %. Mezi vnitřní a vnější relativní vlhkostí vzduchu byly nalezeny nejvyšší rozdíly v 9. a 10. měsíci (12,3 % a 10 %) a dále v 1. a 3. měsíci (9,2 % a 10,4 %).

## 5.2 Vliv vybraných faktorů na denní nádoj mléka

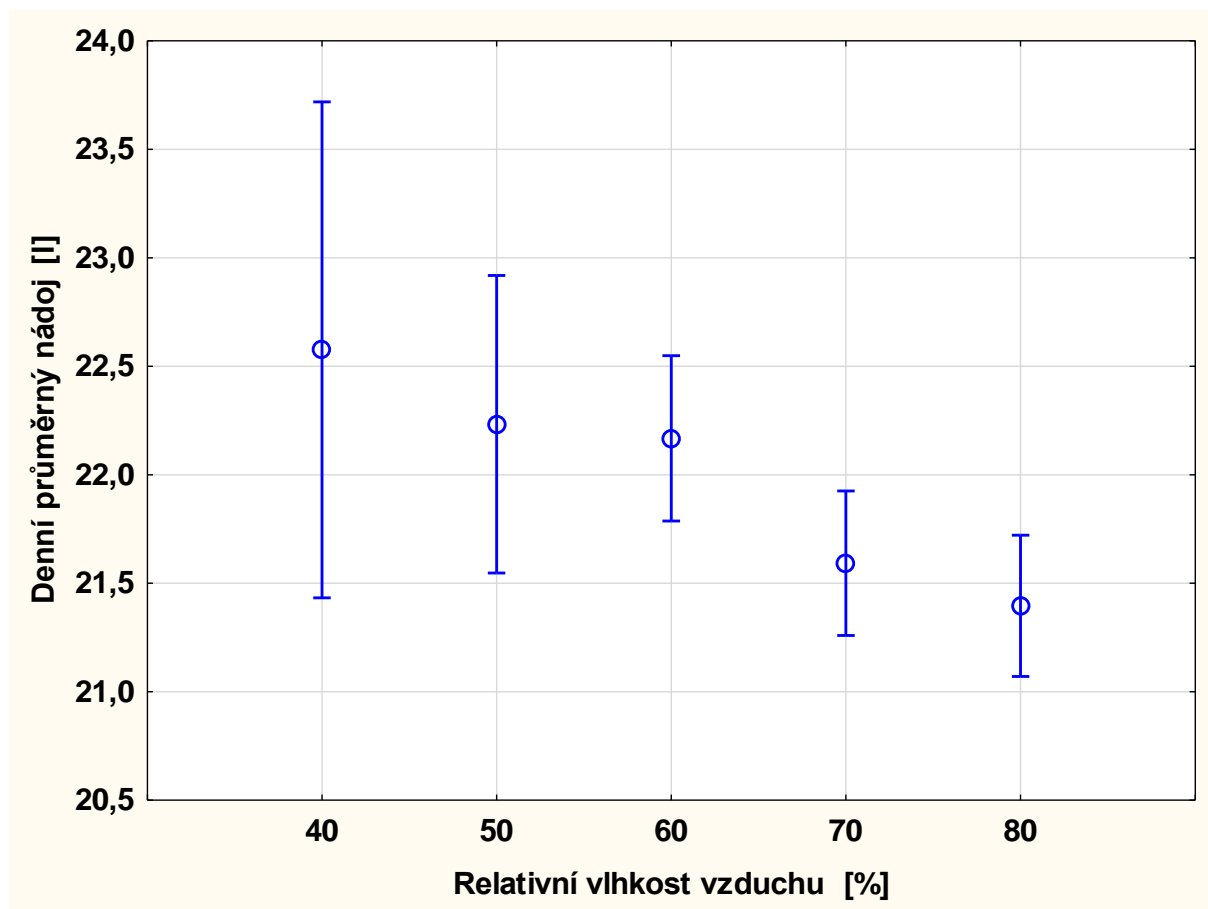
Graf 1 znázorňuje vliv teploty vzduchu na denní nádoj mléka.



**Graf 1. Průměrný denní nádoj na jednu dojnici v závislosti na teplotě vzduchu.**

Z grafu 1 je patrný nárůst průměrného denního nádoje na jednu dojnici v rozmezí teplotních hodnot od 12,5 °C do 27,5 °C, přičemž při teplotě vzduchu 27,5 °C byl zjištěn nejvyšší průměrný denní nádoj na dojnici, a to  $24,04 \pm 2,03 \text{ l.den}^{-1}$ . Naopak při teplotě vzduchu 12,5 °C byl zaznamenán nejnižší nádoj na dojnici a den ( $20,81 \pm 1,50 \text{ l.den}^{-1}$ ). Rozdíl mezi zjištěným nejvyšším průměrným denním nádojem a nejnižším průměrným denním nádojem činil  $3,23 \text{ l.den}^{-1}$ . Tento rozdíl byl statisticky významný ( $p < 0,05$ ). Ke statistickým významným nárůstům v užitkovosti docházelo i mezi teplotami 12,5 °C a 17,5 °C (o  $0,80 \text{ l.den}^{-1}$ ) a mezi 17,5 °C a 22,5 °C (o  $1,34 \text{ l.den}^{-1}$ ). Statisticky významný ( $p < 0,05$ ) pokles v denním nádoji byl zjištěn mezi teplotami 7,5 °C a 12,5 °C, hodnota činila  $0,96 \text{ l.den}^{-1}$ .

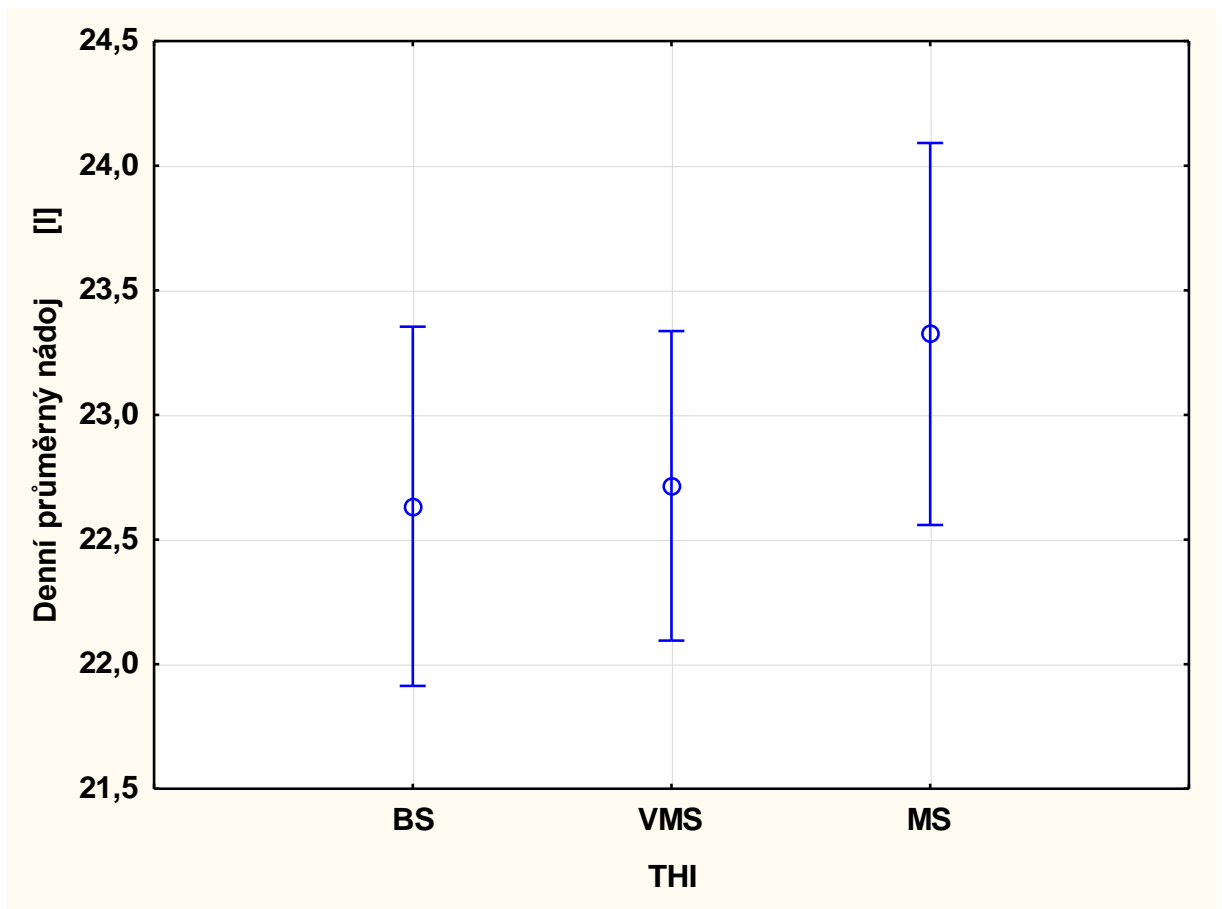
V následujícím grafu 2 je znázorněn průměrný denní nádoj na jednu dojnici v závislosti na relativní vlhkosti vzduchu.



**Graf 2. Průměrný denní nádoj na jednu dojnici v závislosti na relativní vlhkosti vzduchu.**

Z grafu je zřejmé, že denní nádoj na jednu dojnici klesal od relativní vlhkosti vzduchu 40 % do 80 %, kdy při 40 % dosahoval nádoj nejvyšší průměrné hodnoty, a to  $22,58 \pm 1,50$  l.den<sup>-1</sup>. Od 60% relativní vlhkosti vzduchu došlo k intenzivnějšímu poklesu užitkovosti a nejnižší hodnota denního nádoje byla zjištěna při relativní vlhkosti vzduchu 80 %, a to  $21,40 \pm 1,61$  l.den<sup>-1</sup>. Mezi nejnižším a nejvyšším průměrným denním nádojem na jednu dojnici nebyl však zjištěný statisticky významný rozdíl. Jediný statisticky významný rozdíl ( $p < 0,05$ ) byl zjištěn mezi 60 % a 80 %, který činil  $0,77$  l.den<sup>-1</sup>.

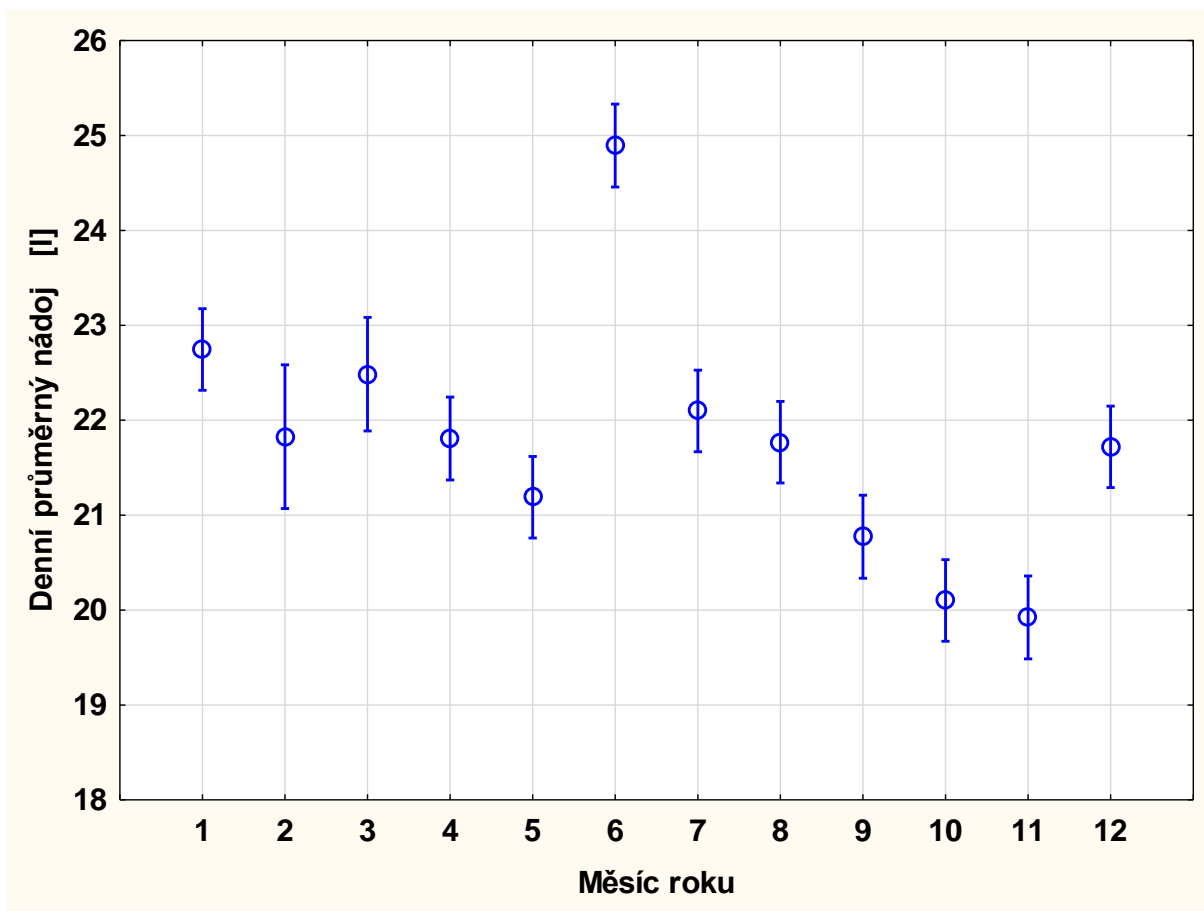
Graf 3 uvádí výsledky vlivu THI na denní nádoj mléka.



**Graf 3. Průměrný denní nádoj na jednu dojnici v závislosti na THI.**

Denní nádoj se zvyšoval se vzrůstem THI. V bezstresové zóně (BS) byl zjištěný denní nádoj  $22,63 \pm 1,62 \text{ l.den}^{-1}$ , v zóně velmi mírného stresu (VMS) byla hodnota průměrného denního nádoje  $22,72 \pm 1,72 \text{ l.den}^{-1}$  a v zóně mírného stresu (MS)  $23,33 \pm 2,24 \text{ l.den}^{-1}$ . Mezi nejnižší a nejvyšší naměřenou hodnotou byl rozdíl  $0,69 \text{ l.den}^{-1}$ , avšak u žádné skupiny hodnot nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl.

Graf 4 znázorňuje vliv kalendářního měsíce roku na denní nádoj mléka.

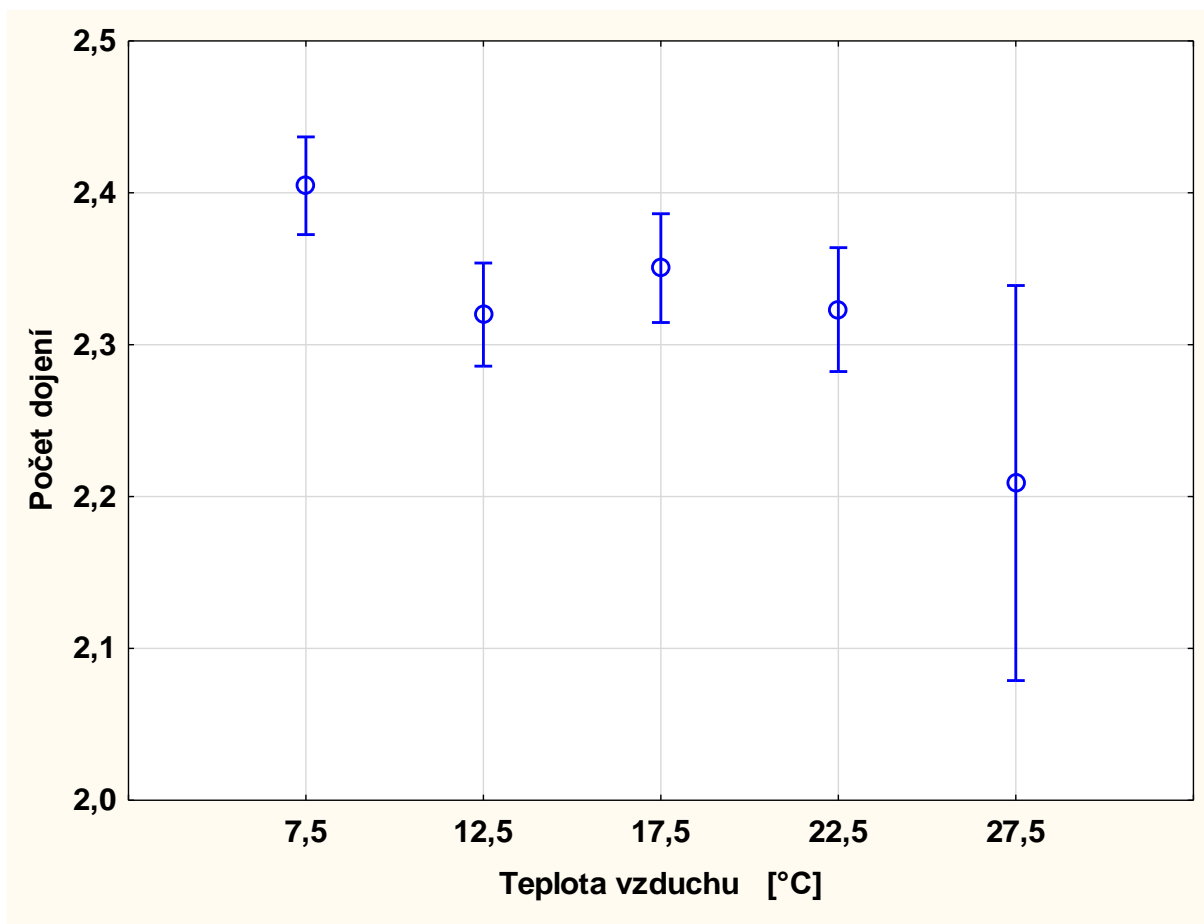


**Graf 4. Průměrný denní nádoj na jednu dojnici v závislosti na měsíci roku.**

Z grafu 4 jsou patrné změny v průměrném denním nádoji na jednu dojnici v závislosti na měsíci roku. V měsíci červnu (6) bylo na farmě dosaženo nejvyšší hodnoty denního nádoje na dojnici, a to  $24,89 \pm 0,87$  l.den<sup>-1</sup>. Od června (6) do listopadu (11) denní nádoj klesal až k nejnižší průměrné hodnotě  $19,92 \pm 0,99$  l.den<sup>-1</sup>, které bylo dosaženo v měsíci listopadu (11). Od prosince (12) do května (5) vykazovala užitkovost střídavé poklesy a vzrůsty hodnoty, přičemž v jarním období roku byla zjištěna nejnižší hodnota užitkovosti v květnu (5) ( $21,19 \pm 1,82$  l.den<sup>-1</sup>). Největší pokles denního nádoje byl zaznamenán mezi červnem (6) a červencem (7), tento pokles činil  $2,79$  l.den<sup>-1</sup> ( $p < 0,05$ ). Naopak zvýšení denního nádoje bylo nejvyšší mezi 5. a 6. měsícem (květen a červen), rozdíl dosahoval hodnoty  $3,70$  l.den<sup>-1</sup> ( $p < 0,05$ ), dále pak mezi 11. a 12. měsícem (listopad a prosinec), kdy rozdíl činil  $1,80$  l.den<sup>-1</sup> ( $p < 0,05$ ).

### 5.3 Vliv vybraných faktorů na počet dojení

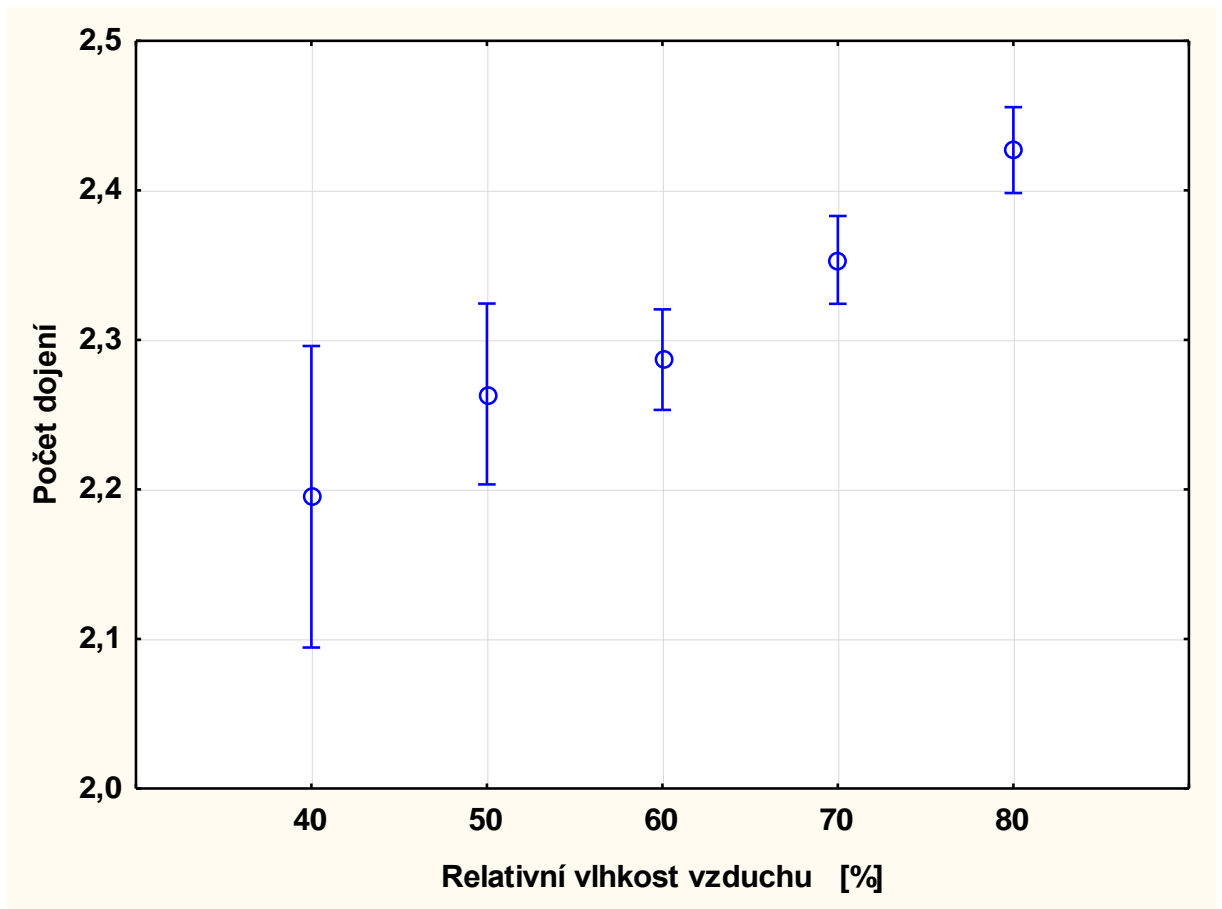
Graf 5 uvádí výsledky vlivu teploty vzduchu na počet dojení v AMS.



**Graf 5. Průměrný počet dojení na jednu dojnici v závislosti na teplotě vzduchu.**

Z grafu 5 je patrný pokles počtu dojení v závislosti na teplotě vzduchu. Nejvyšší frekvence dojení na dojnici byla dosažena při teplotě 7,5 °C ( $2,41 \pm 0,18$  dojení.den<sup>-1</sup>). Následně došlo při teplotě vzduchu 12,5 °C k poklesu počtu dojení na  $2,32 \pm 0,14$  dojení.den<sup>-1</sup>. Další významný pokles počtu dojení nastal mezi teplotami 22,5 °C a 27,5 °C, kdy rozdíl činil 0,11 dojení.den<sup>-1</sup>, avšak tento byl statisticky nevýznamný. Nejnižší hodnota průměrného počtu dojení na dojnici ( $2,21 \pm 0,01$  dojení.den<sup>-1</sup>) byla zaznamenána při teplotě vzduchu 27,5 °C. Rozdíl mezi nejnižším a nejvyšším průměrným počtem dojení na dojnici, který byl statisticky významný ( $p < 0,05$ ), činil 0,24 dojení.den<sup>-1</sup>.

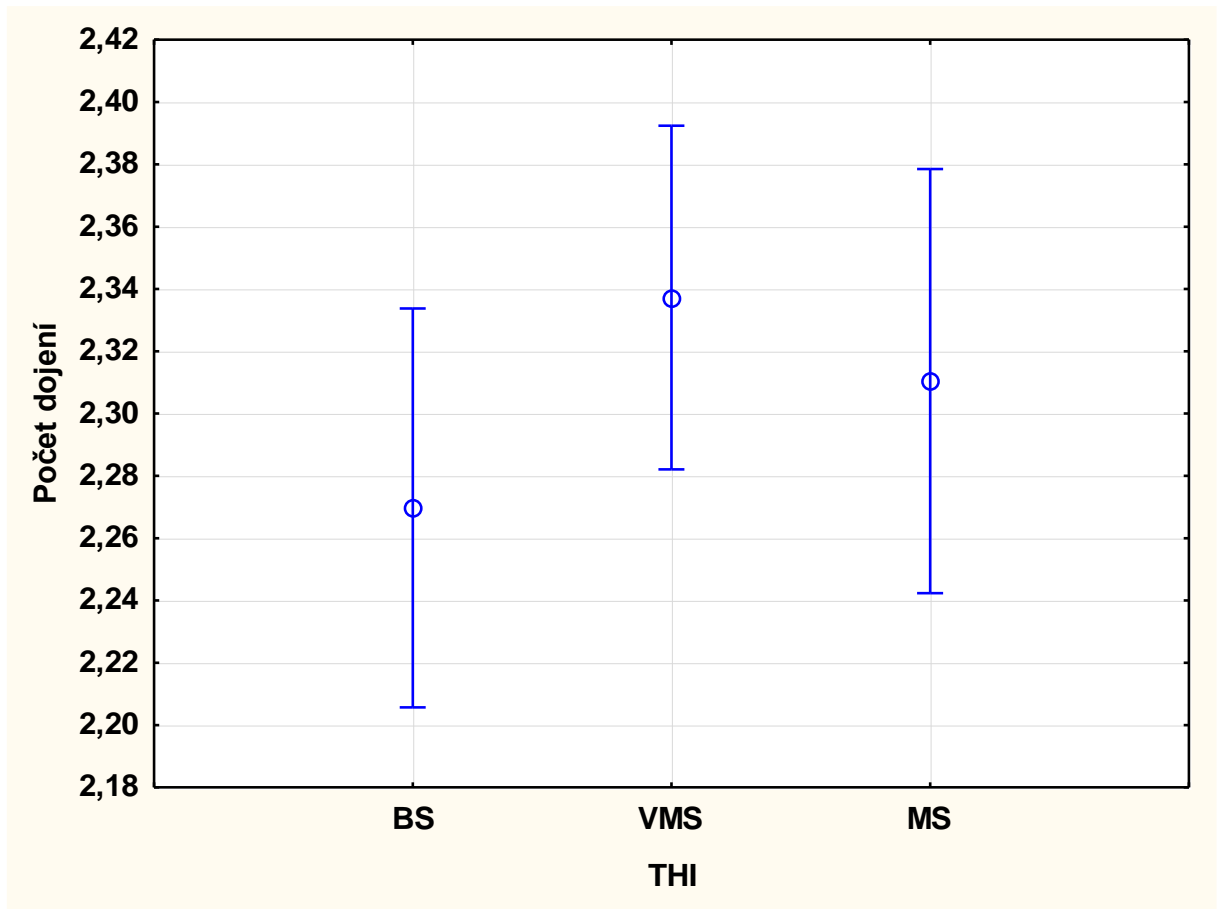
V následujícím grafu 6 jsou uvedeny hodnoty průměrného počtu dojení v závislosti na relativní vlhkosti vzduchu.



**Graf 6. Průměrný počet dojení na jednu dojnici v závislosti na relativní vlhkosti vzduchu.**

Bylo zjištěno, že se stoupající relativní vlhkostí stoupl i průměrný počet dojení na jednu dojnici. Při 40% relativní vlhkosti byla zjištěna nejnižší hodnota frekvence dojení ( $2,20 \pm 0,09$  dojení.den<sup>-1</sup>), nejvyšší počet dojení ( $2,43 \pm 0,16$  dojení.den<sup>-1</sup>) byl zaznamenán při 80% relativní vlhkosti vzduchu. Mezi nejvyšší a nejnižší hodnotou průměrného počtu dojení na jednu dojnici byl zjištěn statisticky významný rozdíl ( $p < 0,05$ ) s hodnotou  $0,23$  dojení.den<sup>-1</sup>.

Graf 7 dokumentuje vliv THI na počet dojení v AMS.

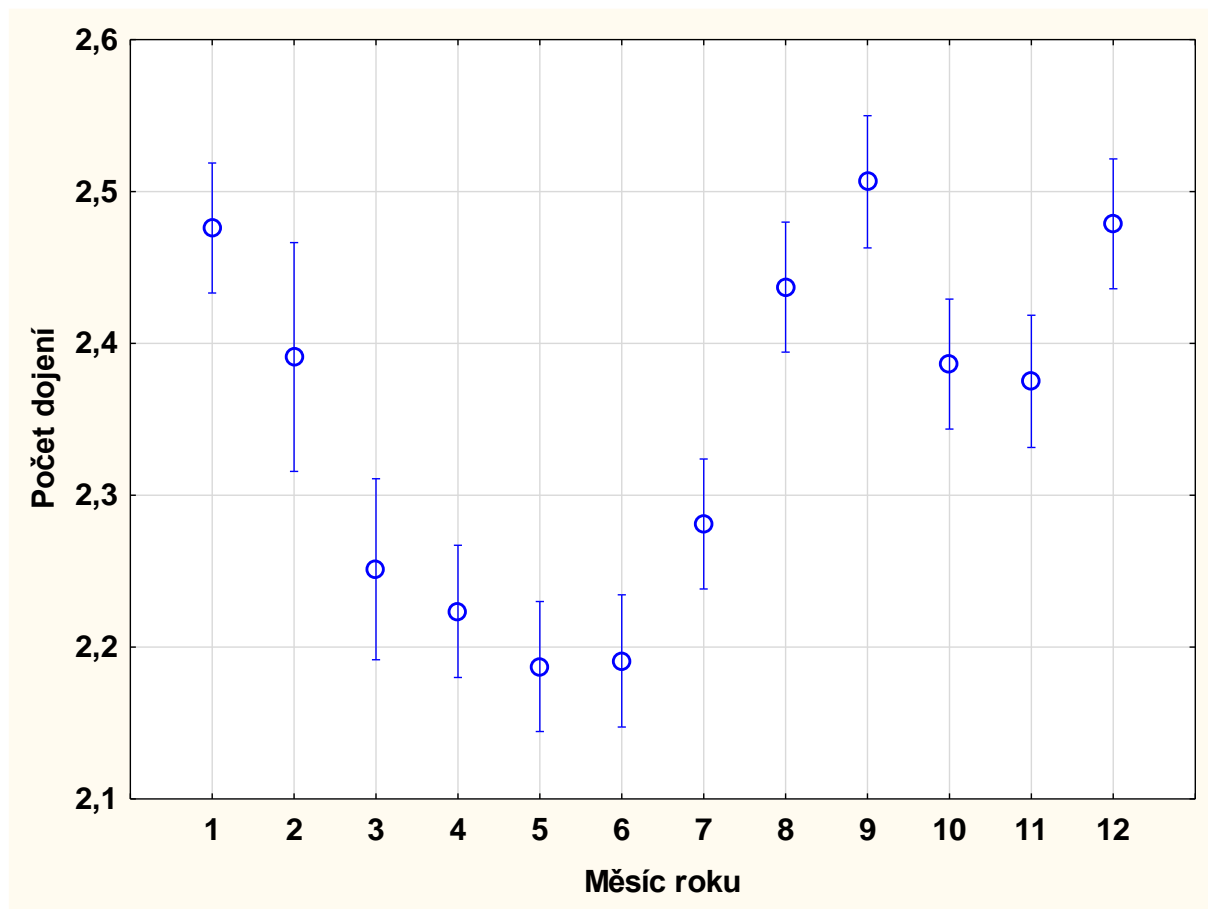


**Graf 7. Průměrný počet dojení na jednu dojnici v závislosti na THI.**

Z grafu 7 jsou patrné změny průměrného počtu dojení na dojnici v závislosti na THI. V bezstresové zóně (BS) byl zjištěn nejnižší průměrný počet dojení  $2,27 \pm 0,16$  dojení.den<sup>-1</sup>, v zóně velmi mírného stresu (VMS) byla hodnota nejvyšší ( $2,34 \pm 0,18$  dojení.den<sup>-1</sup>) a v zóně mírného stresu (MS) byl průměrný počet dojení na dojnici a den  $2,31 \pm 0,14$ . Mezi všemi třemi hodnotami zón stresu nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl.



V grafu 8 jsou znázorněny změny hodnot průměrného počtu dojení na dojnici v závislosti na měsíci roku.

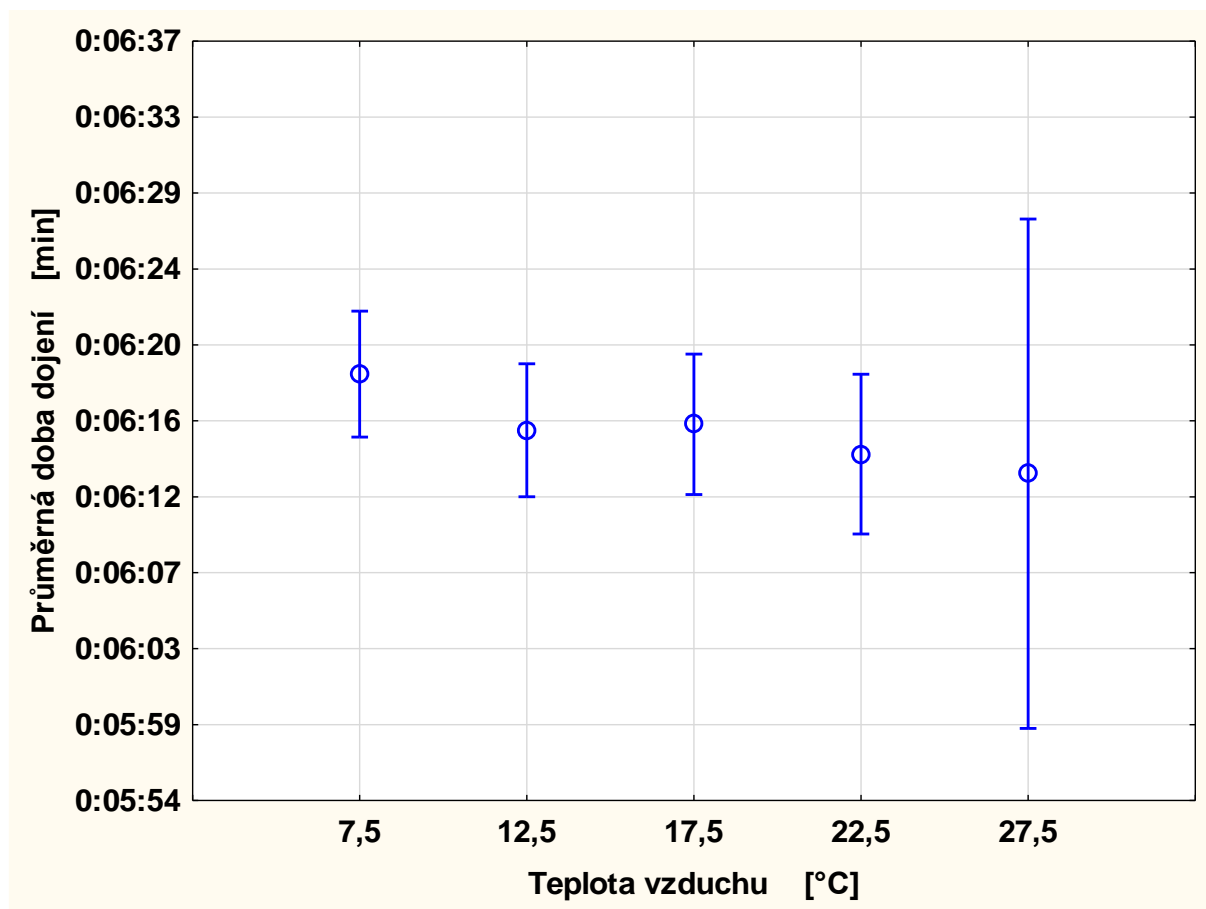


**Graf 8. Průměrný počet dojení na jednu dojnici v závislosti na měsíci roku.**

Z grafu vyplývá, že počet dojení klesal od měsíce ledna (1) do května (5), kdy v květnu dosahoval počet dojení nejnižší průměrné hodnoty, a to  $2,19 \pm 0,10$  dojení.den<sup>-1</sup>. Od 5. měsíce (května) docházelo ke zvyšování počtu dojení a nejvyšší hodnota za všechny měsíce byla dosažena v 9. měsíci (září), frekvence dojení byla  $2,51 \pm 0,12$  dojení.den<sup>-1</sup>. Mezi nejnižším a nejvyšším průměrným počtem dojení byl zjištěn statisticky významný rozdíl ( $p < 0,05$ ), který činil  $0,32$  dojení.den<sup>-1</sup>. Největší pokles v počtu dojení byl zaznamenán mezi 2. a 3. měsícem (únor-březen), tento pokles byl  $0,14$  dojení.den<sup>-1</sup>, avšak nebyl statisticky významný. Další výraznější pokles byl mezi 9. a 10. měsícem (září-říjen) s hodnotou  $0,12$  dojení.den<sup>-1</sup>, který byl zjištěn jako statisticky významný ( $p < 0,05$ ). Naopak ke zvýšení počtu dojení došlo mezi 7. a 8. měsícem (červenec-srpen), rozdíl činil  $0,16$  dojení.den<sup>-1</sup>, dále pak mezi 11. a 12. měsícem (listopad-prosinec), zde byl rozdíl byl  $0,10$  dojení.den<sup>-1</sup>. Obě tato zvýšení byla statisticky významná ( $p < 0,05$ ).

## 5.4 Vliv vybraných faktorů na průměrnou dobu dojení

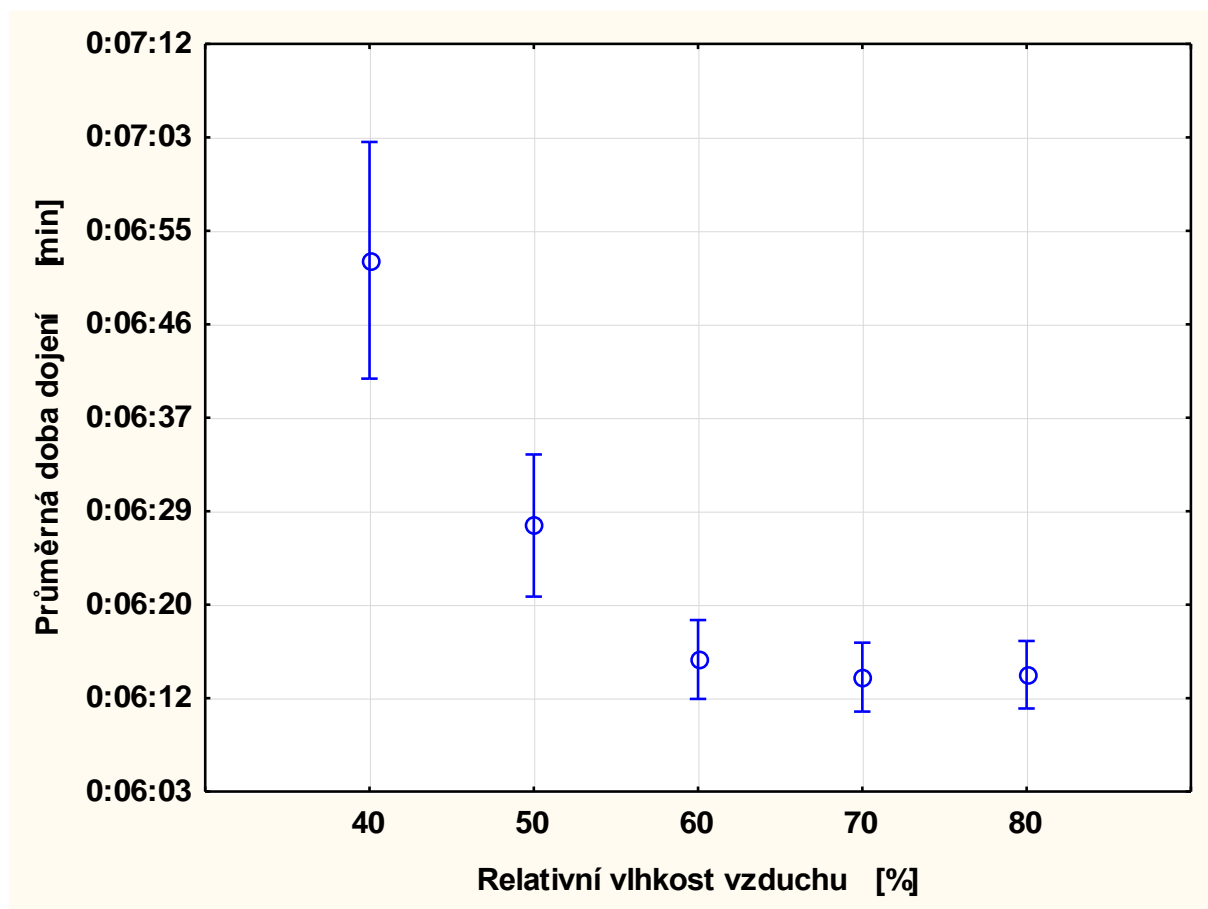
Graf 9 znázorňuje průměrnou dobu dojení na jednu dojnici v závislosti na teplotě vzduchu.



**Graf 9. Průměrná doba dojení na jednu dojnici v závislosti na teplotě vzduchu.**

Z tohoto grafu 9 je patrný malý rozdíl mezi hodnotami. Nevyšší hodnota byla dosažena při nejnižší teplotě vzduchu 7,5 °C (0:06:18 ± 0:00:15 min.dojnice<sup>-1</sup>). Naopak nejnižší hodnota průměrné doby dojení (0:06:13 ± 0:00:09 min.dojnice<sup>-1</sup>) byla zaznamenána při nejvyšší teplotě vzduchu 27,5 °C. Mezi všemi zjištěnými hodnotami nebyl statisticky významný rozdíl.

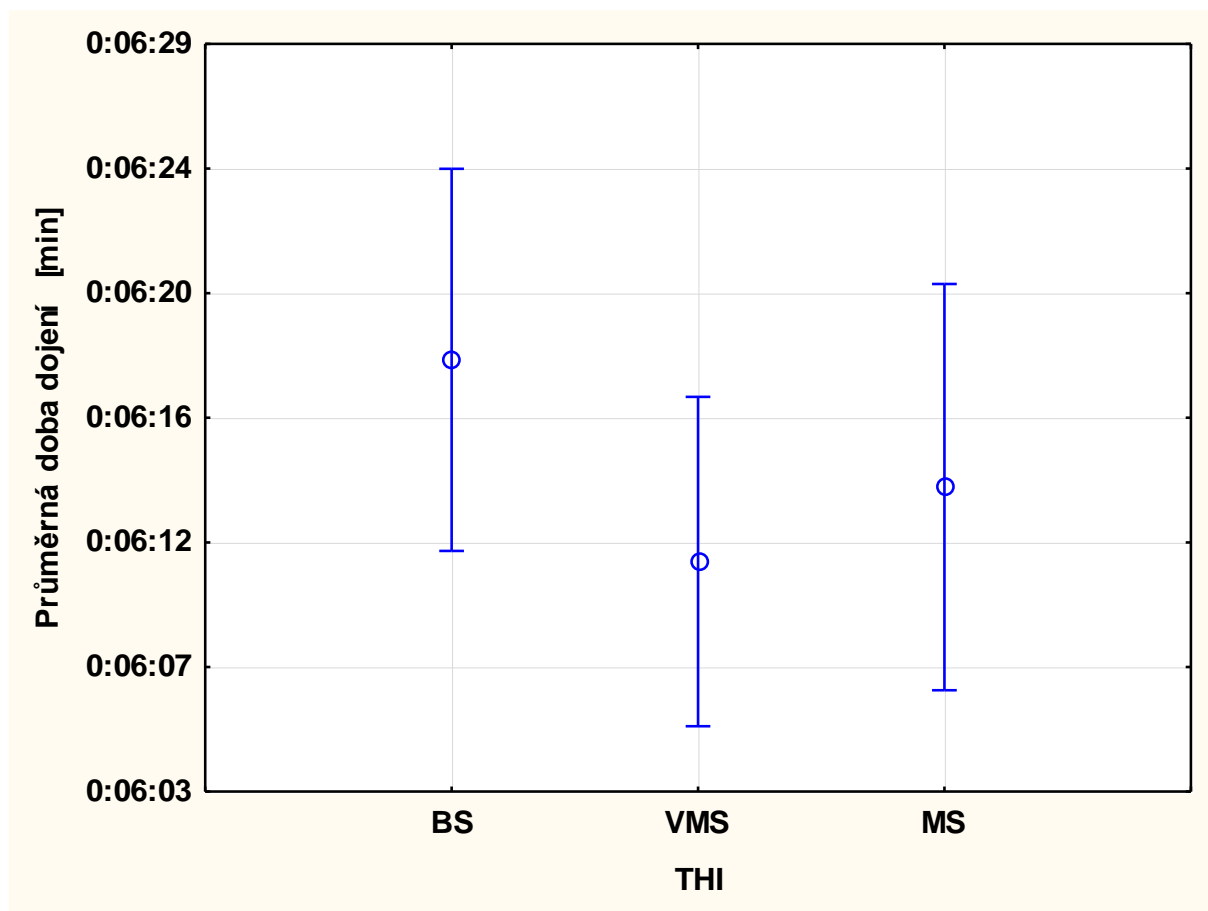
V grafu 10 jsou zaznamenány výsledky doby dojení v závislosti na relativní vlhkosti vzduchu.



**Graf 10. Průměrná doba dojení na jednu dojnici v závislosti na relativní vlhkosti vzduchu.**

Z grafu číslo 10 je zřejmý pravidelný pokles hodnot průměrné doby dojení na dojnici v závislosti na zvyšující se relativní vlhkost vzduchu. Nejvyšší pokles byl zjištěn mezi 40 a 50% relativní vlhkostí vzduchu, rozdíl činil 0:00:25 a byl statisticky významný ( $p < 0,05$ ). Nejvyšší hodnota doby dojení ( $0:06:52 \pm 0:00:24 \text{ min.dojení}^{-1}$ ) byla naměřena při 40% relativní vlhkosti vzduchu. Naopak nejnižší průměrná hodnota doby dojení byla zaznamenána při 80% relativní vlhkosti vzduchu a činila  $0:06:14 \pm 0:00:16 \text{ min.dojení}^{-1}$ . Rozdíl mezi nejvyšší a nejnižší naměřenou průměrnou hodnotou doby dojení byl 0:00:39 min.dojení<sup>-1</sup> a byl statisticky významný ( $p < 0,05$ ).

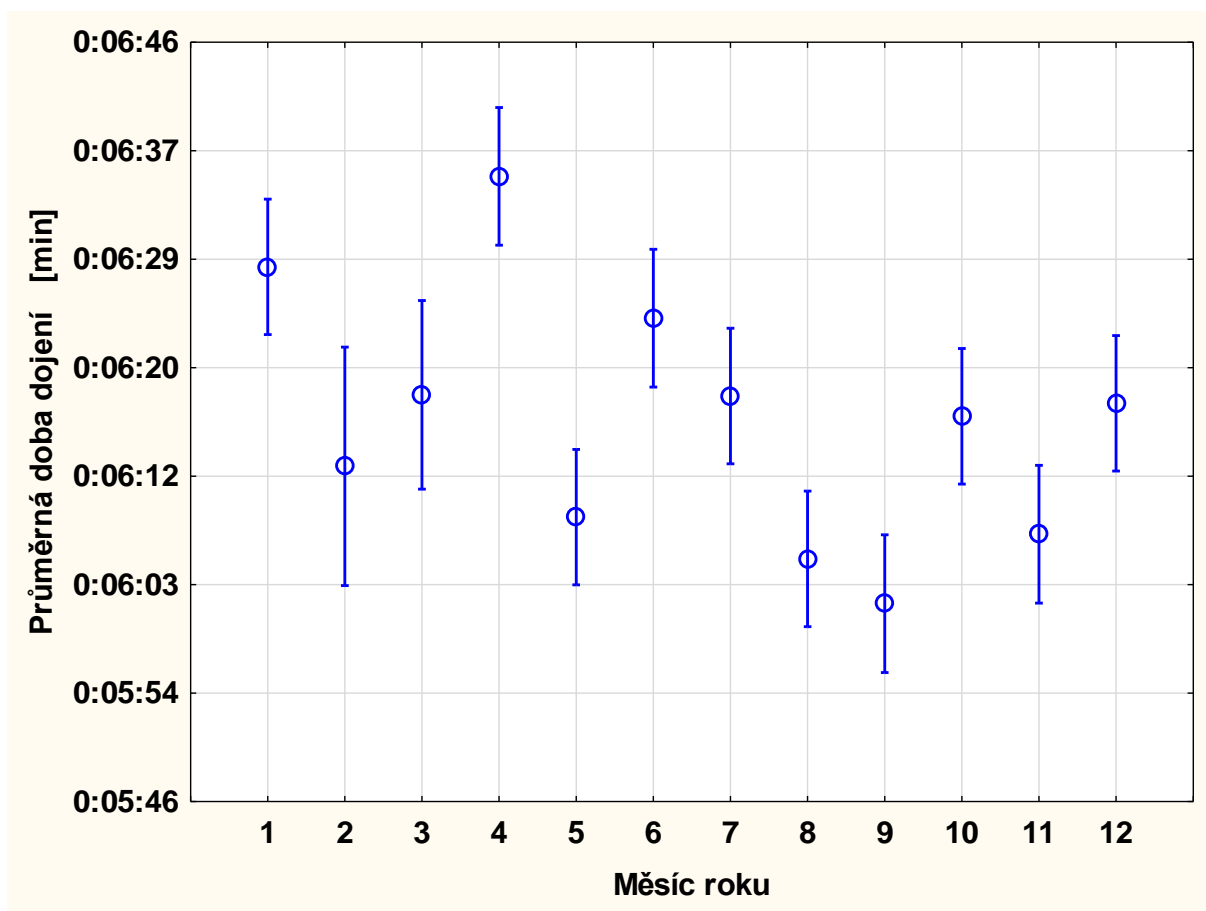
Následující graf 11 dokumentuje závislost doby dojení na jednu dojnici v závislosti na THI.



**Graf 11. Průměrná doba dojení na jednu dojnici v závislosti na THI.**

V bezstresové zóně (BS) byla zjištěna průměrná doba dojení na jednu dojnici  $0:06:18 \pm 0:00:17$  min.dojení<sup>-1</sup>, což byla zároveň i nejvyšší dosažená hodnota. V zóně velmi mírného stresu (VMS) byla hodnota nejnižší, a to  $0:06:11 \pm 0:00:18$  min.dojení<sup>-1</sup> a v zóně mírného stresu (MS) dosahovala hodnota  $0:06:13 \pm 0:00:15$  min.dojení<sup>-1</sup>. Mezi hodnotami nebyl zjištěný statisticky významný rozdíl.

Graf 12 uvádí průměrnou dobu dojení na dojnici v jednotlivých měsících roku.



**Graf 12. Průměrná doba dojení na jednu dojnici v závislosti na měsíci roku.**

Z grafu 12 jsou zřejmé změny a kolísání hodnot průměrné doby dojení na dojnici v závislosti na měsíci roku. Nejvýznamnější změna graficky zaznamenaná poklesem hodnoty, která byla i statisticky významná ( $p < 0,05$ ), se vyskytla mezi 4. a 5. měsícem (duben-květen), kdy rozdíl hodnot dosáhl  $0:00:27 \text{ min.dojnice}^{-1}$ . Nárůst průměrné doby dojení nastal mezi 3. a 4. měsícem (březen-duben), kdy rozdíl činil  $0:00:17 \text{ min.dojnice}^{-1}$  a byl vyhodnocen jako statisticky významný ( $p < 0,05$ ). Nejvyšší hodnota průměrné doby dojení na dojnici byla v dubnu (4)  $0:06:35 \pm 0:00:16 \text{ min.dojnice}^{-1}$ . Od června (6) docházelo k poklesu hodnot až k nejnižší hodnotě naměřené v 9. měsíci ( $0:06:01 \pm 0:00:10 \text{ min.dojnice}^{-1}$ ). Rozdíl mezi nejvyšší a nejnižší naměřenou hodnotou průměrné doby dojení na dojnici byl  $0:00:34 \text{ min.dojnice}^{-1}$  a byl zjištěn jako statisticky významný ( $p < 0,05$ ).

## 6 Diskuze

Chovné prostředí hraje významnou roli v úspěchu chovu dojného skotu. Mikroklimatické podmínky patří mezi významné činitele (Collier et al. 2006), které významně ovlivňují užitkovost, zdravotní stav a životní projevy hospodářských zvířat (Schutz et al. 2009; Herbut et al. 2018).

Z důvodu zlepšení kvality života a z důvodu vyšší ekonomické efektivity jsou na mléčných farmách stále více instalovány automatické dojící systémy (AMS) (Speroni et al. 2006). Očekávané pozitivní efekty tohoto typu dojení však mohou být narušeny i působením nevhodných mikro i makroklimatických podmínek (Speroni et al., 2006, Bava et al. 2012), z nichž zejména teplota vzduchu a relativní vlhkost vzduchu hrají významnou úlohu. V tomto směru je zmiňován i tepelný stres, jež významně ovlivňuje welfare skotu se všemi jeho negativními dopady (snížení užitkovosti, snížení příjmu krmiva, zvýšení spotřeby vody, změny ve složení mléka, zhoršené reprodukční ukazatele atd.) (Rhoads et al. 2009, Dahl et al. 2016, Herbut et al. 2018, Sejian et al. 2018).

Během ročního sledování mikroklimatických faktorů na vybrané ukazatele procesu dojení v AMS vyplynulo, že se teplota vzduchu i relativní vlhkost vzduchu pohybovaly v širokém rozpětí a souvisely s ročním obdobím, resp. měsícem roku. Teplota vzduchu ve stáji vzhledem k jejímu konstrukčnímu a materiálovému řešení kopírovala teplotu venkovní, nicméně se její hodnoty udržovaly vždy na vyšší úrovni v porovnání s venkovní teplotou v jednotlivých měsících. Nejvyšší rozdíly mezi vnitřní a vnější teplotou vzduchu byly zjištěny v zimním období, naopak nejnižší rozdíly byly v období letním. Vyšší hodnoty teploty vzduchu, resp. vyšší rozdíly mezi vnitřní a vnější teplotou vzduchu, lze přisoudit jednak přítomnosti zvířat ve stáji a jednak nižší intenzitě větrání stáje v zimním období. Dojnice produkují značné množství tepla (Silanikove 2000, Kadzere et al. 2002, Sejian et al. 2018) a jsou tak hlavním tepelným zdrojem ve stáji (Pogran et al. 2011). V zimním období navíc nevyužívaly pastevní areály a byly trvale přítomny v ustájovacím prostoru. Uzavíráním a otevíráním stáji lze významně ovlivnit mikroklimatické podmínky, jak zjistili ve svých studiích Knížková et al. (2000) a Herbut et al. (2019). Práce autorů Agrecka & Herbut (2016) uvádí, že stáje mají významnou roli při eliminaci přímého slunečního záření a zdůrazňují význam izolací ve stáji. Svůj význam hraje i orientace stáje (Agrecka et al. 2017).

Ze zjištěných průměrných hodnot teploty vzduchu dále vyplynulo, že nebyla překročena horní kritická teplota pro tepelný stres v letních měsících ve stáji i ve venkovních podmínkách. Nejvyšší průměrná hodnota teploty vzduchu byla zjištěna jak ve stáji, tak ve venkovním prostředí v měsíci červnu (22,5 °C, resp. 18,7 °C). Jako hraniční hodnota je uváděno nejčastěji 25 °C. Pro vysokoužitkové dojnice, zejména holštýnského plemene, je tato hranice 20–21 °C (Kadzere et al. 2000, Silanikove 2000, West 2003, Berman 2005, Das et al. 2016). V zimním období a v přechodných obdobích roku (jarní, podzimní) se průměrné teploty vzduchu ve stáji držely v optimálním rozmezí. Nejnižší průměrná teplota vzduchu byla zjištěna v lednu (8,5 °C ve stáji, -1,9 °C venkovní). Podle Bryanta et al (2007) jsou dojnice více tolerantní vůči chladu, avšak tato jejich odolnost závisí podle této studie mimo jiné i na kvantitě a kvalitě předkládaného krmiva. Obecně lze k hodnotám teploty vzduchu konstatovat, že odpovídaly hodnotám, které jsou charakteristické pro lokalitu, kde se farma nachází (<http://portal.chmi.cz/>).

Ve vztahu k teplotě vzduchu byl sledován denní nádoj mléka na dojnici, frekvence dojení a celková doba dojení na jednu dojnici. Bylo zjištěno, že s měnící se teplotou vzduchu se měnil i denní nádoj, nicméně se zvyšující se teplotou vzduchu vzrůstala i užitkovost. Toto zjištění je v rozporu s výsledky jiných prací, které naopak zaznamenávaly signifikantní snižování mléčné užitkovosti s rostoucí teplotou vzduchu (Speroni et al. 2006, Herbut et al. 2019, Brouček et al. 2020). Tyto studie však byly zaměřeny na holštýnský skot, který vzhledem ke svému charakteru (vysoká užitkovost, vysoká intenzita metabolismu) má významně nižší toleranci vůči vysokým teplotám prostředí (Silanikove 2000, Rojas-Downing et al. 2017). Berman (2005) ve své studii zaznamenal vyšší senzitivitu vůči teplu u dojnic s užitkovostí 35-45 kg mléka na den. Zukiewicz et al. (2012) upozorňují, že zásadní vliv na termoregulaci u skotu má genetika. To konstatují ve své práci i Herbut et al. (2019), kde autoři tvrdí, že tolerance vůči teplu je závislá na plemeni. Tato tvrzení dokládá několik studií. Bryant et al. (2007) zjistili u plemene novozélandský jersey (NJ) během tepelného stresu významně nižší pokles mléčné užitkovosti oproti plemeni holštýnsko – frískému (HF). Kříženci NJ x HF pak již vykazovali horší toleranci vůči teplu. Smith et al. (2013) ve své práci dokonce prokázali zvýšení užitkovosti u plemene jersey v porovnání s plemenem holštýn během tepelného stresu, což je vedlo k závěru, že toto plemeno je značně tolerantní vůči teplu. Gantner et al. (2017) se ve své práci věnovali simentálskému plemeni a zjistili, že u tohoto plemene nebyla významně ovlivněna vysokými teplotami vzduchu užitkovost v porovnání s holštýnským plemenem a vyvodili závěr, že simentál je více rezistentní vůči tepelnému stresu než holštýn. Plemennou příslušností (ČESTR) si tedy lze vysvětlit, proč s rostoucí teplotou nedošlo ke snížení denního nádoje mléka na sledované farmě. Navíc zjištěné teploty vzduchu nedosahovaly dlouhodobých extrémních hodnot, které by významně ovlivnily organismus dojnic. Pokles užitkovosti mezi 7,5 – 12,5 °C bude pravděpodobně souviset s možností přístupu na pastvinu, která je dojícím zpřístupněna od dubna a dochází tak ke změně režimu ve stáji včetně krmení.

Frekvence dojení byla teplotou vzduchu významně ovlivněna. Při teplotách okolo 7,5 °C byla zjištěna její nejvyšší četnost (2,41x denně), naopak nejnižší byla při vysokých teplotách vzduchu (2,21x denně). Minimálním požadavkem pro robotizované dojení je frekvence dojení 2x denně, ideální pak 2,5 až 2,7x za den (Doležal & Staněk 2015). Podle Gálíka et al. (2015) je optimální četnost dojení 2,5 – 3x denně, avšak existují i případy, kdy se vysoce užitkové dojnice na vrcholu laktace nechají podojit 3 – 4x za den. Minimální četnost dojení byla na sledované farmě splněna, i když hranice 2,5 nedosáhla. Signifikantně nižší frekvenci dojení zejména v letním období prokázali ve svých pracích Speroni et al. (2006) i Bava et al. (2012). Nižší četnost návštěv robota může být ovlivněna i užitkovostí dojnic, neboť dojnice s nižší mléčnou užitkovostí vykazují podle Gálíka et al. (2015) nižší frekvenci dojení. Svůj vliv může mít také pobyt na pastvině. Melin et al. (2005) prokázali, že motivace odejít z pastviny do stáje není dána potřebou podojit se, ale spíše motivací krmiva (zejména jádra).

Celková doba dojení nebyla teplotami vzduchu významně ovlivněna, doba dojení se pohybovala na hodnotě cca 6 minut na jedno dojení, což odpovídá fyziologickému působení oxytocinu (Tančín & Tančinová 2008).

Dalším důležitým faktorem, který ovlivňuje pohodu a zdraví ustájených zvířat, je relativní vlhkost vzduchu. Po zhodnocení dat je zřejmé, že i relativní vlhkost vzduchu ve stáji kopírovala venkovní relativní vlhkost, avšak venkovní hodnoty byly vždy vyšší. Nejvyšší rozdíly v průměrných hodnotách vnitřní a vnější relativní vlhkosti byly zjištěny v měsíci září a

říjnu, nejnižší pak v měsíci dubnu. Relativní vlhkost je ovlivněna řadou faktorů (koncentrace zvířat, mokré podlahy, krmení atd.) (Gálik et al. 2015). V rámci sledování se ukázalo, že byla od listopadu do února včetně překročena horní doporučená hranice pro relativní vlhkost vzduchu ve stájích pro skot. Hraniční hodnota je 75 % (Gálik et al. 2015), West (2003) připouští hodnotu 80 %. V období listopad až únor se průměrné hodnoty vlhkosti pohybovaly od 83,4 % do 82,5 %. Toto období bylo navíc doprovázeno nízkými teplotami vzduchu. To může nasvědčovat o nedostatečné intenzitě větrání stáje, resp. odvodem vodních par, produkovaných ustájenými zvířaty (Havlíček et al. 2014), nicméně jak ukázaly výsledky, i venkovní relativní vlhkost byla na vysoké úrovni (92,4 – 89,4 %) a odvod vodních par ze stáje mohl být tímto jevem ovlivněn negativně.

Denní nádoj na dojnici, frekvence dojení a celková doba dojení byly také sledovány v závislosti na relativní vlhkosti vzduchu. Lze konstatovat, že denní nádoj mléka byl relativní vlhkostí vzduchu ovlivněn. Od 70% relativní vlhkosti došlo ke snížení užitkovosti, což svědčí o negativním působení vysokých relativních vlhkosti na organismus dojnic (West 2003, Rhoads et al. 2009, Gálik et al. 2015, Hill & Wall 2015). Naproti tomu počet dojení stoupal s rostoucí relativní vlhkostí vzduchu. Většina vědeckých studií dává vysokou relativní vlhkost do souvislosti s vysokou teplotou prostředí (West 2003, Rhoads et al. 2009, Hill & Wall 2015), avšak v rámci této diplomové práce byly nejvyšší hodnoty relativní vlhkosti zaznamenány zimních měsících při trvalém pobytu zvířat ve stáji, což je i zřejmě stimulovalo k častějším návštěvám dojícího robota. To se projevilo i na době dojení, kdy od 60% vlhkosti byla zjištěna nejkratší doba dojení v porovnání s nižšími hodnotami relativní vlhkosti.

Gantner et al. (2017), Habeeb et al. (2018), Herbut et al. (2018) a Peng et al. (2019) však zdůrazňují, že je vhodné posuzovat vliv vlhkosti vzduchu a teploty vzduchu společně, a to pomocí teplotně vlhkostního indexu (Thermal Humidity Index – THI). THI je považován za velmi důležitý ukazatel kvality stájového prostředí, neboť obsahuje kombinace efektů teploty vzduchu a relativní vlhkosti vzduchu. Podle Habeeba et al. (2018) je THI výborným indikátorem stresových klimatických podmínek. V rámci diplomové práce byly zjištěny na sledované farmě tři zóny THI, a to zóna bezstresová (64–67), velmi mírného stresu (68–71) a zóna mírného stresu (72–79). Průměrný denní nádoj nebyl THI statisticky významně ovlivněn, nicméně v zóně mírného stresu byl zjištěn nejvyšší průměrný denní nádoj mléka. Ani ostatní sledované ukazatele (počet dojení na dojnici a den a celková doba dojení) nebyly zjištěným THI signifikantně ovlivněny. Tato zjištění nekorespondují s údaji jiných autorů. Podle Gantnera et al. (2017), Van Leara et al. (2014), Habeeba et al. (2018), Herburta et al. (2018) či Broučka et al. (2020) vysoká hodnota THI negativně ovlivňuje mléčnou produkci dojnic. Speroni et al. (2006) uvádějí, že teplé období roku způsobuje pokles mléčné užitkovosti a snížení frekvence dojení v AMS. Podobné výsledky obdrželi Bava et al. (2012) a Hanusová et al. (2019). Tyto negativní důsledky jsou zapříčiněny reakcemi skotu na tepelný stres (Silanikove, 2000, Kadzere et al. 2002). Výsledky Colliera et al. (2005) ukazují, že THI začínající na hodnotě 68 ovlivňuje nepříznivě dojnice. Bava et al. (2012) zaznamenali negativní účinky THI od hodnoty 72, ale Herbut & Angrecka (2012) zjistili signifikantní snížení mléčné užitkovosti až při hodnotách THI 83 a 90. Odlišnost výsledků diplomové práce v oblasti působení THI lze opět spatřovat v chovaném plemeni a jeho vlastnostech, jakož i managementu farmy, jak již bylo zmíněno dříve.



Jako doplňující údaj byl zvolen vliv jednotlivých měsíců roku (leden–prosinec) na vybrané parametry AMS na sledované farmě. Z výsledků vyplynulo, že nejvyššího denního nádoje bylo dosaženo v měsíci červnu, nejnižšího pak v listopadu. Nejvyšší nárůst denního nádoje mléka byl mezi květnem a červnem, naopak nejnižší pokles byl mezi červnem a červencem. K obdobným výsledkům dospěli i Knížková & Kunc (2010) a Knížková et al. (2019), kteří zjistili, že pokles užitekosti se projeví až v postresovém období, kdy už jsou teplotní podmínky v rozmezí optimálních hodnot, nikoliv bezprostředně při působení vyšších teplot vzduchu, tedy v letním období. Naproti tomu Speroni et al. (2006) zjistili, že během chladného období roku byla užitekost vždy vyšší v porovnání s letním obdobím. I když denní nádoj byl nejvyšší v červnu, byla v tomto měsíci zaznamenána nejnižší frekvence dojení. Toto zjištění patrně souvisí s možností pastvy (od dubna do října), kdy dojnice opouštějí stáj a pobývají na pastvinách. Jak již bylo uvedeno dříve, podle Melina et al. (2005) motivace odejít z pastviny do stáje není dána potřebou podojit se, ale spíše motivací krmiva (zejména jádra). Ketelaar-de Lauwere et al. (1999) a Kismul et al. (2016) zjistili, že dojnice dávají přednost pobytu na pastvinách nežli ve stáji. Wildrige et al. (2018) zjistili u pasoucích se dojnic významně nižší frekvenci dojení během letního období. Spörndly et al. (2004) ale ve své práci uvádějí, že záleží na vzdálenosti pastvin od stáje. U pastviny do 50 m zjistili u dojnic vyšší užitekost i frekvenci dojení nežli u dojnic na pastvině vzdálené 260 m od stáje. V měsících červenec–září docházelo ke zvyšování frekvence dojení a je pravděpodobné, že dojnice raději pobývaly ve stáji z důvodu nevyhovujících venkovních podmínek. Touto příčinou mohl být zejména přímý sluneční svit, či obecně počínající tepelný stres a stáj jim poskytla úkryt před přímou sluneční radiací a dalšími vlivy (Angrecka & Herbut 2016, Angrecka et al. 2017, Fournel et al. 2017, Pinto et al. 2019). Ketelaar-de Lauwere et al. (1999) zjistili, že dojnice tráví na pastvině v letním období nejméně času mezi 10. – 17. hodinou. Délka slunečního svitu ani etologické projevy však nebyly v diplomové práci sledovány. Doba dojení byla v závislosti na měsíci roku značně rozkolísaná, nicméně od června byl patrný trend snižování doby dojení, což souviselo i s klesajícím denním nádojem. Porovnání výsledků v této zkoumané oblasti s dalšími pracemi jiných autorů není zatím možné, neboť studie se touto problematikou příliš nezabývají.

## 7 Závěr

V rámci diplomové práce byla testována hypotéza, že teplota vzduchu a relativní vlhkost vzduchu významně ovlivňují proces dojení v AMS. Cílem práce pak bylo posoudit vliv mikroklimatických parametrů (teplota vzduchu, relativní vlhkost vzduchu, teplotně-vlhkostní index) a kalendářního měsíce na vybrané ukazatele procesu dojení na farmě s automatickým dojícím systémem (AMS).

Sledování se uskutečnilo v provozních podmínkách soukromé mléčné farmy s AMS (chov plemene ČESTR s možností pobytu dojníc na pastvině v blízkosti stáje), a to od března 2019 do února 2020. Hodnoty TV a RV byly pomocí přístrojů Datalogger zaznamenávány uvnitř a vně stáje v hodinových intervalech, THI byl vypočten. Vybrané ukazatele dojení, konkrétně denní nádoj na dojnici, frekvence dojení na dojnici a celková doba dojení na dojnici, byly získány z denních reportů AMS. Data z ročního sledování byla následně statisticky zpracována a vyhodnocena vč. grafického zpracování.

Průměrné hodnoty TV a RV se pohybovaly v širokém rozpětí v souvislosti s ročním obdobím. Nejvyšší rozdíly mezi vnitřní a vnější TV byly zjištěny v zimním období (od 9,7 do 7,4 °C), naopak nejnižší rozdíly byly v letním období (3,8 °C). Nejvyšší průměrná TV ve stáji byla zjištěna v červnu ( $22,5 \pm 2,1$  °C). Hodnoty RV ve stáji v zimním období překračovaly hranici 80 %. THI se pohyboval ve 3 zónách (bezstresová až zóna mírného stresu).

V souvislosti s mikroklimatickými ukazateli bylo zjištěno, že denní nádoj na sledované farmě významně vzrůstal se zvyšující se TV, frekvence dojení se však s nárůstem TV signifikantně snižovala. Doba dojení nebyla výší TV ovlivněna. Vysoká RV vedla k významnému snížení denního nádoje a zkrácení doby dojení, avšak frekvence dojení byla signifikantně vyšší. Vybrané ukazatele dojení nebyly THI významně ovlivněny. Nejvyšší denní nádoj ( $24,89 \pm 0,87$  l.den<sup>-1</sup>) byl zjištěn v červnu, avšak při nejnižší frekvenci dojení ( $2,19 \pm 0,11$  dojení.den<sup>-1</sup>). Nejvyšší nárůst nádoje na jednu dojnici byl zaznamenán mezi květnem a červnem (o 3,7 l.den<sup>-1</sup>), naopak nejvyšší pokles byl mezi červnem a červencem (o 2,79 l.den<sup>-1</sup>).

Testovaná hypotéza byla potvrzena, nicméně některé získané výsledky ne zcela korespondují s jinými studii, což je ale dáno jejich zaměřením na holštýnský skot. V této diplomové práci bylo sledováno plemeno ČESTR, které má pravděpodobně vyšší toleranci vůči teplu vzhledem ke svému užitkovému zaměření. Během sledování nebylo dosaženo v dané lokalitě extrémních teplotních hodnot, což je dáno polohou farmy (podhorská oblast). Vliv na vybrané ukazatele, zejména nádoj a četnost dojení, má i možnost pobytu na pastvině v jarní a letním období, kdy klesala frekvence dojení a vzrůstal nádoj. Svůj vliv na mikroklimatické podmínky ve stáji mělo i stavebně-konstrukční řešení stáje, kde zejména v zimním období byly uvnitř stáje vysoké hodnoty relativní vlhkosti, což svědčí o nedostatečném větrání prostor. V tomto období byla zjištěna frekvence dojení nejvyšší a nejkratší doba dojení, což bylo dáno trvalou přítomností zvířat ve stáji.

Obecně tedy lze konstatovat, že při posuzování vlivu mikroklimatických podmínek na dojení v AMS je nutné brát do úvahy plemennou příslušnost dojníc, lokalitu, management farmy, ale i konstrukční řešení stáje. Problematikou tepelného stresu a vlivu mikroklimatu na jednotlivé procesy dojení v AMS se zatím mnoho studií nezabývalo, i když i tyto faktory rozhodují o úspěšnosti dojení v AMS. Vzhledem ke klimatickým změnám by bylo vhodné zaměřit výzkum také na míru tolerance vůči tepelnému stresu i jiných plemen skotu.

## 8 Seznam literatury

- Adamczyk K, Górecka-Bruzda A, Nowicki J, Gumulka M, Molik E, Schwarz T, Early B, Klocek C. 2015. Perception of environment in farm animals - A review. *Annals of Animals Science* **15**: 565 – 589.
- Angrecka S, Herbut P. 2016. Impact of barn orientation on insolation and temperature of stalls surface. *Annals of Animal Science* **16**: 887 – 896.
- Angrecka S, Herbut P, Nawalany G, Sokolowski P. 2017. The impact of localization and barn type on insolation of sidewall stalls during summer. *Journal of Ecological Engineering* **18**: 60 - 66.
- Bach A, Devant M, Igleasias C, Ferrer A. 2009. Forced traffic in automatic milking systems effectively reduces the need to get cows but alters eating behavior and does not improve milk yield of dairy cattle. *Journal of Dairy Science* **92**: 1272 – 1280.
- Bava L, Tamburini A, Penati CH, Riva E, Mattachini G, Provolo G, Sandrucci A. 2012. Effects of feeding frequency and environmental conditions on dry matter intake, milk yield and behaviour of dairy cows milked in conventional or automatic milking systems. *Italian Journal of Animal Science* **11**: 230-235.
- Berglund I, Pettersson G, KSvennersten-Sjaunja K. 2002. Automatic milking: effects on somatic cell count and teat end-quality. *Livestock Production Science* **78**: 115–124.
- Berman AJ. 2005. Estimates of heat stress relief needs for Holstein dairy cows. *Journal of Animal Science* **83**: 1377 – 1384.
- Brestenský V, Mihina Š. 2006. Organizácia a technológia chovu mliekového hovädzieho dobytku. Nitra.
- Bryant JR, Lopéz-Villalobos N, Pryce JE, Holmes CW Johnson DL. Quantifying the effect of thermal environment on production traits in three breeds of dairy cattle in New Zealand. *New Zealand Journal of Agricultural Research* **50**: 327 – 338.
- Burgos Zimbelman R, Collier RJ. 2011. Feeding Strategies for High-Producing Dairy Cows During Periods of Elevated Heat and Humidity. Pages 111-126. 20<sup>th</sup> Annual Tri-State Dairy Nutrition Conference, Grand Wayne Center, Ft. Wayne, Indiana, USA.
- Collier RJ, Dahl GH, VanBaale MJ. 2006. Major advances associated with environmental effects on dairy cattle. *Journal of Dairy Science* **89**: 1244 – 1253.
- Český hydrometeorologický ústav. 2020. Praha Klementinum. ČHMÚ. Available from portal.chmi.cz/ (accessed March 2020).

- Dahl GE, Tao S, Monteiro APA. 2016. Effects of late-gestation heat stress on immunity and performance of calves, *Journal of Dairy Science* **99**: 3193 – 3198.
- Das R, Sailo L, Verma N, Bharti R, Saika J, Imtiwati, Kuma R. 2016. Impact of heat stress on health and performance of dairy animals: A review. *Veterinary World* **9**: 260 – 268.
- DeLaval, 2020. DeLaval. Available from: <https://www.delaval.com/cs/VMSV300/> (accessed January 2020).
- Dikmen S, Hansent PJ. 2009. Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment? *Journal of Dairy Science* **92**: 109 – 116.
- Doležal O, Staněk S. 2015. Chov dojeného skotu. Profi Press Praha.
- Fisher AD, Verkerk GA, Morrow CJ, Matthews LR. 2002. The effects of feed restriction and lying deprivation on pituitary–adrenal axis regulation in lactating cows. *Livestock Production Science* **73**: 255 – 263.
- Forsberg AM. 2008. Factors affecting cow behavior in a barn equipped with an automatic milking system. Uppsala University, Sweden.
- Fournel S, Ouellet V, Charbonneau E. 2017. Practices for alleviating heat stress of dairy cows in humid continental climates: a literature review. *Animals* **7**: 1 - 23.
- Gálik R, Mihina Š, Boďo Š, Knížková I, Kunc P, Celjak I, Šístková M, Botto L, Bretenský V. 2015. *Technika pre chov zvierat*. Slovenská poľnohospodárska univerzita, Nitra.
- Gantner V, Bobic T, Gantner R, Gregie M, Kuterovac K, Novakovic J, Potocnik K. 2017. Differences in response to heat stress due to production level and breed of dairy cows. *International Journal of Biometeorology* **61**: 1675 – 1685.
- Gustafsoon L. 2017. Production and management in automatic milking systems. Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science, Uppsala University, Sweden.
- Habeeb AA, Gad AE, Atta MA. 2018. Temperature-humidity indices as indicators to heat stress of climatic conditions with relation to production and reproduction of farm animals. *International Journal of Biotechnology and Recent Advances* **1**: 35 – 50.
- Halachmi I, Metz JHM, Maltz E, Dijkhuizen AA, Speelman L. 2000. Designing the optimal robotic milking barn, Part 1: Quantifying facility usage. *Journal of Agricultural Engineering Research* **76**: 37 - 49.

Hanusová J, Knížková I, Kunc P. 2019. The effect of temperature-humidity index on selected parameters in robotic milking. Pages 17 – 21. Rural buildings in European regions RUBER 2019. Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Nitra.

Havlíček Z, Doležal P, Horký P, Kalhotka L, Mlejnková V, Mrkvicová E, Polanczyk E, Skládanka J, Sláma P, Szwedziak K, Tukiendorf M, Zeman L. 2014. Zdravotní bezpečnost krmiv, stájové prostředí s výskyt mastitid. Mendelova univerzita v Brně, Reprint s. r. o., Šumperk.

Henry B, Charmley E, Eckard R, Gaughan JB, Hegarty R. 2012. Livestock production in a changing climate: adaptation and mitigation research in Australia. *Crop Pasture Science* **63**: 191 – 202.

Herbut P, Angrecka S, Walczak J. 2018. Environmental parameters to assessing of heat stress in dairy cattle - a review. *International Journal of Biometeorology* **62**: 2089 – 2097.

Hill DL, Wall E. 2015. Dairy cattle in a temperate climate: the effects of weather on milk yield and composition depend on management. *Animal* **9**: 138 – 149.

Hogeveen H, Ouweltjes W, De Koning CJAM, Stelwagen K. 2001. Milking interval, milk production and milk flow-rate in an automatic milking system. *Livestock Production Science* **72**: 157 – 167.

Hulsen J. 2011. Robotic milking. Roodbont Publishers, Zuthpen, Netherlands.

Kadzere CT, Murphy MR, Silanikove N, Maltz E. 2002. Heat stress in lactating dairy cows: a review. *Livestock Production Science* **77**: 59 – 91.

Ketelaar-de Lauwere CC, Ipema AH, van Ouwkerk ENJ, Schouten WGP. 1999. Voluntary automatic milking in combination with grazing dairy cows. Milking frequency and effects on behaviour. *Applied Animal Behaviour Science* **64**: 91 – 109.

Kismul H, Eriksson T, Höglind M, Naess G, Spörndly E. Milk production and cow behaviour in an automatic milking system with morning and evening pasture access. *Grassland Science in Europe* **21**: 137 – 139.

Knížková I, Kunc P, Koubková M, Flusser J, Doležal O. 2002. Evaluation of naturally ventilated dairy barn management by a thermographic method. *Livestock Production Science* **77**: 349 – 353.

Knížková I, Kunc P. 2010. Využití technologie evaporačního ochlazování s řídicími jednotkami k eliminaci tepelného stresu u skotu. Výzkumný ústav živočišné výroby v.v.i., Praha – Uhřetěves.

Knížková I, Kunc P, Příkryl M, Maloun J, Jiroutová P, Staněk S, Malat'ák J. 2011. Automatické dojící systémy: Vybrané faktory ovlivňující proces robotizovaného dojení: certifikovaná metodika. Výzkumný ústav živočišné výroby, Praha.

Kunc P, Knížková I, Příkryl M, Maloun J, Novák P. 2007. Technické, animální a humánní aspekty dojení: metodická příručka, ČZU. Praha.

Lambertz C, Sanker C, Gauly M. 2014. Climatic effects on milk production traits and somatic cell score in lactating Holstein-Friesian cows in different housing systems. *Journal of Dairy Science* **97**: 319 – 329.

Manzoor A, Maqbool I, Ganaie ZA, Afzal I, Khan HM, Zaffe B. 2019. Mitigating winter vagaries in dairy animals: A review. *International Journal of Veterinary Sciences and Animal Husbandry* **4**: 02 – 05.

Melin M, Svennersten-Sjaunja K, Wiktorsson H. 2005. Feeding patterns and performance of cows in controlled cow traffic in automatic milking system. *Journal of Dairy Science* **88**: 3913 - 3922.

Munksgaard L, Jensen MB, Pedersen LJ, Hansen SW, Matthews L. 2005. Quantifying behavioral priorities - Effects of time constraints on behaviour of dairy cows, *Bos taurus*. *Applied Animal Behavior Science* **92**: 3 – 14.

Peng D, Chen S, Li G, Chen J, Wang J, Gu X. 2019. Infrared thermography measured body surface temperature and its relationship with rectal temperature in dairy cows under different temperature-humidity indexes. *International Journal of Biometeorology* **61**: 1675 – 1685.

Pinto S, Hoffman G, Ammon Ch, Amon B, Heuwieser W, Halachmi I, Banhazi T, Amon T. 2019. Influence of barn climate, body postures and milk yield on the respiratory rate of dairy cows. *Annals of Animal Science* **19**: 469 - 481.

Pogran Š, Bieda W, Gálik R, Lendelová J, Švenková J. 2011. Kvalita vnútorného prostredia ustajňovacích objektov. Slovenská poľnohospodárska univerzita, Nitra.

Prýmas L. 2017. Výročí automatického dojení. Profi Press, Praha. Available from: <https://www.naschov.cz/vyroci-automatickeho-dojeni/> (accessed January 2020).

Rashamol VP, Sejian V, Bagath M, Krishan G, Archana PR, Bhatta R. 2018. Physiological adaptability of livestock to heat stress. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology* **6**: 62 – 71.

- Rhoads ML, Rhoads RP, Van Baale J, Collier RJ, Sanders SR, Weber WJ, Crooker BA, Schutz KE, Rogers AR, Cox NR, Tucker CB. 2009. Dairy cows prefer shade that offers greater protection against solar radiation in summer: shade use, behavior, and body temperature. *Applied Animal Behaviour Science* **16**: 28 – 34.
- Rojas-Downing MM, Nejadhashemi AP, Harrigan T, Woznicki SA. 2017. Climate change and livestock: Impacts, adaptation, and mitigation. *Climate Risk Management* **16**: 145 – 163.
- Sejian V, Bhatta R, Gaughan JB, Dunshea FR, Lacetera N. 2018. Review: Adaptation of animals to heat stress. *Animal* **12**: 431 – 444.
- Schleger AV, Lincoln DT, Bourne AS. Arteriovenous anastomoses in the dermal vasculature of the skin of *Bos Taurus* cattle, and their relationship with resistance to the tick *Boophilus microplus*. *Australian Journal of Biological Sciences* **34**: 27 – 35.
- Schutz KE, Rogers AR, Cox NR, Tucker CB. 2009. Dairy cows prefer shade that offers greater protection against solar radiation in summer: shade use, behavior and body temperature. *Applied Animal Behavior Science* **116**: 28 – 34.
- Silanikove S. 2000. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic animals. *Livestock Production Science* **67**: 1 – 18.
- Smith DL, Smith T, Rude BJ, Ward SH. 2013. Short communication: Comparison on the effect of heat stress on milk and component yields and somatic cell score in Holstein and Jersey cow. *Journal of Dairy Science* **96**: 3028 - 3033.
- Speroni M, Pirlo G, Lolli S. 2006. Effect of automatic milking systems on milk yield in a hot environment. *Journal of Dairy Science* **89**: 4687 – 4693.
- Spolders M, Meyer U, Flachowsky G, Coenen M. 2004. Comparison of resting and feeding behavior for cows milked by an automatic milking system versus by a milking parlour. *Journal of Applied Animal Research* **25**: 69 – 80.
- Spörndly E, Wredle E. 2004. Automatic milking system and grazing – effects of distance to pasture and level of supplements on milk yield and cow behaviour. *Journal of Dairy Science* **87**: 1702 – 1712.
- Svennersten – Sjaunja KM, Pettersson G. 2007. Pros and cons automatic milking in Europe. *Journal of Animal Science* **86**: 37 – 46.
- Tančin V, Imrich I, Hasoňová L, Havlíček Z, Lendelová J. 2016. Všeobecná zoohygiena. Slovenská poľnohospodárska univerzita. Nitra.
- Tančin V, Tančinová D. 2008. Strojové dojenie kráv a kvalita mlieka. Nitra.

Turnpenny JR, Wathes CM, Clark JA, McArthur AJ. 2000. Thermal balance of livestock. 2. Applications of parsimonious model. *Agricultural and Forest Meteorology* **101**: 29 – 52.

West JW. 2003. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* **86**: 2131 – 2144.

Wildridge AM, Thomson PC, Garcia SC, John AJ, Jongman AC, Clark CEF, Kerrisk KL. Short communication: The effect of temperature – humidity index on milk yield and milk frequency of dairy cows in pasture-based automatic milking system. *Journal of Dairy Science* **101**: 4479 – 4482.

Williams D. 2018. Dairy cow welfare, heat stress and climate change. *Dairy and Veterinary Science* 8 (e555746) DOI:10.19080/JDVS.2018.08.555746.

Witaifi AA, Ali ABA, Siegford JM. 2018. Stall and feed bunk stocking rates impact cows' diurnal behavior and activity in automatic milking system farms. *Journal of Veterinary Behavior* **24**: 48 – 55.

Zukiewicz A, Grzesiak W, Szatkowska I, Blaszczyk P, Dybus, A. 2012. Genetic Factors of Milk Yield in Dairy Cattle - Advances in the Quest for Universal Markers. *Israel Journal of Veterinary Medicine* **67**: 82 – 91.



## 9 Seznam použitých zkratek

AMS – automatický dojící systém (automatic milking system)

AKB – automatický krmný box

TA – air tepmerature

ČESTR – české strakaté plemeno

CHKO – chráněná krajinná oblast

MKS – mléčná krmná směs

OMD – odchovna mladého dobytka

RH – relative humidity

RV – relativní vlhkost vzduchu

THI – teplotně-vlhkostní index (thermal humidity index)

TMR – směsná krmná dávka (total mixed ration)

TNZ – termoneutralní zóna

TV – teplota vzduchu

VIB – venkovní individuální box

VMS - dobrovolný dojící systém (voluntary milking system)

## 10 Přehled tabulek, grafů a obrázků

<b>Tabulka č. 1</b> Průměrná teplota vzduchu ve stáji (interní) a ve venkovním prostředí (externí) během roku.....	25
<b>Tabulka č. 2</b> Průměrná relativní vlhkost vzduchu ve stáji (interní) a ve venkovním prostředí (externí) během roku.....	26
<b>Graf č. 1</b> Průměrný denní nádoj na jednu dojnici v závislosti na teplotě vzduchu.....	27
<b>Graf č. 2</b> Průměrný denní nádoj na jednu dojnici v závislosti na relativní vlhkosti vzduchu ...	28
<b>Graf č. 3</b> Průměrný denní nádoj na jednu dojnici v závislosti na THI.....	29
<b>Graf č. 4</b> Průměrný denní nádoj na jednu dojnici v závislosti na měsíci roku.....	30
<b>Graf č. 5</b> Průměrný počet dojení na jednu dojnici v závislosti na relativní teplotě vzduchu.....	31
<b>Graf č. 6</b> Průměrný počet dojení na jednu dojnici v závislosti na relativní vlhkosti vzduchu...	32
<b>Graf č. 7</b> Průměrný počet dojení na jednu dojnici v závislosti na THI.....	33
<b>Graf č. 8</b> Průměrný počet dojení na jednu dojnici v závislosti na měsíci roku.....	34
<b>Graf č. 9</b> Průměrná doba dojení na jednu dojnici v závislosti na teplotě vzduchu .....	35
<b>Graf č. 10</b> Průměrná doba dojení na jednu dojnici v závislosti na relativní vlhkosti vzduchu...	36
<b>Graf č. 11</b> Průměrná doba dojení na jednu dojnici v závislosti na THI.....	37
<b>Graf č. 12</b> Průměrná doba dojení na jednu dojnici v závislosti na měsíci roku.....	38
<b>Obrázek č. 1</b> Hodnoty THI v závislosti na teplotě vzduchu (temperature) a relativní vlhkosti vzduchu (relative humidity).....	8
<b>Obrázek č. 2</b> Letecký pohled na Farmu Poláček Osečnice.....	15
<b>Obrázek č. 3</b> Dojnice jdoucí přes přechod do stáje.....	16
<b>Obrázek č. 4</b> Pohled na stáj z pastviny.....	16
<b>Obrázek č. 5</b> Přilehlá pastvina poblíž stáje.....	16
<b>Obrázek č. 6</b> Pohled na krmiště ve stáji.....	17
<b>Obrázek č. 7</b> Stlaná boxová lože.....	17
<b>Obrázek č. 8</b> Vnější pohled na stáj s umístěným dojicím robotem.....	17
<b>Obrázek č. 9</b> Dojicí robot DeLaval typ VMS V300.....	18
<b>Obrázek č. 10</b> Dojicí robot DeLaval VMS V300 na Farmě Poláček Osečnice.....	20
<b>Obrázek č. 11</b> Dojnice v čekárně před dojicím boxem.....	20
<b>Obrázek č. 12</b> Rozmístění přístrojů na Farmě Poláček Osečnice.....	23