

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra chovu hospodářských zvířat (FAPPZ)**



**Fakulta agrobiologie,  
potravinových a přírodních zdrojů**

**Vliv tepelného stresu na chov dojnic**

**Bakalářská práce**

**Kateřina Cihlářová**

**Ekologické zemědělství**

**Ing. Jaromír Ducháček, Ph.D.**

**© 2022 ČZU v Praze**

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci " Vliv tepelného stresu na chov dojnic" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské 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 bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 22.4.2022

---

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucímu své práce Ing. Jaromíru Ducháčkovi, Ph.D. za trpělivost, odborné vedení, věcné rady a připomínky, které mi pomohli tuto práci zkompletovat.

# Vliv tepelného stresu na chov dojnic

## Souhrn

Práce shromažďuje aktuální informace, týkající se vlivu tepelného stresu v letních měsících na chov dojného skotu. První část práce se zabývá podstatou welfare v chovech dojného skotu a důležitostí dobrého zdravotního stavu zvířat. Následuje charakteristika samotného tepelného stresu, příčiny a biochemické změny v organismu vystaveném vysokým teplotám. Dále také důsledky tepelného stresu a změny v chování zvířat. Ty spočívají ve změnách v příjmu krmiva a vody, změnách ve frekvenci ležení a stání a chování dojnic na pastvinách v období tepelného stresu. V návaznosti na to je zmíněno využití teplotně vlhkostního indexu (THI) a jeho hodnot s ohledem na pohodlí chovaných zvířat. Práce je zaměřena také na působení klimatických podmínek na zdraví, produkci a reprodukci skotu.

Další kapitoly se zabývají klimatickými faktory, a hlavními environmentálními faktory, které ovlivňují dojný skot. Tato část zahrnuje rychlost větru, sluneční záření, relativní vlhkost a teplotu vzduchu. Mimo to je řešeno také stájové mikroklíma a část je zaměřena i na problémy spojené s výskytem stájových plynů.

Důležitou součástí řešení jsou kapitoly věnující se minimalizaci tepelného stresu v chovu dojnic, optimalizaci stájových podmínek a charakteristiku optimální stáje. Dále se odděleně věnuje pastevnímu a stájovému chovu, kde jsou popsány zmíněné systémy minimalizace tepelného stresu. Konkrétně jde o systémy pro ochlazování skotu, jako jsou ventilační systémy, evaporizační systémy či využití stinných ploch.

**Klíčová slova:** mléčná užitkovost; teplotně-vlhkostní index; zabřezávání; zdravotní stav

# Influence of heat stress on dairy cattle breeding

## Summary

This thesis gathers current information regarding the influence of heat stress in the summer months on dairy cattle breeding. The first part of the work deals with the importance of welfare in dairy cattle breeding and the importance of animal health. This is followed by a description of the heat stress, the causes and biochemical changes in the organism exposed to high temperature. Furthermore, the consequences of heat stress and changes in animal behavior. These consist of changes in feed and water intake, changes in the frequency of lying and standing and behavior of dairy cows on pasture during periods of heat stress. The task also focuses on the use of the temperature humidity index (THI) and its values with regard to the comfort of farmed animals. The compilation also deals with the effects of climatic conditions on the health, production and reproduction of cattle.

The next chapters deal with climatic factors, and the main environmental factors affecting dairy cattle. This part includes wind speed, sunlight, relative humidity and air temperature. In addition, the stable microclimate was also addressed and part of the work focuses on the problems associated with the occurrence of stable gases.

An important part of the research are chapters devoted to minimizing heat stress in dairy farming, optimizing stable conditions and the characteristics of the optimal stable. The thesis also deals separately with grazing and stable breeding, where the mentioned systems of minimizing heat stress were described. Specifically, these are systems for cooling cattle, such as ventilation, evaporation systems or the use of shady areas.

**Keywords:** milk yield; temperature-humidity index; conception; health condition

# Obsah

<b>1 Úvod</b> .....	<b>7</b>
<b>2 Cíl práce</b> .....	<b>8</b>
<b>3 Welfare a zdraví dojnic</b> .....	Chyba! Záložka není definována.
<b>4 Tepelný stres</b> .....	<b>10</b>
<b>4.1 Šlechtění na odolnost proti tepelnému stresu</b> .....	<b>11</b>
<b>4.2 Teplotně vlhkostní index</b> .....	<b>12</b>
<b>4.3 Biochemické změny v organismu</b> .....	<b>13</b>
<b>4.4 Příčiny tepelného stresu</b> .....	<b>14</b>
<b>4.5 Důsledky tepelného stresu a změny v chování</b> .....	<b>14</b>
4.5.1 Změna v příjmu krmiva a vody .....	23
4.5.1.1 Vliv výživy a krmení na tepelný stres .....	23
4.5.1.2 Vliv využití chlazené vody k napájení.....	23
4.5.2 Změny ve frekvenci ležení a stání .....	23
4.5.3 Chování dojnic na pastvinách v období tepelného stresu.....	23
<b>4.6 Vliv tepelného stresu na produkci a reprodukci</b> .....	<b>19</b>
4.6.1 Vliv na produkci .....	23
4.6.2 Vliv na reprodukci .....	21
<b>5 Klimatické faktory</b> .....	<b>23</b>
<b>5.1 Hlavní fyzikálně enviromentální faktory ovlivňující skot</b> .....	<b>24</b>
<b>5.2 Stájové mikroklima</b> .....	<b>26</b>
<b>5.3 Stájové plyny</b> .....	<b>26</b>
<b>6 Technologická řešení pro minimalizaci tepelného stresu</b> .....	<b>27</b>
<b>6.1 Charakteristika optimální stáje</b> .....	<b>28</b>
<b>6.2 Pastevní ustájení</b> .....	<b>28</b>
<b>6.3 Stájový chov</b> .....	<b>29</b>
6.3.1 Systémy pro ochlazování skotu .....	30
6.3.1.1 Větrací systémy.....	31
6.3.1.1.1 Přirozené větrání.....	33

6.3.1.1.2 Nucené větrání.....	33
6.3.1.2 Kapalná zařízení .....	34
<b>7 Závěr .....</b>	<b>35</b>
<b>8 Literatura .....</b>	<b>37</b>





# 1 Úvod

Jedněmi z hlavních dopadů lidské činnosti na klima je celosvětové zvýšení hladiny CO<sub>2</sub> v ovzduší, změny chemických i biologických vlastností půdy a neustálé čerpání půdních živin. Soubor těchto faktorů neodmyslitelně vedl ke klimatické změně a změně minimálních a maximálních teplot po celém světě. To vše má neblahý dopad na zemědělskou produkci a zejména na zemědělská zvířata.

Tepelný stres je především v této době – době globálního oteplování velmi často zmiňovaným problémem, a to zejména v chovech vysokoprodukčních dojnic. Komfortní zónou pro dojný skot jsou teploty zhruba od 4 do 16 °C, což jsou hodnoty, které jsou dnes v letních měsících nezhodně překračovány. Dle současných prognóz tedy můžeme počítat s nárůsty teplot i nadále. Nejvíce ovlivněnou kategorií jsou vysokoprodukční dojnice, které produkují vyšší množství metabolického tepla a často nejsou samy schopny dojít k tělesné tepelné rovnováze. Pro tuto skupinu dojnic je velmi podstatná regulace stájového mikroklimatu a snižování okolních teplot ze stran chovatelů.

Hlavním problémem tepelného stresu v chovu skotu je ten, že při špatné technologii ustájení a chybném řízení mikroklimatu postihuje velká množství dojnic najednou. Dopady poté přetrvávají až do podzimních měsíců a jsou doprovázeny mnoha problémy, které v extrémních případech v některých koutech světa mohou vést až k úhynu.

Tepelný stres ovlivňuje ve velkém měřítku zdraví zvířat, jejich produkci a reprodukci i welfare a díky tomu má vliv i na ekonomiku celého podniku. Jako reakce na tepelný stres (TS) mohou u zvířat nastat problémy s motorikou, dochází i ke změně příjmu krmiva a vody, a to především k omezení příjmu krmiva u vysokoprodukčních dojnic, což vede ke snížení produkce mléka. Naopak při tepelném stresu se příjem vody zvyšuje ve velké míře, a to zejména jako důsledek nadměrného pocení. Všechny tyto faktory jsou vzájemně propojeny, a proto i změny v chování krav, jako je preference ležení v hnojných chodbách může vést ke zdravotním problémům jakou jsou mastitidy.

Efektivním způsobem jak omezit důsledky tepelného stresu je změna managementu chovu, přizpůsobení stájových podmínek zvyšujícím se teplotám a to především využíváním stinných míst, větracích systémů, izolací a evaporace a přizpůsobení krmné dávky. Dalším způsobem je preference genetických linií, které se lépe přizpůsobují vyšším okolním teplotám. Výhodou může být i využívání pastevních výběhů, nejlépe s možným využitím stinných ploch.

## **2 Cíl práce**

Cílem bakalářské práce bylo především formou literární rešerše sepsat aktuální poznatky o vlivu tepelného stresu na chov dojného skotu. Na začátku práce je definován stres u dojnic, resp. příznaky stresu s důrazem na letní období roku a vysoké průměrné teploty. V další části se práce zabývá vlivem vysoké teploty a kombinace teploty s vlhkostí na mléčnou užitkovost. Dále je dílčím cílem i popsání vlivu nevhodných vnějších klimatických, resp. mikroklimatických podmínek na výsledky reprodukce a zdraví dojného skotu.

### 3 Welfare a zdraví dojnic

Pokud hovoříme o dobrých životních podmínkách pro zvířata, většinou je můžeme rozdělit do tří širokých kategorií, které se zabírají psychickým stavem zvířete, fyzickým stavem a možnostmi zvířete projevovat své přirozené chování. Všechny tyto aspekty jsou obvykle zahrnuty do oficiálních definic, popisující zdraví a welfare zvířat (von Keyserlingk et al. 2009).

Chovatelé přirozeně berou zřetel především na druhou zmíněnou kategorii, která řeší problémy, jako jsou zranění, nemoci, špatný celkový fyzický stav nebo reprodukční problémy, které mají neblahý dopad jak na zvíře, tak na správný chod farmy. Zmíníme-li problémy zabývající se afektivním stavem, zaměříme se zejména na bolest, strach, hlad či prožití stavů jako je radost spojená s hrou. Posledním bod se zabývá možnostmi zvířete žít relativně přirozeným životem a projevovat své přirozené chování (von Keyserlingk et al. 2009).

V historii bylo vyvinuto několik technik pro měření jednotlivých ukazatelů snížené pohody u hospodářských zvířat. Mnoho z těchto měření je kombinováno ve snaze získat lepší přehled o welfare. Obecně existuje několik ukazatelů, jako například snížený příjem krmiva, který se vyskytuje u většiny zdravotních problémů. Naopak jiní ukazatelé indikují především jeden problém, jako například zvýšená dechová frekvence indikující tepelný stres. Kombinací různých typů ukazatelů jsme schopni poskytnout dobrý základ pro odhalování snížené pohody zvířat (Leliveld 2020).

Je zřejmé, že všechny aspekty nedostačujícího welfare se navzájem překrývají a mnohdy jsou na sebe vázány. Příklad můžeme uvést na kulhající dojnici, jež není ochotná dlouze vyhledávat stinné místo v horkém dni (projev přirozeného chování), pravděpodobně tedy bude vystavena nepříjemnému teplu (afektivní stav) a následně může vykazovat známky hypertermie, spojené s následným snížením produkce mléka (špatný fyzický stav). Naopak zlepšení jakéhokoli z těchto parametrů může pravděpodobně vést ke zlepšení celkového stavu zvířete, včetně ostatních parametrů (Fraser 2003).

Tepelný stres může být jedním z faktorů, který vyvolává afektivní chování dojnic. U zvířat jsou v tomto stavu vyvolávány pocity hladu či žízně, a dokonce existuje přímý vztah mezi tepelným stresem, frustrací, bolestí a agresí (Polsky & Keyserlingk 2017). Pokud zvířata ztratí schopnost regulovat své potřeby, jako je potřeba vody či stínu pro snížení tělesné teploty, dochází k omezení jejich dobrých životních podmínek. Ty však nemusí být vždy nutně propojeny s biologickým stavem. Hodnocení pocitů u zvířat je velmi obtížné kvantifikovat, proto se v návaznosti na zjišťování kvality welfare začali provádět pokusy testující preferenci a motivaci zvířat (Keyserlingk et al. 2017).

## 4 Tepelný stres

S ohledem na welfare, zdraví a užitkovost hospodářských zvířat je tepelný stres a jeho dopady na organismus stále důležitějším faktorem v chovu dojného skotu. Jeho vzrůstající tendence je v úzké souvislosti s globálním oteplováním nemálo zmiňovaným jevem v literatuře posledních let (Hoffmann et al. 2020). Chovatelům je stále známější fakt, že působení vysokých teplot a následný tepelný stres značně ovlivňuje ekonomickou stránku podniku (Doležal 2010). Gantner et al. (2017) ve své práci uvádí, že do roku 2050 budou na většině země zaznamenávány střední teploty vyšší, než ty, které nyní považujeme za extrémní. Globální oteplování tedy bude nutit chovatele rozvíjet další strategie pro optimalizaci chovného prostředí s cílem minimalizovat dopady vysokých teplot na dojný skot. Tepelný stres lze definovat jako stav, ke kterému dochází, nemá-li zvíře možnost odvádět dostatečné množství přebytečného tepla, k udržení tělesné tepelné rovnováhy. To může následně vyvolávat fyziologické a behaviorální reakce vedoucí k fyziologickým poruchám, jež negativně ovlivňují produkční i reprodukční schopnost skotu (West 2003).

Pro hodnocení tepelného stresu je důležitá znalost termoneutrální zóny. Ta je definována jako rozsah teplot vnějšího prostředí, při nichž je možné udržovat rovnovážnou tepelnou bilanci a pozorovat nejnižší úroveň látkové výměny bez zapojení aktivních mechanismů fyzikální či chemické termoregulace. Pro většinu zvířat má termoneutrální zóna velmi úzký rozsah a někdy její rozsah dokonce splývá s kritickým bodem. Překročení spodní nebo horní hranice termoneutrální zóny vede ke zvýšení produkovaného množství tepla, související se zapojením fyzikální nebo chemické termoregulace. Hodnoty termoneutrální zóny se mohou měnit podle kombinace teplotních podmínek prostředí, užitkových vlastností a celkovém stavu zvířete. Je ovlivněna plemennou příslušností, věkem, pohlavím, hmotností, výživou, nebo i způsobem života či ustájením. Pro dojnice je termoneutrální zóna často označována mezi -10 a 24°C, nejčastěji se však zmiňují teploty právě 4 – 16 °C (Sova et al 1990). Zjednodušeně je termoneutrální zóna okamžikem, kdy je metabolická produkce tepla minimální, stejně jako energetický výdej. Většina tělesných procesů je v této chvíli nejvíce efektivní a zvíře se nachází v termickém komfortu (Zejdová et al. 2014).

Vzhledem k velké tělesné kapacitě a vysoké rychlosti metabolismu jsou zejména vysokoprodukční dojnice extrémně citlivé na tepelný stres. Mezi faktory, které k němu přispívají, patří teplota vzduchu, relativní vlhkost, sluneční záření a rychlost vzduchu. Pokud se efektivní teplota stane vyšší než je termoneutrální zóna dojnice, začne docházet k tepelnému stresu (Shiao et al. 2011). Ke komplexnímu zhodnocení situace v chovu je nutné získat nezbytné informace. Je důležité, aby si chovatelé osvojili různé mechanismy, pomáhající se vyrovnat s environmentálními problémy. Dále je nutné využívat etologických poznatků, které udávají, jak se pokouší vypořádat s nadměrnými teplotami samotný skot. V závislosti na těchto skutečnostech by následně mělo dojít k výběru specifických postupů, strategií a taktik pro minimalizaci působení nadměrných teplot na skot (Doležal 2010).

Významnou příčinou tepelného stresu pro vysokoprodukční dojnice je právě množství produkovaného metabolického tepla, spojená s jejich vysokou mléčnou užitkovostí. Přítomnost vysokých teplot neumožňuje uvolnění dostatečného tělesného tepla těchto dojnic do okolí a nedochází k tepelné výměně, která by zajistila správný chod organismu. Tato skutečnost vede často k nedostatečné regulaci tělesné teploty, čímž stoupá riziko propuknutí tepelného stresu (Rhoads et al. 2009).

Měření okamžiku, kdy se skot dostává do tohoto stavu je velmi komplikované, především proto, že reakce na tepelný stres ovlivní nejen energetickou bilanci, ale také metabolismus vody, K, Na a dalších látek. Právě tyto látky jsou důležitými komponenty potu vzniklého během probíhající hydrózy (pocení), které je nejpodstatnějším termoregulačním mechanismem schopným regulovat přebytek tělesného tepla. Díky velkému přírůstku metabolického tepla souvisejícího s vysokým příjmem krmiva vysokoprodukčních dojnic, mají právě tyto dojnice větší šanci podlehnout tepelnému stresu, než méně produkční kusy. Takto fungující systém zamezuje projevit plný genetický potenciál vysokoprodukčních dojnic (Kadzere et al. 2002).

Za hlavní způsob pro odvod tepla u skotu je považováno chlazení odpařováním. To je ovlivněno vlhkostí, rychlostí větru, a především fyziologickými faktory, jako rychlostí dýchání, hustotou a aktivitou potních žláz nebo rychlostí metabolismu. Dle studií je skot schopný se aklimatizovat vyšším teplotám během 2 – 7 týdnů, dojde-li ovšem k selhání homeostázy, může to pro organismus znamenat snížení produktivity nebo dokonce smrt. Znalost typických behaviorálních příznaků, projevujících se během tepelného stresu může chovatele upozornit na potenciální problémy, zejména v oblastech klimaticky náchylných na vysoké extrémní teploty. Během vysokých teplot mají domestikovaná plemena skotu mnohem horší tepelnou regulační kapacitu než plemena typu Zebu, to záleží především na odlišné rychlosti metabolismu, spotřebě potravy a vody, rychlosti pocení a vlastnostem a barvy srsti. Tur domácí má přirozeně vyšší tepelnou zátěž na kůži, z toho důvodu musí být schopen odpařovat významně větší množství potu než Zebu, aby byl schopen zachovat svou normální tělesnou teplotu (Blackshaw & Blackshaw 1994).

#### 4.1 Šlechtění na odolnost proti tepelnému stresu

Abychom byli schopni udržet optimální živočišnou výrobu i během klimaticky náročných období, je nutné využívat geneticky vhodná zvířata, se schopností přežít v rozmanitém prostředí. Pro zlepšení přizpůsobivosti hospodářských zvířat jsou důležité biologické markery, které detekují biologické stavy a změny v genetické expresy. Ty dále slouží jako referenční body pro šlechtění a genetické zlepšování zvířat. Použití biomarkerů obvykle slouží pro identifikaci zvířat, která vynikají nadprůměrnými vlastnostmi. Kromě toho jsou nyní přínosem pro řešení adaptivity zvířat ke změnám klimatu. K identifikaci vhodných biomarkerů, které jsou přínosné pro práci s adaptabilitou zvířat je důležité systematické hodnocení dopadů tepelného stresu na hospodářská zvířata. Tímto přístupem můžeme

identifikovat genotypové i fenotypové znaky, které nám mohou sloužit jako indikátory citlivosti a tolerance zvířat vůči vysokým okolním teplotám. Následně můžeme provádět pomocí biomarkerů selekci zvířat, která budou zahrnuta do šlechtitelských programů ve snaze vyvinout termotolerantní plemena. Tímto způsobem lze vyvinout systém pro udržitelnost živočišné produkce i při stále se měnící klimatické situaci (Sejian et al. 2018).

## 4.2 Teplotně – vlhkostní index (THI)

Stupeň pohodlí pro dojnice a jiné savce je tradičně hodnocen pomocí tepelně vlhkostního indexu, který je zjišťován z několika parametrů, jako je teplota rosného bodu, relativní vlhkost či aktuální teplota. Tento systém je používán ke zkoumání podmínek tepelného stresu především díky jeho relativní jednoduchosti a dostupnosti meteorologických dat použitých pro jeho provedení (Lallo et al. 2018). Za určitá omezení THI můžeme považovat skutečnost, že neumožňuje propojení a vyhodnocení dalších atmosférických proměnných, která mají na svědomí ovlivňování zvířat (sluneční svit, vítr atd.). Nicméně obecně je THI považováno za velmi užitečný nástroj k předpovídání dopadů tepla na hospodářská zvířata, i za předpokladu odlišné náchylnosti zvířete s ohledem na plemeno, výživu, stáří či typ ustájení (Segnalini 2013).

Je dokázáno, že stupeň tepelného stresu se mění s klimatickými charakteristikami, například vlhkost hraje větší roli při stresu v oblastech s vysokou vlhkostí, zatímco teplota má větší vliv v oblastech semiaridního klimatu (tzn. polopouště či stepní podnebí). Pro odlišná podnebí tedy byly vyvinuty odlišné vzorce pro výpočet THI (Herbut & Angrecka 2018 a).

Studie, které se zaměřují na vztah mezi teplotně vlhkostním indexem a tělesnou teplotou skotu vysvětlují fyziologické stavy dojnic vystavených různým podmínkám tohoto indexu. To má pro nás velký význam z hlediska krmení a managementu chovu skotu. Index lze využívat jako důležitý environmentální faktor ke zjišťování stavu tepelného stresu a jeho míry u zvířat (Herbut & Angrecka 2018 a). Dle Lucase et al. (2000) studie uvádí, že pokud THI < 68 nepozorujeme u zdravých zvířat žádné problémy, THI 72 -75 se zvíře dostává do diskomfortních podmínek a začínají se objevovat projevy tepelného stresu, THI 79 – 84 zvířata vykazují znatelný pokles užitkovosti a neobvyklé chování, za mimořádných podmínek THI > 88 dochází k silnému tepelnému stresu a bez zásahu může dojít k úmrtí zvířete, především pokud podmínky trvají delší dobu. Znázornění můžeme vidět v následující tabulce (Lucas et al. 2000).

		RELATIVE HUMIDITY																																																						
DEG	DEG	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100																																		
F	C																																																							
72	22.2																					72	72																																	
73	22.8																					72	72	73	73																															
74	23.3																					72	72	73	73	74	74																													
75	23.9																					72	72	73	73	74	74	75	75	76	76																									
76	24.4																					72	72	73	73	74	74	75	75	76	76	77																								
77	25.0																					72	72	73	73	74	74	75	75	76	76	77	77																							
78	25.6																					72	72	73	73	74	74	75	75	76	76	77	77	77																						
79	26.1																					72	72	73	73	74	74	75	75	76	76	77	77	78	78	79																				
80	26.7																					72	72	73	73	74	74	75	75	76	76	77	77	78	78	79	80																			
81	27.2																					72	72	73	73	74	74	75	75	76	76	77	77	78	78	79	80	81																		
82	27.8																					72	72	73	73	74	74	75	75	76	76	77	77	78	78	79	80	81	82																	
83	28.3																					72	72	73	73	74	74	75	75	76	76	77	77	78	78	79	80	81	82	83																
84	28.9																					72	72	73	73	74	74	75	75	76	76	77	77	78	78	79	80	81	82	83	84															
85	29.4																					72	72	73	73	74	74	75	75	76	76	77	77	78	78	79	80	81	82	83	84	85														
86	30.0																					72	72	73	73	74	74	75	75	76	76	77	77	78	78	79	80	81	82	83	84	85	86													
87	30.6																					72	72	73	73	74	74	75	75	76	76	77	77	78	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87												
88	31.1																					72	72	73	73	74	74	75	75	76	76	77	77	78	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88											
89	31.7																					72	72	73	73	74	74	75	75	76	76	77	77	78	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89										
90	32.2																					72	72	73	73	74	74	75	75	76	76	77	77	78	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90									
91	32.8																					72	72	73	73	74	74	75	75	76	76	77	77	78	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91								
92	33.3																					72	72	73	73	74	74	75	75	76	76	77	77	78	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92							
93	33.9																					72	72	73	73	74	74	75	75	76	76	77	77	78	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93						
94	34.4																					72	72	73	73	74	74	75	75	76	76	77	77	78	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94					
95	35.0																					72	72	73	73	74	74	75	75	76	76	77	77	78	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95				
96	35.6																					72	72	73	73	74	74	75	75	76	76	77	77	78	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96			
97	36.1																					72	72	73	73	74	74	75	75	76	76	77	77	78	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97		
98	36.7																					72	72	73	73	74	74	75	75	76	76	77	77	78	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	
99	37.2																					72	72	73	73	74	74	75	75	76	76	77	77	78	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99
100	37.3																					72	72	73	73	74	74	75	75	76	76	77	77	78	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99
101	38.3																					72	72	73	73	74	74	75	75	76	76	77	77	78	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99
102	38.9																					72	72	73	73	74	74	75	75	76	76	77	77	78	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99
103	39.6																					72	72	73	73	74	74	75	75	76	76	77	77	78	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99
104	40.0																					72	72	73	73	74	74	75	75	76	76	77	77	78	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99
105	40.6																					72	72	73	73	74	74	75	75	76	76	77	77	78	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99
106	41.1																					72	72	73	73	74	74	75	75	76	76	77	77	78	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99
107	41.7																					72	72	73	73	74	74	75	75	76	76	77	77	78	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99
108	42.2																					72	72	73	73	74	74	75	75	76	76	77	77	78	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99
109	42.3																					72	72	73	73	74	74	75	75	76	76	77	77	78	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99
110	43.3																					72	72	73	73	74	74	75	75	76	76	77	77	78	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99
111	43.9																					72	72	73	73	74	74	75	75	76	76	77	77	78	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99
112	44.4																					72	72	73	73	74	74	75	75	76	76	77	77	78	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99
113	45.0																					72	72	73	73	74	74	75	75	76	76	77	77	78	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99
114	45.4																					72	72	73	73	74	74	75	75	76	76	77	77	78	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99</

krav došlo také ke snížení některých látek v krevním řečišti (triglyceridů, P a aminotransferázy). U krav plemene Jersey došlo ke snížení koncentrace AST (Aspartátaminotransferáza), která patří mezi animotransferázy, jde tedy o enzym katalyzující transaminaci. Prostřednictvím biochemické analýzy bylo zjištěno, že během tepelného stresu se u dojnic snižuje množství metabolitů souvisejících s energií. Dále byla zjištěna diferenciacie imunitních buněk (PBMC – periferní krevní mononukleární buňky) v závislosti na plemeni. Holštýnský skot vykazoval zvýšený podíl B-lymfocytů, naopak monocyty vykazovaly klesající tendenci (Seok et al. 2021).

#### 4.4 Příčiny tepelného stresu

Hansen (2009) definoval tepelný stres jako působení vnějších sil, které způsobují u živočicha zvýšenou tělesnou teplotu a vyvolávají fyziologickou odezvu organismu. Problém tepelného stresu je spojen především s vysokou vzdušnou vlhkostí a s vysokými teplotami v prostředí, kde jsou chována zvířata (Hill & Wall 2015). Ve stížených podmínkách je zvíře schopno odvádět přebytečné teplo především zvýšením frekvence dýchání, lapáním po dechu, pitím či pocením, dále také sníženým příjmem krmiva, delší prodlevou mezi ležením, vyhledáváním stínu nebo sníženou aktivitou (Schutz et al. 2009). Z tohoto vychází, že udržování správné teploty je zásadním bodem pro chov zdravých a vysokoužitkových dojnic

Ačkoli je vysoká teplota vzduchu společně s relativní vlhkostí považována za hlavního protagonistu při výskytu tepelného stresu, intenzitu stresu ovlivňuje několik dalších mikroklimatických faktorů. Významnou roli hrají pohyb vzduchu a sluneční záření, jejichž kombinace má velký vliv na regulaci tepelné bilance skotu (Herbut et al. 2018).

Dalšími faktory, které ovlivňují výskyt a intenzitu průběhu tepelného stresu mohou být například plemeno skotu, věk a fáze laktace konkrétní dojnice, množství produkovaného mléka, tělesná kondice dojnice, ale také krmná dávka a množství přijatého krmiva a vody (West 2003).

#### 4.5 Důsledky tepelného stresu a změny v chování

Dramatický dopad tepelného stresu na produkci mléka dojnic byl v posledních letech hlavním cílem výzkumu klimatu (West, 2003). Vystavení dojnic těmto podmínkám má za následek časté změny chování, fyziologické reakce a endokrinnologické změny, které vedou k následnému snížení reprodukční výkonnosti. Podstatnými faktory jsou změny v hypothalamus-hypofýzo-ovariální ose. Konkrétními změnami může být zhoršená sekrece gonadotropinu, zhoršený vývoj folikulů a snížená produkce steroidů. Tyto faktory souvisí s následným potlačením říjového chování, sníženým vývojem oocytů a kvalitou embryí (Roth 2020). Vysoká tepelná zátěž může vyvolávat i změny na úrovni motorické aktivity, frekvencích ležení a odpočinku, příjmu krmiva a vody, ale také změny podporující agresi, strach či změny vokalizace (Herbut et al. 2021). Zvířata se snaží uplatnit i tzv. etologickou



adaptaci, která jim umožní uplatnit širokou škálu behaviorálních reakcí, které pomáhají redukovat další tepelnou zátěž a ovlivnit tělesnou tepelnou výměnu (Doležal 2010). Zvýšení okolní teploty negativně ovlivňuje hypotalamus a tím i centrum chuti, a to vede ke snížení příjmu krmiva. Ten začíná klesat podle studií při 25 °C a při 30 °C se již snižuje o 40 %, čímž u zvířat dochází k negativní energetické bilanci. Následně klesá tělesná kondice, dochází ke změnám fyziologických mechanismů v bachoru, dochází k metabolickým poruchám a může docházet k hypofunkci štítné žlázy. Teplo může dále vést k hypofunkci (snížená funkce) štítné žlázy (Das et al. 2016).

Zvíře, které podléhá tepelnému stresu, vykazuje zvýšenou respiraci a zvýšenou úroveň pocení, to má za následek zvýšení ztráty tekutin. Zvýšenou úrovní respirace navíc dochází ke zvýšené expiraci CO<sub>2</sub>, to může vést k respirační alkalóze a poklesu H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> v krvi. Tento pokles vede k vylučování bikarbonátu močí, aby byl zachován poměr kyseliny uhličité a hydrogenuhličitanů v krvi. Nadbytek tepla a s tím spojené nechutenství dále vede ke snížení pH bachoru, a to dále k subklinické či akutní bachorové acidóze. Dalším důsledkem tepelného stresu je oxidační stres, jehož následkem je zvýšený výskyt reaktivity kyslíku v buňkách a tkáních. Tento proces má negativní dopad na fyziologické funkce a metabolismus. S tepelným stresem souvisí také subklinická nebo klinická ketóza a zvýšené riziko jaterní lipidózy a poškození funkce jater. Dalším problémem je zvýšená frekvence kulhání, která přichází se zvyšujícími se teplotami, především kvůli prodloužené době stání. Kulhání dále souvisí s nemocemi bílé čáry, vředy, ztenčováním chodidla a tím se zvyšuje pravděpodobnost dřívějšího vyřazení zvířete (Das et al. 2016).

#### **4.5.1 Změny v příjmu krmiva a vody**

Snížený příjem krmiva je reakcí, kterou vyvolá pokles rychlosti metabolismu a obvykle se začíná projevovat do dvou dnů od nástupu tepelného stresu. Během studií byly zaznamenávány především změny v příjmu sušiny a změny v době přežvykování (West et al. 2003), kdy se doba příjmu krmiva snižuje až o 60 % a doba přežvykování o 10 % (Doležal 2010).

Kadzera et al.(2002) uvedli, že u vysokoprodukčních dojnic, které jsou náchylné k tepelnému stresu, se projevuje větší snížení příjmu krmiva než u méně produkčních krav. Na základě jejich studií lze také konstatovat, že v období vysokých teplot se kromě změn v příjmu krmiva projevuje i zvýšený příjem vody, který je bezmála dvojnásobný.

Můžeme prohlásit, že spotřeba vody dojnici je při vysokých okolních teplotách extrémně zvýšená, a to především proto, že právě tyto klimatické podmínky vyvolávají procesy ztráty tepla odpařováním. Během vysokých teplot jsou insenzibilní respirace, jako výpar vody z dýchacích cest a výpar vody přes kůžispolečně se ztrátou vody ve stolici a moči pro organismus hlavními způsoby ztráty vody. Během tepelného stresu dochází u dojnic ke ztrátě vody především zvýšeným lapáním po dechu (respirační vypařování), sliněním a nadměrným pocením (kožní vypařování), často je však zjištěna o něco snížená tendence k močení a defekaci (Herbut et al. 2021). Podle Doležala (2010) se příjem vody na základě

jejích ztrát při evaporizaci zvyšuje až na dvojnásobek normálního příjmu. Doba příjmu vody se navíc prodlužuje až na 2,5 násobek běžného času a to především u vysokoprodukčních dojnic.

#### **4.5.1.1 Vliv výživy a krmení na tepelný stres**

Negativní důsledky tepelného stresu se mohou projevovat mnohem výrazněji v případě nutriční nevyváženosti a deficienci krmné dávky. V případě tepelného stresu by měla být základní krmná dávka zvýšena tak, aby byl organismus schopný energeticky pokrýt veškeré činnosti spojené s vyrovnáváním se s vysokými teplotami. Studie uvádí, že tyto činnosti zvyšují požadavky na energii dokonce o 15 %. Mezi faktory ovlivňující potřebu energie patří třeba zvýšený metabolismus, zvýšená frekvence dechu a zvýšená frekvence tepu. Můžeme říci, že nejběžnějším způsobem eliminace tepelného stresu je úprava krmné dávky, přičemž se soustředíme na dva hlavní cíle. Prvním je zvýšení energie v krmné dávce tak, aby byl schopen kompenzovat snížený příjem krmiva. Druhým cílem je zkrmování diet s nižší tepelnou odezvou, čímž dojde k redukci metabolického tepla. Dalšími doporučenými pravidly pro snížení tepelné zátěže je třeba zařazování vysoce stravitelných krmiv, s vysokým zastoupením koncentrátů, nebo přidání lehce fermentovatelných karbohydrátů (Doležal 2010).

Pro redukci tepelného stresu je velmi důležitá i technologie krmení. Vrchol krmné aktivity se v tato období přesouvají do období východu a západu slunce, především však do pozdních večerních hodin. Podle studií dojnice přijmou dokonce 80 % krmiva v průběhu noci, konkrétně mezi 20 a 23 hodinou. Z tohoto důvodu je vhodné zvážit zavážení až 2/3 krmiva do těchto pozdních hodin. Důvodem je především preventivní předejití kombinace tepelného environmentálního a metabolického vrcholu ve stejný čas. Při této úpravě krmného času dochází k metabolickému vrcholu v průběhu noci, kdy je transfer tepla z těl zvířat o mnoho snadnější díky radiaci a kondukci (Doležal 2010).

#### **4.5.1.2 Vliv využití chlazené vody k napájení**

Při vysokých teplotách stoupají ztráty vody evaporací pomocí kůže o 60 % a respirační evaporací o 50 %. V návaznosti na zvýšené ztráty vody se nároky na příjem vody podstatně zvyšují, z důvodu, že se zvyšuje intenzita jejího metabolismu. Podle dostupné literatury se v tropických dnech každý den obmění 25 – 35 % z celkového množství vody v těle skotu. Spotřeba vody u 1000 kg dojnice je podle výpočtů při teplotách okolo 10 °C asi 98 kg vody za den. Při teplotách tepelného stresu je schopna běžně přijmout i 198 kg vody denně. V případě, kdy dojnice začne pociťovat nedostatek vody, začne redukovat příjem krmiva a snaží se co nejvíce vody zadržet v těle. Významně se snižuje množství vyprodukované moči a zvyšuje se absorpce vody tlustým střevem, dochází k redukci objemu plazmy až do stavu hemokoncentrace, což je stav zahuštění plazmy, způsobený ztrátou tekutin (Doležal 2010).

Snižování tepelného stresu pomocí chlazené vody je relativně nově využívanou metodou, kdy dochází k absorpci nadměrného tělesného tepla do přijaté vody. Příjem chlazené vody působí na eliminaci tepelného stresu přímým chladícím účinkem v retikuloruminální oblasti. Navíc je hlavním prostředkem pro odvod tepla pomocí evaporace a přijatá voda sama redukuje vzestup tělesné teploty. Větší množství přijaté vody také pozitivně působí na zrychlení bachorových procesů a podporuje příjem krmiva, který může stoupat až o 24 % (Doležal 2010).

O větší absorpci tepla chlazenou vodou vypovídá i pokles dechové frekvence a hodnot rektální teploty, která podle studií do 10 minut klesá ze 40,1 °C na 39,5 °C. U dojnic s přístupem k chlazené vodě stoupá příjem sušiny o 3,1%, doba příjmu krmiva se zvyšuje i o 12,8% a produkce mléka se zvyšuje i o 2,4 kg mléka oproti dojnícím napájených nechlazenou vodou. Chlazení napájecí vody je i ekonomicky velice rentabilní, nicméně závisí na dostupné technologii a na počtu rizikových dní v roce a na dobré izolaci napajedel, pro udržení stabilní teploty vody (Doležal 2010).

#### **4.5.2 Změny ve frekvenci ležení a stání**

Jedním z behaviorálních indikátorů fyziologického a zdravotního stavu dojnic je délka doby ležení. Krávy běžně tráví ležením 8 až 16 hodin denně a optimalizace doby nerušeného ležení je pro jejich zdraví velmi důležitá. Dobu ležení lze použít jako jednoduché měřítko pro pohodu zvířat, z důvodu, že tepelný stres způsobuje zkrácení doby ležení (Herbut & Angrecka 2018 b). Změny frekvence mezi ležením a stáním jsou důležitou behaviorální odpovědí dojnic na přítomnost tepelného stresu (Herbut et al. 2021). V průběhu tepelného stresu jsou krávy apatické, vykazují snížené množství času stráveného ležením a u krav ustájených v systému volného ustájení je možné pozorovat zvýšenou frekvenci ležení v hnojových chodbách nežli v boxech (Herbut & Angrecka 2018 b). Důvodem je preference dojnic ulehát na studené, mokré betonové podlahy vhodné k ochlazení, před boxy se slámou (Herbut et al. 2021).

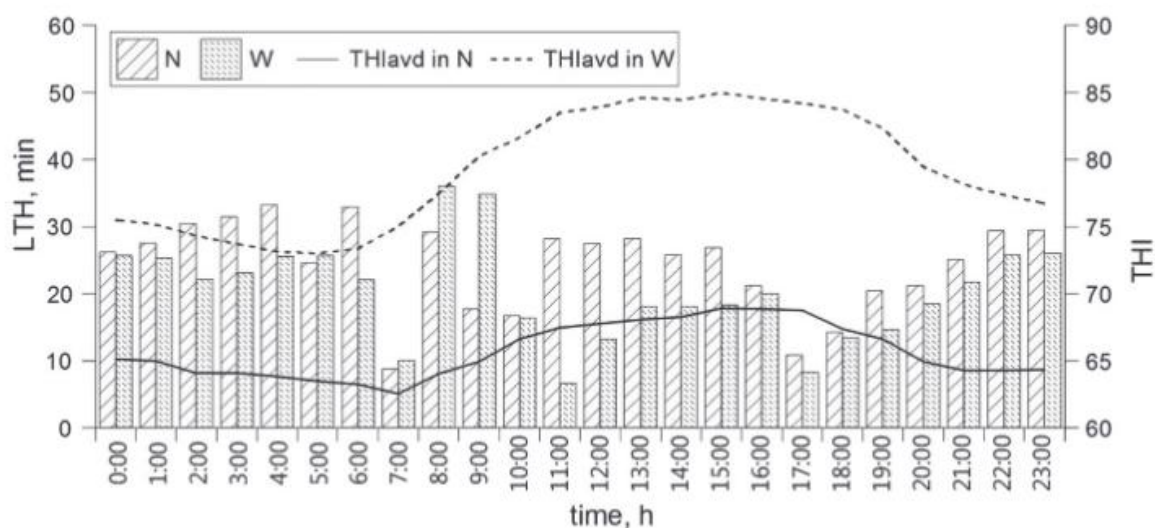
Dle Fregonesiho et al. (2007) je poloha vleže jedním z důležitých milníků z pohledu welfare, především proto, že zvyšuje frekvenci přežvykování. Během teplých období dojnice preferují k ležení zejména noční hodiny, díky sníženým teplotám vzduchu a snížené hodnotě THI, což zmírňuje dopady tepelného stresu i v průběhu následujícího dne. Dojnice podléhající tepelnému stresu dosahují pouze 55 % doby běžného přežvykování a ležení. Navíc ulehají v typické poloze na boku s nataženými končetinami, čímž zvětšují povrch tak, aby umožňoval co největší výdej tepla (Doležal 2010).

Frekvence ležení a stání však kromě klimatických faktorů závisí i na velikosti boxů, snadnosti vstávání a ulehání, typu boxů a přepážek mezi boxy. Dalšími ovlivňujícími znaky jsou počet zvířat nebo sociální vztahy ve stádě, dále prostor pro odpočinek nebo výživa dojnic (Camiloti et al. 2012).

Podle studií Herbuta & Angrecka (2018 b) v období neutrálních teplot leží v nočních hodinách průměrně více krav než v hodinách denních. Nejvíce krav (52,7 %) bylo zachyceno vleže okolo osmé hodiny ranní. Nejméně krav poté asi o dvě hodiny později, jak ukazují

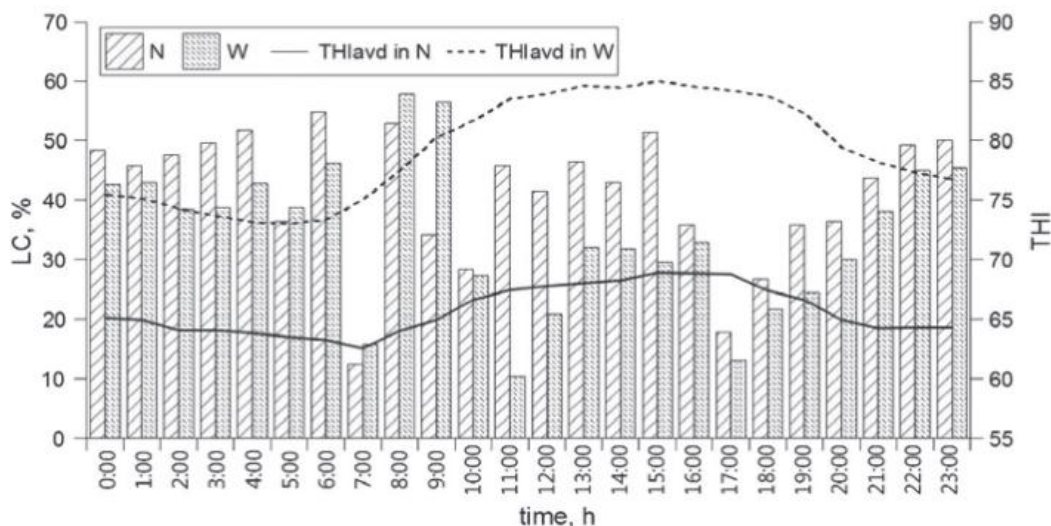
následující grafy. Největší nárůst procenta ležících krav byl zřejmý okolo třetí hodiny odpoledne a to 52,3 %. V období neutrálních teplot však na rozdíl od období tepelného stresu nebyla zjištěna žádná významná korelace mezi tepelně – vlhkostním indexem a procentem ležících krav. Popsané informace jsou přeneseny do následujících sloupcových grafů.

V tepelně náročném období je množství ležících krav menší v denních i nočních hodinách. V průměru v tomto období leží v noci o 6,3 % méně krav než v období tepelné neutrality a ve dne dokonce o 8,9 % krav méně. Rozdíl mezi množstvím ležících krav v noční a denní době byl při tepelné neutralitě stanoven na 3,5 %, v období tepelného stresu na 11,6 %. Během odpoledních hodin nebyl pozorován v ležení dojníc žádný rozdíl a průměr byl určen na 28,2 % stáda. Studie prokázala, že během nočních a denních hodin byla zjištěna velmi silná korelace mezi hodnotou THI a ulehání krav. Studie dokazují, že krávy ležely nejdéle konkrétně mezi 20:00 a 6:00, v období tepelného stresu byl tento čas však kratší. V průměru byl čas ležení zkrácen o 5 minut za hodinu. Zkrácení doby vleže je částečně kompenzován ranním odpočinkem, kdy však mají zvířata tendence ulehat v hnojných uličkách místo boxů (Herbut & Angrecka 2018 b).



LTH = průměrná doba ležení za hodinu

Tabulka č. 2. Množství ležících krav s ohledem na průměrné hodinové THI v období tepelné neutrality (N) a tepelného stresu (W) – zdroj: Herbut & Angrecka (2018 b)



LC = procento ležících krav

Tabulka č. 3. Průměrná doba ležení krav za jednu hodinu během období tepelné neutrality (N) a tepelného stresu (W) – zdroj: Herbut & Angrecka (2018 b)

### 4.5.3 Chování dojnic na pastvinách v období tepelného stresu

Podle Falka et al. (2012), který prováděl své výzkumy v Kanadě v době od června do září je přístup dojnic na pastviny opomíjeným způsobem jak regulovat působení tepelného stresu na dojnice. Ty výběhy využívají především v noční hodiny, čímž mají možnost se vyhnout zvýšeným hodnotám THI během dne.

Zejména u krav chovaných silvopastorálním způsobem (způsob udržitelného zemědělství, kombinující agrolesnictví a pasení zvířat) byla pozorována zvýšená frekvence trávení času pasením, díky příznivým podmínkám, a to především v odpoledních hodinách. Důležitá je možnost skotu trávit čas ve stinných místech, jako jsou například přístřešky či stáje, které chrání zvířata před atmosférickými vlivy, jako je déšť, sluneční záření a vysoké teploty vzduchu. Opomenout nelze ani vliv snížení hustoty krav na pastvině, čímž je sníženo tělesné tepelné záření a zlepšuje se možnost tepelné výměny u ležících krav, díky zvýšené rychlosti vzduchu na stinných místech (Calegari et al. 2012).

Studie Smida et al. (2019) ukázala, že pokud mají krávy volný přístup do stáje i na pastvinu, tráví většinu času, především mezi 20. a 6. hodinou právě ve výběhu. Poznatky Lengrand et al. (2009) dodávají, že v letních deštivých dnech tráví dojnice znatelně více času na pastvinách, především díky sníženému slunečnímu záření a ochlazení o mokrou chladnou půdu.

## 4.6 Vliv tepelného stresu na produkci a reprodukci

### 4.6.1 Vliv na produkci

Část negativního účinku na produkci mléka lze vysvětlit sníženým příjmem živin v teplém období, kdy zároveň dojde k redistribuci krevního toku do periferních tkání za účelem chlazení. Tímto způsobem je ovlivněn metabolismus živin, což přispívá ke snížení dojivosti během tepelného stresu (West 2003). Produktivita a užitkovost dojnic je velmi výrazně ovlivněna faktory prostředí. Když okolní teploty dosáhnou hodnot nad tepelnou neutrální zónu, dochází k ovlivnění laktace, růstu a reprodukce u všech chovaných zvířat. Výsledkem jsou velmi závažné ekonomické dopady na světový mlékárenský průmysl (St-Pierre et al. 2003). Ekonomické ztráty nesouvisí pouze s nižší produkcí dojnic, ale také se zvýšenými náklady na zdravotní péči, nebo sníženou kvalitou mléka (Rhoads et al. 2009). Tím, že tepelný stres snižuje zároveň příjem krmiva, konverzi živin a dojivost, je obecně přijímáno, že právě snížený příjem živin je zodpovědný za sníženou produkci mléka (West 2003). Dojivost však může být ovlivněna i přímo zatím ne příliš známými mechanismy. Tepelný stres například reguluje různé geny proteinových chaperonů (protein pomáhající správnému uspořádání polypeptidového řetězce) a propojuje cytoskeletální a buněčnou

transportní funkci v epitelárních buňkách mléčné žlázy v laboratorních podmínkách (Collier et al. 2008), není však prokázáno, jak tento princip pomáhá ke změně mechanismu pro syntézu mléka mimo laboratorní podmínky, přímo v těle dojnice (Shwartz et al. 2009).

Důležitým událostí je, že teplota, při které dojnice pociťují tepelný stres, se během let posunula na nižší hranici v závislosti na zvýšené produkci mléka a zvýšeném příjmu krmiva způsobující větší produkci metabolického tepla. Příjem živin dojnicemi je úzce spjat s množstvím produkovaného mléka. V teplém klimatu musí docházet k odvodu přebytečného tepla z těla, pro zachování tepelné neutrality a normálních fyziologických funkcí (Rhoads et al. 2009). Ve stádech s dojným skotem jsou k tepelnému stresu mnohem náchylnější dojnice s vysokým nádojem. Studie dokazují, že vysokoprodukční dojnice dosahují o 48,5 % vyšší produkci tepla, než dojnice se středním nádojem, ty zase o 27,3 % více než suchostojné krávy (Doležal 2010). Předpokládá se, že při zvýšení denního nádoje z 35 litrů na 45 litrů má dojnice předpoklady podlehou tepelnému stresu již při teplotách o 5 °C nižších (Bernabucci et al. 2014).

Sekrece a syntéza mléka jsou procesy velmi citlivé na fyziologické i environmentální podněty a jsou řízeny několika hormony. Jedním z dobře charakterizovatelných hormonů je somatotropin (ST), který během pozitivní energetické bilance rozděluje živiny směrem k mléčné žláze. Proces probíhá tak, že samotropin snižuje příjem živin mimomamárními tkáněmi a stimuluje syntézu a sekreci v játrech. Snížení příjmu živin a zvýšení IGF-I (růstový hormon a silný stimulant syntézy mléka) jsou klasickými příklady přímých a nepřímých mechanismů, kterými je zvýšena dojivost (Rhoads et al. 2009).

Zkoumán byl také vliv tepelného stresu na složení mléka. Výsledky týkající se obsahu tuku v mléce se však v různých výzkumech rozcházel. Summer et al. (2019) ve své práci sepsal tyto výsledky následujícím způsobem. V Itálii byly v roce 1993 zjištěny snižující se hodnoty obsahu tuku při hodnotách THI vyšších než 75. Při hodnotách nižších než 75 byl zjištěn obsah tuku 3,46 %. Vyšplhali se však hodnoty na 75, obsah tuku v mléce byl stanoven na 3,17 %. Roku 1999 se letní hodnoty tuku v mléce ustálily na 3,3 % a zimní na 3,67 %. V roce 2015 byl zjištěn významný pokles obsahu tuku v mléce během letních teplot, kdy se pohyboval okolo 3,2 %, zatímco v zimních měsících okolo 3,8 %. Další výzkumy z roku 2015 však nezjistily žádné významné rozdíly v množství tuku v mléce u tepelně stresovaných krav oproti kravám v tepelně neutrální zóně. Na rozdíl od sporných výsledků týkajících se tuku v mléce, bylo zjištěno, že obsah laktózy je během tepelného stresu neměnný. V mléce můžeme určit také dvě skupiny bílkovin, jimiž jsou kaseiny a syrovátkové bílkoviny. Kravské mléko je svým složením bohaté na kaseiny a obsahuje zhruba 77 % mléčných bílkovin. Proces výroby mléčných výrobků ovlivňuje právě složení proteinové frakce mléka a změny, kterými prochází v průběhu roku. U krav které postil tepelný stres je obvykle zjištěn pokles obsahu syrovátkových bílkovin a kaseinu v mléce. Při hodnotách THI nižších než 75 je obsah mléčných bílkovin v mléce zhruba 3 %, zatímco při hodnotách nad 75 se pohybuje okolo 2,8 %. V souvislosti s působením tepelného stresu byl zjištěn také pokles množství popelovin v mléce a změna pH. Ideální pH mléka, které je důležité pro zpracování výrobků se pohybuje okolo 6,67, při hodnotách THI nad 75 byl však zjištěn jeho pokles (Summer et al. 2019).

Gantner et al. (2017) provedl studii, při které byly zjišťovány hodnoty somatických buněk v mléce v průběhu tepelného stresu. Výsledky experimentu uvádí, že v období tepelného stresu dochází k výrazným změnám počtu somatických buněk (SCC), které jsou závislé na pořadí laktace a úrovni produkce dojníc. Nejvýznamnější zvýšení počtu bylo zaznamenáno u vysokoprodukčních dojníc na první laktaci, když se hodnoty THI pohybovaly mezi 68 a 78. Významný nárůst SCC byl zjištěn také u nízkoprodukčních dojníc holštýnského plemene na první laktaci, hodnoty však nebyly tak vysoké jako u první zmíněné kategorie. U krav na druhé laktaci byla zjištěna podobná úroveň výskytu SCC jako u vysokoprodukčních krav na první laktaci. Nízkoprodukční dojnice na druhé laktaci mají však naopak tendenci úroveň SCC snižovat. U starších krav na třetí laktaci se úroveň SCC u vysokoprodukčních dojníc klasicky zvyšovala, u nízkoprodukčních však docházelo ke snížení úrovně, v případě kdy bylo THI na úrovni 68, 69, 70 a 71. Počet somatických buněk slouží jako hlavní ukazatel zdraví vemene u dojníc. Výsledky ukazují, že během vysoké úrovně THI mohou dojnice snadněji podléhat vlivu subklinických či klinických mastitid.

#### **4.6.2 Vliv na reprodukci**

Skot je považován za nesezonní polyedrické zvíře, které je schopné projevat říji v jakémkoli období v roce (Doležal 2010). Tepelný stres je však jedním z hlavních parametrů, které ovlivňují plodnost dojníc a přispívají k nízkému procentu zabřezávání krav, které jsou inseminované v letních měsících. V porovnání s chladnějšími měsíci, může docházet až k 20 – 30% snížení zabřeznutí. Účinky vysokých teplot na plodnost přechází i do následujících podzimních měsíců a nízká plodnost přetrvává i v měsících, kdy krávy nejsou vystaveny vysokým teplotám a tepelnému stresu (De Rendis 2003). Tento stav má často u savců velký vliv na většinu reprodukčních ukazatelů (Hansen 2009).

Vysoké okolní teploty se podepisují na reprodukčních schopnostech především u vysokoužitkových dojníc a to proto, že se jejich organismus stále snaží o snížení produkce tělesného tepla. Při tomto procesu nutně redukuje příjem krmiva, mléčnou produkci a reprodukční aktivitu. Vysoké teploty působí na reprodukci přímým způsobem, a to ovlivňuje reprodukční tkáň. Dochází ke zvýšení teploty dělohy, která nepříznivě působí na embryonální vývoj (Doležal 2010), poruchy spermatogeneze a vývoje oocytů, dozrávání oocytů, embryonální mortalitu, špatný růst plodu a placenty (Hansen 2009). Dalším problémem mohou být tzv. folikulární vlny, ty u zvířat podléhajících tepelnému stresu prodlužují luteální fáze, prodlužuje se tak životnost žlutého tělíska a čas luteotýzy a regrese žlutého tělíska do původního stavu je posunut (Doležal 2010).

Pro správnou funkci vaječnicků, regulaci růstu folikulů a vývoj žlutého tělíska (CL) je podstatný luteinizační hormon (LH) a folikuly stimulující hormon (FSH). Tepelný stres dle dostupných studií snižuje sekreci luteinizačního hormonu a ovlivňuje jeho správnou funkci. Folikulární tkáň u krav podléhajících tepelnému stresu dokonce vylučují nižší hladinu steroidů, jako jsou právě LH a FSH. Snížená produkce LH nebo změny v citlivosti folikulárních buněk na tento hormon často zamezují správnému průběhu ovulace a tvorbě žlutého tělíska. Sekrece FSH se naopak při působení vysokých teplot zvyšuje a souvisí s větším počtem

folikulů ve vaječnicích. V souvislosti s tím byl prokázán pokles koncentrace inhibinu. To následně způsobilo další zvýšení koncentrace FSH, jenž stimuluje růst folikulů. Právě tento děj vede ke vzniku dvojité ovulace a v návaznosti na to se po letních inseminacích vyskytuje častější narození dvojčat. Nízká sekrece LH může způsobovat vývoj žlutého tělíska, které produkuje nízké hladiny progesteronu. Změna sekrece gonadotropinů společně se špatným vývojem žlutého tělíska nevyhnutelně způsobuje sníženou plodnost krav. Možnou kompenzací těchto změn je podání vyhovující dávky gonadotropinů na začátku říje, která vykompenzuje sníženou sekreci LH. Toto podání hormonů zvyšuje šanci k zabřeznutí především u krav v horší tělesné kondici, u kterých je známý nízký nárůst LH a dále u zapouštěných jalovic (Wolfenson 2019).

Tepelný stres také mění dynamiku růstu folikulů a způsobuje dvě významné změny. Prvním je nárůst počtu dominantních folikulů, který stojí pravděpodobně za již zmíněným častým výskytem dvojčat po letní inseminaci. Další změnou je prodloužení doby dominance preovulačního folikulu, což souvisí s jeho časným vznikem. To může částečně vysvětlovat dopad tepelného stresu na plodnost. Pokud hovoříme o ovlivnění reprodukce tepelným stresem, většinou se jedná o změny folikulů a oocytů. Na vysoké teploty jsou však citlivá i neimplantační embrya, kdy je jejich citlivost závislá na stádiu vývoje. Citlivější jsou dvoubuněčná embrya, oproti čtyřbuněčným až osmibuněčným stádiím vývoje. Embryonální citlivost je ovlivněna také různými plemeny, kdy jsou plemena typu zebu ovlivněna výrazně méně, než plemena jako je holstein. Vzhledem k vysoké citlivosti embryí v raných fázích, byl doporučen přenos embryí až v 8. den, čímž může být zmírněn účinek vysokých teplot (Wolfenson 2019).

Žluté tělísko je nezbytné pro správný embryonální vývoj z důvodu, že produkuje hormon progesteron. Stav, kdy CL není schopno produkovat dostatečné množství progesteronu, se označuje jako luteální insuficience. Tento výraz je spojován s nízkou plodností krav, proto, že progesteron slouží jako hormon pro podporu březosti. Umělé podávání progesteronu v období tepelného stresu pro zlepšení reprodukce je kontroverzní, a ne vždy je přínosné. Ke snížení produkce progesteronu nedochází při krátkodobému působení vysokých teplot, ale až při dlouhodobém chronickém působení. Na vysoké teploty je citlivá také ovariální zásoba oocytů. Oocyty získávají vývojový potenciál během vývoje folikulů, a proto mohou poruchy folikulů vyvolané tepelným stresem vést ke snížení kvality oocytů. Během studií byly odebrány oocyty od holštýnských krav a byla zjištěna vývojová zpoždění během prvních dvou embryonálních dělení. Další studie dokazují snížený podíl oocytů, které se po oplodnění vyvinuli do stádia blastocysty pod působením tepelného stresu. Zotavení oocytů vyžaduje období zhruba tří estrálních cyklů, teplo tedy prokazatelně působí na reprodukci i v následujících podzimních měsících (Wolfenson 2019).

U krav podléhajících tepelnému stresu byla v průměru snížena délka a intenzita říje. V létě se poté snižuje motorická aktivita a tím se snižují projevy říje, a naopak se zvyšuje výskyt anestrů a tiché ovulace, což vede ke zhoršení detekce říje. Z tohoto důvodu se snižují počty inseminací v letních měsících a zvyšuje se četnost inseminací nevedoucích k zabřeznutí (De Rendis 2003). Snaha o zlepšení detekce říje v letních měsících vedla k rozšíření používání



různých druhů aktivometrů a pedometrů, které by měli být schopny rozpoznat aktuální říjí u konkrétního kusu a tím zlepšit procento zabřezávání i během působení tepelného stresu. Někteří chovatelé se během letních měsíců uchýlili k využívání přirozené reprodukce ve snaze zvýšit množství zabřezlých krav. Zlepšená detekce díky vyhledávání říjí býkem je však kompenzována zhoršenou plodností býků během působení tepelného stresu (Armstrong 1994).

Kromě zmíněných možností pro zlepšení reprodukce byly použity i další pokusy, které spočívali ve snížení teploty ve stájích. Z těchto pokusů je nejosvědčenější kombinace stínu, ventilátorů a mlžících zařízení. Systémy fungující na principu snížení teploty ve stájích přinesli zjevné zvýšení plodnosti během tepelného stresu. Při jejich použití však nebylo dosaženo úrovně normální plodnosti (Armstrong 1994). Prokazatelným způsobem pro zlepšení zabřezávání je využívání synchronizačních protokolů a embryotransferu, čímž jsme schopni se vyhnout působení tepelného stresu na kvalitu oocytů. Embryotransfer je však úspěšnější metodou pouze v případě přenosu nezamražených embryí (Al Katanani et al. 2002).

## 5 Klimatické faktory

Živočišná výroba čelí mnoha problémům, počínající ekonomickým tlakem a dostupností krmiva, až po změnu klimatu. Na limitování rozvoje živočišné výroby se podílí mnoho faktorů, klimatické faktory však patří mezi ty rozhodující (Renaudeau et al. 2012). Vzhledem k prognózám pokračujícího globálního oteplování je zřejmé, že působení tepelného stresu na skot bude stále se rozšiřujícím problémem. Některé z prognóz věnujících se oteplování Evropy předpokládá, že se průměrná teplota každých 10 let zvýší dokonce o 0,4 °C (Doležal 2010).

Vliv klimatických podmínek na dojný skot je velmi nestálý, protože je ovlivněn prostředím, ve kterém jsou zvířata chována. Vliv klimatu na produkci a welfare je podle Ariase et al. (2008) studován od 50. let 20. století. Dojnice jsou ovlivněny klimatickými faktory přímo i nepřímo, protože se v závislosti na klimatu mění kvalita či množství krmiva, vody, množství spotřebované energie a způsob jejího využití (Arias et al. 2008).

Environmentální výzkumy týkající se živočišné výroby se zabývají především znečištěním životního prostředí, vzniklé koncentrací stovek hospodářských zvířat na malých plochách. Tento trend je však pouze okrajovým zlomkem problému, týkajícího se interakce mezi zvířaty a životním prostředím. O mnoho méně pozornosti dostává skutečnost, že změna klimatu neblaze působí na zdraví a užitkovost chovaných zvířat. S nepřízní klimatických podmínek se totiž zvířata vyrovnávají za pomoci změny některých fyziologických a behaviorálních mechanismů, což jim pomáhá udržet tělesnou teplotu v normálním rozmezí (Arias et al. 2008).

Dnes můžeme často pozorovat zvířata, jejichž schopnost vyrovnat se s extrémními klimatickými faktory dosáhla svého limitu. Díky mnoha studiím, které probíhali mnoho uplynulých let jsme v dnešní době schopni vyhodnocovat vliv různých faktorů, jako slunečního záření, teploty, srážek, rychlosti větru či třeba relativní vlhkosti. Všechny tyto

klimatické faktory mají přímý vliv na produkci a welfare zvířat. Kromě notoricky známých pojmů, jako je produkce či reprodukce však klimatické faktory ovlivňují i denní přírůstek, konverzi živin nebo i samotnou mortalitu (Arias et al. 2008).

## 5.1 Hlavní fyzikálně – enviromentální faktory ovlivňující dojný skot

### Teplota vzduchu

Teplota vzduchu je nejpoužívanějším faktorem k posuzování tepelného stresu a zároveň faktorem nejvíce zkoumaným (Arias et al. 2008). Komfortní okolní teplota byla Khalifou (2003) označena konstantním stavem tělesné teploty, která je udržována bez jakýchkoli fyziologických či behaviorálních změn. Proto bývá obecně průměrná teplota považována za hlavní faktor pro posuzování pohody zvířat (Silva & Ribeiro 2006). Historické domněnky o tom, že účinky vysokých teplot na dojnice jsou omezeny pouze na tropické oblasti, jsou již v této době vyvráceny. Problémy s vysokými teplotami vzduchu jsou v dnes v souvislosti s růstem globálních teplot relevantní i v oblastech mírného klimatu (Pinto et al. 2020).

Dojnice jsou na vysoké okolní teploty zvláště citlivé, a pokud nastanou teploty vyšší, než je jejich komfortní zóna, musí se s nimi vyrovnávat pomocí různých fyziologických reakcí, které je zbaví přebytečného produkovaného tepla. Pokud hovoříme o těchto fyziologických reakcích, jedná se především o zvýšenou respiraci, zvýšené prodělení krve do povrchových částí těla, zvýšenou úroveň pocení, spotřebu vody, srdeční frekvenci nebo sníženou frekvenci přežvykování (Hill & Wall 2015).

### Relativní vlhkost

Relativní vlhkost je považována za jeden z důvodů výskytu tepelného stresu především proto, že umocňuje efekt vysokých teplot (Silva & Ribeiro 2006). Hlavními negativními účinky vlhkosti je snížená schopnost odvádět tělesné teplo pocením a zvýšenou perspirací (Renaudeau 2005). Vysoká relativní vlhkost tedy snižuje šanci odvodu tepla z povrchu kůže i z dýchací soustavy (Silva & Ribeiro 2006).

Hlavní zdroj vlhkosti ve stáji tvoří samotná zvířata, dalšími zdroji jsou mokré plochy a vodní zdroje. Ideální relativní vlhkostí ve stáji je 40 – 80%. Přesto, že vysoká relativní vlhkost sama o sobě nemá na zvířata negativní vliv, její hodnota by neměla přesáhnout 85 %. Na druhou stranu je škodlivý i příliš suchý vzduch, a tak by hodnoty neměly klesnout ani pod 35%, tyto hodnoty se u nás však vyskytují velmi málo. Vzduch pod 35% relativní vlhkosti vysušuje sliznice dýchacích trubic a je jím regulován vliv přirozené protiinfekční bariéry, který je tvořen hlenovým povlakem sliznic horních cest dýchacích (Zejdová et al. 2014).

Z důvodu významné kombinace těchto dvou faktorů (relativní vlhkosti a teploty vzduchu) byl vyvinut index, zohledňující oba faktory. Tento index nejdříve našel využití pro lidské potřeby a postupně byl rozšířen i do chovu skotu, kde se teplotní vlhkostní index (THI) stal standardem v chovatelské praxi. THI však nezohledňuje další faktory, jako je sluneční

záření, rychlost větru či genotyp zvířat, jež jsou také důležitými faktory ovlivňující dojný skot (Arias et al. 2008).

### **Rychlost větru**

Rychlost větru má ve vztahu k dobrým životním podmínkám zvířat relativně velký význam. Vítr je podstatným faktorem pomáhající snižovat účinky tepelného stresu během letních měsíců a dochází díky němu i ke snadnějšímu odpařování přebytečného tepla z povrchu těla (Mader et al. 1997). Důležitost větru byla zařazena jako jeden z korekčních vlivů THI, z důvodu, že zvyšuje tepelné ztráty a pomáhá návrat zvířat do jejich teplotně komfortní zóny (Mader et al. 2006). Oproti letním měsícům, kdy jsou tepelné ztráty díky větru vítány, během zimních měsíců mohou působit na dojnice negativně (Arias et al. 2008). Kromě přívodu čerstvého vzduchu, totiž proudění vzduchu způsobuje i nechtěný transport stájových plynů. V zimních měsících může navíc způsobovat i průvan, což je obzvláště negativní faktor pro zvířata, která nemají možnost se ukrýt do příznivějších míst. Průvan je proudění vzduchu, které způsobuje ochlazování pouze určité části těla a tím dochází k podchlazení zvířete. To může vznikat při nepříznivém proudění už, když rychlost vzduchu překročí 0,3 metry za sekundu (Zejdová et al. 2014).

Ve stájích proudí vzduch jak vířivě, tak přímočaře. To je přímo závislé na konstrukci stáje, větracích systémech, netěsnostech či otevírání dveří a oken, tím vznikají nerovnoměrné proudění vzduchu. Optimální rychlostí proudění vzduchu ve stájích je 0,1 – 0,3 metry za sekundu, při vysokých teplotách ovzduší až 1,5 metry za sekundu. Tyto hodnoty mají dobrý vliv na krevní oběh a látkovou výměnu (Zejdová et al. 2014).

### **Sluneční záření**

Přímé i nepřímé sluneční záření je jedním z nejdůležitějších faktorů, které ovlivňují tepelnou bilanci skotu (Silanikove 2000), má však i pozitivní vliv a to v rámci produkce vitamínu D. Rovněž bylo dokázáno, že sluneční záření má přímý vliv na rektální teplotu skotu a rychlost respirace (Sevi et al. 2001). Množství tepla přijatého zvířetem ze slunečního záření však nezávisí pouze na intenzitě záření nebo teplotě zvířete, ale také na barvě jeho srsti. Tmavé povrchy jsou totiž schopny absorbovat větší množství tepla, než povrchy světlejších barev za stejných podmínek (Kadzere et al. 2002). Tuto tezi potvrdil výzkum Brow-Brandla et al. (2006), při kterém byly zkoumány dvě skupiny skotu, plemen aberdeen argus tmavé barvy a charolais světlé barvy. Výsledky prokázali, že u plemene aberdeen argus bylo zřejmě zvýšení rychlosti respirace, zvýšení lapání po dechu a zvýšení povrchové teploty oproti plemeni charolais.

## 5.2 Stájové mikroklima

Mezi hlavní faktory ovlivňující působení tepelného stresu na dojnice je stájové mikroklima, a to především v teplém a mírném klimatickém pásmu (Silanikove 2000). Podle Herbuta & Angrecka (2018 a) se k určení vlivu klimatických podmínek na skot ve stájích používá kombinace okolní teploty a relativní vlhkosti vzduch, což vyjadřuje vzorec THI (teplotně - vlhkostní index). Mikroklimatem máme na mysli ovzduší v převážně uzavřeném prostoru stáje, které přímo souvisí s makroklimatem. Vliv makroklimatu na stájové mikroklima je ovlivněno mnoha faktory jako konstrukcí stáje, způsobem větrání a provedením stavby (Zejdová et al. 2014). Nezbytným úkolem chovatele je předcházet tepelnému stresu a předpovídat ho za pomoci sledování mikroklimatických podmínek v okolí. Díky tomu mohou být připravena a realizována vhodná řešení pro ochranu zvířat před vlnami veder (Herbut et al. 2018).

Stabilní mikroklima je základ stabilního prostředí pro chov skotu a je tvořeno faktory fyzikálními, chemickými a biologickým. Mezi důležité faktory ovlivňující stájové mikroklima patří třeba technologické provedení stáje, počet zvířat, intenzita klimatizace a větrání, izolační vlastnosti a klimatická oblast. V chovu skotu by tudíž mělo být vytvořeno takové prostředí, ve kterém jsou zvířata nejen schopna projevit své přirozené chování, ale také jsou chráněny před vlivy okolního prostředí (Šimková et al. 2014).

Stájové prostředí lze stabilizovat například správnými způsoby ventilace, které můžeme dělit na přirozené a umělé. Přirozené ventilace můžeme dosáhnout správnou orientací stáje ku převládajícímu větru. Pasivními prvky přirozené ventilace myslíme střešní izolace, nebo hřebenovou větrací trhlínu. Mezi umělé formy ventilace pak řadíme systémy chladících ventilátorů a evaporační zařízení (Šimková et al. 2014).

## 5.3 Stájové plyny

Hlavní složkou stájového ovzduší je  $N_2$ , který tvoří až 78 % stájového vzduchu. Dalšími složkami je cca 20 %  $O_2$  a 0,2 – 0,4 %  $CO_2$ . V malých koncentracích se zde vyskytuje i  $NH_3$ ,  $CH_4$ ,  $H_2S$  a další plyny, které mohou být toxické již při nízkých koncentracích. Rozdíl mezi atmosférickým a stájovým vzduchem je markantní, stájový vzduch je totiž tvořen vydechováním zvířat a stájovými plyny vznikajícími z moči, výkalů a zároveň při biochemických pochodech v podestýlce a mrvě (Šoch 2005). Vznik plynů ovlivňuje i systém ustájení zvířat nebo druh podestýlky. Výrazně jiná koncentrace vzduchu je utvořena v chovech se stelivovým ustájením, s hlubokou podestýlkou, v bezstelivovém ustájení, nebo v ustájení s roštovou podlahou (Walczak et al. 2004).

U jednotlivých plynů lze určit i přípustnou hranici koncentrace ve stájovém ovzduší. U  $CO_2$  se jedná o koncentraci mezi 0,15 a 0,30 %, nicméně v některých stájích je možné naměřit až 1% koncentrace. Vysoké koncentrace  $CO_2$  přitom výrazně snižují projevy zvířat a

intenzitu produkce. Maximální koncentrace  $\text{NH}_3$  je ustanovena na 0,002 %, zvýšená koncentrace poskytuje vyšší náchylnost k nemocem a ovlivňuje užitkovost (Cole et al. 2005). Způsobem, jak omezit koncentraci stájových plynů v ovzduší je úprava a vyšší intenzita instalace ventilačních systémů. Dalším způsobem je úprava krmné dávky, kdy snížíme obsah dusíku, snížíme koncentraci proteinů, nebo zvýšíme obsah krmiv s vysokou stravitelností dusíkatých látek (Cole et al. 2005). Množství  $\text{H}_2\text{S}$  je omezeno koncentrací 10 ppm. Důvodem je, že sirovodík je při vdechování zadržován v organismu a následně dochází ke vzniku chronických otrav. Jeho účinek umocňuje vysoká vzdušná vlhkost a projevuje se slabostí, hubnutím, pocením, zánětem spojivek a katary (zánětové onemocnění) horních cest dýchacích (Leinker et al. 2007).

## 6 Technologická řešení pro minimalizaci tepelného stresu

Pro minimalizaci tepelného stresu je nutné brát v úvahu stájové podmínky skotu s ohledem na okolní teplotu, relativní vlhkost a rychlost větru. Studie ukazují, že při vyhovujícím návrhu stáje lze snížit riziko tepelného stresu a tím snížit nebo odstranit pokles produkce mléka. Za optimální podmínky pro vysoko produkční dojnice považujeme volné, přirozeně větrané ustájení, orientované dlouhou stranou stáje kolmo ke straně převládajícího směru větru. Vhodný je otevřený hřeben s okrajovou výškou nad 5 metrů, sklonem střechy 11 % a šířkou stáje mezi 40 a 50 metry (Shoshani & Hetzroni 2013).

Cílem chovatelů je poskytnout optimální prostředí, čímž je zajištěno odpovídající welfare, umožňující dojít dojnícím k maximální produkci. Stáj musí umožnit rozptýlení zvýšené tepelné energie, která se zvyšuje s rostoucí produkcí mléka, tak aby dojnice nebyly vystaveny vysokoteplotnímu namáhání, jehož dopady jsou snížení produkce a reprodukce. Stáje jsou navrhovány pro 15 až 30 let využívání, proto je nutné při plánování brát v úvahu nárůst teplot, což je očekávanou změnou doprovázející změny klimatu (Katzere et al. 2002). Nezbytné je zajištění neustálého stínu a zavedení chlazení stájí ventilátory, což prokazatelně snižuje rektální teplotu zvířat, rychlost dýchání a pozitivně stimuluje příjem krmiva (Shiao et al. 2011). Nezbytné je zajištění neustálého stínu a zavedení chlazení stájí přívodními ventilátory, což prokazatelně snižuje rektální teplotu zvířat, rychlost dýchání a pozitivně stimuluje příjem krmiva (Shiao et al. 2011).

Z technického hlediska a možnosti zajištění vyhovujících mikroklimatických podmínek lze stavby pro chov dojného skotu rozdělit do dvou kategorií. Jedná se o objekty tepelně neizolované nebo otevřené a objekty s tepelně izolovanou uzavíratelnou ustajovací částí. Objekty tepelně neizolovanými nebo otevřenými jsou myšleny ty, které chrání skot pouze před přímými náporů větru, deště, částečně sněhem a v letních měsících před přímým slunečním zářením. V těchto přístřešcích se ve stájovém prostoru objevují během celého roku velmi podobné mikroklimatické podmínky jako ve venkovním prostředí. Objekty tepelně izolované a uzavíratelné jsou ohraničeny tepelně izolovanými konstrukcemi. Dochází zde k nižší tepelné ztrátě infiltrací než větráním při optimální výměně vzduchu. Optimální kvality vzduchu lze v tomto případě dosáhnout zajištěním regulovaného přívodu venkovního vzduchu do zóny zvířat. Proudění vzduchu je nejnižší v zimě, kdy je potřeba odvést pouze

vodní páru a stájové plyny. Nejvyššího odvodu je dosaženo během letních měsíců, kdy se ke stájovým plynům přidává citelné teplo. Do toho patří teplo tělesné a venkovní, které je produkováno konstrukcemi stáje při působení slunečního záření. Pro dosažení ideálního mikroklimatu pro skot je nutná znalost optimálního zatížení. Podle studií a pokusů je poměr ideálního zatížení v našich podmínkách minimálně 6m<sup>3</sup> na 100 kg hmotnosti zvířete. To je prostor, který je optimální pro zachycení přebytku vodních par, CO<sub>2</sub> a ostatních škodlivých látek (Doležal 1997).

## 6.1 Charakteristika optimální stáje

Za základní obecné požadavky pro stavby určené k chovu skotu požadujeme možnost volného pohybu, přičemž zvíře nesmí být omezováno tak, aby mu bylo způsobováno jakékoliv utrpení. Technické uzpůsobení stájí musí skotu umožnit bez omezení odpočívat, ležet, vstávat a být alespoň ve vizuálním kontaktu s ostatními členy stáda. Lehací místa musí mít vhodné rozměry, být čistá, pohodlná a se zajištěným odvodem případného tekutého odpadu. Pokud máme důvod chovat zvířata v izolaci, nesmí jim tímto být působen žádný stres. Dojde-li k poranění zvířat vlivem nesprávné funkce jakékoliv mechanizace, neprodleně musí dojít k jejímu upravení či odstranění. Pokud chováme zvířata mimo stáj, ve výběhu či na pastvině, musíme jim poskytnout vyhovující podmínky v podobě ochrany před klimatickými podmínkami a poskytnout jim zajištění základních potřeb. Stavební materiály využívané pro stavbu stájí nesmí být jakkoli škodlivé a musí umožnit pravidelné čištění a desinfikování. Musí docházet k dodržování legislativně stanovených požadavků na ochranu zvířat a dodržování základních pravidel welfare, zajistit kvalitu života, zdraví, spokojenosti a komfortu. Mezi hlavní zásady patří zajištění fyziologických potřeb, jako zamezení žízní, hladu, bolesti a nemoci. Prostředí ustájení musí rovněž vyhovovat zásadám welfare, což působí na zdravotní stav, produkci i na ochranu životního prostředí, jako je snížená produkce emisí. Nutností je také minimalizace projevů agrese, strachu, zranění k čemuž dojdeme správným managementem stáda (Junga 2014).

Stáje konstruované pro chov skotu musí zajišťovat vhodné chovné prostředí, dostatek světla, být dobře větrané, suché a čisté. Nový návrh stáje musí spolehlivě zajistit vhodné podmínky pro chov a technologický provoz, základní ustajovací prvky, jako boxy, stání a kotce jsou sestaveny tak, aby k nim měla všechna zvířata neomezený přístup. Stáj musí být rozdělena tak, aby byla vhodná pro více chovaných kategorií skotu. Klasické části stáje jsou reprodukční stáj, individuální či skupinový odchov telat, odchov mladého dobytka, hlavní produkční stáj, výkrmna býků, atd. (Doležal 1997).

## 6.2 Pastervní ustájení

Bylo dokázáno, že zvýšením koncentrace stinných míst na pastervních plochách dochází ke snížení případů tepelného stresu. Dojné krávy jsou na tepelný stres velmi citlivé a podmínky jako je teplota a vlhkost těsně souvisí s příjmem krmiva a dojitostí. Na pastervních

plochách je možné k minimalizaci účinků horkého počasí využívat také chlazení ventilátory nebo kapalná a evaporační zařízení, nicméně je obtížnější sledovat jejich účinky oproti využití ve vnitřních stájích. Při jejichž využití byla zjištěna nižší rektální teplota, snížená rychlost dýchání a také lepší produkce mléka a kvalita mléčných složek, jako jsou tuky, bílkoviny a sacharidy (Valtorta & Gallardo 2004).

Vytvoření stinných míst může mít za následek efektivní zmírnění vlivů vysokých letních teplot. Nejlepším způsobem pro vytvoření vhodných pastevních podmínek pro dojný skot je stavba přístřešků. Nejoblíbenějším stínícím materiálem je již dlouhou dobu vlnitý plech, který má nízké pořizovací náklady, je nízko údržbový a má dlouhou životnost. Pro co nejúčinnější využití by měl být tento plech natřen bílou barvou a být izolován cca 2,5 cm izolace přímo pod kovovou střešou. Při použití plechů s izolací je nutné provádět ochranu materiálu před napadením ptáky. Dalšími materiály používanými pro zastřešení přístřešků jsou roštová stínidla a stínící tkaniny, jako například polypropylenová tkanina. Využití těchto způsobů však nemá tak velký výsledný efekt jako zastínění plošnými izolovanými střechami a má také nižší životnost. Při využití pastevních přístřešků je také vhodné myslet na jejich umístění, které by mělo být buď na kopci, nebo na zpevněném nehliněném povrchu, tak aby nedocházelo k rozdupání pozemků během vydatnějších srážek. Je výhodné brát v úvahu také přenosné stínící panely, které je ideální přesouvat každý druhý den tak, aby nedocházelo k rozdupání zatrávněných ploch (Armstrong 1994).

Nejekonomičtějším způsobem jak vytvořit vyhovující stinná místa jsou pastevní plochy s porostem vzrostlých stromů, kdy ve spojení s odpařováním vody z povrchu listů vzniká pro skot ideální prostředí. Podle studií by mělo být pro každou dojnici na pastvě poskytnuto 4,2 až 5,6 m<sup>2</sup>, aby nedocházelo ke zhrocování krav na jednom místě a tím k ještě většímu vyzařování tepelné energie (Armstrong 1994). Preference dojnic trávit čas na stinných místech se zvyšuje natolik, že v pastevním prostředí tráví ve stínu až 37% celkového času. Zvířata s přístupem ke stínu navíc tráví více času ležením a přežvykováním (Doležal 2010).

### 6.3 Stájový chov

Pokud se okolní teplota dojnic vyšplhá na teploty nad 25 °C, jejich schopnost tepelné výměny je výrazně snížena a odvádění tepla je poté většinou závislé na odpařování z kůže a respiraci. Nejjednodušším způsobem, jak výrazně snížit tepelné zatížení zvířat je poskytnutí dostatečné zastíněné plochy. Ve vnitřním ustájení je však důležité i využití ventilace ke zvýšení tepelné ztráty, kdy jejich využití stoupá se stoupajícími teplotami a pomáhá ke zvýšení užitkovosti a míry zabřezávání. Metody zvyšování tepelných ztrát jsou obvykle řešeny chladicími zařízeními v klidových oblastech stáje, tzn. nad boxy či krmnými místy, nebo přizpůsobenou konstrukcí stáje. Tyto metody snižují okolní teplotu mechanickým chlazením, nebo odpařováním tepla z povrchu kůže pomocí kombinace evaporačních a ventilačních zařízení. Metody odpařování tepla však zvyšují okolní vlhkost a tím vzniká nevýhoda ve snížení vlastní tepelné ztráty zvířete odpařováním (Berman 2005). Dle dostupných studií

jsme tímto přístupem schopni snížit tělesnou teplotu dojnic v průměru o 1,7 °C a zvýšit denní nádoj o 0,79 kg. Výsledky studií ze Spojených států dokonce uvádí, že při využívání systémů chlazení pětikrát denně byla zvýšena produkce mléka až o 2,4 kg za den. Pro další chlazení zvířat je občas využíván automatický systém rosení krav při výstupu z dojírny, který je schopný poskytnout ochlazení po 12 až 18 minut, než srst a kůže vyschne. Méně účinnou metodou je chlazení pomocí vypouštění jemné mlhy. Tato mlha ochlazuje vzduch tím, že se její část vypaří dříve, než dopadne na kravskou srst. Po jejím dopadnutí však tvoří izolační vrstvu a zvíře není schopno ideální tepelné výměny, při vysokých teplotách navíc nejsou výjimkou ani problémy s nárůstem bakterií. Proto je tento systém používám zejména společně s využitím ventilátorů, které jsou schopny zvýšit jeho chladicí účinek (Armstrong 1994).

Novými metodami pro chlazení dojnic jsou chladicí vodní matrace (nebo jakékoli jiné těleso zapuštěné do podestýlky). Podstata tohoto systému spočívá v přímém kontaktu ležící krávy s chladným povrchem a tím je umožněn přenos tepelné energie ze zvířete na chladné těleso, čímž je zmírněno tepelné vypětí. Chladicí vodní matrace mají vyšší pořizovací cenu, než ostatní systémy, dlouhodobě však dochází ke snížení spotřeby vody ve srovnání se současnými postupy. Tento způsob chlazení může vést také ke zvýšení hygieny zvířat a snížení vlhkosti ve stájích ve srovnání se systémy vodního chlazení (Gebramedhin et al. 2016).

Perano et al. (2015) provedl experimentální studii, kdy stanovoval funkčnost chladicích matrací, při zmírňování tepelného stresu dojnic. Během studie byly dojnice vystaveny teplému vlhkému prostředí a bylo jim poskytnuto chlazení vodními matracemi. V matracích cirkulovala voda, která byla ochlazená na 4,5 °C a na 10 °C. Po využití matrací ochlazených na 4,5 °C bylo zjištěno zvýšení produkce mléka v průměru o 11 %, než u kontrolní skupiny, která neměla k dispozici chlazené matrace. U dojnic byla naměřena o 1,1 °C nižší rektální teplota a o 22 dechů za minutu méně, než u druhé skupiny dojnic. Studie tedy prokázala výjimečnou funkčnost chladicích matrací u tepelně stresovaných kusů. Souběžně s touto studií probíhala studie Ortize et al. (2015), kde byly chladicí matrace pokryty 25 cm vrstvou písku, nebo fugátu. Při této studii nedošlo ke snížení počtu dechů a rektální teplota krav byla snížena pouze o 0,4 °C, dojivost byla nepatrně zvýšena, ale významně se nelišila. Chladicí matrace u této zkušební skupiny pomohly k výraznému snížení tepelného stresu. Vrstva, kterou byly pokryty, aby bylo zachováno pohodlí pro dojnice a matrace byly chráněny však snížila jejich chladicí schopnost.

### **6.3.1 Systémy pro ochlazování skotu**

Větrání, ventilační a klimatizační zařízení mají za úkol zajištění vhodných chovatelských podmínek, tím že jsou prostředkem pro výměnu znehodnoceného vzduchu. Rozdíl mezi větracími a klimatizačními systémy je následující. Větrací zařízení mají za úkol především zprostředkovat výměnu vzduchu, obvykle bez další funkce, nicméně můžeme najít větrací zařízení upravující vzduch filtrací a ohřevem. Klimatizační zařízení slouží pro výměnu vzduchu a jeho celkovou úpravu, jako je ohřev, chlazení a zvlhčování (Junga 2014). Nově



vystavěné volné stáje stále více splňují předpoklady na vyhovující prostředí vysokoužitkových dojnic. Výměna vzduchu je klíčová, z důvodu, že při ní dochází k odstraňování látek, které mohou být nebo jsou škodlivé pro zdravotní stav chovaných zvířat. Tyto látky mohou mít nepříznivý vliv na užitkovost, zdravotní stav ale mohou také poškozovat tepelně izolační vlastnosti a životnost stavby (Doležal 1997).

V dnešní době je využíváno pro snížení tepelného stresu a vystavení dojnic vysokým teplotám několik technik, které zahrnují stín, ventilaci, evaporační zařízení, izolaci a úpravu stravy (Smith et al. 2006). Mnoho z těchto systémů zmírňují tepelný stres na principu odpařování, kdy je kombinováno mlžení, skrápění a nucená ventilace. Tato mechanizace je využívána v uzavřených stájích i ve venkovních výběžích (Berman 2006). Některé z těchto technik však doprovázené sekundární komplikace v podobě zvýšení procenta výskytu mastitid z přebytku vody z kapalných zařízení (Flamenbaum et al. 1986). Mlékárenským průmyslem a chovateli jsou tedy stále hledány účinnější a ekonomičtější metody chlazení (Smith et al. 2006).

V průběhu tepelného stresu můžeme pozorovat změny v chování zvířat, kdy mají dojnice tendenci noci trávit venku a většinu dne tráví především ve stoje. Použitím chladicích systémů jak v oblastech krmení, tak v oblastech volného prostoru stáji zvyšuje čas strávený ležením. Pozorování chování krav a to zejména času stráveného ležením a stáním v různých částech stáje je důležité pro lepší chápání pohodlí dojnic související se systémem a vybavením ve stájích (Calamari et al. 2009). Podle Calegari et al. (2012) používání chladicích systémů v odpočívacích částech stáje zkracuje dobu strávenou stáním ve volných částech stáje a má pozitivní vliv na pohodu zvířat.

### **6.3.1.1 Větrací systémy**

Podstatou funkce větracího zařízení je, přiblížení se k optimálnímu složení stájového vzduchu v průběhu celého roku. Optimální kvalita vzduchu ve stáji lze definovat tak, že při ní je dosahováno nejvyšší užitkovosti a zároveň nejnižších nákladů. Stav stájového vzduchu je závislý na poměru mísení čerstvého vzduchu se vzduchem, který vydechují zvířata v kombinaci se stájovými plyny (Doležal 1997). Za několik posledních desetiletí se velikost stáji pro dojnice neustále zvětšovala a s tím se zvětšuje i zájem o mechanické větrání těchto prostorů, přičemž se tunelové i příčné ventilátory stávají samozřejmostí. Ventilační systémy jsou v současné době obvykle navrhovány s tím, že spoléhají na metodologii energetické bilance, která usuzuje, že vzduch ve stájích je vždy homogenní a dokonale promíchaný (Mondaca et al. 2019).

Větrání, ventilační a klimatizační zařízení mají za úkol zajištění vhodných chovatelských podmínek, tím že jsou prostředkem pro výměnu znehodnoceného vzduchu. Rozdíl mezi větracími a klimatizačními systémy je následující. Větrací zařízení mají za úkol především zprostředkovat výměnu vzduchu, obvykle bez další funkce, nicméně můžeme najít větrací zařízení upravující vzduch filtrací a ohřevem. Klimatizační zařízení slouží pro výměnu vzduchu a jeho celkovou úpravu, jako je ohřev, chlazení a zvlhčování (Junga 2014). Výměna vzduchu

může probíhat přirozeně, kdy je využito rozdílných teplot a hmotnosti venkovního a stájového vzduchu, čímž dochází k proudění vzduchu. Dalším způsobem je nucená výměna vzduchu, který může být kombinován právě se systémem úpravy vzduchu. Většina stájí využívá kombinace systémů nucené a přirozené ventilace, kdy je objekt větrán přirozeně pomocí oken, vrat, průduchů a štěrbin a doplněn ventilátory. Dále můžeme rozlišovat také celkové a místní větrání. Celkové větrání zabezpečuje výměnu vzduchu v celém objektu, zatímco místní větrání působí pouze v určitém místě. Podle doby, kdy je ventilace v provozu, ji dělíme na trvalé a přerušované větrání. Trvalé je používáno nepřetržitě, například v místech, kde je zvýšena koncentrace stájových plynů. Využití přerušovaného větrání je využito podle potřeby a způsobu provozu v daném prostoru (Junga 2014).

Chovatelé dojného skotu relativně krátký čas využívají systém tunelové ventilace, který je již mnoho let hojně využíván v chovech prasat a drůbeže. Tunelové větrací systémy se vyznačují přívodem vzduchu na jednom konci tunelu a výfukovými ventilátory na konci druhém. Využíváním se zvyšují konvektivní tepelné ztráty redukcí přebytečného tepla a vlhkosti ze stáje a vzniká tak adekvátní doplňkové chlazení. V oblastech s náročnějšími tepelnými podmínkami lze tuto technologii kombinovat s dalšími chladícími metodami. Odpovídajícím doplňkovým chlazením je mlžení, chlazení odpařováním nebo chladící matrace. Tím, že dochází ke snížení teploty přiváděného vzduchu, funguje chlazení odpařováním tak, že podporuje schopnost dojnice odvádět další přebytečné teplo (Gooch &Stowell 2003). Existuje mnoho studií, podporující účinek tunelové ventilace v chovech prasat a drůbeže, ale jen málo se jich zabývá využitím v chovech dojnic (Smith et al. 2006).

Mondaca et al. (2019) vytvořili studii, podle níž mají krávy tendenci akumulovat tepelnou energii během ležení, v návaznosti na to je důležité udržovat přiměřenou rychlost vzduchu a odpovídající chlazení i nad jejich lehacími místy. Bylo dokázáno, že při chlazení okolí lehacích míst dochází ke snížení fyziologických reakcí spojených s vysokými teplotami, jako je například zvýšená dechová frekvence.

Hunhke et al. (1998) uvedli práci, která považuje za velmi dobrý způsob zmírnění tepelného stresu chlazení odpařováním, které by dle nich mohlo zkrátit dobu, po kterou jsou dojnice tomuto stresu vystaveny. Spekulovali však nad jeho horším působením v přirozeně vlhčích podmínkách. Brouk et al. (2003) provedli studii zaměřenou na účinek chlazení odpařovacími tunely u dojnic v laktačním období. Na základě práce uvedli, že frekvence dýchání a rektální teplota zde byly v porovnání se samostatnými tunelovými ventilacemi sníženy. Odpařovací tunely fungují tak, že pomáhají k odstraňování přebytečného tepla z přichozího vzduchu podporou odpařování vody (Smith et al. 2006).

Nejčastěji instalované ventilátory mají průměr asi 100 – 120 cm a výjimečně můžeme vidět ventilátory o průměru 0,9 m. Doporučený úhel instalace je 30°, kdy proud směřuje na záď a hřbet zvířat. Vzdálenost mezi jednotlivými ventilátory je volena dle jejich průměru, například ventilátory o velikosti 0,9 m jsou instalovány 9 metrů od sebe (Doležal 2010).

#### 6.3.1.1.1 Přírozené větrání

Přírozené větrání je v chovech zajištěno prouděním vzduchu přírodními otvory, jako jsou okna, vrata a větrací štěrby směrem k odtahovým otvorům, výparníkům a štěrbinám. Toto proudění je vyvoláno objemovým rozdílem hmotností teplého stájového vzduchu a chladnějšího venkovního vzduchu, nebo také působením větru. Přírodní i odtahové otvory je nutné chránit před působením silného větru speciálními kryty a regulátory množství vzduchu. Je důležité, aby přívody vzduchu byly umístěny tak, aby v zimních měsících nevedli přímo na zvířata ve stájích, ale aby se vnější vzduch ve stáji nejprve zahřál. Při využití přírodního větrání v letních měsících je nutné počet otvorů zvětšit. Přírodní otvory jsou běžně umístěny do podélných obvodových stěn stájí ve vzdálenosti 3,6 – 6 metrů od sebe. Odtahové otvory jsou umístěny u hřebene střechy, jsou od sebe umístěny 7 – 12 metrů a u kravinů do 25 metrů jsou umístěny obvykle pouze u štítových stěn (Sýkora et al. 1992).

Přírozené větrání větracími otvory využívá především rozdílných hodnot tlaku uvnitř a vně stájových prostor. Využití otvorů přitom slouží k přívodu i odvodu vzduchu a jsou regulovatelné otevíráním, zavíráním, nebo příčným větráním se vznikem průvanu. Větrání pomocí infiltrace využívá netěsností obvodových stěn, oken či dveří. Infiltrací by se měl objem vzduchu v místnosti vyměnit průměrně jednou za 2 hodiny. Větrání s využitím ventilačních průduchů funguje na principu využití odvětrání s vyšší intenzitou přírodní výměny vzduchu. Průduchy bývají vedené do volného prostoru nad střechou a odvádí znehodnocený vzduch. V období vysokých teplot může docházet i k obrácenému tahu vzduchu. Aerace je trvalou výměnou vzduchu pomocí větracích otvorů ve střeše a je regulována přepážkami, které snižují možnost vzniku průvanu (Tomasello et al. 2019).

#### 6.3.1.1.2 Nucené větrání

Nucené větrání je systémem využívající proudění vzduchu z přírodních otvorů k ventilátorům nebo od ventilátorů k odtahovým otvorům. Ve stájích do šířky 12 metrů se využívá umístění ventilátorů na jedné dlouhé stěně stáje a umístění přírodních otvorů je ve stěně protější. Stáje, které jsou širší, než 24 metrů využívají umístění ventilátorů u hřebene střechy a přírodní otvory jsou po obou dlouhých stěnách stáje (D'Emilio et al. 2017). Tento způsob není vhodný do stájí s vysokou koncentrací zvířat a do stájí s roštovými podlahami, kde dochází k rozproštění stájových plynů z podroštových prostorů do stáje. Do stájí s roštovými podlahami je vhodné využít přetlakových ventilátorů, které je v letním období velmi účinné. Každá stáj by měla mít zabezpečený náhradní způsob větrání, pro případ výpadku ventilátorů, ten se zabezpečuje například plachtovými stahovacími stěnami stájí (Sýkora et al. 1992).

Nucené větrání je využito ve všech prostorech, kde je přírozené větrání hygienicky nevyhovující či nedostačující. Většinou bývá doplněno přírodním větráním a může být s úpravami či bez úprav vzduchu. Můžeme rozlišovat podtlakové, přetlakové a rovnotlaké větrání v závislosti na poměru přivedeného a odvedeného vzduchu. Přetlakovým větráním

popisujeme okamžik, kdy je objem přivedeného vzduchu menší než objem odvedeného vzduchu. Tento typ je vhodný do prostorů, kde je nežádoucí možnost pronikání vzduchu z vedlejších prostorů. V případě, kdy je objem přivedeného vzduchu menší než objem odvedeného vzduchu, jde o větrání podtlakové. Tento způsob je nejvhodnější v prostorech, kde je vysoká produkce stájových a jiných znečišťujících plynů (Junga 2014).

### 6.3.1.2 Kapalná zařízení

Při extrémních teplotách je na stinných místech tepelné zatížení skotu neúnosné a v tuto chvíli je nutné snižovat okolní teploty a tepelný stres pomocí ochlazovacích systémů, jako jsou evaporační zařízení. To se dlouhodobě osvědčuje jako neekonomičtější, nejznámější a nejúčinnější metoda a její účinky byly mnohokrát potvrzeny ve studiích, experimentech i samotné praxi (Doležal 2010).

Zmírnění okolní teploty v chovech skotu pomocí odpařování vody silným proudem vzduchu bylo zkoumáno již na konci 19. století, od nich bylo ustoupeno vzhledem k nedostupnosti potřebných technologií. Následné pokusy byly zaměřeny na využití ventilace a dále také na využití chlazením odpařováním, nebo použitím chladících mokrých matrací. V návaznosti byly později vytvořeny systémy, které fungovaly na principu rozptýlení malých kapiček vody do vzduchu, aby došlo k jejich odpaření a snížení teploty vzduchu. Tyto technologie byly nejprve testovány v uzavřených sklenících, následně v chovech drůbeže a poté i v chovech dobytka (Berman 2006).

V průběhu let se systémy evaporačního chlazení rozdělili do dvou hlavních kategorií. Prvním způsobem je nepřímé evaporační ochlazování, které funguje na principu evaporačního ochlazování vzduchu v okolí zvířat. Druhým způsobem je přímé evaporační ochlazování, fungující za pomoci techniky, která pomáhá kropit, skrápět či sprchovat těla zvířat. Posledním málo využívaným způsobem je evaporační chlazení povrchů výběhů, či podlah a střech stájí (Doležal 2010).

Nejlepší výsledky přinesl za několik posledních let systém, který funguje na principu smáčení zvířete pomocí spinklerů s následnou nucenou ventilací (Berman 2006). Tato metoda zajišťuje, že je kůže zvířete vystavena dlouhodobému a intenzivnímu odpařování a velké ztrátě tělesného tepla. Podporuje ji mnoho studií včetně Calegariho (2016), obzvláště v případě, kdy je povrch zvířete smáčen hojně a dochází tak k výraznému rychlému odpařování. Chlazení spinklery je nejúčinnější provádět v krmných prostorech a v čekárně u dojírny, kde přebytečná voda nemá žádné prokázané negativní dopady na zdravotní stav dojníc. Naopak při využití nad lehacími boxy může být zvýšené množství mastitid, ty vznikají zvýšenou bakteriální zátěží ve vlhké podestýlce, což souvisí s bakteriální expozicí struků a s následným rizikem environmentální mastitidy (De Palo et al. 2006). Podle Avendaño-Reyes et al. (2010), v jejichž studii byly dojnice chlazeny právě tímto způsobem, způsobuje tento typ ventilace prakticky absolutní nezávislost odpařování s ohledem na okolní vlhkost. Potvrdili také, že účinnost chlazení se začíná projevovat již po 15 až 20 minutách, kdy zvířata začínají přežvykovat a po ochlazení se ihned přesouvají ke krmným místům.

Řada prací například od Frazzi et al. (2002) & Calegari et al. (2005) uvádí, že samostatné chlazení nad krmnými plochami neposkytuje dostatečnou eliminaci účinků stresu. Toto tvrzení podporuje zejména skutečnost, že zvířata tráví mnoho času i v jiných částech stáje. Studie tedy zdůrazňují důležitost chlazení volných prostorů stájí, nicméně zmiňují důležitost odlišných přístupů ve stájích s používanou organickou podestýlkou, zejména kvůli eliminaci mastitid.

Použití anorganické podestýlky, jako zejména písku může být v horkých podmínkách výhodnější variantou. Písek je tepelně vodivý a zajišťuje hygienicky nezávadné boxové prostředí, i v případě, kdy není dokonale suché. Tohoto výsledku nelze s použitím slaměné podestýlky nebo jiných organických podestýlek dosáhnout (Vokey et al. 2003), na pískové podestýlce dokonce dojnice dle studií odpočívají delší dobu a jsou více tolerantní vůči tepelnému stresu (Calamari et al. 2009).

Výsledky studie Porta et al. (2017) naznačují, že velmi podstatnou součástí využívá kapalných chladicích systémů je jejich správné načasování. Řízení chlazení ovlivňuje celkový čas, které krávy tráví různými aktivitami, jako je ležení, stání či krmení. Konkrétně by špatné načasování mohlo negativně ovlivňovat dobu ležení skotu s následnými možnými negativními dopady na zdravotní stav a produkci mléka. Z toho dle studie vyplývá, že načasování a nastavení chladicích systémů by mělo být podpořeno analýzou chování konkrétních skupin zvířat, u kterých bude chlazení využito, pro ověření jeho přínosu pro zvířata. Avendaño-Reyes et al. (2010) ve své práci ukazuje, že dojnice chlazené před každým dojením byly výrazně produktivnější než ty, které byly chlazené méněkrát za den, což bylo posouzeno na základě fyziologických a produkčních reakcí. Dále byla prokázána snížená frekvence dýchání a snížená rektální teplota, a to především u krav chlazených alespoň 4 krát denně. Výsledky této studie také dokazují, že laktující dojnice potřebují prokazatelně více času na ochlazení, aby byly schopny dosáhnout normálních fyziologických a produkčních vlastností.

Pro chlazení zvířat bývají využívány nízkotlaké chladicí systémy, které vytváří částice vody o velikosti 0,05 – 0,15 mm. Běžnou praxí je využití zahradních postřikovačů, jež jsou nainstalovány na strop stáje či přístřešku, asi ve výšce 2,5 metrů nad zemí. Vzdálenost mezi jednotlivými postřikovacími jednotkami bývá zpravidla 1,5 metrů a celý systém lze doplnit o senzory pohybu, čímž snížíme spotřebu vody (Doležal 2010).

## 7 Závěr

Závěrem bych ráda shrnula informace, které jsem během psaní bakalářské práce načerpala. Mým cílem bylo sepsat dostupné informace, týkající se vlivu vysokých teplot na chov dojného skotu. Ten je stále častější a rozšířenější hrozbou na celém světě a predikce ukazují, že v budoucnu tomuto nebude jinak. Jeho existence přináší mimo jiné ekonomické vytížení chovů ve snaze minimalizovat působení vysokých teplot na dojnice a spočívající v čím dál častějších zásazích veterinárních lékařů. Mnohem podstatnějším problémem je však působení tepelného stresu na produkci a reprodukci chovaných zvířat a narušování welfare.

Poznatky seskupené v této práci poukazují na nutnost chovatelů vzdělávat se o této problematice a snažit se předpovídat budoucí klimatickou situaci a problémy, jež v závislosti na ní mohou nastat. Důvodem je, že největším hrozbou spojenou s výskytem tepelného stresu je neustále se zhoršující klimatická situace a fakt, že stres je schopen postihnout velká množství dojnic najednou. Rešerše poukázala na nutnost přizpůsobování chovatelských podmínek a managementu chovu současným makroklimatickým podmínkám. Jako možnosti minimalizace tepelného stresu byla popsána optimalizace stájového prostředí, které spočívá prvotně ve výstavbě vhodných, vzdušných stájí s přizpůsobenou mechanizací. Důležité je správné využívání všech dostupných technologií, jako jsou ventilační a kapalná zařízení, izolace, přirozené větrání či pouhé poskytnutí stínu všem zvířatům.

Tepelný stres ovšem nezpůsobuje změny pouze v produkci a reprodukci. Bylo zjištěno, že jako reakce na působení vysokých teplot dochází změn v chování dojnic. Zvířata například snižují příjem krmiva, a naopak zvyšují příjem vody, to z důvodu poklesu rychlosti metabolismu a velkým ztrátám tekutin při pocení a respiraci. Nezbytné je v tomto případě pozměnění krmné dávky, tak aby bylo zajištěno energetické pokrytí všech činností organismu a zajištění přístupu pitné vody. Dále byly popsány například změny ve frekvenci ležení a stání. Bylo zjištěno, že krávy začínají při vysokých teplotách preferovat ulehání v noční hodiny a v denních hodinách ulehají v chladných hnojných uličkách, čímž je však způsoben častější výskyt mastitid a problémů s končetinami. Popsáním všech těchto problémů se vracíme zpět ke zdravotnímu stavu a welfare zvířat. Tímto je zřejmé, jak spolu všechna témata vyskytující se v mé bakalářské práci pevně souvisí.

V části kompilace jsou popsány i samotné klimatické faktory, které ovlivňují stájové mikroklima, jako je relativní vlhkost, teplota vzduchu, rychlost větru či sluneční záření. Tyto faktory jsou teplotně – vlhkostním indexem používány pro určování hodnot tepelného stresu. Mimo jiné se práce věnovala i stájovému ovzduší, které je v porovnání s atmosférickým vzduchem markantně odlišné. Koncentrace stájových plynů je dalším z důvodů, pro využívání ventilačních systémů a modernizaci stájí.

Z mého pohledu působení tepelného stresu v našich podmínkách čím dál více ohrožuje zvířata a stabilitu našeho zemědělství. Nedílnou součástí budoucnosti, nicméně i přítomnosti je optimalizace stájového prostředí a tvorba vyhovujícího mikroklimatu. V nejlepším případě by dle mého názoru bylo postupné vyšlechtění linií skotu, které by byly odolnější vůči vysokým teplotám. Nicméně i pokud by byl proces šlechtění úspěšný, nutnost využití ochlazovací mechanizace bude pravděpodobně nevyhnutelná. Nejlepším způsobem

se zdá býti kombinace skrápění a nepřetržité funkce ventilátorů, takticky rozmístěných tak, aby byla zvířata podporována v příjmu krmiva a odpočinku. Ventilátory by tedy dle mého názoru měli být rozmístěny i nad krmnými místy a lehacími boxy. Využití chladicích matrací se zdá jako účinná metoda, bohužel z ekonomického hlediska si na našem území neumím představit jejich plošné využití. V ideálních podmínkách si umím představit pro ochlazování dojného skotu využívat noční přístup na pastviny. To je ovšem ve větších chovech dojného skotu prozatím utopíí.

## 8 Literatura

1. Al Katanani YM, Drost M, Monson RL, Rutledge JJ, Krininger CE, Block J, Thatcher WW, Hansen PJ. 2002. Pregnancy rates following timed embryo transfer with fresh or vitrified in vitro produced embryos in lactating dairy cows under heat stress conditions. *Theriogenology* **58** (1) 171 - 182
2. Angrecka S, Herbut P, Naealany G, Sokolowski P. 2017. The impact of localization and barn type on insolation of sidewall stalls during summer. *Journal of Ecological Engineering* **18** (4) 60 - 66
3. Arias RA, Mader TL, Escobar PC. 2008. Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. *Archivos de medicina veterinaria* **40** (1) 7 - 22
4. Armstrong DV. 1994. Heat Stress Interaction with Shade and Cooling. *Journal of Dairy Science* **77** (7) 2044 - 2050
5. Avendaño-Reyes L, Álvarez-Valenzuela FD, Correa-Calderón A. 2010. Comparison of three cooling management systems to reduce heat stress in lactating Holstein cows during hot and dry ambient conditions. *Livestock Science* **132** (1-3) 48 - 52
6. Berman A. 2006. Extending the Potential of Evaporative Cooling for Heat-Stress Relief. *Journal of Dairy Science* **89** (10) 3817 - 3825
7. Bernabucci U, Biffani S, Buggiotti L, Vitali A, Lacetera N, Nardone A. 2014. The effects of heat stress in Italian Holstein dairy cattle. *Journal of Dairy Science* **97** (1) 471 - 486
8. Blackshaw JK, Blackshaw AW. 1994. Heat stress in cattle and the effect of shade on production and behaviour: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture* **34** (2) 285 - 295
9. Brouk MJ, Smith JF, Harner JP. 2003. Effect of utilizing evaporative cooling in tiestall dairy barns equipment with tunnel ventilation on respiration rates and body temperature of lactating dairy cattle. *Fifth International Dairy Housing Conference for 2003* 312
10. Brown-Brandl TM, Nienaber JA, Eigenberg RA, Mader TL, Morrow JL, Dailey JW. 2006. Comparison of heat tolerance of feedlot heifers of different breeds. *Livestock Science* **105** (1-3) 19 - 26
11. Calamari L, Calegari F, Stefanini L. 2009. Effect of different free stall surfaces on behavioural, productive and metabolic parameters in dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science* **120** (1-2) 9 - 17
12. Calegari F, Calamari L, Frazzi E. 2012. Misting and fan cooling of the rest area in a dairy barn. *International Journal of Biometeorology* **56** (2) 287 - 295
13. Calegari F, Frazzi E, Calamari L. 2005. Productive response of dairy cows raised in a cooling barn located in the Po Valley (Italy). *American Society of Agricultural and Biological Engineers* **45** (2) 18 - 20
14. Calegari F, Frazzi E. 2016. Cooling systems of the resting area in free stall dairy barn. *International Journal of Biometeorology* **60** (4) 605 - 614
15. Camiloti TV, Fregonesi JA, Von Keyserling MAG, Weary DM. 2012. Short communication: Effects of bedding quality on the lying behavior of dairy calves. *Journal of Dairy Science* **95** (6) 3380 - 3383
16. Cole NA, Clark RN, Todd RW, Richardson CR, Gueye LW, Mc Bride K. 2005. Influence of dietary crude protein concentration and source on potential ammonia emissions from beef cattle manure<sup>1,2,3</sup>. *Journal of Animal Science* **83** (3) 722 - 731



17. Collier RJ, Collier JL, Rhoads RP, Baumgard LH. 2008. Invited Review: Genes Involved in the Bovine Heat Stress Response. *Journal of Dairy Science* **91** (2) 445 - 454
18. Das R, Sailo L, Verma N, Bharti P, Saikia J, Imtiwati, Kumar R. 2016. Impact of heat stress on health and performance of dairy animals: A review. *Veterinary World* **9** (3) 260
19. De Palo P, Tateo A, Zezza F, Corrente M, Centoducati P. 2006. Influence of Free-Stall Flooring on Comfort and Hygiene of Dairy Cows During Warm Climatic Conditions. *Journal of Dairy Science* **89** (12) 4583 - 4595
20. De Rendis FD, Scaramuzzi RJ. 2003. Heat stress and seasonal effects on reproduction in the dairy cow—a review. *Theriogenology* **60** (6) 1139 - 1151
21. D'Emilio A, Porto SMC, Cascone G, Bella M, Gulino M. 2017. Mitigating heat stress of dairy cows bred in a free-stall barn by sprinkler systems coupled with forced ventilation. *Journal of Agricultural Engineering* **48** 190 - 195
22. Doležal O, Knížková I, Kudrna V, Dolejš J, Kunc P, Gregodiaresová J, Černá D. 2004. Tepelný stres u skotu – taktika a strategie chovu. VÚŽV Uhřetěves, Praha.
23. Doležal O. 1997. Ustájení a technologie. Chov dojeného skotu. Praha.
24. Falk AC, Weary DM, Winckler C, Von Keyserling MAG. 2012. Preference for pasture versus freestall housing by dairy cattle when stall availability indoors is reduced. *Journal of Dairy Science* **95** (11) 6409 - 6415
25. Flamenbaum ID, Wolfenson ID, Mamen M, Berman A. 1986. Dairy Cattle by a Combination of Sprinkling and Forced Ventilation and Its Implementation in the Shelter System. *Journal of Dairy Science* **69** (12) 3140 - 3147
26. Fraser D. 2003. Assessing animal welfare at the farm and group level: The interplay of science and values **12**: 433-443.
27. Frazzi E, Clamari L, Calegari F. 2002. Productive response of dairy cows to different barn cooling systems. *Transactions of the ASAE* **45** (2) 395
28. Fregonesi JA, Tucker CB, Weary DM. 2007. Overstocking Reduces Lying Time in Dairy Cows. *Journal of Dairy Science* **90** (7) 3349 - 3354
29. Gantner V, Bobic T, Gantner R, Gregic 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** (9) 1675 - 1685
30. Gebramedhin K, Wu GB, Perano K. 2016. Modeling conductive cooling for thermally stressed dairy cows. *Journal of Thermal Biology* **56** 91 - 99
31. Gooch CA, Stowell RR. 2003. Tunnel ventilation for freestall facilities - design, environmental conditions, cow behavior, and economics. Fifth International Dairy Housing Conference for 2003. 227
32. Hansen PJ. 2009. Effects of heat stress on mammalian reproduction. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* **364** (1534) 3341 - 3350
33. Herbut P, Angrecka S, Walczak J. 2018. Environmental parameters to assessing of heat stress in dairy cattle — a review. *International Journal of Biometeorology*. **62** (12) 2089 - 2097
34. Herbut P, Angrecka S. 2018 a. Relationship between THI level and dairy cows' behaviour during summer period. *Italian Journal of Animal Science* **17** (1) 226 - 233
35. Herbut P, Angrecka S. 2018 b. The effect of heat stress on time spent lying by cows in a housing system. *Annals of Animal Science* **18** (3) 825

36. Herbut P, Hoffman G, Angrecka S, Godyń D, Vieira FMC, Adamczyk K, Kupczyński R. 2021. The effects of heat stress on the behaviour of dairy cows – a review. *Annals of Animal Science* **21** (2) 385 - 402
37. 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** (1) 138 - 149
38. Hoffman G, Herbut P, Pinto S, Heinicke J, Kuhla B, Amon T. 2020. Animal-related, non-invasive indicators for determining heat stress in dairy cows. *Biosystems Engineering* **199** (2) 83 - 96
39. Hunhke RL, Mc Cowan LC, Meraz GM, Harp SL, Payton ME. 1998. Determining the Frequency and Duration of Elevated Temperature-Humidity Index. *American Society of Agricultural and Biological Engineers* **20** (1) 1
40. Junga P. 2014. *Zemědělské stavby*. Mendelova univerzita, Brno.
41. Kadzere CT, Murphy MR, Silanikove N, Maltz E. 2002. Heat stress in lactating dairy cows: a review. *Livestock Production Science* **77** (1) 59 - 91
42. Khalifa HH. 2003. Bioclimatology and adaptation of farm animals in a changing climate. *EAAP European association for animal production technical series* **7**: 15-19.
43. Lallo CHO, Cohen J, Rankine D, Taylor M, Cambell J, Stephenson T. 2018. Characterizing heat stress on livestock using the temperature humidity index (THI)—prospects for a warmer Caribbean. *Regional Environmental Change* **18** (8) 2329 - 2340
44. Legrand AL, Von Keyserling MAG, Weary DM. 2009. Preference and usage of pasture versus free-stall housing by lactating dairy cattle. *Journal of Dairy Science* **92** (8) 3651 - 3658
45. Leinker M, Rheinhard-Hanisich A, Von Botelu E, Harting E. 2007. Application of urease inhibitors in dairy facilities to reduce ammonia volatilization. *Ammonia Conference, Wageningen* **80**: 105-107.
46. Leliveld LMC, Lisette MC, Provolo G. 2020. A Review of Welfare Indicators of Indoor-Housed Dairy Cow as a Basis for Integrated Automatic Welfare Assessment Systems. *Animals* **10** (8) 1430
47. Lucas EM, Randall JM, Meneses JF. 2000. Potential for Evaporative Cooling during Heat Stress Periods in Pig Production in Portugal (Alentejo). *Journal of Agricultural Engineering Research* **76** (4) 363 - 371
48. Mader TL, Dahlquist JM, Gaughan JB. 1997. Wind protection effects and airflow patterns in outside feedlots. *Journal of Animal Science* **75** (1) 36 - 36
49. Mader TL, Kreikemeier WM. 2006. Effects of growth-promoting agents and season on blood metabolites and body temperature in heifers<sup>1,2</sup>. *Journal of Animal Science* **84** (4) 1030 - 1037
50. Mondaca MR, Choi CY, Cook NB. 2019. Understanding microenvironments within tunnel-ventilated dairy cow freestall facilities: Examination using computational fluid dynamics and experimental validation. *Biosystems Engineering* **183** 70 - 84
51. Ortiz XA, Smith JF, Rojano F, Chi CY, Bruer J, Steele T, Schuring N, Allen J, Collier RJ. 2015. Evaluation of conductive cooling of lactating dairy cows under controlled environmental conditions. *Journal of Dairy Science* **98** (3) 1759 - 1771
52. Perano KM, Usack G, Angenent LT, Gebremedhin KG. 2015. Production and physiological responses of heat-stressed lactating dairy cattle to conductive cooling. *Journal of Dairy Science* **98**(8) 5252 - 5261

53. Pinto S, Hoffmann G, Ammon Ch, Ammon T. 2020. Critical THI thresholds based on the physiological parameters of lactating dairy cows. *Journal of Thermal Biology* **88** 102523
54. Polsky LM, Von Keyserlingk AG. 2017. Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare. *Journal of Dairy Science* **100** (11) 8645 - 8657
55. Porto SMC, D'Emilio, Cascone G. 2017. On the influence of the alternation of two different cooling systems on dairy cow daily activities. *Journal of Agricultural Engineering* **48** (1) 21 - 27
56. Renaudeau D, Collin A, Yahav S, De Basilio V, Gourdiere JR, Collier RJ. 2012. Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. *Animal* **6** (5) 707 - 728
57. Renaudeau D. 2005. Effects of short-term exposure to high ambient temperature and relative humidity on thermoregulatory responses of European (Large White) and Caribbean (Creole) restrictively-fed growing pigs. *Animal Research* **54** (2) 81 - 93
58. Rhoads ML, Rhoads RP, Vanbaale MJ, Collier RJ, Sanders SR, Weber WJ, Crooker BA, Baumgard LH. 2009. Effects of heat stress and plane of nutrition on lactating Holstein cows: I. Production, metabolism, and aspects of circulating somatotropin. *Journal of Dairy Science* **92** (5) 1986 - 1997
59. Roth Z. 2020. Reproductive physiology and endocrinology responses of cows exposed to environmental heat stress - Experiences from the past and lessons for the present. *Theriogenology* **155**: 150-156.
60. Segnalini M, Bernabucci U, Vitali A, Nardone A, Lacetera N. 2013. Temperature humidity index scenarios in the Mediterranean basin. *International Journal of Biometeorology* **57** (3) 451 - 485
61. Sejian V, Bhatta R, Gaughan JB, Dunshea FR, Lacetera N. 2018. Review: Adaptation of animals to heat stress. *Animal* **12** (2) 431 - 444
62. Seok JS, Lee SJ, Park D, Kim DH, Gu BH, Park YJ, Rim CY, Kim M, Kim, ET. 2021. Changes in Blood Metabolites and Immune Cells in Holstein and Jersey Dairy Cows by Heat Stress **11** (4) 974
63. Sevi A, Taibi L, Albenzio M, Annicchiarico G, Muscio A. 2001. Airspace Effects on the Yield and Quality of Ewe Milk. *Journal of Dairy Science* **84** (12) 2632 - 2640
64. Shiao TF, Chen JC, Yang DW, Lee SN, Lee CF, Cheng WTK. 2011. Feasibility assessment of a tunnel-ventilated, water-padded barn on alleviation of heat stress for lactating Holstein cows in a humid area. *Journal of Dairy Science* **94** (11) 5393 - 5404
65. Shoshani E, Hetzroni A. 2013. Optimal barn characteristics for high-yielding Holstein cows as derived by a new heat-stress model **7** (1) 176 - 182
66. Shwartz G, Rhoads ML, Vanbaale MJ, Rhoads RP, Baumgard LH. 2009. Effects of a supplemental yeast culture on heat-stressed lactating Holstein cows. *Journal of Dairy Science* **92** (3) 935 - 942
67. Schütz KE, Rogers AR, Poulouin YA, Coy NR, Tucker CB. 2010. The amount of shade influences the behavior and physiology of dairy cattle. *Journal of Dairy Science* **93** (1) 125 - 133
68. Silanikove N. 2000. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livestock Production Science* **67** (1-2) 1 - 18
69. Silva EN, Ribeiro H. 2006. Alterações da temperatura em ambientes externos de favela e desconforto térmico. *Revista de Saúde Pública* **40** (4) 663 - 670

70. Smid AMC, Burgers EEA, Weary DM, Bokkers EAM, Von Keyserling MAG. 2019. Dairy cow preference for access to an outdoor pack in summer and winter. *Journal of Dairy Science* **102** (2) 1551 - 1558
71. Smith TR, Chapa A, Willard S, Herndon C, Williams RJ, Crouch J, Riley T, Pogue D. 2006. Evaporative Tunnel Cooling of Dairy Cows in the Southeast. I: Effect on Body Temperature and Respiration Rate. *Journal of Dairy Science* **89** (10) 3904 - 3914
72. Sova Z. 1990. Fyziologie hospodářských zvířat. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.
73. St-Pierre NR, Cobanov B, Schnitkey G. 2003. Economic Losses from Heat Stress by US Livestock Industries. *Journal of Dairy Science* **86** 52 - 77
74. Summer A, Lora I, Formaggioni P, Gottardo F. 2019. Impact of heat stress on milk and meat production. *Animal Frontiers* **9** (1) 39 - 46
75. Sýkora J, Košatka B, Daneš K. 1992. Hospodářské stavby. Nadace pro rozvoj architektury a stavitelství, Praha.
76. Šimková A. 2014. Stájové mikroklima. Automatizace v zemědělské výrobě a v ochraně životního prostředí **7**: 12-15
77. Šoch M. 2005. Vliv prostředí na vybrané ukazatele pohody skotu. Vědecká monografie. Zemědělská fakulta, Jihočeská univerzita, České Budějovice.
78. Tomasello N, Valeti F, Cascone G, Porto SMC. 2019. Development of a CFD Model to Simulate Natural Ventilation in a Semi-Open Free-Stall Barn for Dairy Cows. *Buildings* **9**(8) 183
79. Valtorta SE, Gallardo MR. 2004. Evaporative cooling for Holstein dairy cows under grazing conditions. *International Journal of Biometeorology* **48** (4) 213 - 217
80. Vokey FJ, Gzard CL, Erb HN, Galton DM. 2003. Observations on flooring and stall surfaces for dairy cattle houses in a free-stall barn. *American Society of Agricultural and Biological Engineers* **84** (12) 165
81. Von Keyserlingk AG, Amorim Cestari A, Franks B, Fregonesi JA, Weary DW. 2017. Dairy cows value access to pasture as highly as fresh feed. *Scientific Reports* **7** (1) 1 - 4
82. Von Keyserlingk MAG, Rushen J, De Passillé AM, Weary DM. 2009. Invited review: The welfare of dairy cattle—Key concepts and the role of science. *Journal of Dairy Science* **92** (9) 4101 - 4111
83. Walczak J, Herbut E, Krawczyk W, Szewczyk A, Muchacka R. 2004. GHG emissions from different pig housing system in the context of animal welfare. *Annals of Animal Science* **1**: 209-212.
84. West JW. 2003. Effects of Heat-Stress on Production in Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science* **86** (6) 2131 - 2144
85. Wolfenson D, Roth Z. 2019. Impact of heat stress on cow reproduction and fertility. *Animal Frontiers* **9** (1) 32 - 38
86. Zejdová P, Chládek G, Falta D. 2014. Vliv stájového prostředí na chování a mléčnou užitkovost dojníc. Mendelova univerzita, Brno.