

Mendelova univerzita v Brně

Agronomická fakulta

Ústav zemědělské, potravinářské a environmentální techniky



**Měření změn povrchové teploty vemene při procesu dojení
metodou infračervené termografie**

Diplomová práce

Vedoucí práce:

Ing. Bc. Petr Junga, Ph.D.

Vypracovala:

Bc. Martina Goldová

Brno 2016

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Zpracovatelka: **Bc. Martina Goldová**
Studijní program: Zootechnika
Obor: Zootechnika
Název tématu: **Měření změn povrchové teploty vemene při procesu dojení metodou infračervené termografie**
Rozsah práce: 60 až 80 stran + přílohy.

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární přehled k řešené problematice.
2. Navrhněte cíle práce a metodiku řešení. Specifikujte použité metody a experimentální materiál (hodnocené jedince).
3. Proveďte experimentální termovizní měření vybraných jedinců.
4. Interpretujte skutečnosti zobrazené na termogramech. Proveďte vyhodnocení naměřených hodnot.
5. Na základě zjištěných výsledků vyvodte závěry a obecně platné skutečnosti.

Seznam odborné literatury:

1. DOLEŽAL, O. a kol. *Mléko, dojení, dojírny*. 1. vyd. Praha: Agrospoj, 2000. 241 s. Semafor : Živočišná výroba.
2. KUBÍČEK, K. *Zoohygienické aspekty dojení krav*. České Budějovice: Westfalia Separator Austria, Gesellschaft, 1995. 41 s.
3. MARVAN, F. a kol. *Morfologie hospodářských zvířat*. 4. vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze v nakl. Brázda, 2007. 303 s. ISBN 978-80-213-1658-4.
4. PŘÍKRYL, M. a kol. *Technologická zařízení staveb živočišné výroby*. Praha: Tempo Press, 1997. 276 s. ISBN 80-901052-0-3.
5. FRANDSON, R D. – FAILS, A D. – WILKE, W L. *Anatomy and physiology of farm animals*. 7. vyd. Ames, Iowa: Wiley-Blackwell, 2009. 512 s. ISBN 978-0-8138-1394-3.
6. SOVA, Z. a kol. *Fyziologie hospodářských zvířat*. 2. vyd. Praha: SZN, 1990. 469 s. ISBN 80-209-0092-6.

Datum zadání diplomové práce: říjen 2014

Termín odevzdání diplomové práce: duben 2016


Bc. Martina Goldová
Autorka práce




Ing. Bc. Petr Junga, Ph.D.
Vedoucí práce


prof. Ing. Jan Mareček, DrSc., dr. h. c.
Vedoucí ústavu


doc. Ing. Pavel Ryant, Ph.D.
Děkan AF MENDELU

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: **Měření změn povrchové teploty vemene při procesu dojení metodou infračervené termografie** vypracoval/a samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědom/a, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:.....

.....
podpis

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala Ing. Bc. Petrovi Jungovi, Ph.D. za odborné rady, trpělivost a ochotu poradit. Dále bych ráda poděkovala Ing. Petrovi Trávníčkovi, Ph.D. za odborné konzultace. Také bych ráda poděkovala své mamince za podporu a své sestře Ing. Nikole Goldové za konzultace.

ABSTRAKT

Tato diplomová práce byla zaměřena na měření změn povrchové teploty vemene metodou infračervené termografie. V úvodu se práce zabývala anatomii mléčné žlázy, nemocemi vemene, strojním dojením a konstrukcí dojicího stroje.

Praktická část byla zaměřena na infračervenou termografii a její využití a dále byl proveden pokus, kde se zkoumal vliv dojicího stroje na teplotu vemene a struků pomocí infračervené kamery. Pokus byl proveden v obci Petrkov na kravách plemene jerseyký skot, český strakatý skot a holštýnský skot.

Závěrem této práce byl diskutován vliv dojicího stroje na teplotu vemene.

Klíčová slova: vemeno, struky, mléčná žláza, infračervená termografie, strojní dojení, mastitida

ABSTRACT

This thesis was focused on measuring changes in surface temperature of the udder using infrared thermography. At the beginning, work dealt with the anatomy of the mammary gland, disease of the udder, milking machine and structure of milking machine.

The practical part was focused on infrared thermography and its use and an attempt was made, which examined the impact of the milking machine to the udder and teats temperature using an infrared camera. The experiment was made in the farm Petrkov on breed cows Jersey cattle, Czech fleckvieh cattle and Holstein cattle.

Finally, of this work discusses the influence of the milking machine to the udder temperature.

Keywords: udder, teats, mammary gland, infrared thermography, mechanical milking, mastitis

Obsah

1	Úvod.....	9
2	Cíl práce.....	10
3	Literární přehled	11
3.1	Vývoj chovu plemen	11
3.1.1	Holštýnské skot.....	11
3.1.2	Český strakatý skot	11
3.1.3	Jerseyský skot	12
3.2	Mléčná žláza.....	13
3.3	Onemocnění mléčné žlázy	14
3.3.1	Anomálie mléčné žlázy.....	14
3.3.2	Funkční a cirkulační poruchy mléčné žlázy	15
3.3.3	Změny na kůži mléčné žlázy	15
3.3.4	Exantém kůže mléčné žlázy.....	16
3.3.5	Záněty mléčné žlázy (<i>Mastitis</i>).....	17
3.4	Strojní dojení.....	21
3.5	Fyzikální podstata vynuceného výtoku mléka z vemene dojnice	22
3.6	Konstrukce dojicího stroje	22
3.6.1	Princip činnosti dojicího stroje	24
3.6.2	Vliv podtlaku na mléčnou žlázu dojnic	26
4	Materiál a metodika	27
4.1	Charakteristika farmy.....	27
4.2	Využití infračervené termografie	28
4.2.1	Využití IR termografie jako indikátoru produkce tepla a metanu	28
4.2.2	Využití IR termografie jako neinvazivní metody pro včasné zjištění digitální dermatitidy (DD) u skotu.....	29
4.2.3	Využití IR termografie pro měření vlivu vnějších faktorů na teplotu očí u skotu	29
4.2.4	IR termografie jako nástroj pro určení změny tkáně struků způsobené strojním dojením u koz plemene Murciano Granadina	30
4.2.5	Použití digitální infračervené termografie a měření oxidačního stresu biomarkerů jako nástroje k diagnostice lézí končetin u ovcí.....	30
4.2.6	Použití infračervené termografie očí pro posouzení fyziologického stavu (kondice) prasat před porážkou a předvídání změny kvality vepřového masa.....	30
4.2.7	Použití infračervené termografie u sportovních koní	31
4.2.8	Termokamera FLUKE Ti32.....	32
4.2.9	Multifunkční zařízení KIMO AMI 300	32
4.2.10	Sondy	33

5	Výsledky a diskuze	44
6	Závěr	62
7	Přehled použité literatury	63
8	Seznam obrázků.....	69
9	Seznam tabulek	70
10	Přílohy.....	71

1 Úvod

Samice savců mají zvláštní útvar nazývaný se mléčná žláza. U vyšších savců dále dochází k zevní a vnitřní diferenciaci žlázových okrsků a ty se pak vyvíjejí v samostatné orgány, které vytváří různě zřetelné vyvýšeniny kůže, které se u samic hospodářských zvířat označují jako vemeno (Marvan, 2007).

U volně žijících zvířat je činnost mléčné žlázy jen v období sání mláďat. Toto období se nazývá laktace, což je období, kdy se mléčné žlázy zvětší a vyměšují mléko. Po odstavení mláďat ustává sekrece mléka, mléčné žlázy se zmenší a přejdou do klidového stavu. U některých domestikovaných samic savců se dosáhlo prodloužení období laktace a zvýšení množství vyměšovaného mléka (Marvan, 2007).

Velkým problémem v chovu krav s tržní produkcí mléka je zánět mléčné žlázy, který je nejdražší chorobou skotu, protože:

- snižuje kvalitu mléka i jeho produkci,
- způsobuje předčasné vyřazení dojnice z chovu,
- v případě onemocnění jedné čtvrti mastitidou v průběhu laktace se snižuje produkce o 10- 12 %,
- klinickou nebo subklinickou mastitidou onemocní asi 50 % dojnic,
- znehodnocuje se mléko terapeutickými rezidui (antibiotika),
- finanční ztráta zapříčiněná mastitidou činí cca 300 Eur na krávu a rok (Hofírek, 2009).

Mléko dnes získáváme převážně strojním dojením. Je to proces, kdy se snažíme získat mléko od dojnice co nejrychleji a za co nejlepších hygienických podmínek, aniž by došlo k poškození struků, vemene či mléčné žlázy. Využívá se k tomu dojicí zařízení, které se skládá z dojicího stroje, pomocné konstrukce a zařízení včetně jejich uspořádání v prostoru (stavebně)

Vlivem podtlaku jsou struky během dojení nejvíce namáhanou částí vemene. Stlačováním jsou vyvolávány mechanické a oběhové změny ve tkáni struku, které mohou způsobit až patologickou traumatizaci, která se projevuje např. otokem, překrvením, zatvrdnutím, popraskáním apod. (Knížková et al., 2011).

Téma mé práce jsem si vybrala s ohledem na obor zootechnika, který studuji a také proto, že jsem si chtěla rozšířit znalosti v této oblasti.

2 Cíl práce

Cílem diplomové práce je posouzení změn povrchové teploty vemene a struků metodou infračervené termografie. První část se zabývá historií plemen, na kterých byl pokus prováděn. Dále je práce zaměřena na anatomii vemene, nemoci vemene, strojní dojení a konstrukci dojicího stroje.

Praktická část je zaměřena na samotnou infračervenou termografii a měření změn povrchové teploty vemene.

3 Literární přehled

3.1 Vývoj chovu plemen

3.1.1 Holštýnské skot

Černostrakatý skot se choval již v předminulém století. V roce 1934 se v plemenitbě používalo 230 býků černostrakatého plemene. Plemeno bylo po II. světové válce postupně zlikvidováno. Znovu se černostrakatý skot začal dovážet od šedesátých let. V roce 1980 již bylo chováno 24 230 krav černostrakatého plemene. Původem byly z Dánska, NDR, Nizozemí, Polska, SRN a Kanady. Býci černostrakatého plemene byli od 70. let nahrazováni býky holštýnského plemene. Černostrakaté plemeno bylo uznáno od roku 1983. Cílem bylo vybudovat dojnou populaci zaměřenou a koncentrovanou na výrobu mléka, protože původně byla užitkovost kombinovaná s výraznější mléčnou užitkovostí. Až po roce 1989 byla prováděna holštýnizace s cílem vytvořit mléčný užitkový typ.

V roce 2000 přesáhlo holštýnské plemeno v populaci 50 % a černostrakatý skot byl přejmenován na holštýnské plemeno.

Cílem je vyšlechtit plemeno se značnou mléčnou užitkovostí, kdy je při šlechtění kladen důraz na produkci bílkovin (Chládek, 2013).

3.1.2 Český strakatý skot

Již od neolitu byl chován český červený skot (červený krátkorohý skot). Čistokrevně byl chován až do roku 1840. Má užitkovost 3000 kg mléka a 4,5 % tuku. V počtu 160 ks se dnes chová jako genová rezerva.

Velké změny nastaly od 19. století, kdy byla zrušená robota a byla potřeba méně těžkých zvířat. Rozvíjel se průmysl a trh pro mléko a hovězí maso. Zintenzivnila se rostlinná výroba. Trojhonný osevnický postup byl nahrazen norfolským osevnickým postupem. Dále se rozvíjel zpracovatelský průmysl. Původní červinka již nebyla schopná tak rychle reagovat na nároky zvyšování užitkovosti. Začal se dovážet výkonnější skot z okolních zemí a vznikaly krajové rázy. Ke konci 19. století byl importován skot ze Švýcarska (bernský a simenský skot). Od importů se však postupně upouštělo a začal se zušlechťovat domácí skot pomocí selekce. Unifikovaly se rázy.

Po I. světové válce se u nás chovala tato plemena: červenostrakaté české plemeno a červenostrakaté moravské a slezské.

Po II. světové válce se plemena a rázy unifikovaly do jednoho plemene nazývaného červenostrakaté české, které bylo uznáno roku 1951. Byl těžší a lehčí ráz. Kolektivizace a ozdravení však snížilo užitkovost na 1800 kg. Po nástupu nových technologií a zvýšených požadavcích na produkci již není plemeno schopné uspokojit produkci, proto se dále přikřížovalo. Jako nejlepší se zdál ayrshirský skot. Od 70. let se začala využívat červená varianta holštýnského skotu. Cílem je zušlechtění českého strakatého skotu limitovaným podílem ayrshirského skotu a holštýnského skotu.

Od roku 1967 bylo uznané české strakaté plemeno bez rázů (Chládek, 2015).

Je to tradiční plemeno skotu na území ČR. Rozšířené je na všech kontinentech pro své vynikající vlastnosti a široké využití. Tvoří součást celosvětové populace strakatých plemen stejného fylogenetického původu. Podílí se přibližně polovinou na celkových stavech skotu v České republice.

Chovným cílem plemene je vysoká a hospodárná produkce mléka a masa. Požaduje se skot kombinované produkce se zaměřením na zvýrazněné znaky mléčnosti, střední až větší tělesný rámec, dobré osvalení a harmonický zevnějšek. Charakterizuje se cílovým požadavkem na mléčnou užitkovost 6000 až 7000 kg mléka s obsahem bílkovin nad 3,5 %. Masná užitkovost potom průměrným denním přírůstkem 1300g v intenzivním výkrmu býků a jatečnou výtěžností 58%. Přední chovy dosahují těchto parametrů již v současnosti (cestr.cz, 2015).

3.1.3 Jerseyký skot

Plemeno pochází z ostrova Jersey, který se nachází u pobřeží Francie. Patří k nejstarším dojným plemenům na světě. Od roku 1771 bylo plemeno známé v Anglii a bylo velmi oblíbené pro mléčnou produkci vhodnou pro výrobu másla. Běžně byl skot označován jako alderney, později však jen jako jersey. Je nejmenším dojeným plemenem na světě. Mléko je využíváno na výrobu sýrů díky vysokému obsahu tuku a bílkovin (Český svaz chovatelů jerseykého skotu, 2015).

3.2 Mléčná žláza

Samice savců mají vyvinuty zvláštní orgány, které se nazývají mléčné žlázy (*mammæ*). Vznikly z důvodu výživy mláďat, která po narození nejsou schopna samostatně najít potravu. Mléčné žlázy jsou z hlediska původu přetvořené kožní žlázy. Rozvoj je závislý na pohlaví a druhu, ale také na plemeni, užitkovém typu a vztahuje se i k pohlavnímu cyklu. U vyšších savců dále dojde k zevní a vnitřní diferenciaci žlázy- vých okrsků a ty se pak vyvíjejí v samostatné orgány, které vytváří různě zřetelné vyvýšeniny kůže. Ty se u samic hospodářských zvířat označují jako vemeno.

U volně žijících zvířat se činnost mléčné žlázy vztahuje jen k období sání mláďat. Toto období – laktace – se mléčné žlázy zvětší a vyměšují mléko. Po odstavu mláďat sekrece mléka ustane, mléčné žlázy se zmenší a přejdou do klidového stavu. U některých domestikovaných samic savců se dosáhlo prodloužení období laktace a zvýšení množství vyměšovaného mléka, které je vhodnou výživou nejen mláďat savců, ale i výživy člověka (Marvan, 2007).

Mléčná žláza se vytváří v raném embryonálním období. Zakládá se u jedinců obojího pohlaví. U zárodku telete je to již 34. den embryonálního vývoje. V této době embryo dosahuje délky 1,5 cm. Prvními základy mléčné žlázy jsou tzv. mléčné čáry. Mají podobu dvou bělavých pruhů zesílené embryonální pokožky. Při zmnožení spodních vrstev pokožkových buněk dochází k dalšímu vývoji mléčné čáry v mléčné lišty. Mléčná čára je založena po celé délce trupu, ale mléčná lišta se vytváří pouze v části, kde se pak skutečně vyvíjí mléčná žláza. V další části vývoje se mléčné lišty rozdělí příčně na uzlovité úseky, mléčné hrbolky. Počet mléčných hrbolků odpovídá počtu struků vemene v dospělosti.

Ze spodiny mléčných hrbolků se vytváří tzv. primární, sekundární a terciární čepy. Z každého primárního čepu se vyvine hlavní vývod samostatné mléčné žlázy – mlékojem a strukový kanálek. Ze sekundárních čepů se vytvoří hlavní mlékovody, které ústí do mlékojemu a terciární čepy se přetvoří v příslušné tenčí mlékovody.

Vemeno krávy bylo výběrem vyšlechtěno v mohutný orgán, který dosahuje u mléčných plemen hmotnosti 20 – 25kg. Nalézá se na spodině břicha ve stydké krajině a jeho kraniální okraj zasahuje až k pupku, kaudálně do mezinoží. Vemeno je v mediánní rovině rozděleno mezivemennou brázdou na pravou a levou polovinu a ty jsou rozděleny na přední a zadní čtvrtě (Marvan, 2007).

3.3 Onemocnění mléčné žlázy

3.3.1 Anomálie mléčné žlázy

3.3.1.1 Zvýšený počet struků (*Hyperthelia*)

Tato anomálie je poměrně častá. Na mléčné žláze jsou zřejmé rudimentální struky, u kterých ve 30 – 40% případů náleží samostatný žláznatý parenchym. Zpravidla tyto přídavné žlázy produkují malé množství mléka, ale v některých případech bylo zjištěno, že mohou konkurovat hlavní čtvrti. Protože tyto přídavné žlázy, které produkují mléko, nejsou pravidelně dojeny, je zde velké riziko vzniku zánětu a to dokonce i v hlavní čtvrti. Mnohdy jsou přídavné mléčné žlázy skrytě infikovány původci mastitid a tím představují riziko i pro hlavní čtvrt' . Opatřením je takto postižená telata nezařazovat do chovu. V případě, kdy má být narozené tele produkčně využito, může se rudimentální struk odstříhnout a opakovaně dobře dezinfikovat. U dospělého zvířete se odstranění přídavné žlázy musí provádět u fixovaného zvířete a v anestezii (Hofírek, 2009).

3.3.1.2 Nepravá píštěl (*Pseudofistula*)

Jedná se o vrozenou anomálii, kdy přídavný vývod mléčného kanálku vyvádí mléko ze žláznaté části mléčné žlázy samostatným kanálkem, ten obvykle ústí při bázi struku. Mléko při dojení vytéká i z tohoto otvoru. Zevně zvlažuje strukový násadec, nebo teče přímo do násadce, tím zvlhčuje kůži struku, což zapříčiňuje sklouznutí návlečky. I v nepravých píštělích se nachází původci mastitid.

Tato anomálie se projeví až při prvních dojeních. Anomálii odstraníme tak, že vyústění nepravé píštěle i s kůží pinzetou povytáhneme a ustříhneme. Provádí se nejlépe v období stání na sucho u položeného zvířete v anestezii (Hofírek, 2009).

3.3.1.3 Nedostatečné vyvinutí nebo nevyvinutí mléčné žlázy (*Hypomastia seu amastia*)

Je to poměrně vzácná anomálie. Obvykle jsou postiženy přední čtvrti. U takto postižených krav jsou i struky málo vyvinuté. Zpravidla se tyto anomálie objevují současně s vývojovými poruchami pohlavního ústrojí. Mezi anomálie tohoto typu se zařazuje i nedostatečné vyvinutí předních čtvrtí, kdy vznikne nesouměrné vemeno, dále také případy málo vyvinutého závěsného aparátu mléčné žlázy, u kterého má mléčná žláza hruškovitý tvar. Takto postižená zvířata jsou náchylná ke vzniku mastitid a neposkytují záruku plné užitkovosti. Tato zvířata se z chovu vyřazují (Hofírek, 2009).

3.3.1.4 Anomálie v utváření struku (*Anomalie papillae mammae*)

U obvykle vyvinuté mléčné žlázy se můžou objevovat příliš velké, nebo příliš malé struky. Hojný je také výskyt odchylek morfologických, např. tvar nálevkovitý, vřetenovitý nebo kuželovitý. Další anomálie můžou být vrozené stenózy strukového kanálku nebo špatné utváření jeho strukového zakončení, může to vyústit ve funkční vady strukového svěrače následkem hyperplazie, dysplazie nebo vazivové obliterace. Tyto anomálie mohou způsobit potíže u strojního získávání mléka, což často vede ke vzniku zánětů mléčné žlázy. Také se mohou objevit vrozené píštěle strukového kanálku nebo jeho vyústění mimo střed strukového vrcholu. Dojnicím, které trpí těmito anomáliemi, je nutné věnovat zvýšenou pozornost. Pokud dojde k nedodání, je důležité ruční dodojení. Stenózu nebo vrozenou píštěl je možné chirurgicky odstranit. Zvířata pak není vhodné použít v dalším chovu (Hofírek, 2009).

3.3.2 Funkční a cirkulační poruchy mléčné žlázy

3.3.2.1 Krvácení v mléčné žláze, krev v mléku (*HAEMORRHAGIA HAEMOGALACTIA*)

K tomuto onemocnění dochází z důvodu poškození cév mléčné žlázy traumatem, po úderu, při nešetrném ručním i strojním dojení, také působením toxinů obsažených v některých rostlinách (blatouch, přeslička, šťovík a jiné), nebo v mladých výhoncích některých stromů. Látky v nich obsažené porušují propustnost cév. V mléce se objevuje krev, případně erytrocyty, které se do mléka dostanou prostoupením nepoškozenou stěnou cévy. Diagnóza se určí na základě výskytu krve v mléku.

Po porodu může nastat mírná hemogalakcie, která do několika dnů mizí a nevyžaduje žádný terapeutický zákrok. Pro zmírnění se mohou použít obklady s adstringencii, případně adstringentní masti. Dále se podává vitamin Ca K a kalciové preparáty do žíly (Hofírek, 2009).

3.3.3 Změny na kůži mléčné žlázy

3.3.3.1 Zánět chlupového folikulu a mazové žlázy kůže mléčné žlázy (*FOLLICULITIS ET ACNE CUTIS MAMMAE*)

Jedná se o bakteriální infekci vlasových folikulů, nebo jejich žláz. Vznikají místní zánětlivá ložiska v kůži a podkoží mléčné žlázy, pokud se rozšíří hnisavé nekrotické

procesy do hloubky, jsou označována jako furunkly. Původcem tohoto onemocnění je *Staphylococcus aureus*, ale i další mikroorganismy. K infekci dochází kontaktem při dojení se stájovými předměty i rukama dojičů, také při neodborně a nehygienicky prováděné očištění mléčné žlázy.

Stanovení diagnózy folikulitidy se provádí na základě klinického nálezu a lokalizace lézí na kůži mléčné žlázy. Terapie se provádí očištěním ložisek pomocí dezinfekčních roztoků a poté aplikací sulfonamidových nebo antibiotických mastí. U furunkulózy je zpravidla nutné chirurgické ošetření. K zabránění šíření mezi zvířaty je nutné nemocná zvířata izolovat (Hofírek, 2009).

3.3.4 Exantém kůže mléčné žlázy

3.3.4.1 Nepravé kravské neštovice (*Varicella*)

Onemocnění je způsobeno původcem *Parapoxvirus*, *Paravaccinia virus*. Výskyt onemocnění je sporadický nebo také enzootický. Průběh onemocnění je zpravidla bez vedlejších příznaků a narušení zdravotního stavu zvířat. Nákaza je nejčastější při dojení a predilekčním místem jsou mikrotraumata na strucích mléčné žlázy. Po styku dojnice s infikovaným násadcem se za 5-10 dnů objeví na strucích zarudnutí a poté bolestivé papulky tmavočervené barvy. Ty nemají ve středu prohloubení a později se částečně změny na vezikuly a pustuly, posléze na krusty. Na strucích se objevují stále nové neštovičné léze a struk může vykazovat jejich různá stadia. Obvykle je na jednom struku 3-10 různých vývojových stadií. Onemocnění trvá obvykle 1-2 týdny. Během něj se zvyšuje náchylnost zvířat k mastitidám.

Diagnóza se provádí pomocí identifikace viru elektronovým mikroskopem. Léčba i opatření jsou podobné (podobná) jako u pravých kravských neštovic (Hofírek, 2009).

3.3.4.2 Herpetická mamilitida

Původcem tohoto onemocnění je herpetický virus BHV 2. Morfologicky je podobný viru IBR (BHV 1). Dostává se do chovu obvykle nákupem infikovaných zvířat. Ve stádě rozšíření napomáhá dojení a pravděpodobně také hmyz. Postiženy jsou struky, někdy i kůže vemena, objevuje se zčervenání kůže, edém a vznikají puchýře. Při dojení se vlivem dráždění proces zhoršuje a začíná gangrenózní rozpad kůže, resp. rozsáhlá ulcerace a ta se hojí velmi dlouho. Případy bez komplikací se vyléčí za 2-4 týdny. Při bakteriální komplikaci se hojení může prodloužit až na několik měsíců. Během nákazy se zvyšuje

riziko vzniku mastitid. Snižuje se produkce až o 30 % a také může být mléko znehodnoceno krví, což se stává při nešetrném dojení, kdy se strhnou krusty strukovými návlčkami dojícího stroje.

Diagnóza se určuje pomocí klinického obrazu šíření změn ze struků až na kůži vemena. Potvrzení diagnózy se provádí odběrem obsahu puchýřku a následnou kultivací na tkáňové kultuře. Následně se provede vyšetření elektronovým mikroskopem.

Hlavním opatřením je izolace nemocných zvířat od zdravých a jejich oddělené dojení. Potom je také nutné dodržovat hygienická opatření, dezinfikovat struky i dojící stroj. Léze se ošetřují dezinfekčními nebo adstringentními mastmi (Hofírek, 2009).

3.3.4.3 Papilomatóza mléčné žlázy a struků (*Papillomatosis cutis glandulae mammariae at papillae*)

Výskyt onemocnění je nejčastěji ve věku až 2 let. Je způsobeno onkogenním původcem *Papillomavirus*. Jeho varianty BPV₁ a BPV₅ vyvolávají produkci hladkých fibropapilomů na kůži mléčné žlázy i struků. Varianta BPV₆ zapříčiňuje tvorbu papilomů s rozeklaným povrchem. Jejich výskyt na strucích způsobuje potíže při dojení. Strukové násadce dokonale nepřilnou ke kůži struku a mléčná žláza se nemusí dostatečně vydojit, což může způsobovat vznik mastitidy. Papilomy rostou asi 3-6 měsíců a poté dochází k jejich regresi. Přetrvávat ale mohou i více jak 1 rok.

V případě, že je výskyt lokalizován tak, že brání dostatečnému vydojení mléčné žlázy, odstraní se chirurgickým zákrokem. Pokud se zjistí hojný výskyt v chovu, může se použít stájové autogenní vakcíny (Hofírek, 2009).

3.3.5 Záněty mléčné žlázy (*Mastitis*)

Mastitida má negativní dopad na produkci a kvalitu mléka a také je významným ekonomickým problémem (Bar et al., 2008)

Pro předcházení a léčbu mastitidy je nutné znát současnou zdravotní situaci stáda krav a jejího vývoje (Kvapilík, 2015). Některé typy mastitidy mohou způsobit zvýšení teploty pokožky vemene, zejména pokud je mastitida doprovázena horečkou (Hovinen et al., 2008).

Zánět mléčné žlázy je nejdražší chorobou skotu, jelikož:

- snižuje kvalitu mléka i jeho produkci,
- způsobuje předčasné vyřazení dojnice z chovu,

- v případě onemocnění jedné čtvrti mastitidou v průběhu laktace se snižuje produkce o 10- 12 %,
- klinickou nebo subklinickou mastitidou onemocní asi 50 % dojnic ,
- znehodnocuje se mléko terapeutickými rezidui (antibiotika),
- finanční ztráta zapříčiněná mastitidou činí cca 300 Eur na krávu a rok.

Vzhledem k tomu, že jsou mastitidy polyfaktorová a polyetiologická onemocnění, podílí se na jejich vzniku a rozvoji tři biosystémy:

- makroorganismus (dojnice), který je vybaven vlohami dědičné a získané vnímavosti nebo odolnosti k onemocnění,
- mikrobiální původci, buď environmentálního, nebo infekčního charakteru,
- vnější prostředí, které se uplatňuje prostřednictvím širokého množství faktorů (Hofírek, 2009).

3.3.5.1 Kategorie zdraví a formy zánětů mléčné žlázy

Mastitida ve stádě může zapříčinit špatnou efektivnost mléčné produkce.

Důležitý předpoklad pro posuzování zdraví mléčné žlázy a označení stáda jako bezproblémové nebo problémové, je kategorizace zánětů mléčné žlázy. Již dříve byly definovány kategorie zdraví a nemoci mléčné žlázy na základě počtu buněčných elementů, biochemických změn a průkazu mikrobiálních původců mastitid ve složení mléka. Dnes je již tato kategorizace překonána. Princip však zůstává stejný.

Pro laboratorní vyšetření se odebere vzorek mléka od dojnice v laktaci ze čtvrti mléčné žlázy na počátku dojení a pak v obvyklý čas dojení. Fluorescenčním principem je zjišťován počet buněčných elementů. Podle uvedených výsledků se charakterizují kategorie zdraví mléčné žlázy takto:

Zdravá mléčná žláza (normální sekrece)

- nejsou žádné klinické změny na mléčné žláze,
- mléko je také beze změny,
- <100 000 (200 000)/ml buněčných elementů,
- v mléce nejsou zjištěny patogeny mléčné žlázy.

Latentní infekce mléčné žlázy

- žádné klinické změny nejsou patrné na mléčné žláze,
- mléko je také beze změn,
- <100 000 (200 000)/ml buněčných elementů,

- v mléce nejsou zjištěny patogeny mléčné žlázy.

Nespecifický zánět mléčné žlázy:

- na mléčné žláze jsou prokazatelné klinické změny,
- změny mléka jsou prokazatelné,
- >100 000 (200 000)/ml buněčných elementů,
- v mléce nejsou zjištěny patogeny mléčné žlázy.

Zánět mléčné žlázy (mastitida):

- klinické příznaky na mléčné žláze se nezjišťují,
- mléko je beze změn,
- >100 000 (200 000)/ml buněčných elementů,
- v mléce se zjišťují patogeny,
- **klinický:**
- probíhá podle závažnosti ve 3 stupních (Hofírek, 2009).

3.3.5.2 Etiologie mastitid

Uvádí se tři biosystémy, jež ve vzájemné interakci působí na vznik a rozvoj mastitid.

1. Makroorganismus

Záleží na predispozičních faktorech odolnosti, nebo vnímavosti dojnice ke vzniku mastitid. Mohou být různého charakteru:

- Morfologické faktory – tvarové vlastnosti mléčné žlázy a jejích struků, výskyt pastruků a zakončení strukového kanálku.
- Fyziologické faktory – jako významný se považuje obranný mechanismus keratinové zátky ve strukových kanálcích a variabilita jeho fyzikálních a biochemických vlastností pro bariérovou funkci. Do mléčné žlázy pronikají patogenní agens, proto je důležitá uzavírací schopnost strukového kanálku. Záleží na světlosti, kontraktilitě svěrače, délce kanálku atd. strukového kanálku. Tyto vlastnosti ovlivňují rychlost dojení. Pro vznik mastitid jsou předurčeny dojnice s extrémními hodnotami. Důležité je také pravidelné dojení, kdy dochází k vyplavování bakterií ze strukového kanálku, případně mlékojemu a vývodných cest.
- Imunologické faktory – využívají se při obraně mléčné žlázy před infekcí. Původ mají v systémových specifických i nespecifických obranných mechanismech. Mléčná žláza má i lokální obranné mechanismy, které tvoří společně lo-

kální obranný systém mléčné žlázy, který zabraňuje průniku původců zánětu strukovým kanálkem.

- Genetické faktory – ovlivňují citlivost mléčné žlázy ke vzniku mastitid nepřímo, pomocí faktorů výše zmíněných, protože ty jsou do jisté míry ovlivněné dědičností. Následující fenotypové znaky byly prokázány jako znaky ovlivňující odolnost nebo citlivost krav k infekci mléčné žlázy:

- hloubka vemene,
- délka struků,
- délka strukového kanálku,
- utváření vnějšího ústí strukového kanálku,
- dojitelnost,
- laktosebum.

2. Patogeny mléčné žlázy

Další biosystém představují mikroorganismy, které se uplatňují při vzniku mastitid.

Z epidemiologického hlediska se rozdělují do dvou skupin

- Infekční mastitidy- mléčná žláza, která je infikovaná, je hlavním rezervoárem patogenů. Mikroorganismy, které nejčastěji vyvolávají infekční mastitidy, jsou streptokoky, stafylokoky a další.
- Environmentální mastitidy – vyvolávají je MO, jejichž rezervoár je prostředí. Sem patří například G bakterie, zejména enterobakterie. Typický představitel je E. coli. Dále také bakterie z rodu Klebsiella, Enterobacter, Serratia a Yesinia, jež se množí ve stájovém prostředí (Hofírek, 2009).

3. Faktory vnějšího prostředí

Vnější prostředí je třetím biosystémem, který se uplatňuje v etiologii mastitid. Působí mnoha faktory ve vzájemné interakci. Zejména:

- Technologie a hygiena získávání mléka – může se stát traumatizujícím faktorem, který začíná působit už okamžikem odchodu dojnic z ustajovacích prostor do dojírny. Poté působí v době pobytu v čekárně a může se projevit i v průběhu dění v důsledku závady na dojícím zařízení. Příčinou poškození struků jsou také nevhodné vlastnosti gumových návleček, které mohou být tuhé, popraskané nebo zdeformované. Automatické dojící stroje mohou chybně nasazovat strukové násadce, nebo také předčasně násilně sundávat. Škodlivé také působí kolísání tlaku v podstrukové komoře, moc vysoká nebo naopak nízká pulzační frekvence.

Vysoká hladina tlaku může způsobovat významnou traumatizaci struků. Vysoký podtlak způsobuje dojnícím bolest, výhřez strukového kanálku a eroze jeho vnějšího vyústění. Dojení na sucho představuje nejsilnější traumatizací činitel. Dojící zařízení může být také vektorem přenosu infekčních agens.

- Roční období, ustájení a welfare – jako nepříznivé se zdá být působení chladu, vlhka a přílišné proudění vzduchu, případně i obsah škodlivých plynů. Vazné ustájení s čistou podestýlkou ze slámy a odstraňování výkalů je prevence proti vzniku mastitid. Nepříznivé je zanedbávání čištění dojníc a dezinfekce stájí. Mastitidy kulminují při stájovém chovu v květnu až v červenci. Vlivem zvýšené teploty vnějšího prostředí přijímají dojnice menší množství krmiva, a je proto zkrmováno větší množství jaderného krmiva. Následkem toho je, že dojnice žerou méně objemného krmiva a vede to ke vzniku subklinické acidózy bachorového obsahu a tím je spojen prudký nárůst mastitid.
- Výživa, technologie krmení a fáze zaprahnutí – zabezpečováním adekvátního metabolismu, syntetických procesů v mléčné žláze a adekvátní funkce obranných mechanismů umožňujících překonat nepříznivé působení různých faktorů dosahujeme schopnosti krav dosáhnout a udržet vysokou úroveň produkce. Výživa, technologie krmení a fáze zaprahnutí jsou společně dominantními faktory ovlivňující zdraví dojníc. Výživa musí plnit potřeby makroorganismu.
- Zátěž při porodu – vznikají následkem ztučnění dojníc i jalovic. Ztučněním dochází k zúžení porodních cest.
- Péče o paznehty – jejich zanedbání a následný výskyt hnisavých procesů zhoršuje zoohygienu stáje. Nepříznivě se projeví a (a) na frekvenci zánětlivých onemocnění vemen (Hofírek, 2009).

3.4 Strojní dojení

Je to proces, kdy se snažíme získat mléko od dojnice co nejrychleji a za co nejlepších hygienických podmínek, aniž by došlo k poškození struků, vemene či mléčné žlázy. Využívá se k tomu dojící zařízení, kterým se rozumí dojící stroj, pomocné konstrukce a zařízení včetně jejich uspořádání v prostoru (stavebně).

3.5 Fyzikální podstata vynuceného výtoku mléka z vemene dojnice

Tlakovým spádem mezi strukovou cisternou a vnějším ústím strukového kanálku je podmíněn výtok mléka z mlékojemu. Dochází k němu odlišným způsobem při sání tele, při ručním dojení nebo při dojení strojem.

Při sání mléka si tele vytvoří jazykem proti patru postupnou kontrakci struku. Tím vyvolává zvýšení tlaku v cisterně struku za spolupůsobení podtlaku, jenž vzniká v dutině ústní.

U ručního dojení se mléko vyvádí ze strukové cisterny kontrakcí struku vyvolanou prstencovým sevřením ruky. Ta postupuje shora k vnějššímu ústí strukového kanálku. Zvyšuje se přitom tlak uvnitř struku, který pak překonává vnějšší atmosférický tlak.

Princip práce dojících strojů, jak je dosud známý, používaný a osvědčený je výše uvedeným způsobem získání mléka dost vzdálen. V průběhu let byl neustále zdokonalován. Dnes jsou v moderních dojících zařízeních běžně využívány senzory ve spojení s procesorovou technikou, která přispívá ke zkvalitňování dojícího procesu. Vede ke zvednutí úrovně tzv. šetrného dojení (Knížková et al., 2011).

3.6 Konstrukce dojícího stroje

Dojící stroj je kompletní zařízení pro dojení, které sestává mimo jiné z jedné, nebo více dojících jednotek, tj. sestav součástí dojícího stroje, které jsou nutné pro dojení jednotlivých zvířat.

V jednom dojícím zařízení může být dojící jednotka použita tolikrát, kolik zvířat se může současně dojit. Skládá se např. z dlouhé pulzační hadice a pulzátoru, dlouhé mléčné hadice, dojící soupravy, případně i z konve nebo odměrné nádoby nebo měřiče mléka a dalšího příslušenství.

Dojící souprava zahrnuje strukové násadce a sběrač. Každý strukový násadec je tvořen pouzdrem, strukovou návlečkou a krátkou pulzační hadicí (vyjma případu, kdy je dělená struková návlečka a její součástí jsou ještě spojka s průhledítkem a krátká mléčná hadice).

Pouzdro strukového násadce vykonává funkci pevného krytu a také slouží k uchycení a napnutí strukové návlečky. Pouzdro bývá vyrobeno z nerezové oceli nebo z plastu. Jsou různé tvary, které pouzdro může mít. Vždy však musí být zajištěn dokonalý konstrukční a funkční soulad mezi pouzdrem a strukovou návlečkou. Mezistěnné komory

musí mít objem odpovídající průchodnosti pulsátoru, jinak hrozí nežádoucí změna pulzační charakteristiky.

Struková návlečka dojícího stroje je jednou z nejdůležitějších součástí. Přes strukovou návlečku působí dojící zařízení přímo na struky a tím i na mléčnou žlázu. Její tvar, materiál a konstrukce ovlivňují, více než jiné konstrukční prvky, proces dojení. Fyzikální vlastnosti a tlakové poměry určují zatížení tkáně struku během její činnosti. Především u prvotek snižují správné parametry strukové návlečky, s ohledem na velikost struků, nekolid a kopání (Knížková et al., 2011).

Důležité je, aby měla struková návlečka stálý tvar, a musí dobře kopírovat povrch struku při pulzaci. Struková návlečka je tvořena horní částí – hlavice, střední částí – těla a krátké mléčné hadice. Rozdělit strukové návlečky můžeme podle tvaru na válcové a kuželovité (kónické). Materiál, z kterého se vyrábí, musí být hygienicky nezávadný, přiměřeně měkký a pružný. Obvykle je použitý různý druh pryže nebo silikonového kaučuku. Vnitřní strana musí mít hladký povrch bez trhlinek, nerovností a také odolný proti působení mléka, čistících a dezinfekčních prostředků.

K další části dojící soupravy patří sběrač. Slouží k připojení dílčích strukových násadců na mléčné potrubí. Mléko, získávané z jednotlivých struků, se shromažďuje v komoře sběrače. Komora má ve spodní části náustek, který slouží k připojení dlouhé mléčné hadice a v horní části čtyři náustky k propojení se strukovými násadci pomocí krátkých mléčných hadic. Náustky také umožňují zalomení krátké mléčné hadice a tak uzavírají přívod podtlaku do podstrukové komory. Snižují se tak ztráty podtlaku přísávaním vzduchu dosud nenasazenými strukovými násadci. V současnosti se používají sběrače mléka o objemu 250-450 ml, ale všeobecně by objem neměl klesnout pod 150 ml. Extrémní velikost sběračů se neosvědčila, protože konstrukční řešení sběrače musí zajistit pokud možno laminární proudění mléka (při turbulentním proudění se tříští kuličky mléčného tuku a dochází k rychlé oxidaci mléka, což vede ke zhoršení kvality mléka). Je důležité, aby součástí sběrače mléka bylo automatické uzavření přívodu podtlaku, jež při uvolnění strukového násadce nebo při pádu dojící soupravy z vemene zabráňuje nasávání nečistot z podlahy a značným ztrátám podtlaku.

Je věnována specifická pozornost transportu mléka ze sběrače do mléčného potrubí. Kalibrovaný otvor pro vstup atmosférického tlaku zajišťuje plynulost odtoku mléka. Otvor je umístěn v horní části sběrače mléka. Do sběrače se vpouští minimální objem vzduchu a to zabezpečuje plynulý odtok mléka obzvlášť při synchronní pulsaci a také má pozitivní vliv na požadovanou stabilitu podtlaku v podstrukové komoře, protože při

pulsaci dochází k objemové změně části strukové návlečky. U všech potrubních dojících strojů má poloha mléčného potrubí značný vliv na plynulost odtoku mléka ze sběrače. Jeho velké převýšení vzhledem k vemeni dojnice, což je zpravidla u dojení na dojícím stání, zvyšuje značně hydraulický odpor v potrubí a tím velmi ovlivňuje stabilitu podtlaku v systému. Z tohoto důvodu je očividně výhodné umístit mléčné potrubí pod úroveň stání, jak je dnes v dojárnách běžné. Je požadována maximální stabilita podtlaku v evakuované části dojícího stroje. S tím je spojený i trend vedoucí ke zvyšování průřezu mléčného i podtlakového potrubí. Zvyšování světlosti mléčného potrubí má své hranice. Ty jsou limitovány možností dostatečné čistitelnosti jeho vnitřních ploch (Knížková et al., 2011).

3.6.1 Princip činnosti dojícího stroje

Princip činnosti dojícího stroje je založen na řízeném střídání atmosférického tlaku s pod tlakem v mezistěnné komoře strukového násadce a současně trvalý podtlak v podstrukové komoře. Strojní dojení se uskutečňuje ve dvou fázích – ve fázi taktu sání a taktu stisku. Při taktu sání struková návlečka přiléhá k bočním stěnám struku a v obou komorách strukového násadce je podtlak. Současně na spodní část struku působí podtlak, strukový kanálek je otevřen a mléko vlivem podtlaku vytéká do podstrukové komory. Při taktu stisku je podtlak v podstrukové komoře a atmosférický tlak v mezistěnné komoře (event. malý přetlak). Na základě rozdílů působení tlaků v podstrukové a mezistěnné komoře strukového násadce je struková návlečka stlačena, těsně obepíná tělo struku a tlakem uzavírá strukový kanálek. U této fáze mléko ze struku nevytéká. Uskutečňuje se však masáž zejména spodní části struku, což přispívá k obnovení proudění tělních tekutin v tkáni struku a má pozitivní vliv na zdravotní stav mléčné žlázy - fáze masážní (Knížková et al., 2011).

Takt sání a takt stisku se nestřídají nahodile, ale řídí se přísnými pravidly. Střídání je technicky zajištěno pulzátozem. Jeden ze základních parametrů pulzátoru je charakter pulzace. Ten může být synchronní (fáze pulzace probíhá ve všech strukových násadcích dojící soupravy současně) a typ asynchronní (cyklický pohyb dvou strukových návleček je v protifázi s cyklickým pohybem zbývajících dvou). Jsou používány oba pulzační systémy a je nesnadné rozhodnout, který systém je lepší a splňuje lépe požadavky na fyziologicky správné dojení. Synchronní typ je jednodušší a proto levnější. Mléko proudí ze všech čtvrtí současně. Vyvolává tím vyšší cyklické kolísání vakua než u asyn-

chronního typu. Také bývá synchronní dojící souprava náchylnější ke spadnutí z vemene a to hlavně ke konci dojení nebo u různě velkých struků. Při asynchronní pulzaci jsou dva strukové násadce v taktu sání, což zajišťuje přidržení dojící soupravy na vemeni. Moderní dojící stroje dokážou eliminovat výše zmíněné nedostatky svou konstrukcí (větší sběrač, správný tvar, velikost a použitý materiál strukové návlečky, dostatečně dimenzované cesty pro mléko atd.). Dnes v praxi přestává být charakter pulzace důležitý. Pulzátor, který v mezistěnné komoře zajišťuje cyklické změny tlaku, tak v podstatě řídí proces dojení. V současnosti jsou rozšířené tři hlavní konstrukční principy – pneumatický, hydraulický a elektromagnetický. Pneumatický a hydraulický se využívají tam, kde je neúčelné nebo obtížné instalovat rozvody pro napájení elektromagnetických pulzátorů. Používány jsou většinou pro dojení ve vazných stájích do konve nebo do potrubí. Elektromagnetické pulzátory jsou považovány za nejdokonalejší. Největší výhodou je zejména možnost snadného a přesného řízení pulzace a stálost a přesnost nastavených parametrů a také jednoduchá konstrukce (Knížková et al., 2011).

Kvalitu dojení také ovlivňuje velikost jmenovitého (pracovního) podtlaku, tedy nastavená hodnota podtlaku v podtlakovém systému dojícího zařízení. Zdrojem podtlaku je vývěva. Je to soustrojí, jehož pohon se obvykle zprostředkovává elektromotorem. Další příslušenství je vzdušník, regulační ventil, vakuometr a výfukové potrubí, na jehož konci je v případě použití lopatkové vývěvy nainstalován odlučovač oleje, který je současně i tlumičem hluku. Dle konstrukce se vývěvy dělí na:

- vývěvy s rotujícími písty (Rootsovo dmychadlo),
- vodokružné vývěvy,
- rotační lopatkové vývěvy.

Pro velké objemové průtoky (až $28 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) se používají vývěvy s rotujícími písty. Pro výkonnosti až $6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ se stavějí vodokružné vývěvy. Charakterizují se nenáročností, spolehlivostí a také dlouhou životností bez potřeby mazání. Nejrozšířenějším typem jsou rotační lopatkové vývěvy. Pro výběr vhodných vývěv pro dojící stroje je důležitá jejich úspora režimu práce a také šetrnost k životnímu prostředí. Rotační lopatkové vývěvy dostatečně nenaplnují tyto požadavky. Dnešní uspořádání strojního agregátu vytvářejícího podtlak v dojícím systému jsou navržena tak, že vývěva pracuje trvale s nominální výkonností a požadovaná úroveň podtlaku v systému je udržována regulačním ventilem. Tato regulace však nezaručuje, aby pracovala s ideálním účinkem i účinností, protože je vždy výkonnostně předdimenzována (Knížková et al., 2011).

3.6.2 Vliv podtlaku na mléčnou žlázu dojnic

Struky během dojení mění kondici a jsou nejvíce namáhanou částí vemene. Stlačováním jsou vyvolávány mechanické a oběhové změny ve tkáni struku, jež může způsobit až patologickou traumatizaci, která se projevuje např. otokem, překrvením, zatvrdnutím, popraskáním apod.

Proces dojení a traumatizaci mléčné žlázy významně ovlivňuje používaný podtlak. Pokud je příliš nízký průměrný podtlak ve sběrači mléka, tak způsobuje:

- prodloužení doby dojení,
- nedokonalé vydojování,
- postupný pokles užitkovosti,
- zvýšení počtu traumatizací struků,
- zvýšení rizika prokluzování strukových násadců a také jejich spadávání.

Na druhou stranu příliš vysoký průměrný podtlak ve sběrači mléka způsobuje:

- zvýšení poranění struků,
- otoky tkáně struků,
- zpomaluje dojení vtahováním struku do strukové návlečky, tzv. „šplhání strukových násadců“,
- prodloužení doby dodojování, tím zvyšuje riziko poranění tkáně struků.

Tato metodika vychází z projektu, kde bylo provedeno sledování vlivu provozního podtlaku robotizovaného dojení na traumatizaci mléčné žlázy pomocí termografické metody. Vliv podtlaku byl tedy hodnocen na základě změny teploty struků. Infračervená termografie totiž umožňuje neinvazivně, bezkontaktně a objektivně zachytit vzhledově nepostihnutelnou traumatizaci tkáně struků. Dojením dochází ke změně teploty struků a tyto změny, resp. velikost těchto změn se využívá k hodnocení vlivu dojení na mléčnou žlázu a posouzení pohody dojnic při dojení daným způsobem (Knížková et al., 2011).

4 Materiál a metodika

4.1 Charakteristika farmy

Farma, kde jsme prováděli měření povrchové změny teplot vemene, je v nadmořské výšce 558 m. n. m. Nachází se na Českomoravské vrchovině v Petrkově, což je část Zachotína, okres Pelhřimov. Průměrné roční srážky se pohybují okolo 700 až 800 mm a průměrná roční teplota je v této oblasti kolem 6 až 7 °C (Hrbáčová, 2015).

Farma byla založena roku 1991 jako konvečně hospodařící podnik. Od roku 2012 je farma zapsána do ekologického zemědělství s produkcí ekologického produktu - mléka.

Na farmě je celkem 95 kusů skotu, z toho 34 kusů dojnic, 12 kusů březích jalovic, 25 samců, z nichž 22 kusů jsou voli a 3 kusy jsou býci. Býci jsou prodáváni už jako telata. Farma chová pouze skot s tržní produkcí mléka. Mléko se prodává do Německa, jako produkt ekologického zemědělství, mlékárnou Glaserne Meierei.

Ustájení ve stáji je řešeno jako volné boxové stelivové. Chlévská mrva je vyhrnována každodenně a boxy jsou stlány každý druhý den slámou.

Stáj má tvar obdélníku, kde délka je 30 m, šířka 13 m a výška 2,80 m. Oken je ve stáji 11, mají tvar obdélníku, a jejich rozměr je 180 cm x 120 cm. Okna mají v horní části otvor široký 20 cm, který je neustále otevřen. Stáj má jedny vrata sloužící k větrání a druhé vrata, kterými se vyhání dobytek, odklízí chlévská mrva, stele a zakládá krmení. Ve stáji je osvětlení v přibližné hodnotě 200 luxů.

Krmný žlab je ve stáji umístěn na její levé straně. Šířka krmného stolu je 125 cm a tvoří ho přibližně 15 cm žlábek a asi 110 cm rovný krmný stůl. Ve žlábků mají dojnice jadrné krmivo s melasou a na rovné ploše dostávají siláž z částečně zavadlé píce a seno. Krmnou sůl má skot k dispozici ve formě lizu taktéž na krmném stole.

Ve stáji se nachází také dojírna, která je umístěná na konci budovy a je dvoumístná tandemová. Při dojení se používají papírové utěrky a desinfekce struků s pomocí pěnového přípravku před dojením a po dojení pomocí klasické desinfekce s jodem. V budově se také nachází dvě inseminační místa pro skot. Pro nemocná telata je vytvořen kotec. Dále je ve stáji porodní box, který je v části pro dojnice.

Krmení je ve stáji řešeno letní a zimní krmnou dávkou. Letní KD se skládá z 8 složek a zimní KD ze 7 složek. V létě je to pastva ad libitum, 20 kg siláže z částečně zavadlé travní píce, 5 kg směsi obilovin, 0,3 kg melasy, 1,5 kg sena, 0,05 kg krmné soli, 0,05 kg lizu a 0,1 kg minerální směsi pro dojnice. V zimě se pastva nahrazuje navýšením siláže

z částečně zavadlé travní píce a přidává se více sena. Podává se tedy 45 kg siláže a 2 kg sena. Ostatní složky krmení zůstávají beze změny.

Technologie chovu a odchovu je podle kategorie skotu. Telata jsou ustájena ve venkovních individuálních boxech (tzv. VIB), později se odchovávají skupinově. Jalovice od 7 do 24 měsíců se odchovávají na pastvě a až jako vysokobřezí spolu s dojnicemi ve stáji. Věk dojnic ve stáji se v průměru pohybuje kolem 5 let, ačkoliv ve stáji najdeme zvířata stará až 9 let (Dvořák, 2015).

Dojírna, ve které měření probíhalo, je od výrobce westfalia. Dojeno bylo při podtlaku 42 kPa. První měření proběhlo v lednu 2014, druhé měření v srpnu 2014. Proudění vzduchu bylo v zimě 0,47 m/s, v létě 0,50 m/s. Teplota v zimě byla 9°C, v létě 19°C. Vzdálenost při měření od přístroje k vemu cca 1,2 m (Junga, 2015).

4.2 Využití infračervené termografie

4.2.1 Využití IR termografie jako indikátoru produkce tepla a metanu

Montanholi et al. (2008) uvádí ve své studii, že infračervená termografie byla testována pro predikci produkce tepla, metanu a pro detekci fyziologických účinků (např. teplotní přírůstek při krmení) u dojnic. Různé části těl zvířat byly infračerveně skenovány, a to současně s měřením jejich produkce plynu. Infračervenou termografii můžeme úspěšně použít pro posuzování teploty a produkce metanu, a to prostřednictvím analýzy teploty nohou a teploty rozdílné mezi levou a pravou stranou těla. Tato technologie je také používána pro posouzení fyziologické reakce na dojení a krmení. Autor v závěru uvádí, že při této studii našli silnější souvislost mezi produkcí tepla a teplotou nohy u skotu než souvislost s jinou částí těla. Pomocí IR kamery bylo zjištěno, že nohy mohou být nejvhodnější místo pro predikci produkce tepla s využitím infračervené termografie. Je zde rovněž potenciál pro hodnocení produkce metanu, a to prostřednictvím analýzy teplotního rozdílu mezi levou a pravou stranou těla v postprandiálním období, s využitím IR technologie. Kromě toho může být IR termografie použita pro posouzení fyziologických jevů, a to prostřednictvím studia povrchových teplot kůže chovaných zvířat, kde se změny teploty projevují jako odpověď organismu na proces dojení a krmení. Vzhledem k významu produkce tepla a metanu při určování účinnosti využití krmiva, efektivity mléčné produkce a jejich vzájemného vztahu s IR termografií. Autor konstatuje, že tato technologie může představovat důležitý nástroj pro prověření využití krmiva u skotu.

4.2.2 Využití IR termografie jako neinvazivní metody pro včasné zjištění digitální dermatitidy (DD) u skotu

DD je dynamická infekční nemoc nohou se zvyšujícím se výskytem v mnoha zemích (Somers et al., 2003; Capion et al., 2008; Logue, 2011). Je považována za hlavní příčinu kulhání u mléčného skotu s významným vlivem jak z hlediska ekonomiky, tak welfare (Somers et al., 2005; Cha et al., 2010; Ettema et al., 2010).

Výsledky studie ukázaly, že IR je slibný diagnostický nástroj při monitorování DD u dojnic na základě měření teplotního rozdílu mezi předními a zadními nohama (Alsaod et al., 2013). Podobným problémem řešil tým Kotrba et al. (2007), který se zabýval konkrétně měřením povrchové teploty těla u skotu.

4.2.3 Využití IR termografie pro měření vlivu vnějších faktorů na teplotu očí u skotu

Infračervená termografie (IRT) byla používána ve veterinárních i živočišných vědách. (Stewart et al., 2005; McCafferty, 2007).

Použití infračervené termografie k měření teploty oka je rychlé, poměrně snadné a méně invazivní v porovnání s alternativními metodami měření teploty těla jako jsou rektální teploměry, tepelné mikročipy apod. (Johnson et al., 2011; Timsit et al., 2011).

Faktory vnějšího prostředí byly vyhodnoceny jako limitující ve využití měření teploty oka získané IRT. Vnější faktory jsou například vzdálenost fotoaparátu, rychlost větru, nastavení fotoaparátu a solární ohřev (Church, 2014). Včasné odhalení horečnatého stavu podle teploty oka s pomocí IRT by bylo vysoce žádoucí pro určení výskytu bovinního respiratorního onemocnění (BRDc), který je jedním z nejčastějších a finančně důležitých onemocnění u skotu (Thompson et al., 2006; Duff, Galylean, 2007; Weary et al., 2009).

Detekci onemocnění jako je BRDc u skotu pravděpodobně brání chování predátor-kořist (Duff, Galylean, 2007). Zvířata často vnímají manipulaci personálu jako dravce, a proto mají snahu maskovat slabost, jako je například nemoc. Metoda IRT by mohla být rozhodující při včasné detekci nemoci a léčby v budoucnosti (Church, 2014).

4.2.4 IR termografie jako nástroj pro určení změny tkáně struků způsobené strojním dojením u koz plemene Murciano Granadina

Alejandro et al. (2014) zkoumali infračervenou termografii s cílem doladit techniku měření teploty pro termografické obrazy, studovat zdravotní stav mléčné žlázy při použití této techniky a studovat vztah mezi termografií a ultrazvukem jako metody pro odhadnutí účinku strojního dojení na tloušťku stěny struku.

V závislosti na výsledcích lze termografií detekovat zvýšení teploty struku způsobené strojním dojením. Nicméně další práce jsou nezbytné ke studiu, které infekční a neinfekční faktory souvisí se zvířaty nebo s dojícím strojem mezi dalšími aspekty, které by mohly mít vliv při použití IR termografie u koz (Alejandro et al., 2014).

V praxi by mohla být termografie použita jako metoda rychlého odhadu správného mechanického dojení, protože nevhodné dojení zvýší teplotu kůže struků po dojení (Paulrud et al., 2005).

4.2.5 Použití digitální infračervené termografie a měření oxidačního stresu biomarkerů jako nástroje k diagnostice lézí končetin u ovcí

Kulhání je častou příčinou ekonomických a welfare otázek v zemích chovajících ovce (Winter, 2008). Hniloba paznehtů a interdigitální dermatitida jsou dvě nejčastější příčiny kulhání u ovcí. S lézí nohou tvoří 80% příčin kulhání (Olechnowicz, 2011).

Australský systém, který je běžně používán (Egerton and Roberts, 1971), může být časově náročný, subjektivní, záleží na zkušenostech pozorovatele a vyžaduje pravidelné sledování, které je logisticky a ekonomicky náročné. Z toho to důvodu jsou potřeba metody spolehlivé, praktické a neinvazivní. IR termografie by mohla být užitečná pro rychlé zjištění lézí končetin u ovcí (Schaefer et al. 2004).

4.2.6 Použití infračervené termografie očí pro posouzení fyziologického stavu (kondice) prasat před porážkou a předvídání změny kvality vepřového masa

Při fyzické zátěži se zvyšuje metabolická aktivita a tvorba tepla, což vede ke zvýšení teploty tělesného jádra s následky změny kvality masa (Weschenfelder et al., 2013).

V posledních studiích byla metoda IR termografie použita k posouzení welfare při každodenním managementu, tj. odrohování, kontrola zdravotního stavu telat (Schaefer et al., 2012)

Na základě úzkého spojení mezi zvýšením teploty svalů a brzkému posmrtnému snížení pH (Klont & Lambooi, 1995), byla IR termografie aplikována při detekci nárůstu teploty u prasat při manipulaci před porážkou s konečným cílem předvídat změny kvality masa. Výsledky těchto studií nebyly přesvědčivé. Důvody mohou být dva. Buď to bylo způsobeno menší přesností IR termografie, nebo volbou anatomického místa pro skenování (Weschenfelder et al., 2013).

Mozek je hlavním zdrojem metabolicky vyrobeného tepla a sídlem centrálního nervového systému regulujícího teplotu těla, tj. teplota mozku je uznána jako teplota jádra (McCafferty, 2007). Teplota očí, kvůli jejich těsné blízkosti k mozku, je považována za dobrý ukazatel teploty jádra (Tan et al., 2009).

Vzhledem k průtoku krve v oku je těsná spojitost s činností sympatické aktivity (Stewart et al., 2008) a to i při mírném stresu může být detekováno jako změna teploty očí. Změny očí byly popsány v reakci na akutní stres, jako je například fyzická bolest a zánětlivý proces u krav (Johnson et al., 2011).

Weschenfelder et al. (2013) zjistili, že infračervená termografie očí (IROT) je schopna detekovat změny teploty spojené s fyziologickým stavem prasat před porážkou a může představovat potencionální nástroj k předvídaní změn kvality masa v obchodních podmínkách.

4.2.7 Použití infračervené termografie u sportovních koní

Strach u domácích zvířat byl definován jako reakce na aktuální nebezpečí. Odpovědi na strach se vyznačují fyziologickými změnami a změnou chování (Forkman et al., 2007). Když se zvíře bojí, dochází ke kardiovaskulárním změnám v různých částech těla a konečný efekt je zvýšení perfuzního tlaku a přesměrování průtoku krve do centrálního nervového systému a do kosterního svalstva. Sportovní koně mohou podléhat různým strachům, například při transportu, soutěžích atd. (Christensen et al., 2008). Takové chování může ohrozit jak zvíře, tak i lidi kolem něj. Strach u koní hraje důležitou roli v jejich welfare. Některé z nejčastěji používaných metod jsou fyziologické ukazatele jako srdeční frekvence, variabilita srdeční frekvence, koncentrace kortizolu a infračervená termografie. IRT může být použita k detekci změn v průtoku periferní krve (což způsobuje změny v rozložení tělesného tepla), jako odpověď na strach vyvolaný stresem. Studie různých druhů zvířat ukázaly, že po stresové situaci se na malé oblasti kolem okraje víčka a caruncula lacrimalis změní teplota. Tato oblast je bohatě inervo-

vána, proto představuje ideální místo pro měření lokální změny průtoku krve vyplývajícího z optimalizace autonomního nervového systému (Dai et al., 2015).

4.2.8 Termokamera FLUKE Ti32

Průmyslová termokamera je určena pro široké množství situací. Poskytuje špičkovou kvalitu obrazu, volitelné objektivy, baterie pro práci v terénu viz. obrázek v Příloze 19 a 20.

Specifikace vlastností:

- Teplota
 - o rozsah měření teploty -20 °C až +600 °C,
 - o přesnost měření teplot ± 2 °C nebo 2 %.

Obecná specifikace:

- provozní teplota -10 °C až + 50 °C,
- teplota pro skladování -20 °C až +50 °C bez baterií,
- relativní vlhkost 10 % až 95 % nekondenzující (FLUKE, 2016).

4.2.9 Multifunkční zařízení KIMO AMI 300

Kimo AMI 300 (obrázek zařízení v Příloze 21) multifunkční profesionální měřicí přístroj. K měřáku je celá řada příslušenství bezdrátových i klasických sond pro měření teploty, proudění vzduchu atd. Přístroj může pomocí volitelného softwaru DataLogger bezdrátově přenášet data do PC (Kolektiv, 2015).

Vlastnosti AMI 300:

- hmotnost: 380g,
- rozměry (V x Š x H): 172 x 86 x 58,
- měřicí čidlo: tlak - Piezodporový senzor; rychlost proudění - termistor, ventilátor, Hallova sonda, Pitotova trubice, Debimova čepel; teplota - Pt100 senzor, termočlánekový senzor K, J, T třídy 1; vlhkost - kapacitní snímač; CO₂ - infračervený senzor; CO - elektrochemický senzor; tachometr - optický detektor/kontaktní adaptér pro optickou sondu,
- grafický barevný podsvícený displej 70 x 52 mm; 320x240 pixelů,
- paměť na 12 000 měření,

- zaměnitelné měřicí moduly,
- měření až na šesti kanálech současně,
- volba jednotek,
- bezdrátová komunikace s PC,
- třída krytí: IP54, kryt z ABS,
- napájení: 4 alkalické baterie 1,5V LR6,
- pracovní teplota přístroje: 0 až 50 °C,
- pracovní teplota sondy: -20 až 80 °C,
- skladovací teplota: -20 až +80 °C,
- automatické vypínání - nastavitelné (0 až 120 min).

Specifikace vlastností:

- teplota Pt100
 - o měř. rozsah -100 až 250 °C (v závislosti na zvoleném modulu),
 - o přesnost $\pm 0,4\%$ $\pm 0,3\%$ (dle zvolené sondy),
 - o rozlišení 0,1 °C.
- relativní vlhkost
 - o měř. Rozsah 3 až 95 %,
 - o přesnost $\pm 0,88\%$,
 - o rozlišení 0,1 % RH (Kolektiv, 2015).

4.2.10 Sondy

Tabulka 1 Sonda HET 14 - viz. obrázek v Příloze 22 (Zdroj: KIMO Canada, 2016).

		Rozsah měření	Přesnost*	Res.	t ₆₃
Rychlost proudění vzduchu: proximity sensor Tok vzduchu dopočítávám Teplota: Pt100 třída A Přímá (HE14) nebo teleskopická (HET 14) ruškojet'	Rychlost proudění vzduchu	od 0,8 do 3 m/s od 3,1 do 25 m/s	$\pm 3\%$ z naměřené hodnoty $\pm 0,1$ m/s $\pm 1\%$ z naměřené hodnoty $\pm 0,3$ m/s	0,1 m/s	0,6 sek.
	Průtok vzduchu	od 0 do 99999 m ³ /h	$\pm 3\%$ $\pm 0,03^*$ oblast (cm ²)	1 m ³ /h	
	Teplota	od -20 do + 80°C	$\pm 0,4\%$ z naměřené hodnoty $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$	0,1°C	5 sek. za V _{vzduchu} = 1m/s

Tabulka 2 Sonda Probe SVTH, obrázek sondy v Příloze 22 (Zdroj: KIMO Canada, 2016).

		Rozsah měření	Přesnost*	Res.	T ₆₃
Rychlost proudění vzduchu: NTC regulovány teplotou	Rychlost proudění vzduchu	od 0.15 to 3 m/s od 3.1 do 30 m/s	± 3% z naměřené hodnoty ± 0.03 m/s ± 3% z naměřené hodnoty ± 0.1 m/s	0.01 m/s 0.1 m/s	0,6 sec.
Vlhkoměr: kapacitní snímače	Relativní vlhkost	od 5 do 95% RV	Přesnost**: ± 1,8 % RV (od 15 °C do 25 °C) Chyba tovární kalibrace ± 0,88 % RV Teplotní závislost: ± 0,04 x (T-20) % RV (v případě T < 15 °C nebo T > 25 °C)	0,1 % RV	
Teplota: Pt100 třída 1/3 DIN Probe výhradně kompatibilní s třídou 300 nástrojů	Teplota	od -20 do +80 °C	± 0,3 % z naměřené hodnoty ± 0,25 °C	0,1 °C	5 sek. za V _{vzduch} = 1m/s

Bezdotykové měření teploty

Bezdotykové měření teploty reprezentuje měření povrchových teplot založené na měření elektromagnetického záření vyslaného měřeným tělesem. Pro měření touto metodou jsou používány bezdotykové teploměry (tzv. pyrometry), jejichž funkce spočívá ve vyhodnocení teploty v konkrétním měřeném bodě nebo infračervené termografické systémy (tzv. termokamery), které při měření vytváří infračervený obraz (tzv. termogram), což je teplotní pole v širší záběru objektivu termokamery (Junga, 2015).

Metoda bezkontaktního měření teplot je v současné době široce rozšířená v rámci nejrůznějších aplikací v technice (strojírenství, stavebnictví, elektrotechnika) a postupně proniká i do biologických disciplín (veterinární a humánní lékařství). Výhodou bezkontaktního měření je rychlost měření a přesnost naměřených hodnot. Je však nutno podotknout, že vysoká přesnost je relativní a zejména u infračervené termografie velmi závisí na vysoké odbornosti osoby, která měření a následné vyhodnocení naměřených hodnot provádí. Amatérsky provedené nekorektní měření či vyhodnocení termogramů může poskytnout falešné informace a vést k zavádějící interpretaci a chybným závěrům.

Bezkontaktní měření je totiž silně závislé na okrajových podmínkách měření a jejich zohlednění při vlastním provádění měření a vyhodnocení termogramů (Junga, 2015).

Nejdůležitější terminologie související s bezkontaktním měřením teploty

Terminologie pro oblast bezkontaktního měření teploty vychází především z ČSN ISO 18434-1 Monitorování stavu a diagnostika strojů – Termografie, část 1: Všeobecné postupy, případně z obecně platných fyzikálních termínů.

Infračervené záření (infrared radiation) je elektromagnetické záření v rozsahu vlnových délek 0,75 μm do 1 mm.

Infračervená termografie (infrared thermography nebo IR thermography) je získávání a vyhodnocování informací o teplotě prostřednictvím měřicího zařízení pro bezkontaktní zobrazování teplot.

Termogram (thermogram) je obraz zobrazovaného objektu zahrnující hodnoty teplotního pole. Grafické zobrazení infračerveného záření vyzařovaného z povrchu objektu je provedeno pomocí barevné škály nebo odstínů šedi, reprezentující rozložení teplot teplotního pole.

Infračervená termografická kamera (infrared thermography camera) je měřicí přístroj schopný snímat infračervenou energii vyzařovanou z povrchu objektu, kterou prezentuje ve stupních šedi nebo v barevné škále. Stupně šedi nebo barevné odstíny odpovídají rozložení teplot v měřeném bodě na povrchu objektu.

Pyrometr (pyrometer) je přístroj, který snímá infračervenou energii vyzařovanou z měřeného bodu na povrchu objektu, kdy hodnota zobrazená na displeji přístroje odpovídá teplotě v měřeném bodě na povrchu objektu.

Absolutně černé těleso (absolute black body) je ideální zdroj a pohlcovač infračerveného záření všech vlnových délek.

Odráživost (reflectivity) je vyjádřena jako poměr zářivé energie odražené od povrchu objektu k celkové zářivé energii dopadající na tento povrch.

Propustnost (transmissivity) je vyjádřena jako poměr zářivé energie, která objektem prostupuje k celkové zářivé energii dopadající na tento povrch.

Pohltnost (absorptivity) je vyjádřena jako poměr zářivé energie, kterou objekt absorbuje k celkové zářivé energii dopadající na tento povrch.

Emisivita (emissivity) je vyjádřena jako poměr energie vyzařované z povrchu objektu k vyzařované energii absolutně černého tělesa se stejnou teplotou jako má objekt.

Odražená zdánlivá teplota (reflected apparent temperature) je zdánlivá (zjevná) teplota jiných objektů, která se odráží od povrchu měřeného objektu do infračervené termografické kamery.

Zářivá energie (radiant energy) je energie vyslaná, přenesená nebo přijatá formou záření. Je rozložena na jednotlivé vlnové délky, přičemž nejmenší hodnota energie (kvantum monochromatického záření) je dáno součinem Planckovi konstanty a vlnové délky tohoto záření.

Zářivý tok (radiant power) je dán diferenciálním podílem zářivé energie a času. Číselně udává zářivou energii procházející určitou plochou za 1 sekundu.

Intenzita vyzařování (radiation flux) je definována diferenciálním podílem zářivého toku a plochy. Číselně se rovná zářivému toku z plochy 1 m^2 .

Sdílení tepla zářením

Při bezdotykovém měření teploty pomocí infračervené termografie je využíváno vlnové pásmo infračerveného (IR) záření. Hranice vlnového pásma IR záření se nachází na konci vlnového pásma viditelného záření. Infračervené záření se dále dělí na dlouhovlnné IR záření a mikrovlnné IR záření. Vlnové délky pásma IR záření se nachází v intervalu $0,75 \text{ }\mu\text{m}$ až 1 mm , což v reálu představuje měření teplot v intervalu $-40 \text{ }^\circ\text{C}$ až $+10\,000 \text{ }^\circ\text{C}$. Vlnové pásmo infračerveného záření dále rozdělujeme dle vlnových délek na:

- blízké IR záření (NIR, Near Infra-Red) $0,75 \text{ }\mu\text{m}$ až $1,4 \text{ }\mu\text{m}$,
- krátkovlnné délky IR záření (SWIR, Short Wavelength Infra-Red) $1,4 \text{ }\mu\text{m}$ až $3 \text{ }\mu\text{m}$,
- střední vlnové délky IR záření (MWIR, Mid Wavelength Infra-Red) $3 \text{ }\mu\text{m}$ až $5 \text{ }\mu\text{m}$,
- dlouhovlnné IR záření (Long Wavelength Infra-Red) $5 \text{ }\mu\text{m}$ až $15 \text{ }\mu\text{m}$,
- vzdálené IR záření (FIR, Far Infra-Red) $15 \text{ }\mu\text{m}$ až 1 mm .

Zářivá energie v infračervené oblasti spektra může být generována třemi základními typy zdrojů, a to luminiscenčními, radiovými a tepelnými. Z hlediska infračervené termografie jsou nejvýznamnější tepelné zdroje. Z tohoto důvodu se někdy v rámci termografie považuje IR záření pouze za tepelné záření, což není korektní, jelikož povrchy těles jsou zahřívány absorpcí libovolného elektromagnetického záření. Například objekty při teplotě okolo $20 \text{ }^\circ\text{C}$ emitují nejvíce záření v IR pásmu 8 až $12 \text{ }\mu\text{m}$. Tepelné zdroje jsou charakteristické tím, že generovaná zářivá energie je hrazena na úkor tepelné energie zdroje. Tento fakt znamená, že IR záření je generováno veškerou hmotou, jejíž teplota je vyšší než absolutní nula, což je 0 K . Velikost zářivého toku generovaného tepel-

nými zdroji, jeho spektrální složení a směr šíření závisí na vlastnostech a teplotě zdroje záření. Signálový radiální tok IR termografických systémů je pro tepelné zářiče umístěné v zorném poli objektivu reprezentován tokem fotonů v IR části spektra záření.

Velikost radiálního toku a spektrální složení lze pro speciální zářiče (tzn. absolutně černá tělesa a šedá tělesa) stanovit ze základních fyzikálních zákonů vyzařování. V rámci IR termografie je aplikace těchto zákonů úzce spjata s teorií černého tělesa a obecných těles (Vavříčka, 2014).

Planckův zákon

Fyzik Max Planck formuloval v roce 1900 myšlenku, která následně vedla k zavedení kvantové hypotézy šíření zářivé energie. Planckův vyzařovací zákon se zabývá oblastí spektrální měrné zářivosti, definované jako výkon o dané vlnové délce generovaný z jednotky plochy povrchu zdroje do jednotkového prostorového úhlu. Pro speciální, ideální zářiče (tzn. absolutně černé těleso) při absolutní teplotě zdroje [K] lze zákon vyjádřit energetickým tvarem:

$$I_0(\lambda, T) = \frac{2 \cdot h \cdot c^2}{\lambda^5} \left[e^{\left(\frac{c \cdot h}{k_B \cdot \lambda \cdot T} \right)} - 1 \right]^{-1}$$

kde je,

I_0 - intenzita vyzařování [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \mu\text{m}^{-1}$],

λ - vlnová délka vyzařování [m],

c - rychlost světla ve vakuu [$c = 2,9979 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$],

h - Planckova konstanta [$h = 6,6256 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$],

k_B - Boltzmannova konstanta [$k_B = 1,3805 \cdot 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$],

T - absolutní povrchová teplota zdroje [K] (Vavříčka, 2014).

Wienův zákon

Fyzik Wilhelm Wien prokázal, že maximum spektrální intenzity vyzařování $I(\lambda, T)$, se mění v závislosti na teplotě absolutně černého tělesa. Odpovídající vlnovou délku lze pak stanovit z Planckova vyzařovacího zákona, a to vyhledáním lokálního extrému, který odpovídá funkci

$$\frac{\partial I(\lambda, T)}{\partial \lambda} = 0 \Rightarrow \lambda_{\text{max}} \cdot T = 2898$$

Wienův zákon matematicky vyjadřuje vliv vzrůstu teploty zářiče na změnu barvy od červené k oranžové až žluté a tím i ke kratším vlnovým délkám. Každé barvě přísluší určitá vlnová délka, která je stejná jako vlnová délka vypočítaná pro λ_{\max} . Například planeta Slunce, která má teplotu asi 5800 K vyzařuje žluté světlo, s vlnovou délkou cca 0,5 μm , která je ve středu viditelného světelného spektra záření (Vavříčka, 2014).

Stefan-Boltzmannův zákon

Pokud by se z Planckova zákona vyjádřil celkový zářivý výkon absolutně černého tělesa na všech vlnových délkách při dané teplotě a nezávisle na směru vyzařování lze integrací vzorce nalézt řešení ve tvaru

$$I_{\varepsilon}(T) = \int_0^{\infty} I_{\varepsilon}(\lambda, T) \cdot d\lambda = \int_0^{\infty} \pi \cdot I_0(\lambda, T) \cdot d\lambda = \frac{2 \cdot \pi^5 \cdot k_B^4}{15 \cdot c^4 \cdot h^3} \cdot T^4 = \sigma \cdot T^4$$

kde,

I_{ε} – celkový zářivý výkon [$W \cdot m^{-2}$],

σ – Stefan-Boltzmannova konstanta ($\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$) [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-4}$]

Tento vzorec říká, že výsledný vyzařovaný výkon černého tělesa je úměrný čtvrté mocnině jeho absolutní teploty. Integrací Planckova zákona v intervalu vlnových délek kratších a delších nežli je λ_{\max} . Také zjistíme, že celkově jen 25% zářivé energie je generováno na kratších vlnových délkách, nežli je λ_{\max} , a 75 % na vlnových délkách delších nežli je λ_{\max} (Vavříčka, 2014).

Kirchhoffův zákon

Poskytuje informace o jednotlivých vlastnostech těles. V jeho podstatě je zákonem zachování energie pro záření. Vyjadřuje vztah mezi celkovou intenzitou vyzařování I_i dopadající na plochu tělesa A a tokem I_{α} tělesem pohlceným tokem I_{ρ} tělesem odraženým a tokem I_{τ} tělesem prošlým. Zákon lze zjednodušeně zapsat ve tvaru

$$I_i(\lambda, T) = I_{\alpha}(\lambda, T) + I_{\rho}(\lambda, T) + I_{\tau}(\lambda, T)$$

Když se rovnice vydělí celkovou intenzitou vyzařování $I_i(\lambda, T)$ obdržíme definici tří základních součinitelů, které popisují vlastnosti těles ozářených radiačním tokem

$$l = \alpha + \rho + \tau$$

kde,

α – součinitel pohltivosti (absorpce) [–],

ρ – součinitel odrazivosti (reflexe) [–],

τ - součinitel propustnosti (transmise) [-].

Velikost koeficientů určuje, jestli se těleso bude chovat jako:

- absolutně černé těleso (dokonalý přijímač): $\alpha = 1, \rho = \tau = 0$,
- šedé těleso, $\alpha < 1$, ale $\neq f(\lambda)$, $\rho = 1 - \alpha, \tau = 0$,
- antireflexní materiál, $\alpha + \tau = 1, \rho = 0$,
- zrcadlo (dokonalý reflektor), $\rho = 1, \alpha = \tau = 0$,
- dokonale propustný (transparentní materiál), $\tau = 1, \alpha = \rho = 0$,
- matný (opacitní materiál), $\alpha + \rho = 1, \tau = 0$,
- obecný materiál, $0 < (\alpha; \rho; \tau) < 1$ (Vavříčka, 2014).

Emisivita

Úpravy zákonů vyzařování jsou odvozeny pro ideální zdroj infračerveného záření (tj. absolutně černé těleso). Nejčastěji se vlastnosti obecných radiačních zdrojů popisují bezrozměrným koeficientem tzv. emisivitou ε . Emisivita vyjadřuje číselně zhoršení vyzařovacích vlastností zdroje ve srovnání s absolutně černým tělesem a obecně závisí na vlnové délce a teplotě. Skutečnou intenzitu vyzařování reálného tělesa bychom vyjádřili jako

$$I_i(\lambda, T) = I_c(\lambda, T) \cdot \varepsilon$$

kde,

ε - emisivita povrchu [-].

Emisivita (resp. poměrná pohltivost) lze definovat jako poměr intenzity vyzařování skutečného měřeného tělesa, k intenzitě vyzařování absolutně černého (ideálního) tělesa se stejnou teplotou. Je to tedy bezrozměrná veličina nabývající hodnot od 0 do 1. Problém je, že emisivita není konstanta, ale je závislá na dalších faktorech. Z Planckova zákona vyplývá závislost intenzity vyzařování na teplotě a vlnové délce (u dokonale černého tělesa). Takže emisivita jako vlastnost reálného tělesa je také závislá na teplotě a vlnové délce, tj. jde pak o spektrální emisivitu. Pro tmavé nekovové materiály (např. cihly, beton, omítka, dřevo, atd.) v oblasti vlnové délky od 3 do 13 μm se může spektrální emisivita považovat za konstantu.

Intenzita vyzařování tělesa však závisí nejen na vlnové délce a teplotě, ale také na struktuře a barvě povrchu. Struktura povrchu ovlivňuje šíření elektromagnetického záření na povrchu objektu, tj. ovlivňuje reflexi (odražení signálu) a absorpci (pohltivost signálu). Tím se také ovlivňuje celková emisivita měřeného objektu.

Metod pro stanovení emisivity měřeného materiálu při praktickém měření je několik. Nejvíce je v praxi využívána komparativní metoda porovnáním měřeného tělesa s povrchem o známé emisivitě (Vavříčka, 2014).

Lambertův zákon

Téměř všechny obecné povrchy vykazují směrovou závislost vyzařování. Lambertův kosinový zákon říká, že září-li plošný zářič dS do poloprostoru ve směru, který svírá s normálou k ploše zářiče úhel φ , je zářivý tok plošného zářiče dS úměrný kosinu úhlu matematicky se tento zákon vyjádří ve tvaru

$$dI_{\varphi, \epsilon} = dI_{\epsilon} \cdot \cos \varphi \cdot dS$$

kde,

dI_{ϵ} – intenzita vyzařování ve směru normály k ploše zářiče dS (Vavříčka, 2014).

Infračervené termovizní kamery

Základní rozdělení infračervených termovizních systémů je dělení podle způsobu vytváření obrazu povrchového teplotního reliéfu [L4] na

- a) pasivní metody zobrazení – jako signál využívají k přenosu informace mezi zobrazovanou scénou (primární parametrické pole) a zobrazovacím systémem vlastní vyzařování snímaného objektu v infračervené části spektra. Používají se hlavně v případech, kdy vyzařování snímaného objektu je vyšší nežli vyzařování obklopujícího prostředí.
- b) Aktivní metody pasivního zobrazení – u nich se předpokládá předběžné zahřátí zobrazovaného předmětu, po kterém následuje snímání jeho povrchového teplotního pole pasivním infrazobrazovacím systémem. Zahřátí může být buď celkové (současný ohřev celého objektu) nebo postupné (působení na objekt lokálním zdrojem tepla, který se posouvá po určené trajektorii). Na totožné trajektorii se měří povrchová teplota objektu a zjišťují se tak defekty spojené s tepelnou vodivostí a sdílením tepla.

Informace o zobrazovacím objektu a prostředí, které ho obklopuje, je infračervený termovizním systémem zobrazujícím rozložena na jednotlivé elementární plošky a v určitém časovém intervalu zobrazena jako tepelný obraz – termogram. Dle způsobu rozkladu primárního parametrického pole v prostoru a čase se termografické systémy dělí na [L4]

- a) Systémy s úplným rozkladem – skenovací způsoby,
- b) Systémy s částečným rozkladem – neskenovací způsoby (skenování celého řádky či sloupce),
- c) Systémy neskenovací – s tzv. mozaikovým detektorem

Skenovací systémy jsou typické lineární transformací prostorové souřadnice na souřadnici časovou skenerem. Detekční část zobrazovacího systému je tvořena buď jedním elementárním detektorem, jehož zorné pole skener přesouvá po vhodné trajektorii přes celé snímané zorné pole (tj. ve dvou osách), nebo je tvořena malou mozaikou detektorů (např. jeden řádek či sloupec) a skener přesouvá zorné pole jen v jedné ose (Vavříčka, 2014).

Neskenovací systémy jsou typické lineární transformací prostorové souřadnice na souřadnici časovou multiplexem řízeným interním hodinovým signálem (čtení jednotlivých elementárních detektorů). Obrazový detektor je formován velkou mozaikou elementárních detektorů, jejichž vlastnosti a konfigurace určují limitní dosažitelné parametry procesu zobrazení. Zařízení neobsahuje poziční jednotku (skener).

Rozdělení může být podle rychlosti, s jakou dokáže systém transformovat primární parametrické pole na jeho obraz, tzn. vzorkovat obrazový a to na systémy rychlé, které pracují v reálném čase (obrazová frekvence je cca desítky obrazů za sekundu). A systémy pomalé (obrazové frekvence jsou cca jednotky a méně obrazů za sekundu). Rychlost vzorkování obrazového toku je u infračervených systémů dána jak časovou konstantou detektoru, tak u skenovacích systémů vlastnostmi opticko-mechanického rozkladového systému. Rychlé systémy mohou být někdy v literatuře označovány jako systémy FLIR (Forward Looking Infra-Red), (Vavříčka, 2014).

Metodika měření bezkontaktními přístroji

Postupně se rozvíjí používání bezkontaktního měření povrchové teploty, proto je nutné dodržovat jednotné metodiky měření. Můžeme přihlídnout k normě ČSN ISO18434 a ČSN EN 13187. Norma ČSN EN 13187 – Tepelné chování budov – Kvalitativní určení tepelných nepravidlostí v pláštích budovy – Infračervená metoda je platná od roku 1999. Tato norma má dva typy zkoušek. První zkouška je tzv. zkouška IR kamerou, kde se kontroluje celkové chování nových budov nebo výsledků po rekonstrukci. Druhá je tzv. zjednodušená zkouška IR kamerou, jež je vhodná při provádění auditů, nebo jiné běžné kontrole. Metody se liší podmínkami pro vypracování protokolu

měření. Termografická zkouška stavebních částí by měla obecně zahrnovat stanovení rozložení povrchových teplot obvodového pláště (termogramy). Zjištěním důvodů u netypického rozložení povrchových teplot (např. poruchy tepelné izolace, vliv kondenzace vlhkosti, tepelné vazby rekonstrukcí apod.) V poslední řadě by měla zkouška posoudit typy a rozsah zjištěných poruch (Vavříčka, 2014).

U podrobného hodnocení obálky budovy je nezbytné vzít v úvahu tzv. referenční termogramy. Referenční termogram může být pořízen buď v laboratoři, kde jsou přesně definovány okrajové podmínky měření, nebo mohou být získány ze zkoušek na stávajících budovách. Tyto termogramy by měly být vybrány tak, aby byla zajištěna co největší podobnost mezi stavbou a podmínkami v době zkoušky. Referenční termogramy se můžou použít jen v případě, že charakteristiky zkoušené budovy, kvalita provedení a zkušební podmínky v době zkoušky jsou dobře známy a dokumentovány (Vavříčka, 2014).

Dle ČSN EN 13187 by obsah termografického protokolu pro zjednodušenou zkoušku IR kamerou měl být následující

- Popis zkoušky, jméno zákazníka a úplná adresa objektu,
- Stručný popis budovy (výkresová nebo jiná dokumentace),
- Datum a hodiny zkoušky,
- Teplota vnitřního vzduchu a teplotní rozdíl mezi vnitřní a vnější stranou obvodového pláště během zkoušky,
- Rozdíl tlaku na závětrné a návětrné straně (důležité hlavně u výškových budov),
- Jiné důležité faktory ovlivňující výsledky (náhlé změny venkovní teploty, směr a síla větru, déšť, námraze, apod.),
- Údaje o všech odchylkách od požadavků zkoušky,
- Popis části zkoumané budovy,
- Typ, rozsah a poloha každé zjištěné poruchy, výsledky doplňujících měření,
- Datum a podpis.

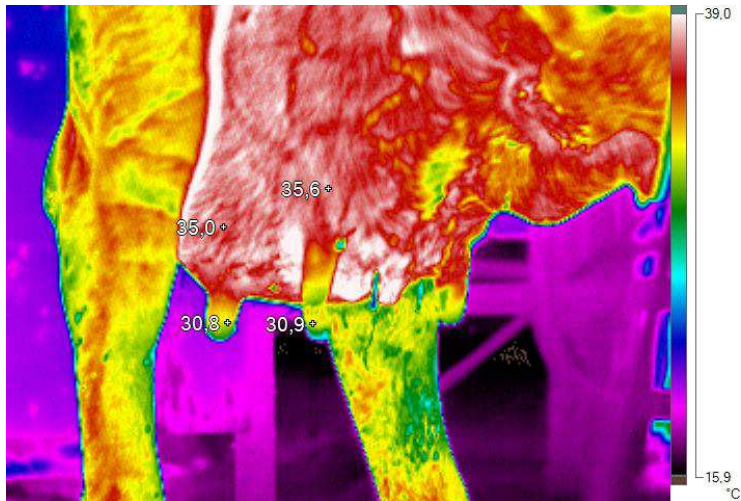
Pokud se uvažuje o opakovatelnosti zkoušek, je nezbytné si uvědomit možnosti akumulace tepla dle typu obvodového pláště budovy. Je zřejmé, že u tzv. lehkých staveb (např. dřevostavby) bude akumulační schopnost zdiva minimální, a proto i výsledky měření můžou být výrazně ovlivněny aktuálními vnějšími a vnitřními podmínkami.

Norma ČSN ISO 18434-1 Monitorování stavu a diagnostika strojů – Termografie – Část 1: Všeobecné postupy jsou určeny zejména pro termografii strojních zařízení. Tato

norma doporučuje podobné formální ukazatele jako norma ČSN EN 13187 stran náležitosti protokolu. V normě lze také nalézt postupy pro stanovení emisivity měřeného povrchu a zdánlivě odražené teploty.

5 Výsledky a diskuze

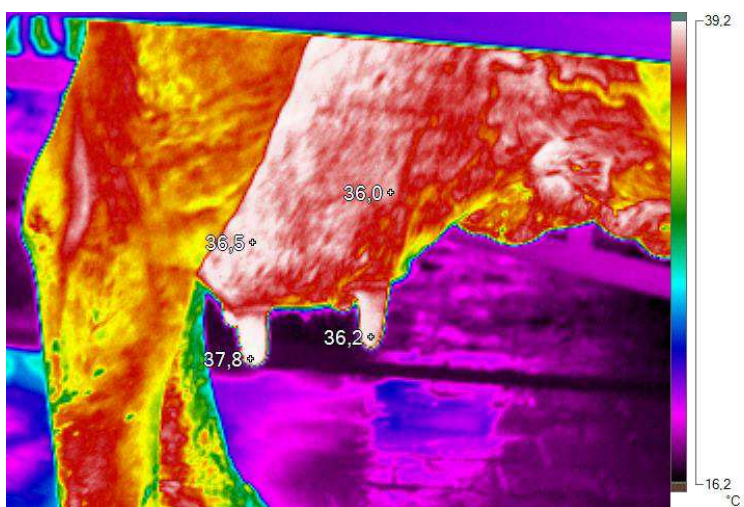
Následující kapitola je zaměřena na prezentaci naměřených výsledků, a to ve formě termogramů a konkrétních měřených hodnot, které jsou následně podrobeny statistickému vyhodnocení. V první části jsou prezentovány vybrané termogramy se stručným komentářem k zobrazeným skutečnostem.



Obr. 1 Termogram krávy 252 před dojením (Zdroj: Autor, 2015).

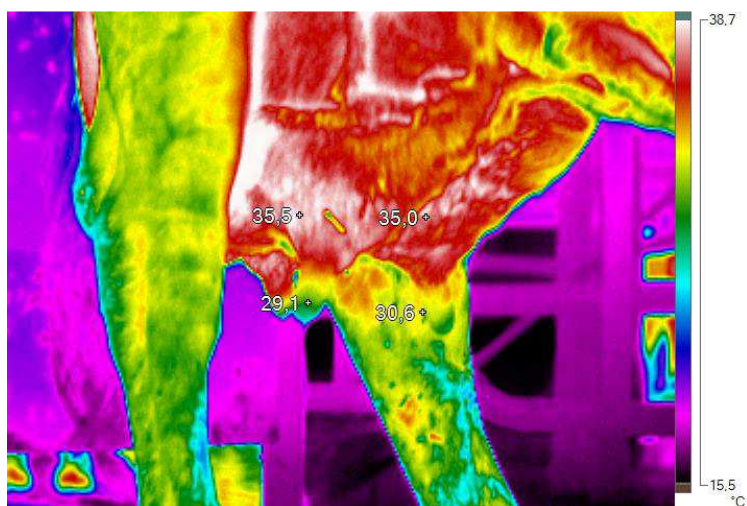
Na tomto termogramu je vidět teplota struků a vemene před dojením. Teplota pravé přední čtvrti je 35,6 °C, u pravé zadní čtvrti je teplota 35,0 °C. Teplota pravého předního struku je 30,9 °C a pravého zadního struku 30,8 °C. Teplota pravé přední čtvrti je ve srovnání s průměrem o 0,57 °C vyšší, teplota pravé zadní čtvrti je o 0,03 °C nižší.

Ve srovnání s průměrnou teplotou je teplota pravého předního struku o 0,88 °C nižší, teplota pravého zadního struku je o 1,17 °C nižší.



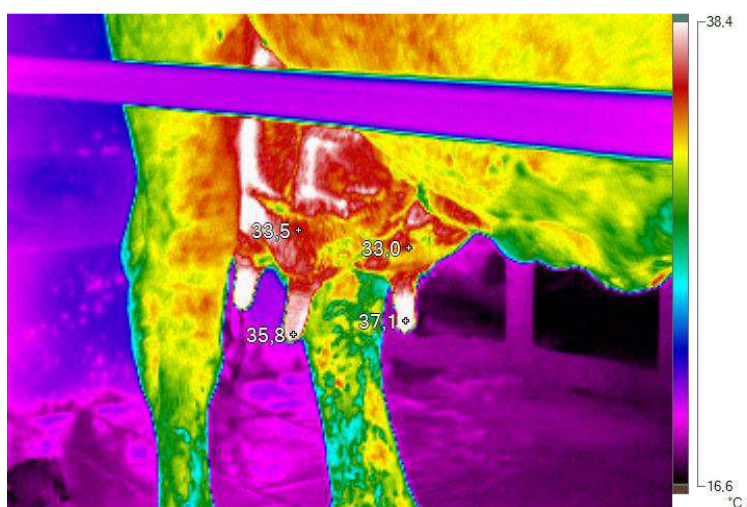
Obr. 2 Termogram krávy 252 po dojení (Zdroj: Autor, 2015).

Na tomto termogramu je vidět vemeno a struky po dojení. Teplota vemene se příliš nezvýšila. Pravá přední čtvrt' má teplotu 36,0 °C, pravá zadní čtvrt' 36,5 °C. Teplota struků se zvýšila u pravého předního struku na 36,2 °C a pravého zadního na 37,8 °C. Teplota pravé přední čtvrti je ve srovnání s průměrem o 1,76 °C vyšší, teplota pravé zadní čtvrti je o 1,52 °C vyšší. Ve srovnání s průměrnou teplotou je teplota pravého předního struku o 0,65 °C vyšší, teplota pravého zadního struku je o 1,92 °C vyšší.



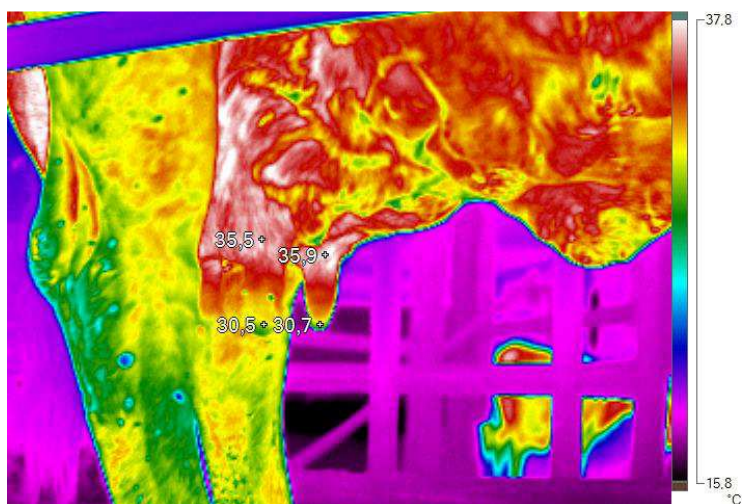
Obr. 3 Termogram krávy 311 před dojením (Zdroj: Autor, 2015).

Na tomto termogramu vidíme vemeno a struky před dojením. Teplota levé přední čtvrti vemene je 35 °C, pravé přední čtvrti vemene je 35,5 °C. U levého předního struku je teplota 30,6 °C, teplota pravého předního struku je 29,1 °C. Teplota levé přední čtvrti je ve srovnání s průměrem o 0,34 °C vyšší, teplota pravé přední čtvrti je o 0,47 °C vyšší. Ve srovnání s průměrnou teplotou je teplota levého předního struku o 1,18 °C nižší, teplota pravého předního struku je o 2,87 °C nižší.



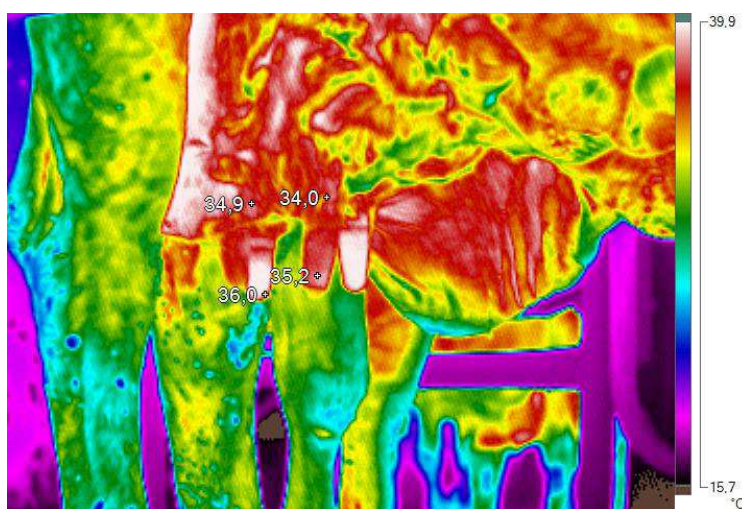
Obr. 4 Termogram krávy 311 po dojení (Zdroj: Autor, 2015).

Tento termogram je vyfocen po dojení. Teplota pravé i levé čtvrti se snížila a to u levé přední čtvrti na 33 °C a u pravé přední čtvrti na 33,5 °C. Teplota struků se opět zvýšila. U levého předního struku na 37,1 °C, u pravého předního struku na 35,8 °C. Teplota levé přední čtvrti je ve srovnání s průměrem o 2,24 °C nižší, teplota pravé přední čtvrti je o 1,48 °C nižší. Ve srovnání s průměrnou teplotou je teplota levého předního struku o 1,55 °C vyšší, teplota pravého předního struku je o 0,08 °C nižší.



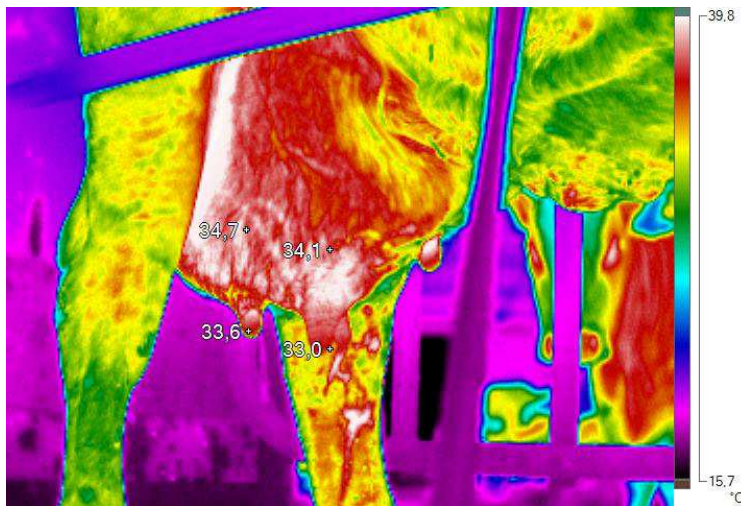
Obr. 5 Termogram krávy 317 před dojením (Zdroj: Autor, 2015).

Tento termogram znázorňuje teplotu před dojením. Teplota pravé přední čtvrti je 35,9 °C, pravé zadní čtvrti 35,5 °C. Teplota pravého předního struku je 30,7 °C, pravého zadního struku 30,5 °C. Teplota pravé přední čtvrti je ve srovnání s průměrem o 1,24 °C vyšší, teplota pravé zadní čtvrti je o 0,47 °C vyšší. Ve srovnání s průměrnou teplotou je teplota pravého předního struku o 1,08 °C nižší, teplota pravého zadního struku je o 1,47 °C nižší.



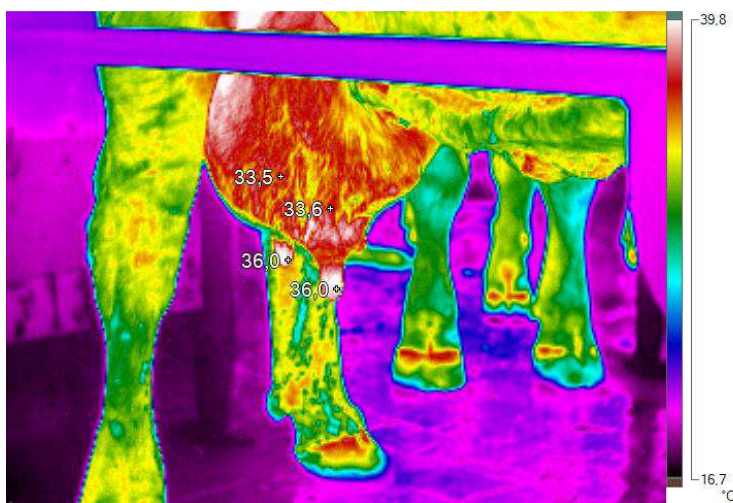
Obr. 6 Termogram krávy 317 po dojení (Zdroj: Autor, 2015).

Tento termogram znázorňuje teplotu struků a vemene po dojení. Teplota čtvrtí vemene se snížila u pravé přední čtvrti na 34,0 °C, u pravé zadní čtvrti na 34,9 °C. Teplota struků se zvýšila u pravého předního struku na 35,2 °C, u pravého zadního struku na 36,0 °C. Teplota pravé přední čtvrti je ve srovnání s průměrem o 1,24 °C nižší, teplota pravé zadní čtvrti je o 0,08 °C nižší. Ve srovnání s průměrnou teplotou je teplota pravého předního struku o 0,35 °C nižší, teplota pravého zadního struku je o 0,12 °C vyšší.



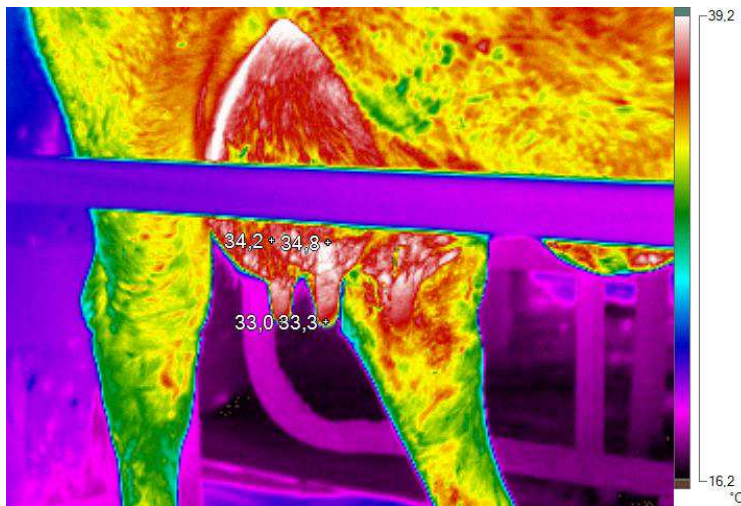
Obr. 7 Termogram krávy 318 před dojením (Zdroj: Autor, 2015).

Na tomto termogramu je vemeno a struky před dojením. Teplota pravé přední čtvrti je 34,1 °C, pravé zadní čtvrti je 34,7 °C. Teplota pravého předního struku je 33 °C, pravého zadního struku 33,6 °C. Teplota pravé přední čtvrti je ve srovnání s průměrem o 0,56 °C nižší, teplota pravé zadní čtvrti je o 0,33 °C nižší. Ve srovnání s průměrnou teplotou je teplota pravého předního struku o 1,22 °C vyšší, teplota pravého zadního struku je o 1,63 °C vyšší.



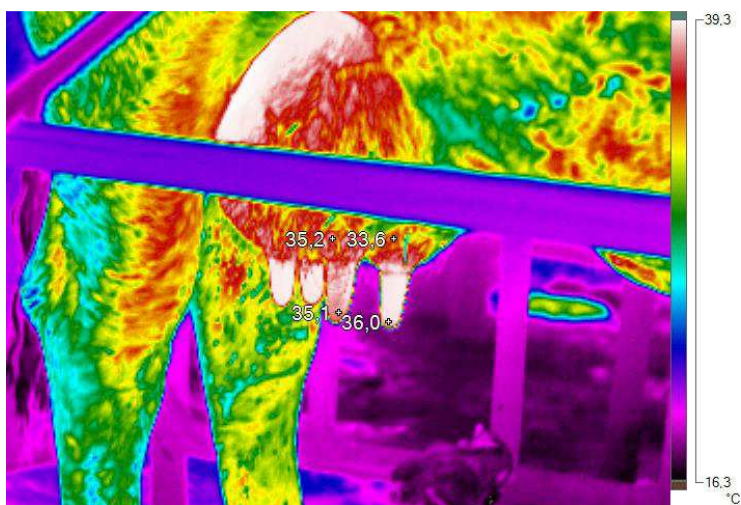
Obr. 8 Termogram krávy 318 po dojení (Zdroj: Autor, 2015).

Na tomto termogramu je teplota po dojení. Teplota pravé přední čtvrti klesla na 33,6 °C, pravé zadní čtvrti na 33,5 °C. Teplota pravého předního struku se zvýšila na 36 °C, pravého zadního struku také na 36 °C. Teplota pravé přední čtvrti je ve srovnání s průměrem o 1,64 °C nižší, teplota pravé zadní čtvrti je o 1,98 °C nižší. Ve srovnání s průměrnou teplotou je teplota pravého předního struku o 0,45 °C vyšší, teplota pravého zadního struku je o 0,12 °C vyšší.



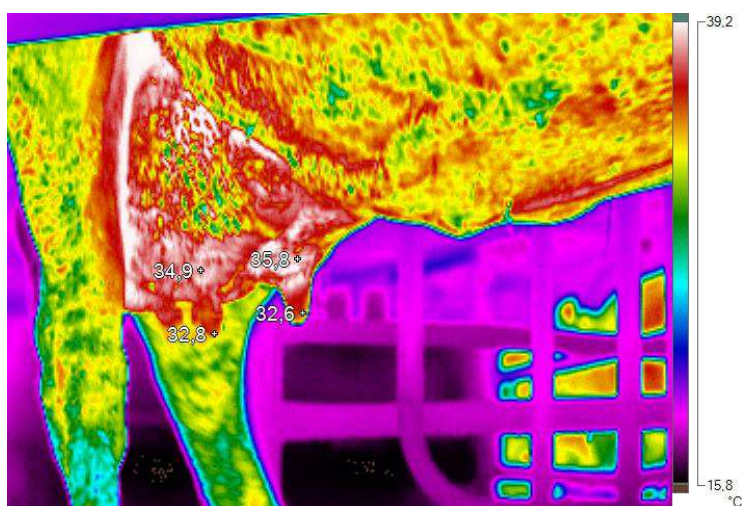
Obr. 9 Termogram krávy 319 před dojením (Zdroj: Autor, 2015).

Na tomto termogramu je vidět teplota před dojením. Teplota pravé přední čtvrti je 34,8 °C, pravé zadní čtvrti 34,2 °C. Teplota pravého předního struku je 33,3 °C, pravého zadního struku 33,0 °C. Teplota pravé přední čtvrti je ve srovnání s průměrem o 0,14 °C vyšší, teplota pravé zadní čtvrti je o 0,83 °C nižší. Ve srovnání s průměrnou teplotou je teplota pravého předního struku o 1,52 °C vyšší, teplota pravého zadního struku je o 1,03 °C vyšší.



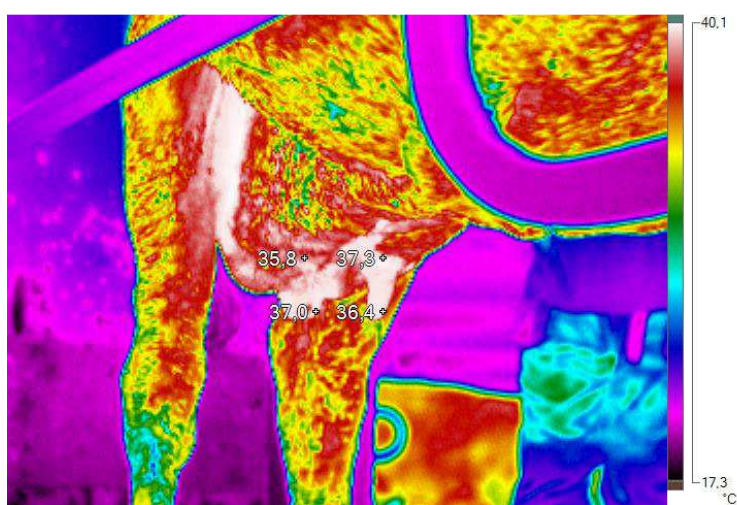
Obr. 10 Termogram krávy 319 po dojení (Zdroj: Autor, 2015).

Na tomto termogramu je vidět teplota po dojení. Teplota pravé přední čtvrti se snížila na 33,6 °C, avšak teplota pravé zadní čtvrti se zvýšila na 35,2 °C. Teplota pravého předního struku se zvýšila na 36,0 °C, pravého zadního struku na 35,1 °C. Teplota pravé přední čtvrti je ve srovnání s průměrem o 1,64 °C nižší, teplota pravé zadní čtvrti je o 0,22 °C vyšší. Ve srovnání s průměrnou teplotou je teplota pravého předního struku o 0,45 °C vyšší, teplota pravého zadního struku je o 0,78 °C nižší.



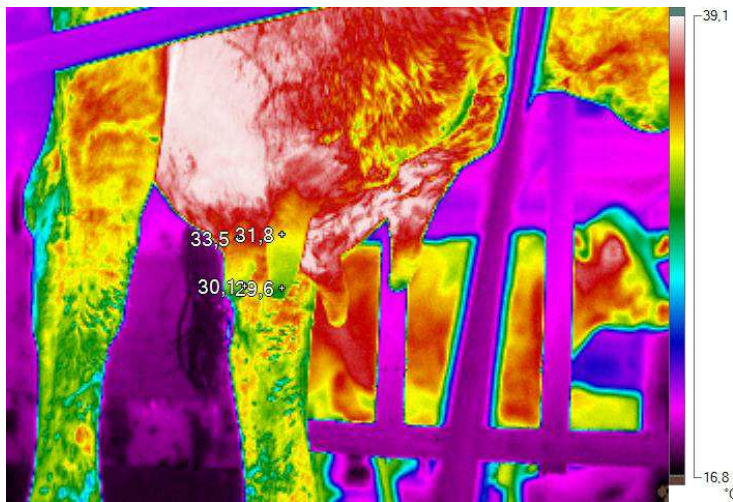
Obr. 11 Termogram krávy 320 před dojením (Zdroj: Autor, 2015).

Na tomto termogramu je vidět teplota před dojením. Teplota levé přední čtvrti vemene je 35,8 °C, pravé přední čtvrti vemene 34,9 °C. Teplota levého předního struku je 32,6 °C, pravého předního struku 32,8 °C. Teplota levé přední čtvrti je ve srovnání s průměrem o 1,14 °C vyšší, teplota pravé přední čtvrti je o 0,13 °C nižší. Ve srovnání s průměrnou teplotou je teplota levého předního struku o 0,82 °C vyšší, teplota pravého předního struku je o 0,83 °C nižší.



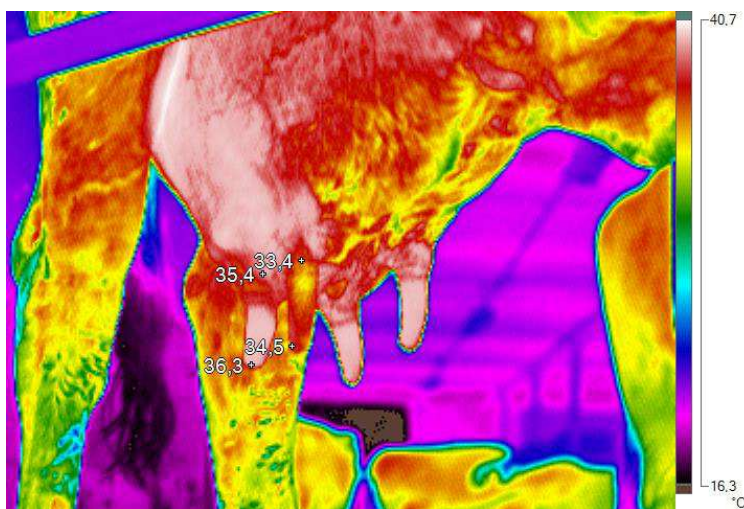
Obr. 12 Termogram krávy 320 po dojení (Zdroj: Autor, 2015).

Tento termogram zobrazuje teplotu po dojení. Teplota levé přední čtvrti se zvýšila na 37,3 °C, pravé přední čtvrti na 35,8 °C. Teplota struků se také zvýšila. U levého předního struku na 36,4 °C a u pravého předního struku na 37 °C. Teplota levé přední čtvrti je ve srovnání s průměrem o 2,06 °C vyšší, teplota pravé přední čtvrti je o 0,82 °C vyšší. Ve srovnání s průměrnou teplotou je teplota levého předního struku o 0,85 °C vyšší, teplota pravého předního struku je o 1,12 °C vyšší.



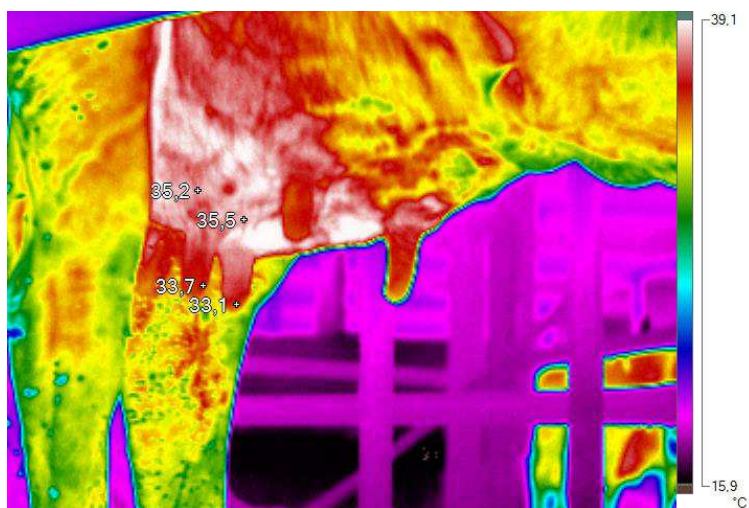
Obr. 13 Termogram krávy 324 před dojením (Zdroj: Autor, 2015).

Tento termogram znázorňuje teplotu vemene před dojením. Teplota pravé přední čtvrti je 31,8 °C, pravé zadní čtvrti 33,5 °C. Teplota pravého předního struku je 29,6 °C, pravého zadního struku 30,1 °C. Teplota pravé přední čtvrti je ve srovnání s průměrem o 2,86 °C nižší, teplota pravé zadní čtvrti je o 1,53 °C nižší. Ve srovnání s průměrnou teplotou je teplota pravého předního struku o 2,18 °C nižší, teplota pravého zadního struku je o 1,87 °C nižší.



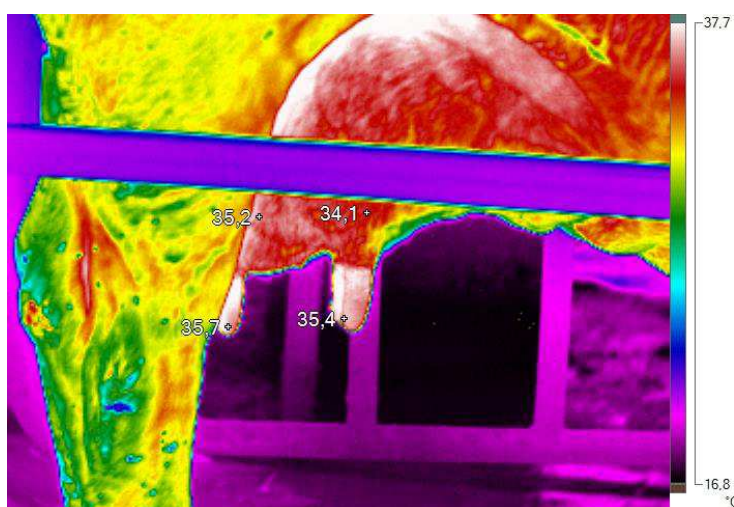
Obr. 14 Termogram krávy 324 po dojení (Zdroj: Autor, 2015).

Na tomto termogramu je vidět teplota po dojení. Teplota pravé přední čtvrti se zvýšila na 33,4 °C, teplota pravé zadní čtvrti se zvýšila na 35,4 °C. Teplota pravého předního struku se zvýšila na 34,5 °C, pravého zadního struku na 36,3 °C. Teplota pravé přední čtvrti je ve srovnání s průměrem o 1,84 °C nižší, teplota pravé zadní čtvrti je o 0,42 °C vyšší. Ve srovnání s průměrnou teplotou je teplota pravého předního struku o 1,05 °C nižší, teplota pravého zadního struku je o 0,42 °C vyšší.



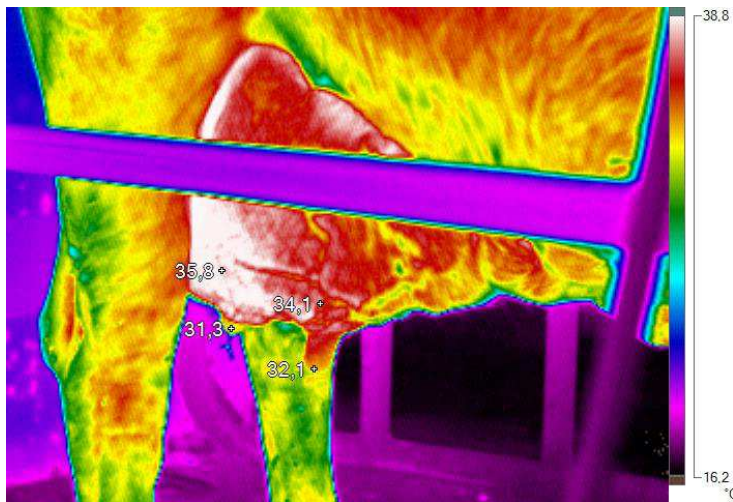
Obr. 15 Termogram krávy 329 před dojením (Zdroj: Autor, 2015.).

Na tomto termogramu je teplota před dojením. Teplota pravé přední čtvrti je 35,5 °C, pravé zadní čtvrti 35,2 °C. Teplota pravého předního struku je 33,1 °C, pravého zadního struku je 33,7 °C. Teplota pravé přední čtvrti je ve srovnání s průměrem o 0,84 °C vyšší, teplota pravé zadní čtvrti je o 0,17 °C vyšší. Ve srovnání s průměrnou teplotou je teplota pravého předního struku o 1,32 °C vyšší, teplota pravého zadního struku je o 1,73 °C vyšší.



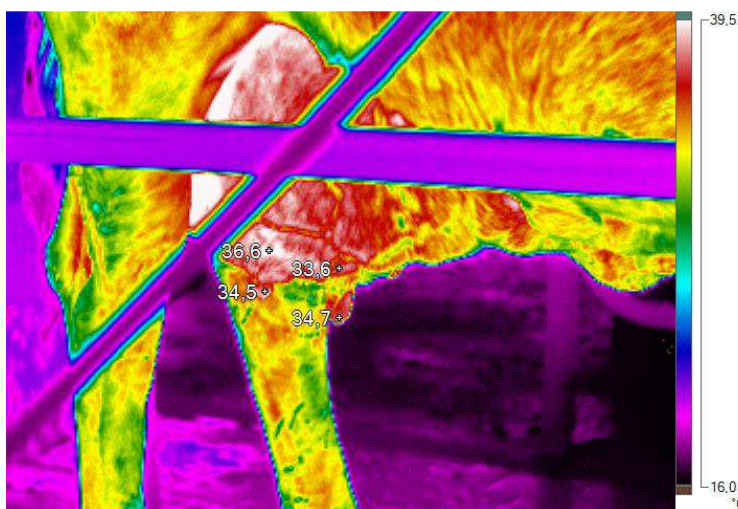
Obr. 16 Termogram krávy 329 po dojení (Zdroj: Autor, 2015).

Tento termogram ukazuje teplotu po dojení. Teplota pravé přední čtvrti vemene klesla na 34,1 °C, pravé zadní čtvrti zůstala na teplotě 35,2 °C. Teplota pravého předního struku se zvýšila na 35,4 °C, pravého zadního struku na 35,7 °C. Teplota pravé přední čtvrti je ve srovnání s průměrem o 1,14 °C nižší, teplota pravé zadní čtvrti je o 0,22 °C vyšší. Ve srovnání s průměrnou teplotou je teplota pravého předního struku o 0,15 °C nižší, teplota pravého zadního struku je o 0,18 °C nižší.



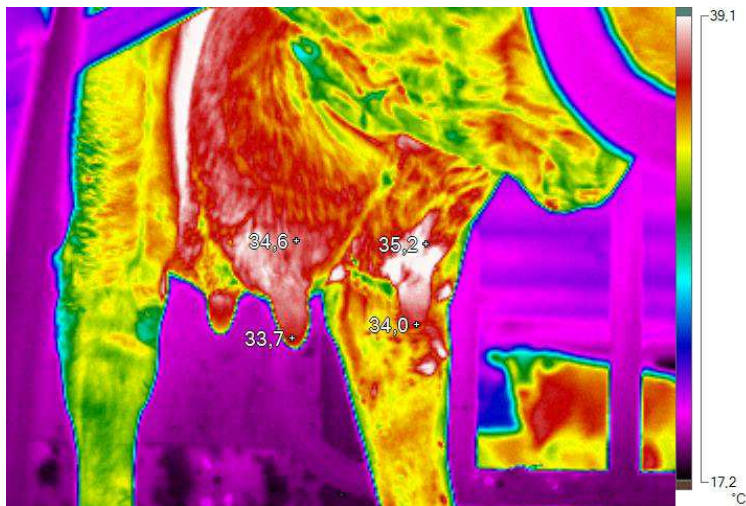
Obr. 17 Termogram krávy 404 před dojením (Zdroj: Autor, 2015).

Tento termogram znázorňuje teplotu před dojením. Teplota pravé přední čtvrti je 34,1 °C, pravé zadní čtvrti 35,8 °C. Teplota pravého předního struku je 32,1 °C, pravého zadního struku je 31,3 °C. Teplota pravé přední čtvrti je ve srovnání s průměrem o 0,56 °C nižší, teplota pravé zadní čtvrti je o 0,77 °C vyšší. Ve srovnání s průměrnou teplotou je teplota pravého předního struku o 0,32 °C vyšší, teplota pravého zadního struku je o 0,67 °C nižší.



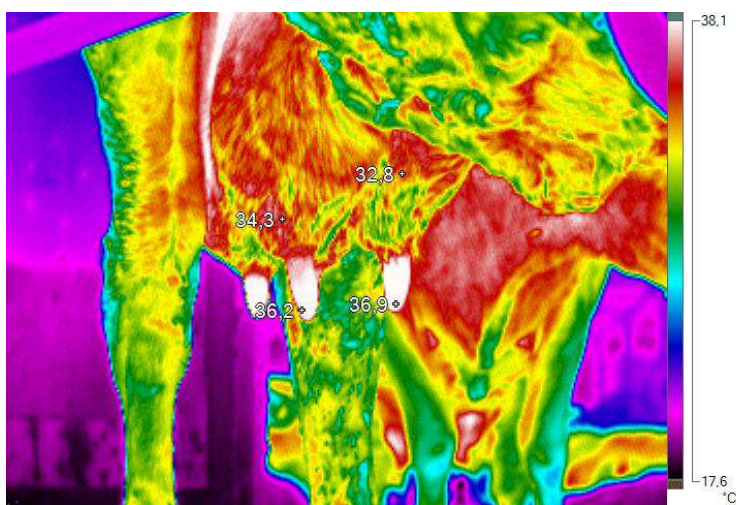
Obr. 18 Termogram krávy 404 po dojení (Zdroj: Autor, 2015).

Na tomto termogramu je vidět teplota po dojení. Teplota pravé přední čtvrti klesla na 33,6 °C a teplota pravé zadní čtvrti se zvýšila na 36,6 °C. U pravého předního struku se zvýšila teplota na 34,7 °C a u pravého zadního struku na 34,5 °C. Teplota pravé přední čtvrti je ve srovnání s průměrem o 1,64 °C nižší, teplota pravé zadní čtvrti je o 1,62 °C vyšší. Ve srovnání s průměrnou teplotou je teplota pravého předního struku o 0,85 °C nižší, teplota pravého zadního struku je o 1,38 °C nižší.



Obr. 19 Termogram krávy 408 před dojením (Zdroj: Autor, 2015).

Tento termogram znázorňuje teplotu před dojením. Teplota levé přední čtvrti je 35,2 °C, pravé přední čtvrti je 34,6 °C. Teplota levého předního struku je 34,0 °C, pravého předního struku je 33,7 °C. Teplota levé přední čtvrti je ve srovnání s průměrem o 0,54 °C vyšší, teplota pravé přední čtvrti je o 0,43 °C nižší. Ve srovnání s průměrnou teplotou je teplota levého předního struku o 2,22 °C vyšší, teplota pravého předního struku je o 1,73 °C vyšší.



Obr. 20 Termogram krávy 408 po dojení (Zdroj: Autor, 2015).

Zde je znázorněna teplota po dojení. Teplota čtvrtí vemene se snížila. U levé přední čtvrti na 32,8 °C, u pravé přední čtvrti na 34,3 °C. Teplota levého předního struku se zvýšila na 36,9 °C, pravého předního struku na 36,2 °C. Teplota levé přední čtvrti je ve srovnání s průměrem o 2,44 °C nižší, teplota pravé přední čtvrti je o 0,68 °C nižší. Ve srovnání s průměrnou teplotou je teplota levého předního struku o 1,35 °C vyšší, teplota pravého předního struku je o 0,32 °C vyšší.

V následující části specifikuji pouze hodnoty povrchové teploty struků a vemene před a po dojení, kdy hodnocené termogramy jsou součástí příloh.

Na obrázku v Příloze 1 vidíme termogram vemene a struků před dojením. Teplota pravé přední čtvrti je 36,4 °C, pravé zadní čtvrti 36,9 °C, pravého předního struku 30,6 °C, pravého zadního struku 31,9 °C. Teplota pravé přední čtvrti je ve srovnání s průměrem o 1,74 °C vyšší, teplota pravé zadní čtvrti je o 1,87 °C vyšší. Ve srovnání s průměrnou teplotou je teplota pravého předního struku o 1,12 °C nižší, teplota pravého zadního struku je o 0,07 °C nižší.

Obrázek v Příloze 2 znázorňuje termogram vemene a struků po dojení. Teplota pravé přední čtvrti klesla na 33,8 °C, pravé zadní čtvrti na 33,9 °C. Teplota pravého předního struku se zvýšila na 35,3 °C, pravého zadního struku na 36,5 °C. Teplota pravé přední čtvrti je ve srovnání s průměrem o 1,44 °C nižší, teplota pravé zadní čtvrti je o 1,08 °C nižší. Ve srovnání s průměrnou teplotou je teplota pravého předního struku o 0,25 °C nižší, teplota pravého zadního struku je o 0,62 °C vyšší.

Na obrázku v Příloze 3 je termogram vemene a struků před dojením. Teplota levé přední čtvrti je 35,1 °C, pravé přední čtvrti 35,4 °C, levého předního struku 32,6 °C, pravého předního struku 32,6 °C. Teplota levé přední čtvrti je ve srovnání s průměrem o 0,44 °C vyšší, teplota pravé přední čtvrti je o 0,37 °C vyšší. Ve srovnání s průměrnou teplotou je teplota levého předního struku o 0,82 °C vyšší, teplota pravého předního struku je o 0,63 °C vyšší.

Obrázek v Příloze 4 ukazuje teplotu po dojení. Teplota levé přední čtvrti klesla na 35,0 °C, pravé přední čtvrti na 33,7 °C. Teplota levého předního struku se zvýšila na 33,1 °C, pravého předního struku na 33,1 °C. Teplota levé přední čtvrti je ve srovnání s průměrem o 0,24 °C nižší, teplota pravé přední čtvrti je o 1,28 °C nižší. Ve srovnání

s průměrnou teplotou je teplota levého předního struku o 2,45 °C nižší, teplota pravého předního struku je o 2,78 °C nižší.

Obrázek v Příloze 5 ukazuje teplotu před dojením. Teplota pravé přední čtvrti je 35,0 °C, pravé zadní čtvrti 35,3 °C, pravého předního struku je 30,1 °C, pravého zadního struku 30,6 °C. Teplota pravé přední čtvrti je ve srovnání s průměrem o 0,34 °C vyšší, teplota pravé zadní čtvrti je o 0,27 °C vyšší. Ve srovnání s průměrnou teplotou je teplota pravého předního struku o 1,68 °C nižší, teplota pravého zadního struku je o 1,37 °C nižší.

Obrázek v Příloze 6 znázorňuje teplotu po dojení. Teplota pravé přední čtvrti se lehce zvýšila na 35,1 °C, pravé zadní čtvrti na 35,4 °C. Pravý přední struk má teplotu 35,7 °C, pravý zadní struk 35,0 °C. Teplota pravé přední čtvrti je ve srovnání s průměrem o 0,14 °C nižší, teplota pravé zadní čtvrti je o 0,42 °C vyšší. Ve srovnání s průměrnou teplotou je teplota pravého předního struku o 0,15 °C vyšší, teplota pravého zadního struku je o 0,88 °C nižší.

Na obrázku v Příloze 7 vidíme termogram vemene a struků před dojením. Teplota pravé přední čtvrti je 34,3 °C, pravé zadní čtvrti 34,8 °C, pravého předního struku 31,7 °C, pravého zadního struku 31,2 °C. Teplota pravé přední čtvrti je ve srovnání s průměrem o 0,36 °C nižší, teplota pravé zadní čtvrti je o 0,23 °C nižší. Ve srovnání s průměrnou teplotou je teplota pravého předního struku o 0,08 °C nižší, teplota pravého zadního struku je o 0,77 °C nižší.

Obrázek v Příloze 8 znázorňuje termogram vemene a struků po dojení. Teplota pravé přední čtvrti klesla na 31,2 °C, pravé zadní čtvrti na 33,9 °C. Teplota pravého předního struku se zvýšila na 35,0 °C, pravého zadního struku na 35,3 °C. Teplota pravé přední čtvrti je ve srovnání s průměrem o 4,04 °C nižší, teplota pravé zadní čtvrti je o 1,08 °C nižší. Ve srovnání s průměrnou teplotou je teplota pravého předního struku o 0,55 °C nižší, teplota pravého zadního struku je o 0,58 °C nižší.

Obrázek v Příloze 9 ukazuje teplotu před dojením. Teplota pravé přední čtvrti je 35,0 °C, pravé zadní čtvrti 35,6 °C, pravého předního struku je 31,1 °C, pravého zadního struku 31,6 °C. Teplota pravé přední čtvrti je ve srovnání s průměrem o 0,34 °C vyšší, teplota pravé zadní čtvrti je o 0,57 °C vyšší. Ve srovnání s průměrnou teplotou je teplota

pravého předního struku o 0,68 °C nižší, teplota pravého zadního struku je o 0,37 °C nižší.

Obrázek v Příloze 10 znázorňuje teplotu po dojení. Teplota pravé přední čtvrti se zvýšila na 36,1 °C, pravé zadní čtvrti na 36,3 °C. Pravý přední struk má teplotu 36,4 °C, pravý zadní struk 36,9 °C. Teplota pravé přední čtvrti je ve srovnání s průměrem o 0,86 °C vyšší, teplota pravé zadní čtvrti je o 1,32 °C vyšší. Ve srovnání s průměrnou teplotou je teplota pravého předního struku o 0,85 °C vyšší, teplota pravého zadního struku je o 1,02 °C vyšší.

Na obrázku v Příloze 11 je vidět teplota vemene a struků před dojením. Teplota pravé přední čtvrti je 36,1 °C, pravé zadní čtvrti 36,9 °C, pravého předního struku je 34,2 °C, pravého zadního struku 34,7 °C. Teplota pravé přední čtvrti je ve srovnání s průměrem o 1,44 °C vyšší, teplota pravé zadní čtvrti je o 1,87 °C vyšší. Ve srovnání s průměrnou teplotou je teplota pravého předního struku o 2,42 °C vyšší, teplota pravého zadního struku je o 2,73 °C vyšší.

Obrázek v Příloze 12 zobrazuje termogram po dojení. Teplota pravé přední čtvrti je 36,2 °C, pravé zadní čtvrti 36,8 °C, pravého předního struku je 36,4 °C, pravého zadního struku 37,2 °C. Teplota pravé přední čtvrti je ve srovnání s průměrem o 0,96 °C vyšší, teplota pravé zadní čtvrti je o 1,82 °C vyšší. Ve srovnání s průměrnou teplotou je teplota pravého předního struku o 0,85 °C vyšší, teplota pravého zadního struku je o 1,32 °C vyšší.

Na obrázku v Příloze 13 vidíme termogram vemene a struků před dojením. Teplota pravé přední čtvrti je 33,1 °C, pravé zadní čtvrti 33,3 °C, pravého předního struku 32,7 °C, pravého zadního struku 33,0 °C. Teplota pravé přední čtvrti je ve srovnání s průměrem o 1,56 °C nižší, teplota pravé zadní čtvrti je o 1,73 °C nižší. Ve srovnání s průměrnou teplotou je teplota pravého předního struku o 0,92 °C vyšší, teplota pravého zadního struku je o 1,03 °C vyšší.

Obrázek v Příloze 14 znázorňuje termogram vemene a struků po dojení. Teplota pravé přední čtvrti se zvýšila na 33,5 °C, pravé zadní čtvrti na 33,9 °C. Teplota pravého předního struku se zvýšila na 36,1 °C, pravého zadního struku na 36,3 °C. Teplota pravé přední čtvrti je ve srovnání s průměrem o 1,74 °C nižší, teplota pravé zadní čtvrti je o

1,08 °C nižší. Ve srovnání s průměrnou teplotou je teplota pravého předního struku o 0,55 °C vyšší, teplota pravého zadního struku je o 0,42 °C vyšší.

Na obrázku v Příloze 15 je termogram před dojením. Teplota pravé přední čtvrti je 32,3 °C, pravé zadní čtvrti 34,9 °C, pravého předního struku 31,8 °C pravého zadního struku 32,9 °C. Teplota pravé přední čtvrti je ve srovnání s průměrem o 2,36 °C nižší, teplota pravé zadní čtvrti je o 0,13 °C nižší. Ve srovnání s průměrnou teplotou je teplota pravého předního struku o 0,02 °C vyšší, teplota pravého zadního struku je o 0,93 °C vyšší.

Obrázek v Příloze 16 je termogram po dojení. Teplota pravé přední čtvrti se zvýšila na 34,2 °C, pravé zadní čtvrti na 36,4 °C. Teplota pravého předního struku se zvýšila na 35,8 °C, pravého zadního struku na 36,3 °C. Teplota pravé přední čtvrti je ve srovnání s průměrem o 1,04 °C nižší, teplota pravé zadní čtvrti je o 1,42 °C vyšší. Ve srovnání s průměrnou teplotou je teplota pravého předního struku o 0,25 °C vyšší, teplota pravého zadního struku je o 0,42 °C vyšší.

Na obrázku v Příloze 17 je znázorněna teplota před dojením. Teplota pravé přední čtvrti je 33,1 °C, pravé zadní čtvrti 33,9 °C, pravého předního struku 29,2 °C pravého zadního struku 29,8 °C. Teplota pravé přední čtvrti je ve srovnání s průměrem o 1,56 °C nižší, teplota pravé zadní čtvrti je o 1,13 °C nižší. Ve srovnání s průměrnou teplotou je teplota pravého předního struku o 2,58 °C nižší, teplota pravého zadního struku je o 2,17 °C nižší.

Obrázek v Příloze 18 ukazuje teplotu po dojení. Teplota pravé přední čtvrti klesla na 31,6 °C, pravé zadní čtvrti 33,6 °C. U pravého předního struku se zvýšila na 35,7 °C pravého zadního struku 34,8 °C. Teplota pravé přední čtvrti je ve srovnání s průměrem o 3,64 °C nižší, teplota pravé zadní čtvrti je o 1,38 °C nižší. Ve srovnání s průměrnou teplotou je teplota pravého předního struku o 0,15 °C vyšší, teplota pravého zadního struku je o 1,08 °C nižší.

V následujícím textu jsou prezentovány podrobnější výsledky statistického vyhodnocení včetně použitých statistických metod. V Tabulce 3 jsou uvedeny hodnoty před a po dojení, ze kterých byly následně stanovovány statistické hodnoty.

Tabulka 3 Naměřené hodnoty před a po dojení

	Před dojením				Po dojení			
	Zadní struk	Zadní čtvrt'	Přední struk	Přední čtvrt'	Zadní struk	Zadní čtvrt'	Přední struk	Přední čtvrt'
252	30,8	35	30,9	35,6	37,8	36,5	36,2	36
257	31,9	36,9	30,6	36,4	36,5	33,9	35,3	33,8
311	29,1	35,5	30,6	35	35,8	33,5	37,1	33
317	30,5	35,5	30,7	35,9	36	34,9	35,2	34
318	33,6	34,7	33	34,1	36	33,5	33,6	36
319	33	34,2	33,3	34,8	35,1	35,2	36	33,6
320	32,8	34,9	32,6	35,8	37	35,8	36,4	37,3
324	30,1	33,5	29,6	31,8	36,3	35,4	34,5	33,4
329	33,7	35,2	33,1	35,5	35,7	35,2	35,4	34,1
379	32,6	35,1	32,6	35,4	33,1	33,7	33,1	35
404	31,3	35,8	32,1	34,1	34,5	36,6	34,7	33,6
408	33,7	34,6	34	35,2	36,2	34,3	36,9	32,8
496	30,6	35,3	30,1	35	35	35,4	35,7	35,1
499	31,7	34,8	31,7	34,3	35,3	33,9	35	31,2
501	31,6	35,6	31,1	35	36,9	36,3	36,4	36,1
502	34,7	36,9	34,2	36,1	37,2	36,8	36,4	36,2
779	33	33,3	32,7	33,1	36,3	33,7	36,1	33,5
885	32,9	34,9	31,8	32,3	36,3	36,4	35,8	34,2
887	29,8	33,9	29,2	33,1	34,8	33,6	35,7	31,6

V Tabulce 4 jsou uvedeny výsledky statistického vyhodnocení naměřených veličin. Z naměřených hodnot byl vypočtený aritmetický průměr. Dále byl použit medián, který představuje střední hodnotu z datového výběru. Směrodatná odchylka pak určuje, jak moc jsou hodnoty rozptýleny či odchýleny od průměru hodnot. Je rovna odmocnině z rozptylu. Pro ověření normality byl použit test Shapiro-Wilkův (S-W), kde nulová hypotéza znamená, že testy mají normální rozdělení a alternativní říká, že mají jiné. Pokud vyjde hodnota p větší než 5 %, tak mají data normální rozdělení, neprokázali jsme alternativu (Nováková, 2012). Dále se hodnotila špičatost a šikmost. Šikmost určuje, kterým směrem je naše proměnná asymetricky rozložena. Rozlišuje se šikmost kladná (pravostranná), kde se většina hodnot nachází pod průměrem a šikmost záporná (levostranná), kde se většina hodnot nachází nad průměrem. Špičatost pak udává, jak se v rozložení četností vyskytují velmi vysoké a velmi nízké hodnoty. Tuto míru lze také

udat pomocí koeficientu, k jehož výpočtu se využívají centrální momenty a na základě jehož výsledku lze usuzovat na více špičaté než normální rozdělení (tzv. Leptokurtické) či méně špičaté než normální rozdělení (tzv. platykurtické), (Hendl, 2009).

Tabulka 4 Popisné statistiky

		Průměr	Medián	Sm. odchylka	Normalita p	Špičatost	Šikmost
					S-W		
Před dojením	Zadní struk	31,968421	31,90000	1,539860	0,78671	-0,154272	-0,85913
	Zadní čtvrť	35,031579	35,00000	0,946956	0,4719	0,217188	0,44082
	Přední struk	31,784211	31,80000	1,453831	0,75191	-0,073608	-0,93668
	Přední čtvrť	34,657895	35,00000	1,293280	0,11472	-0,878071	0,00407
Po dojení	Zadní struk	35,884211	36,00000	1,088456	0,6713	-0,705825	1,15862
	Zadní čtvrť	34,978947	35,20000	1,190042	0,03647	0,133228	-1,54730
	Přední struk	35,552632	35,70000	1,042629	0,31127	-0,859777	0,59556
	Přední čtvrť	34,236842	34,00000	1,604580	0,6814	0,030417	-0,33829

Pro porovnání středních hodnot byla použita metoda analýzy rozptylu (ANOVA). Metoda je založena na hodnocení vztahů mezi rozptyly porovnávaných výběrových souborů.

Pro validní použití metody analýzy rozptylu pro testování rozdílu více středních hodnot jsou důležité některé předpoklady např.:

- normalita dat v každé skupině,
- homogenita rozptylů uvnitř skupin.

Normalita dat byla ověřena podle Shapiro-Willkova testu (viz. Tabulka 4). Z Tabulky 4 vyplynulo, že předpoklad normality dat splnily všechny datové soubory kromě dat vztahujících se ke čtvrti vemene. Z tohoto důvodu čtvrti vemene budou hodnoceny Kruskal-Wallisovým testem.

Další z předpokladů pro použití ANOVA je homogenita rozptylů uvnitř skupin. Za tímto účelem byl použit Levenův a Brown-Forsytheův test. Jak je patrné z Tabulky 5, testy prokázaly homogenitu rozptylu ve vybraných datových souborech.

Tabulka 5 Výsledky testů na homogenitu rozptylu

Test	p	Homogenita
Levenův test	0,067193	Ano
Brown-Forsytheův	0,063011	Ano

Vzhledem ke splnění požadavků bylo přistoupeno k porovnávání datových souborů, vztahujících se k teplotě struků, pomocí ANOVA. Následně byl použit Tukeyho test pro mnohonásobné porovnávání. Podle předpokladu je z výsledků uvedených v Tabulce 6 zřejmé, že byly nalezeny statisticky významné rozdíly mezi teplotami struků před a po dojení. Pravděpodobně je to způsobeno přímým kontaktem dojícího stroje se struky, kdy dochází k jejich prokrvení.

Tabulka 6 Výsledky mnohonásobného porovnávání Tukeyho testu

	Zadní struk před dojením	Přední struk před dojením	Zadní struk po dojení	Přední struk po dojení
Zadní struk před dojením	***	0,971955	0,000150	0,000150
Přední struk před dojením	0,971955	***	0,000150	0,000150
Zadní struk po dojení	0,000150	0,000150	***	0,860487
Přední struk po dojení	0,000150	0,000150	0,860487	***

Kruskal-Wallisův test

Z důvodu, že data u hodnocení čtvrtí vemene nebyla normální, nemohl být použit test analýzy rozptylu (ANOVA), a proto byl použit Kruskal-Wallisův test.

Tabulka 7 Vyhodnocení mnohonásobného porovnávání

	Zadní čtvrt před dojením	Přední čtvrt před dojením	Zadní čtvrt po dojení	Přední čtvrt po dojení
Zadní čtvrt před dojením		1,000000	1,000000	0,665527
Přední čtvrt před dojením	1,000000		1,000000	1,000000
Zadní čtvrt po dojení	1,000000	1,000000		0,695664
Přední čtvrt po dojení	0,665527	1,000000	0,695664	

Při vícenásobném porovnávání bylo zjištěno, že není statisticky významný rozdíl mezi teplotami čtvrtí vemen před a po dojení. Pravděpodobně je to způsobeno tím, že čtvrti vemene nejsou přímo ovlivněny dojícím strojem.

Teplota čtvrtí se pohybovala od 35 °C do 36,9 °C před dojením a po dojení od 33 °C do 36,8 °C. Teplota struků byla v rozmezí od 29,1 °C do 34,7 °C před dojením a po dojení od 35,8 °C do 37,2 °C. Průměrná teplota přední čtvrti před dojením byla 34,66 °C, zadní čtvrti před dojením 35,03 °C, předního struku před dojením 31,78 °C, zadního struku před dojením 31,97 °C. Průměrná teplota po dojení byla u přední čtvrti 35,24 °C, u zadní čtvrti 34,98 °C, předního struku 35,55 °C, zadního struku 35,88 °C. U teploty struků byl prokázán statisticky průkazný rozdíl mezi teplotou před dojením a teplotou po dojení. Teplota po dojení byla vyšší, stejně jako dle Karase a Gálíka (2004), kde teplota struku se zvýšila z průměrné teploty 29,5 °C na průměrnou teplotu 30,3 °C. U teploty vemen nebyl prokázán statisticky průkazný rozdíl. Mohlo to být způsobeno tím, že dojící stroj nepůsobí přímo na tkáň vemen.

6 Závěr

Práce se zabývala měřením změn povrchové teploty vemene metodou infračervené termografie. V teoretické části byla práce zaměřena na anatomii mléčné žlázy, nemoci vemene, strojní dojení a konstrukcí dojicího stroje.

Praktická část se zabývala infračervenou termografií a jejím využitím. Dále byl proveden pokus v obci Petrkov na kravách plemene český strakatý skot, holštýnský skot a jerseyký skot, kdy se zkoumal vliv dojicího stroje na teplotu vemene a struků pomocí infračervené kamery.

Závěrem této práce byl diskutován vliv dojicího stroje na teplotu vemene.

Byl předpoklad, že dojící stroj má vliv na teplotu struků a vemene po dojení. Ve své práci jsem zjistila, že předpoklad o zvýšení teploty struků byl správný. Byl prokázán statisticky průkazný rozdíl mezi teplotou struků před dojením a teplotou po dojení. U teploty vemene nebyl prokázán statisticky průkazný rozdíl, což může být způsobeno tím, že dojící stroj není v přímém kontaktu s tkání vemene, a proto na ni nepůsobí a teplota se nezvyšuje.

7 Přehled použité literatury

ALEJANDRO M., ROMERO G., SABATER J.M., DÍAZ J. R., 2014: *Infrared thermography as a tool to determine teat tissue changes caused by machine milking in Murciano-Granadina goats*. Livestock Science, 160: 178–185. ISSN 1871-1413.

ALSAAOD M., SYRING C., DIETRICH J., DOHERR M.G., GUJAN T., STEINE R A., 2013: *A field trial of infrared thermography as a non-invasive diagnostic tool for early detection of digital dermatitis in dairy cows*. The Veterinary Journal, 199: 281-285. ISSN: 1090-0233.

BAR D., TAUER L.W., BENNETT G., GONZALEZ R.N., HERTL J.A., SCHUKKEN Y.H., SCHULTE H.F., WELCOME F.L., GROHN Y.T., 2008. *The cost of generic clinical mastitis in dairy cows as estimated by using dynamic programming*. Journal of Dairy Science, 91: 205–2219., ISSN: 00220302.

CAPION N., THAMSBORG S.M., ENEVOLDSEN C., 2008: *Prevalence of foot lesions in Danish Holstein cows*. Veterinary Record., 163: 80–85. ISSN 0042-4900.

ČESKÝ SVAZ CHOVATELŮ JERSEYSKÉHO SKOTU: *Plemeno* [online]. [cit. 2015-10-20]. Dostupné z: <http://www.jersey.cz/clanky/plemeno.html>

ČSN ISO 18434-1 Monitorování stavu a diagnostika strojů – Termografie – Část 1: Všeobecné postupy. ČNI 2009.

ČSN EN 13187 Tepelné chování budov- Kvalitativní určení tepelných nepravidelností v plášti budov – Infračervená metoda. ČNI 1999.

DAI F., COGI N. H., HEINZL E. U. L., COSTA E. D., CANALI E., MINERO M., 2015: *Validation of a fear test in sport horses using infrared thermography*. Journal of Veterinary Behavior, 10: 128-136. ISSN 1558-7878.

DUFF G.C., GALYEAN M.L., 2007: *Board-invited review: recent advances in management of highly stressed, newly received feedlot cattle*. Journal of

Animal Science, 85: 823–840. ISSN 0021-8812.

DVOŘÁK, 2015: ČR. Ústní sdělení

ETTEMA, J., OSTERGAARD, S., KRISTENSEN, A.R., 2010: *Modelling the economic impact of three lameness causing diseases using herd and cow level evidence*. Preventive Veterinary Medicine, 95: 64–73. ISSN 0167-5877.

FLUKE. 2016: *Průmyslová termokamera Fluke Ti32* [online]. [cit. 2016-04-15].

Dostupné z: <http://www.fluke.com/fluke/czcs/termokamery/fluke-ti32-%28europe%29.htm?pid=56185>

FORKMAN B., BOISSY A., MEUNIER-SALAÜN M., CANALI E., JONES R., 2007: *A critical review of fear tests used on cattle, pigs, sheep, poultry and horses*. Physiology Behavior, 92: 340-374. ISSN 0031-9384.

HENDL J. 2009: *Přehled statistických metod: analýza a metaanalýza dat*. 3., přeprac. vyd. Praha: Portál, 695 s, ISBN 978-80-7367-482-3.

HOFÍREK, Bohumír. *Nemoci skotu*. Brno: Noviko, 2009, 1149 s. ISBN 978-80-86542-19-5.

HOVINEN M., SIIVONEN J., TAPONEN S., HANNINEN L., PASTELL M., AISLA A.M., PYORALA S., 2008: *Detection of clinical mastitis with the help of a thermal camera*. Journal of Dairy Science, 91: 4592–4598. ISSN 00220302.

HRBÁČOVÁ Z., 2015: *Diplomová práce: Vyhodnocení životních projevů welfare dojnic na farmě hospodařící v režimu ekologického zemědělství*. Brno.

CHA E., HERTL J.A., BAR D., GROHN Y.T., 2010: *The cost of different types of lameness in dairy cows calculated by dynamic programming*. Preventive Veterinary Medicine, 97: 1–8. ISSN: 0167-5877.

CHLÁDEK G. 2015: *Přednáška z předmětu produkční systémy přežvýkavců: Vývoj chovu skotu. Ústní sdělení.*

CHLÁDEK G. 2013: *Přednáška z předmětu chov skotu: Vývoj chovu holštýnského plemene. Ústní sdělení.*

CHURCH J. S., HEGADOREN P. R., PAETKAU M. J., MILLER C.C., REGEV-SHOSHANI G., SCHAEFER A. L., SCHWARTZKOPF-GENSWEIN K. S., 2014: *Influence of environmental factors on infrared eye temperature measurements in cattle.* Research in Veterinary Science, 96: 220-226. ISSN 0034-5288.

CHRISTENSEN J.W., MALMKVIST J., NIELSEN B.L., KEELING L.J., 2008: *Effects of a calm companion on fear reactions in naive test horses.* Equine Veterinary Science. J. 40: 46-50. ISSN 0737-0806.

JOHNSON S.R., RAO, S., HUSSEY S.B., MORLEY P.S., TRAUB-DARGATZ J.L., 2011: *Thermographic eye temperature as an index to body temperature in ponies.* Journal of Equine Veterinary Science, 31: 63–66. ISSN 0737-0806.

JUNGA, P. 2015: Ústní sdělení.

KARAS R., GÁLIK I., 2004: *Contact and non-contact thermometry in the milk acquisition process.* Czech Journal of Animal Science, (1): 1–7, ISSN 1212-1819.

Kimo instruments. *Kimo Canada* [online]. [cit. 2016-03-01]. Dostupné z: <http://kimocanada.com/Anglais/pdf/Sondes/ft-4-portable%20probe.pdf>

KLONT R.E., & LAMBOOIJ E., 1995: *Effects of preslaughter muscle exercise on muscle metabolism and meat quality studied in anesthetized pigs of different halothane genotypes.* Journal of Animal Science, 73: 108–117. ISSN 0021-8812.

KNÍŽKOVÁ I., 2011: *Automatické dojící systémy: vybrané faktory ovlivňující proces robotizovaného dojení : certifikovaná metodika.* Praha: Výzkumný ústav živočišné výroby, ISBN 978-80-7403-085-7.

KOLEKTIV., 2015: AMI 300 Multifunkční přístroj pro klimatizaci. *Měřáky.cz* [online]. [cit. 2016-02-01]. Dostupné z: <http://www.meraky.cz/Pristroje-pro-klimatizaci/AMI-300-Multifunkcni-pristroj-pro-klimatizaci.html>

KIMO Canada. *Technical Data Sheet* [online]. [cit. 2016-04-15]. Dostupné z: <http://kimocanada.com/Anglais/pdf/Sondes/ft-4-portable%20probe.pdf>

KVAPILÍK J., 2015: *Výskyt mastitid ve stádech dojených krav*. *Náš chov.*, LXXV(8): s. 42-46. ISSN 0027-8068.

LOGUE D., 2011: *Understanding bovine digital dermatitis*. *Veterinary Record*, 168: 212–213. ISSN 0042-4900.

MARVAN, F., 2007: *Morfologie hospodářských zvířat*. Vyd. 4. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze v nakl. Brázda, 303 s. ISBN 978-80-213-1658-4.

MCCAFFERTY, D.J., 2007: *The value of infrared thermography for research on mammals: previous applications and future directions*. *Mammal Review* 37 (3): 207–223. ISSN 0305-1838.

MONTANHOLI Y. R., ODONGO N. E., Kendall C., SWANSON, SCHENKEL F. S., MILLER S. P., MC BRIDE B. W. 2008: *Application of infrared thermography as an indicator of heat and methane production and its use in the study of skin temperature in responseto physiological events in dairy cattle (Bos taurus)*. *Journal of Thermal Biology*, 33: 468-475. ISSN 0306-4565.

NOVÁKOVÁ J., 2012: *Naučte se používat statistiku: Začínáme testovat hypotézy*, *Studentské finance.cz* [online]. [cit. 2016-04-10]. Dostupné z: <http://student.finance.cz/zpravy/finance/353021-naucte-se-pouzivat-statistiku-zaciname-testovat-hypotezy/>

OLECHNOWICZ J., JAŃKOWSKI J. M., 2011: *Lameness in small ruminants*. *Medycyna Weterynaryjna*, 67: 715-719. ISSN 0025-8628.

PAULRUD C., CLAUSEN S., ANDERSEN P., RASMUSSEN M., 2005: *Infrared thermography and ultrasonography to indirectly monitor the influence of liner type and over milking on teat tissue recovery*. Acta Veterinaria Scandinavia, 46: 137–147. ISSN 0044-605X.

SCHAEFER A.L., COOK N., TESSARO S.V., DEREGT D., DESROCHES G., DUBESKI P.L., TONG A.K.W., GODSON D.L., 2004: *Early detection and prediction of infection using infrared thermography*. Canadian Journal of Animal Science, 84: 73–80. ISSN 0008-3984.

SCHAEFER A. L., COOK N. J., BENCH C., CHABOT J. B., COLYN J., LIU T., OKINE E. K., STEWART M., WEBSTER J. R., 2012: *The non-invasive and automated detection of bovine respiratory disease onset on receiver calves using infrared thermography*. Research in Veterinary Science, 93: 928–935. ISSN 0034-5288.

SOMERS J.G., FRANKENA K., NOORDHUIZEN-STASSEN E.N., METZ J.H., 2003: *Prevalence of claw disorders in Dutch dairy cows exposed to several floor systems*. Journal of Dairy Science, 86: 2082–2093. ISSN: 00220302.

SOMERS J.G., FRANKENA K., NOORDHUIZEN-STASSEN E.N., METZ J.H., 2005: *Risk factors for digital dermatitis in dairy cows kept in cubicle houses in The Netherlands*. Preventive Veterinary Medicine, 71: 11–21. ISSN: 0167-5877.

STEWART M., STAFFORD K. J., DOWLING S. K., SCHAEFER A. L., WEBSTER J. R., 2008: *Eye temperature and heart rate variability of calves disbudded with or without local anaesthetic*. Physiology and Behavior, 93: 789–797. ISSN 0031-9384.

STEWART M., WEBSTER J.R., SCHAEFER A.L., COOK N.J., SCOTT S.L., 2005: *Infrared thermography as a non-invasive tool to study animal welfare*. Animal Welfare, 14: 319–325. ISSN 0962-7286.

Svaz chovatelů českého strakatého skotu, z.s. *O plemeni* [online]. [cit. 2015-10-12]. Dostupné z: <http://www.cestr.cz/o-plemeni.html>

TAN J., NG E. Y. K., ACHARYA U. R., CHEE C., 2009: *Infrared thermography on ocular surface temperature: a review*. Infrared Physics and Technology, 52: 97–108. ISSN 1350-4495.

THOMPSON P.N., STONE A., SCHULTHEISS W.A., 2006: *Use of treatment records and lung lesion scoring to estimate the effect of respiratory disease on growth during early and late finishing periods in South Africa feedlot cattle*. Journal of Animal Science, 84: 488–498. ISSN 0021-8812.

TIMSI E., SÉBASTIEN A., QUINIOU R., SEEGER H., BAREILLE N., 2011: *Early detection of bovine respiratory disease in young bulls using reticulo-rumen temperature boluses*. The Veterinary Journal, 190: 136–142. ISSN 1090-0233.

VAVŘIČKA R., 2014: *Bezkontaktní způsoby měření teploty*. 1. vyd. Praha: Společnost pro techniku prostředí Sešit projektanta - pracovní podklady. ISBN 978-80-02-02515-3.

WEARY D., HUZZEY J.M., VON KEYSERLINGK M.A.G., 2009: *Board-invited review: using behaviour to predict and identify ill health in animals*. Journal of Animal Science, 87 (2): 770–777. ISSN 0021-8812.

WESCHENFELDER A. V., SAUCIER L., MALDAGUE X., ROCHA L. M., SCHAEFER A. L., FAUCITANO L., 2013: *Use of infrared ocular thermography to assess physiological conditions of pigs prior to slaughter and predict pork quality variation*. Meat science, 95: 616–620. ISSN: 0309-1740.

WINTER A. C., 2008: *Lameness in sheep*. Small Ruminant Research, 76: 149-153. ISSN 0921-4488.

8 Seznam obrázků

<i>Obr. 1 Termogram krávy 252 před dojením (Zdroj: Autor, 2015).</i>	44
<i>Obr. 2 Termogram krávy 252 po dojení (Zdroj: Autor, 2015).</i>	44
<i>Obr. 3 Termogram krávy 311 před dojením (Zdroj: Autor, 2015).</i>	45
<i>Obr. 4 Termogram krávy 311 po dojení (Zdroj: Autor, 2015).</i>	45
<i>Obr. 5 Termogram krávy 317 před dojením (Zdroj: Autor, 2015).</i>	46
<i>Obr. 6 Termogram krávy 317 po dojení (Zdroj: Autor, 2015).</i>	46
<i>Obr. 7 Termogram krávy 318 před dojením (Zdroj: Autor, 2015).</i>	47
<i>Obr. 8 Termogram krávy 318 po dojení (Zdroj: Autor, 2015).</i>	47
<i>Obr. 9 Termogram krávy 319 před dojením (Zdroj: Autor, 2015).</i>	48
<i>Obr. 10 Termogram krávy 319 po dojení (Zdroj: Autor, 2015).</i>	48
<i>Obr. 11 Termogram krávy 320 před dojením (Zdroj: Autor, 2015).</i>	49
<i>Obr. 12 Termogram krávy 320 po dojení (Zdroj: Autor, 2015).</i>	49
<i>Obr. 13 Termogram krávy 324 před dojením (Zdroj: Autor, 2015).</i>	50
<i>Obr. 14 Termogram krávy 324 po dojení (Zdroj: Autor, 2015).</i>	50
<i>Obr. 15 Termogram krávy 329 před dojením (Zdroj: Autor, 2015).</i>	51
<i>Obr. 16 Termogram krávy 329 po dojení (Zdroj: Autor, 2015).</i>	51
<i>Obr. 17 Termogram krávy 404 před dojením (Zdroj: Autor, 2015).</i>	52
<i>Obr. 18 Termogram krávy 404 po dojení (Zdroj: Autor, 2015).</i>	52
<i>Obr. 19 Termogram krávy 408 před dojením (Zdroj: Autor, 2015).</i>	53
<i>Obr. 20 Termogram krávy 408 po dojení (Zdroj: Autor, 2015).</i>	53

9 Seznam tabulek

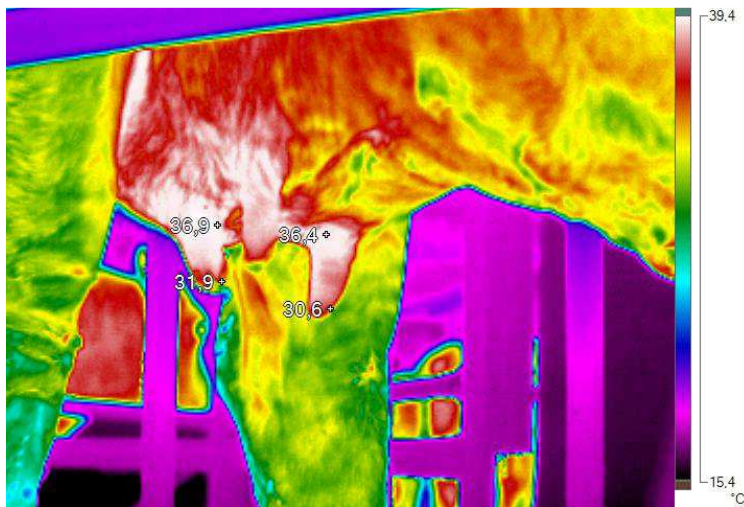
<i>Tabulka 1 Sonda HET 14 - viz. obrázek v Příloze 22 (Zdroj: KIMO Canada, 2016). ...</i>	33
<i>Tabulka 2 Sonda Probe SVTH, obrázek sondy v Příloze 22(Zdroj: KIMO Canada, 2016).</i>	34
<i>Tabulka 3 Naměřené hodnoty před a po dojení.....</i>	58
<i>Tabulka 4 Popisné statistiky</i>	59
<i>Tabulka 5 Výsledky testů na homogenitu rozptylu.....</i>	60
<i>Tabulka 6 Výsledky mnohonásobného porovnávání Tukeyho testu.....</i>	60
<i>Tabulka 7 Vyhodnocení mnohonásobného porovnávání</i>	60

10 Přílohy

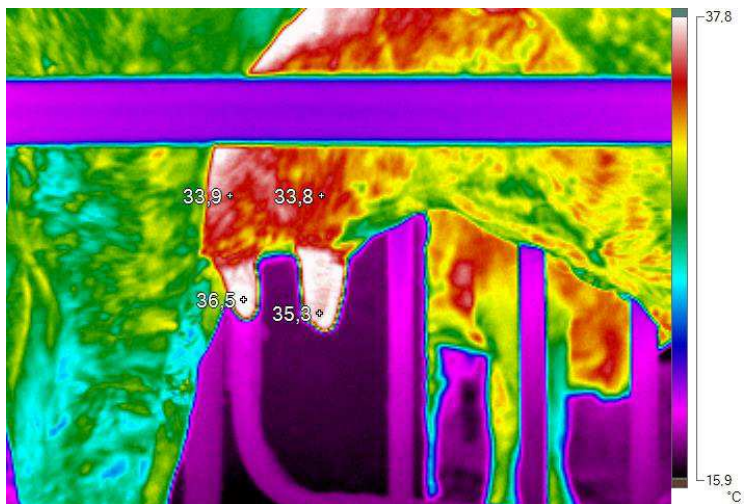
Seznam příloh

<i>Příloha 1 Termogram krávy 257 před dojením (Zdroj: Autor, 2015)</i>	73
<i>Příloha 2 Termogram krávy 257 po dojení (Zdroj: Autor, 2015)</i>	73
<i>Příloha 3 Termogram krávy 379 před dojením (Zdroj: Autor, 2015)</i>	73
<i>Příloha 4 Termogram krávy 379 po dojení (Zdroj: Autor, 2015)</i>	74
<i>Příloha 5 Termogram krávy 496 před dojením (Zdroj: Autor, 2015)</i>	74
<i>Příloha 6 Termogram krávy 496 po dojení (Zdroj: Autor, 2015)</i>	74
<i>Příloha 7 Termogram krávy 499 před dojením (Zdroj: Autor, 2015)</i>	75
<i>Příloha 8 Termogram krávy 499 po dojení (Zdroj: Autor, 2015)</i>	75
<i>Příloha 9 Termogram krávy 501 před dojením (Zdroj: Autor, 2015)</i>	75
<i>Příloha 10 Termogram krávy 501 po dojení (Zdroj: Autor, 2015)</i>	76
<i>Příloha 11 Termogram krávy 502 před dojením (Zdroj: Autor, 2015)</i>	76
<i>Příloha 12 Termogram krávy 502 po dojení (Zdroj: Autor, 2015)</i>	76
<i>Příloha 13 Termogram krávy 779 před dojením (Zdroj: Autor, 2015)</i>	77
<i>Příloha 14 Termogram krávy 779 po dojení (Zdroj: Autor, 2015)</i>	77
<i>Příloha 15 Termogram krávy 885 před dojením (Zdroj: Autor, 2015)</i>	77
<i>Příloha 16 Termogram krávy 885 po dojení (Zdroj: Autor, 2015)</i>	78
<i>Příloha 17 Termogram krávy 887 před dojením (Zdroj: Autor, 2015)</i>	78
<i>Příloha 18 Termogram krávy 887 po dojení (Zdroj: Autor, 2015)</i>	78
<i>Příloha 19 Infračervená kamera FLUKE Ti32 (Zdroj: Autor, 2015)</i>	79
<i>Příloha 20 Infračervená kamera FLUKE Ti32 (Zdroj: Autor, 2015)</i>	79
<i>Příloha 21 KIMO AMI 300 multifunkční profesionální měřící přístroj (Zdroj: Autor, 2015)</i>	79
<i>Příloha 22 Sondy HET 14, SVTH (Zdroj: Autor, 2015)</i>	80

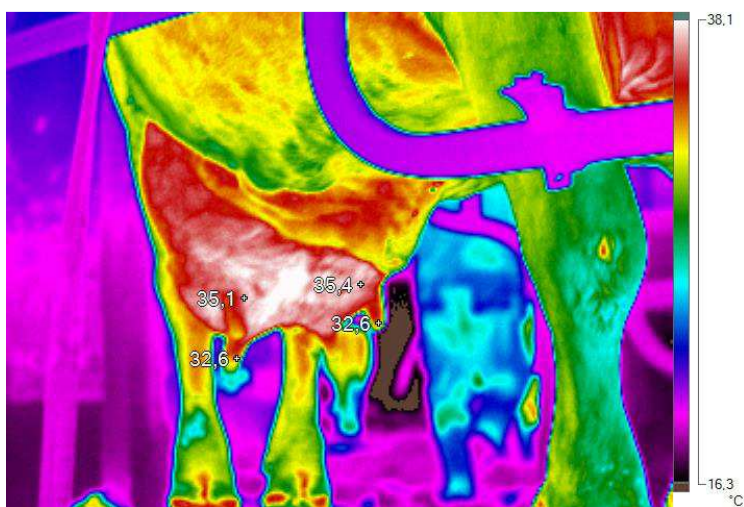
Vlastní přílohy



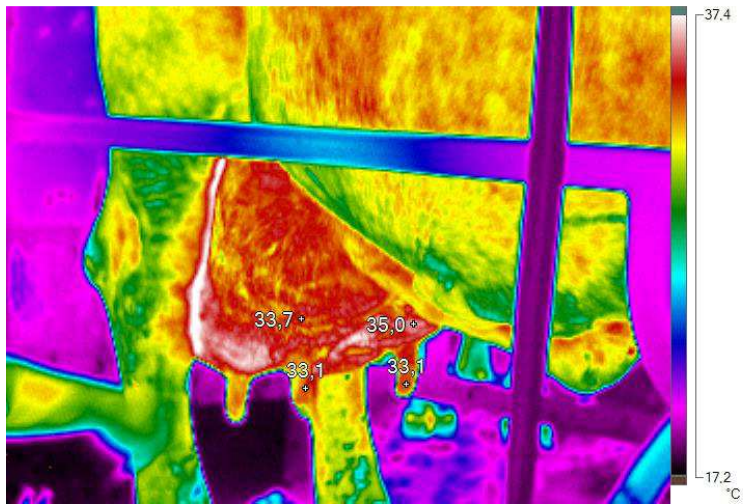
Příloha 1 Termogram krávy 257 před dojením (Zdroj: Autor, 2015)



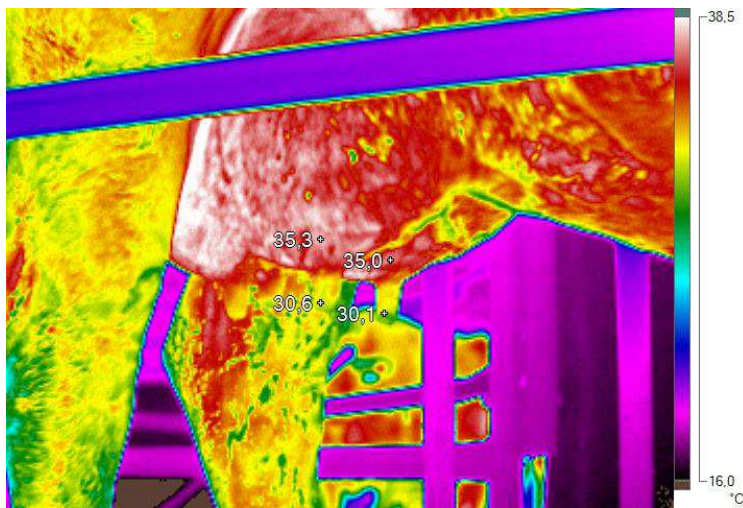
Příloha 2 Termogram krávy 257 po dojení (Zdroj: Autor, 2015)



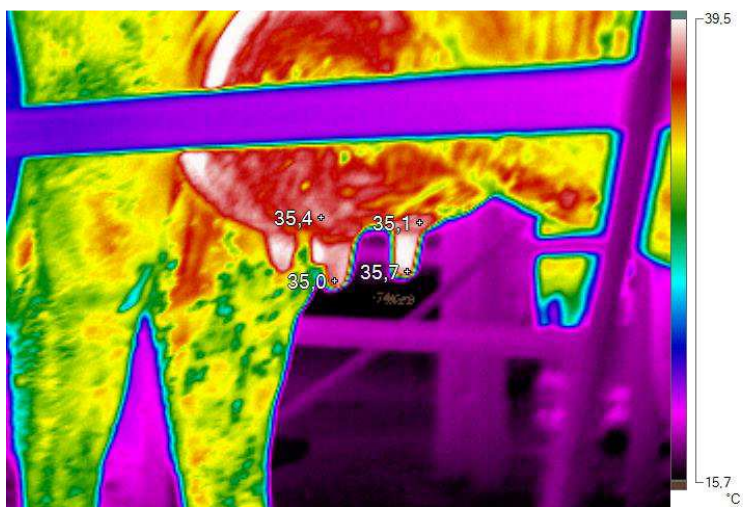
Příloha 3 Termogram krávy 379 před dojením (Zdroj: Autor, 2015)



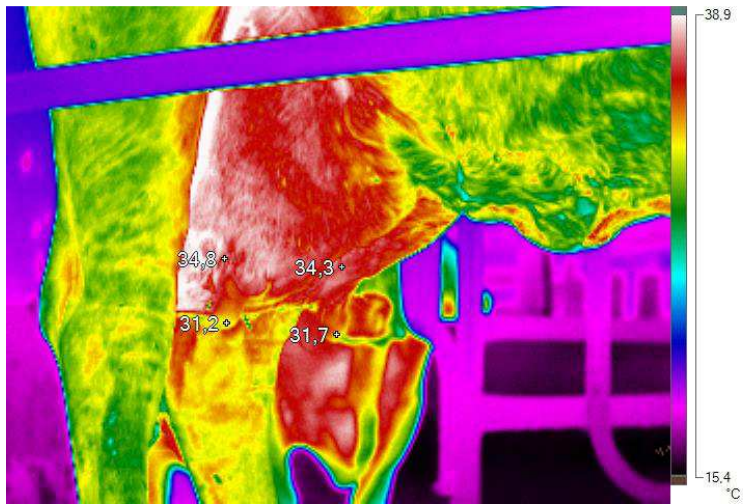
Příloha 4 Termogram krávy 379 po dojení (Zdroj: Autor, 2015)



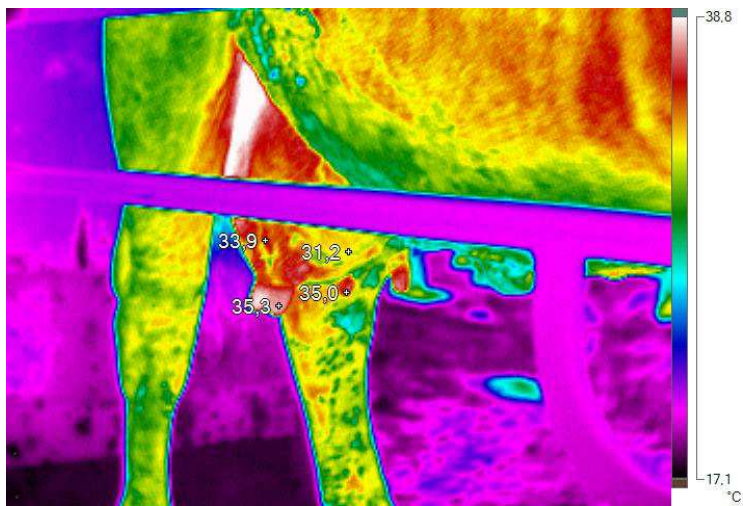
Příloha 5 Termogram krávy 496 před dojením (Zdroj: Autor, 2015)



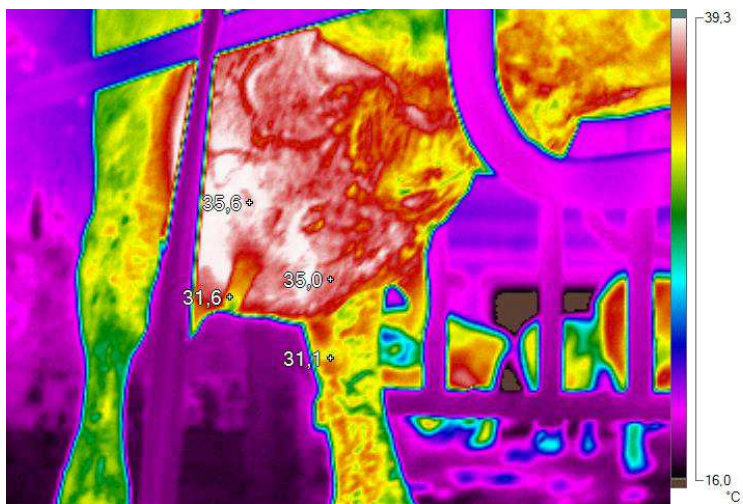
Příloha 6 Termogram krávy 496 po dojení (Zdroj: Autor, 2015)



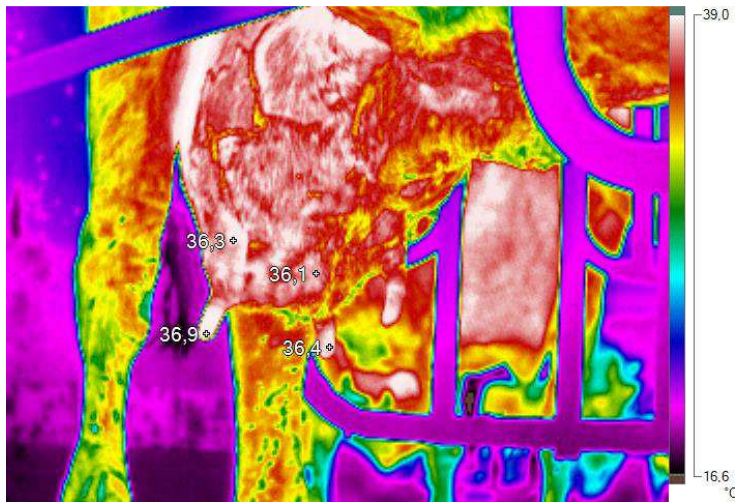
Příloha 7 Termogram krávy 499 před dojením (Zdroj: Autor, 2015)



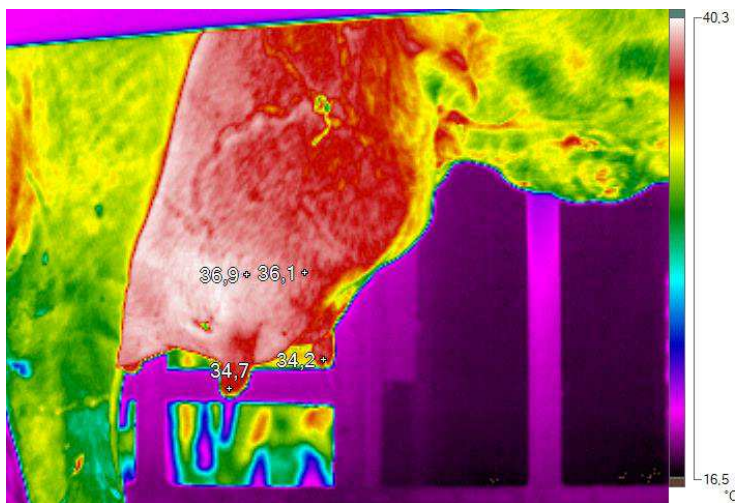
Příloha 8 Termogram krávy 499 po dojení (Zdroj: Autor, 2015)



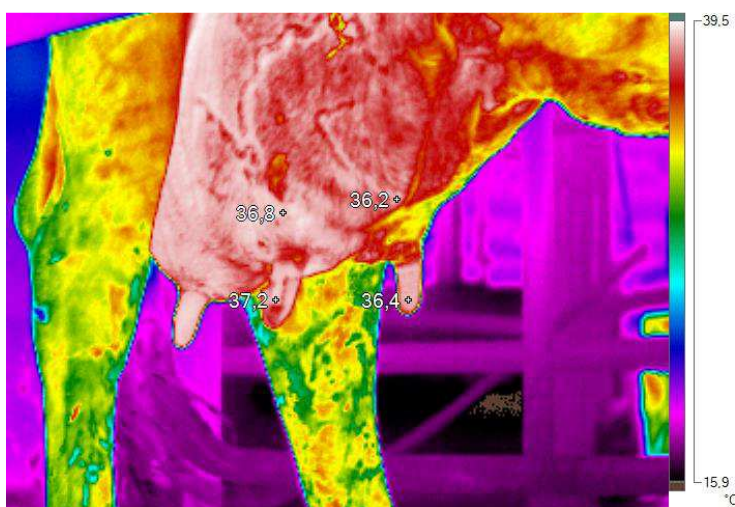
Příloha 9 Termogram krávy 501 před dojením (Zdroj: Autor, 2015)



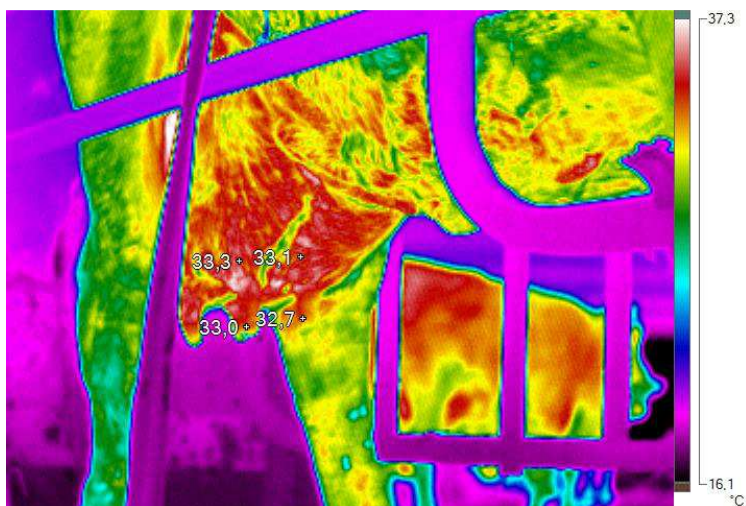
Příloha 10 Termogram krávy 501 po dojení (Zdroj: Autor, 2015)



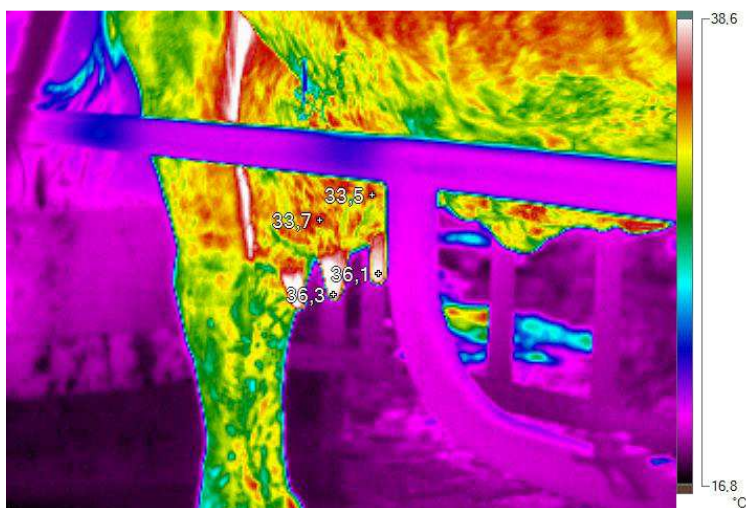
Příloha 11 Termogram krávy 502 před dojením (Zdroj: Autor, 2015)



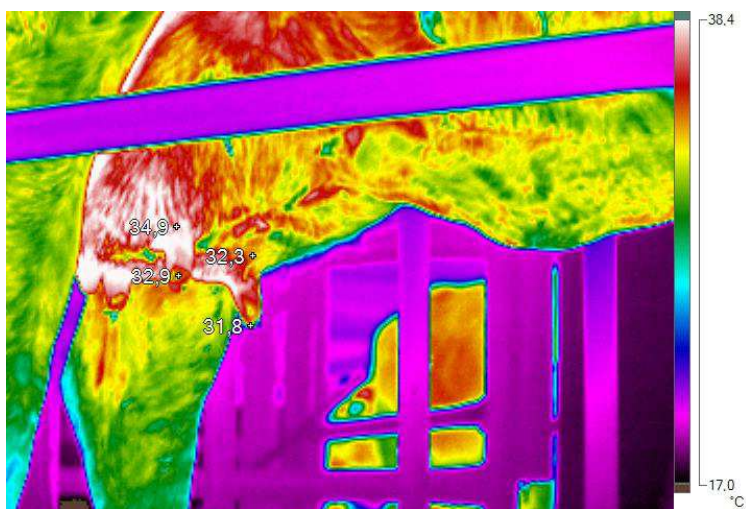
Příloha 12 Termogram krávy 502 po dojení (Zdroj: Autor, 2015)



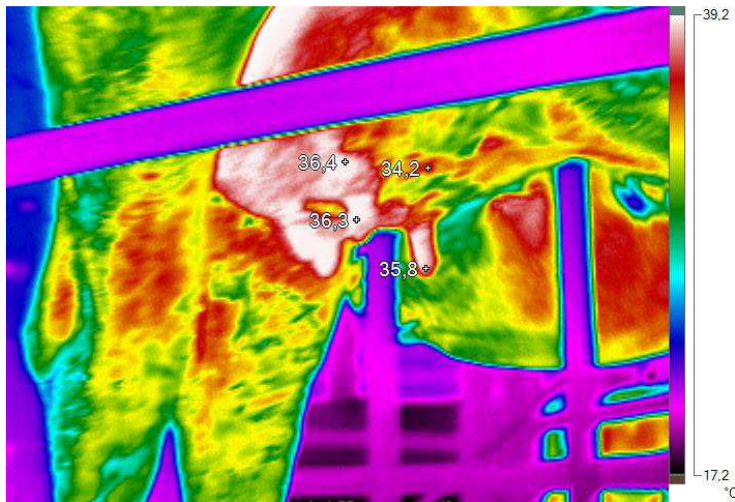
Příloha 13 Termogram krávy 779 před dojením (Zdroj: Autor, 2015)



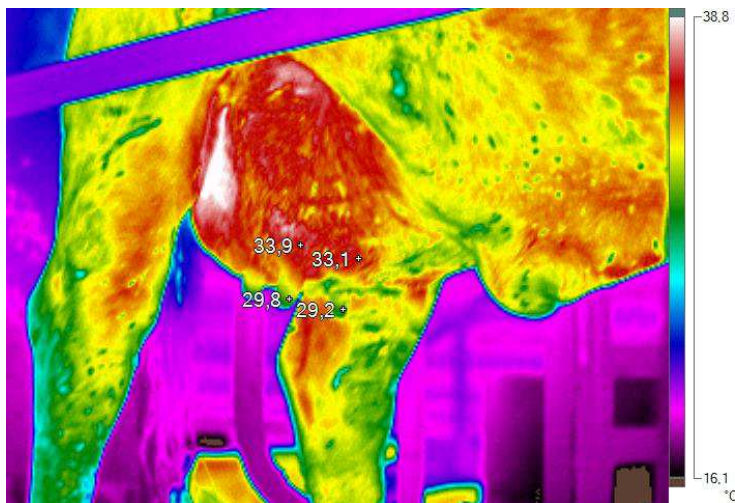
Příloha 14 Termogram krávy 779 po dojení (Zdroj: Autor, 2015)



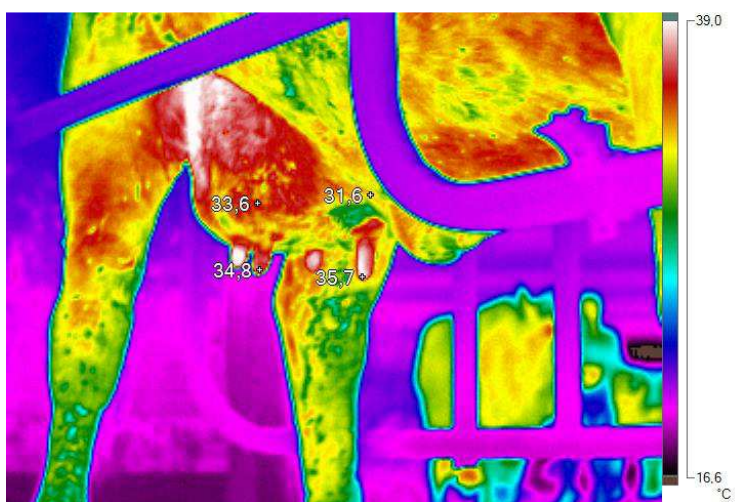
Příloha 15 Termogram krávy 885 před dojením (Zdroj: Autor, 2015)



Příloha 16 Termogram krávy 885 po dojení (Zdroj: Autor, 2015)



Příloha 17 Termogram krávy 887 před dojením (Zdroj: Autor, 2015)



Příloha 18 Termogram krávy 887 po dojení (Zdroj: Autor, 2015)



Příloha 19 Infračervená kamera FLUKE Ti32 (Zdroj: Autor, 2015)



Příloha 20 Infračervená kamera FLUKE Ti32 (Zdroj: Autor, 2015)



Příloha 21 KIMO AMI 300 multifunkční profesionální měřící přístroj (Zdroj: Autor, 2015)



Příloha 22 Sondy HET 14, SVTH (Zdroj: Autor, 2015)