



Fakulta zemědělská
a technologická
Faculty of Agriculture
and Technology

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH FAKULTA ZEMĚDĚLSKÁ A TECHNOLOGICKÁ

Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky

Diplomová práce

Detekce onemocnění paznehtů dojnic pomocí infračervené
termografie

Autor práce: Bc. Denis Klíma
Vedoucí práce: Mgr. Pavel Olšan, Ph.D.
Konzultant práce: Ing. Radim Kuneš

České Budějovice
2022

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem autorem této kvalifikační práce a že jsem ji vypracoval (a) pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

V Českých Budějovicích dne

.....

Podpis

Abstrakt

Diplomová práce je zaměřena na využití moderních technologií, konkrétně infračervené termografie v chovu dojnic. Primárně se práce zaměřuje na detekci onemocnění paznehtů dojnic, jejich včasnou diagnostiku a zahájení adekvátní léčby. V metodice práce je hodnocen potenciál a užitečnost infračervené termografie jako neinvazivního nástroje k rychlému vyšetření nejčastějších onemocnění dojnic, především v oblasti paznehtů. Práce se primárně zaměřuje na digitální dermatitidu, která je v této problematice nejrozsáhlejší.

Slabost skotu, především dojnic je celosvětový problém a kulhání je jedním z nejčastějších příčin vyřazení dojnic ze stáda. Problémy a nemoci paznehtů mají negativní dopad na zdraví a dobré životní podmínky zvířat, což může mít vliv na hospodářství zemědělských podniků. Prevence a včasná diagnóza kulhání by měly zabránit rozvoji onemocnění a následným vysokým nákladům na léčbu. V literární části jsou popsány především nejčastější příčiny infekčních i neinfekčních nemocí, prevence a diagnostika infračervenou termografií (termokamerou). Náchylnost k onemocnění je primárně ovlivněna kvalitou rohoviny. Kvalita rohoviny je ovlivněna vnitřními a vnějšími podmínkami, jako je hygiena, výživa, hormonální změny během otelení a laktace, věk zvířete nebo genetické predispozice. Další část tohoto přehledu shrnuje základní principy a možnosti využití infračervené termografie při včasné detekci nemoci u dojnic.

Klíčová slova: dojnice, onemocnění, paznehty, termografická kamera

Abstract

The diploma thesis is focused on the use of modern technologies, specifically infrared thermography in dairy farming. The work primarily focuses on the detection of hoof diseases of dairy cows, their early diagnosis and the initiation of adequate treatment. The methodology evaluates the potential and usefulness of infrared thermography as a non-invasive tool for rapid examination of the most common diseases of dairy cows, especially in the hoof area. Also the work primarily focuses on digital dermatitis, which is the most extensive in this area.

The weakness of cattle, especially dairy cows, is a worldwide problem and lameness is one of the most common causes of dairy cows being weaned. Hoof problems and diseases have a negative impact on animal health and welfare, which can affect farms. Prevention and early diagnosis of lameness should prevent the development of the disease and the consequent high costs of treatment. The literature section describes the most common causes of infectious and non-infectious diseases, prevention and diagnosis by infrared thermography (thermal imaging). Susceptibility to the disease is primarily affected by the quality of the horn. The quality of the horn is affected by internal and external conditions, such as hygiene, nutrition, hormonal changes during calving and lactation, the age of the animal or genetic predisposition. The next part of this review summarizes the basic principles and possibilities of using infrared thermography in the early detection of disease in dairy cows.

Keywords: dairy cows, disease, hooves, thermal camera

Poděkování

Rád bych poděkoval Ing. Radimovi Kunešovi za cenné rady, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích a vypracování diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat společnosti Agro Pivkovice, která mi umožnila provádět výzkumnou část práce.

Obsah

Úvod.....	8
1 Literární přehled.....	9
1.1 Chov skotu.....	9
1.2 Ideální podmínky pro chov skotu.....	9
1.2.1 Tělesná kondice a zdraví skotu.....	10
1.2.2 Požadavky na stáje pro skot.....	10
1.3 Technologie ustájení.....	11
1.4 Způsoby ustájení a vlivy klimatu.....	12
1.4.1 Tepelný stres.....	12
1.4.2 Možnosti eliminace tepelného stresu.....	13
1.5 Anatomie paznehtu.....	13
1.5.1 Tvorba rohoviny.....	14
1.5.2 Přerostlé paznehty.....	14
1.6 Kulhání.....	15
1.7 Nemoci a poruchy paznehtů.....	16
1.7.1 Infekční nemoc paznehtů.....	16
1.7.2 Neinfekční nemoc paznehtů.....	16
1.7.3 Digitální dermatitida.....	17
1.7.4 Nekrobacilóza meziprstí.....	18
1.7.5 Chodidlový vřed paznehtu.....	19
1.7.6 Nemoc bílé čáry.....	19
1.8 Prevence onemocnění paznehtů.....	20
1.8.1 Pravidelná úprava paznehtů.....	20
1.8.2 Pravidelné koupele.....	21
1.8.3 Šlechtění.....	22
1.8.4 Jodové dezinfekce.....	22

Biocid-30.....	23
PVP jod	23
1.9 Aplikace termokamer ve veterinární medicíně	23
1.10 Infračervená termografie v chovech hospodářských zvířat	23
1.11 Detekce virových onemocnění skotu.....	24
1.12 Detekce zánětlivých onemocnění paznehtů.....	25
1.13 Termografické vyšetření zánětlivých onemocnění paznehtů.....	27
1.14 Termografická kamera	28
1.14.1 Technické parametry termografických kamer	28
1.14.2 Faktory ovlivňující měření termografickou kamerou	28
2 Cíl práce	30
3 Metodika	31
3.1 Agro Pivkovice.....	31
3.2 Použité termografické kamery při měření	31
3.3 Termokamera FLIR E6	31
3.4 Termografická kamera Testo 875-2i	33
3.5 Tvorba datasetu	35
3.6 Vyhotovení snímků v programech pro použité termokamery	35
3.7 Vyhodnocení obrazových výstupů	37
4 Výsledky měření	38
5 Závěr a diskuse.....	44
Seznam použité literatury.....	45
Seznam obrázků	49
Seznam tabulek	50
Seznam grafů.....	51

Úvod

Jednou z nejčastějších příčin vyřazování dojnic ze stáda je kulhání, které většinou souvisí s onemocněním paznehtů, což může mít vliv na snížení produkce mléka. Zejména digitální dermatitida (DD) je v současné době jednou z nejčastějších infekčních onemocnění spojené s kulháním a postihuje přibližně 70 % všech stád dojnic.

Včasná detekce infekčních onemocnění, jako je například DD, usnadňuje rychlou léčbu a je považována za nejlepší způsob snížení celkové závažnosti onemocnění. Taková včasná detekce a léčba stavů vedoucích ke kulhání nejen zabraňuje progresi stavu, ale snižuje také hladinu infekčního rozběhu ve stádě. To však vyžaduje, aby chovatelé měli k dispozici spolehlivou metodu zjišťování infekčních i neinfekčních onemocnění. Změny pohybového aparátu nebo charakteristik chůze jsou často prvními zjištěnými příznaky onemocnění paznehtů.

Použití infračervené termografie (IRT) je v tomto ohledu užitečná neinvazivní, přesná a nákladově efektivní metoda zjišťování zánětu nebo infekce, jelikož v místě tvorby zánětu se prokazatelně zvyšuje teplota. Teplota povrchu těla zvířat je ovlivňována klimatickým prostředím, jako je teplota vzduchu, konvekce nebo sluneční záření, ale také průtokem krve a metabolickou rychlostí. Proto měření povrchové nebo kožní teploty pomocí IRT může zjistit změny v lokálním průtoku krve v důsledku infekce nebo tvorby ložiska zánětu.

Tématem práce je využití moderních technologií ve vybraných chovech skotu. Následně je cílem práce vytvoření datasetu, který bude předán řešitelskému týmu a následně bude použit při vývoji automatizovaného softwaru pro rozpoznání onemocnění paznehtů.

1 Literární přehled

1.1 Chov skotu

Chov skotu je jedním z největších odvětví živočišné výroby. Hlavními produkty jsou maso a mléko. Se zdokonalující se šlechtitelskou prací roste užitkovost zvířat. Dříve skot poskytoval trojstrannou užitkovost: mléko, maso a dnes již nepoužívaný tah. V dnešní době je však jasné, že hospodárnost chovu strakatého skotu je dána ukazateli chovné užitkovosti, především dobrým zdravotním stavem (mléčná žláza a paznehty především), pravidelnou plodností, snadnými porody, vitalitou telat, bezproblémovým odchovem i schopností k pastvě a vysokému příjmu a využití objemných krmiv (Hulsen, 2011).

Hlavním důvodem, proč se s dojným skotem v tak vysoké míře hospodaří, je především proto, že skot se řadí mezi vysoce produktivní a zisková zvířata. Takového výsledku lze dosáhnout jen tehdy, pokud jsou všechna zvířata v pořádku.

Faktory pro rovnováhu chovu skotu jsou: správná výživa, veterinární a ošetrovatelská péče, genetik, optimální podmínky a prostředí. Se zvyšující se užitkovostí došlo k značným poklesům stavů – viz tabulka 1.1 (Bouška et al., 2006).

Tabulka 1.1: Stavby skotu v ČR (Zootecnika.cz, 2009)

kategorie skotu	2002	2008	2010	2018	2021
krávy dojené	495 962	405 532	383 523	365 000	359 000
krávy bez tržní produkce mléka	100 333	163 163	167 722	222 000	227 000
krávy celkem	596 295	568 685	551 245	587 000	586 000
skot celkem	1520 136	1 401 607	1 349 286	1 416 000	1 406 000

1.2 Ideální podmínky pro chov skotu

Chov mléčného skotu se neustále rozvíjí a jeho využití roste. Významnou roli v efektivnosti chovu dojnic hrají faktory chovného prostředí, zejména rychlost proudění vzduchu a relativní rychlost, stupeň slunečního záření či tepelná radiace. Pro hodnocení vlivu vnějšího prostředí na zvířata se po celém světě používá tepelně-vlhkostní index zahrnující především působení teploty a relativní vlhkosti. Vzájemné vztahy

mezi zdravotním stavem ustájených zvířat, kvalitou ovzduší a úrovní produkčních ukazatelů jsou velmi komplikované, a to i z hlediska vlivu venkovního ovzduší (Urban, 1997).

S intenzitou využívání mléčných plemen skotu souvisí i směr šlechtění, který se uplatňoval ještě v nedávné době, kdy holštýnské plemeno bylo šlechtěno zejména na vysokou mléčnou užitkovost. V současné době dochází v chovu dojného skotu ke změně směru šlechtění – od jednostranné orientace na znaky produkce a co nejvýkonnější organismus zvířat směrem ke šlechtění na celkový genotyp zvířete, jehož výsledkem mají být zvířata vysoce produktivní, ekonomická, zdravá, dlouhověká s dobrou plodností (Hulsen, 2011).

1.2.1 Tělesná kondice a zdraví skotu

Energie, kterou dojnice vydá k nadojení mléka na začátku laktace, získává z vlastních tkání, má na organismus negativní vliv a predisponuje ho ke zdravotním obtížím a snížené produkci. Některým klinickým onemocněním však předchází krátkodobé změny hmotnosti anebo změny v množství nadojeného mléka. Proto se často využívá kontrola hmotnosti jako jeden z prvních ukazatelů klinických onemocnění. Názory a také informace v literatuře o vztahu hmotnosti k různým onemocněním jsou však značně různorodé (Kříž et al., 2021).

1.2.2 Požadavky na stáje pro skot

Ideální a dobře postavená stáj pro dojnice by měla být suchým, čistým a komfortním místem pro odpočinek. Musí poskytovat bezproblémový přístup ke krmivu, vodě a dobře fungující ventilaci v průběhu všech makroklimatických období během roku. Ústájení dojníc je možno řešit jako volné ustájení:

- s kombinovanými boxy či volné boxové stáje,
- s plochými kotci, sníženým krmištem a stlanou lehárnou,
- s lehárnou na hluboké podestýlce se zvýšeným krmištem,
- s vysokou podestýlkou, sníženým krmištem a lehárnou s podlahou o sklonu 7–10 %.

Jako výsledek zvýšeného příjmu krmiva, sníženého množství somatických buněk v mléce, vyšší úrovně komfortu zvířat a většího životního prostoru pro zvířata, bývá s volným ustájením spojována také zvýšená produkce mléka (Kříž et al., 2021).

1.3 Technologie ustájení

Souvislost mezi technologií ustájení a výskytem nemocí končetin byla potvrzena pomocí sledovaných ukazatelů. V tabulce č. 1.2 je vidět, že jako nejméně vhodné se jeví bezstelivová ustájení s roštovými podlahami. I přesto, že je tento systém ustájení (pokud jsou zachovány optimální rozměry roštnic a mezer) pro zdravotní stav končetin dojníc teoreticky lepší, v praxi je v těchto systémech ustájení výskyt nemocí končetin největší, jelikož mají obrovské množství nedostatků, které nelze plnohodnotně odstranit. Jde například o vydrolování okrajů a hran roštnic, vyšlapávání nášlapné plochy roštnice až na armaturu, betonové nálitky na nášlapné ploše, prohnutí a stáčení roštnic, jejich kluzký povrch nebo také použití nevhodných výrobních materiálů (Novák, 2003).

Vysoké procento onemocnění končetin se objevuje také u bezstelivového ustájení na kompaktních betonových podlahách. Menší procento onemocnění končetin bylo potvrzeno u volného ustájení, než u vazného ustájení. V těchto případech jde především o rozdíl v údržbě čistoty chodeb, která je jednodušší u vazného ustájení a lze ji provádět v delších časových intervalech, naproti tomu u volného ustájení jsou důležitými faktory také rozměry a povrch hnojných a krmných chodeb, stání a lože (Hulsen, 2011).

Optimální čistota a kvalita povrchu chodeb je velmi důležitá, ale často náročná na údržbu. Ideálním intervalem pro odklizení hnoje a kejdy je udáván šestkrát až dvanáctkrát v jeden den, avšak v současné době vychází používané systémy z intervalu dvakrát během jednoho dne. Nahromaděná moč a výkaly na podlahách mají vliv na mikroklima a dochází k maceraci kůže prstu a meziprstí a otlakům škáry, které představují predispoziční faktory rozvoje onemocnění končetin. S nedostatečným úklidem přichází incidence různých onemocnění. V chovech s volným ustájením a betonovými hnojnými chodbami je situace nejvážnější. Zde se vyskytuje velmi vysoká incidence dermatitis digitalis a dermatitis interdigitalis, Ruserholtzova vředu a tylomu. Zvířatům, která se pohybují ve výkalech, se změkčuje rohovina paznehtů a dochází pak k jejímu rychlému obrušování (Novák, 2003).

Tabulka 1.2: Výskyt onemocnění podle typu ustájení (Novák et al., 2003)

technologie ustájení	sledované ukazatele				
	podlahy	čistota chodeb	mikroklima	úroveň ošetř. péče	onem. končetin
vazné – stelivové	kompaktní	optimální	vhodné	průměrná	15
- bezstelivové	kompaktní	průměrná	nevhodné	nedostatečná	21
samopoutací – bezsteliv.	rošty	nedostatečná	nevhodné	nedostatečná	29
volné – stelivové	kompaktní	průměrná	vhodné	optimální	7
- bezstelivové	kompaktní	nedostatečná	nevhodné	průměrná	17

1.4 Způsoby ustájení a vlivy klimatu

Vzájemné vztahy mezi zdravotním stavem ustájených zvířat, kvalitou ovzduší a úrovní produkčních ukazatelů jsou velmi složité, zejména při studiu vlivu venkovního ovzduší. Vznikající ekonomické ztráty nejsou jen přímé – snížená produkce a úhyn zvířat, ale také nepřímé ve formě nákladů na terapii a prevenci. S využitím nových modelovacích technik je třeba věnovat pozornost vlivu různých makroklimatických situací. Tyto techniky umožňují vyhodnotit, do jaké míry je v definovaných podmínkách ekonomika chovu ovlivněna rozdíly v použitých technologických systémech chovu, ošetrovatelské i veterinární péče a úrovně výživy, které jsou předpokladem využití genetického potenciálu ustájených zvířat s konečným cílem produkce zdravotně nezávadných surovin a potravin živočišného původu, které jsou významnými složkami potravinového řetězce člověka. Jelikož pouze zvířata chovaná v hospodárně řízeném prostředí a krmená vyváženou krmnou dávkou mohou plně rozvinout svůj genetický potenciál (Kříž et al., 2021).

Ustájení skotu má vysoký vliv na jejich pohodu a zdraví, zejména na zdravé paznehty – viz Tabulka 1.2. Volba vhodného způsobu ustájení pro dané výrobní podmínky je závažným rozhodnutím, jelikož každý způsob má určité přednosti a nedostatky. Cílem je vytvořit optimální podmínky chovu s ohledem na fyziologické a etologické potřeby zvířat a jejich produkci z hlediska příjmu krmiva, odpočinku, pohybu (přirozeného i nuceného), dojení a klimatických podmínek (Bouška et al., 2006).

1.4.1 Tepelný stres

Jako hraniční teplota, která je považována za rizikovou pro vznik tepelného stresu u skotu, je obvykle 20 °C. Tepelný stres může u zvířat způsobit produkční ztráty, stejně jako problémy s welfare. Vyšší tepelná zátěž vyvolává fyziologické a behaviorální odpovědi zahrnující zvýšení tělesné teploty a respirace a také redukci příjmu potravy, aktivity a snížení produkce mléka. V důsledku extrémního vedra mohou v ojedinělých

případech krávy uhynout, obzvláště pokud se přidají komplikace v podobě jiných stresorů, jako je telení nebo onemocnění (Armstrong, 1994).

Mezi nejčastější příznaky tepelného stresu můžeme zařadit zvýšený příjem vody a snížený příjem krmiva, zvýšení dechové frekvence na více jak 60 dechů za minutu, nárůst rektální teploty nad 39,3 °C až 39,5 °C, zvýšení tepové frekvence až na 81 pulsů za minutu (Armstrong, 1994).

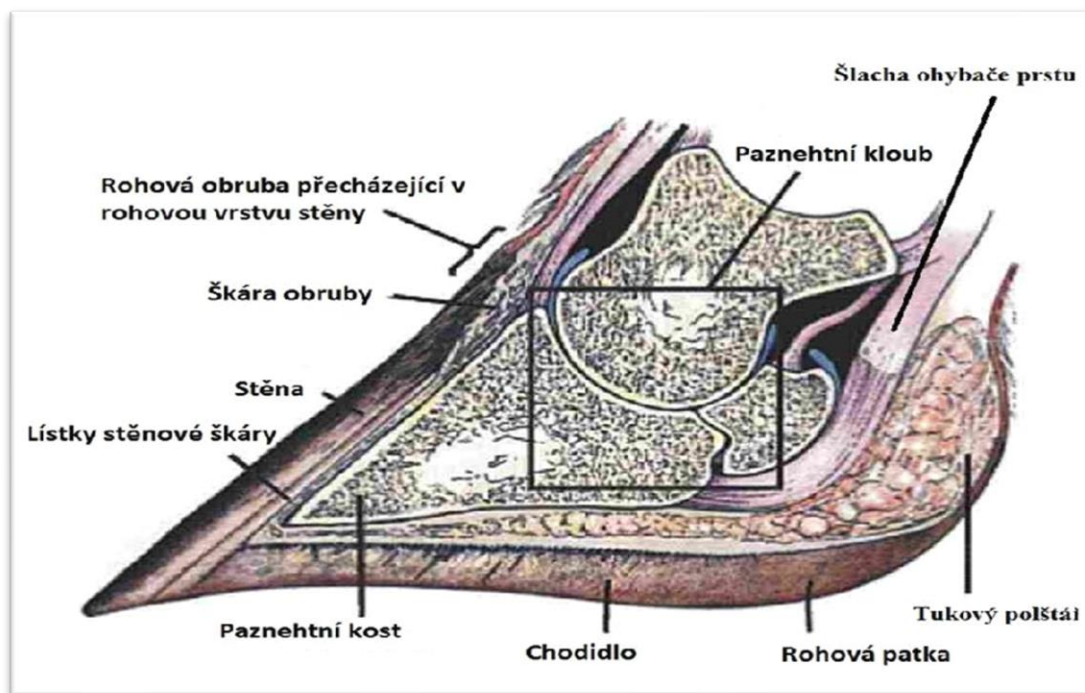
1.4.2 Možnosti eliminace tepelného stresu

Redukce teplotního stresu v chovu dojnic během letního období je základním předpokladem zvýšení nádoje mléka a reprodukce. Negativní efekt tepelného stresu na užitkovost a zdraví je možné zmírnit třemi způsoby:

- fyzickou modifikací okolí (zlepšováním životních podmínek pomocí ventilátorů, ochlazovacích přístrojů apod.)
- genetickým vývojem zvířat (šlechtěním na přizpůsobivost žádoucím klimatickým podmínkám),
- přizpůsobováním techniky a technologie výživy během horších životních podmínek (Armstrong, 1994).

1.5 Anatomie paznehtu

Jedná se o konec končetiny (prstu skotu), chráněný rohovinou. Do každého prstu vede šlacha, a každý prst se skládá z kosti paznehtní, která je doprovázená kostí člunkovou, korunkovou a spěnkovou, ke které přiléhají dvě kosti sezamské. Rohovina pak prsty spojuje, a díky tomu působí jako jeden prst. Konec prstu je oddělený a zakrytý paznehtem, nad kterým se nachází korunka a nad ní je poměrně krátká spěnka. V okolí spěnkového kloubu jsou malé paznehty. Další součástí končetin je paznehtní lůžko – tkáň, která se nachází pod rohovým pouzdrem. Na paznehtním lůžku je rohovina pouzdra. Rohové pouzdro má stěnu rozdělenou na vnitřní a vnější plochu, která se sbíhá v hranu paznehtu a ten vybíhá v hrot. Rohové chodidlo a část rohové patky pak navazují na spodek pouzdra. Plocha, kterou zvíře našlapuje, se nazývá chodidlová plocha a plocha, kterou zvíře nenašlapuje, je označována jako patka (Urban, 1997).



Obrázek 1.1: Anatomie a popis paznehtu (Agropress.cz, 2012)

1.5.1 Tvorba rohoviny

Nejtvrdší rohovina roste na rohové stěně, nejměkčí na patkách. Rohovina se tvoří na nitkovitých výrůstcích a skládá se z rohových rourek a mezirourkové rohoviny. Vyrostá v rozmezí od 5 do 6 mm za měsíc. Na rohovinu také působí vlhkost prostředí – zatímco v suchém prostředí vysychá a tvrdne, ve vlhkém prostředí nasává vodu a měkne (Agropress.cz, 2012).

1.5.2 Přerostlé paznehty

U přerostlých paznehtů se prodlužuje přední část, v důsledku čehož jsou zatěžovány patky, které se velmi snadno otláčí, a to pak vede k chronickým zánětům. Přerostlé paznehty vznikají přirůstáním rohoviny, kvůli pohybu zvířete po měkkém povrchu a nedostatečnému obrušování rohoviny. Doba, za kterou pazneht přeroste je cca 6 měsíců, proto je ideální paznehty upravovat minimálně dvakrát v jednom roce. U vysoko produkčního stáda je doporučováno paznehty upravovat třikrát a vícekrát během roku. Přerostlé paznehty mění také lomení osy prstu. Klouby a šlachy jsou tak nepřírodně namáhány a kvůli tomu se objevují záněty. V důsledku neošetřených paznehtů dochází k většímu polehávání zvířat, která také tráví méně času příjmem potravy a tím se snižuje produkce mléka. Přerostlé paznehty mohou být příčinou celé řady onemocnění (Agropress.cz, 2012).

1.6 Kulhání

Kulhání můžeme definovat jako abnormální chůzi nebo nadlehčování končetin. Jde o příznak nemoci. Při kulhání se většinou jedná z 90 % o nemoc nebo poruchu pazehtů. Příčiny kulhání a jejich symptomy ovlivňuje hned několik faktorů. Kulhání je jednou z nejčastějších příčin vyřazení dojníc ze stáda – viz graf č. 1.1 (Urban, 1997). Kulhání lze rozdělit na vnitřní a vnější.

Vnitřní vlivy kulhání jsou:

- tělesná kondice,
- vliv chovaného plemene,
- užítkovost,
- genetická predispozice jedince.

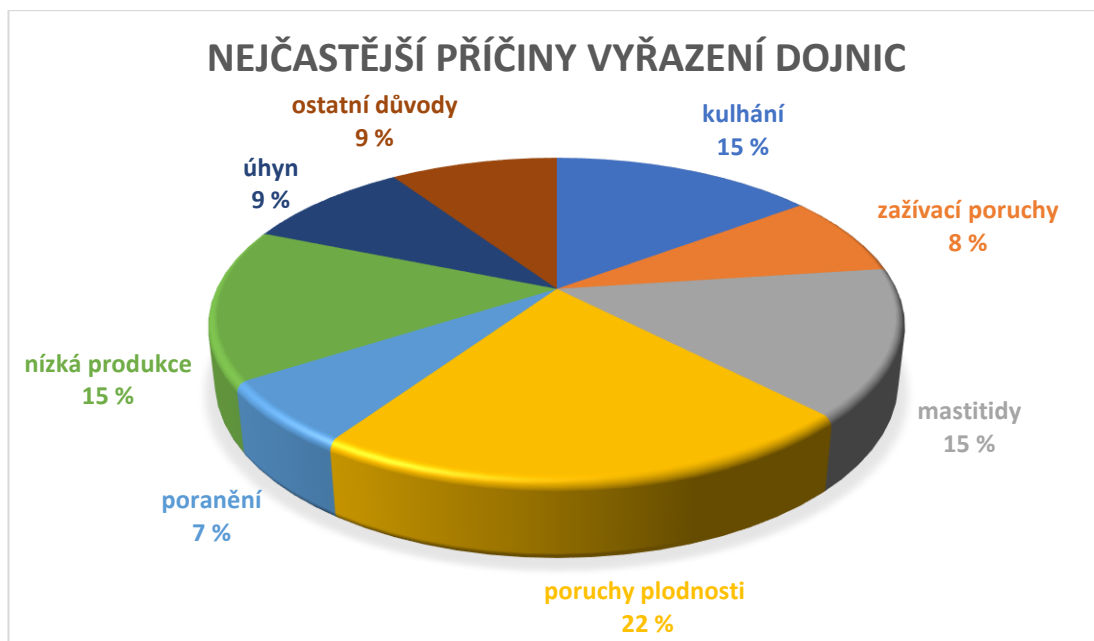
Tyto vlivy jsou člověkem omezeně ovlivnitelné. Jedná se o malý, ale dlouhodobý vliv na produkci.

Vnější vlivy kulhání jsou:

- úroveň ošetrovatelské péče,
- působení technologie ustájení,
- kvalita výživy a výskyt metabolických onemocnění,
- vliv zoohygienických podmínek chovu.

Při kulhání skotu dochází k:

- poklesu mléčné užítkovosti (o 15 % až 50 %),
- ztrátě živé hmotnosti zvířete (až 1 kg za den),
- omezení až vymizení projevů říje a tím zhoršení reprodukční výkonnosti,
- růstu nákladů na léčení a ošetřování,
- vyřazování mléka pro lidský konzum (ochranné lhůty),
- nedobrovolnému vyřazování často vysoce hodnotných zvířat z chovu (Urban, 1997).



Graf 1.1: Nejčastější příčiny vyřazení dojnic (Dudák, 2020)

1.7 Nemoci a poruchy paznehtů

K nemocem a poruchám paznehtů u skotu se řadí mnoho nejrůznějších onemocnění. Podle etiologie a patogeneze se dělí na skupinu infekčních onemocnění kůže, do které se řadí digitální dermatitida, interdigitální dermatitida, nekrobacilóza. Dále na skupinu neinfekčních chorob a poruch paznehtů, ke kterým patří všechna onemocnění rohového pouzdra a škáry paznehtní. K onemocněním rohového pouzdra paznehtu se řadí laminitida, Rustenholzův vřed a hnisavě dutá stěna (Zavadilová, 2020).

1.7.1 Infekční nemoc paznehtů

Mezi infekční nemoci paznehtů se řadí dermatitida digitální a interdigitální, nekrobacilóza, hniloba rohoviny patek. Tyto nemoci paznehtů se šíří mezi zvířaty vzájemnou nákazou. V databázi nemocí jsou evidovány zejména digitální dermatitida a nekrobacilóza (Zavadilová, 2020).

1.7.2 Neinfekční nemoc paznehtů

Představují poškození rohoviny paznehtů a souvisí s kvalitou rohoviny paznehtů a s metabolickým stavem dojnic. I když dochází k druhotné bakteriální infekci, tyto nemoci nejsou obvykle masivně přenášeny mezi zvířaty. Zahrnují všechny druhy vředů, dvojité chodidlo, nemoc bílé čáry, hnisavě dutou stěnu nebo také praskliny rohoviny paznehtů. Tyto choroby pokrývají 90 % neinfekčních chorob (Zavadilová, 2020).

1.7.3 Digitální dermatitida

Digitální dermatitida (DD) bývá jednou z nejčastějších příčin kulhání dojníc. Jedná se o infekční onemocnění paznehtů u skotu postihující především kůži. Projevy DD jsou výrazně ovlivněny environmentálním managementem, kdy je vyšší výskyt ve slámových a automaticky seškrábaných stájích. Imunosuprese (stav snížené imunity) spojená s otelením má významný vliv na závažnost DD. Kulhání spojené s DD se významně zvyšuje po otelení, přičemž nejvyšší stupeň kulhání v důsledku onemocnění DD nastává většinou v rozmezí od 2. do 4. měsíce od doby otelení. Nejdůležitější je se zaměřit na prevenci, aby se nemoc nerozvíjela do pokročilého stádia a zvolila se adekvátní léčba, která by snížila náklady na léčbu samotnou (Kříž, 2010).

Podle vzhledu je DD také označována jako jahodová nebo malinová nemoc. Jedná se o povrchový nakažlivý zánět kůže prstu nebo meziprstního prostoru. V akutním stádiu je doprovázen lézemi směrem do meziprstí, které jsou na dotyk bolestivé a snadno krvácí. DD představuje velmi bolestivý zánět kůže vedoucí k obnažení její horní vrstvy, která však na rozdíl od jiných závažných onemocnění paznehtů není doprovázena výrazným otokem prstu a nemá tendenci postihovat hlubší tkáň prstu (Šmídková, 2015).

DD se dělí na akutní a chronickou formu. Nejčastější lokalizace je na zadní ploše prstu, těsně nad patkami, léze se ale můžou nacházet i v meziprstí. Jedná se o cirkulární ložiska o velikosti cca 0,5 – 4 cm. Ze začátku je léze hyperemická s typickou červenou granulací ohraničená bělavým epiteliálním lemem. Zanícení léze jsou velmi bolestivé a krávy často nadlehčují končetinu (Šmídková, 2015).



Obrázek 1.2- Digitální dermatitida (Agropress.cz, 2017)

1.7.4 Nekrobacilóza meziprstí

Nekrobacilóza, někdy bývá také označována jako interdigitální flegmóna či panarium, je hluboký a hnisavě nekrotický zánět kůže a podkoží meziprstí, který vede k bolestivému, symetrickému otoku obou prstů. To je spojené se zápachem a rychlým nástupem kulhání. U dojného skotu bývá vyšší výskyt u prvotek během prvních dvou až tří měsíců laktace a u jalovic krátce po zařazení do produkčního stáda. V meziprstí, kde se lokalizuje toto infekční onemocnění, dochází k rozvoji těžkého zánětu, kterým jsou postižené veškeré tkáně pod kůží mezi prsty. To vyvolává silnou bolestivost, končetina otéká a zvíře začne kulhat. Prvními příznaky je právě velmi silné kulhání, přičemž postižena je nejčastěji pouze jedna končetina. Zvíře postiženou končetinou většinou v klidu vůbec nezatěžuje, případně pouze špičku paznehtu, která se lehce dotýká země. Toto onemocnění doprovází často zvýšená celková tělesná teplota (Šmídková, 2015).



Obrázek 1.3: Nekrobacilóza meziprstí (Šmídková, 2015)

1.7.5 Chodidlový vřed paznehtu

Vřed je ohraničený defekt rohoviny s obnaženou zanícenou nebo odumřelou škárou. Jedná se o různě pokročilý stupeň tvorby chodidlového vředu až hluboké nekrózy paznehtní škáry, někdy též s postižením hlubších tkání. Hojení takového postižení není zcela zaručené a je velmi dlouhé. Zánětlivě změněnou škáru není doporučováno odstraňovat, jelikož tím může dojít k prolomení leukocytární bariéry v rámci imunitní reakce a otevírá se tak cesta infekci do hlubších tkání. Veterinární lékař pak musí poskytnout rozsáhlejší intervenci a zajistit dlouhodobější léčení antibiotiky, což přináší vysoké náklady (Zavadilová, 2020).



Obrázek 1.4: Chodidlový vřed (Ježková, 2020)

1.7.6 Nemoc bílé čáry

Toto onemocnění se projevuje jako rozpojení rohoviny stěny a chodidla v bílé čáře. Může se jednat o hnisavý vřed a to pokud se v místě rozpojení vytvoří hnisavě nekrotický ložiskový zánět stěnové škáry. Příčinou vzniku bývá často průnik cizího tělesa do měkčí rohoviny v oblasti bílé zóny, které může poškodit celistvost napojení chodidlové a stěnové rohoviny, což umožní infekci stěnové škáry a vznik ložiskového hnisavého zánětu. Příčinou nemoci bílé čáry je buď vnější poranění, častěji ale nekvalitní rohovina daná laminitidou, specifickými nedostatky ve výživě a přetěžováním paznehtů. Toto onemocnění má dvě stádia – prasklina bílé čáry a hnisavě dutá stěna. Výskyt lze částečně snížit dlouhodobou suplementací biotinem (Zavadilová, 2020).



Obrázek 1.5: Nemoc bílé čáry (Ježková, 2020)

1.8 Prevence onemocnění paznehtů

Prevence onemocnění paznehtů u dojného skotu je spojená s vysokými náklady na jejich léčbu. Dojnice postižené tímto onemocněním zažívají stres, což se odráží na jejich produkci i reprodukci. Další náklady je nutné vynaložit na péči o paznehty, přičemž platí, že nižší náklady jsou spojené s prevencí než s léčbou (Ježková, 2020).

1.8.1 Pravidelná úprava paznehtů

Nemoci končetin jsou jedny z nejčastějších důvodů pro vyřazení krávy z chovu. Funkční úprava paznehtů je tak nesmírně důležitá pro to, aby kráva vydržela v chovu co nejdéle. Tato kontrola by se měla provádět nejméně dvakrát ročně. Ve vysokoprodukčních chovech klidně i vícekrát za rok. S intenzitou metabolismu roste i intenzita tvorby rohoviny, která není až tak kvalitní. Ve vysokoprodukčních stádech se tak vyskytuje vysoké množství chronických acidóz, z kterých vzniká laminitida. Při laminitidách dochází potom k rotaci a poklesu paznehtní kosti, kde kost tlačí více na měkké tkáně, a dochází tak k lokální ischemii a nedostatečné tvorbě rohoviny. Z nedostatečné tvorby rohoviny pak vznikají vředy (Pleško, 2020).

Pravidelná úprava povrchu rohoviny je důležitá pro to, aby dojnice vydržela co nejdéle v chovu. Jak je zmíněno v grafu 1.1., příčiny kulhání jsou spojeny s nemocí končetin, které jsou jedním z nejčastějších důvodů vyřazení dojnic z chovu. Tomu lze předejít především pravidelnou a správnou úpravou paznehtů. Naopak špatná nebo zanedbaná péče o paznehty se může hojně projevit na mléčné produkci, ale také ve vysokých nákladech na léčení v pokročilém stádiu zánětu, který může vést také právě

k vyřazení dojnice. Kontrola a broušení paznehtů by se správně měly provádět nejméně 2× ročně, ideální je však 3× ročně. U problémových stád nebo u stád s velmi vysokou užitkovostí dojnic se doporučuje tento interval zkrátit. U stád masného skotu stačí zpravidla provádět funkční úpravu paznehtů jednou za rok (Safel.cz, 2014).



Obrázek 1.6: Broušení paznehtu v odchytové kleci

1.8.2 Pravidelné koupele

Koupele lze rozdělit do dvou základních skupin, buď se provádí koupele preventivní, jejichž cílem je snížit infekční tlak, kterému jsou paznehty vystavovány při běžném denním pohybu v pohybových chodbách. Tyto koupele jsou vhodné především pro stáda s nízkým výskytem infekčních nemocí. Druhou skupinou jsou koupele léčebné, které jsou používány především u stád, kde je zvýšený výskyt infekčních nemocí, kterou je například DD (Zootechnika.cz, 2017).

Dále koupele paznehtů lze rozdělit podle způsobu ošetření na:

- mokrou koupel – průchod brodidlem, pobyt ve stacionární koupací vaně,
- suchou koupel – průchod brodidlem s alkalizačním prostředkem,
- pěnovou koupel – průchod pěnou vytvořenou z dezinfekčního prostředku,
- sprejové ošetření – aplikace přípravků pomocí spreje (Zootechnika.cz, 2017).



Obrázek 1.7: Mokrý koupel ve stacionární vaně (Zootecnika.cz, 2017)

1.8.3 Šlechtění

Provádí se pro zvýšení odolnosti skotu především proti výskytu nemocí paznehtů. Základem úspěšného šlechtění zvířat odolných proti nemocem je použití plemenných hodnot. Plemenná hodnota je odhadem genetického založení jedince, které se přeneše na jeho potomstvo. Zjišťuje se matematickými postupy z informací o projevu hodnocené vlastnosti, v tomto případě nemoci a zdraví u dojnic. Při odhadu PH se vychází z dědičnosti vlastnosti a do úvahy vstupuje příbuznost zvířat a také informace o vrstevnicích dojnic, krávách ustájených a sledovaných ve stejných stádech, ve stejném čase a na stejném pořadí laktace (Zavadilová, 2020).

1.8.4 Jodové dezinfekce

Jod je nejčastěji používaným dezinfekčním prostředkem pro zdraví zvířat na světě. Jod je také vysoce účinný při usmrcování patogenů, má baktericidní, virocidní a fungicidní účinek. Při nebo po použití nepoškozuje pokožku ani nezapáchá. Zároveň je v přírodě se vyskytujícím prvkem a také součástí krmiva pro zvířata. Jeho výhodou je hnědá barva indikující jeho použití.

Pro zdraví zvířat se používají dva typy dezinfekcí obsahující jod. Tento prvek se získává přímo z minerálů. Upravuje se do formy jodoforu, tedy komplexu elementárního jodu v kombinaci se smáčedly. Jod je stabilní, nevyvolává rezistenci a je šetrný k životnímu prostředí. Přípravky pro dezinfekci prostředí obsahují až 3 % elementárního jodu v koncentrovaném stavu (Velechovská, 2020).

Biocid-30

Biocid-30 byl vyvinut speciálně pro stájové prostředí, pro dezinfekci nejen v chovech přežvýkavců. Přípravek se dá použít na ošetřování paznehtů. Účinkuje i v přítomnosti organické hmoty, vyznačuje se širokospektrálním účinkem proti patogenům. Aplikace i účinnost je přitom viditelná díky zbarvení přípravku. Stoprocentně biologicky odbouratelný přípravek navíc nepoškozuje životní prostředí (Velechovská, 2020).

PVP jod

PVP jod se používá v humánní i veterinární medicíně a je šetrný k pokožce. Jedná se o polymer obsahující 10 hmotnostních procent jodu, tedy 10 % PVP dezinfekční prostředek bude obsahovat 1 % jodu (Velechovská, 2020).

1.9 Aplikace termokamer ve veterinární medicíně

Dalšími aplikacemi termokamer ve veterinární medicíně jsou zejména:

- obecně detekce zánětlivých onemocnění, vč. některých typů vnitřních zánětů (záněty žil a svalů, mastitida),
- další projevy působení bakterií a virů,
- detekce přetížení šlach a svalů,
- žilní problémy a problémy spojené s prokrvováním a zásobováním krví,
- onkologická onemocnění,
- vyšetření zdravotního stavu kopyt a vyvážení chůze (Termokamery-flir.cz, 2017).

1.10 Infračervená termografie v chovech hospodářských zvířat

Použití IRT bývalo u hospodářských zvířat méně časté, nicméně v poslední době dostává tato metoda čím dál větší pozornost i v oblasti chovů hospodářských zvířat. Zpočátku byla IRT metoda využívána zejména pro výzkum termoregulačních a adaptačních schopností zvířat či k diagnostickým účelům. S nástupem nových aktuálních problémů je využívána pro výzkum a hodnocení tepelné pohody zvířat, hodnocení kvality chovného prostředí a jeho vlivu na zvířata (Termokamery-flir.cz, 2019).

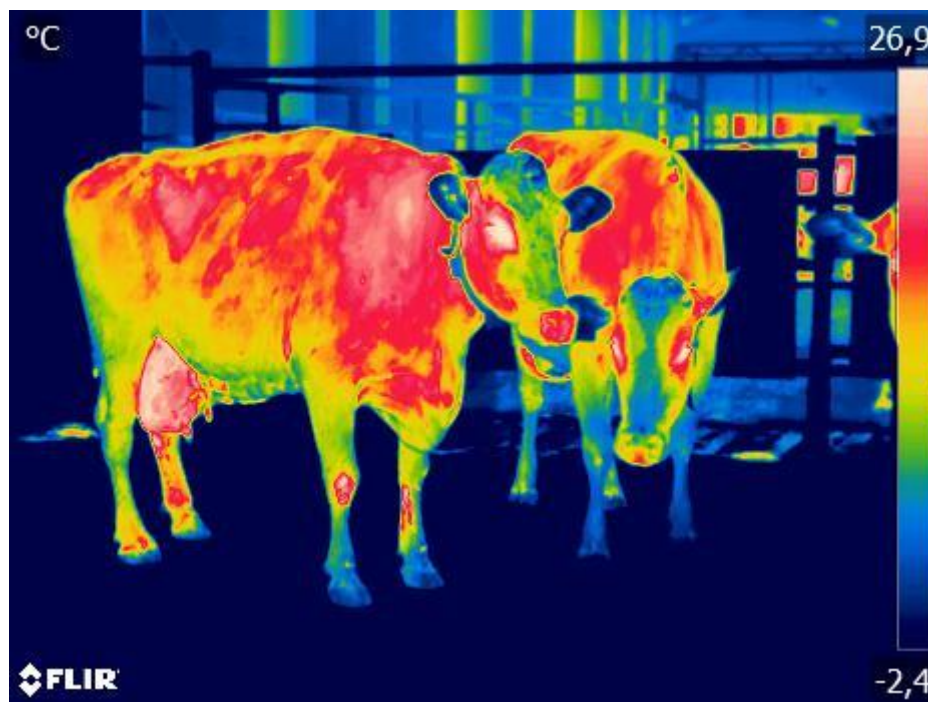
IRT je jediná zobrazovací metoda, která je založená na detekci a zpracování vlastních bio signálů vznikajících přímo v organismu. Použití této metody při studiu živočichů je spojené s výměnou tepla mezi tělem a vnějším prostředím. Výměna probíhá za pomoci záření, proudění, odpařování a vedení. Zásadní význam v přenosu tepla má kůže, která tvoří hranici mezi tělem a okolním prostředím (Alsaad a Büscher, 2012).

1.11 Detekce virových onemocnění skotu

Infračervená termografie se nejčastěji používá u koní, co do četnosti užití je skot hned po koních na druhém místě. Je to dáno významem chovů skotu i problémy, které se zde z hlediska zdraví a pohody vyskytují, a to hlavně z důvodu velmi vysoké koncentrace zvířat a intenzitě chovů. IRT metoda byla v pokusných podmínkách testována sledováním telat experimentálně nakažených bovinním virovým průjmem. IRT metoda detekovala nemoc již o týden dříve, než došlo k prvním klinickým příznakům tohoto onemocnění, a než ho poté zachytily diagnostické testy. Obdobným výsledkům bylo dosaženo také při diagnostice bovinního respiračního komplexu. Včasné rozpoznání této nemoci má za následek úspěšnější léčbu a nižší náklady na léčbu (Alsaod a Büscher, 2012).

Další studie ukázaly, že v kombinaci s tradičním diagnostickými testy může být IRT využita k detekci dalších onemocnění – slintavky a kulhavky. Infikovaná zvířata vykazovala zvýšenou teplotu v oblasti paznehtů již jeden až dva dny před výskytem prvních lézí. Autoři nicméně upozorňují, že v této oblasti není abnormálně zvýšená teplota zcela charakteristická pro tyto nemoci a může být způsobena i jinými zánětlivými procesy v oblasti paznehtů (Stookey, 1997).

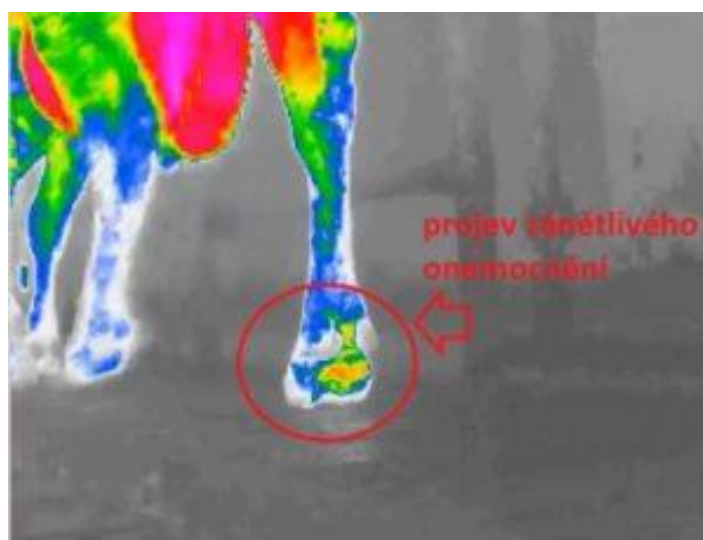
Všechna tato zjištění byla získána za jasně definovaných podmínek prostředí. Autoři poukazují na skutečnost, že není zcela jasné, jak by monitoring zvířat na příslušné nemoci probíhal v provozních podmínkách chovů, kde se vyskytují všechny faktory, které mohou výrazně ovlivnit výsledné termogramy. Teplota povrchu těla se liší v závislosti na okolní teplotě a dalších podmínkách. Proto je stále nejvíce spolehlivým ukazatelem teplota oka, jenž může svědčit o včasných stádiích onemocnění (Knížková a Kunc, 2020).



Obrázek 1.8: Snímek termokamery FLIR (Termokamery-flir.cz, 2017)

1.12 Detekce zánětlivých onemocnění paznehtů

Termokamery mohou být efektivně použity pro monitoring zdravotního stavu zvířat – tedy ve veterinární medicíně, a právě v oblasti diagnostiky zdravotního stavu končetin. Princip termokamer je založen na bezdotykovém měření teploty na povrchu těla zvířete. Termovizní kamery jsou v současnosti nejčastěji používány pro detekci a lokalizaci zánětlivých onemocnění projevujících se znatelným nárůstem povrchové teploty v nejbližším okolí místa zánětu (Termokamery-flir.cz, 2017).



Obrázek 1.9: Lokalizovaný zánět paznehtu (Termokamery-flir.cz, 2020)

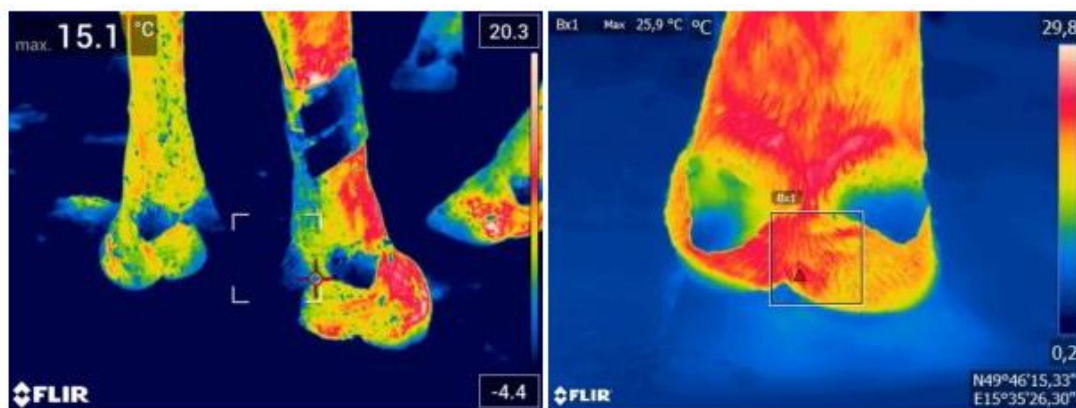
V současnosti se mezi nejčasnější onemocnění dojeného skotu řadí onemocnění paznehtů a kůže. Tato onemocnění se projevují kulháním, velkou bolestivostí končetin, omezováním pohybu, častým ležením, změnami v postoji nebo také horečkou. Na vznik těchto onemocnění má vliv celá řada faktorů, jejichž důsledkem je narušení welfare zvířat, pokles užitkovosti a hmotnosti, zhoršení reprodukčních ukazatelů, výskyt dalších zdravotních komplikací a také zvýšení nákladů na léčbu a ošetřování.

Infekční onemocnění paznehtů se dělí do dvou skupin. První z nich jsou onemocnění prstů, kam se řadí digitální a interdigitální dermatitida a nekrobacilóza meziprstí. Druhou skupinu pak tvoří onemocnění rohového pouzdra. Včasná detekce a diagnostika onemocnění jsou hlavní a zásadní pro ekonomické podmínky chovaných zvířat. Velké naděje se vkládají do zavedení IRT metody, která dokáže včasné zachytit onemocnění ještě před prvními klinickými projevy. Včasná detekce je limitována několika technologickými a biologickými faktory a faktory prostředí. Dále je třeba upozornit na skutečnost, že IRT je diagnostika nespecifická, která nedokáže rozlišit jednotlivá onemocnění paznehtů – nelze ji tedy využívat jako diagnostický test konkrétního onemocnění. Upozorní pouze na problém a poté je nutné provést další již specifická vyšetření (Knížková a Kunc, 2020).

Mezi faktory technologické řadíme vzdálenost kamery od paznehtu a opakovatelnost jejich měření. Významnou roli hraje také rozlišení snímače. Čím vyšší je rozlišení kamer, tím relevantnější je výsledek měření. Čím vyšší rozlišení a menší vzdálenost od objektu, tím bude pravděpodobnější záchyt i velmi malých, počínajících ložisek (Stookey, 1997).

Z faktorů prostředí ovlivňuje výsledný teplotní obraz vlhkost, teplota a rychlost proudění vzduchu. Také je nutné se vyhnout měření, jestliže zvíře pobývalo na přímém slunci (Alsaod a Büscher, 2012).

Z biologických faktorů, které musí být brány v úvahu při hodnocení získaných termogramů končetin, je fyzická zátěž (aktivita) zvířete. Výsledek měření může ovlivnit například delší ležení na končetinách, březost, fáze laktace, kvalita zvířecí srsti nebo předchozí ošetření paznehtů. Důležitá je také reakce na teplo či chlad, která se projevuje stažením nebo roztažením cév skotu (Knížková a Kunc, 2020).



Obrázek 1.10: Záběr přes termokameru na pazneht (Termokamery-flir.cz, 2017)

1.13 Termografické vyšetření zánětlivých onemocnění paznehtů

Termokamery mají rozsáhlé uplatnění, ale při využití ve veterinární medicíně se obzvláště hodí pro detekci zánětlivých ložisek paznehtů. Princip termokamer je založen na bezdotykovém měření teploty na povrchu, v tomto případě tedy na povrchu paznehtů. Mezi časté onemocnění paznehtů patří DD, které se obvykle projevuje jako kožní léze s typickými klinickými projevy (zvýšená teplota v místě léze). Postupně je léze rozšiřována, je infikována mnoha patogeny a na jejím rozvoji se mohou podílet viry a bakterie (Alsaad a Büscher, 2012).

V prvotní fázi nemoci paznehtů DD lze pozorovat malou lézi do průměru 2 cm. Zvíře kulhá, zvedá nohu a třepe jí. Jediné lokální vyšetření dokáže lézi vyléčit v rané fázi onemocnění, a proto je tak potřebné správně diagnostikovat nemoc právě v jeho rané fázi, jelikož později dochází ke komplikacím. Léze se zvětšuje a šíří se pod pazneht. Kráva dlouhodobě kulhá, v důsledku čehož dochází ke snížení dojivosti a nerovnoměrnému růstu paznehtů. V pokročilé fázi vyžaduje opakovanou léčbu s odstupem několika týdnů. Každý zánět se projevuje zvýšením teploty – v závislosti na jeho propagaci buď lokálně, v místě léze, celkovou zvýšenou teplotou zvířete či až horečkou (Termokamery-flir.cz, 2017).

V praxi je obecně IRT u zvířat používána ve třech základních oblastech:

- jako diagnostický nástroj,
- pro posouzení fyzické zátěže,
- pro rutinní měření pohody zvířat.

1.14 Termografická kamera

Termografická kamera IRK je speciální zařízení, které bylo vyvinuto k vizualizaci infračerveného záření. Výhodou termokamery je to, že umožňuje bezkontaktně detekovat infračervené záření sledovaného objektu. Termokamery se nevyžívají přímo na měření povrchové teploty zvířete – ta se dopočítává na základě změřené intenzity toku infračerveného záření a zadaných okrajových podmínek. Tato kamera má schopnost zachytit i minimální změny teploty. K detailní analýze teplotního pole pak slouží nasmímaný a počítačově zpracovaný materiál – termogramy neboli teplotní obrazy.

Termografické kamery používají čtyři systémy zobrazování podle rozlišovací schopnosti detektoru:

NIR (Near Infrared) – blízké infračervenému spektru 0,9 až 2,5 μm ,

SWIR (Short Wave) – krátkovlnný systém se spektrálním rozsahem 2,5 až 5 μm ,

MWIR (Mid Wave) – středněvlnný systém se spektrálním rozsahem 3 až 5,5 μm ,

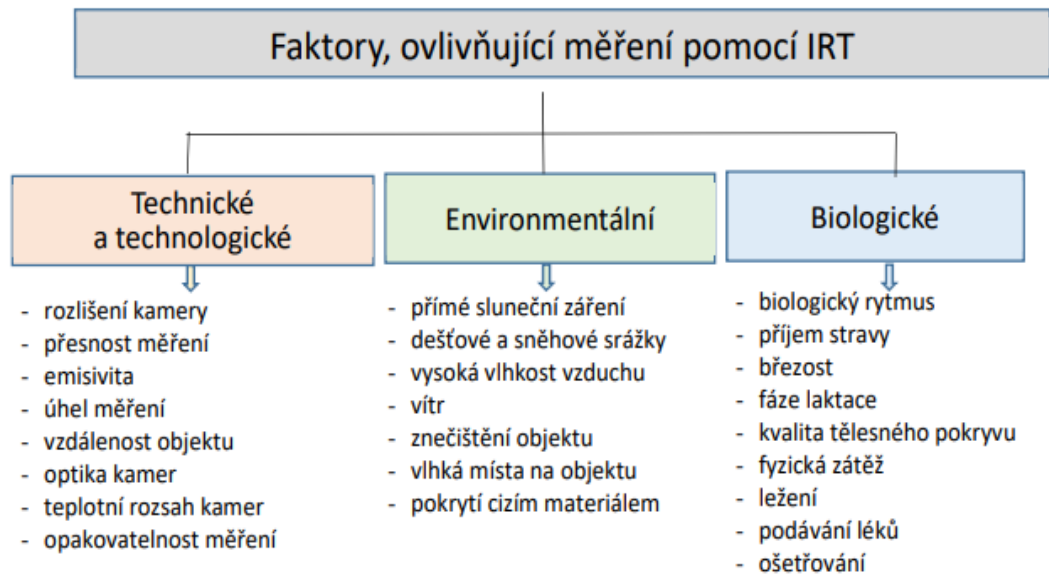
LWIR (Long Wave) – dlouhovlnný systém se spektrálním rozsahem 7,5 až 14 μm (Knížková a Kunc, 2021).

1.14.1 Technické parametry termografických kamer

Podstatným faktorem pro nového uživatele jsou technické parametry termografických kamer. Nejdůležitější je stanovisko, na co se bude termografická kamera používat. Následně výběr podle toho, jaké detailní snímky jsou potřeba ke správnému vyhodnocení výsledků (obrazových výstupů). Základem je pak rozlišení, pro správnou interpretaci teplotního stavu měřeného objektu musí být rozlišení pokryto minimální plochou 3 x 3 pixely (měřící body) (Knížková a Kunc, 2021).

1.14.2 Faktory ovlivňující měření termografickou kamerou

Měření termografickou kamerou může být ovlivněno hned několika faktory, které mohou zásadně ovlivnit výsledný teplotní obrazový výstup. Tyto faktory musí být brány do úvahy při vyhodnocování termogramů. V případě porušení některých z faktorů, může vést k chybné interpretaci výstupů získaných pomocí IRT. Faktory, které tato měření ovlivňují, jsou stručně shrnuty ve schématu 2 (Alsaad a Büscher, 2012).



Obrázek 1.11: Faktory ovlivňující měření (Knížková a Kunc, 2020)

2 Cíl práce

Cílem diplomové práce bylo detekovat onemocnění paznehtů pomocí infračervené termografie, seznámení se s problematikou a přístroji na principu infračervené termografie, vytipování vhodného chovu dojnic pro tento výzkum, stanovit metodiku a vyhodnocení zmíněného postupu pro posuzování zdravotního stavu dojnic.

Dále pomoci řešitelskému týmu projektu se sběrem obrazových dat ve vhodně zvolených zemědělských podnicích s chovy dojeného skotu. Vytvoření datových výstupů pro tvorbu automatizovaného systému pro rozpoznání paznehtů dojnic. Posouzení zdravotního stavu ošetřovatelem paznehtů a následné srovnání s termokamerou.

3 Metodika

Práce vznikla pro podporu projektu pro Technologickou agenturu České republiky s kódem projektu: TM02000027 – Výzkum a vývoj chytrých technologií pro chovy skotu a prasat založených na pokročilých výpočetních postupech. Konkrétně se jedná o pomoc se shromažďováním obrazových dat pro vyvíjený software pro rozpoznání a odhalení různých onemocnění paznehtů v raném stádiu, a tím pádem zamezit vážnějšímu šíření zánětu a včas zahájit adekvátní léčbu. Data jsou snímána z různých úhlů pohledu na pazneht.

3.1 Agro Pivkovice

Zemědělská firma Pivkovice a. s. se nachází v okrese Strakonice. Společnost se zaměřuje především na chov skotu a rostlinnou výrobu. Pořízené dokumenty a výsledky vznikly ve spolupráci s podnikem Agro Pivkovice, který obhospodařuje dva zemědělské podniky, kterými jsou ZD Bílsko a ZD Netonice. Většina obrazových dat a výsledků byla vyhodnocena v ZD Bílsko, kde se nachází marodka dojnic.

3.2 Použité termografické kamery při měření

Ke snímání paznehtů a vyobrazování dat byly použity dvě odlišné termografické kamery, konkrétně termografická kamera značky FLIR modelu E6 a termografická kamera od značky Testo – model 875- 2i. Obě kamery umí vyhodnotit jak barevné snímky, tak i snímky na principu IRT, které pomohly ve vlastní práci k detekci onemocnění paznehtů v chovech dojného skotu.

3.3 Termokamera FLIR E6

Termografická kamera FLIR E6 je infračervená kamera typu point-and-shoot, která pracuje na principu IRT. V práci se termokamera používá na detekci onemocnění paznehtů dojnic, kde má za úkol detekovat zvýšenou teplotu tvořících se ložisek zánětu. Pořízené termogramy se pak upravují a převádějí v programu FLIR Thermal Studio do různých formátů.



Obrázek 3.1: Termografická kamera FLIR E6 (termokamery-flir.cz, 2017)

Tabulka 3.1: Technické parametry FLIR E6

Rozlišení displeje	320 x 240 px
Min. teplotní rozsah	-20 °C
Vlastnosti IR kamery	MSX® Wi-Fi
Max. teplotní rozsah	550 °C
Počet barevných palet	3
Teplotní citlivost	60 mK
Rozlišení senzoru	240 x 180 px
Typ (výrobce)	E6xt
Vnější délka	244 mm
Ostření	Pevné zaostření
Hmotnost	575 g
Rozlišení teploty	0.06 °C
Základní přesnost (±)	2 %
Min. hodnota emisivity	0.1
Počet pamětí	500
Max. hodnota emisivity	1.0
Geometrické rozlišení (IFOV)	5.2 mrad
Vnější výška	140 mm

Krytí	IP54
Teplotní rozsah	-20 až +550 °C
Rozhraní (Počítač/Multimédia)	MicroUSB Wi-Fi
Frekvence opakování obrazu	9 Hz
Kategorie produktu	Termokamera
Vnější šířka	95 mm
Kalibrováno dle	Bez certifikátu
Základní přesnost měření (+/-)	2 °C
Minimální zaostřovací vzdálenost	50 cm

3.4 Termografická kamera Testo 875-2i

Termografická kamera Testo nemá pevné a automatické zaostření zařízení jako kamera FLIR E6. Kamera nabízí možnost nastavení teplotního rozsahu (barevně rozzeznatelného), čímž lze lépe rozpoznat zvýšenou teplotu a odhalit tak možný tvořící se zánět.



Obrázek 3.2: Termografická kamera Testo 875-2i

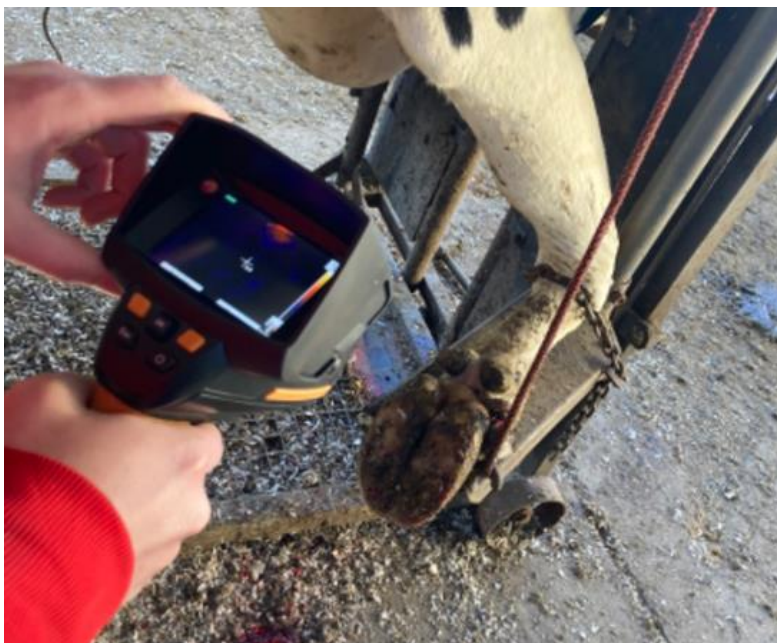
Tabulka 3.2: Technické parametry Testo 875-2i

Rozlišení displeje	320 x 240 px
Min. teplotní rozsah	-30 °C
Vlastnosti IR kamery	MSX® Wi-Fi
Max. teplotní rozsah	350 °C
Počet barevných palet	10
Teplotní citlivost	50 mK
Rozlišení senzoru	160 x 120 px
Typ (výrobce)	875-2i KIT
Vnější délka	152 mm
Ostření	manuál
Hmotnost	900 g
Rozlišení teploty	0.05 °C
Základní přesnost (±)	2 %
Min. hodnota emisivity	0.01
Počet pamětí	2000
Max. hodnota emisivity	1.0
Geometrické rozlišení (IFOV)	3.3 mrad
Vnější výška	262 mm
Krytí	IP54
Teplotní rozsah	-30 až +350 °C
Rozhraní (Počítač/Multimédia)	SD, USB
Frekvence opakování obrazu	33 Hz
Kategorie produktu	Termokamera
Vnější šířka	108 mm
Kalibrováno dle	Normy ISO
Základní přesnost měření (+/-)	2 °C
Minimální zaostřovací vzdálenost	10 cm

3.5 Tvorba datasetu

Pozorování byla prováděna pro různé technologie ustájení a různých plemen dojnic. Obrazové výstupy paznehtů byly pořízeny pomocí infračervené termografické kamery. Tyto oblasti byly snímány z různých úhlů, vzdáleností a při různých mikroklimatických podmínkách. Monitorovaly se paznehty při odpočinku, namáhání a při detailním vyšetřování paznehtů ošetřovatelem.

Monitorování probíhalo ve spolupráci s veterináři, zootechniky a ošetřovateli paznehtů, a to na základě etologických sledování, veterinárních záznamů, provedených vyšetření a provedení úkonů ošetřovateli paznehtů. Pořídila se obrazová data zdravých i nemocných paznehtů. Paznehty byly nejprve hodnoceny vizuálně, byl zapsán jejich zdravotní stav a poté byla oblast snímána infračervenou termografickou kamerou.



Obrázek 3.3: Snímání paznehtu v odchytové kleci

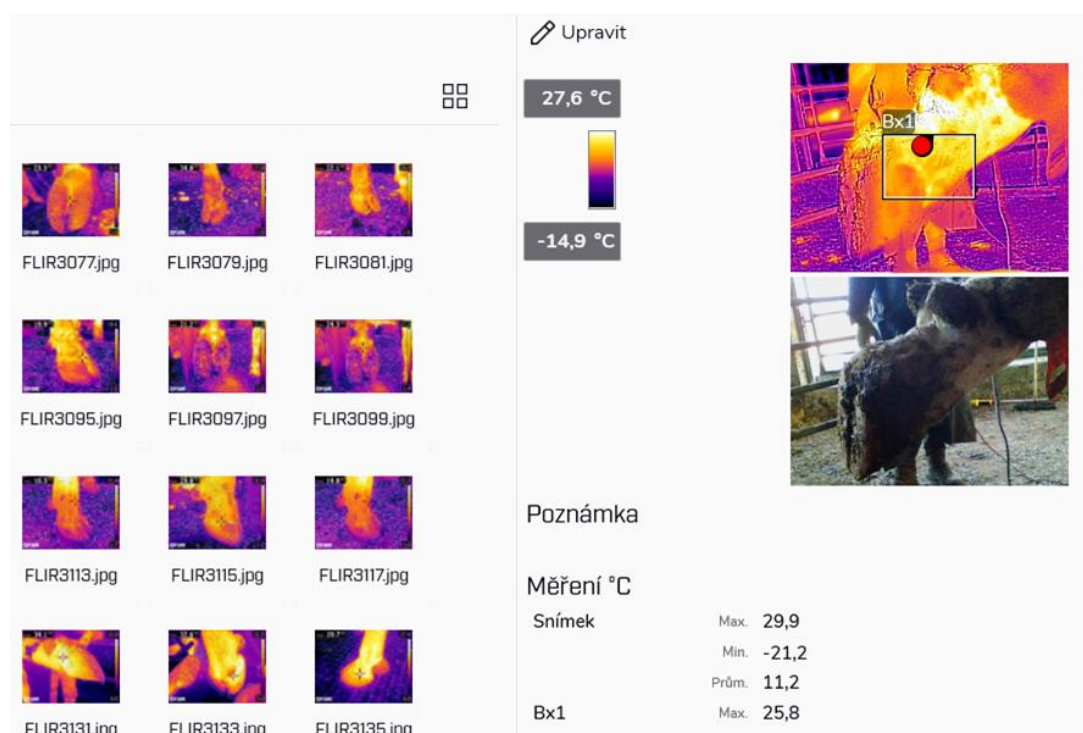
3.6 Vyhotovení snímků v programech pro použité termokamery

FLIR E6

U termokamery FLIR je důležité primární nastavení kamery jako je vzdálenost, úhel sklonu atd. Zaostření u této termokamery je automatické. Následně je třeba nahrání dat přes kabel a import dat do programu FLIR Thermal Studio. Program umožňuje podrobnější analýzu vybraných parametrů termogramů, především max. a min. teploty (viz. obrázek 3.2)

Výhoda FLIR kamery je, že po nahrání do programu dokáže automaticky vytvořit .jpg formát pro následnou okamžitou analýzu po exportu obrázku z termokamery do

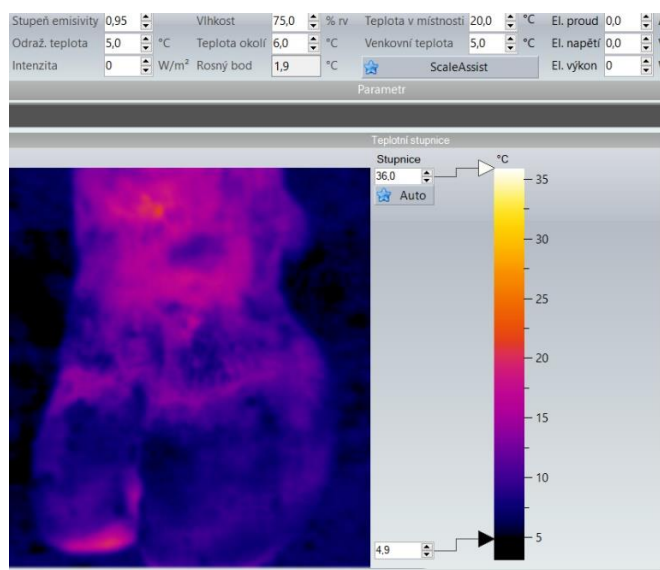
PC. Jestliže uživatel nepotřebuje sledovat další podrobnější parametry, může se spokojit s tímto výstupem pro kontrolu snímků.



Obrázek 3.4: Generování termogramů v programu FLIR Thermal Studio

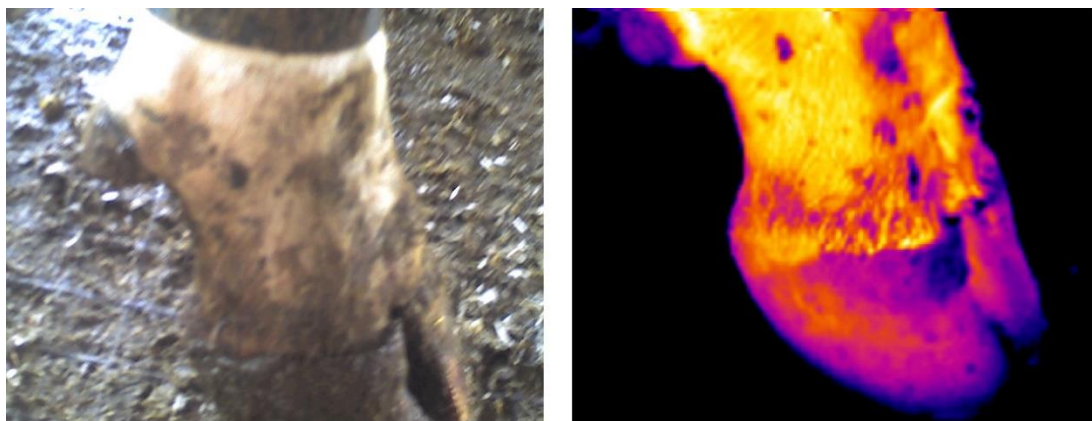
Testo 875-2i

U termografické kamery Testo je export fotek složitější, výstupní typ souboru pro snímek je (.BMT). Aby bylo možné prohlížet a pracovat se snímky jako se standardními fotografiemi, musí se pomocí programu IIRSoft konvertovat do formátu .jpg.



Obrázek 3.5: Termogram v programu IIRSoft

Termografická kamera snímá IR i běžné snímky, přičemž každý objektiv má jiný úhel snímání, takže IR fotky jsou ve standardní velikosti. U běžných snímků není fotografie celá, právě kvůli úhlu snímání – což je vidět na obrázku 3.4. Proto musí být dbáno na optimální vzdálenost kamery od snímaného objektu, aby šetřené místo bylo v ohnisku objektivu.



Obrázek 3.6: Rozdílný úhel sklonu objektivů Testo 875-2i

3.7 Vyhodnocení obrazových výstupů

Tvorba obrazových dat probíhala dvěma způsoby, a to v odchytové kleci a na kruhové dojírně. Zatímco v odchytové kleci se můžou paznehty snímat zepředu, z boku a především ze spodu, na kruhové dojírně lze pořizovat termogramy pouze z boků a zepředu. Kontrola probíhala před i po úpravě paznehtů ošetřovatelem (viz obrázek 3.7).

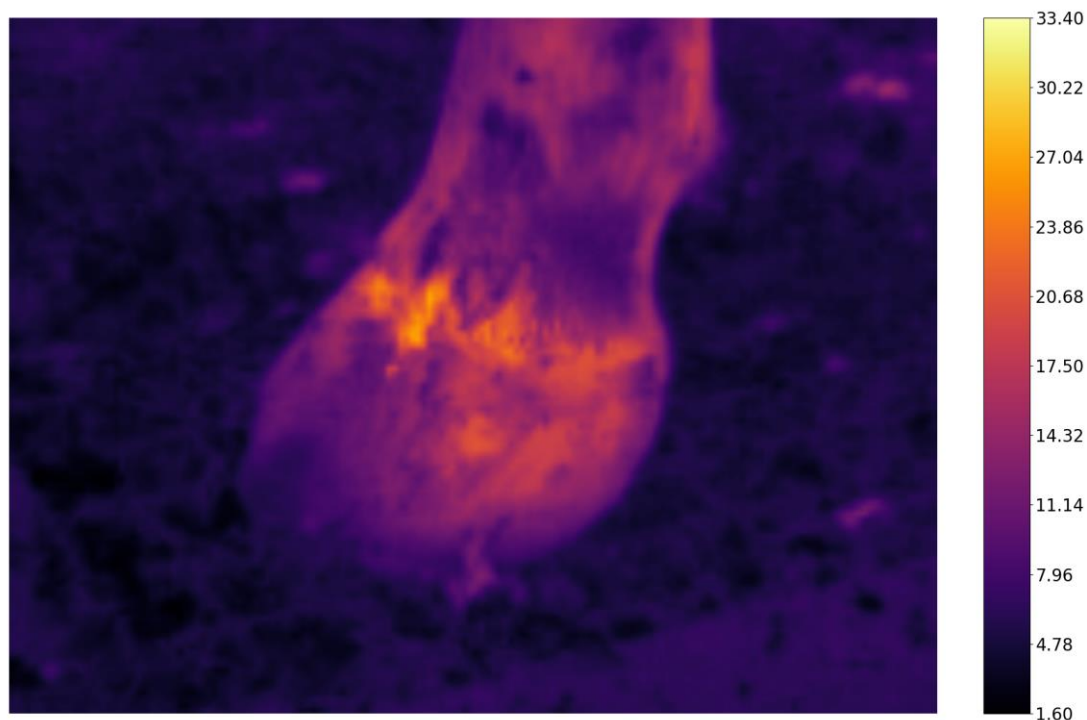
Následně podle poznámek od ošetřovatele paznehtů došlo ke komparaci mezi informacemi a termogramy. Došlo k porovnání a prohledání ložisek zánětu na termogramu a následné vyhodnocení. Řada snímků prokazatelně vyobrazovala záněty v problémových oblastech určených ošetřovatelem paznehtů. U některých snímků však nebylo možné plně prokázat zánět v dané oblasti.

4 Výsledky měření

Při tvorbě datasetu pro automatizovaný software snímání paznehtů dojníc termografickou kamerou bylo pořízeno přes 1 400 obrazových dat, které budou poskytnuty řešitelskému týmu při vývoji tohoto softwaru. Snímány byly jak zdravé, tak nemocné paznehty z různých úhlů pohledu. Nejvyšší počet dat byl pořízen z boku, a to z důvodu přístupnosti k této oblasti, jak v odchytové kleci, tak na kruhové dojárně.

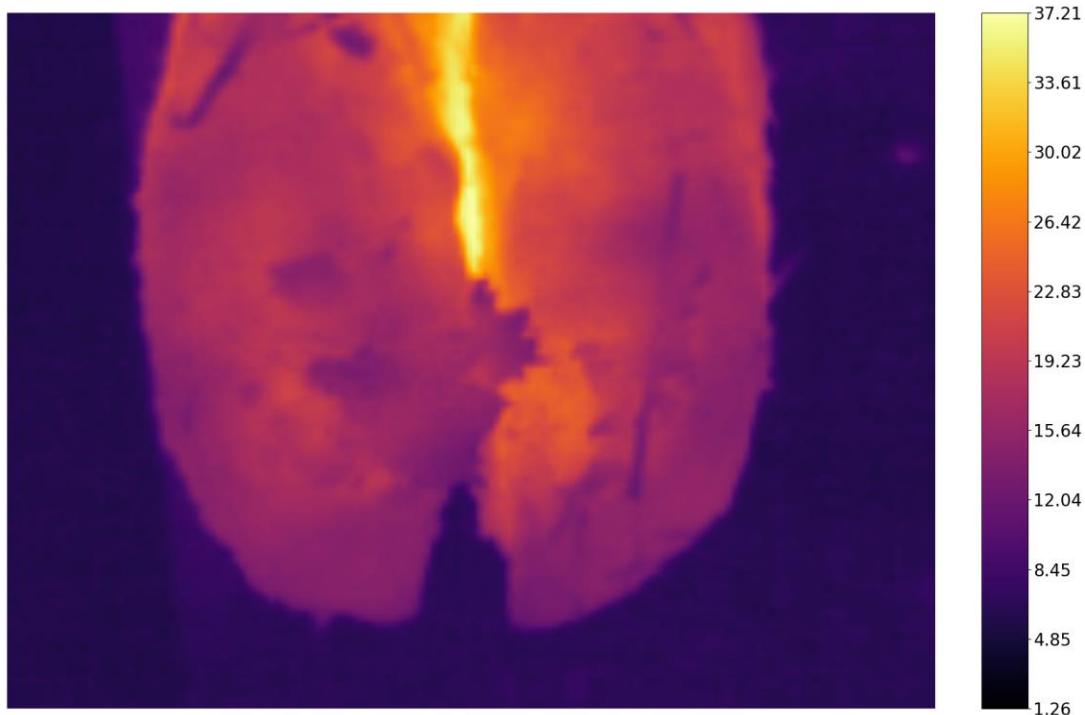
Digitální dermatitida

Vybrané ukázky z fotodokumentace pořízené při pozorováních jsou vyobrazeny na následujících obrázcích. Na obrázku 4. 1. je snímek paznehtu při pohledu z přední strany. Na základě odhalení kulhání a následným vyšetřením dojnice byla odhalena zootechnikem DD v oblasti meziprstí. To lze potvrdit i ze snímku, kdy je v meziprstí zvýšená teplota. Ta je i v oblasti nad rohovinou pravého prstu.



Obrázek 4.1: DD z přední strany

Na obrázku 4.2 je snímek paznehtu a následné odhalení DD ze spodu. Ten byl pořízen před jeho úpravou ošetřovatelem paznehtů. Po konzultaci s ošetřovatelem paznehtů a zootechnikem byla odhalena DD. Zánět byl zachycen v tak pokročilém stadiu, že nebylo možné zahájit adekvátní léčbu antibiotiky a muselo následovat vyřazení dojnice ze stáda.



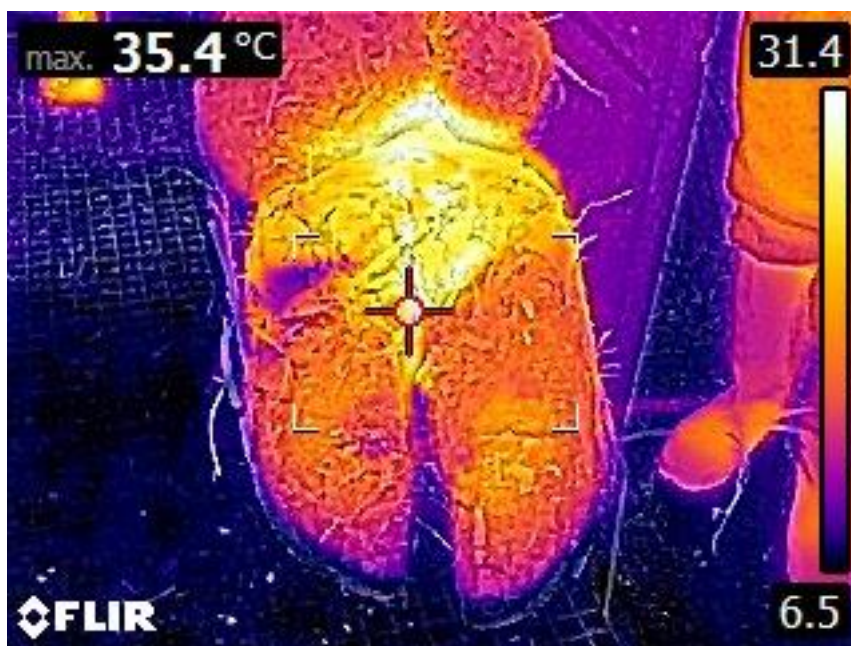
Obrázek 4.2: DD ze spodu

Na obrázcích 4.3, 4.4 a 4.5 byla vizuální kontrolou při běžné úpravě paznehtů odhalena DD ošetřovatelem paznehtů, to potvrdila i následná kontrola termokamerou, kde v místě zánětlivého ložiska byla vysoce zvýšená teplota. Teplota byla vysoce zvýšená zejména v oblasti meziprstí a nad rohovinou obou prstů.



Obrázek 4.3: DD z boku

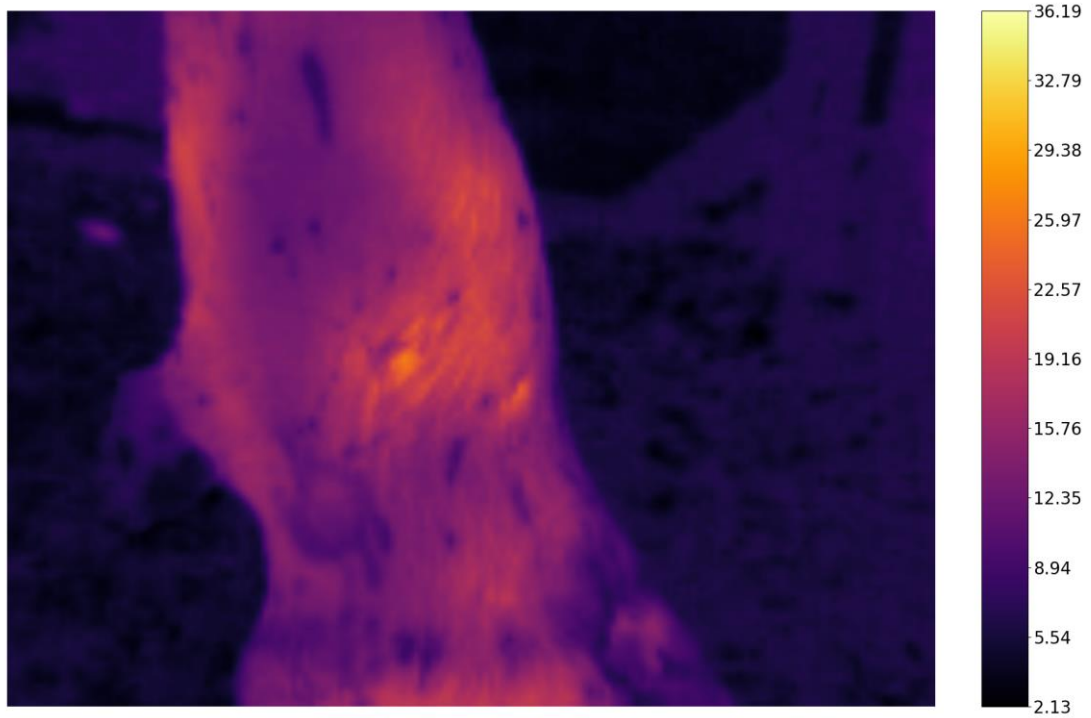
U obrázku 4.4 byla zaznamenána zvýšená teplota v oblasti meziprstí. Po vizuální kontrole ošetřovatelem paznehtů a kontrolou pomocí termokamery byl zavolán zootechnik, který provedl potřebné klinické vyšetření. Nález byl však natolik rozsáhlý, že nebylo možné zahájit léčbu antibiotiky a dojnice tak musela být okamžitě vyřazena z chovu, aby se zamezilo dalšímu šíření infekce ve stádě.



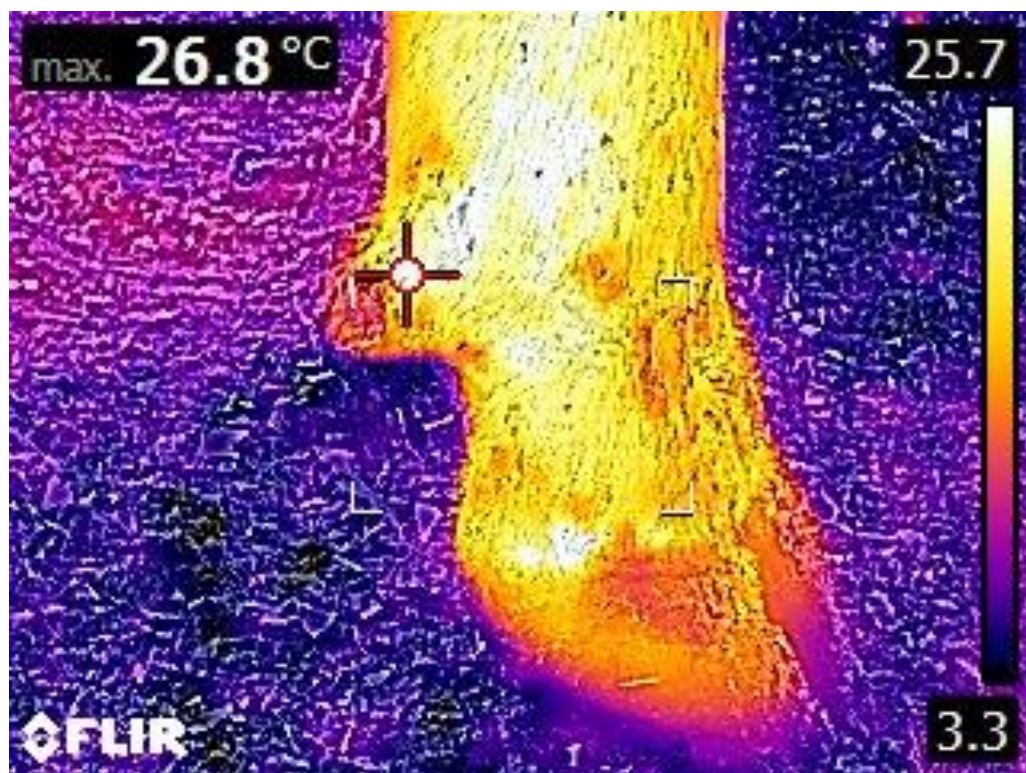
Obrázek 4.4: DD ze spodu

Otoky končetin

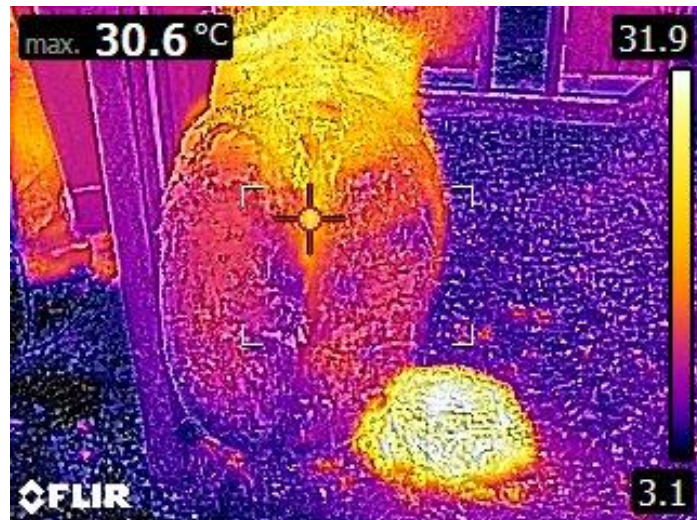
Při snímání paznehtů bylo časté, že některé dojnice měly problém s kulháním, ne ale vždy v důsledku tvorby zánětu. Na obrázku 4.7, 4.8 a 4.9 je zobrazená nateklá končetina, u které nebyl lokalizovaný zánět. Vyobrazená teplota je běžná, dojnice jen zatěžovala jednu končetinu více než ostatní. A to díky problému s pohybovým aparátem. Po úpravě paznehtů ošetřovatelem se dojnice sledovala na marodce a po uzdravení, které trvalo několik dní, se vrátila ke stádu.



Obrázek 4.5: Otok končetiny zepředu



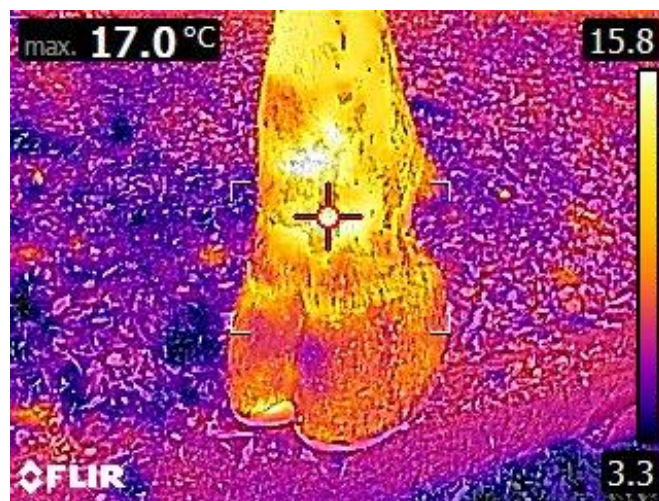
Obrázek 4.6: Otok končetiny zepředu



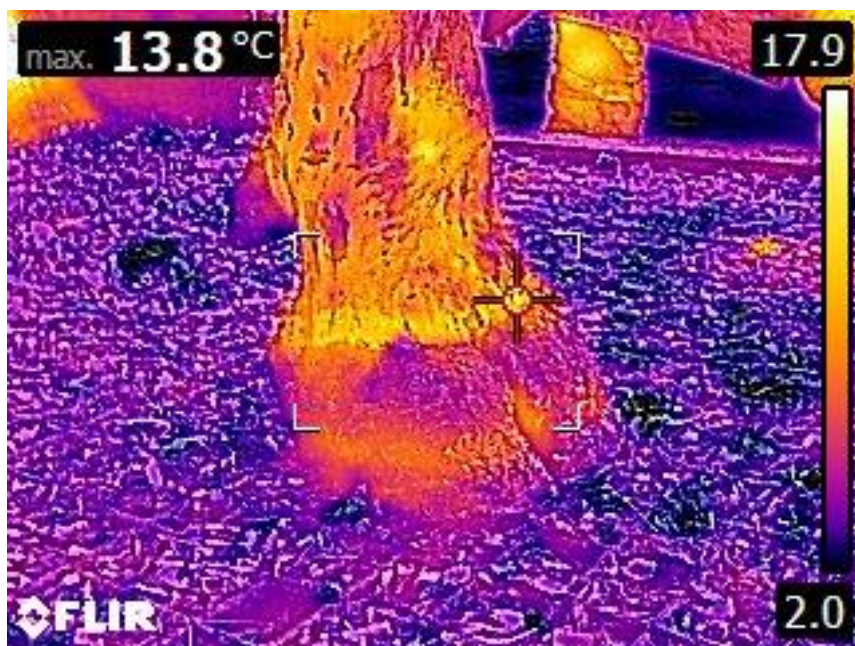
Obrázek 4.7: Otok končetiny ze spodu

Zkreslené vyobrazení dat vlivem okolních faktorů

Při zobrazování dat byly pořízeny zkreslené termografické snímky, což bylo zapříčiněno klimatickými podmínkami a okolním prostředím. V okolí končetin jsou detekovány teplé subjekty, které dojnice vyprodukovaly kvůli stresu – jako např. moč nebo exkrementy – viz obrázek č. 4.7. Na obrázcích č. 4.8, 4.9 a 4.10 jsou také detekovatelné subjekty, jedná se o chlévskou mrvu, kterou zahřálo sluneční záření. U obrázku 4.7 je patrná vyšší teplota objektu nacházejícího se u paznehtu v pravé dolní části. Jedná se o těleso, které svou teplotou může zkreslit celkovou teplotní stupnici. V tomto důsledku nemusí nejvyšší dosažená teplota na stupnici popisovat nejvyšší teplotu na paznehtu. Následné ošetření ošetřovatele paznehtů neprokázalo žádná tvořící se ložiska zánětu.



Obrázek 4.8: Vliv okolního prostředí při snímání paznehtu zepředu



Obrázek 4.9: Vliv okolního prostředí při snímání paznehtu z boku



Obrázek 4.10: Vliv okolního prostředí při snímání paznehtu ze spodu

5 Závěr a diskuse

Termografické zobrazování je slibnou variantou diagnostického nástroje pro detekci onemocnění paznehtů dojnic, které má schopnost zobrazovat a neinvazivním způsobem detekovat patologické změny a související tvorby zánětů v důsledku změn teplot. Výsledky podporují hypotézu, že teplota, měřená pomocí IRT, zvyšuje detekci abnormalit kopyta před běžným preventivním broušením paznehtů. Kombinace termografické analýzy obrazu s klinickým vyšetřením by byla užitečnou prevencí kulhání. Proto může být IRT v budoucnu použita a může pomoci veterinářům včas odhalit a detekovat onemocnění paznehtů spojené s kulháním dojnic. Přestože je IRT ve veterinární medicíně k dispozici při odhalování zánětlivých stavů již několik let, není stále k dispozici dostatek informací ohledně použití této technologie spojeného s detekcí kulhání u dojnic.

V práci bylo docíleno názoru, že detekovat nemoci pomocí IRT je praktičtější než manuální vyšetření. Metoda je výhodná zejména především úsporou času, menší pracností, přesností ale také v úspore pracovní síly. Automatizovaný software by ušetřil pracovní sílu, které mohou hospodářské podniky využít na jiných pozicích.

Při práci s termokamerou jsou možné i defekty, v případě této práce bylo také dosaženo výsledků, kdy byla detekována maximální teplota 120 °C a minimální teplota - 21,2 °C. Tento jev byl zapříčiněn okolními vlivy prostředí, které by v následujících úpravách spekter mohly zapříčinit zkreslení dat, nicméně kamera tyto extrémní hodnoty automaticky vyfiltruje a teplotní škála termogramů nedisponuje těmito max. hodnotami.

Alsaad a Büscher (2012) došli k názoru, že z faktorů prostředí ovlivňuje výsledný teplotní obraz vlhkost, teplota vzduchu a rychlost proudění vzduchu. Také je nutné se vyhnout měření, jestliže zvíře pobývalo na přímém slunci.

Při návštěvě různých podniků lze říct, že na zdraví paznehtů má největší vliv technologie ustájení, což také potvrzuje Novák (2003), který ve své práci zkoumal vlivy ustájení na zdraví končetin, kde docílil výsledku, že pro chov skotu jsou nejvíce nevhovujícími samopoutací bezstelivové boxy s rošty, naopak nejideálnější jsou boxy volné stelivové s kompaktními podlahami.

Seznam použité literatury

Alsaad, M. a Büscher, W. (2012). *Detection of hoof lesions using digital infrared thermography in dairy cows*. J. Dairy Sci. 95, 735-742.

Armstrong, D. V. (1994). *Heat stress interaction with shade and cooling*, Journal of Dairy Science, 77, s. 2044–2050.

Bouška, J. et al. (2006). *Chov dojeného skotu*. Nakladatelství Profi Press, s.r.o., Praha, 186 s. ISBN 80-86726-16-9.

Dudák, P. (2020). *Využití termokamery při monitoringu onemocnění paznehtů*. Diplomová práce, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta.

Hulsen, J., (2011). *Jak rozumět řeči krav: praktický průvodce pro chovatele dojnic*. Profi Press, Praha. ISBN 978-80-86726-44-1.

Ježková, A. (2016). *Onemocnění končetin – příčiny, léčba a prevence*. Praha: Profi Press s.r.o.

Knížková, I. a Kunc, P. (2020). *Infračervená termografie a její využití pro zjišťování pohody a zdraví hospodářských zvířat*. [Praha]: Výzkumný ústav živočišné výroby. ISBN 978-80-7403-243-1.

Knížková, I. a Kunc, P. (2021). *Infračervená termografie: specifika a správné postupy měření živých objektů*. Praha: Výzkumný ústav živočišné výroby. ISBN 978-80-7403-258-5.

Kříž, P. et al. (2021). *Application of the Machine Vision Technology and Infrared Thermography to the Detection of Hoof Diseases in Dairy Cows: A Review*. Applied Sciences 11:22.

Novák, P. et al. (2003). *Vliv zoohygienických podmínek prostředí chovu na zdravotní stav končetin dojníc*. Veterinární a farmaceutická univerzita Brno. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.

Schwartzkopf-Genswein, K. S. a Stookey, J. M. (1997). The use of infrared thermography to assess inflammation associated with hot-iron and freeze in cattle. *Canadian Journal of Animal Science* 77:577-583.

Skládanka, J. (2014). *Chov strakatého skotu*. Brno: Mendelova univerzita v Brně. ISBN 978-80-7509-258-8.

Stookey, J. M. (1997). The use of infrared thermography to assess inflammation associated with hot-iron and freeze in cattle. *Canadian Journal of Animal Science*, 77:577-583.

Švec, R. (2015). *Vyhodnocení úrovně dodržování zoohygieny a vybraných ukazatelů welfare v zemědělských provozech*. Diplomová práce, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta.

Urban, F. (1997). *Chov dojeného skotu: [reprodukce, odchov, management, technologie, výživa]*. Praha: Apros. ISBN 80-901-1007-X.

Veselý, M. (2001). *Onemocnění končetin, příčiny, možnosti léčby a prevence*. Zpracováno podle přednášek MVDr. Šlosárkové a MVDr. Fleischera na Sano sympoziu v Brně. *Náš chov*, 12, 26-27 s.

Zavadilová, L. et al. (2020). *Definice kombinovaných znaků nemocí a poruch paznehtů pro odhad plemenných hodnot u holštýnského skotu: certifikovaná metodika*. Praha: Výzkumný ústav živočišné výroby. ISBN 978-80-7403-234-9.

Citace webových zdrojů

Agropress.cz (2012). *Anatomie paznehtu*. [online] [cit. 13. 11. 2021]. Dostupné z: <https://www.agropress.cz/pazneht/>

Agropress.cz (2017). *Jak na léčbu digitální dermatitidy efektivně?* [online] [cit. 2. 12. 2021]. Dostupné z: <https://www.agropress.cz/infekcni-onemocneni-kuze-koncetin-dermatitis-digitalis/>

Cestr.cz (2008). *Plemeno české strakaté – základní informace*. [online] [cit. 6. 12. 2021]. Dostupné z: <http://archiv.cestr.cz/plemeno.html>

Pleško, M. (2020). *Funkční úprava paznehtů*. [online] [cit. 26. 11. 2021]. Dostupné z: https://www.vfu.cz/files/1680_29_funkcni-uprava-paznehtu-cj-1.pdf

Safel.cz (2014). *Úprava paznehtů*. [online] [cit. 29. 12. 2021]. Dostupné z: https://www.safel.cz/upravapaznehtu_funkcniupravapaznehtu.html

Šmídková, J. (2015). *Onemocnění kůže prstů a meziprstí paznehtu*. [online] [cit. 4. 12. 2021]. Dostupné z: https://www.vfu.cz/files/1240_09_infekcni-onemocneni-paznehtu-final.pdf

Termokamery-flir.cz (2017). *Příklady využití termokamer (termovizních kamer) ve veterinární medicíně*. [online] [cit. 28. 12. 2021]. Dostupné z: <https://www.termokamery-flir.cz/priklady-vyuziti-termokamer-termoviznich-kamer-ve-veterinarni-medicine/>

Termokamery-flir.cz (2017). *Termovize*. [online] [cit. 12. 1. 2022]. Dostupné z: <https://www.termokamery-flir.cz/termovize-a-termoviznikamery/>

Termokamery-flir.cz (2019). *Termografická kontrola paznehtů skotu a prasat*. [online] [cit. 23. 12. 2021]. Dostupné z: <https://www.termokamery-flir.cz/termograficka-kontrola-paznehtu-skotu-a-prasat/>

Testo.com (2018). *Testo 875-2i - termokamera (160 x 120 pixelů, manuální ostření, záznam řeči)*. [online] [cit. 3. 2. 2022]. Dostupné z: <https://www.testo.com/en-TH/testo-875-2i/p/0563-0875-V2>

Zootechnika.cz (2009). *Úvod do chovu skotu*. [online] [cit. 23. 11. 2021]. Dostupné z: <https://www.zootechnika.cz/clanky/chov-skotu/chov-obecne-/uvod-do-chovu-skotu.html>

Zootechnika.cz (2017). *Zařízení pro koupele končetin*. [online] [cit. 23. 11. 2021]. Dostupné z: <https://www.zootechnika.cz/clanky/chov-skotu/ustajeni-skotu/zarizeni-pro-koupele-koncetin.html>

Seznam obrázků

Obrázek 1.1: Anatomie a popis paznehtu (Agropress.cz, 2012).....	14
Obrázek 1.2- Digitální dermatitida (Agropress.cz, 2017).....	17
Obrázek 1.3: Nekrobacilóza meziprstí (Šmídková, 2015).....	18
Obrázek 1.4: Chodidlový vřed (Ježková, 2020).....	19
Obrázek 1.5: Nemoc bílé čáry (Ježková, 2020).....	20
Obrázek 1.6: Broušení paznehtu v odchytové kleci.....	21
Obrázek 1.7: Mokrý koupel ve stacionární vaně (Zootecnika.cz, 2017)	22
Obrázek 1.8: Snímek termokamery FLIR (Termokamery-flir.cz, 2017).....	25
Obrázek 1.9: Lokalizovaný zánět paznehtu (Termokamery-flir.cz, 2020)	25
Obrázek 1.10: Záběr přes termokameru na pazneht (Termokamery-flir.cz, 2017) ...	27
Obrázek 1.11: Faktory ovlivňující měření (Knížková a Kunc, 2020)	29
Obrázek 3.1: Termografická kamera FLIR E6 (termokamery-flir.cz, 2017).....	32
Obrázek 3.2: Termografická kamera Testo 875-2i	33
Obrázek 3.3: Snímání paznehtu v odchytové kleci.....	35
Obrázek 3.4: Generování termogramů v programu FLIR Thermal Studio.....	36
Obrázek 3.5: Termogram v programu IRSoft	36
Obrázek 3.6: Rozdílný úhel sklonu objektivů Testo 875-2i	37
Obrázek 4.1: DD z přední strany.....	38
Obrázek 4.2: DD ze spodu	39
Obrázek 4.3: DD z boku.....	39
Obrázek 4.4: DD ze spodu	40
Obrázek 4.5: Otok končetiny zepředu.....	41
Obrázek 4.6: Otok končetiny zepředu.....	41
Obrázek 4.7: Otok končetiny ze spodu	42
Obrázek 4.8: Vliv okolního prostředí při snímání paznehtu zepředu	42
Obrázek 4.9: Vliv okolního prostředí při snímání paznehtu z boku	43
Obrázek 4.10: Vliv okolního prostředí při snímání paznehtu ze spodu.....	43

Seznam tabulek

Tabulka 1.1: Stavby skotu v ČR (Zootechnika.cz, 2009)	9
Tabulka 1.2: Výskyt onemocnění podle typu ustájení (Novák et al., 2003).....	12
Tabulka 3.1: Technické parametry FLIR E6.....	32
Tabulka 3.2: Technické parametry Testo 875-2i	34

Seznam grafů

Graf 1.1: Nejčastější příčiny vyřazení dojnic (Dudák, 2020)	16
---	----