

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra etologie a zájmových chovů



Měření zátěže psa pomocí termovize

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Jana Tichá

Studijní obor: Zájmové chovy

Vedoucí práce: doc. Ing. Helena Chaloupková, Ph.D.

Konzultant: Ing. Karel Novák

© 2018/19 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Měření zátěže psa pomocí termovize" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 10.4.2019

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala doc. Ing. Heleně Chaloupkové, Ph.D. za odborné vedení a cenné rady, které mi během psaní práce poskytla, také za ochotu, čas a příležitost být součástí takového výzkumu jako byl tento. Dále bych chtěla poděkovat Ing. Karlu Novákovi za ochotu a čas, které mi věnoval, také za konzultace, kterých bylo mnoho a za pomoc při zpracování výsledků. Další poděkování patří Mgr. Václavu Bittnerovi, který mi pomáhal s analýzou a zpracováním dat.

Měření zátěže psa pomocí termovize

Souhrn

Tato diplomová práce vznikla jako pilotní studie k projektu Ministerstva vnitra ČR „Využití vyspělých technologií a čichových schopností psů pro zvýšení efektivity vyhledávání pohřešovaných osob v terénu.“ Práce se zabývá využitím termokamery v terénu a zátěží pátracích psů. Cílem praktické části je zjistit, zda lze využít termokameru pro stanovení míry fyzické vyčerpanosti psa a také, jaká je souvislost mezi rektální teplotou a teplotou oka.

Předpokladem bylo, že pes bude mít vyšší tělesnou teplotu po zátěži než po přestávce a že zvýšená teplota vybraných bodů na obličejové části hlavy psa bude mít pozitivní souvislost se zvýšenou tělesnou teplotou po zátěži. Data byla sbírána na jednotlivých simulovaných pátracích akcích na různých místech v České republice. Každá pátrací akce trvala od 7.00-20.00 hodin a celkově se všech tří simulovaných akcí zúčastnilo 54 kynologických pátracích týmů (psův od se psem). Během každé akce byla psům měřena rektální teplota a pomocí termokamery snímán termosnímek, a to vždy před odchodem do terénu (po hodinové přestávce) a bezprostředně po návratu z terénu. Mezi průměrnými teplotami z termosnímků a teplotou těla po příchodu z terénu byla zjištěna tendence vlivu ($P=0,07$). Je možné, že tento výsledek zapříčinilo malé množství dat. Dále nebyl zjištěn vliv pořadí sekce, pohlaví a věku psa na teplotu těla po zátěži (sekce: $P=0,66$; pohlaví: $P=0,12$; věk: $P=0,23$). To lze vysvětlit tím, že byli psi ihned po zátěži zahřátí, a tudíž nebylo možné získat relevantní data. Naopak po přestávce byla potvrzena signifikantní souvislost mezi průměrnou teplotou z termosnímků a teplotou těla ($P=0,02$) - se zvyšující se tělesnou teplotou, stoupala průměrná teplota oka. Psi jsou po přestávce zregenerovaní, a proto se více projeví jejich individuální regenerační schopnosti a také vztah jednotlivých fyzikálních parametrů. Dále byl zjištěn výrazný vliv sekce na teplotu těla po přestávce ($P=0,0001$). Tento výsledek naznačuje, že se psi první sekci snažili a byli motivováni, zatímco při druhé a třetí sekci se už mohla projevit únava, možná nižší motivace a lepší hospodaření s energií. Také vliv parametrů psa jako je pohlaví a věk byl po přestávce signifikantní (pohlaví: $P=0,03$; věk: $P=0,009$) - psi měli tendenci k vyšším teplotám než feny. Tělesné teploty klesaly s věkem, což naznačuje úspornější pohybový režim u starších psů.

Termokameru lze využít pro stanovení míry vyčerpanosti psa, konkrétněji teplotu očních bodů pro monitorování zvýšené tělesné teploty vyvolané zátěží, ale je potřeba co nejvíce eliminovat chyby, které by mohli ovlivnit výsledky.

Klíčová slova: pes, termografie, teplota, vyčerpání, únava

Measurement of stress on dogs by the use of thermovision

Summary

This diploma thesis was created as a pilot study to a project by Homeland Security CZ “The use of advanced technology and olfactory abilities of dogs to increase the effectivity of searching for missing people in the terrain. The thesis is concerned with the use of a thermal camera in the terrain and the stress that the searching canines are under. The aim of the practical experiment was to find out if the thermal camera could be used to determine the level of canine’s physical exhaustion and also what was the connection between the rectal temperature and the temperature of the eye.

The assumption was that the canine would have a higher temperature after a physical strain compared to the temperature after a rest and that the raised temperature of selected points on a canine’s front part of the head would have a positive correlation with the raised temperature caused by the physical strain. Data was collected during various simulated searching operations at different locations in the Czech Republic. Each searching operation lasted from 7am to 8pm and there were altogether 54 dog-breeding teams (dog handler with canine) partaking in three simulated sections. During each section, canines’ rectal temperatures were measured and thermal images taken using the thermal camera always just before the canines were put into action (after an hour’s break) and just after their return. The tendency of influence between average temperatures from the thermal images and the temperature of the body ($P=0,07$) was discovered after their return from an exercise. It is possible that this result was caused by the small amount of data gathered. The sequence of terrain searching, the sex and the age of the canine were found to have no influence on the body temperature after a physical strain (sequence: $P=0,66$; sex: $P=0,12$; age: $P=0,23$). This can be explained by the fact that the canines were warmed up immediately after the strain, and therefore it was impossible to gather the relevant data. By contrast, after a break, a significant connection was confirmed between the average temperature of the thermal images and the body temperature ($P=0,02$) – the average temperature of the eye was increasing in line with the raising body temperature. The canines were recuperated after a break and therefore there was a more visible manifestation of their individual regenerating ability and the relationship between particular physical parameters. Further, a significant influence of the section was discovered on the body temperature after a downtime ($P=0,0001$). This result indicates that the canines were trying harder and were more motivated during the first section, while there could have been some effects of tiredness and

lower motivation observed during the second and third section. The influence of parameters such as the sex and the age of the canine after a break were also significant (sex: $P=0,03$; age: $P=0,009$) – male canines were more inclined to higher temperatures than females. The body temperatures were decreasing with age which indicates more conservative movements in older canines.

We can use the thermal camera to determine the level of canine's physical exhaustion, more specifically temperature of eye points for monitoring increased body temperature, but we must eliminate errors, which can affect the results.

Keywords: dog, thermography, temperature, exhaustion, fatigue

Obsah

1	Úvod	1
2	Cíl práce	2
3	Literární rešerše	3
3.1	Infračervená termografie	3
3.2	Faktory, které ovlivňují termografii	4
3.2.1	Vnější faktory	4
3.2.2	Vnitřní faktory	5
3.3	Teplota těla	5
3.4	Využití termokamery ve výzkumu zvířat	7
3.4.1	Výzkum termoregulace	8
3.4.1.1	Konkrétní příklady u daných druhů zvířat	9
3.4.2	Výzkum detekce populací zvířat ve volnosti.....	10
3.5	Analýza termosnímků	12
3.6	Termosnímek jako možný indikátor pohody zvířat	12
3.7	Fyziologické reakce v souvislosti s fyzickou zátěží u psů	15
4	Metodika	18
4.1	Projekt	18
4.2	Objekt pozorování	18
4.3	Realizace sběru dat	20
4.3.1	Průběh měření	20
4.3.2	Sběr dat.....	21
4.3.3	Analýza dat	21
4.3.4	Statistická analýza dat	24
5	Výsledky	25
5.1	Deskriptivní statistická analýza	25
5.2	Analýza vztahů mezi údaji z termokamery, tělesnými teplotami, seklemi v průběhu terénního cvičení a vlastnostmi psa	27
5.2.1	Výsledky po zátěži	27
5.2.2	Výsledky po přestávce	27
6	Diskuze	30
7	Závěr	33
8	Seznam použité literatury	34

1 Úvod

Tělesná teplota zvířat je ovlivněna mnoha faktory, například tím, jaká je momentální vnitřní teplota organismu a jaká je vnější teplota prostředí (Bartholomew et al., 1964; Webb et al., 1992), díky tomuto faktu lze odvodit tělesnou teplotu zvířete pomocí infračervené termografie (Speakman et Wards, 1998).

V klidovém režimu se může tělesná teplota savců lišit i o několik stupňů (Mortola, 2013), přičemž u psů se pohybuje v rozmezí 37,5–39,0 °C (Schneider et Slotta-Bachmayr, 2009).

Pes je schopný regulovat teplotu těla (termoregulace) podle okolní teploty a fyzické zátěže, což je důležité pro normální fungování organismu (Rovira et al., 2008; Schneider et Slotta-Bachmayr, 2009). Každý druh má jinak tvořenou termoregulaci, což musíme vědět v případě, že chceme dané zvíře chovat, abychom mu zajistili dobré životní podmínky (Tan et Knight, 2008). Správný chod termoregulace je důležitý pro metodu zvanou infračervená termografie. Tato metoda je klíčová pro tuto práci (Terrien et al., 2011).

Infračervená termografie je pasivní a neinvazivní metoda, která měří povrchovou teplotu, detekuje infračervené záření emitované subjektem a poskytuje obrazové zobrazení tělesné teploty u zvířat (Speakman et Ward, 1998; Stewart et al., 2005). Snímky z termokamer ukazují změnu teploty těla pomocí šedě nebo barevně zbarvené stupnice (Burnay et al., 1988).

Jedná se také o zobrazovací metodu, která registruje infračervené vlny v elektromagnetickém spektru. Tyto vlny jsou vyzařovány všemi objekty na Zemi (Speakman et Ward, 1998; Stewart et al., 2008).

Pro praxi je důležité vědět, že je tato metoda ovlivňována mnoha faktory, a to jak vnějšími (sluneční záření, srážky, vlhkost větru a vzduchu) (McCafferty, 2007; Hilsberg-Merz, 2008), tak vnitřními (kvalita srsti, fyzická aktivita nebo stresory) (Cilulko et al., 2013).

Termokamery byly vyvinuty primárně pro průmyslové, lékařské a vojenské aplikace. Čím dál více se ale využívají i pro jiné účely, jako je studium zvířat (např.: sčítání populací, tepelná fyziologie a diagnostika poranění). Velká výhoda se shledává v tom, že jde o neinvazivní metodu, tedy metodu měření bez dotyku nebo rušení zvířete (McCafferty, 2007).

2 Cíl práce

Cílem práce je zjistit, zda lze využít termokameru pro stanovení míry fyzické vyčerpanosti psa.

Zvolené hypotézy:

H1: Po zátěži bude mít pes vyšší tělesnou teplotu než po přestávce.

H2: Zvýšená teplota vybraných bodů na obličejové části hlavy psa bude mít pozitivní vztah se zvýšenou tělesnou teplotou po zátěži.

3 Literární rešerše

3.1 Infračervená termografie

Infračervená termografie je zobrazovací metoda, která registruje infračervené vlny v elektromagnetickém spektru. Tyto vlny jsou vyzařovány všemi objekty na Zemi (Speakman et Ward, 1998; Stewart et al., 2005).

Jedná se o přesná měření infračerveného záření vydávaného objektem, což umožňuje určení povrchové teploty podle poměrně jednoduchých fyzikálních zákonů a známých vlastností povrchu (Mohler et Heath, 1988; Speakman et Ward, 1998; Stewart et al., 2005).

Infračervená termografie měří teplotu radiační povrchové vrstvy, a proto může být použita k odvození krevního oběhu, který souvisí s fyziologií, chováním a onemocněním, nebo jednoduše k detekci teplého těla na chladném pozadí. Hlavním omezením této techniky je skutečnost, že radiační povrchová teplota je ovlivněna také slunečním zářením, koupáním a odpařováním (McCafferty, 2007).

Od šedesátých let je tato metoda úspěšně využívána ve studiích tepelné fyziologie, sledování chorob, populací živočichů a volně žijících savců (Speakman et Ward, 1998) a také například při studiu stresových a emocionálních reakcí u zvířat (Travain et al., 2015). V přírodních vědách technika tepelného zobrazování podporuje bezpečné a neinvazivní měření. Díky tomu se získávají výsledky, které nelze dostat jiným způsobem (Speakman et Ward, 1998; Stewart et al., 2005).

Mnoho studií se zabývalo využitím infračervené termografie, kde například Cena et Clark (1973) nastínili důležité teoretické aspekty této techniky pro výzkum domácích a divokých zvířat chovaných v Zoologických zahradách. Yang et Yang (1992) zhodnotili biomedicínské a veterinární aplikace a Speakman et Ward (1998) demonstrovali její užitečnost pro studium termoregulace.

Termografie také nabízí širokou škálu aplikací pro humánní a veterinární medicínu, ekologii, zoologii a další přírodní vědy (Speakman et Ward, 1998; Stewart et al., 2005). Může zkoumat mnoho různých aspektů tepelné fyziologie, diagnostiky poranění (onemocnění) a je to užitečná technika pro počítání populací zvířat (McCafferty, 2007).

Velkou výhodou infračervené termografie ve výzkumu na zvířatech je to, že měření mohou být provedena bez dotyku nebo rušení zvířete a v závislosti na typu a použití přístroje buď v blízkém dosahu (<1 m) nebo ve velkých vzdálenostech (> 1000 m) (viz Obrázek 1) (Speakman et Ward, 1998; McCafferty, 2007; Vainionpää et al., 2012).

Ačkoli může být tato metoda používána jako diagnostický nástroj ve veterinární medicíně, její klinická užitečnost je zřídka studována. Zvláště u malých zvířat je nedostatečně popsána. V posledních letech se zlepšila technologie kamer, ceny se snížily a usnadnila se přeprava, díky čemuž je například uskutečnitelné i monitorování nočního života zvířat (Vainionpää et al., 2012).

3.2 Faktory, které ovlivňují termografii

Existují určitá omezení, která vyplývají z vnějších faktorů, chování zvířat nebo nedokonalosti hardwaru (McCafferty, 2007).

Níže je uveden přehled možných omezení termografie a řešení, která mohou být použita k minimalizaci výsledných chyb (Cilulko et al., 2013).

3.2.1 Vnější faktory

Faktory jako sluneční záření, srážky, vlhkost větru a vzduchu mají významný vliv na měření výsledků (McCafferty, 2007; Hilsberg-Merz, 2008).

Prvním omezujícím faktorem jsou srážky, které ochlazují povrch živočichů a objektů, což přispívá k chybám měření (Boonstra et al., 1994; Kissell et Tappe, 2004).

Dále intenzivní pohyb vzduchu ochlazuje povrch těla a ruší měření rozptýleného tepla. Atmosférické plyny a částice (prach, sníh) mají nižší atmosférickou propustnost, což vede k absorpci (plynů) nebo disipaci (částic) infračerveného záření emitovaného objekty (Minkina, 2004). Z tohoto důvodu vlhkost vzduchu, mlha, sníh a prach mohou výrazně zkreslovat výsledky termografických analýz (Ditchkoff et al., 2005; Butler et al., 2006). Čím větší je rozdíl mezi teplotou zvířete a jeho okolím, tím přesnější je průzkum, a proto jsou termografické analýzy nejučinnější v noci nebo za úsvitu (Ditchkoff et al., 2005; Butler et al., 2006).

Také vzdálenost mezi objektem a teplotním rozložením kamer hraje roli. Teplotní rozložení na povrchu těla zvířete lze přesně měřit ze vzdálenosti několika metrů, v případě, kdy je chyba měření způsobená omezeným přenosem atmosféry a infračerveným zářením z objektu minimální (Minkina, 2004). Ve studiích zvířat chovaných v zajetí by měly být tepelné obrazy získány na identických vzdálenostech od analyzovaného objektu (Cilulko et al., 2013).

Dalším důležitým faktorem je zorné pole, které určuje velikost sledované oblasti, což znamená rozdílné vystavení slunečnímu záření. Aby se odstranila tato chyba, měla by být tepelná měření prováděna v zorném poli 90 ° (maximálně 50 °) (Minkina, 2004).

Cilulko et al. (2013) uvádějí, že mezi další vnější faktory patří vliv výsledků měření na

analyzovaný objekt a termální zobrazovací kameru. Oblasti s řídkou a nízkou vegetací (např.: pobřeží, pole) nabízejí ideální prostředí pro termografické studie (Cilulko et al., 2013).

3.2.2 Vnitřní faktory

Mezi vnitřní faktory ovlivňující měření patří tloušťka a kvalita srsti, která výrazně ovlivňuje teplotu na vnějším povrchu těla zvířat (McCafferty, 2007; Cilulko et al., 2013). Ta se může lišit mezi jednotlivci a také v důsledku sezónního podnebí (McCafferty, 2007). Zvířata s hustou kožešinou, jako například ovce, jsou slabě viditelné v termogramech, zatímco sloni a nosorožci, jejichž pokožka je sotva pokrytá srstí, jsou ideálními modely pro studie tepelného zobrazování (Hilsberg-Merz, 2008). Teplota pokožky zaznamenaná infračervenými kamerami je také ovlivněna tloušťkou podkožního tuku, který izoluje tělo před tepelnými ztrátami, kontaminací kůže nebo vlhkostí (Kastelic et al., 1996; Kunc et al., 2007; Hilsberg-Merz, 2008).

Fyzická aktivita před měřením (běh, trénink) způsobuje, že se teplo rozptýlí mezi svaly, což zvyšuje teplotu povrchu těla (Jodkowska, 2005; Hilsberg-Merz, 2008). Odpočinek může také ovlivnit měřenou teplotu. U pozorovaných zvířat bylo zaznamenáno pomocí termokamery, že plochy těla, kterými zvíře leží na chladné či vlhké půdě, jsou studenější než zbytek těla. Dále se doporučuje, že by zvířata neměla před měřením vykonávat fyzickou aktivitu a měla by být udržována v experimentálních prostorách (kvůli minimalizaci chyb) (Cilulko et al., 2013). Tyto podmínky jsou však v praxi často nesplnitelné, protože je potřeba využívat termovizi právě v terénu a na pohybujících se jedincích (Stewart et al., 2005).

Další faktor, který ovlivňuje termosnímek, je stres (Nakayama et al., 2005; Stewart et al., 2005). Z tohoto důvodu by měla být termografická analýza provedena v klidném a známém prostředí (Cilulko et al., 2013).

Cirkulace krve je též důležitý faktor. Farmakologické látky s lokálními nebo systémovými účinky na oběhový systém vedou ke změnám tělesné teploty. V tomto případě se používají krycí materiály, jako jsou obvazy, obaly nebo příkrývky (Cilulko et al., 2013).

Chování (reakce) zvířat, zejména volně žijících, na měnící se faktory životního prostředí nelze předvídat, a proto je u nich termografické měření obtížné (Cilulko et al., 2013).

3.3 Teplota těla

Vzhledem k tomu, že je teplota povrchu těla ovlivněna jak teplotou vnitřní, tak i teplotou prostředí (Bartholemew et al., 1964; Webb et al., 1992), je možné odvodit teplotu tělesného jádra zvířete pomocí infračervené termografie (Speakman et Wards, 1998).

Mezi nejteplejší části těla obecně patří hlava, vnitřní část končetin a u ptáků křídla (Speakman et Wards, 1998).

Živočichy lze rozdělit podle fungování termoregulace na homoiotermní a poikilotermní.

Poikilotermní živočichové mají výraznou schopnost regulovat teplotu těla hlavně behaviorálními prostředky (za určitých podmínek a po omezenou dobu). Rozhodujícím bodem homoiotermie není úroveň tělesné teploty, ale její regulace, která je jedním z nejpozoruhodnějších fyziologických úspěchů organismu. Tato regulace je umožněna především specifickými periferními a centrálními nervovými strukturami, které neustále odhalují kolísání teploty organismu a snaží se je udržovat v rovnováze pomocí vhodných protipatření (Hensel, 1973). Homoiotermní živočichové mají také schopnost udržovat stálou tělesnou teplotu v jádře v úzkém rozmezí (např.: savci a ptáci) (Crompton et al., 1978), která bývá obvykle vyšší než teplota okolního prostředí. Tento fyziologický proces vede k vnitřní tepelné stabilitě organismu bez ohledu na environmentální rozdíly a předpokládá se, že zvyšuje přežití po celý život savce (Terrien et al., 2011).

Homoiotermie má i své značné nevýhody, především to, že velkou část energie přijaté v potravě spotřebují savci i ptáci na udržení tělesné teploty. Homiotermie umožňuje osídlit oblasti, které jsou například pro plazy již neobyvatelné, ale savce a ptáky tu může podstatně limitovat nedostatek potravy. Jakmile se homoiotermní obratlovec včas nenakrmí, zemře (Britton, 1922).

Jedna z hypotéz, která udává důvod, proč tomu tak je, zní, že zvýšená tělesná teplota se vyvinula jako sekundární důsledek metabolických činností, potřebných pro udržení aktivity (např.: letu) nebo obsazení nových ekologických prostředí (např.: chladné klima (Heinrich, 1977; Crompton et al., 1978; Bennett et Ruben, 1979).

Tělesná teplota není všude konstantní, ale závisí na tom, kde se měří. Běžně se při měření tělo rozděluje na dvě části: vnější a vnitřní. Vnější část zahrnuje kůži a do značné míry kolísá s teplotou prostředí. Vnitřní část (jádro), které zahrnuje centrální nervovou soustavu a vnitřnosti, má relativně stabilní teplotu (Jessen, 1985; Romanovsky et al., 2009).

V těle se nachází tzv. „dopředné mechanismy“ (neuronová síť s dopředným šířením), které reagují na změnu teploty prostředí a zabraňují změnám vnitřní teploty. Nejčastějším příkladem je zjištění změny teploty prostředí pomocí termoreceptorů v kůži, které spouští termoregulační reakce, čímž předcházejí a zabraňují změnám teploty uvnitř těla (Nakamura et Morrison, 2008; Romanovsky, 2014).

Měření tělesné teploty je u psů a koček důležitou součástí vyšetření. Ve veterinární medicíně se měří teplota rektálním digitálním teploměrem, který ukazuje nejpřesnější hodnoty,

ale existuje mnoho faktorů, které měření rektální teploty ovlivňují, např.: snížený svalový tonus, uvolněný anální svěrač, ale i fyzická aktivita (Kreissl et Neiger, 2015). Dříve se používaly rektální teploměry ze rtuťového skla, ale ty byly v Evropě zakázány (Kreissl et Neiger, 2015).

Rektální teplota u psů se v klidovém režimu pohybuje v rozmezí 37,5–39,0 °C. Během fyzické aktivity se tělesná teplota zvyšuje, protože svalová aktivita vytváří teplo. Teplota těla musí být regulována v úzkém rozmezí (dokonce i při fyzickém či duševním namáhání), protože teplota přesahující 40,0 °C vede k poškození buněk (Schneider et Slotta-Bachmayr, 2009). Psi mají konstantní rektální teplotu, která se ale například při zátěži zvyšuje (Young et al., 1959).

Bylo prokázáno, že schopnost regulovat tělesnou teplotu má zásadní význam pro udržení trvalé pracovní síly. Mezi rychlostí vzrůstu rektální teploty a výkonnostní kapacitou, existuje vysoký stupeň korelace (Young et al., 1959).

Rektální měření teploty nese i určitá rizika. Mezi ně patří zranění, kontaminace a stresování zvířete. Proto se testuje alternativa a více pohodlná metoda měření tělesné teploty pomocí infračerveného teploměru. Tento teploměr se již využívá rozsáhle v humánní medicíně (Kreissl et Neiger, 2015).

Například Zanghi (2016) publikoval studii zabývající se vztahem mezi teplotou, která byla naměřena rektálním a infračerveným teploměrem. Infračerveným teploměrem byla měřena oblast očí a uší. Zanghi (2016) došel k závěru, že teplota uší a očí měřená infračervenou termografií významně souvisí s rektální teplotou. Také bylo zjištěno, že oblast oka, zejména kolem zadní hranice očního víčka a slzného karunkulu, obsahuje mnoho kapilárních lůžek, které reagují na změny krevního oběhu. Tím dochází k lokálním změnám teploty u lidí (Pavlidis et al., 2002), u skotu (Stewart et al., 2007) a u psů (Biondi et al., 2015; Travain et al., 2015).

3.4 Využití termokamery ve výzkumu zvířat

Termokamery se zásadně liší od normálních kamer tím, že detekují vlnové délky elektromagnetického záření. Proto se v termografii také uplatňuje mnoho konceptů, které platí ve fotografování (např.: zorné pole, hloubka ostrosti a podobně) (Jerem et al., 2015).

Tyto kamery vytváří obrazy, které ukazují změnu teploty povrchu tím, že reprezentují různé teploty s šedou nebo barevně stínovanou stupnicí (Speakman et Ward, 1998).

3.4.1 Výzkum termoregulace

Každý druh má jinak tvořenou termoregulaci, což musíme vědět v případě, že chceme daného živočicha chovat, abychom mu zajistili dobré životní podmínky. U řady zvířat není probádané, jakým způsobem termoregulace funguje. Pochopení termoregulačního systému živočichů je zásadní pro pochopení naší vlastní fyziologie (Tan et Knight, 2008).

Funkce termoregulace je pod kontrolou centrálních, metabolických, energetických a endokrinních systémů, které celý proces regulují (Terrien et al., 2011).

U savců je termoregulace klíčovým prvkem při udržování homeostázy. Termoregulační kapacita úzce souvisí s energetickou bilancí a zvířata se neustále snaží omezit energetické náklady na stálou tělesnou teplotu (aby se zvířata nepřehřívala a zároveň aby jejich tělesná teplota neklesla). Ani jedno není pro organismus dobré (Terrien, et al., 2011; Cardoso et al., 2015).

V případě tepelných změn se zvyšují fyziologické mechanismy, čímž dochází ke zvýšení energetických výdajů. Ovšem mnoho druhů živočichů dokáží přizpůsobit svoje chování, aby snížili náklady na energii (Terrien et al., 2011). Jsou známy různé strategie chování, aby se zvířata vyrovnala jak se sníženou, tak i zvýšenou teplotou okolí. Například polární ryby a bezobratlí mohou žít v teplotách pod 0 °C, zatímco některé řasy mohou přežít při teplotách přesahujících 70,0 °C (Marino, 2008).

Savci, a zejména lidé, se dokázali přizpůsobit velké škále různých klimat. Nicméně vystavení nízkým nebo vysokým teplotám okolí je pro organismus velmi stresující a může končit smrtí. U savců existuje mnoho adaptací (fyziologických a behaviorálních), aby se ubránili narušení homeostázy (Terrien et al., 2011). Například autonomní termo efekторы, které jsou rozhodujícími fyziologickými mechanismy pro udržení stálé tělesné teploty při absenci behaviorálních termoregulačních možností. Autonomní mechanismy, prostřednictvím aktivace termoregulačních cest v předním hypotalamu, zajišťují rovnováhu mezi produkcí tepla a tepelnými ztrátami (Heller et Hammel, 1972; Florant et Heller, 1977). Hypotalamus je tak schopen vyvolat produkci tepla nebo rozptýlení tepla v reakci na environmentální podněty (Terrien et al., 2011).

Ve skutečnosti adaptivní termoregulace vede k rovnováze mezi termogenezí a termolýzními procesy. Termogeneze je proces, kterým se vytváří tělesné teplo, zatímco termolýza je definována jako celkový proces rozptýlení přebytečného tepla. Termogeneze zahrnuje změny metabolismu, svalové aktivity a hladiny hormonů. Hlavní část tepla produkovaného organismem pochází ze svalové aktivity a zahrnuje mechanismy, které jsou

velmi náročné na energii. Pro srovnání, termolýzní mechanismy spočívají ve zvýšení přebytku tělesného tepla vazodilatací, pocením a dýcháním, které jsou nejčastějšími způsoby, jak snížit vnitřní teplotu u savců. Behaviorálním chováním savci také podporují autonomní termoregulaci a tím potlačují autonomní dysfunkci (Terrien et al., 2011).

Také věk, pohlaví a sezóna ovlivňují termoregulaci. Někteří savci vykazují výraznou změnu endokrinních a metabolických modifikací s měnícím se ročním obdobím (Lopez et al., 1994; Kaciuba-Uscilko et Grucza, 2001).

3.4.1.1 Konkrétní příklady u daných druhů zvířat

Níže je uvedeno pár příkladů různých způsobů termoregulace u některých druhů zvířat.

Netopýři mají na svých křídlech rozsáhlé oblasti bez chlupů a předpokládá se, že křídla poskytují vhodnou cestu, díky níž netopýři mohou rozptýlit teplo, které vzniká při létání. Když jsou netopýři vystaveni stresu, dojde k prokrvení křídel, a tak k většímu úbytku tepla (Speakman et Wards, 1998).

Ptáci mají tělo izolované. Jejich dolní končetiny jsou důležité pro rozptýlení tepla (hmyzožraví ptáci za letu rozšiřují končetiny, aby odbourali nadměrný příjem tepla) (Steen et Steen, 1965; Martineau et Larochelle, 1988).

Kuhn et Meyer (2009) ve své studii zkoumali povrchové teploty těla u dvou druhů vyder – vydra říční (*Lutra lutra*) a vydra obrovská (*Pteronura brasiliensis*), založené na infračervené termografii a zjistili, že vydry říční používají nohy k rozptýlení přebytečného tepla, zatímco vydry obrovské ztrácejí teplo celým tělem, včetně ocasu.

Klir et al. (1990) analyzovali termoregulaci u pískomila mongolského (*Meriones unguiculatus*), uvedl, že tento druh si nevytváří žádné specifické termoregulační povrchy pro regulaci výměny tepla s okolím, a proto jeho regulace teploty povrchu těla je omezená. U pískomila mongolského je termoneutrální zóna mezi 28 a 32 °C.

Psi mají potní žlázy pouze na chodidlech svých tlap, to znamená, že se nepotí. Jejich nejdůležitějším chladicím mechanismem je tedy respirační evaporace (ventilace mrtvého prostoru, tj. tzv. „supění“) a zvýšení průtoku krve tkáněmi, které vede k ochlazení těla (Young et al., 1959; Bjotvedt et al., 1984; Ilkiw et al., 1989; Hinchcliff et al., 1993; Matwichuk et al., 1999; Kolb et Seehawer, 2002). Psi mají také málo krevních vlásečnic v kůži, což ovlivňuje termosnímek jako takový (například hlava psa bude vypadat jinak, než člověka) (Speakman et Wards, 1998).

Na rozdíl od psů mají například lidé dobře vyvinuté potní žlázy, které výrazně pomáhají při výrobě potu a odpařování (Eichna et al., 1950). Schopnost potních žláz zvyšovat jejich

účinnou produkci potu vyžaduje relativně bezsrsté tělo ve srovnání s jinými savci. Toto přizpůsobení umožňuje také větší vodivost (Marino, 2008). Folk et al. (1991) poukazují na to, že má člověk ekrinní žlázy, které se dále mohou vyskytovat například u kopytníků a kytovců. Tyto žlázy dokáží chladit tělo, tím se vyrábí dostatečné množství vody, což vede k vyplavování škodlivin a ochlazování organismu. Savci se srstí mají apokrinní žlázy, které také tvoří pot a ochlazují organismus (Folk et al., 1991).

Ačkoliv výzkum termoregulace pomocí termokamery u psů domácích není dosud tolik známý a je málo prostudovaný, tak u příbuzné lišky bylo díky termovizi zjištěno, že mezi nejdůležitější termoregulační plochy patří tlapy, čenich, spodní část zadních končetin a přední část uší (Speakman et Wards, 1998). Mnoho druhů lišek je přizpůsobených životu v horském prostředí. Čenich je jediná část těla, která je chladnější než teplota okolí. Při vyšší teplotě se liškám termoregulace na končetinách upravuje tak, aby byla tepelná ztráta hlavně odpařováním (Speakman et Wards, 1998). Speakman et Ward (1998) popsali studii, která zkoumala přenos tepla při různých teplotách okolí (od -25 do 33 °C) u tří druhů lišek: liška obecná (*Vulpes vulpes*), liška polární (*Alopex lagopus*) a liška velkouchá (*Vulpes macrotis*) pocházející z jižních částí Severní Ameriky a Střední Ameriky. Tepelné obrazy odhalily, že nos, dolní končetiny, tlapy a přední část uší představovaly důležité termoregulační plochy u všech druhů lišek, zatímco zadní část uší a přední část hlavy hrály klíčovou roli pouze u lišky obecné a velkouché (Speakman et Wards, 1998). Polární lišky jsou přizpůsobeny k životu v chladném klimatu – část jejich tělesného povrchu, která se podílí na regulaci tepelné ztráty, je ve srovnání s jinými druhy (liška obecná a velkouchá - 33 až 38 %) snížena (Speakman et Wards, 1998). U lišek velkouchých, přizpůsobených teplému klimatu, je nos jedinou částí těla (ve všech třech druzích), která je chladnější než teplota okolí (Speakman et Wards, 1998).

3.4.2 Výzkum detekce populací zvířat ve volnosti

Ačkoli bylo termické zobrazování vyvinuto hlavně pro průmyslové, lékařské a vojenské aplikace (Burnay et al., 1988), bylo použito i ke studiu mnoha skupin zvířat včetně hmyzu, plazů, ptáků a savců (McCafferty et al., 1998).

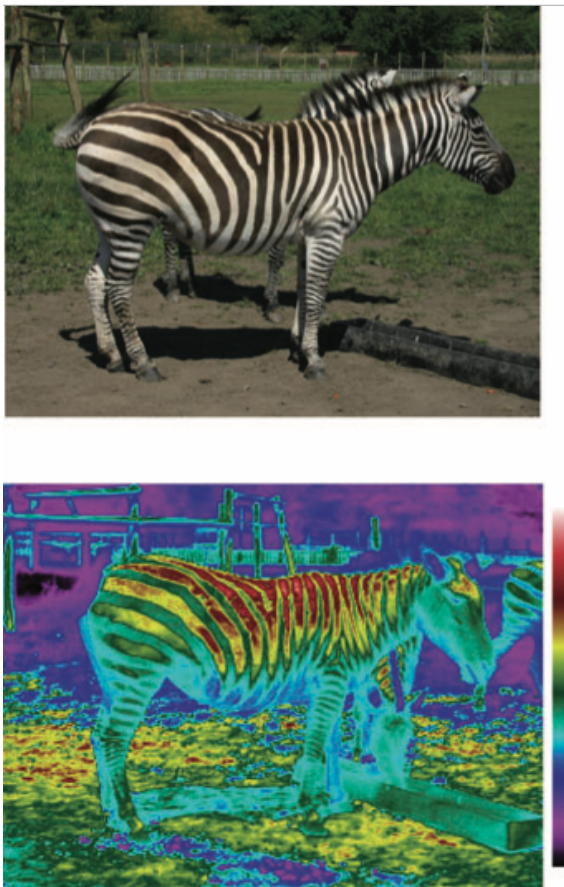
V oblasti humánní a veterinární medicíny se používají tepelné zobrazovací kamery pro měření teploty vnitřních tkání vnějšího povrchu těla (Cilulko et Janiszewski, 2013) a také k pozorování a detekci divokých zvířat a jejich stanovišť a k odhadnutí jejich velikosti (Graves et al., 1972). Navzdory širokému spektru praktických aplikací mají termosnímkový řadu omezení,

kteře je třeba vzít v úvahu při studiích, které své závěry opírají o infračervenou termografii (Cilulko et Janiszewski, 2013).

Při používání termokamer v terénu se mohou zvířata na termosnímkách zobrazovat jako teplé skvrny na temném, chladném pozadí, což je dostatečné pro potvrzení jejich přítomnosti. Takto lze provádět pozorování na dálku, což vytváří pro výzkumníky velké množství nových příležitostí (viz Obrázek 1) (Graves et al., 1972).

Graves et al. (1972) porovnávali účinnost tepelných zobrazovacích kamer s různými úrovněmi citlivosti při leteckých průzkumech jelence běloocasého (*Odocoileus virginianus*). Tento výzkum byl prováděn v různých nadmořských výškách, v různých ročních obdobích a v různém čase. V oblastech, které nebyly zarostlé hustou vegetací, byla zvířata úspěšně identifikována z výšky 300 m nad zemí (Graves et al., 1972). Autoři dospěli k závěru, že tepelné zobrazovací kamery byly nejučinnější při určování velikosti populace během dne i v noci, kdy byla obloha zamračená, a nejzajímavější výsledky byly zaznamenány na poměrně plochem terénu bez husté vegetace (Graves et al., 1972).

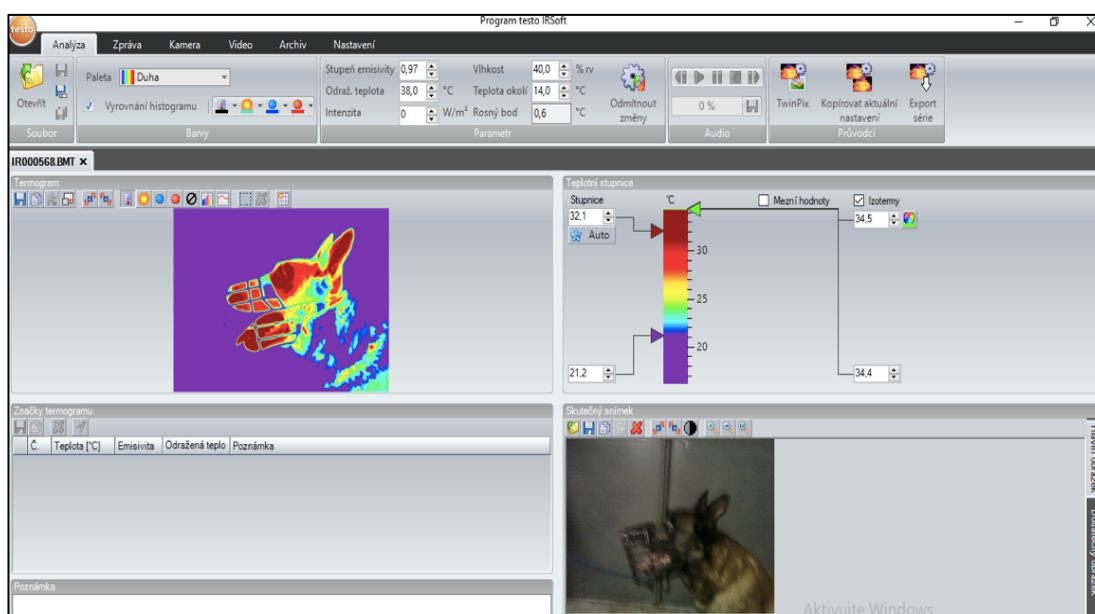
Již před 40 lety byla termografie slibnou metodou pro zjišťování růstu populace a pozorování chování velkých zvěřin (Cilulko et Janiszewski, 2013).



Obrázek 1 Termosnímek zebry ukazující rozdílnou teplotu jednotlivých částí těla (zdroj: McCafferty, 2007)

3.5 Analýza termosnímků

Jak již bylo v předchozích kapitolách uvedeno, infračervená termografie je využívána k prozkoumání mnoha různých aspektů termoregulace. Zaměřuje se hlavně na identifikaci částí těla s relativně vysokou teplotou, která může souviset s anomií a fyziologií zvířete. Na základě těchto poznatků, je hlava jedním z hlavních zdrojů tepelných ztrát pro většinu druhů savců (McCafferty, 2007). Jedna z nejvíce využívaných teplot při měření a vyhodnocování termosnímků je teplota oka (Travain et al., 2015). Mezi nejteplejší části těla se obecně řadí hlava, orgány a oči. To můžeme vidět například na obrázku číslo 2 - obraz oblasti hlavy. Největší důraz klademe na oční oblast (McCafferty, 2007; Church et al., 2014).



Obrázek 2 Analýza termosnímků (hlava z profilu)

3.6 Termosnímek jako možný indikátor pohody zvířat

Termosnímky se používají k detekci zranění, zánětů a infekčních onemocnění pro kontrolu reprodukce (detekce estru a těhotenství, stanovení fertility mužů) a laktace (Cilulko et Janiszewski, 2013).

Dále se také používají k určení změn tělesné teploty zvířat vystavených různým stresovým faktorům při různých typech chování nebo fyziologických reakcích (Nakayama et al., 2005).

Stres je ústřední koncepcí v biologii, popisující reakci organismu na životní prostředí v reakci na environmentální výzvu, která se snaží obnovit homeostázu (Jerem et al., 2015).

Při stresu se zvyšuje hladina glukózy v krvi, mastné kyseliny a aminokyseliny. Srdeční frekvence, frekvence dýchání, rychlost metabolismu a krev je odkloněna od periferie k jádrovým orgánům (Jerem et al., 2015). Když je zvíře stresováno, aktivuje se osa hypotalamus-hypofýza-nadledvina (HPA) a v důsledku zvýšení hladin katecholaminů, kortizolu a odezvy krevního toku, dojde ke změně ve výrobě a ztrátě tepla u zvířete (Schaefer et al., 2002; Bouwknecht et al., 2007; Scholtz et al., 2013).

Fyziologické a psychologické stresory s různou intenzitou aktivují obrannou odezvu, včetně zvýšení srdeční frekvence a tělesné teploty. Tento relativně krátkodobý vzrůst tělesné teploty vyvolaný stresem, byl zaznamenán u mnoha druhů zvířat (myši, krysy, králíci, prasata a pavíáni) a je známý jako hypertermie způsobená stresem (Bouwknrecht et al., 2007).

Mnoho psychických stresorů, jako je nevhodná manipulace, vystavení zvířete novému prostředí (Oka et al., 2001) jsou podněty pro stres (Vianna et Carrive, 2005; Ogata et al., 2006) a mohou vyvolat strach. Postupy chovu zvířat, které způsobují poškození tkáně (např. vylučování, kastrace), mohou způsobit bolest, což zahrnuje kaskádu autonomické, hormonální a behaviorální aktivity, tedy stresovou reakci (Stewart et al., 2008).

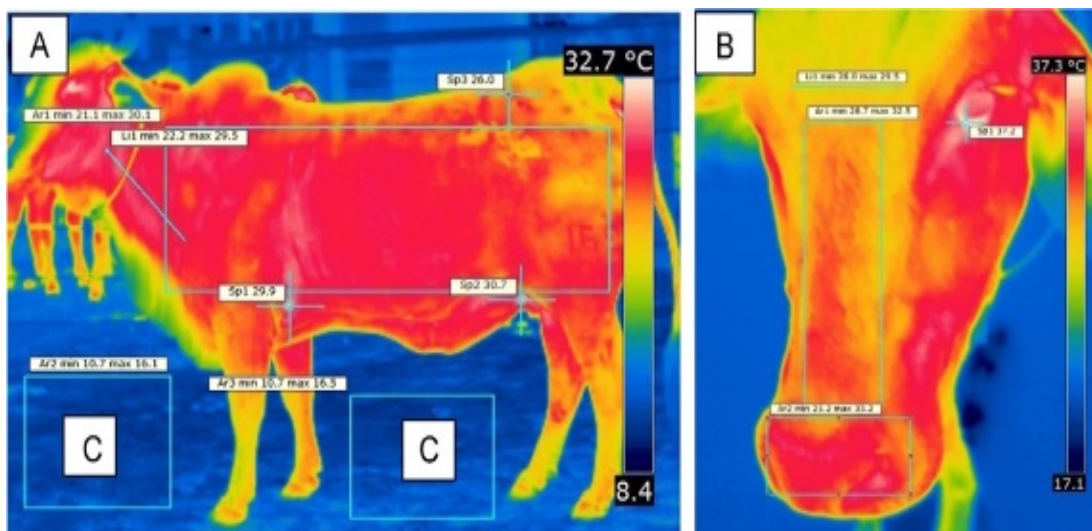
Při zjišťování bolesti u zvířat je proto často používáno kombinací fyziologických a behaviorálních opatření. Behaviorální odezvy mohou poskytnout dobrou indikaci trvání a různých fází bolestivého zážitku, ale nemusí naznačovat maximální intenzitu škodlivých zkušeností, stejně jako fyziologické ukazatele. Plazmatické kortizolové koncentrace, které odrážejí aktivitu osy hypothalamus-hypofýza-nadledvina (HPA), byly široce používány k vyhodnocení bolestivých postupů, jako je odrohování (Stewart et al., 2008). Při interpretaci hladin kortizolu je nutná opatrnost, neboť není přímým měřítkem bolesti, ale spíše naznačuje celkovou škodlivost (Stewart et al., 2008).

Okamžitou odpovědí na stresující nebo bolestivý podnět je odklonění krve od kapilárních lůžek pokožky prostřednictvím sympaticky zprostředkované vazokonstrikce, což následně snižuje teplotu pokožky. Účinek této vazokonstrikce lze zjistit infračervenou termografií (IRT) jako změnou teploty (Stewart et al., 2008). IRT lze využít pro stanovení akutního i chronického stresu (Ludwig et al., 2007), protože existuje těsný vztah mezi stresem a metabolickým systémem (Travain et al., 2015). Infračervenou termografií se mohou pozorovat například rychlé změny teploty pokožky spojené s akutní stresovou reakcí u volně žijících ptáků. Tato možnost zahrnuje pět kroků: zaprvé návrh vhodného nastavení pole pomocí přenosného tepelného zobrazovacího systému, zadruhé měření výchozí teploty, zatřetí aplikace mírného stresoru zahrnující zachycení ptáka v sestavě, začtvrté odběr vzorků teploty oka a zapáté kalibrace extrahovaných teplotních dat (Jerem et al., 2015).

Dále můžeme pozorovat teplotu oka pomocí infračervené termografie, což umožňuje neinvazivně měřit stres. Konkrétněji u skotu reaguje teplota oka na změny v průtoku krve v malých oblastech kolem středního okraje dolního víčka a slzného kanálku (viz Obrázek 3). Tyto části oka mají bohaté kapilární lůžko inervované sympatickým systémem (Stewart et al., 2008). Teplota oka se tedy snadno měří bez zásahu a bylo prokázáno, že je důslednější změnou teplotních změn než jiné anatomické oblasti, jako je nos, ucho, tělo v reakci na stres a včasnou detekci onemocnění u skotu (Stewart et al., 2008). Tímto bylo potvrzeno, že zvýšení teploty očí v důsledku stresu bylo způsobeno odpovídajícím zvýšením aktivity HPA. Avšak nedávná studie nezjistila nárůst teploty očí jako reakci na výskyt adrenokortikotropního hormonu (ACTH) u dojnic, což naznačuje, že odpověď není způsobena samotnou aktivitou HPA (Stewart et al., 2008). Z těchto výzkumů není stále jasné, jak správně změnu teplota v oku ve spojení se stresem zvířat interpretovat a je nezbytný další výzkum v této oblasti.

Shrnutím poznatků z literatury lze uvést, že fyziologické procesy ovlivňují teplotu vnitřních tkání tím, že zvyšují nebo snižují průtok krve. Například teplo vznikající během zánětlivého procesu se přenáší na sousední tkáně (včetně kůže) prostřednictvím zvýšeného kapilárního toku krve a rozptýlí se jako infračervená energie (Knizkova et al., 2007). Zdravý organismus je charakterizován vyváženým rozložením teploty mezi různými částmi těla. Stejně anatomické části lze pozorovat s identifikací teplejších míst a příčiny tepelné deregulace lze stanovit na základě našich znalostí o daném druhu (Bowers et al., 2009).

Hodnocení adaptability a teplotní tolerance zvířat jsou určovány především fyziologickými parametry, jako je tělesná teplota. Použitím nových nástrojů, jako je IRT, může být alternativou k posouzení vlivu environmentálních faktorů na například tepelný stres u zvířat. Termografické obrazy mohou naznačovat změny v cirkulaci vyvolané zvýšenou tělesnou teplotou související s tepelným stresem v prostředí, což vede ke změnám povrchových teplot zvířat (Stewart et al., 2005).



Obrázek 3 Termosnímek skotu (zdroj: Cardoso et al., 2015)

Nakayama et al. (2005) zkoumali změny teploty obličeje u makaků rhesus (*Macaca mulatta*) v ohrožujících situacích. Teplota nosní oblasti se významně snížila během 10-30 sekund od představení potenciálně ohrožující osoby. Opice vyjádřily své negativní emoce zuby a různými výrazy na obličeji. Autoři dospěli k závěru, že snížení nasální teploty může být spolehlivým a přesným ukazatelem změny z neutrálního na negativní emoční stav u primátů.

Termokamera byla také používána k pozorování zajímavých vzorců chování u včel rodu (*Apis dorsata*), divokého druhu obývajícího tropické klimatické zóny v jižní Asii. Včely mohou selektivně zvýšit teplotu svých kosterních svalů. Například z důvodu přípravení se na různé druhy fyzické aktivity (let a tanec), udržení stabilní teploty uvnitř hnízda a při vytvoření účinné obrany (Kastberger et Stachl 2003).

3.7 Fyziologické reakce v souvislosti s fyzickou zátěží u psů

Pes je schopný regulovat teplotu těla podle teploty okolí a fyzické zátěže (Rovira et al., 2008; Schneider et Slotta-Bachmayr, 2009). S rostoucí teplotou okolí psi rozptýlí více tepla zvýšením pocení a průtokem krve tkáněmi v kůži (Young et al., 1959; Bjotvedt et al., 1984; Ilkiw et al., 1989; Hinchcliff et al., 1993; Matwichuk et al., 1999; Kolb et Seehawer, 2002).

Při velké fyzické zátěži se u psů zvyšuje hladina kortizolu, který je hlavním indikátorem změn fyziologických procesů, které silně korelují se stresem (Diverio et al., 2016).

Služební psi (psi záchranáři a pátrací psi) se již několik desetiletí úspěšně používají k hledání osob zmizelých, zasypaných lavinami nebo uvězněných pod troskami (Almey et Nicklin, 1996).

Nejdůležitějším rysem pátracího psa je jeho smysl, který se používá nejen při vyhledávání pohřešovaných osob, ale také při vyhledávání výbušnin, nelegálních drog a zbraní (Almey et Nicklin, 1996). Avšak psi vyhledávající osoby jsou vystaveni vyšší fyzické zátěži (Schneider et Slotta-Bachmayr, 2009). Během výcviku a opravdových akcí na ně působí duševní a fyzické stresory, které mohou narušit fyzickou rovnováhu a blaho psů (Schilder, 1992; Ladewig, 1994; Beerda et al., 1996; Murphy et al., 1997; Ewert, 1998; Grandjean et al., 1998).

Tělesná teplota a srdeční frekvence jsou jedny z nejdůležitějších ukazatelů psů při fyzické zátěži (Rovira et al., 2008).

Zvýšení tělesné teploty v průběhu vyhledávání závisí na úrovni aktivity psů, vnější teplotě a strukturách srsti psů. Čím vyšší je hladina aktivity psů během vyhledávání, tím vyšší je po vyhledání nárůst teploty. To lze vysvětlit zvýšením svalové aktivity aktivnějších psů a související zvýšené tvorby tělesného tepla (Schneider et Slotta-Bachmayr, 2009).

Při vysokých okolních teplotách a při přímém slunečním světle je hladina rozptylu tepla přes povrch těla nižší, protože ztráta tepla je méně účinná při snižování teplotních rozdílů mezi povrchem těla a prostředím. Pokud je teplota prostředí vysoká, psi na stejné úrovni aktivity čelí zvýšenému riziku, že budou mít příliš vysokou teplotu ve srovnání s psy pracujícími venku při nízkých teplotách. Nízké okolní teploty v souvislosti se silným větrem nebo srážkami (déšť nebo sníh) mohou výrazně zvýšit procento odvodu tepla přes povrch těla. Zvýšená tepelná ztráta přes povrch těla při chladnějších teplotách zpočátku vede ke zvýšení účinnosti práce, protože teplota těla stoupá méně a vede k prodloužené vytrvalosti (Schneider et Slotta-Bachmayr, 2009).

Měření srdečních frekvencí psů umožňuje určení úrovně mentální a fyzické zátěže. Při fyzické námaze se srdeční frekvence psa zvyšuje během prvních 20 až 60 sekund a může se zdvojnásobit nebo dokonce ztrojnásobit při maximální námaze. Srdeční frekvence cvičených psů jsou obecně nižší než u psů, kteří nejsou na zátěž zvyklí (Franklin et al., 1959; Ilkiw et al., 1989; Beerda et al., 1996; Seehawer, 2002).

Avšak srdeční frekvence se také mění při duševní námaze. Psi reagují se zvýšenou srdeční frekvencí na události spojené s pozitivním (radostně očekávanou prací) a negativním očekáváním (trest) (Beerda et al., 1996).

Miller et al. (2012) ve své studii zkoumali psy, které postupně vystavovali různým situacím. Nejdříve se část psů vyčerpala a část ponechala v klidu. Poté byli tito psi přivedeni do místnosti, kde byl štěkající a vrčící pes, přičemž se vždy sledovala reakce přivedeného psa. Nechal se v místnosti a zjišťovalo se, jak zareaguje (zda půjde k agresivnímu psovi nebo se

k němu raději ani nepřiblíží atd.). Vyhýbání se nebezpečí zvyšuje schopnost zvířete přežít a reprodukovat se. Výsledkem této studie bylo zjištění, že psi, kteří byli vyčerpaní, dokázali hůře potlačit své predisponované chování, tudíž se přiblížili k agresivnímu psovi.

V extrémních klimatických podmínkách, jako jsou velmi nízké okolní teploty a silný déšť nebo sníh v kombinaci se silným větrem, přesahuje ztráta tepla přes povrch těla nad produkci, psům se následkem toho snižuje tělesná teplota a začínají mrznout. To zesílí fyzickou námahu a zároveň sníží jejich pracovní účinnost. Tato zvýšená ztráta energie v době nepříznivého počasí musí být zvážena, zejména při výběru míst odpočinku pro psy (Schneider et Slotta-Bachmayr, 2009).

4 Metodika

4.1 Projekt

Sběr dat byl proveden v rámci projektu „Využití vyspělých technologií a čichových schopností psů pro zvýšení efektivity vyhledávání pohřešovaných osob v terénu“, během simulovaných pátracích akcí (terénních cvičení). Projekt je financován grantem Ministerstva vnitra ČR pod číslem VI2017202008. Terénní cvičení (TC) probíhají ve spolupráci s Policií ČR (PČR), Horskou službou ČR (HS) a kynologickými záchrannými brigádami. Tato diplomová práce zpracovala dílčí část měřených veličin (viz níže).

4.2 Objekt pozorování

Bylo sledováno 54 kynologických pátracích týmů (KPT) vždy ve složení 1 pes a 1 psovod. Základní informace o KPT jsou uvedeny v následující tabulce:

Tabulka 1: Základní údaje o KPT

MÍSTO	PSOVOD	PES	PLEMENO	POHLAVÍ	VĚK PSA (ROKY)	TERMOSNÍMEK K DISPOZICI
Žihle	1	Bart	NO	pes	3	ANO
Žihle	2	Spike	LR	pes	9	ANO
Žihle	3	Alex	NO	pes	10	ANO
Žihle	4	Chaime	NO	pes	3	ANO
Žihle	5	Amy	BO	fena	5	ANO
Žihle	6	Ares	BO	pes	2	ANO
Žihle	7	Alf	NO	pes	5	ANO
Žihle	8	Yahoo	ČV	pes	9	ANO
Žihle	9	Eni	BO	fena	3	ANO
Žihle	10	Irvin	NO	pes	9	ANO
Žihle	11	Skippy	NO	pes	13	ANO
Žihle	12	Ergo	NO	pes	4	ANO
Žihle	13	Bony	NO/BOM	pes	8	ANO
Žihle	14	Saros	NO	pes	7	ANO
Žihle	15	Xam	NO	pes	4	ANO
Žihle	16	Argo	NO	pes	8	ANO
Žihle	17	Bentley	BO	pes	10	ANO
Žihle	18	Leosh	MISC	pes	3	ANO
Nové Město na Moravě	19	Ilek	NO	pes	4	NE
Nové Město na Moravě	20	Axa	NO	pes	-	NE
Nové Město na Moravě	21	Casi	NO	pes	5	NE
Nové Město na Moravě	22	Argo	NO	pes	6	NE

Nové Město na Moravě	23	Top	NO	pes	6	NE
Nové Město na Moravě	24	Kilian	NO	pes	5	NE
Nové Město na Moravě	25	Čert	BOM	pes	4	NE
Nové Město na Moravě	26	Bart	NO	pes	9	NE
Nové Město na Moravě	27	Rey	NO	pes	11	ANO
Nové Město na Moravě	28	Mail	NO	pes	6	ANO
Nové Město na Moravě	29	Kanibal	BOM	pes	5	ANO
Nové Město na Moravě	30	Akim	BOM	pes	2	ANO
Nové Město na Moravě	31	Greeny	NO	pes	5	ANO
Nové Město na Moravě	32	Doris	Hovawart	fena	7	ANO
Nové Město na Moravě	33	Leosh	MISC	pes	3	ANO
Nové Město na Moravě	34	Sam	CHBR	pes	9	ANO
Nové Město na Moravě	35	Ruby	MISC	fena	7	ANO
Nové Město na Moravě	36	Eldorado	BOM	pes	6	ANO
Hamry u Plumlova	37	Orna	NO	fena	3	ANO
Hamry u Plumlova	38	Berry	Border kolie	pes	8	ANO
Hamry u Plumlova	39	Charlie	Border kolie	pes	7	ANO
Hamry u Plumlova	40	Mexx	BOM	pes	9	ANO
Hamry u Plumlova	41	Ajax	NO	pes	6	ANO
Hamry u Plumlova	42	Vuk	NO	pes	5	ANO
Hamry u Plumlova	43	Čert	NO	pes	4	ANO
Hamry u Plumlova	44	Amar	NO	pes	5	ANO
Hamry u Plumlova	45	Dalajlama	NO	pes	4	ANO
Hamry u Plumlova	46	Extra	NO	fena	9	ANO
Hamry u Plumlova	47	Jalar	NO	pes	5	ANO
Hamry u Plumlova	48	Fantom	BOM	pes	3	ANO
Hamry u Plumlova	49	Ava	NO	fena	3	ANO
Hamry u Plumlova	50	Mike	BOM	pes	-	ANO
Hamry u Plumlova	51	Vegan	NO	pes	7	ANO

Hamry u Plumlova	52	Leosh	MISC	pes	3	ANO
Hamry u Plumlova	53	Agavero	Australský ovčák	pes	5	ANO
Hamry u Plumlova	54	Tereza	Labrador	fena	5	ANO

NO: německý ovčák, BO: belgický ovčák, CHBR: chesepeake bay retriever, BOM: BO malinois

4.3 Realizace sběru dat

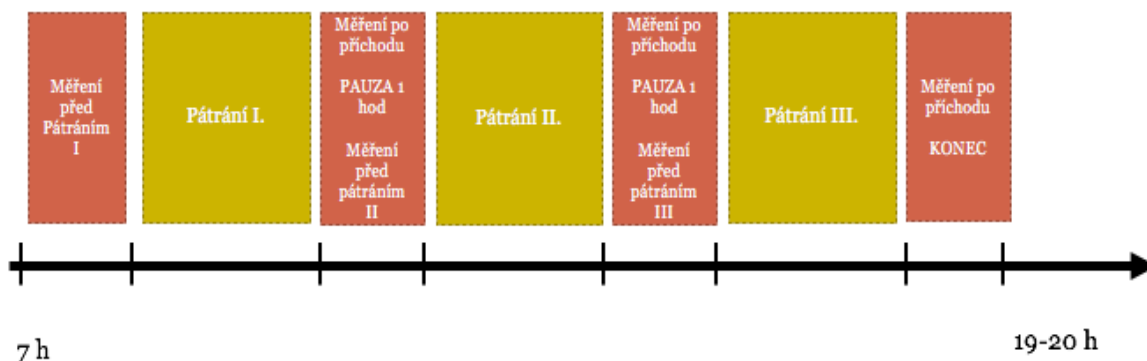
Sběr dat pro zpracování této diplomové práce proběhl v Žihli, Novém Městě na Moravě a v Hamrech u Plumlova. Organizace a koordinace KPT během pátrání byla zajištěna standardní metodikou pod vedením kpt. Ing. Vladimíra Makeše z Krajského ředitelství policie Královehradeckého kraje.

4.3.1 Průběh měření

V den sběru dat týmy pátraly po pohřešovaných osobách (figuranti z řad studentů ČZU a dalších dobrovolníků) ve 3 terénních sekcích v čase od 7 hodin ráno do 20 hodin večer. Pátrání v jedné sekci probíhalo přibližně 3 hodiny. Pátrání ukončoval psovod při úspěšném nalezení všech figurantů, nebo pokud byl přesvědčen o dostatečném propátrání celé sekce. Různě lokalizované sekce se skládaly z rozličného terénu (hustý mladý les, vzrostlý les, mýtiny, cesty atp.). KPT propátrával sekce v různém pořadí a předem nevěděl o počtu ukrytých figurantů (1-3 osoby). Po návratu z terénu měly týmy hodinovou přestávku. Poté procházely jednotlivými stanovišti, kde se měřila teplota těla, tepová frekvence, snímal se kortizol ve slinách a natáčela se hra psovoda se psem. Následně se KPT v různých časových intervalech opět vydaly do terénu, kde pátraly po pohřešovaných osobách.

4.3.2 Sběr dat

Měření tělesné teploty a snímání termokamerou probíhalo podle následujícího časového harmonogramu:



Obrázek 4 Schéma průběhu terénního cvičení

I. terénní sekce (cca 7:30 – 10:30), II. druhá terénní sekce (cca 11:30 – 14:30), III. terénní sekce (cca 15:30 – 18:30)

Průběh sběru dat byl následovný. Nejdříve se pes s psovodem postavili ke zdi v požadovaném postoji. Psa jsme fotili z profilu a tak, aby byla na snímku celá oblast hlavy, která byla důležitá pro analýzu. Psovod si stoupl před nebo za psa, aby nám nepřekážel při focení a také, aby nebyl rušivým elementem termosnímků. V případě, že vznikl termosnímek, kde byl vyfocen i psovod, vyřadili jsme ho jako nevhodný. Poté jsme termokamerou vyfotili každého psa, přičemž fotograf stál cca 1 m od psa.

Poté, co jsme každého psa vyfotily dvakrát, se měřila rektální teplota pomocí lékařského digitálního teploměru. Pes byl snímkován ve stoje a psovod ho přidržoval. Data z teploměru a čas pořízení jednotlivých termosnímků se zapisovala do protokolu, který byl specifický pro každý den. Po každém kompletním měření a focení měl každý pes 12 termosnímků a 6 záznamů rektální teploty, přičemž z každé dvojice termosnímků jsme vybraly ten lepší-tedy pes na něm byl vyfocen z profilu s celou hlavou a psovod na termosnímků nebyl. Konečný počet termosnímků bylo 6 pro každého psa.

4.3.3 Analýza dat

Nejdříve jsme termosnímků rozřídily podle jednotlivých terénních akcí, dnů, kdy byly pořízeny a příjmení psovodů. Následně jsme termosnímků vyhodnocovali v programu Matlab-verze R2018B. Data z termokamery (termosnímků) mají charakter tzv. šedotónového obrázku,

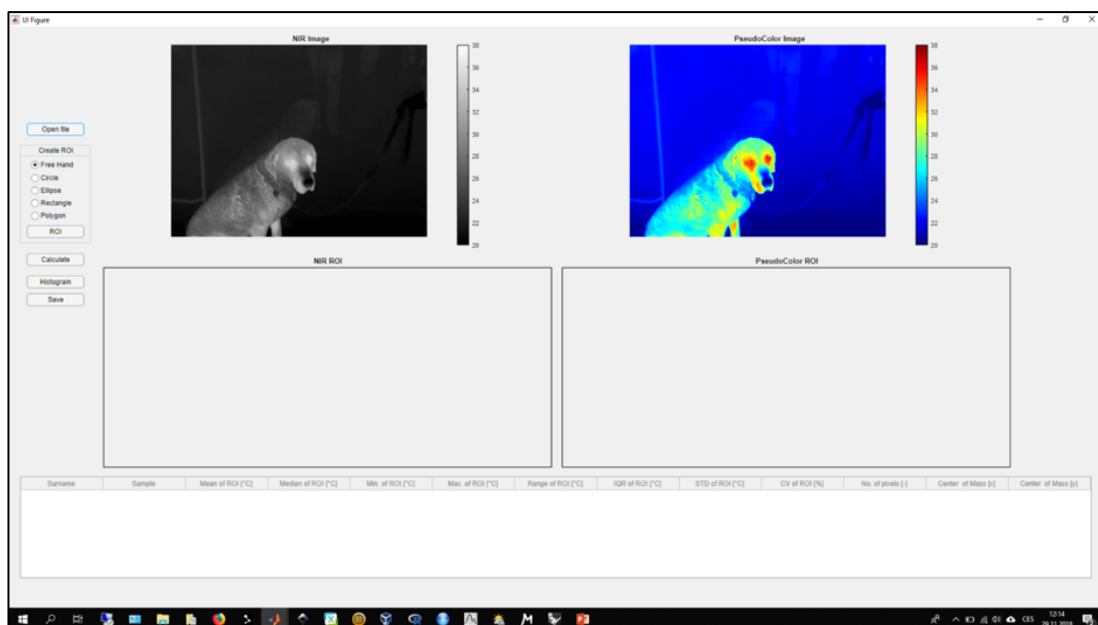
kde každý pixel nese informaci o zdánlivé teplotě zobrazované oblasti. Zdánlivé proto, že je počítána na základě vyzařovacího zákona (z tepelného toku) a závisí také na okolních podmínkách měřeného objektu a nastavení termokamery. Tedy jedná se o nepřímý odhad teploty. Tento obrázek je vyexportován a uložen ve formátu .csv, který aplikace v prvním kroku načte. Takto vyexportovaný obrázek byl připraven pro analýzu.

Nejdříve jsme vybrali oblast zájmu-oko pomocí polygonu, který nám umožnil vybrat jakékoliv množství bodů, kterými jsme ohraničili oblast zájmu-oko a poté nám program vyhodnotil výsledky.

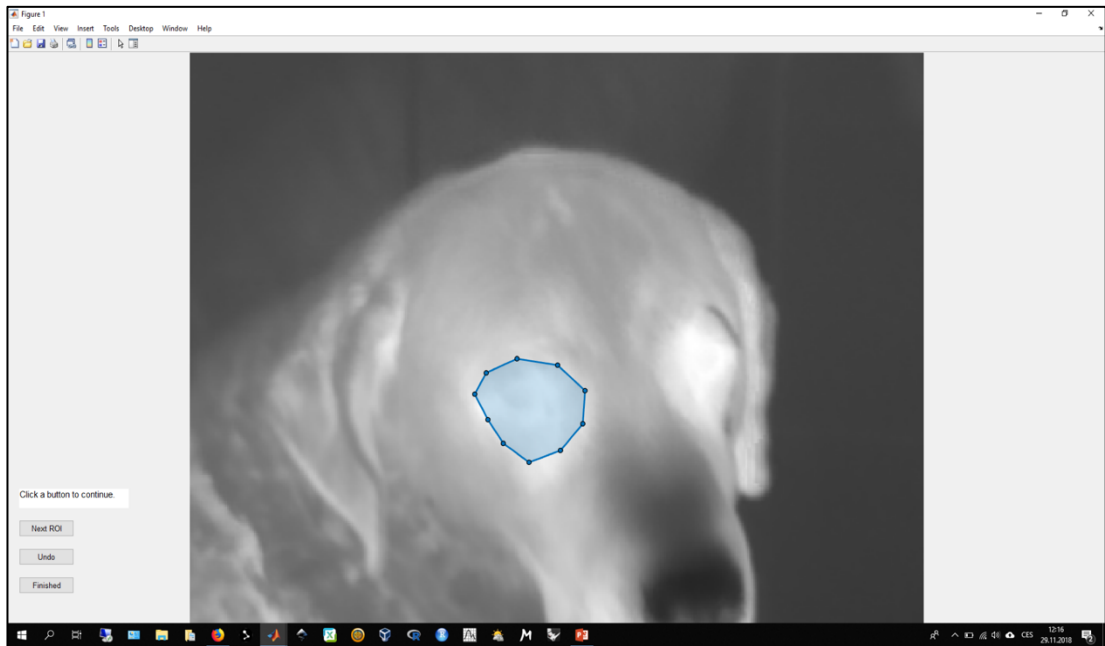
Program funguje tak, že napočítá ze všech pixelů vybrané oblasti popisné statistiky (průměr, SD, medián, interquartilové rozpětí, maximum, minimum, počet pixelů). Ty je pak možné využít k odhadu stření hodnoty a rozptylu zdánlivé teploty vybrané oblasti zájmu. Jednotlivé oblasti zájmu (z více snímků) je pak možné mezi sebou porovnávat. Např. v závislosti na pohybové aktivitě. Také lze určit korelaci odhadu zdánlivé teploty s rektální.

Tato data jsme poté exportovali pro další zpracování do formátu xls., kde nám vznikla celková Excel tabulka, a tím přehled všech dat psů. K těmto datům jsme přidali rektální teplotu, která je důležitá při vyhodnocování korelace rektální teploty a teploty těla (jaká závislost mezi nimi existuje).

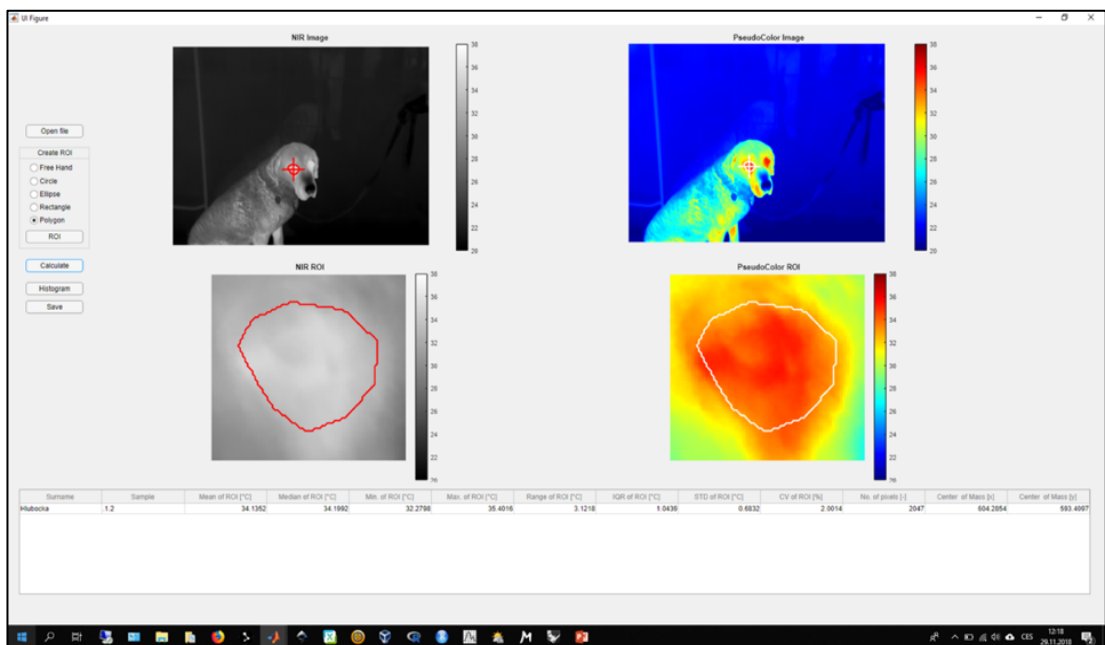
Postup analýzy termosnímků v programu Matlab (verze R2018B):



Obrázek 5 Výběr termosnímků k analýze v programu



Obrázek 6 Ohraničení oblasti, kterou chceme vyhodnotit



Obrázek 7 Definice vybrané části

Sample	Mean [°C]	Median [°C]	Min. [°C]	Max. [°C]	Range [°C]	IQR [°C]	STD [°C]	No. of pixels [-]
.1.2	34.14	34.20	32.28	35.40	3.12	1.04	0.68	2047
.6.2	35.58	35.60	33.92	36.80	2.88	0.79	0.58	1362

Obrázek 8 Ukázka výstupu dat z programu Matlab

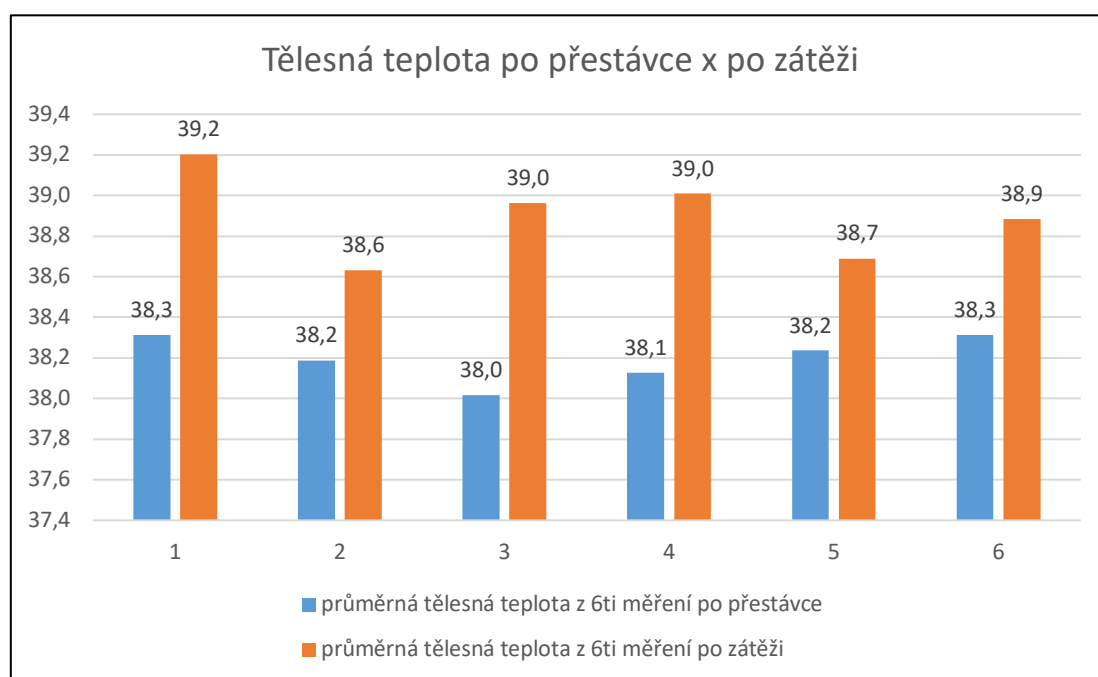
4.3.4 Statistická analýza dat

Statistická analýza se vyhodnocovala pomocí software SAS 9.4. Ke statistické analýze byla použita data 41 psů, přičemž jsme udělali zvlášť analýzu pro data získaná po zátěži a po přestávce. Vliv zátěže, případně přestávky na hodnoty tělesné teploty byly hodnoceny analýzou smíšeného lineárního modelu s opakovaným měřením (proc MIXED). Jako fixní faktory byly použity: průměrná teplota z termosnímků jako spojitá proměnná, kategoriální proměnná „sekce“ (1; 2; 3) v případě analýzy vlivu po zátěži nebo kategoriální proměnná „pauza“ (1; 2; 3) v případě analýzy vlivu přestávky. Dále pak byly využity efekty pohlaví psa jako kategoriální proměnná a věk psa (spojitá proměnná). Místo konání měření a identifikace psovoda vstoupily do analýzy jako náhodný faktor. Pro zjištění rozdílů mezi kategoriálními fixními faktory byla využita metoda nejmenších čtverců (LS means).

5 Výsledky

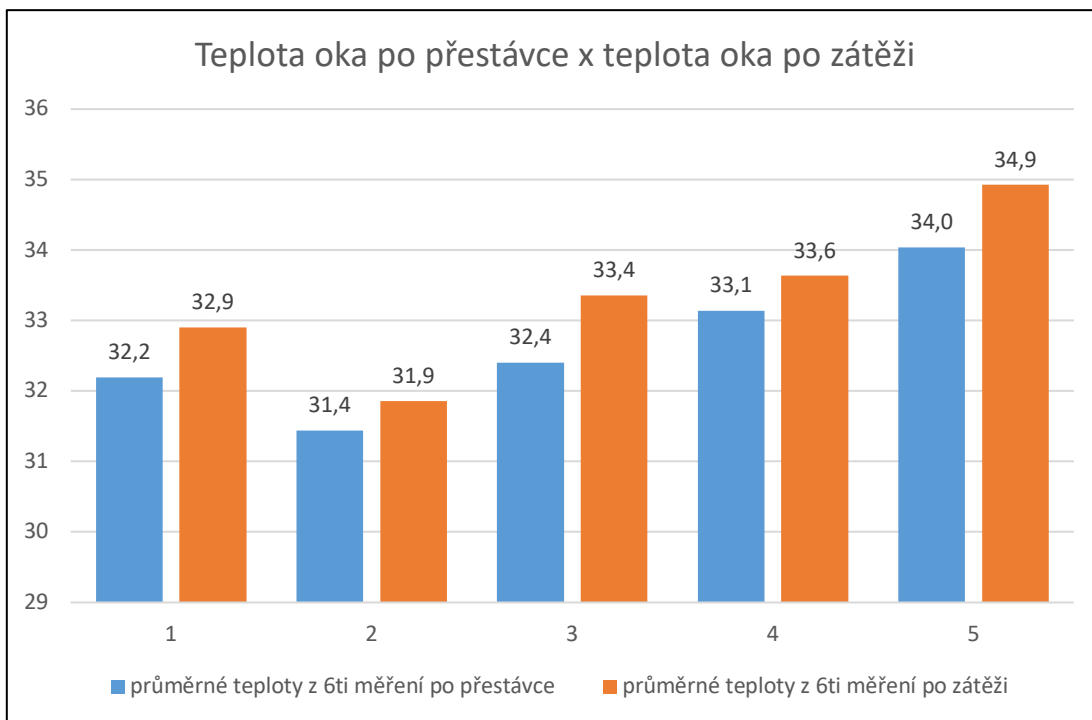
5.1 Deskriptivní statistická analýza

Bylo zjištěno, že průměrná tělesná teplota po zátěži (38,9 °C) byla vyšší než průměrná tělesná teplota po přestávce (38,2 °C) (viz Graf 1).



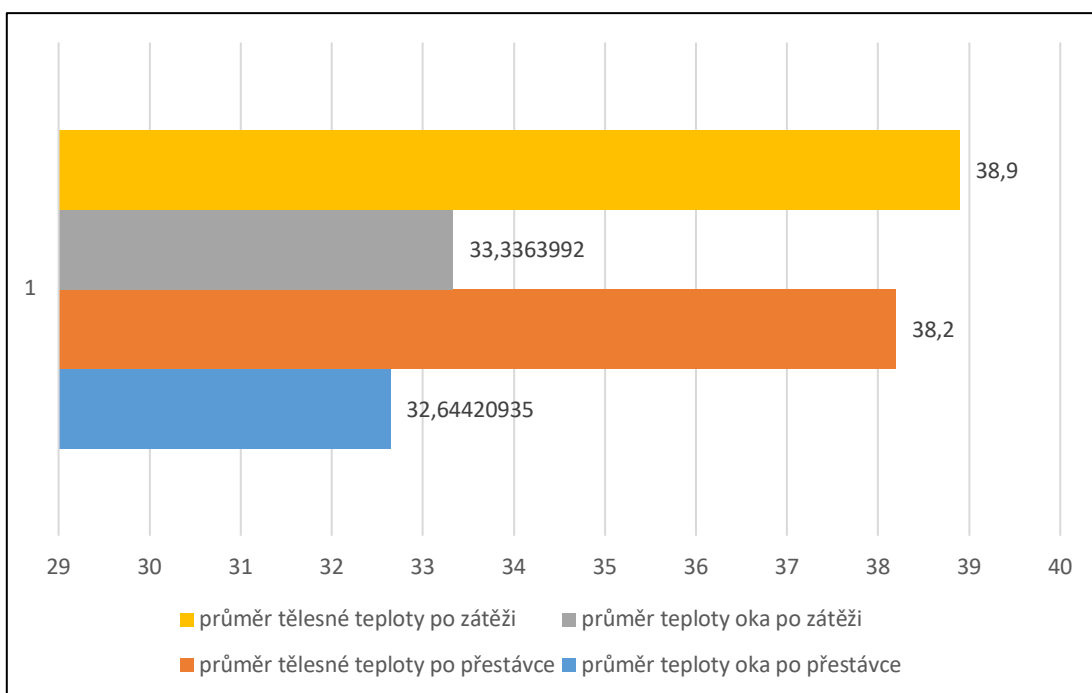
Graf 1 Tělesná teplota po přestávce a po zátěži

Průměrná teplota oka po zátěži byla vyšší (33,3 °C) než průměrná teplota oka po přestávce (32,6 °C) (viz Graf 2).



Graf 2 Průměrná teplota oka po přestávce a po zátěži

Celkový přehled průměrných hodnot (viz Graf 3).



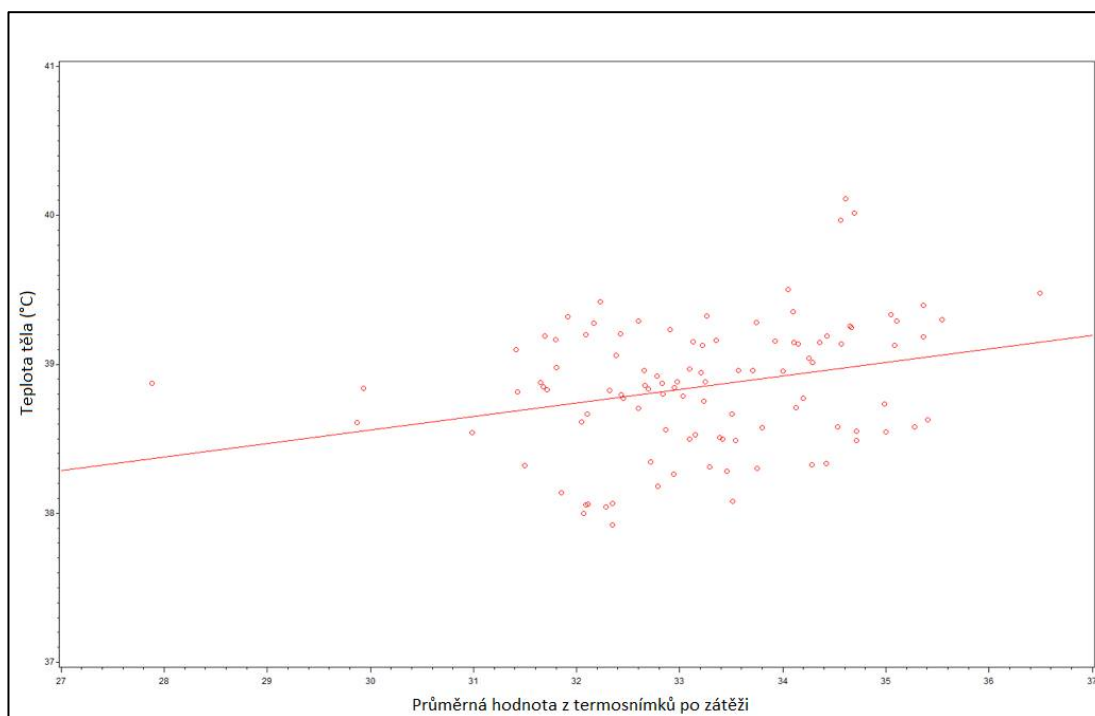
Graf 3 Průměrné hodnoty

Nejvyšší naměřená teplota u psa byla 40,7 °C po přestávce a nejnižší 36,0 °C po zátěži. Průměrná tělesná teplota byla 38,5 °C.

5.2 Analýza vztahů mezi údaji z termokamery, tělesnými teplotami, sekce v průběhu terénního cvičení a vlastnostmi psa

5.2.1 Výsledky po zátěži

Byla zjištěna tendence souvislosti mezi průměrnými teplotami z termosnímků a teplotou těla ($F_{1,94}= 3,38$; $P=0,07$). Vzájemně tělesná teplota těla měla tendenci ovlivnit teplotu měřenou termokamerou z oka psa (viz Graf 4).

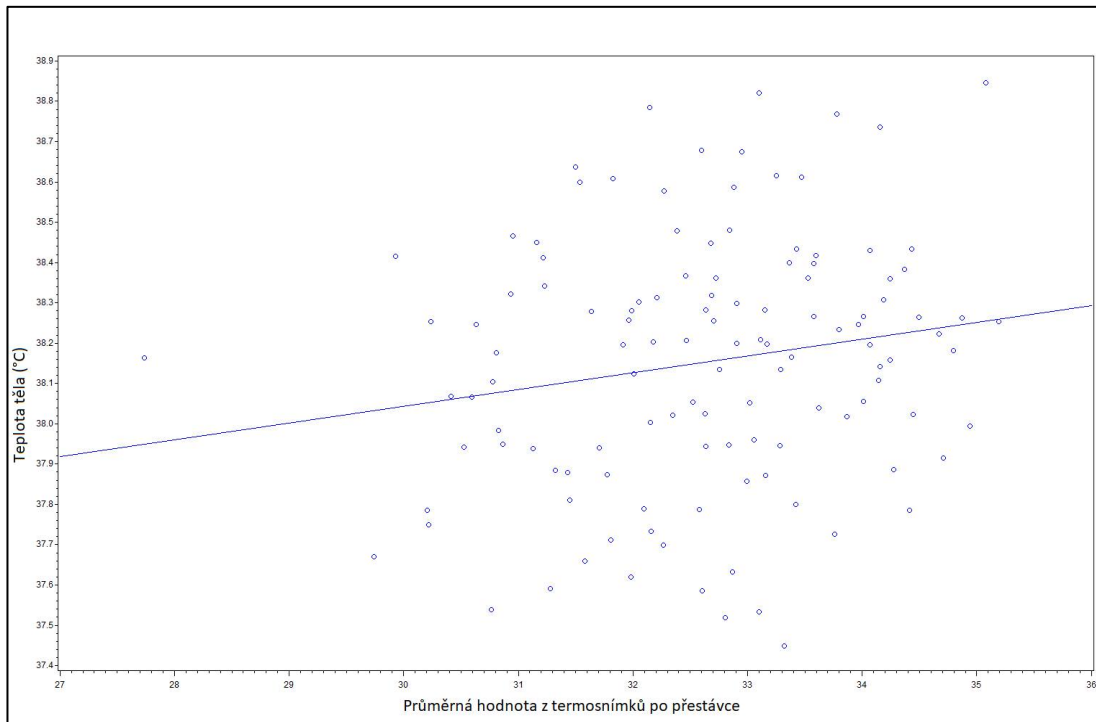


Graf 4 Vztah mezi teplotou těla a termosnímkou po zátěži

Efekt sekce, pohlaví a věk psa nebyl v měření po zátěži signifikantní (sekce: $F_{1,64}=0,42$; $P=0,66$; pohlaví: $F_{1,43}=2,49$; $P=0,12$; věk: $F_{1,42}=1,5$; $P=0,23$).

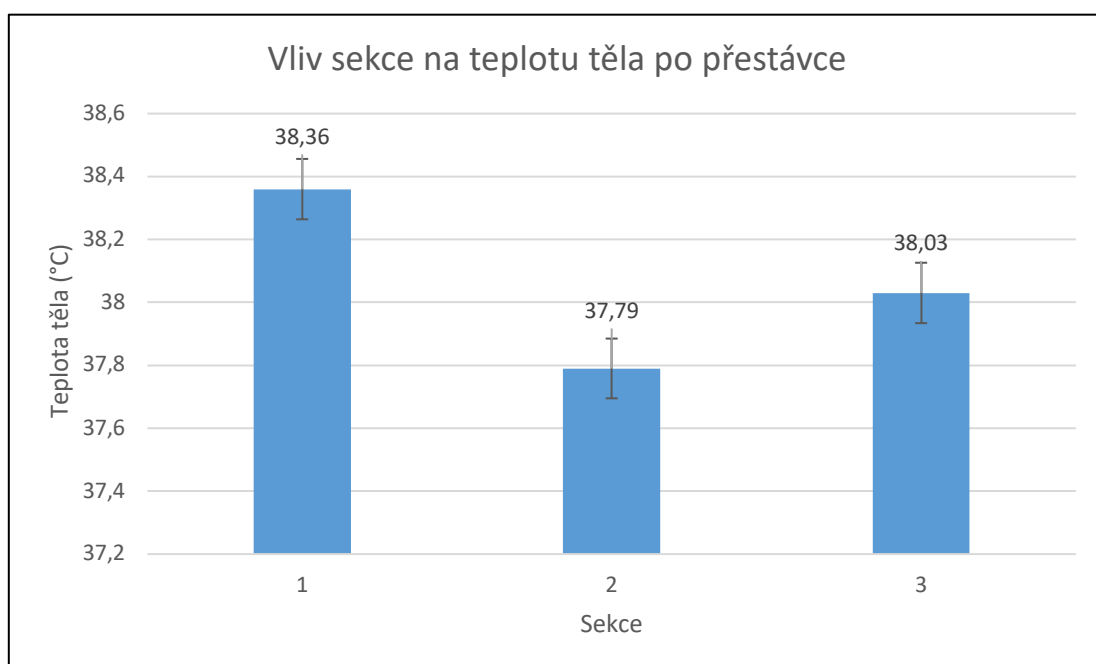
5.2.2 Výsledky po přestávce

Vztah mezi průměrnými teplotami z termosnímků a tělesnou teplotou byl po přestávce signifikantní ($F_{1,93}=5,98$; $P=0,02$). Bylo zjištěno, že čím vyšší byla teplota těla, tím vyšší byla průměrná hodnota z termosnímků (viz Graf 5).



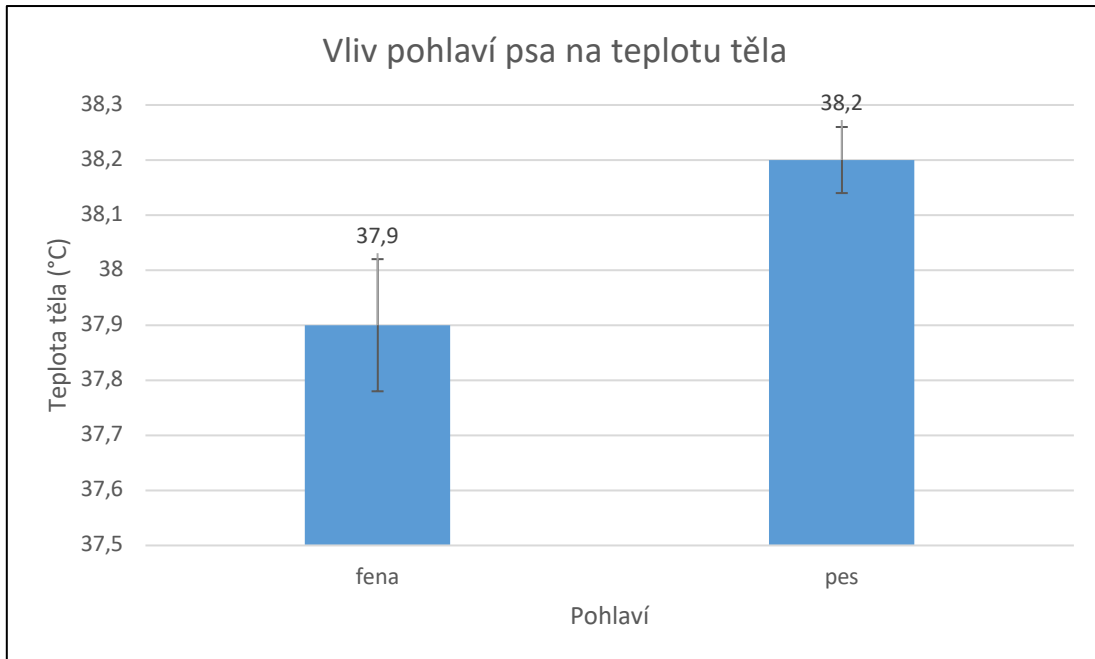
Graf 5 Vztah mezi teplotou těla a termosnímkou po přestávce

Vliv sekce na teplotu těla byl také signifikantní ($F_{1,84}=11,6$; $P=0,0001$). Při první terénní sekci se psi více „snažili“ (byli motivováni), zatímco při dalších dvou se už mohla projevit únava ze sekce první, takže měli tendenci se víc šetřit (viz Graf 6).

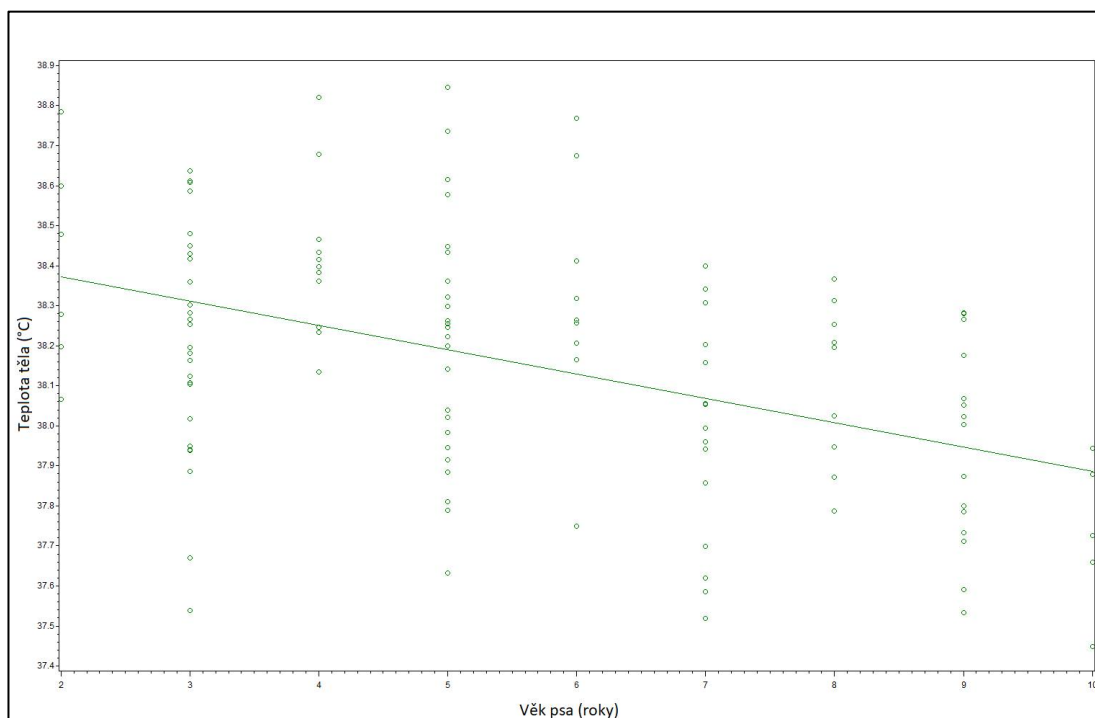


Graf 6 Vliv pořadí terénní sekce na tělesné teploty měřené po následujících hodinových přestávkách

Vliv parametrů psa jako je pohlaví a věk byly signifikantní (pohlaví: $F_{1,40}=4,81$; $P=0,03$; věk: $F_{1,42}=7,58$; $P=0,009$). Prokázalo se, že psi měli tendenci k vyšším teplotám než feny (viz Graf 7). A také, že tělesné teploty klesaly s věkem, což naznačuje úspornější pohybový režim u starších psů (viz Graf 8).



Graf 7 Vliv pohlaví psa na teplotu těla po přestávce



Graf 8 Vztah mezi teplotou těla a věkem psů

6 Diskuze

Tato diplomová práce vznikla jako jedna z pilotních studií k projektu Ministerstva vnitra ČR „Využití vyspělých technologií a čichových schopností psů pro zvýšení efektivity vyhledávání pohřešovaných osob v terénu.“

Je důležité brát v úvahu, že na psy a psovody během pátrání působily faktory, které je ovlivňují. Například uražená vzdálenost, rychlost a intenzita prohledání daného sektoru v terénu (doba strávená v terénu), počasí, plemenná příslušnost, věk a pohlaví psů a psovodů. To vše jsou faktory, které ovlivňují celý výzkum.

Dle Cilulka et al. (2013) je doporučení pro měření pomocí termokamery takové, že by zvířata neměla před měřením vykonávat fyzickou aktivitu a měla by být udržována v experimentálních prostorách kvůli minimalizaci chyb. Toto doporučení se však neshoduje nejen s naším experimentem, ale obecně s experimenty, které vyžadují použití termokamery mimo laboratorní podmínky a na jedincích, kteří vykonávají určitou činnost (například studie Graves et al. (1972) a Cilulko et Janizewski (2013), kteří používali ve výzkumu termokameru pro zjištění velikosti populace).

kdy byli psi naopak vystaveni vysoké fyzické zátěži, protože je potřeba do budoucna využívat termokamery právě v terénu a na pohybujiících se zvířatech.

Byla potvrzena první zvolená hypotéza, že bezprostředně po fyzické zátěži bude mít pes vyšší tělesnou teplotu než po následující hodinové přestávce. Dle výsledků jsme potvrdili, že je mezi těmito zvolenými veličinami signifikantní vztah. Tělesná teplota psa, po návratu z pátrání, byla prokazatelně vyšší než teplota naměřena po přestávce. Výsledky jsou v souladu s tvrzením Young et al. (1959) a Schneider et Slotta-Bachmayr (2009), kteří uvádí, že psi při vyšší zátěži (vyšší pracovní nasazení) mají zvýšenou tělesnou teplotu.

Druhou zvolenou hypotézou byl předpoklad, že zvýšená teplota vybraných bodů na obličejové části hlavy psa bude vykazovat pozitivní vztah se zvýšenou tělesnou teplotou po zátěži. Statistická analýza nepodpořila hypotetické tvrzení po zátěži, ale po přestávce již signifikantní vztah mezi tělesnou teplotou a teplotou oka potvrzen byl. Mezi vztahem zvýšené tělesné teploty a teplotou vybraných bodů na obličejové části hlavy psa po zátěži byla zjištěna pouze tendence vzájemného vlivu bez statistické významnosti, tudíž nelze jednoznačně potvrdit zvolenou hypotézu. Zjištění pouhé tendence je zřejmě způsobeno malým množstvím dat.

Také nebyl potvrzen vliv sekce, pohlaví a věku po zátěži na tělesnou teplotu. To lze vysvětlit tím, že jsou psi ihned po zátěži přehřátí, a proto je menší šance u nich získat relevantní data a v důsledku zátěže se hůře projeví individuální rozdíly v regenerační schopnosti.

Zatímco bezprostředně po zátěži nám signifikantní vztah nevyšel, po přestávce již ano, a to je ve shodě s tím, co zjistil Zanghi (2016), který ve své studii uvádí, že teplota těla, která byla měřena rektálním teploměrem, významně souvisí s teplotou oka, která byla měřena pomocí infračervené termografie. Také uvádí, že teplota oka může být využita jako monitorování zvýšené tělesné teploty vyvolanou zátěží. Tato studie poskytuje důkazy podporující použití infračervené termografie pro měření teploty oka jako účinného způsobu monitorování teploty těla pasivním způsobem a na dálku bez nutnosti fyzického kontaktu se psem, což se shoduje se způsobem, jakým jsme my získávali průměrné teploty oka během experimentu. Na základě tohoto výsledku je důležité zmínit, že psi musí mít velkou schopnost regulace tělesné teploty, a to také z toho důvodu, že je to nezbytné pro udržení trvalé pracovní síly (Young et al., 1959). Dle Young et al. (1959) mezi těmito faktory existuje vysoký stupeň korelace.

Dále jsme zjistili, že se zvyšující se tělesnou teplotou, stoupala průměrná teplota oka. Psi jsou po přestávce zregenerovaní, a proto se více projeví jejich individuální regenerační schopnosti a také vztah jednotlivých fyzikálních parametrů.

Dále vliv terénní sekce na tělesnou teplotu po přestávce byl signifikantní. Při první terénní sekci byli psi více motivováni, v souvislosti s tím se při pohybu v terénu intenzivněji namáhali. Naproti tomu na dalších dvou sekcích byl pohyb psů úspornější, protože se zde mohla projevit únava ze sekce první, takže měli tendenci se více šetřit a také mohli být méně motivováni.

Vliv věku a pohlaví na tělesnou teplotu po přestávce vyšel též signifikantně. Prokázalo se, že čím starší pes byl, tím nižší tělesnou teplotu měl, což může naznačovat, že se starší psi více šetří a mají tendenci být klidnější, oproti mladším. Tento fakt se shoduje s tvrzením Schneider et Slotta-Bachmayr (2009), kteří ve své studii zmiňují, že čím vyšší je hladina aktivity psů během vyhledávání, tím vyšší je po vyhledání nárůst teploty. To lze vysvětlit zvýšením svalové aktivity aktivnějších psů a související zvýšené tvorby tělesného tepla (Schneider et Slotta-Bachmayr, 2009).

U vlivu pohlaví bylo zjištěno, že psi měli tendenci k vyšším teplotám než feny.

Jako nejvyšší tělesnou teplotu jsme naměřili 40,7 °C a nejnižší 36,0 °C, přičemž průměrná teplota po zátěži byla 38,9 °C a po přestávce 38,2 °C. Průměrná teplota těla naměřená po přestávce se shoduje s výsledkem Schneider et Slotta-Bachmayr (2009), kteří udávají, že teplota těla u psů se v klidovém režimu pohybuje v rozmezí 37,5 – 39,0 °C a také teplota 38,9 °C naměřená po zátěži potvrdila výrok Schneider et Slotta-Bachmayr (2009), kteří tvrdí, že během fyzické aktivity se tělesná teplota zvyšuje, protože svalová aktivita vytváří teplo.

Nejvyšší teplota (40,7 °C) naměřena u více psů je hraniční pro poškození organismu. Teplota těla musí být regulována v úzkém rozmezí (dokonce i při fyzickém či duševním namáhání), protože teplota přesahující 40 °C vede k poškození buněk a poté k břišním úzkostem (Bjotvedt et al., 1984; Schneider et Slotta-Bachmayr, 2009). U žádného ze zúčastněných psů nebylo zaznamenáno termoregulační selhání nebo hypertermie.

Mezi nejteplejší části těla se obecně řadí hlava, orgány a oči (McCafferty, 2007). Z tohoto důvodu jsme zvolili pro vyhodnocování termosnímků teplotu oka. Dle Travain et al. (2015) je právě teplota oka jedna z nejvíce využívaných teplot při měření a vyhodnocování termosnímků.

Průměrná teplota oka po zátěži byla vyšší (33,3 °C) než průměrná teplota oka po přestávce (32,6 °C). Tento výsledek rovněž interpretoval Zanghi (2016) ve své studii.

Je důležité zmínit, že pořizování termosnímků je ovlivňováno mnoha faktory, a to jak vnějšími (sluneční záření, srážky, vlhkost větru a vzduchu) (McCafferty, 2007; Hilsberg-Merz, 2008), tak vnitřními (kvalita srsti, fyzická aktivita nebo stresory) (Cilulko et al., 2013).

Právě stresory jsou jedním z nejdůležitějších faktorů, které ovlivňují teplotu. Dle Travain et al. (2015) je nepravděpodobné, že by pozorované zvýšení teploty oka záviselo pouze na aktivitách psů, nárůst teploty oka je spojen také se stresem.

Mnoho autorů potvrzuje, že stres může vyvolat zvýšení tělesné teploty Oka et al., 2001; Vianna et Carrive, 2005; Ogata et al., 2006; Bouwknecht et al., 2007), což zpětně ovlivňuje teplotu oka. Naopak teplota oka také může být dobrým indikátorem tělesné teploty u psů (Travain et al., 2015).

Pro další studium by bylo vhodné upravit některé sledované faktory, kterými by došlo k minimalizaci chyb v analýzách a také k minimálnímu ovlivnění výsledků. Přínosné by bylo i zvýšit počet sledovaných dat.

Nepotvrzení druhé hypotézy mohlo být ovlivněno například sníženým množstvím dat oproti vstupnímu souboru měřených jedinců. Některé snímky totiž z důvodu neodpovídající kvality bylo nutné vyřadit.

Teplota oka se mění dle zátěže a okolní teploty. Jelikož byly podmínky prostředí (počasí, terén) variabilní, měly vliv na rozdílnost výsledků u psů na jednotlivých termosnímkách a tak můžeme konstatovat, že podmínky prostředí mají nezanedbatelný vliv na práci psů i psovodů. Tento vliv jsme v této studii nekvantifikovali, proto nedokážeme přesně vyjádřit, jaký je. Do budoucna by bylo dobré porovnat data z termokamery právě s environmentálními daty.

7 Závěr

Cílem diplomové práce bylo zjistit, zda lze využít termokameru pro stanovení míry fyzické vyčerpanosti psa a také jaká je souvislost mezi rektální teplotou a teplotou oka. Hodnocena byla pouze dílčí část dat z důvodu velkého množství nasbíraných dat v rámci projektu „Využití vyspělých technologií a čichových schopností psů pro zvýšení efektivity vyhledávání pohřešovaných osob v terénu.“ Stanoveny byly dvě hypotézy.

Nejdříve je důležité zmínit, že na psy a psovody působily různé faktory, které je ovlivňovali (např.: uražená vzdálenost, délka propátrávání sekce, věk, pohlaví a také počasí).

Bylo potvrzeno, že po zátěži bude mít pes vyšší tělesnou teplotu než po přestávce. Teplota těla po zátěži byla signifikantně vyšší. Zajímavým výsledkem bylo zjištění, že po zátěži nebyl potvrzen pozitivní vztah mezi zvýšenou teplotou vybraných bodů na obličejové části hlavy psa se zvýšenou tělesnou teplotou, ale pouze tendence vlivu. Zjištění pouhé tendence je zřejmě způsobeno malým množstvím dat. Naopak po přestávce byl zjištěn signifikantní vztah. Se zvyšující se tělesnou teplotou, stoupala průměrná teplota oka. Může to být dáno tím, že jsou psi po přestávce zregenerovaní, a proto se lépe projeví, jak na tom daný pes je.

U dat měřených po zátěži nebyl potvrzen vliv sekce, pohlaví a věku na tělesnou teplotu. Je to dáno tím, že jsou psi po zátěži více zahřátí, a tak je těžké získat relevantní výsledky. Naopak po přestávce byl zjištěn vliv sekce na tělesnou teplotu. Při první terénní sekci byli psi více motivováni, v souvislosti s tím se při pohybu v terénu intenzivněji namáhali, naopak ve druhé a třetí sekci došlo ke snížení tělesné teploty, tudíž mohli být psi více unavení a vyčerpaní a méně se snažili.

U psů byla zjištěna zvýšená tělesná teplota oproti fenám. Také byl prokázán vliv věku na tělesnou teplotu. Mladší psi měli vyšší tělesnou teplotu oproti starším. Tento fakt by mohlo vysvětlovat to, že starší psi se více šetří a mají tendenci být klidnější.

Termokameru lze využít pro stanovení míry vyčerpanosti psa, konkrétněji teplotu očních bodů pro monitorování zvýšené tělesné teploty vyvolané zátěží, ale je potřeba co nejvíce eliminovat chyby, které by mohli ovlivnit výsledky.

8 Seznam použité literatury

Almey, H., Nicklin, S. 1996. How does your dog smell? A review of canine olfaction. *Journal of Defense Sciences*. 1. 345–352.

Bartholomew, G. A., Leitner, P., Neison, P. 1964. Body temperature, oxygen consumption and heart rate in three species of Australian flying foxes. *Physiological zoology*. 37. 179-198.

Bennett, A. F., Ruben, J. A. 1979. Endothermy and activity in vertebrates. *Science*. 206. 649–654.

Beerda, B., Schilder, M. B., Janssen, N. S., Mol, J. A. 1996. The use of saliva cortisol, urinary cortisol, and catecholamine measurements for a noninvasive assessment of stress responses in dogs. *Hormones and Behavior*. 30. 272-279.

Biondi, F., Dornbusch, P. T., Sampaio, M., Montiani-Ferreira, F. 2015. Infrared ocular thermography in dogs with and without keratoconjunctivitis sicca. *Veterinary Ophthalmology*. 18 (1). 28-34.

Bjotvedt, G., Weems, C. W., Foley, K. 1984. Strenuous exercise may cause health hazards for racing Greyhounds. *Veterinary Medicine Small Animal Clinic*. 79. 1481-1487.

Boonstra, R., Krebs, C. J., Boutin, S., Eadie, J. M. 1994. Finding mammals using far-infrared thermal imaging. *Journal of Mammalogy*. 75 (4). 1063-1068.

Bouwknicht, J. A., Olivier, B., Paylor, R. E. 2007. The stress-induced hyperthermia paradigm as a physiological animal model for anxiety: a review of pharmacological and genetic studies in the mouse. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. 31. 41-59.

Bowers S., Gandy S., Anderson B., Ryan P., Willard, S. 2009. Assessment of pregnancy in the late-gestation mare digital infrared thermography. *Theriogenology*. 72. 372-377.

Britton, S. W. 1922. Effects of lowering the temperature of homoiothermic animals. *Quarterly Journal of Experimental Physiology*. 13 (1). 55-68.

Burnay, S. G., Williams, T. L., Jones, C. H. 1988. Applications of thermal imaging. Adam Hilger. England. 126-155.

Butler, D. A., Ballard, W. B., Haskell, S. P., Wallace, M. C. 2006. Limitations of thermal infrared imaging for locating neonatal deer in semiarid shrub communities. *The Wildlife Society Bulletin*. 34 (5). 1458–1462.

Cardoso, C. C., Peripolli, V., Amador, S. A., Brandao, E. G., Esteves, G. I. F., Sousa, C. M. Z., Franca, M. F. M. S., Goncalves, F. G., Barbosa, F. A., Montalvao, T. C., Martins, C. F., Fonseca Neto, A. M., McManus, C. 2015. Physiological and thermographic response to heat stress in zebu cattle. *Livestock Science*. 182. 83-92.

Cena, K., Clark, J. A. 1973. Thermographic measurements of the surface temperatures of animals. *Journal of Mammalogy*. 54. 1003–1007.

Cilulko, J., Janiszewski, P., Bogdaszewski, M., Szczygielska, E. 2013. Infrared thermal imaging in studies of wild animals. *European Journal of Wildlife Research*. 59 (1). 17-23.

Cilulko, J., Janiszewski, P. 2013. Infrared thermal imaging in studies of wild animals. *European Journal of Wildlife Research*. 59. 17-23.

Crompton, A.W., Taylor, C. R., Jagger, J. A. 1978. Evolution of homeothermy in mammals. *Nature*. 272 (5651). 333-336.

Ditchkoff, S. S., Raglin, J. B., Smith, J. M., Collier, B. A. 2005. From the field: capture of white-tailed deer fawns using thermal imaging technology. *The Wildlife Society Bulletin*. 33 (3). 1164-1168.

Diverio, S., Barbato, O., Cavallina, R., Guelfi, G., Iaboni, M., Zasso, R., Di Mari, W., Santoro, M. M., Knowles, T. G. 2016. A simulated avalanche search and rescue mission induces temporary physiological and behavioural changes in military dogs. *Physiology & Behavior*. 163 (1). 193-202.

Eichna, L. W., Park, C. R., Nelson, N., Horvath, S. M., Palmes, E. D. 1950. Thermal regulation during acclimatization in a hot, dry (desert type) environment. *American Journal of Physiology*. 163. 585-597.

Ewert, J. P. 1998. *Neurobiologie des Verhaltens*. Verlag Hans Huber. 140–153.

Florant, G. L., Heller, H. C. 1977. CNS regulation of body temperature in euthermic and hibernating marmots (*Marmota flaviventris*). *American Journal of Physiology – Regulatory Integrative and Comparative Physiology*. 232 (5). 203-208.

Folk, G. E., Semken, A. 1991. The evolution of sweat glands. *International Journal of Biometeorology*. 35 (3). 180-186.

Franklin, D. L., Ellis, R. M., Rushmer, R. F. 1959. Aortic blood flow in dogs during treadmill exercise. *Journal of Applied Physiology*. 14. 809-812.

Grandjean, D., Sergheraert, R., Valette, J. P., Driss, F. 1998. Biological and nutritional consequences of work at high altitude in search and rescue dogs: the scientific expedition Chiens des Cimes-Licancabur, 1996. *Journal of Nutrition*. 128. 2694-2697.

Graves, H. B., Bellis, E. D., Knuth, W. M. 1972. Censusing white-tailed deer by airborne thermal infrared imagery. *Journal of Wildlife Management*. 36. 875-884.

Heller, H. C., Hammel, H. T. 1972. CNS control of body temperature during hibernation. *Comparative Biochemistry and Physiology*. 41 (2). 349-359.

Heinrich, B. 1977. Why have some animals evolved to regulate a high body temperature? *Nature*. 111. 623–640.

Hensel, H. Neural processes in thermoregulation. 1973. *Physiological reviews*. 53 (4). 947-1017.

Hilsberg-Merz, S. 2008. Infrared thermography in zoo and wild animals, In: Flower, M. E., Miller R. E. (eds): *Zoo and Wild Animal Medicine Current Therapy*. 20-33.

Hinchcliff, K.W., Olson, J., Crusberg, C., Kenyon, J., Long, R., Royle, W., Weber, W., Burr, J. 1993. Serum biochemical changes in dogs competing in a long-distance sled race. *Journal of American Veterinary Medical Association*. 202. 401-405.

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 of Veterinary science*. 96. 220–226.

Ilkiw, J. E., Davis, P. E., Church, D. B. 1989. Hematologic, biochemical, blood-gas, and acid-base values in greyhounds before and after exercise. *American Journal of Veterinary Research*. 50. 583-586.

Jerem, P., Herbom, K., McCafferty, D., McKeegan, D., Nager, R. 2015. Thermal imaging to study stress non-invasively in unrestrained birds. *Journal of visualized experiments*. 105. 1-7.

Jessen, C. 1985. Thermal afferents in the control of body temperature. *Pharmacology & Therapeutics*. 28. 107–134.

Jodkowska, E. 2005. Temperatura powierzchni ciała jako kryterium predyspozycji wysiłkowych konia. *University of Environmental Life and Sciences*. 1-114.

Kaciuba-Uscilko, H., Grucza, R. 2001. Gender differences in thermoregulation. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*. 4 (6). 533-536.

Kastberger, G., Stachl, R. 2003. Infrared imaging technology and biological applications. *Behavior Research Methods, Instruments and Computers*. 35. 429–439.

Kastelic, J. P., Cook, R. B., Coulter, G. H., Wallins, G. L., Entz, T. 1996. Environmental factors affecting measurement of bovine scrotal surface temperature with infrared thermography. *Animal Reproduction Science*. 4. 153-159.

Kissell, R. E. Tappe, P. A. 2004. An assessment of thermal infrared detection rates using white-tailed deer surrogates. *Journal of the Arkansas Academy of Science*. 58. 70–73.

Klir, J. J., Heath, J.E., Bennani, N. 1990. An infrared thermographic study of surface temperature in relation to external thermal stress in the Mongolian gerbil, *Meriones unguiculatus*. *Comparative Biochemistry and Physiology*. 96 (1). 141–146.

Knizkova, I., Kunc, P., Gurdil, G., Pinar, Y., Selvi, K. 2007. Applications of infrared thermography in animal production. *Journal of the Faculty of Agriculture*. 22. 329–336.

Kolb, E., Seehawer, J. 2002. Die Leistungsfähigkeit des Rennhundes und der Einfluss der Anwendung von Vitaminen. *Tierärztliche Umschau*. 57. 317-325.

Kreissl, H., Neiger, R. 2015. Measurement of body temperature in 300 dogs with a novel noncontact infrared thermometer on the cornea in comparison to a standard rectal digital thermometer. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*. 25. 372-378.

Kuhn, R. A., Wilfried, M. 2009. Infrared thermography of the body surface in the Eurasian otter *Lutra lutra* and the giant otter *Pteronura brasiliensis*. *Aquatic Biology*. 143-152.

Kunc, P., Knizkova, I., Prikryl, M., Maloun, J. 2007. Infrared thermography as a tool to study the milking process: a review. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics*. 40 (1). 29-32.

Ladewig, J. 1994. In Docke, F., Ed. *Veterinärmedizinische Endokrinologie*. 3. Stuttgart: Gustav Fischer. 379-399.

Lopez, M. Sessler, D. I. Walter, K. Emerick, T. Ozaki, M. 1994. Rate and gender dependence of the sweating, vasoconstriction, and shivering thresholds in humans. *Anesthesiology*. 80 (4). 780-788.

Ludwig, N., Gargano, M., Luzi, F., Carenzi, C., Verga, M. 2007. Technical note: applicability of infrared thermography as a non-invasive measurement of stress in rabbit. *World Rabbit Science*. 15. 199-206.

Marino, F.E. 2008. Thermoregulation and Human Performance. *Medicine and Sport Science*. 53. 1-134.

Martineau, L., Larochelle, J. 1988. The cooling power of the pigeon legs. *Journal of Experimental Biology*. 136. 193-208.

Matwichuk, C. L., Taylor, S., Shmon, C. L., Kass, P. H., Shelton, G. D. 1999. Changes in rectal temperature and hematologic, biochemical, blood gas, and acid-base values in healthy Labrador Retrievers before and after strenuous exercise. *American Journal of Veterinary Research*. 60. 88-92.

McCafferty, D. J., Moncrieff, J. B., Taylor, I. R., Boddie, G. F. 1998. The use of IR thermography to measure the radiative temperature and heat loss of a barn owl. *Journal of Thermal Biology*. 23. 311-318.

- McCafferty, D. J. 2007. The value of infrared thermography for research on mammals: previous applications and future directions. *Mammal Review*. 37. 207-223.
- Miller, H. C., DeWall, C. N., Pattison, K., Molet, M., Zentall, T. R. 2012. Too dog tired to avoid danger: Self-control depletion in canines increases behavioral approach toward an aggressive threat. *Psychonomic bulletin & review*. 19 (3). 535-540.
- Minkina, W. 2004. *Pomiary termowizyjne-przyrządy i metody*. Wydawnictwa Politechniki. Częstochowa. 243 p. ISBN: 8371932375.
- Mohler, F. S., Heath, J. E. 1988. Comparison of IR thermography and thermocouple measurement of heat loss from rabbit pinna. *American Journal of Physiology*. 254. 389–395.
- Mortola, J. P. 2013. Thermographic Analysis of Body Surface Temperature of Mammals. *Zoological society of Japan*. 30 (2). 118-124.
- Murphy, M. G., Conroy, S., Lowe, J. A. 1997. Aspects of exercise physiology in the dog. *Irish Veterinary Journal*. 50. 65–69.
- Nakamura, K., Morrison, S. F. 2008. A thermosensory pathway that controls body temperature. *Nature Neuroscience*. 11. 62–71.
- Nakayama, K., Goto, S., Kuraoka, K., Nakamura, K. 2005. Decrease in nasal temperature of rhesus monkeys (*Macaca mulatta*) in negative emotional state. *Physiology Behavior*. 84. 783-790.
- Ogata, N., Kikusui, T., Takeuchi, Y., Mori, Y., 2006. Objective measurement of fear-associated learning in dogs. *Journal of Veterinary Behavior: Clinical Applications and Research*. 1. 55-61.
- Oka, T., Oka, K., Hori, T. 2001. Mechanisms and mediators of psychological stress – induced rise in core temperature. *Psychosomatic Medicine*. 63. 476-486.
- Pavlidis, I., Eberhardt, N. L., Levine, J. A. 2002. Seeing through the face of deception. *Nature*. 415. 1-35.

Romanovsky, A. A. 2014. Skin temperature: its role in thermoregulation. *Acta Physiologica*. 210. 498–507.

Romanovsky, A. A., Almeida, M. C., Garami, A., Steiner, A. A., Norman, M. H., Morrison, S. F., Nakamura, K., Burmeister, J. J., Nucci, T. B. 2009. The transient receptor potential vanilloid-1 channel in thermoregulation: a thermo-sensor it is not. *Pharmacology Review*. 61. 228–261.

Rovira, S., Munoz, A., Benito, M. 2008. Effect of exercise on physiological, blood and endocrine parameters in search and rescue-trained dogs. *Veterinarni medicina*. 53 (6). 333–346.

Schaefer, A. L., Matthews, L. R., Cook, N. J., Webster, J. R., Scott, S. L. 2002. Novel non-invasive measures of animal welfare. In: *Proceedings of Animal Welfare and Behavior: From Science to Solution*. 27-28.

Schilder, M. B. H. 1992. Stress and welfare and its parameters in dogs. *Tijdschrift Dierg*. 117. 53-54.

Schneider, M., Slotta-Bachmayr, L. 2009. Physical and Mental Stress of SAR Dogs during Search Work. *Canine ergonomics: The science of working dogs*. 13. 263-280.

Scholtz, M. M., McManus, C., Leeuw, K. J., Louvandini, H., Seixas, L., Melo, C. B., Theunissen, A., Naser, F. W. C. 2013. The effect of global warming on beef production in developing countries of the southern hemisphere. *National Science*. 5. 1–14.

Speakman, J. R., Ward, S. 1998. Infrared thermography: principles and applications. *Zoology Analysis of Complex Systems*. 101. 224-232.

Steen, I., Steen, J. B. 1965. The importance of the legs in the thermoregulation of birds. *Acta Physiologica Scandinavica*. 63. 285-291.

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.

Stewart, M., Webster, J. R., Verkerk, G. A., Schaefer, A. L., Colyn, J. J., Stafford, K. J. 2007. Non-invasive measurement of stress in dairy cows using infrared thermography. *Physiological Behavior*. 92. 520–525.

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 & Behavior*. 93. 789-797.

Tan, Ch. L., Knight, Z. A. 2008. A regulation of body temperature by the nervous system. *Neuron*. 98 (1). 31-48.

Terrien, J. Perret, M. Aujard, F. 2011. Behavioral thermoregulation in mammals: a review. *Frontiers in Bioscience*. 16. 1428-1444.

Travain, T., Colombo, E. S., Heinz, E., Belluci, D., Previde, E. P., Valsecchi, P. 2015. Hot dogs: Thermography in the assessment of stress in dogs (*Canis familiaris*)-A pilot study. *Journal of Veterinary Behavior*. 10. 17-23.

Vainionpää, M., Raekallio, M., Tuhkalainen, E., Hännineh, H., Alhopuro, N., Savolainen, M., Junnila, J., Hielm-Björkman, A., Snellman, M., Vainio, O. 2012. Comparison of three thermal cameras with canine hip area thermographic images. *Journal of Veterinary Medical Science*. 74 (12). 1539-1544.

Vianna, D. M. L., Carrive, P. 2005. Changes in cutaneous and body temperature during and after conditioned fear to context in the rat. *European Journal of Neuroscience*. 21. 2505-2512.

Webb, P. I., Speakman, J. R., Racey, P. A. 1992. The implications of small reductions in body temperature for radiant and convective heat loss in resting endothermic brown long-eared bats (*Plecotus auritus*). *Journal of Thermal Biology*. 18. 131-135.

Yang, W. J., Yang, P. P. T. 1992. Literature survey on biomedical applications of thermography. *BioMedical Materials and Engineering*. 2. 7-18.

Young, D. R., Mosher, R., Erve, P., Spector, H. 1959. Body temperature and heat exchange during treadmill running in dogs. *Journal of Applied Physiology*. 14. 839-943.

Zanghi, B.M. 2016. Eye and ear temperature using infrared thermography are related to rectal temperature in dogs at rest or with exercise. *Frontiers in veterinary science*. 3. 111.