



Česká
zemědělská
univerzita
v Praze

**Změny chování a fyziologie psa v souvislosti s vyhledáváním
pohřešovaných osob v terénu**

doktorská disertační práce

Autor: Ing. Karel Novák

Školitel: doc. Ing. Helena Chaloupková, Ph.D.

Katedra etologie a zájmových chovů

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

2022

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto disertační práci vypracoval samostatně pod vedením školitelky a výhradně za využití literatury citované v textu. Dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s vytvořením této práce neporušil autorská práva třetích osob. Tato práce, ani její podstatná část, nebyla a nebude využita jako podklad pro splnění žádné jiné zkoušky.

V Horce dne: 18. 8. 2022

Karel Novák

ABSTRAKT

Vyhledávání pohřešovaných osob kynologickými pátracími týmy je náročná a z vědeckého hlediska pozoruhodná disciplína. Potenciál lze vidět zejména ve výzkumu pohybové aktivity a fyziologických markerů zátěže; parametrů, které vypovídají o vlivu tohoto typu práce na fyzickou kondici a zdraví psa. Cílem práce bylo zjistit míru fyziologického a pohybového zatížení psa během simulovaného pátrání ve volném terénu a objasnit vliv objemu zátěže a faktorů vnějšího prostředí na fyziologický stav a pohybovou aktivitu psa při vyhledávání pohřešovaných osob. Sběr dat pro tuto disertační práci probíhal formou celodenních simulovaných pátracích akcí, rozdělených do tří sekcí pátrání v terénu a dvou minimálně hodinových přestávek. Během pátracích akcí byla kontinuálně sledována pohybová aktivita psů za využití GPS a měřeny fyziologické parametry. Testováno bylo celkem 54 psů obou pohlaví a různých plemen ve věku od 2 do 10 let. Zkoumaný soubor zahrnoval psy certifikované i necertifikované v oblasti vyhledávání pohřešovaných osob. Analyzovanými fyziologickými parametry byly tělesná teplota, variabilita srdeční frekvence a salivární kortizol, s předpokládaným vlivem jednotlivých terénních sekcí (zátěží) a přestávek (relaxací), certifikace psa a celkového času stráveného v terénních sektorech. Analýza pohybové aktivity zahrnovala tyto parametry: rychlost horizontálního a vertikálního pohybu, efektivitu pohybu (poměr času stráveného v horizontálním pohybu a celkového času pohybu v terénu) a celkový čas pátrání v terénu, přičemž byl zkoumán vliv faktorů prostředí (sklonitost a prostupnost terénu, teplota okolí) a individuálních charakteristik psů (certifikace v oblasti vyhledávání pohřešovaných osob a věk). Tělesná teplota se dle očekávání významně zvýšila vždy po zátěži, tzn. po všech třech terénních sekcích uskutečněných v každém dni simulované pátrací akce, po hodinové přestávce (relaxaci) naopak došlo ke snížení. Vliv jednotlivých zátěží a relaxací zde byl vysoce signifikantní, naproti tomu certifikace ani celkový čas v terénu na změny tělesné teploty vliv neměly. Variabilita srdeční frekvence nebyla ovlivněna žádným z výše uvedených faktorů. V případě salivárního kortizolu se oproti očekávání snížila koncentrace při měření jak po zátěži, tak po relaxaci. Celkový čas v terénu nevykazoval významný vliv na koncentraci salivárního kortizolu, naproti tomu certifikace ano. U certifikovaných psů byla zjištěna relativně stabilní koncentrace salivárního kortizolu v průběhu celodenní pátrací akce, zatímco u necertifikovaných výrazněji klesala během relaxace. Rychlost horizontálního pohybu se nelišila mezi certifikovanými a necertifikovanými psy, avšak efektivita pohybu byla u certifikovaných psů vyšší a celkový čas pátrání kratší. Nebyla zjištěna korelace věku s žádným

ze čtyř testovaných deskriptorů pohybové aktivity. U všech zúčastněných psů byla rychlost vertikálního pohybu nejvyšší během první terénní sekce, efektivita pohybu nicméně nebyla pořadím terénní sekce ovlivněna. Se zvyšující se sklonitostí terénu rychlost horizontálního pohybu poklesla a celkový čas pátrání vzrostl. Obtížnější prostupnost terénu snížila rychlost vertikálního pohybu i efektivitu pohybu a přispěla k delšímu celkovému času pátrání. Při středních okolních teplotách byla horizontální rychlost pohybu nejvyšší (průměrně 11 až 20 °C) ve srovnání s nižšími i vyššími teplotními rozsahy (do 10 °C, nad 21 °C). Tato práce potvrzuje fyzickou náročnost vyhledávání pohřešovaných osob v terénu, způsobenou zejména charakterem terénu a teplotou okolí, v menší míře časem stráveným tímto typem práce. Zároveň však lze konstatovat, že psi nejsou neúměrně fyzicky zatěžováni ani při celodenní simulované pátrací akci. Certifikovaní psi, kterým nechybí trénink a zkušenosti, zvládají pohyb v terénu efektivněji, což může mít nezanedbatelný vliv na úspěch reálných pátracích akcí po pohřešovaných osobách. I přes dílčí limity diskutované v textu práce lze výsledky považovat za velmi relevantní pro praktickou záchranářskou kynologii i pro výzkum fyziologie a welfare psa.

Klíčová slova: pes domácí, vyhledávání pohřešovaných osob, pohybová aktivita, fyziologie, zátěž.

ABSTRACT

Searching for missing persons in open terrain (ground SAR work) is a demanding and from scientific point of view remarkable discipline. Great potential can be seen particularly in research of locomotor activity and physiological markers of physical load; parameters that characterise an influence of this type of work on physical condition and health of dogs. The aim of this study was to investigate the rate of physiological and locomotor load of SAR dogs during simulated ground SAR mission and to clarify how load of locomotion and environmental conditions influence physiological state and locomotor activity of a dog during this type of work. Data sampling for study presented in this doctoral thesis was conducted during all-day simulated SAR events, comprising of three terrain actions and two one-hour breaks. All events were realised with continual monitoring of locomotor activity of dogs via GPS receivers and measuring of physiological parameters. Altogether 54 dogs of both sexes and various breeds ranging between 2 and 10 years of age were tested. Both ground SAR-certified and uncertified dogs were included in the sample. Analysed physiological parameters included rectal temperature, variability of heart rate and salivary cortisol. The influence of search actions and breaks, certification, and total time in terrain on physiological parameters was tested. Parameters of locomotor activity included horizontal and vertical locomotion speed, effectiveness (a ratio of time spend in horizontal locomotion to total time of locomotion in terrain) and total time of searching. A potential influence of environmental factors (slope of terrain, penetrability of vegetation and ambient temperature) and individual characteristics of dogs (certification in ground SAR, age) on above mentioned locomotor parameters was tested. Body temperature raised after all three search actions in terrain with highest rising measured after second search action. The factor of search actions and breaks was highly influential on body temperature. On the contrary, certification and total time had no influence. In case of heart rate variability, no significant influence of any factor was revealed. Salivary cortisol was unlike other two physiological parameters significantly influenced by certification, with certificated dogs showing more stable concentrations of salivary cortisol through the all-day event. Speed of horizontal locomotion did not differ according to the certification of dogs, yet effectiveness of locomotion was higher in case of certified dogs and the total time of searching was also shorter in certified dogs. Age was not correlated to any of four locomotor activity parameters. The speed of horizontal locomotion was highest during first search action while effectiveness was not dependent on search action. With higher terrain slope, speed of horizontal locomotion

decreased while total time of searching rose. Difficult penetrability of terrain lowered both speed of vertical locomotion and effectiveness of locomotion and contributed to longer total time of searching. Speed of horizontal locomotion was highest in ambient temperature values ranging from 11 to 20 °C. This doctoral thesis confirms that ground SAR work is a demanding type of work where character of terrain, ambient temperature and, to a lesser extent, time spent with searching in terrain are most demanding factors. On the other hand, dogs are not overly physically stressed by ground SAR work even if they work all day and certified individuals with a proper training and experience level come out to perform more effective locomotion which can importantly contribute to the success of real ground SAR missions for missing persons. Thus, certain limits discussed in the manuscript, results and conclusions of this study can be highly relevant for SAR canine practice and for canine physiological and welfare science as well.

Keywords: domestic dog, search and rescue work, locomotor activity, physiology, strain.

OBSAH

1. ÚVOD	1
2. CÍL	2
3. LITERÁRNÍ REŠERŠE	4
3.1 Tělesná teplota jako fyziologický marker zatížení u pracovních psů	4
3.2 Srdeční frekvence a variabilita jako fyziologický marker zatížení u pracovních psů	8
3.3 Fyziologie stresových reakcí u psa se zaměřením na salivární kortizol	13
3.4 Hodnocení pohybového zatížení psů s využitím GPS sledování	20
4. METODIKA	23
4.1 Terénní cvičení a kynologické pátrací týmy	23
4.2 Subjekty	28
4.3 Sběr dat	29
4.3.1 Monitoring pohybové aktivity psů	29
4.3.2 Fyziologická měření	29
4.3.3 Meteorologická data	31
4.3.4 Dotazníkové šetření	31
4.4 Analýza salivárního kortizolu	31
4.5 Statistická analýza dat	31
4.5.1 Korelační analýza fyziologických parametrů	32
4.5.2 Analýza faktorů ovlivňujících fyziologický stav psa	32
4.5.3 Analýza pohybové aktivity psa	34
5. VÝSLEDKY	36
5.1 Základní deskriptivní výsledky	36
5.2 Výsledky analýzy faktorů ovlivňujících fyziologický stav psa	37
5.2.1 Korelační analýzy	37
5.2.2 Analýzy faktorů ovlivňujících fyziologický stav psa – tělesná teplota	37
5.2.3 Analýzy faktorů ovlivňujících fyziologický stav psa – variabilita srdeční frekvence	38
5.2.4 Analýzy faktorů ovlivňujících fyziologický stav psa – salivární kortizol	38
5.3 Výsledky analýzy pohybové aktivity a souvisejících parametrů (vnější faktory, individuální charakteristiky psa)	39
5.3.1 Korelační analýzy	39
5.3.2 Výsledky analýzy pohybové aktivity a souvisejících parametrů	39
5.3.2.1 Výsledky analýzy pohybové aktivity a souvisejících parametrů – certifikace psa	41
5.3.2.2 Výsledky analýzy pohybové aktivity a souvisejících parametrů – terénní sekce a přestávky	41

5.3.2.3 Výsledky analýzy pohybové aktivity a souvisejících parametrů – sklonitost terénu	41
5.3.2.4 Výsledky analýzy pohybové aktivity a souvisejících parametrů – prostupnost terénu.....	41
5.3.2.5 Výsledky analýzy pohybové aktivity a souvisejících parametrů – teplota okolí	42
6. DISKUSE	43
7. ZÁVĚR	52
8. PUBLIKOVANÉ A PŘIPRAVOVANÉ VÝSTUPY TÉTO DISERTAČNÍ PRÁCE	55
9. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	56
10. SAMOSTATNÉ PŘÍLOHY	62

1. ÚVOD

Vyhledávání pohřešovaných osob je jako odvětví služebního využití psa člověkem zdokumentováno již od 18. století (Fenton 1992). Psi jsou úspěšně nasazováni pro vyhledávání pohřešovaných osob v terénu, pod lavinami i pod sutinami, a navzdory nepřetržitému rozvoji nových technologií zůstávají nejrychlejším a nejefektivnějším prostředkem pro vyhledávání pohřešovaných osob zejména v otevřeném či těžko přístupném terénu (Schneider & Slotta-Bachmayr 2009). Z veterinárního hlediska je zdůrazňován požadavek na zdravý muskulo-skeletární systém stejně jako na zdravý kardiovaskulární a respirační systém psa (Jones et al. 2004). Z behaviorálního hlediska jsou zde vysoké nároky na poslušnost psa a pevný vztah s psovodem (Rovira et al. 2008). Souhrnně lze konstatovat, že pes využívaný pro vyhledávání pohřešovaných osob by měl vykazovat celou řadu charakteristik jako je vynikající čich, vysoká pracovní motivace, dobrá zdravotní kondice, agilní a atletické fyzické dispozice a stabilní, předvídatelné chování (Schneider & Slotta Bachmayr 2009).

Vzhledem k náročnému charakteru plošného vyhledávání pohřešovaných osob a vysokému potenciálu této disciplíny pro záchranu lidských životů, je velmi důležité studovat tuto problematiku ze dvou obecných pohledů: i) efektivity kynologických záchranných týmů při práci a ii) životní pohody a zdravotního stavu psa. Dosavadní studie zaměřené na výzkum fyziologie či chování psů pátrajících po pohřešovaných osobách při plošném vyhledávání (např. Rovira et al. 2008, Schneider et al. 2009, Schneider & Slotta-Bachmayr 2009, Greatbatch et al. 2015, Spoo et al. 2015, Wojtaś et al. 2020) přinesly důležité dílčí poznatky, žádná z nich však neměla komplexní charakter simulace reálné pátrací akce a nebyla v rámci ní uskutečněna detailní analýza pohybové aktivity psů. Výše zmíněné studie pracovaly s menšími soubory jedinců při kratších a méně intenzivních cvičných terénních akcích, vyhodnocovaly užší spektrum fyziologických, behaviorálních či pohybově-biomechanických markerů anebo probíhaly ve víceméně stabilních podmínkách jedné lokality. Z praktického hlediska je proto nutné studovat co nejpočetnější a nejrozmanitější soubory kynologických záchranných týmů za metodologicky stabilního přístupu simulované celodenní pátrací akce v různorodém terénu, a pořizovat široké spektrum zejména fyziologických a pohybových, příp. behaviorálních parametrů, které vypovídají o fyzické i mentální kondici psa a jeho schopnosti zvládat fyzický i psychický stres spojený s tímto typem práce.

2. CÍL

Cílem této disertační práce bylo zjistit míru fyziologického a pohybového zatížení psa během simulovaného pátrání ve volném terénu a objasnit vliv objemu zátěže a faktorů vnějšího prostředí na fyziologický stav a pohybovou aktivitu psa při tomto typu práce, dále pak prozkoumat schopnost a míru regenerace organismu psa během přestávek mezi po sobě následujícími pátracími akcemi v rámci celodenního terénního cvičení.

Tato práce si dále klade za cíl přinést aplikovatelný výstup s praktickými doporučeními ohledně certifikace a úrovně trénovanosti psů při pachových pracích zaměřených na plošné vyhledávání osob, a přispět poznatky využitelnými pro organizace integrovaného záchranného systému České republiky zodpovědné za reálné nasazení kynologických pátracích týmů.

Pro tuto práci byly stanoveny následující hypotézy:

- i) Hodnoty tělesné teploty a salivárního kortizolu jsou negativně korelované s hodnotami variability srdeční frekvence, kdy se vzrůstající tělesnou teplotou a vzrůstající koncentrací kortizolu po pátrání v terénu variabilita srdeční frekvence klesá.
- ii) S narůstající fyzickou zátěží, kterou reprezentuje pořadí terénních sekcí od první do třetí se zvyšuje tělesná teplota a klesá regenerační schopnost v rámci hodinových přestávek.
- iii) Tělesná teplota a hodnoty z termografického snímkování obličejové části hlavy psa jsou po pátrací akci i po relaxaci silně pozitivně korelované.
- iv) Certifikovaní psi (tzn. psi s vyšší úrovní tréninku a zkušeností) vykazují efektivnější pohyb v terénu a kratší čas propátrání sektorů.
- v) Certifikovaní psi během přestávky po pátrací akci v terénu vykazují rychlejší regeneraci fyziologických parametrů zátěže (tělesné teploty, variability srdeční frekvence a salivárního kortizolu) směrem k rozmezí klidových hodnot.
- vi) Starší psi (ve věku od 7 let výše) během přestávky po pátrací akci v terénu vykazují nižší úroveň regenerace fyziologických parametrů zátěže (tělesné teploty, srdeční frekvence a variability) směrem k rozmezí klidových hodnot.
- vii) Náročnější terénní podmínky (vyšší sklonitost terénu, horší prostupnost terénu vlivem vegetačního krytu) vykazují negativní vliv na parametry pohybové aktivity psů (rychlost a efektivita pohybu, čas propátrání sektorů) i na fyziologické

parametry zátěže (tělesná teplota, srdeční frekvence a variabilita) při pátrací akci v terénu.

- viii) Vyšší teplota okolí (nad 20 °C) jako vnější faktor komplikující termoregulaci psa má negativní vliv na fyziologické parametry zátěže a jejich regeneraci během pátrací akce v terénu.

3. LITERÁRNÍ REŠERŠE

3.1 Tělesná teplota jako fyziologický marker zatížení u pracovních psů

Termoregulace je u homeotermních živočichů klíčovým mechanismem udržení homeostázy (Terrien et al. 2011), přičemž hodnoty tělesné teploty musí být regulovány v úzkém fyziologickém rozmezí i v situacích fyzického či mentálního stresu. Tělesná teplota se u psa domácího v klidu pohybuje v rozmezí 37,5 až 39 °C, o něco nižší bývá u psů střední a větší velikosti (viz níže). Teploty dlouhodobě přesahující 40 °C u psa vedou k poškození tkání a další zvýšení nad 41 °C může vést ke kolapsu krevního oběhu (Schneider & Slotta-Bachmayr 2009). Pes má potní žlázy pouze na polštářcích tlapek, z toho důvodu jsou u psa oproti relativně málo efektivnímu pocení nejvýznamnějšími termoregulačními mechanismy respirační evaporace a dilatace podkožních cév (Schneider & Slotta-Bachmayr 2009). Pro zvýšení množství odpařené vody a v konečném důsledku zvýšení disipace přebytečného tepla, psi potřebují zvýšit objem vzduchu proudícího přes nosní či orální sliznici prostřednictvím zvýšené ventilace. Jedná se o aktivní proces zvyšující metabolický výdej a opětovně zvyšující i produkci tepla (Davis et al. 2017), čímž vzniká konflikt se snahou organismu minimalizovat energetické výdaje pro udržení fyziologického rozmezí tělesné teploty (normotermie) (Terrien et al. 2011).

Měření tělesné teploty umožňuje identifikaci změn teploty tělesného jádra v souvislosti se změnami stavu organismu (Sousa et al. 2011). Konvenční rektální teploměry se dle Sousa et al. (2011) ukazují jako méně vhodné z hlediska možné kontaminace, pro řadu psů představují stresový faktor, a navíc měření ovlivňuje peristaltika střev, přítomnost fekálií i svalový tonus konečníku. Možnou alternativou jsou infračervené ušní teploměry, a to vzhledem k rychlejší a šetrnější manipulaci, relativně vysoké přesnosti a obecně méně stresové reakci ze strany vyšetřovaného zvířete. Další tělní krajinou umožňující detekci tělesné teploty je oblast oka (Travain et al. 2015). Ta, zejména v okolí vnějšího okraje očního víčka a slzného kanálku, disponuje bohatě prokrvenými ložisky, která odpovídají na změny průtoku krve vedoucí k lokálním změnám teploty. U infračervené termografie zaměřené na oblast oka předchozí výzkum ukázal její schopnost detekovat zánětlivé reakce či horečku u skotu, koní či poníků (Johnson et al. 2011), podobně jako mentálním stresem podmíněnou hypertermii u psů při návštěvě veterinární kliniky (Travain et al. 2015). Jak ušní, tak oční teplota měřená v klidu či bezprostředně po fyzickém cvičení jsou tedy u psa ovlivněny nejen změnami teploty mozku, ale též fluktuací teploty tělesného jádra a lze je využít jako fyziologický marker fyzické a

mentální zátěže. Zanghi (2016) porovnal výsledky měření tělesné teploty infračerveným ušním teploměrem a snímání teploty oka pomocí infračervené termografie s konvenčním přístupem rektálního měření. Jeho studie potvrzuje, že jak snímání tělesné teploty v uchu, tak infračervená termografie při snímání oka jsou svou přesností srovnatelné s konvenčním přístupem měření rektální metodou a obě metody jsou dostatečně citlivé k detekci hypertermie spojené s fyzickým výkonem. Důležité je však zmínit, že ušní měření u odpočívajících psů se dostatečně shoduje s měřením rektální metodou, zatímco oční infračervené snímání výrazně méně. Snímání infračervenou kamerou a následná termografická analýza by tedy v praxi neměly být využívány jako náhrada za neuskutečněné měření tělesné teploty rektální či ušní metodou.

Při interpretaci výsledků měření tělesné teploty je třeba brát v potaz přirozený ontogenetický vývoj a fyziologický průběh tohoto parametru u psa domácího. Podle Piccione et al. (2009), u novorozených štěňat je denní oscilace tělesné teploty slabá a více se projevuje až s přibývajícím věkem jedince. Rozdíl v tělesné teplotě mezi ránem a večerem spojený s nárůstem teploty v průběhu dne začíná být u štěňat patrný od devátého dne života a postupně se zvětšuje až po dosažení stabilního denního rytmu kolem osmého měsíce života. Nejsou známé signifikantní rozdíly v závislosti na pohlaví. Naproti tomu se projevuje rozdíl mezi plemeny, a to v průměrné tělesné teplotě, která je vyšší u psů malých plemen. Není zcela jasné, proč psi malých plemen obecně vykazují vyšší hodnoty klidové tělesné teploty. Je možné, že vyšší tělesné teploty u tělesně malých psů jsou způsobeny vyšším specifickým metabolickým výdejem (Piccione et al. 2009), obecným jevem u tělesně menších homeotermních živočichů (např. Lavers 2003). Výsledky pozdější studie uskutečněné Piccione et al. (2011) naznačují, že psi se sklony k obezitě vykazují nižší hodnoty rektální tělesné teploty oproti štíhlejším psům stejné velikosti. Metabolismus organismu s tendencí k obezitě může zvýšit metabolický příjem díky regulovanému snížení tělesné teploty. Není však možné jednoznačně určit kauzalitu vztahu mezi obezitou a nižší klidovou tělesnou teplotou.

Respirační evaporace jako hlavní termoregulační mechanismus psa významně ovlivňuje jeho olfakci a v důsledku toho i pracovní efektivitu v disciplínách využívajících olfaktorické schopnosti psa. Po vyčerpávající fyzické aktivitě spojené s hypertermií se podle Gazit & Terkel (2003) projevuje konflikt mezi větřením a respirační evaporací, kdy stoupající respirační evaporace („supění“) má za následek nižší frekvenci větření a v důsledku toho sníženou olfaktorickou výkonnost psa. V případě psů využívaných pro detekci výbušnin nicméně bylo zjištěno, že jejich olfaktorická výkonnost se navzdory náročným podmínkám (psi bezprostředně

před vyhledáváním absolvovali intenzivní fyzickou aktivitu) během pracovního dne postupně zlepšuje a dochází tak do jisté míry k adaptaci (Gazit & Terkel 2003).

Efektivní využití olfaktorických schopností psa by v některých disciplínách nebylo možné, pokud by psi zároveň nebyli schopni vytrvalého pohybu. Psi jsou evolučně připraveni k atletickým vytrvalostním výkonům řadou fyziologických adaptací (Poole & Erickson 2011); trénovaní psi jsou např. schopni pracovat po krátké časové úseky při tělesné teplotě zvýšené až na 42,4 °C (Robbins et al. 2017). Zvýšená tělesná teplota v důsledku fyzického výkonu je fyziologicky zcela normální, neboť svalová práce generuje velké množství tepla. Nicméně, nelze podceňovat skutečnost, že po delší dobu zvýšená tělesná teplota způsobuje narušení homeostázy, poškození organismu na buněčné úrovni a zdravotně rizikové syndromy jako je hypertermie (např. Davis 2009). Hypertermie byla u psů zdokumentována jako fyziologická reakce na fyzickou zátěž s různým trváním a intenzitou, a je chápána jako indikátor rizika teplotního šoku a faktor limitující fyzickou výkonnost (např. Rovira et al. 2008). Robbins et al. (2017) uvádějí, že právě teplota okolí (a nikoliv jiné environmentální vlivy, např. vzdušná vlhkost) má rozhodující vliv na vytrvalost psů během fyzického výkonu. Vysoká teplota okolí a přímé sluneční světlo snižují efektivitu termoregulačních mechanismů psa vzhledem ke sníženému teplotnímu gradientu mezi tělesným povrchem a okolím (Otto et al. 2017). Naproti tomu nižší teploty vzduchu mohou významně zvýšit výdej tepla tělesným povrchem. Tím se vysvětluje vyšší míra vytrvalosti a efektivity služebních psů pracujících za chladnějšího počasí (Schneider & Slotta-Bachmayr 2009). Efektivita termoregulace u psa je dále ovlivněna délkou a kvalitou srsti, kdy dlouhá a/nebo hustá srst snižuje míru tepelných ztrát a psi s tímto typem srsti jsou tak náchylnější k fyziologickým problémům způsobeným nedostatečnou termoregulací (Schneider & Slotta-Bachmayr 2009). Vnitřními faktory podmiňujícími vytrvalost jsou podle Robbins et al. (2017) jednak výše zmíněná respirační efektivita, jednak schopnost vydávat produkované teplo respirační evaporací bez významného narušení acidobazické rovnováhy, a tedy homeostázy organismu. Naproti tomu samotná tělesná teplota ani při významném zvýšení vytrvalost přímo neovlivňuje. Niedermeyer et al. (2020) při experimentální stopařské práci psů v horkém a suchém podnebí jihu USA (Texas) nezaznamenali pozitivní korelaci mezi teplotou a vlhkostí okolí a nejvyššími hodnotami tělesné teploty u psů. Toto zjištění je ve shodě s výsledky studie uskutečněné Robbins et al. (2017) (viz výše). Tělesné teploty přesahující 41 °C jsou obecně považovány za kritický indikátor nastupujícího teplotního šoku a trvalého poškození mozku psa (Bruchim 2012) nicméně, jak již bylo zmíněno výše, ve studiích zaměřených na výzkum fyziologie psů pracujících v klimaticky

náročných podmínkách byly opakovaně naměřeny hodnoty nad 41 °C, aniž by se u těchto jedinců projevovaly klinické známky teplotního šoku. Tento poznatek potvrzuje značnou odolnost psa vůči krátkodobému významnému zvýšení tělesné teploty (např. Robbins et al. 2017; Niedermeyer et al. 2020).

Schneider et al. (2009) zaznamenali u psů v průběhu tří denního cvičného plošného vyhledávání osob zvýšení tělesné teploty na rozmezí 39,2 až 39,4 °C bez rozdílu mezi jednotlivými dny. U pátracích týmů při sutinovém vyhledávání dosáhly tělesné teploty psů během tří denní cvičné akce průměrné hodnoty 39,3 °C, přičemž další fyzické zatížení během druhé fáze vyhledávání k opětovnému zvýšení tělesné teploty nevedlo (Schneider & Slotta-Bachmayr 2009). Rektálně měřená tělesná teplota zůstala zvýšená po celou dobu 20 minut trvajících přestávek a hodnoty se do bazálního rozmezí vrátily až během závěrečné hodinové regenerace (ne dříve, než po 40 minutách klidu). Lopedote et al. (2020) na základě jiné studie zaměřené jak na plošné, tak na sutinové vyhledávání uvádějí, že tělesná teplota zúčastněných psů byla (byť v nevelké míře) ovlivněna fyzickou aktivitou a environmentálními podmínkami bez prokazatelného psychického vlivu motivace a vzrušení psa před zahájením práce. Zvýšení tělesné teploty nebylo zaznamenáno ve fázi před fyzickou aktivitou a po fyzické aktivitě byl její nárůst (ve srovnání s nárůstem dechové frekvence, kterou autoři v téže studii rovněž měřili) jen minimální.

Rovira et al. (2008) v případě plošného vyhledávání podobně jako později Diverio et al. (2016) v případě lavinového vyhledávání uvádějí, že u psů nebyly v souvislosti s prací zaznamenány klinické příznaky hypertermie. To je v souladu s poznatky zmíněnými výše a jde o velmi povzbudivé zjištění. I přesto vyhledávání pohřešovaných osob autoři hodnotí jako velmi náročnou disciplínu, která vyžaduje intenzivní přípravu a trénink vzhledem k výraznému fyzickému zatížení pracujícího psa (Rovira et al. 2008; Schneider & Slotta-Bachmayr 2009). V této souvislosti je vhodné zmínit význam rozehřívacích aktivit před výkonem a zklidňujících aktivit po výkonu. Obojí může snížit riziko zranění psa a pozitivně ovlivnit i jeho vytrvalost při práci (Robbins et al. 2017). Schopnost psa vyrovnat se s fyzickými nároky je bezpochyby individuálně specifická a v této souvislosti Robbins et al. (2017) či Carter & Hall (2018) vyzývají k dalšímu výzkumu souvislostí mezi vstupními faktory pracujícího psa (např. věkem, pohlavím, plemennou příslušností) a jeho termoregulačními schopnostmi při služební či sportovní aktivitě.

Závěrem podkapitoly je třeba uvést, že vypovídající hodnota většiny existujících a zde uváděných fyziologických studií zkoumajících tělesnou teplotu služebních či sportovních psů v souvislosti s vyhledáváním pohřešovaných osob ve volném terénu je relativně omezená. To je způsobeno relativně nízkým počtem zkoumaných jedinců (např. Rovira et al. 2008 – pouze 9 jedinců, Schneider et al. 2009 – 20 jedinců, Spoo et al. 2015 – 19 jedinců), relativně malým objemem pohybové zátěže a nedostatečnou variabilitou prostředí (Schneider & Slotta-Bachmayr 2009 – 20 minutové pátrací akce následované 20 minutovou přestávkou ve stále stejném terénu). Další studie (např. Diverio et al. 2016, Robbins et al. 2017) pak byly realizovány s odlišnou cílovou skupinou zkoumaných psů (např. lavinová SAR psi u Diverio et al. 2016, psi různého sportovního či služebního zaměření u Robbins et al. 2017) a s metodologií odlišnou od simulovaných pátracích akcí ve volném terénu, což opět komplikuje zobecnění a srovnatelnost výsledků.

3.2 Srdeční frekvence a variabilita jako fyziologický marker zatížení u pracovních psů

Srdeční činnost u zdravého jedince představuje výsledek interakce mezi vagální (parasymptickou) regulací, která vede ke snížení srdečního tepu (pulsu) a regulací sympatickou, která vede k jeho zvýšení (Schneider & Slotta-Bachmayr 2009). V klidovém stavu organismu parasymptická regulace převládá, zatímco zvýšená fyzická aktivita je spojena s rostoucím vlivem sympatiku (Frondelius et al. 2015). Srdeční frekvence je hlavním determinantem srdeční činnosti a její zvýšení během fyzické práce lze chápat jako index kardiovaskulární práce (Rovira et al. 2008). U odpočívajícího psa se průměrný srdeční tep pohybuje mezi 70 a 160 tepy (Lamb et al. 2010). Při fyzickém výkonu tyto hodnoty výrazně narůstají během prvních 20 až 60 sekund a v maximální zátěži se mohou vyšplhat až na trojnásobek klidových hodnot (Schneider & Slotta-Bachmayr 2009). V souvislosti s fyzickou aktivitou je známo, že zvýšená pohybová aktivita vede ke zvýšení srdečního tepu bez významných změn v srdeční variabilitě; zaznamenané změny srdečního tepu nejsou doprovázeny významnými změnami srdeční variability ani během střídání poloh (Maros et al. 2008). Dle Maros et al. (2008) nebyly zjištěny rozdíly v srdečním tepu mezi statickými polohami – mezi ležením a sezením, ani mezi sezením a stáním. Dle očekávání byla srdeční aktivita nejnižší během statických poloh a zvyšovala se v důsledku zvýšení pohybové aktivity, včetně pomalé chůze. Pohlaví psa nemělo vliv na celkovou srdeční frekvenci ani variabilitu.

U trénovaných psů platí v souvislosti se srdeční aktivitou totéž, co u lidských atletů; po zátěži se srdeční tep vrací do klidových hodnot rychleji a v maximálním výkonu nedosahuje tak vysokých hodnot jako u jejich netrénovaných protějšků (Schneider & Slotta-Bachmayr 2009). V případě psů vyhledávajících pohřešované osoby se klidové hodnoty srdečního tepu dle Schneider & Slotta-Bachmayr (2009) pohybují mezi 88 a 108 tepy. Bezprostředně po práci v terénu hodnoty vzrostly na rozmezí 156 až 167 tepů za minutu po jednodenním dvoufázovém plošném vyhledávání ve vysokohorském terénu, resp. na 144 až 151 tepů za minutu během tří denního sutinového vyhledávání. V posledně jmenované situaci bylo zjištěno, že srdeční tep dosáhl nejvyšších hodnot během prvního dne práce, následně významně poklesl během druhého dne a opět, tentokrát méně, narostl během třetího dne. Tyto hodnoty přitom neodpovídaly úrovni aktivity zvířat v jednotlivých dnech, kdy první a třetí den byla aktivita relativně nižší, zatímco nejvyšší byla během druhého dne. Vzhledem k faktu, že psi prodělávali toto cvičné vyhledávání na stejné lokalitě, je pravděpodobné, že během druhého dne si již zvykli na terén a pohybovali se s větší jistotou, která umožňovala i vyšší rychlost pohybu a celkově vyšší pohybovou aktivitu. Z hlediska vlivu věku, hodnoty srdečního tepu byly u starších psů konzistentně vyšší a po druhé pátrací akci během téhož pracovního dne se u nich projevil signifikantně opožděný návrat do klidových hodnot (opožděná regenerace) (Schneider & Slotta-Bachmayr 2009). V souvislosti se vztahem srdečního tepu a dechové frekvence u psů vyhledávajících pohřešované osoby uvádějí Rovira et al. (2008), že nárůst dechové frekvence po fyzické zátěži nebyl doprovázen srovnatelným nárůstem srdečního tepu, srdeční tep v této situaci naopak klesl. Fyzickou námahou způsobená tachykardie (zvýšený srdeční tep) a tachypnoe (zvýšená dechová frekvence) tak zřejmě nemají z fyziologického hlediska shodný průběh. Je pravděpodobné, že ke změnám srdeční činnosti dochází nejen vlivem fyzického výkonu, ale též vlivem mentálního vzrušení a stresu – v situacích, které u psa vyvolávají pozitivní očekávání (např. zábavná a následně odměněná pracovní aktivita) či negativní očekávání (např. trest) (Schneider & Slotta-Bachmayr 2009). V případě psů vyhledávajících pohřešované osoby pod lavinami byla zjištěna vyšší srdeční aktivita, která je často pozitivně korelována s nárůstem tělesné teploty a může souviset s tzv. „emoční tachykardií“ (Diverio et al. 2016). Zvýšená srdeční činnost zjištěná již při úvodním měření na základně před prvním pracovním nasazením psa může podle Diverio et al. (2016) odrážet vysoké vzrušení u psů před prací (tzv. „Heureka efekt“). I u denně trénovaných psů se totiž v souvislosti s přípravou na práci vždy projevují známky pozitivního emocionálního vzrušení (tzv. „očekávání odměny – ang. anticipatory response“). Nicméně, jak autoři uvádějí, výsledky této studie mohou být ovlivněny potenciálně stresujícím podnětem v podobě odběru krve, který autoři u psů za účelem

analýzy biochemických parametrů prováděli. V jiné studii uskutečněné u psů vyhledávajících pohřešované osoby autoři uvádějí srdeční frekvenci jako jeden z parametrů, který oproti bazálním hodnotám významně narůstal jak před plošným vyhledáváním, tak před vyhledáváním v sutinách (Lopedote et al. 2020). To autoři připisují výše zmíněnému fyzicko-mentálnímu vzrušení organismu před fyzickou aktivitou a očekávání odměny. Existuje zde zřejmá souvislost s aktivací sympato-adreno-medulární a hypotalamo-hypofyzárně-adrenální osy, vedoucí jednak k sekreci adrenalinu a noradrenalinu, jednak k sekreci glukokortikoidů.

Z vědeckého hlediska se stále více ukazuje vypovídající hodnota a důležitost variability srdeční frekvence, jako relativně jednoduché, neinvazivní a spolehlivé metody měření autonomní neurální regulace srdeční činnosti (Bogucki & Noszczyk-Nowak 2015). Variabilita srdeční frekvence je parametrem srdeční aktivity odrážejícím rovnováhu obou větví autonomního nervového systému (sympatiku i parasympatiku), tedy tzv. sympato-vagální rovnováhu organismu. Vyjádřena je měnícím se intervalem mezi po sobě následujícími srdečními tepey, tzv. R-R intervalem (Maros et al. 2008), resp. četností kolísání srdečních tepů kolem jejich běžné průměrné hodnoty (Acharya et al. 2006). Tento parametr popisuje časové rozdíly v intervalech mezi po sobě následujícími srdečními tepey („R-R“ interval či „IBI“ interval, z anglického výrazu „interbeat interval“), jejichž elektrokardiografickým měřením je srdeční variabilita obvykle hodnocena (Camm et al. 1996). Srdeční variabilita u zdravých jedinců odráží neustále se měnící psychofyziologický stav organismu, který je především regulován výše uvedenými větvemi autonomního nervového systému: parasympatickým a sympatickým. Parasympatická regulace u obratlovců včetně psa převládá v klidovém stavu organismu, neboť srdeční frekvence je především výsledkem vlivu bloudivého nervu (nervus vagus) na srdeční sinoatriální uzlík (Bergamasco et al. 2010). Variabilita srdeční frekvence je považována za spolehlivý a užitečný marker pro sledování rovnováhy mezi sympatickým a parasympatickým systémem (Acharya et al. 2006), a slouží také jako parametr pro hodnocení zdraví, adaptability a životní pohody jedince (Pumpřla et al. 2002). Je známo, že zvýšená aktivita sympatiku v rámci autonomního nervového systému zvyšuje srdeční frekvenci, a naopak snižuje její variabilitu. Parasympatikus naproti tomu snižuje srdeční frekvenci, a naopak zvyšuje její variabilitu (Berntson et al. 1997). Zvýšená variabilita srdeční frekvence obecně vzato svědčí o nízké míře stresu a dobrém zdraví, zatímco nízká variabilita poukazuje na chronické onemocnění, spojené např. s chronickým stresem organismu, a na vysoké kardiovaskulární riziko (Tsuji et al. 1996).

Index srdeční variability, definovaný jako kvadratický průměr (druhá odmocnina ar. průměru druhých mocnin daných hodnot) po sobě jdoucích rozdílů v intervalech srdečních tepů (RMSSD) je primárním indikátorem srdeční variability spojené s činností parasympatiku. Dalším parametrem srdeční variability je směrodatná odchylka intervalů srdečních tepů (SDNN) (Maros et al. 2008), která odráží vliv obou větví autonomního nervového systému na srdeční frekvenci (Kuhne et al. 2014). Poměr RMSSD a SDNN pak odráží rovnováhu obou větví autonomního nervového systému. Další měřítko srdeční variability se označuje jako pNN50, a je vypočítáno z postupných rozdílů R-R intervalů srdečního tepu. Vyjadřuje tedy počet sousedních intervalů lišících se navzájem o více než 50 ms (pNN50) (Tarvainen et al. 2014). Předností parametru pNN50 je jeho silná pozitivní korelace se základním parametrem RMSSD, a především s funkcí parasympatiku (Baisan et al. 2020). Popsán je dále tzv. vysokofrekvenční komponent (high-frequency spectral band, HF, 0,15 – 0,5 Hz). Ten odráží změny srdeční variability pozitivně korelující s vyšším indexem srdeční variability a je připisován činnosti bloudivého nervu (Camm et al. 1996 In: Zupan et al. 2016). Nízkofrekvenční komponent (low-frequency spectral band, LF, <0,15 Hz) naproti tomu odráží nejen činnost parasympatiku, ale i sympatiku. Regulace srdeční variability sympatickým nervstvem trvá obvykle déle než 5 sekund, zatímco parasympatický systém způsobuje okamžité změny srdeční variability (Von Borell et al. 2007). Z toho plyne, že síla nízkofrekvenčního komponentu v poměru se silou vysokofrekvenčního komponentu (LF : HF ratio) indikuje rovnováhu mezi sympatickou a parasympatickou neurální aktivitou.

Podle Zupan et al. (2016) index srdeční variability ukázal pokles vlivu parasympatiku, a naopak nárůst vlivu sympatiku po podnětu, který pro psa působil jako odměna. Výsledky této studie naznačují, že vyšší srdeční variabilita odráží mimo jiné i vyšší emocionální vzrušení. Toto zjištění je podpořeno korespondujícím vyšším poměrem LF : HF. Je pravděpodobné, že pokles indexu srdeční variability a pokles HF odráží u psa zvýšení pozitivní emocionální odpovědi na určité podněty. Srdeční variabilita (dříve považovaná za doplňující informaci k základní srdeční aktivitě) nabízí oproti základnímu údaji o srdeční frekvenci přesnější determinaci regulačního systému autonomní nervové soustavy. Srdeční variability bylo již v prvním desetiletí 21. století úspěšně využito jako markeru autonomní regulace srdeční aktivity u hospodářských i zájmových zvířat v těchto souvislostech: i) jako markeru pro stanovení stresu a welfare zvířat v různých podmínkách ustájení či laboratorního chovu, ii) pro studium kardiovaskulární regulace v různých experimentálních situacích – např. u zvířecích modelů pro výzkum humánních onemocnění, iii) pro stanovení patologických změn, změn

v chování, problematických chovatelských podmínek či úrovně fyzické trénovanosti zvířete a v poslední řadě iv) pro stanovení individuálních charakteristik zvířete z hlediska temperamentu a reakcí na okolní prostředí (Von Borell et al. 2007).

V oblasti kynologie se dosavadní výzkum tohoto fyziologického markeru zaměřuje především na hodnocení emocionálních stavů psa a interakcí s člověkem. Výsledky naznačují, že index srdeční variability se liší v závislosti na emocionální situaci (pozitivní, negativní) a může být u psa použit jako indikátor emocionálních stavů (Katayama et al. 2016). V kontextu chování je srdeční variabilita ovlivněna např. vizuální orientací psa na jeho oblíbenou hračku, aniž by tato situace zároveň měla významný vliv na celkový srdeční tep (Maros et al. 2008). Srdeční variabilita tedy může být vhodným indikátorem zvýšené pozornosti zvířete, pokud je jeho fyzická aktivita kontrolována. Za pozornost stojí zvýšení srdečního tepu při hlazení ze strany asistenta. Toto zvýšení bylo pravděpodobně způsobeno právě interakcí s člověkem, jelikož motorická aktivita psa se v té situaci nijak neměnila (Maros et al. 2008). V této souvislosti uvádějí Katayama et al. (2016), že změny srdeční variability v situacích spojených s pozitivní (mazlení ze strany pána jako druh sociální odměny) a negativní emocí (opuštění místnosti pánem, tzn. separace psa) byly odlišné v závislosti na situaci. V pozitivní situaci se směrodatná odchylka srdečních tepů (SDNN) snížila při mazlení psa ze strany pána, zatímco index srdeční variability se nezměnil. Pokles SDNN, který není doprovázen ani celkovým zvýšením srdečního tepu ani snížením indexu srdeční variability může být podle autorů u psa vypovídajícím indikátorem emocionálně pozitivní situace (např. při mazlení). Kuhne et al. (2014) nicméně zdůrazňují, že pes může zdánlivě totožnou interakci s člověkem vnímat velmi odlišně na základě toho, zda se v konkrétní situaci jedná o známou či neznámou osobu, či jaké části těla psa se člověk právě dotýká, přičemž vedle prosté srdeční frekvence zde byly jako indikátory emocionálního vyladění psa využity opět parametry srdeční variability, konkrétně RMSSD a poměr RMSSD/SDNN. V souvislosti s fyziologií a chováním služebních psů při různých aktivitách v terénu, např. vyhledáváním pohřešovaných osob, studie využívající srdeční variabilitu jako fyziologický marker zátěže a zdraví psa dosud chybějí – aktuální výzkum v této oblasti byl zaměřen pouze na hodnocení prosté srdeční frekvence po vytrvalostní fyzické aktivitě (Menchetti et al. 2022), příp. vztahu srdeční frekvence s jinými fyziologickými parametry, jako je dechová frekvence (Lopedote et al. 2020).

Potřeba stanovení srdeční činnosti a variability v terénních podmínkách s sebou nese testování spolehlivosti přenosných a uživatelsky praktických měřících zařízení v situacích, kdy není možné použít standardní EKG měření. Jeden z komerčně dostupných systémů nabízí např.

výrobce POLAR®. V případě systému POLAR RS800CX Jonckheer-Sheehy et al. (2012) uvádějí vysokou spolehlivost při detekci srdečního tepu a srdeční variability, je-li snímané zvíře ve stacionárních podmínkách. Též Essner et al. (2015) zaznamenali vysokou citlivost měření a pozitivní korelaci měření systémem POLAR RS800CX v porovnání s konvenčním EKG snímáním, přičemž systém POLAR RS800CX nevykazoval vyšší, než 5% chybovost.

3.3 Fyziologie stresových reakcí u psa se zaměřením na salivární kortizol

Stres, jako jev široce rozšířený v přírodě a jako pojem neustále používaný v biologických i humanitních vědách, byl v minulosti definován různě. Obecně je akceptována následující definice: jedinec, konfrontovaný se stresovým podnětem (fyzickým, emocionálním), je odkázán na odpověď několika biologických systémů organismu (chování, autonomní nervové soustavy, endokrinního systému a imunitního systému), přičemž tato odpověď má zabránit nebo kontrolovat situaci ohrožující homeostázu organismu (Moberg 2000). Byly popsány dvě základní fyziologické dráhy podmiňující reakci organismu na stres: sympato-adreno-medulární osa (ang. SAM) a hypotalamo-hypofyzárně-adrenální osa (ang. HPA) (např. Sapolsky et al. 2000). U obou těchto fyziologických drah hrají klíčovou roli nadledviny, jejichž produkty představují dvě odlišné skupiny hormonů, společně vytvářející fyziologickou odpověď organismu na stres: katecholaminy a glukokortikoidy (Palme et al. 2005).

Nejrychlejší odpověď na stresový podnět poskytuje autonomní nervový systém aktivací sympatických a parasympatických drah, způsobujících fyziologické změny skrze neurální aktivaci koncových orgánů (Ulrich-Lai & Herman 2009). Zvýšená sekrece katecholaminů, adrenalinu a noradrenalinu, má během sekund za následek: i) zvýšení srdeční frekvence, krevního tlaku a dechové frekvence, ii) vasodilataci cév v kosterních svalech a naopak iii) vasokonstrikci v periferních částech těla, dále pak iv) dilataci průdušek, v) zvýšení svalového tonu a vi) glykolýzu (Hedges 2014). Tyto fyziologické změny doprovázejí reakce typu „fight-flight“ (boj nebo útek) (Haubenhofer 2009). Noradrenalin má oproti adrenalinu v sympatickém nervstvu navíc také funkci přenašeče (neurotransmiteru) (Palme et al. 2005).

Aktivace hypotalamo-hypofyzárně-adrenální osy následně vede ke zvýšení cirkulace glukokortikoidů v krvi (Ulrich-Lai & Herman 2009), přičemž vylučování glukokortikoidů z kůry nadledvin je případem komplexní hormonální regulace (Myslivoček & Trojan 2004).

Fyziologicky nadřazeným hormonem pro hormony kůry nadledvin je hypofyzární ACTH (adrenokortikotropní hormon), který je sám regulován nadřazeným hormonem CRH (corticotropin – releasing hormon) z hypotalamu (hlavním řídicím centrem odpovídajícím na stresové podněty je v hypotalamu paraventriculární jádro (PVN)). V hypotalamu následně dochází k sekreci CRH a arginin-vasopresinu do hypotalamo-hypofyzárního portálního systému. Tyto peptidy v přední části hypofýzy vyvolávají endokrinní sekreci ACTH do tělního oběhu. ACTH poté stimuluje buňky v zona fasciculata kůry nadledvin k vylučování glukokortikoidů a reguluje sekreci glukokortikoidů na principu negativní zpětné vazby (Hennessy 2013). Sekrece glukokortikoidů je považována za základní endokrinní odpověď na stresové podněty a situace (Sapolsky et al. 2000), s odlišným průběhem při akutním (intenzivním, krátkodobém), či naopak chronickém (mírnějším, dlouhodobém) stresu (Schneider & Slotta-Bachmayr 2009).

V případě psa domácího je při posuzování funkce fyziologických drah spojených s odpovědí na stres nutné brát v úvahu domestikaci. Tzv. „domestikační syndrom“, tedy morfologické, fyziologické a behaviorální změny domestikovaných zvířat oproti jejich volně žijícím předkům, je zřejmě z velké části způsoben buněčnými modifikacemi neurální lišty během embryonálního vývoje. Důsledky tohoto procesu se týkají mimo jiné hypofunkce nadledvin a snížené sekrece hormonů spojených s reakcí organismu na stres (Wilkins et al. 2014). Vylučování adrenokortikotropního hormonu je u domestikovaných zvířat oproti jejich volně žijícím předkům obvykle snižené, což může vést k tlumení fyziologické odpovědi na stresové situace a k behaviorálním projevům výhodným pro člověka z hlediska manipulace se zvířaty, jako je nižší bázlivost a nižší defenzivní agresivita (Trut et al. 2009).

Biologicky nejvýznamnějšími glukokortikoidy jsou u savců a ptáků kortizol a kortikosteron (Palme et al. 2005). U savců lze rozlišit druhy, u nichž je z hlediska účinku převládajícím glukokortikoidem buď kortikosteron (např. myš, potkan, králík) nebo naopak kortizol (např. primáti, pes, kočka, skot, prase). Odbourávání glukokortikoidů se odehrává především v játrech. Mezi druhově odlišné je také metabolické vylučování glukokortikoidů – u kočky či křavy je značná část metabolitů glukokortikoidů vyloučena trusem, zatímco u psa, ovce či prasete především močí (Palme et al. 2005). Kortizol je u řady druhů používán jako marker aktivity HPA osy vzhledem k faktu, že jej lze izolovat z krevní plazmy, slin, trusu, moči i srsti (Cobb et al. 2016). Pozoruhodným faktem je, že množství glukokortikoidů, které nadledviny psa vylučují, je ve srovnání s některými savci poměrně nízké – až o dva řády nižší

oproti laboratorním myším, potkanům či novosvětským primátům (Pryce et al. 2002) a přibližně desetinové oproti denní sekreci kortizolu u člověka (Haubehofer 2009).

Fyziologická funkce kortizolu je připisována především reakci organismu na déletrvající stresové situace, které mohou mít i čistě fyzický charakter. Spočívá především v aktivaci katabolických procesů spojených s mobilizací energetických rezerv (stimulace glukoneogeneze), ovlivnění metabolismu proteinů a tuků prostřednictvím proteolýzy a lipolýzy, a dále v potlačení dočasně nežádoucí imunitní reakce na zranění, záněty či cizí tělesa (Haubehofer 2009). V neposlední řadě s sebou nese zvýšení kardiovaskulární aktivity (Sapolsky et al. 2000). Obecně lze konstatovat, že zatímco glukokortikoidy obsažené v krevní plazmě a slinách odrážejí momentální stav organismu, tytéž hormony ve výkalech, moči a srsti odrážejí spíše déletrvající stavy a jejich variabilitu v čase (Hennessy 2013).

Většina kortizolu v krevním oběhu (přes 90 %) je vázána na transportní proteiny, především na CBC (corticosteroid-binding-globulin) (např. Palme et al. 2005). Hladina salivárního kortizolu je ve srovnání s koncentrací v krevní plazmě poměrně nízká – pouze kolem 15 % celkového množství kortizolu v plazmě, zejména čistého, je transportováno do slin. Výrazná časová prodleva mezi zjištěním kortizolu v plazmě a ve slinách však není pravděpodobná vzhledem k tomu, že čistý kortizol je malá, vysoce liposolubilní molekula snadno pronikající skrze buněčné membrány (Beerda et al. 1996) a účinkující přes receptory v cytoplazmě cílových buněk (Myslivoček & Trojan 2004). Salivární kortizol jako vhodnější ukazatel aktivity kůry nadledvin oproti kortizolu v krevní plazmě zmiňují v humánní oblasti již Vining et al. (1983).

Při sběru fyziologických dat je zásadním problémem vhodnost zvolené metodiky, přičemž hormony pochopitelně nejsou výjimkou. Například odebírání krve může samo o sobě vyvolat u zvířete stresovou reakci, která zkresluje výsledek analýzy „stresových“ hormonů v krevní plazmě (Schatz & Palme 2001). Neinvasivní metody sběru fyziologických dat jsou navrhovány tak, aby jen minimálně narušovaly životní pohodu jedince, a tak částečně předcházely obranným reakcím a nespecifickým projevům stresu (Beerda et al. 1996). Determinace kortizolu pomocí analýzy slin (salivární kortizol) je poměrně jednoduchou, neinvazivní metodou s minimálním stresem při odběru (Cobb et al. 2016). Odebírání slin nevyžaduje přítomnost veterinárně vzdělaného personálu, odběr může úspěšně provést jakákoliv správně instruovaná osoba (Wojtaš et al. 2020). Navíc odebírání vzorků slin může podle potřeby probíhat častěji, než odběr krve (Schneider & Slotta-Bachmayr 2009). Kobelt et al. (2003) v této souvislosti uvádějí, že odběr vzorku slin není pro psa sám o sobě stresovým

faktorem, pokud manipulace se psem netrvá déle, než přibližně 4 minuty. I při nesporných přednostech této metody je třeba zdůraznit, že nemoc a užívání medikamentů ovlivňujících proteinové vazby mohou snižovat míru pozitivní korelace mezi koncentrací kortizolu v krevní plazmě a ve slinách, a že odebírané vzorky slin nesmějí být kontaminovány krví, např. z dásní zvířete (Cobb et al. 2016).

Na základě metaanalýzy dostupných studií, Cobb et al. (2016) identifikovali koncentraci salivárního kortizolu u psa v rozmezí od 0 do 33,79 $\mu\text{g}/\text{dl}$ (0 až 337,9 vyjádřeno v ng/ml) s průměrnou hodnotou 0,45 $\mu\text{g}/\text{dl}$ a mediánem 0,15 $\mu\text{g}/\text{dl}$. U intaktních fen byly zjištěny vyšší koncentrace salivárního kortizolu oproti sterilizovaným fenám, intaktním psům i kastrovaným psům. Hmotnost psa, typ využití ani zbarvení srsti neměly prokazatelný vliv na koncentraci kortizolu. Významná otázka fyziologického denního průběhu vylučování kortizolu je u psa rozporuplná – zatímco Beerda et al. (1999) zaznamenali u psů signifikantně vyšší koncentraci salivárního kortizolu v ranních hodinách oproti zbytku dne, dle metaanalýzy provedené Cobb et al. (2016) vzorky kortizolu získané mezi šestou a osmou hodinou ranní vykazovaly naopak nižší koncentrace oproti vzorkům pořízeným v jinou denní dobu. Další studie téhož zaměření (Koyama et al. 2003) pak u salivárního kortizolu i u kortizolu v krevní plazmě žádné diurnální rytmy nezaznamenala. V případě služebních psů rovněž nebyly zjištěny odlišné hodnoty kortizolu v závislosti na denní době. Toto zjištění autoři přičítají adaptaci služebních psů na atypický cirkadiánní rytmus s častými periodami aktivity jak ve dne, tak v noci (Kolevská et al. 2003). Jelikož studie zkoumající cirkadiánní rytmy v sekreci kortizolu u psa nedospěly ke shodným výsledkům, tato otázka zůstává nezodpovězena (Haubenhofner 2009).

Signifikantně nižší koncentrace kortizolu byly zjištěny u štěňat do 6 měsíců věku oproti ostatním věkovým kategoriím (Cobb et al. 2016). Svobodová et al. (2014) pak zjistili jak u sedmiměsíčních štěňat, tak i u dospělých fen prokazatelné zvýšení koncentrace salivárního kortizolu v reakci na stresový podnět. Coppola et al. (2006) v případě salivárního kortizolu nezjistili prokazatelný vliv věku ani plemene psa. V oblasti výzkumu služebních psů naproti tomu zjistili Horváth et al. (2008) v souvislosti s hrou psa a psovoda zvýšení koncentrace kortizolu na konci hry u starších policejních psů (ve věku 8 až 11 let) oproti psům mladším, což naznačuje snížené adaptační schopnosti u staršího organismu.

Značný vliv na psychiku psa a s ní související fyziologické změny mohou mít chovatelské podmínky. Poněkud překvapivým výsledkem bylo zjištění signifikantně nižší koncentrace salivárního kortizolu u psů v útulcích oproti psům žijícím v domácnosti majitele i služebním psům v kotcích. Tento poznatek autoři připisují hormonální dysregulaci HPA osy,

vedoucí ke snížené sekreční aktivitě nadledvin, ovšem přesný mechanismus a příčiny tohoto jevu nejsou známy (Cobb et al. 2016). U psů pracujících v oblasti zoorehabilitace a asistenčních aktivit (AAA, AAT) byly zjištěny vyšší hodnoty salivárního kortizolu při kratších pracovních sekcích s klienty (1 až 3 hodiny) bez přestávek oproti delším sekcím (max. 8 hodin) s adekvátně delšími přestávkami (Haubenhofner 2009). Potvrzuje se tedy předpoklad, že koncentrace kortizolu ve slinách je použitelná spíše jako měřítko krátkodobé odpovědi organismu na různé podněty, než pokračujících změn během chronické stresové zátěže (Hennessy 2013).

Variabilita v koncentraci salivárního kortizolu ze dne na den v rámci jednoho týdne u psa prokázána nebyla, což naznačuje jen malý vliv krátkodobých změn environmentálních podmínek (Kobelt et al. 2003). U některých druhů (např. myš, potkan, člověk) přitom vykazuje vylučování glukokortikoidů v organismu silné cirkadiánní a sezónní změny (Cobb et al. 2016).

Jelikož je kortizol hormonem s komplexní regulací i účinkem, interpretace jeho metabolismu v organismu není snadná. U psa se vliv příchodu do nového, neznámého prostředí a předchozí cesty může projevit zvýšením hodnot salivárního kortizolu jako tzv. „arrival effect“ (Cobb et al. 2016). Tuber et al. (1996) zdůrazňují vliv přítomnosti známé osoby (majitele) v procesu navykání na nové prostředí – přítomnost známé osoby měla na psy zklidňující efekt a snižovala pohybovou aktivitu i hladinu glukokortikoidů v krevní plazmě. Dle Handlin et al. (2011) došlo ke zvýšení hladiny kortizolu s přibližně patnácti až dvaceti minutovým zpožděním. Tento poznatek je v souladu s předchozími studii zaměřenými na salivární kortizol; zvýšená koncentrace salivárního kortizolu po stresovém podnětu psychické povahy obvykle dosahuje maximálních hodnot po 10 až 30 minutách (Schneider & Slotta-Bachmayr 2009). K návratu do bazálních hodnot dochází u salivárního kortizolu dle Beerda et al. (1998) během jedné hodiny po stresovém podnětu. Zvýšení koncentrace kortizolu (v tomto případě byl vyhodnocen kortizol v krevní plazmě) během hry psa s jeho majitelem potvrzuje poznatek, že metabolický účinek kortizolu obecně souvisí s reakcí organismu na zvýšenou fyzickou aktivitu, a to nezávisle na jakýchkoliv stresových podnětech (Handlin et al. 2011). Hravá interakce psa s jeho majitelem může způsobit zvýšení koncentrace kortizolu u psa, a naopak jeho snížení v případě majitele. V tomto případě nicméně zvýšení hladiny kortizolu v krevní plazmě u psů nebylo doprovázeno žádným typem chování spojeným se stresem (tyto vzorce chování dle Beerda et al. (2000) zahrnují např. zvýšenou a repetitivní pohybovou aktivitu, chození v kruhu, časté střídání poloh těla, třes, zívání, čichání, snížené držení těla a časté močení) (Pettersson et al. 2017). Zdá se tedy, že zvýšené vylučování kortizolu v těchto sociálních interakcích není podmíněno stresem, jako spíše pozitivním vzrušením a metabolickou přípravou na fyzickou

aktivitu (Horváth et al. 2008). Jinou souvislost mezi typem podnětu a hormonální odpovědí organismu zaznamenali Beerda et al. (1998); dle jejich výsledků zvýšení koncentrace kortizolu silně záviselo na typu stresového podnětu. Projevovalo se pouze v reakci na náhlé, nepředvídatelné stresory, které nebyly nijak spojeny se sociálními interakcemi (např. krátké hlasité zvuky, padající předměty).

V souvislosti s problematikou služebních psů a jejich fyziologie a chování při práci je salivární kortizol poněkud lépe prostudovaným fyziologickým markerem, než např. srdeční variabilita, byť i v případě kortizolu je třeba zdůraznit omezenou vypovídající hodnotou většiny dosavadních studií. Ta je způsobena relativně malými statistickými vzorky (např. Schneider et al. 2009), a zejména kontrolovanými laboratorními podmínkami neodpovídajícími reálné pátrací akci (např. Schöberl et al. 2017). U psů zaměřených na sutinové vyhledávání během čtyřfázové cvičné akce probíhající ve třech dnech bylo zjištěno zvýšení koncentrace salivárního kortizolu (Schneider et al. 2009). Po každé 20 minut trvající cvičné akci došlo ke zvýšení koncentrace kortizolu, přičemž po závěrečné čtvrté fázi ve druhém a třetím pátracím dni byly tyto hodnoty nejvyšší. K tomuto nárůstu došlo souběžně s poklesem srdeční frekvence. Tato negativní korelace fyziologických parametrů kortizolu a srdeční frekvence podle autorů naznačuje ztrátu motivace a mentální vyčerpání psů (Schneider & Slotta-Bachmayr 2009). Novější studie (Schöberl et al. 2017) ukazuje na hlubší souvislost těchto problémů, jelikož variabilita kortizolu se pravděpodobně řídí shodným principem jako variabilita srdeční frekvence: korelace mezi srdeční frekvencí a srdeční variabilitou má rovněž negativní charakter, kdy vysoké hodnoty srdeční frekvence indikují vzrušení a zvýšenou fyzickou či mentální aktivitu, zatímco vysoká srdeční variabilita indikuje relaxovaný stav organismu a dobrou životní pohodu i zdravotní stav (Acharya et al. 2006). Vzájemný vztah kortizolu a srdeční činnosti v souvislosti s fyzicky i psychicky stresovými situacemi je tedy dosud málo známou problematikou, kterou je třeba dále studovat.

Schöberl et al. (2017) předpokládali pozitivní vztah mezi vyšší individuální variabilitou v koncentraci salivárního kortizolu u psů a psovodů a jejich schopností vypořádat se se stresovou situací. V souladu s tímto očekáváním se vyšší variabilita v koncentraci kortizolu projevila u jedinců s celkově nižší hladinou vylučovaného kortizolu, a to jak u psovodů, tak, byť v menší míře, i u psů. Vysoká intraindividuální variabilita v koncentraci kortizolu tak může být vhodným indikátorem efektivního zvládnání stresu vzhledem k tomu, že fyziologicky flexibilnější HPA osa podporuje adekvátní reakce organismu na měnící se sociální prostředí. Porovnání dotazníkového šetření a kortizolu dále ukázalo u psovodů pozitivní vztah mezi

vysokým skóre v oblasti neuroticismu a nízkou intraindividuální variabilitou v sekreci kortizolu. Autoři tak na základě svých výsledků předpokládají existenci vzájemného vlivu mezi psem a psovodem v rámci kynologického týmu, přičemž vliv psovoda na psa je pravděpodobně vyšší (Schöberl et al. 2017).

Wojtaś et al. (2020) u relativně početného souboru 41 kynologických pátracích týmů při plošném i sutinovém vyhledávání zkoumali souvislost hladiny kortizolu s potenciálně stresovou reakcí na zkoušku, kterou měly zúčastněné pátrací týmy absolvovat. Průměrné hodnoty koncentrace salivárního kortizolu u studovaných psů dosahovaly 4,2 ng/ml před intervencí a 4,89 ng/ml po intervenci. Tyto hodnoty jsou vyšší oproti hodnotám, které u psů nevystavených „stresové“ situaci zaznamenali např. Beerda et al. (1996) (1,89 ng/ml). Tento výsledek naznačuje stresující charakter zkoušky, které byly kynologické týmy vystaveny. Signifikantní pozitivní korelace byla zjištěna mezi hodnotami kortizolu zjištěnými u psů a u psovodů, a to před začátkem intervence. Toto zjištění naznačuje možnost nevědomého ovlivnění psa psovodem, kdy pes u svého pána vnímá stresovou reakci spojenou např. s nervozitou (Wojtaś et al. 2020). Tato korelace byla zjištěna u všech zúčastněných pátracích týmů před zkouškou – jak úspěšných, tak neúspěšných uchazečů. Nicméně, silnější vztah se projevil u těch pátracích týmů, které v následující zkoušce neobstály. Silné vzájemné pozitivní korelace v koncentraci kortizolu byly zjištěny u těch kynologických týmů, které sestávaly z psovodů-žen a fen. U psovodů-mužů byla tato korelace slabší, nicméně naznačovala shodný trend. Celkově lze konstatovat silnější vztah hormonálních hladin kortizolu u pátracích týmů složených z fen a psovodů-žen než u jejich samčích/mužských protějšků (Wojtaś et al. 2020). Ve druhé studii věnované výzkumu koncentrace salivárního kortizolu v souvislosti se zkouškou z vyhledávání pohřešovaných osob Wojtaś et al. (2020) nezjistili významné rozdíly mezi pohlavími před a po zkoušce ani významné zvýšení v průběhu zkoušky. Hladina kortizolu se před zkouškou u fen pohybovala průměrně okolo 4,55 a u psů 4,08 ng/ml, po zkoušce došlo ke zvýšení na 5,19 ng/ml u fen, resp. 4,77 ng/ml u psů. Tyto hodnoty salivárního kortizolu jsou opět obecně vyšší, než jaké byly zjištěny v dřívějších studiích u psů v souvislosti s jinými situacemi (např. Beerda et al. 1998), což autoři přikládají stresujícímu charakteru zkoušky zaměřené na vyhledávání pohřešovaných osob. Je však na místě zdůraznit, že kortizol představuje hormon s klíčovou metabolickou funkcí (viz výše). Jeho zvýšená cirkulace je tedy podmíněna mobilizací energetických rezerv tehdy, kdykoliv pes čelí fyzicko-mentálně náročné situaci, aniž by se nutně jednalo o situaci emocionálně stresující. Pouze v případě psů, nikoli v případě fen, autoři zaznamenali zvýšení koncentrace kortizolu před zkouškou z vyhledávání

ve volném terénu oproti zkoušce ze sutinového vyhledávání, přičemž tento rozdíl přetrvával i po vykonané zkoušce. Je tedy možné, že odlišná (vyšší) míra zátěže v rámci plošného vyhledávání oproti sutinovému vyhledávání může ovlivnit hormonální odpověď u psa.

Chmelíková et al. (2020) v rešerši věnované salivárnímu kortizolu jako markeru akutního stresu u psa zdůrazňují určité limity, které mohou vést k mylné interpretaci výsledků. Vedle správně aplikované metodiky odběru a uchování vzorků je třeba brát v úvahu výše uvedené cirkadiánní změny, individuální variabilitu, a také komplexní problematiku behaviorálních markerů, kdy změny v chování jedince nejsou vždy doprovázeny významnými změnami ve vylučování kortizolu či naopak (viz výše). Komplexní fyziologické řízení a nesnadná interpretace kortizolu jako samostatného stresového markeru by měly autory příštích studií vést k využití dalších biochemických markerů aktivity hypothalamo - hypofyzárně - adrenální osy, které lze rovněž izolovat ze slin (např. imunoglobulinu A). Širší spektrum hodnocených fyziologických parametrů může nepochybně přispět ke komplexnějšímu obrazu fyziologických změn.

3.4 Hodnocení pohybového zatížení psů s využitím GPS sledování

Monitorování pohybu zvířat pomocí GPS (ang. global positioning system) je dnes v behaviorální ekologii hojně využívanou metodou. Využití této metody umožňuje lépe porozumět pohybové aktivitě zvířat, jejich habitatovým preferencím a rozmístění v prostoru (Justicia et al. 2018). GPS sledování je vhodnou metodou pro kvantifikaci vzdáleností, které zvíře v daném časovém úseku urazí a může být tedy použito jako jeden z faktorů stanovení energetického výdeje zvířete (Brosh et al. 2006 In: Bailey et al. 2017). GPS přijímače jsou v současné době již snadno přenosné a zároveň dostatečně přesné pro stanovení variability rychlosti pohybu zvířat, včetně vysoce pohyblivých, atletických druhů jako jsou např. koně (Hampson et al. 2010). Při monitoringu služebních psů a jejich psovodů, např. kynologických pátracích týmů pro vyhledávání pohřešovaných osob, není technické vybavení v současnosti jednotné a odvíjí se od možností konkrétní organizace, k níž kynologické týmy přísluší. V obvyklém případě jde o GPS přijímač a radio vysílač propojený se smartphonem. Telefon a radio vysílač slouží ke vzájemné komunikaci kynologických týmů v terénu, ke komunikaci se základnou a koordinaci práce jednotlivých pátracích týmů (Zeagler et al. 2016).

Využití GPS sledování má své technické a metodologické limity. Design studie zaměřené na získávání dat touto metodou by měl optimálně vyvážit na jedné straně přesnost sledování pohybových tras zvířete, které je dosaženo častějším záznamem, a na druhé straně omezenou životnost baterie v přijímači (Bailey et al. 2017). Též je třeba počítat s chybou GPS lokalizace, která může vzniknout na jedné straně jako i) tzv. lokační chyba (ang. LE - location error) (Frair et al. 2004 In: Justicia et al. 2018), definovaná jako Eukleidovská vzdálenost mezi každou lokací vygenerovanou GPS systémem a reálnou lokací v terénu, na druhé straně jako ii) tzv. neúspěšná fixní akvizice dat, vyjádřená poměrem úspěšných zaměření ku celkovému počtu zaměření (tedy z tzv. FSR poměru (FSR – fix success rate)). Několik studií zaznamenalo prokazatelný vliv environmentálních podmínek na přesnost přenosu dat. Jedná se o řadu faktorů, např. o topografii daného prostředí, zatopení vodou, srážky, oblačnost a vegetační kryt (Frair et al. 2004 In: Justicia et al. 2018).

GPS sledování již našlo určité využití při studiu volně žijících psovitých (např. Shumba et al. 2018), volně žijících „feralizovaných“ psů domácích (např. Brookes et al. 2018) a služebních psů v některých odvětvích [např. ovčáctí psi (Hampson & McGowan 2007); psi detekující narkotika a jiné látky (Reed et al. 2011); pastevečtí psi (Van Bommel & Johnson, 2014)]. Madureira et al. (2020) nicméně v aktuální studii zabývající se monitoringem volně žijících domácích psů v urbanizovaných oblastech Brazílie zdůrazňují dosud omezené využívání GPS sledování při výzkumu hospodářských a domácích zvířat, a z toho plynoucí nedostatek studií. Monitorování lokomoční aktivity psů při práci je tak další oblastí, kde je třeba přinést nové poznatky. V případě výzkumu pohybové aktivity psa využili GPS sledování např. Hampson & McGowan (2007) u australských ovčáků při práci se stádem. GPS přijímače byly umístěny na hřbetě psů uvnitř postroje vyrobeného z lycry, specificky designovaného pro tuto studii. Zaznamenávána byla rychlost pohybu psů, uražená vzdálenost a převýšení, a to kontinuálně v sekundových intervalech v rozsahu dvou až čtyř hodin. Van Bommel & Johnson (2014) studovali pohybovou aktivitu u Maremmanských pasteveckých psů v Austrálii. GPS přijímače byly v tomto případě umístěny na obojcích psů. Poloha psů byla zaznamenávána 24 hodin denně vždy v třiceti-minutových intervalech. Dále byla zaznamenávána rychlost pohybu psů a dráha jejich pohybu v okolí střeženého stáda. V oblasti výzkumu psů vyhledávajících pohřešované osoby použili GPS sledování psů při cvičné pátrací akci např. Greatbatch et al. (2015), přičemž s použitím GPS dat byly určeny základní pohybové parametry, tj. rychlost pohybu psa a uražená vzdálenost. Je známo, že environmentální faktory jako typ terénu, nadmořská výška a doba nasazení v terénu ovlivňují výkonnost psa při pátrací akci (Schneider

& Slotta-Bachmayr 2009). Dosavadní studie uvádějí na obecné rovině některé očekávatelné závěry, např. skutečnost, že velké plochy krajiny, členitý terén s vysokou sklonitostí a těžko prostupná vegetace ztěžují práci kynologických pátracích týmů s potenciálním negativním vlivem na výkonnost i životní pohodu psa (Jones et al. 2004; Rovira et al. 2008), či to, že psi se pohybují opatrněji a v důsledku toho pomaleji v obtížném (např. suťovitém) terénu (Schneider & Slotta-Bachmayr 2009). Detailnější výzkum pohybové aktivity a zátěže psů vzhledem k vlastnostem terénu a prostředí však dosud zcela chybí.

Z rešerše dosavadních studií zaměřených jak na fyziologii, tak na pohybovou aktivitu psů při vyhledávání pohřešovaných osob (zejména ve volném terénu) jasně vyplývá relativní nedostatek poznatků a potřeba dalšího výzkumu. Málo prostudovanými fyziologickými jevy jsou v této souvislosti zejména srdeční variabilita a tělesná teplota, problematika pohybové aktivity a jejího vlivu na výkonnost a zdraví psa dokonce nebyla studována téměř vůbec. I přes relativní nedostatek a již uvedené limity aktuální literatury bylo možné jednak na základě výsledků dosavadních studií, jednak na základě obecných a dosud netestovaných předpokladů stanovit před zahájením sběru dat vstupní hypotézy, které byly postupně aktualizovány a doplňovány pro jednotlivé studie, o jejichž výsledky se tato práce opírá (viz výše – kapitola 2). Hypotézy se vztahují k vyhodnocovaným fyziologickým parametrům (tělesná teplota, srdeční aktivita, salivární kortizol), k parametrům pohybové aktivity psů a zohledňují také environmentální faktory, se kterými se psi při vyhledávání pohřešovaných osob ve volném terénu musejí vyrovnávat (především reliéf terénu, kvantifikovaný jako sklonitost, a také prostupnost vegetace v daném terénu). Dále jsem se v hypotézách snažil neopominout individuální charakteristiky každého psa, vzhledem k předpokládanému značnému vlivu individuálních dispozic na pohybovou aktivitu a výkonnost při tomto typu práce – jedná se především o zkušenosti a trénovanost psa odrážející se v jeho certifikaci v oblasti plošného vyhledávání pohřešovaných osob, dále též věk.

Výzkumná práce zaměřená na komplexní hodnocení fyziologie a chování psů při vyhledávání pohřešovaných osob v terénu včetně vyhodnocení pohybové aktivity psů má vzhledem k nízké prostudovanosti a značnému praktickému významu této oblasti služební kynologie velký potenciál. Jak bylo uvedeno výše, hlavní nedostatky, které limitují možnost zobecnění výsledků u existujících studií, spočívají v silně kontrolované metodologii a většinou malých statistických souborech zkoumaných psů. Zásadním metodologickým přínosem nové studie propojující výzkum fyziologie a pohybové aktivity psa při tomto typu práce by mělo být terénní cvičení určené pro co nejvyšší možný počet kynologických pátracích týmů. Toto cvičení

by mělo věrně simulovat podmínky reálné pátrací akce ve volném terénu, často spojené s relativně dlouhou a fyzicky vyčerpávající prací kynologických pátracích týmů v rozmanitých podmínkách prostředí a počasí (např. Rovira et al. 2008; Makeš 2009; Greatbatch et al. 2015). Kynologické pátrací týmy by měly být během dne do terénu nasazovány opakovaně s pravidelnými přestávkami a do různých sektorů v dané oblasti, při kontinuálním hodnocení pohybové aktivity psů pomocí GPS sledování a pravidelného odběru a následného vyhodnocení fyziologických markerů fyzické zátěže.

4. METODIKA

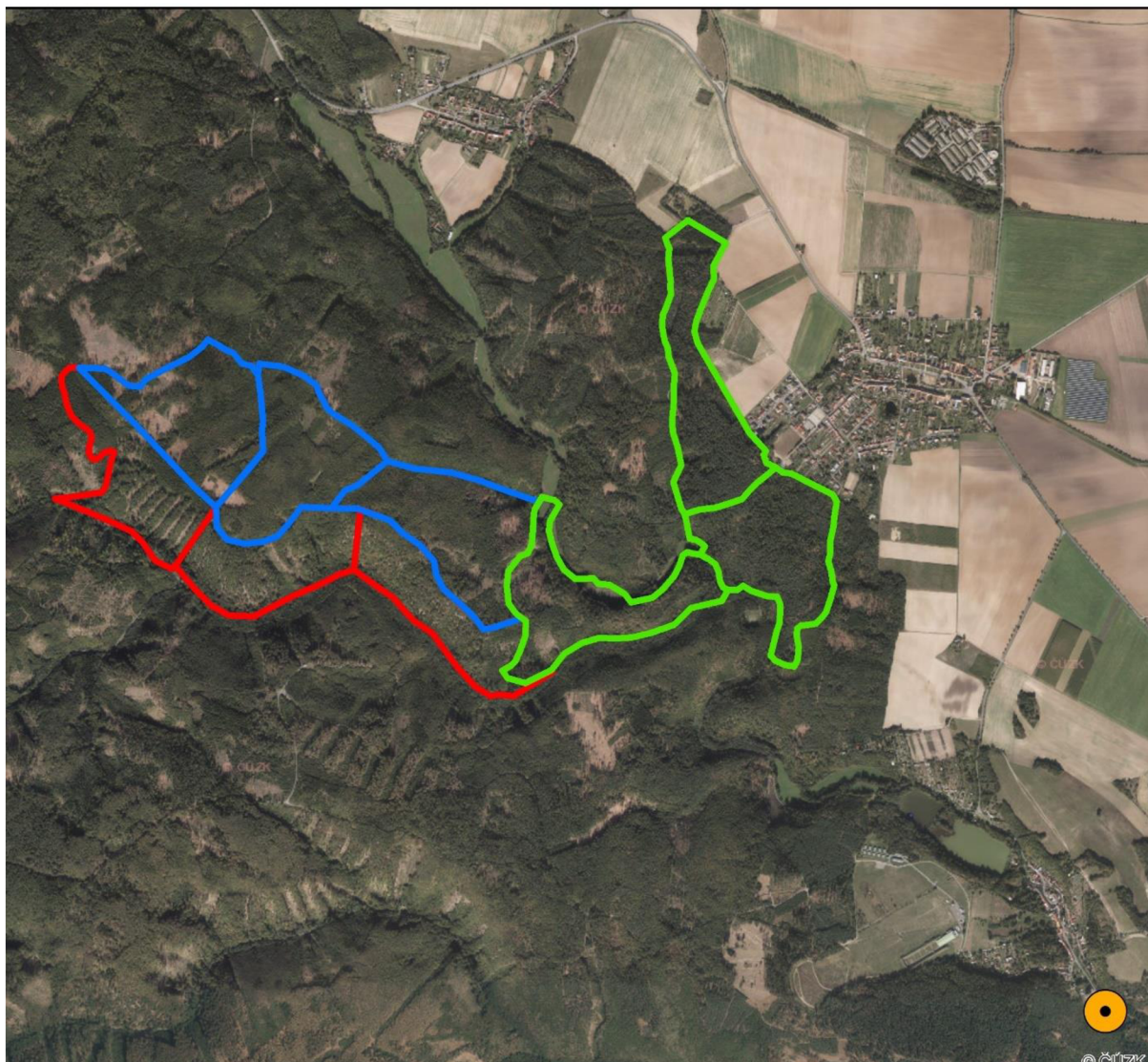
4.1 Terénní cvičení a kynologické pátrací týmy

Studie, která je podkladem pro veškeré výsledky této disertační práce, proběhla v rámci projektu „Využití vyspělých technologií a čichových schopností psa pro zvýšení efektivity vyhledávání pohřešovaných osob v terénu“. Sběr dat pro tuto práci se uskutečnil formou terénních cvičení pořádaných na vybraných lokalitách České republiky ve spolupráci s Policií ČR, Horskou záchrannou službou ČR, Hasiči a dobrovolnickými kynologickými brigádami. Zúčastněné kynologické pátrací týmy (tvořené psem a psovodem) zastupovaly všechny výše uvedené organizace. Přípravné terénní cvičení se uskutečnilo v červnu 2017 s cílem otestovat a stabilizovat metodiku sběru dat. Pět řádných terénních cvičení následně proběhlo od září 2017 do května 2019 na pěti různých lokalitách České republiky (viz Tab. 1).

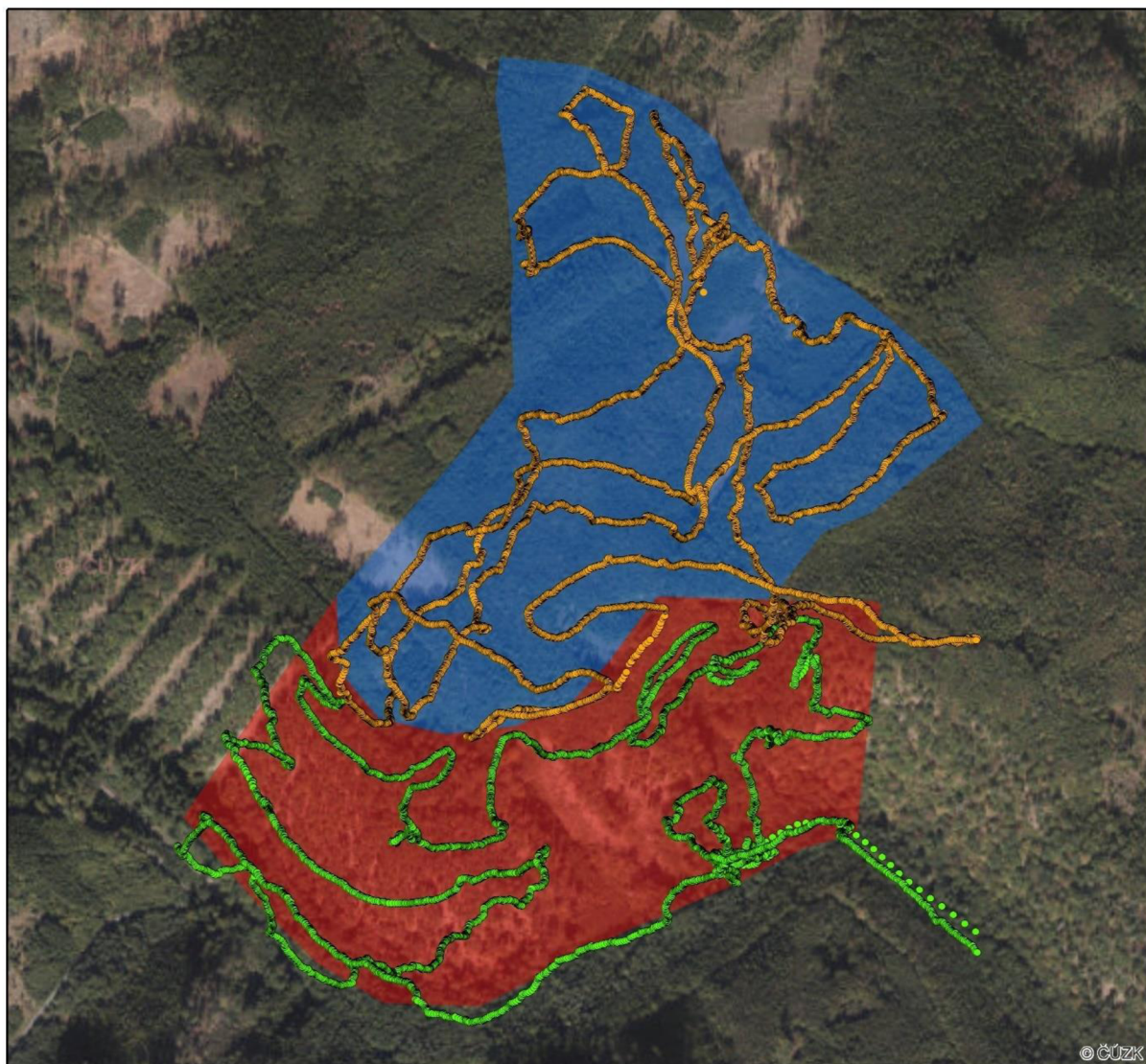
Tabulka 1: Lokality a termíny konání terénních cvičení.

Cvičení	Kraj	Datum
Pouště u Jihlavy	Vysočina	20. 9. 2017
Žihle	Plzeňský	1. – 3. 5. 2018
Nové Město na Moravě	Vysočina	12. – 14. 6. 2018
Hamry u Plumlova	Olomoucký	11. – 13. 9. 2018
Herlíkovice	Liberecký	14. – 16. 5. 2019

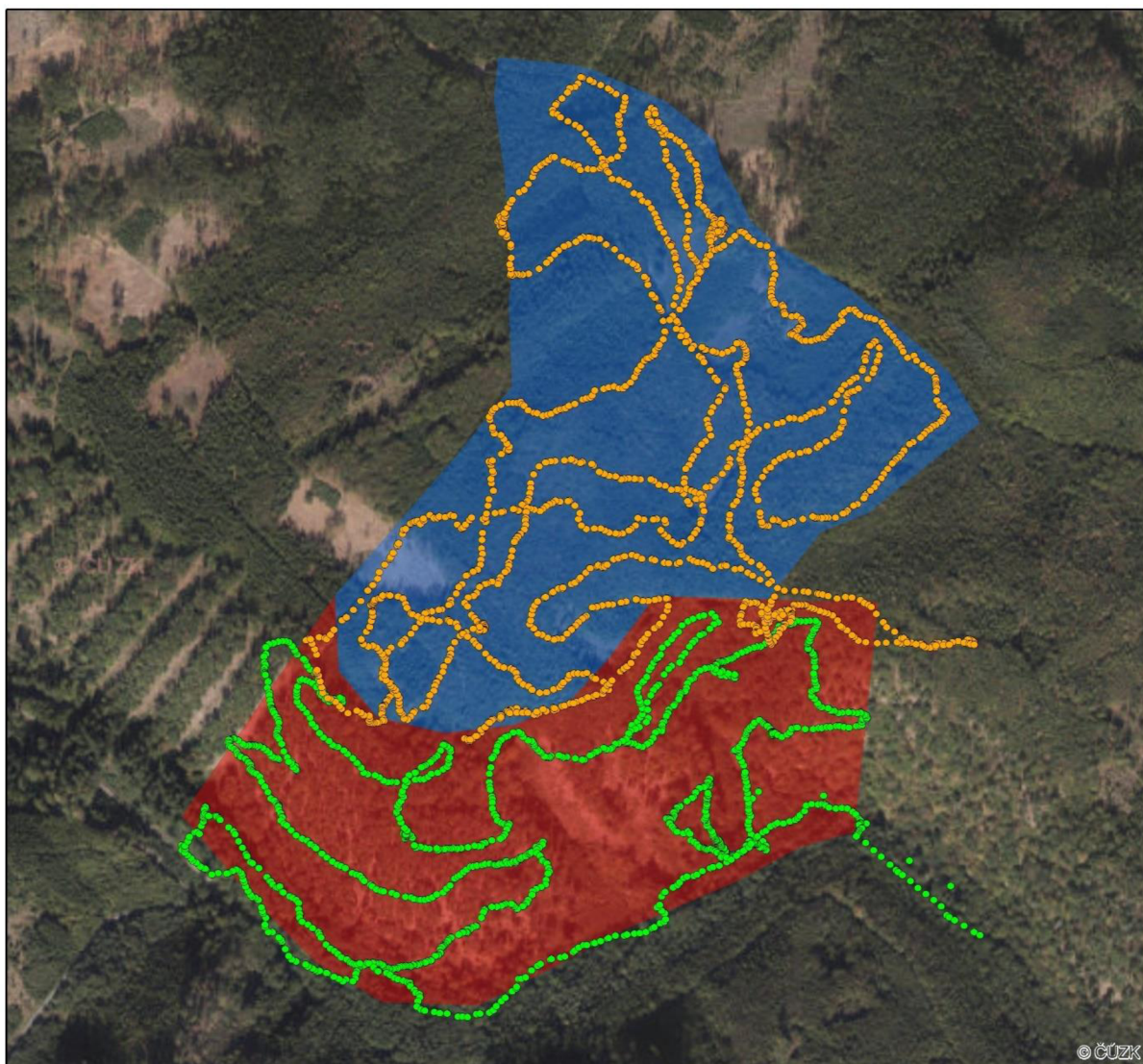
Samotná terénní cvičení byla realizována v terénu na daných lokalitách, sběr dat pak částečně i na příslušné základně, odkud kynologické pátrací týmy zahajovaly svou práci v terénu (více viz podkapitola 4.3.2). Cvičení proběhlo celkem ve 45 terénních sektorech (viz Obr. 1 a, b, c). Každý sektor měl rozlohu přibližně 20 ha. Reliéf terénu a jeho sklonitost, převýšení a vegetační kryt byly rozdílné dle lokality a v některých případech i mezi jednotlivými sektory v rámci jedné lokality (více viz podkapitola 4.3.1).



Obrázek 1a: Vizualizace pátracích sektorů z terénního cvičení (Hamry u Plumlova, Olomoucký kraj, 11. 9. 2018). Oranžový bod – základna. Zelená linie – pátrací sektory „A“. Modrá linie – pátrací sektory „B“. Červená linie – pátrací sektory „C“.



Obrázek 1b: Vizualizace pohybu psa v pátracích sektorech (Hamry u Plumlova, Olomoucký kraj, 11. 9. 2018). Oranžová a zelená linie – trasy pohybu psa. Modré pole – pátrací sektor „B2“. Červené pole – pátrací sektor „C2“.



Obrázek 1c: Vizualizace pohybu psavoda v pátracích sektorech (Hamry u Plumlova, Olomoucký kraj, 11. 9. 2018). Oranžová a zelená linie – trasy pohybu psavoda. Modré pole – pátrací sektor „B2“. Červené pole – pátrací sektor „C2“.

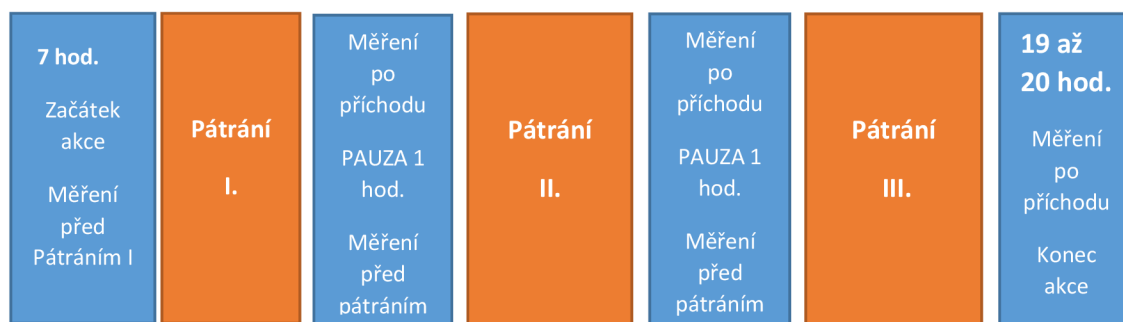
Vegetační kryt byl stanoven dodatečně za účelem porovnání obtížnosti terénu v jednotlivých sektorech i celkově na všech 5 lokalitách, kde se terénní cvičení konala. Dostupné informační zdroje totiž neumožňovaly přesné kvantifikované určení vegetačního krytu dle aktuálního stavu porostu na dané lokalitě. Z toho důvodu byl vegetační kryt rozdělen do tří kategorií dle prostupnosti (viz Tab. 2).

Tabulka 2: Lokality a terénní sektory v této studii. Skóre od 1 do 3 označuje vegetační kryt, od 1 - snadno prostupný, přes 2 - středně prostupný, po 3 - těžko prostupný.

Lokalita č.	Název lokality	Sektory A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3
1	Pouště	2	3	2	2	2	2	1	1	2
2	Žihle	2	2	1	1	2	1	2	2	2
3	N. Město	1	1	1	2	1	2	1	1	1
4	Hamry	2	2	2	1	1	1	2	2	2
5	Herlíkovice	3	2	2	3	2	2	2	2	2

Výše uvedená terénní cvičení probíhala podle jednotného harmonogramu (viz Obr. 2). Vzhledem k záměru simulovat opakované reálné nasazení kynologických pátracích týmů byly stanoveny pro každý den terénního cvičení celkem tři pátrací akce ve volném terénu (dále v textu uváděny jako „terénní sekce“). Po první a druhé terénní sekci následovaly hodinové přestávky, po třetí sekci byla celá akce ukončena. Monitoring pohybové aktivity psů během terénních sekcí probíhal kontinuálně, a to pomocí GPS přijímačů (více viz podkapitola 4.3.1). Fyziologická měření probíhala na základně dle následujícího harmonogramu: i) v ranních hodinách na začátku akce, ii) v mezičasech po návratu z terénní sekce a následně po hodinové přestávce před zahájením další terénní sekce. Účelem tohoto harmonogramu sběru fyziologických dat bylo porovnání fyziologických parametrů psa před a po zátěži spojené s pátráním v terénu vzhledem k faktorům fyzické únavy psa i jeho motivace k práci. Veškerá fyziologická měření pro tuto disertační práci se týkala výlučně psa (více viz podkapitola 4.3.2). Meteorologická data byla pořizována přímo v terénu (více viz podkapitola 4.3.3). Zbývající součástí sbíraných dat byly dotazníky pro psovody (více viz podkapitola 4.3.4).

Z důvodu simulace reálné pátrací akce byli pro účely terénních cvičení využiti figuranti, kteří představovali pohřešované osoby. Jednalo se o dobrovolníky z řad členů zúčastněných organizací (Policie ČR, Hasiči, Horská služba, dobrovolnické kynologické brigády) a z řad studentů České zemědělské univerzity v Praze. Před začátkem každé terénní sekce byli umisťováni do jednotlivých sektorů v terénu, ve kterých pátrání probíhalo.



Obrázek 2: Schéma průběhu sběru dat v rámci jednoho dne terénního cvičení.

4.2 Subjekty

Terénních cvičení se zúčastnilo celkem 72 kynologických pátracích týmů. Vzhledem ke snaze o maximální možnou vyrovnanost souboru byly ze statistických analýz některé kynologické pátrací týmy vyloučeny z důvodu významné ztráty dat (u některých psů nebylo možné naměřit všechny fyziologické parametry nebo se tyto týmy z různých důvodů zúčastnili např. pouze jedné ze tří terénních sekcí během dne). Po této redukci zůstalo v souboru celkem 54 kynologických pátracích týmů, tzn. 54 jedinců, z toho 8 fen. Vzhledem k tomu, že psůvům byla umožněna účast na více terénních cvičeních, celkem 9 kynologických pátracích týmů se zúčastnilo více než jednoho cvičení. Průměrný věk zúčastněných psů byl 5,5 (\pm sm. odch. 2,1) let, celkové věkové rozmezí se pohybovalo od 2,1 do 10,4 let. Zúčastnění a následně analyzovaní psi příslušeli k ovčáckým plemenům (Německý ovčák, Belgický ovčák Malinois, kříženci Něm. ovčáka a Bel. ovčáka, Australský ovčák, Border Kolie) či k loveckým nebo jiným pracovním plemenům (Labradorský retrívr, Chesapeake Bay retrívr, Gordonsetr, Hovawart). Nejpočetněji zastoupeným plemenem byl Německý ovčák (33 jedinců). Ze zúčastněných fen žádná fena nebyla v době konání daného terénního cvičení v estru. Pro analýzu pohybové aktivity a s ní spojených parametrů byl použit kompletní statistický soubor 54 psů. Pro analýzu fyziologických parametrů zahrnujících salivární kortizol jsme byli nuceni využít menší soubor 21 psů, z důvodu omezeného počtu psů, kterým bylo možné během terénních cvičení odebrat sliny pro analýzu salivárního kortizolu a následně vzorky spolehlivě analyzovat (viz kapitola 4.3.2).

4.3 Sběr dat

4.3.1 Monitoring pohybové aktivity psů

Sledování jednotlivých psů při pohybu v terénu bylo realizováno pomocí GPS přijímačů Garmin Astro 230 a následně po stažení dat z přijímačů prvotně zpracováno v programu Garmin BaseCamp (GARMIN®, Schaffhausen, Švýcarsko). Sledování jedinců probíhalo kontinuálně, jelikož GPS přijímače připevněné na obojcích psů zaznamenávaly jejich polohu každou vteřinu. Takto bylo získáno mnoho pozičních bodů (až desítky tisíc) každého psa, což umožnilo následně vyhodnotit informace o: i) délce každého úseku v metrech (vzdálenosti dvou následných GPS bodů), ii) čase, za který byl daný úsek zvládnut (hh:mm:ss), iii) rychlosti, kterou byl daný úsek překonán (m/s), iv) azimutu, tj. úhlu směru daného úseku ve stupních (0° - 360°). Dále bylo pro každý GPS bod vždy zaznamenáno: v) datum a čas jeho uložení, vi) souřadnice v souřadném systému WGS-84 a nakonec vii) teplota okolního vzduchu měřená v °C pomocí čidel umístěných na obojcích psů, které byly přes rozhraní Bluetooth propojeny s GPS přijímači.

Na základě těchto polohových dat byla dále určena sklonitost terénu každé lokace, v nichž se kynologické pátrací týmy právě nacházely. Sklonitost byla určena na škále v rozmezí od 1 (sklon svahu 0 až 5 stupňů) až po 11 (sklon svahu 50 stupňů a více). Nejprve byla určena sklonitost terénu ve všech pátracích sektorech pomocí volně dostupné aplikace Českého úřadu zeměměřičského a katastrálního (<https://ags.cuzk.cz/av/>). Následně byla v programu ArcGIS 10.4 (Esri, Redlands, U.S.A.) tato sklonitost přiřazena jednotlivým lokacím psů a bylo s ní po jejím vyexportování do programu Excel dále pracováno.

4.3.2 Fyziologická měření

Sběr fyziologických dat probíhal dle jednotného harmonogramu terénních cvičení (viz podkapitola 4.1 a Obr. 2) vždy na základně dané lokality. Uskutečněna byla následující fyziologická měření: i) rektální měření tělesné teploty a termografická analýza, ii) měření srdeční činnosti se zaměřením na variabilitu srdeční frekvence, a iii) odběr slin za účelem analýzy salivárního kortizolu.

Tělesná teplota byla měřena standardním digitálním rektálním teploměrem (BENU® SFT 11/1, PHOENIX, Mannheim, Německo) dle konvenční metodiky (např. Greer et al. 2007) s přesností (+/- 0,1 °C). Měření probíhalo vždy ve stejné místnosti na základně dle harmonogramu terénního cvičení (viz Obr. 2).

Snímkování termovizní kamerou probíhalo vždy ve stejné místnosti, jako měření tělesné teploty. Nejprve byl vždy pořízen snímek, poté měřena tělesná teplota vzhledem k faktu, že rektální měření tělesné teploty jako potenciální stresová manipulace by mohlo mít nežádoucí vliv na objektivitu termografické analýzy. Ke snímání byla použita termovizní kamera Testo 890-2 (Testo North America, West Chester, Pennsylvania, U.S.). Snímky psů byly pořizovány vždy s přiblížením na obličejovou část hlavy, ze vzdálenosti přibližně 1 metr, přičemž psi vždy stáli či seděli z profilu vůči objektivu, podél nejbližší stěny (dle potřeby zajištění svým psovodem).

Měření srdeční činnosti bylo uskutečněno pomocí sport-testerů POLAR (POLAR®, Oulu, Finsko). Přijímač byl na trup psa umístěn za pomoci nastavitelných popruhů. Bylo nutné použít ultrazvukový sono-gel pro efektivnější kontakt přijímače s tělním povrchem psa pro detekci srdeční činnosti přijímačem. Měření srdeční činnosti probíhalo v následujících časových intervalech: i) ihned po návratu z terénní sekce, tj. na začátku přestávky, po dobu 15 min. (následně byl přijímač z těla psa odebrán z důvodu rizika jeho stržení) a dále ii) během 45-60 min. přestávky. Pro následnou statistickou analýzu byl jako měřítko variability srdeční frekvence vybrán parametr pNN50, díky vysoké vypovídající hodnotě o činnosti parasymptiku (viz výše – kapitola 3.2).

Vzorky slin psů byly odebírány dle konvenční metodiky (např. Haubenhofner & Kirchengast 2007) pomocí tamponů. Odběr slin probíhal vždy po termografickém snímkování a měření tělesné teploty dle harmonogramu terénních cvičení. K odebírání slin byly použity tampony SARSTEDT Salivette Cortisol, code blue (SARSTEDT®, Nürnberg, Německo). Vzorky byly okamžitě po odebrání uloženy do mrazícího boxu (ENGEL® MT35F-U1-P, ENGEL, Jupiter, Florida, USA) a při teplotě -18 °C uskladněny až do chvíle jejich laboratorní analýzy. Odebírání slin za účelem detekce a analýzy salivárního kortizolu probíhalo v rámci každého cvičení jen u několika vybraných psů. Vybrání byli takoví psi, kteří dostatečně slinili a byli ochotni nechat si do tlamy aplikovat tampon pro odběr slin.

4.3.3 Meteorologická data

Pomocí přenosné meteorologické stanice (WH1080, Fine Offset Electronics Co., Ltd., Shenzhen, China) byly v terénu měřeny následující environmentální parametry: teplota vzduchu (°C), tlak vzduchu (hPa/m²), relativní vzdušná vlhkost (%), směr proudění vzduchu a rychlost proudění vzduchu (m/s). Pro následnou analýzu pohybové aktivity byla jako environmentální faktor vybrána teplota vzduchu, vzhledem k potenciálně největšímu vlivu na pohybovou aktivitu a fyzickou výkonnost psů (např. Spoo et al. 2015; Robbins et al. 2017).

4.3.4 Dotazníkové šetření

Dotazníkové šetření pro psovody bylo uskutečněno z důvodu zaznamenání základních vstupních informací o zúčastněných kynologických pátracích týmech. Každý psovod byl vyzván k individuálnímu vyplnění dotazníku. Nejvýznamnějšími informacemi pro následné analýzy byl věk a certifikace psa, vedlejšími údaji bylo pohlaví, plemenná příslušnost a praktická zkušenost psovoda v dané služební disciplíně.

4.4 Analýza salivárního kortizolu

Laboratorní analýza vzorků slin proběhla vždy po skončení terénního cvičení na České zemědělské univerzitě. Následně proběhla analýza koncentrace kortizolu ve vzorcích za využití metody ELISA a spektrofotometrie dle konvenčního přístupu (např. Darwish 2006). Vzorky, které obsahovaly krev, byly během kontroly vyřazeny. K vyjádření koncentrace salivárního kortizolu bylo následně použito jednotky ng/ml.

4.5 Statistická analýza dat

Statistická analýza dat z této disertační práce posloužila jako podklad pro následující studie: již publikované studie dle Novák et al. 2022: [Factors affecting locomotor activity of search and rescue dogs: The importance of terrain, vegetation and dog certification \(sciencedirectassets.com\)](#) a studie dle Chaloupková et al. v přípravě: Search and rescue dogs on fire - body temperature, heart rate variability and salivary cortisol as measures of physiological

performance of search and rescue dogs during simulated rescue mission. Provedena byla pomocí software SASTM 9.4 (SAS, Cary, North Carolina, U.S.A.) a StatisticaTM 13.3. (StatSoft, Hamburg, Germany). Všechny statistické analýzy byly provedeny na hladině významnosti α (0,05).

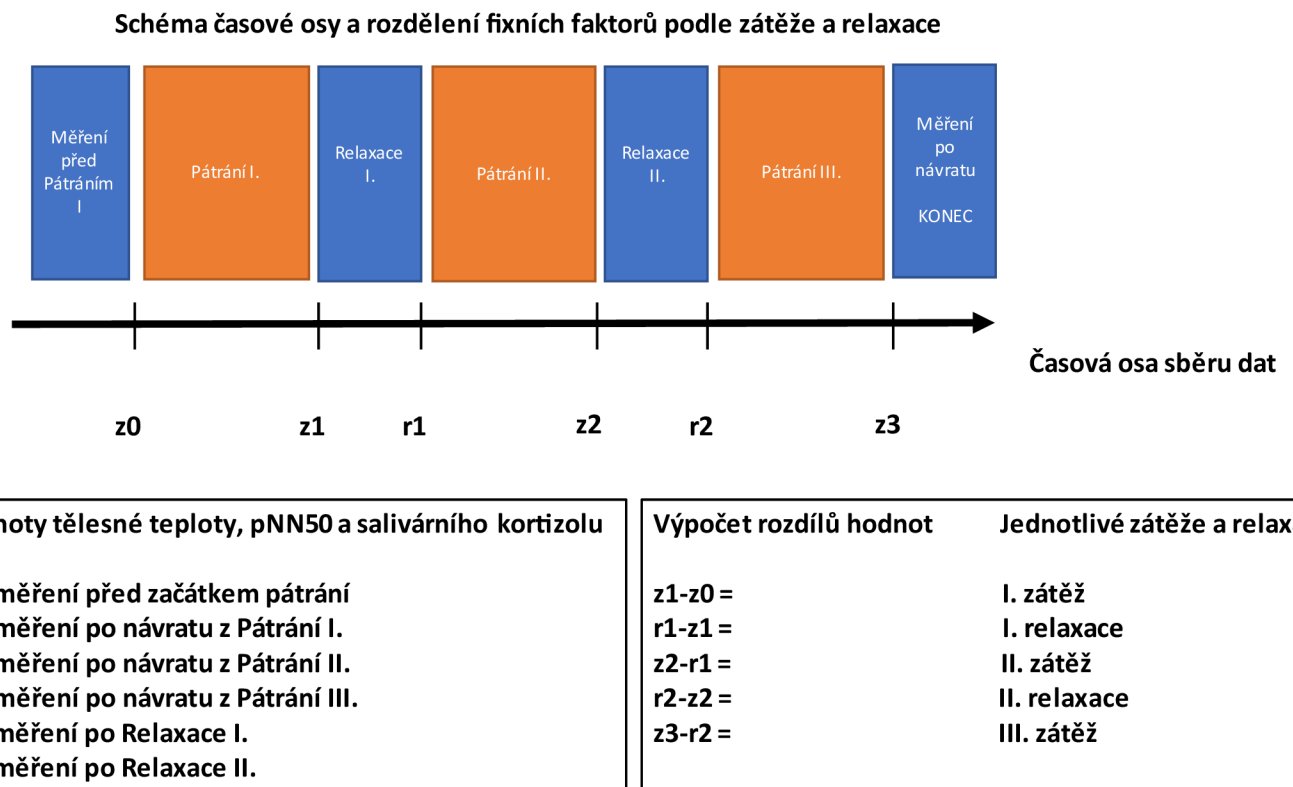
4.5.1 Korelační analýza fyziologických parametrů

Korelační analýza byla použita pro zjištění: i) vzájemného vztahu fyziologických parametrů (tělesné teploty, variability srdeční frekvence a salivárního kortizolu) a ii) vzájemné korelace tělesné teploty a hodnot termografické analýzy. Byla v obou případech uskutečněna za použití Spearmanova koeficientu pořadové korelace (kde hodnota koeficientu r nad 0,7 se signifikantní příslušnou hodnotou p byla považována za silnou korelaci). Spearmanův koeficient pořadové korelace byl jakožto neparametrická metoda využit vzhledem k citlivosti Pearsonova lineárního korelačního koeficientu vůči porušení předpokladu linearit vztahu veličin a normality dat (Pavlík & Dušek 2012).

4.5.2 Analýza faktorů ovlivňujících fyziologický stav psa

Analýza faktorů ovlivňujících fyziologický stav psa byla realizována v rámci zobecněného lineárního modelu (viz str. 33). Do modelu byly zařazeny fyziologické parametry jako potenciálně závislé vysvětlované proměnné. Jako nezávislé fixní faktory do modelu vstupovaly tyto proměnné: i) faktor jednotlivých terénních sekcí (dále „zátěží“) a přestávek mezi terénními sekcemi (dále „relaxací“) zúčastněných psů, ii) certifikace psa v oblasti plošného vyhledávání pohřešovaných osob a iii) celkový čas strávený v sektorech v rámci terénních sekcí (viz str. 34).

Z naměřených fyziologických hodnot byly nejprve provedeny mezivýpočty kvantifikující rozdíly mezi hodnotami z jednotlivých měření v rámci zátěží a relaxací. Schéma časové osy a rozdělení fixních faktorů podle zátěže a relaxace včetně výše uvedených mezivýpočtů je znázorněno na Obr. 3.



Obrázek 3: Schéma časové osy a rozdělení fixních faktorů podle zátěže a relaxace.

Výše popsaná analýza faktorů ovlivňujících fyziologický stav psa byla provedena pomocí zobecněného lineárního modelu (GLM – generalised linear models, procedura MIXED) s randomizačním efektem a efektem pro opakovaná, vzájemně závislá měření na každém jedinci, která byla v našem metodickém designu prováděna (RANDOM statement, REPEATED statement). Zobecněný lineární model mohl být využit vzhledem k relativně velké robustnosti (Lepš & Šmilauer 2021) a možnosti ošetřit závislá (opakovaná) měření. Jeho použití předcházela vizuální inspekce dat pomocí krabicových grafů a histogramů s proloženým rozložením četností (BOX plots, DENSITY plots), kdy data vykazovala rozložení blízké normálnímu.

Jako potenciálně vysvětlované (závislé) proměnné do modelu vstupovaly fyziologické parametry - tělesná teplota, variabilita srdeční frekvence vyjádřená parametrem pNN50 (dále v textu také jako “variabilita srdeční frekvence”) a salivární kortizol. Tyto parametry byly pro účely analýzy kvantifikovány jako rozdíly mezi hodnotami z jednotlivých měření v rámci zátěží a relaxací (viz Obr. 3).

Fixní faktory v modelu představovaly: i) faktor jednotlivých zátěží a relaxací (I. zátěž, I. relaxace, II. zátěž, II. relaxace, III.zátěž, viz Obr. 3) certifikace psa (jako binární proměnná “1 – certifikace, 0 – bez certifikace”) a iii) celkový čas strávený v terénních sektorech (min), jako spojitá proměnná.

Pro párové srovnání vzájemných rozdílů mezi hodnotami z jednotlivých měření v rámci “faktoru kumulativní zátěže a relaxace” pomocí metody nejmenších čtverců (Differences of Least Square Means) byl použit Tukey-Kramer post hoc test (Tukey-Kramer Adjustment). Náhodný faktor v modelu představovala identifikace kynologického pátracího týmu v interakci s lokalitou pátrání.

4.5.3 Analýza pohybové aktivity psa

Objem pohybové aktivity byl obvykle určen počtem opakovaných fyzických intervencí (jako je v případě vyhledávání pohřešovaných osob počet po sobě následujících terénních sekcí) v určité časové periodě (hodina, den apod.) (Novák et al. 2022). Byla uskutečněna kategorizace pohybové aktivity na základě specifických kritérií: i) horizontální a vertikální rychlosti pohybu psa v terénu, dále sklonitost daného terénu a prostupnost terénu z hlediska vegetačního krytu. Tyto parametry jsme pro každého zúčastněného psa porovnali s potenciálně vlivnými individuálními faktory, kterými jsou věk psa a míra jeho zkušenosti/trénovanosti v oblasti vyhledávání pohřešovaných osob, stejně jako v případě analýzy faktorů ovlivňujících fyziologický stav psa vyjádřená certifikací v oblasti plošného vyhledávání pohřešovaných osob.

Statistická analýza pohybové aktivity psů a souvisejících faktorů byla uskutečněna pomocí software Statistica™ 13.3 (StatSoft, Hamburg, Germany). Nejprve byla uskutečněna vstupní faktorová analýza ve formě analýzy hlavních komponent (PCA – principal component analysis) s cílem vygenerovat z původních dat menší množství vlivných proměnných bez významné ztráty užitečné variability původních dat. Do PCA analýzy byly začleněny všechny relevantní deskriptory pohybové aktivity (celkem 10 proměnných, viz studie [Factors affecting a](#)

Tabulka P1 v příloze disertační práce, dle Novák et al. 2022). Z těchto proměnných, tři deskriptory pohybové aktivity se ukázaly jako nejvíce vlivné, vysvětlující většinu celkové variability (viz studie [Factors affecting](#) a Tabulka P2 v příloze disertační práce, dle Novák et al. 2022). U těchto deskriptorů se ukázal silný vztah k objemu a intenzitě pohybového zatížení psa během vyhledávání pohřešovaných osob, dohromady vysvětlily 92,04 % detekované variability pohybové aktivity zúčastněných psů. Jedná se o celkový čas pátrání (t , min/ha), rychlost vertikálního pohybu (v_a , m/s) a rychlost horizontálního pohybu (v_h , km/h). Jako doplňující faktor byla definována efektivita pohybu (η , %), vyjádřená poměrem času stráveného horizontálním pohybem a celkovým časem pohybu v daném sektoru, kdy vyšší podíl horizontálního pohybu znamená energeticky úspornější, a tedy efektivnější pohyb psa. V kontextu analýzy pohybové aktivity psů dále pracujeme s pojmem “efektivita” vždy v rámci této definice.

V následujících statistických analýzách bylo testováno, jak a do jaké míry jsou čtyři výše uvedené deskriptory pohybové aktivity ovlivněny potenciálně vysvětlujícími individuálními faktory zúčastněných psů a vnějšími faktory každého terénního cvičení.

Vybrány byly dvě individuální charakteristiky pro každého zúčastněného psa: certifikaci v plošném vyhledávání pohřešovaných osob (definovanou opět binárním způsobem jako přítomnost/nepřítomnost certifikace) a věk. Dále potenciálně vlivné vnější faktory: terénní sekce a přestávky, sklonitost terénu (jako kategoriální proměnná, od kategorie 1 – sklonitost do 5 ° po kategorii 5 – sklonitost od 21 ° výše), prostupnost terénu vzhledem k vegetačnímu krytu (definovanou viz Tab. 2) a teplotu okolí (jako kategoriální proměnná, se třemi kategoriemi: do 10 °C; od 10 do 20 °C; nad 20 °C). V případě jednotlivých terénních sekcí nebyla prováděna analýza vlivu tohoto faktoru na celkový čas pátrání vzhledem k faktu, že závěrečná třetí sekce byla na některých terénních cvičení předčasně ukončena či zcela odvolána z důvodu nahromaděného zpoždění a soumraku. Ačkoli experimentální design této studie nabádá k analýze vzájemných interakcí nezávislých (vysvětlujících) faktorů, podmínky studie a struktura dat nám neumožnily tento typ analýzy spolehlivě provést. V prvé řadě nebylo možné zaručit, že v rámci analyzovaných interakcí dojde ke všem možným kombinacím. Tento problém se v řadě případů objevil již na úrovni dvojného třídění. Dále, vzhledem ke skutečnosti, že naše data často nesplňovala předpoklad normálního rozdělení ani homogenity rozptylů, použili jsme neparametrické varianty metody ANOVA, které analýzu interakcí neumožňují (dle Novák et al. 2022).

Pro analýzu vlivu certifikace na deskriptory pohybové aktivity byl použit Mann-Whitney U test. V případě ostatních nezávislých proměnných, rozdělených do tří nebo více kategorií, byly použity následující statistické metody: Friedmannova korekce pro ANOVA test pro analýzu vlivu terénní sekce na deskriptory pohybové aktivity a Kruskal-Wallis test jako neparametrické zobecnění ANOVA testu pro analýzu vlivu ostatních vnějších faktorů (sklonitost, prostupnost terénu a teplota okolí). Vedle standardní hladiny významnosti testu (α 0,05) byla definována “velikost efektu” jako kritérium variability mezi testovanými skupinami. K tomu byl využit neparametrický ekvivalent Cohenova d indexu ($d \geq 0,65$) (Cohen 1969), tedy relativně robustní odhad průměru a rozptylu souboru ($\hat{\mu} = \tilde{x}; \hat{\sigma} = \sqrt{IQR/1.349}$), kde IQR označuje interkvartilové rozpětí (Meloun & Militký 2011). Uvedený vztah byl definován jako porovnání krabicových grafů, kde rozdíl mezi soubory je signifikantní v případě, kdy maximální rozdíl mediánů je roven alespoň jedné polovině minimálního kvartilového rozpětí (pro $d \geq 0,65$). V případě porovnání více, než dvou skupin, byla situace kdy nejméně jeden pár analyzovaných souborů vykazuje signifikantní rozdíl je považován za singifikantní. V podkapitole 5.3 je “velikost efektu” uváděna vždy v případech, kde významnost p -hodnoty a velikosti efektu nekorespondují. Vliv věku na deskriptory pohybové aktivity byl analyzován pomocí Spearmanova koeficientu pořadové korelace (kde r nad 0,7 je považován za silnou korelaci).

5. VÝSLEDKY

5.1 Základní deskriptivní výsledky

Čas, který jednotlivé kynologické pátrací týmy strávily v terénu, se pohyboval mezi 1,25 a 3,5 hodinami, v průměru šlo o 2,375 hodiny. Během jedné terénní sekce psovodi urazili celkovou vzdálenost od 5 do 13 km, psi od 5 do 15 km. Rozmezí rychlosti pohybu se pohybovalo mezi 4 a 5 km/h u psovodů a mezi 0 a 35 km/h u psů.

Průměrná tělesná teplota zúčastněných psů byla 38,38 °C (SD = 0,737; min = 36,1 °C; max = 40,5 °C). Průměrná hodnota salivární kortizolu byla 0,971 ng/ml (SD = 1,238; min = 0,02; max = 8,2). Průměrná hodnota variability srdeční frekvence vyjádřená parametrem pNN50 byla 30,93 (SD = 26,563; min = 0; max = 90,48).

5.2 Výsledky analýzy faktorů ovlivňujících fyziologický stav psa

5.2.1 Korelační analýzy

Analyzované parametry ve všech případech vykazovaly slabý negativní korelační vztah s výjimkou analýzy tělesné teploty a hodnot termografické analýzy, kde byl zjištěn slabý pozitivní korelační vztah (viz Tab. 3).

Tabulka 3: Výsledky korelační analýzy fyziologických parametrů

Porovnávané parametry	Korelační koeficient (r)
Tělesná teplota x salivární kortizol	-0,07
Tělesná teplota x variabilita srdeční frekvence	-0,201
Salivární kortizol x variabilita srdeční frekvence	-0,17
Tělesná teplota x termografická analýza	0,30

5.2.2 Analýzy faktorů ovlivňujících fyziologický stav psa – tělesná teplota

Rozdíly v tělesné teplotě byly signifikantně ovlivněny faktorem jednotlivých zátěží a relaxací ($F_{4,93} = 17,21$; $P < 0,0001$), tělesná teplota po 1-hod relaxaci signifikantně klesla, po zátěži vzrostla, ale jednotlivé zátěže nebo relaxace se mezi sebou nelišily (Tab. 4). Certifikace psa ($F_{1,93} = 0,04$; $P = 0,84$) a ani čas strávený v sektoru ($F_{1,93} = 0,01$; $P = 0,93$) neměly vliv na rozdíly v tělesné teplotě psa.

Tabulka 4: Vliv faktoru jednotlivých zátěží a relaxací na rozdíly v tělesné teplotě psa.

Tělesná teplota °C	I. zátěž	I. relaxace	II. zátěž	II. relaxace	III. zátěž
LSmeans±S.E.*	0,40±0,19	-0,70±0,19	0,63±0,19	-0,38±0,19	0,50±0,21
P-hodnoty mezi jednotlivými kategoriemi fixního faktoru					
I. zátěž	--	0,0001	0,79	0,0001	0,99
I. relaxace		--	0,0001	0,48	0,0001
II. zátěž			--	0,0001	0,97
II. relaxace				--	0,001

*LSmeans ± S.E.: průměry nejmenších čtverců ± standardní chyba

5.2.3 Analýzy faktorů ovlivňujících fyziologický stav psa – variabilita srdeční frekvence

Rozdíly ve variabilitě srdeční frekvence nebyly signifikantně ovlivněny žádným z analyzovaných faktorů: faktor jednotlivých zátěží a relaxací ($F_{4, 97} = 1,63$; $P = 0,17$), certifikací psa ($F_{1, 97} = 0$; $P = 0,99$) ani časem stráveným v sektoru ($F_{1, 97} = 0$; $P = 0,99$).

5.2.4 Analýzy faktorů ovlivňujících fyziologický stav psa – salivární kortizol

Rozdíl v hladinách salivárního kortizolu měl tendenci být ovlivněn faktorem jednotlivých zátěží a relaxací ($F_{4,79} = 2,15$; $P = 0,08$), byl signifikantně ovlivněn certifikací psa ($F_{1,79} = 9,62$; $P < 0,01$), ale nebyl signifikantně ovlivněn časem stráveným v sektoru ($F_{1,79} = 0,42$; $P = 0,52$). Jak v zátěži, tak během relaxace hladiny salivárního kortizolu klesaly, avšak největší rozdíl byl zaznamenán mezi I. relaxací a II. zátěží (viz Tab. 5). Pokles v hladině salivárního kortizolu byl výraznější u necertifikovaných psů ($-2,18 \text{ ng/ml} \pm 0,68$; LS means ± S.E.) než u certifikovaných psů ($-0,03 \text{ ng/ml} \pm 0,11$; LS means±S.E.).

Tabulka 5: Vliv faktoru jednotlivých zátěží a relaxací na rozdíly v hladině salivárního kortizolu psa.

Salivární kortizol ¹	I. zátěž	I. relaxace	II. zátěž	II. relaxace	III. zátěž
LSmeans±S.E.*	-0,87±0,38	-1.52±0,38	0,67±0,42	-1,11±0,42	-1,35±0,44
P-hodnoty mezi jednotlivými kategoriemi fixního faktoru					
I. zátěž	--	0,38	0,99	0,95	0,33
I. relaxace		--	0,08	0,73	0,99
II. zátěž			--	0,66	0,33
II. relaxace				--	0,97

¹Salivární kortizol měřený v ng/ml

*LSmeans ± S.E.: průměry nejmenších čtverců ± standardní chyba

5.3 Výsledky analýzy pohybové aktivity a souvisejících parametrů (vnější faktory, individuální charakteristiky psa)

5.3.1 Korelační analýzy

Věk psa nebyl signifikantně korelován s žádným ze čtyř testovaných deskriptorů pohybové aktivity (viz Tab. 6).

Tabulka 6: Výsledky korelační analýzy deskriptorů pohybové aktivity a věku.

Porovnávané parametry	Korelační koeficient (r)
Rychlost horizontálního pohybu x věk	-0,03
Rychlost vertikálního pohybu x věk	-0,05
Efektivita pohybu x věk	-0,06
Celkový čas pátrání x věk	-0,08

5.3.2 Výsledky analýzy pohybové aktivity a souvisejících parametrů

Výsledky analýzy pohybové aktivity psů při terénních sekcích a faktorů, které ji potenciálně ovlivňují (vnější faktory prostředí, individuální charakteristiky psa) jsou shrnuty v Tabulce 7 a v navazujícím textu (převzato z publikovaného výsledku autora, dle Novák et al. 2022).

Tabulka 7: Výsledky statistických testů v rámci analýzy pohybové aktivity psů.

Proměnná	Deskriptor	U		Z		P hodnota	Velikost efektu	Graf
		Velikost vzorku	testová statistika	testová statistika				
certifikace psa	Rychlost horizontálního pohybu (vh; km/h)	137	874	1,54	0,125	Není sign.	1a	
	Rychlost vertikálního pohybu (va; m/s)	132	646,5	2,53	-0,011	sign.	1b	

	Efektivita (η ; %),	131	720	1,98	0,047	Není sign.	1c
	Celkový čas pátrání (t; min/ha)	137	662	2,86	0,004	sign.	1d
Proměnná	Deskriptor	Velikost vzorku	H statistika	Stupně volnosti	P hodnota	Velikost efektu	Graf
Efekt terénní sekce (I, II a III)	Rychlost horizontálního pohybu (vh; km/h)	26	9,5	2	0,009	sign.	2a
	Rychlost vertikálního pohybu (va; m/s)	26	6,4	2	0,04	není sign.	2b
	Efektivita (η ; %),	26	1,5	2	0,482	není sign.	2c
	Celkový čas pátrání (t; min/ha)	Neanalyzováno					
Sklonitost terénu	Rychlost horizontálního pohybu (vh; km/h)	136	30,3	4	< 0,001	sign.	3a
	Rychlost vertikálního pohybu (va; m/s)	132	57,1	4	< 0,001	sign.	3b
	Efektivita (η ; %),	136	36,7	4	< 0,001	sign.	3c
	Celkový čas pátrání (t; min/ha)	131	59,1	4	< 0,001	sign.	3d
Prostupnost terénu	Rychlost horizontálního pohybu (vh; km/h)	137	3	2	0,225	sign.	4a
	Rychlost vertikálního pohybu (va; m/s)	132	12	2	0,003	sign.	4b
	Efektivita (η ; %),	137	7,6	2	0,022	sign.	4c
	Celkový čas pátrání (t; min/ha)	131	17,4	2	< 0,001	sign.	4d
Venkovní teplota	Rychlost horizontálního pohybu (vh; km/h)	137	19,5	2	< 0,001	sign.	5a
	Rychlost vertikálního pohybu (va; m/s)	132	22,7	2	< 0,001	sign.	5b
	Efektivita (η ; %),	137	30,8	2	< 0,001	sign.	5c
	Celkový čas pátrání (t; min/ha)	131	19,1	2	< 0,001	sign.	5d

5.3.2.1 Výsledky analýzy pohybové aktivity a souvisejících parametrů – certifikace psa

Rychlost horizontálního pohybu se nelišila u certifikovaných psů oproti necertifikovaným (viz Graf P1 v příloze disertační práce, grafy převzaty z publikovaného výsledku autora [Factors affecting](#)). Naproti tomu rychlost vertikálního pohybu byla nižší a celkový čas pátrání kratší u certifikovaných psů (Graf P1b, c v příloze disertační práce). Efektivita byla vyšší u certifikovaných psů oproti necertifikovaným psům (Graf P1d v příloze disertační práce), avšak bez signifikantní velikosti efektu (viz výše - Tab. 7).

5.3.2.2 Výsledky analýzy pohybové aktivity a souvisejících parametrů – terénní sekce a přestávky

Během první terénní sekce, psi vykazovali vyšší rychlost horizontálního pohybu v porovnání s druhou a třetí terénní sekcí, které se vzájemně nelišily (Graf P2a v příloze disertační práce). Rychlost vertikálního pohybu byla nejvyšší během první terénní sekce a také vykazovala v průběhu této sekce nejvyšší variabilitu (Graf P2b v příloze disertační práce), avšak bez významného efektu (viz Tab. 7). Efektivita pohybu nebyla závislá na konkrétní terénní sekcí (Graf P2c v příloze disertační práce).

5.3.2.3 Výsledky analýzy pohybové aktivity a souvisejících parametrů – sklonitost terénu

Se zvyšující se sklonitostí terénu rychlost horizontálního pohybu poklesla (Graf P3a v příloze disertační práce), zatímco celkový čas pátrání vzrostl (Graf P3c v příloze disertační práce). Byl zaznamenán nárůst rychlosti vertikálního pohybu ovlivněný nárůstem sklonitosti terénu, jakkoli tento nárůst nebyl konstantní (Graf P3b v příloze disertační práce). V porovnání s terény klasifikovanými do kategorie 3 a 4 (tzn. se sklonitostí 11° až 15° a 16° až 20°), rychlost vertikálního pohybu během stoupaní v terénu klasifikovaném do kategorie 5 (tzn. sklonitost od 21° výše) poklesla. Zároveň, efektivita pohybu poklesla v terénech klasifikovaných do kategorie 3 a 4 (Graf P3d v příloze disertační práce).

5.3.2.4 Výsledky analýzy pohybové aktivity a souvisejících parametrů – prostupnost terénu

Vliv prostupnosti vegetačního krytu na rychlost horizontálního pohybu nebyl signifikantní (Graf P4a v příloze disertační práce), avšak efekt v tomto případě signifikantní byl (viz Tab. 7). Prostupnost terénu signifikantně snížila rychlost vertikálního pohybu i efektivitu pohybu (s obtížnější prostupností terénu efektivita pohybu poklesla až o třetinu) (Graf P4b, d v příloze disertační práce). Obtížnější prostupnost také přispěla k delšímu celkovému času pátrání (Graf P4c v příloze disertační práce).

5.3.2.5 Výsledky analýzy pohybové aktivity a souvisejících parametrů – teplota okolí

Horizontální rychlost pohybu byla nejvyšší při středních okolních teplotách (10 až 20 °C) (Graf P5a v příloze disertační práce). Na druhé straně, vertikální rychlost pohybu byla nejvyšší v relativně nejnižších teplotách (Graf P5b v příloze disertační práce). Kynologické pátrací týmy potřebovali k prohledání sektorů nejkratší čas při středních okolních teplotách, přičemž jak nízké, tak vysoké teploty dobu pátrání prodlužovaly (Graf P5c v příloze disertační práce). Efektivita pohybu se zvýšila spolu se zvýšenou teplotou okolí (Graf P5d v příloze disertační práce).

6. DISKUSE

Statistická analýza dat vztahujících se k fyziologickému stavu psa a k pohybové aktivitě v terénu během simulované pátrací akce přinesla většinou očekávatelné, biologicky opodstatněné výsledky. Z korelační analýzy fyziologických parametrů nevyplýval těsný vztah žádné dvojice srovnávaných parametrů, korelační koeficienty byly nízké. Nicméně, negativní charakter korelace zde odrážel očekávatelný trend – spolu se zvyšující se tělesnou teplotou a koncentrací salivárního kortizolu docházelo k poklesu variability srdeční frekvence. Tělesná teplota a hodnoty z termografického snímkování vykazovaly naopak pozitivní, nicméně rovněž slabý korelační vztah. Tělesná teplota se dle předpokladu zvýšila oproti hodnotám naměřeným na počátku pátrací akce po všech třech terénních sekcích, a naopak snížila po relaxacích, přičemž faktor jednotlivých zátěží a relaxací během celodenní pátrací akce se zde projevil jako vysoce signifikantní. Rozdíly mezi hodnotami z jednotlivých měření v rámci faktoru jednotlivých zátěží a relaxací však byly signifikantní pouze v některých případech. Faktor certifikace psa, reprezentující úroveň jeho tréninku a zkušeností v oblasti vyhledávání pohřešovaných osob, statisticky a pravděpodobně ani prakticky významný nebyl, stejně tak ani faktor celkového času v terénu. V případě variability srdeční frekvence se u žádného z fixních faktorů zařazených do analýzy neprojevil signifikantní vliv. Snížení hodnot jak po zátěži, tak po následné relaxaci oproti hodnotám naměřeným na začátku pátrací akce bylo zjištěno u salivárního kortizolu, s nejvýraznějším rozdílem v hodnotách mezi I. relaxací a II. zátěží, po které na rozdíl od všech ostatních měření byl záznamován nárůst hodnot kortizolu. V případě salivárního kortizolu se projevil trend ovlivnění faktorem jednotlivých zátěží a relaxací, a především signifikantní vliv certifikace psa, kdy v případě certifikovaných psů byly koncentrace kortizolu v průběhu celodenní pátrací akce velmi stabilní, zatímco u necertifikovaných psů výrazněji klesaly během relaxace. Celkový čas strávený v terénních sektorech ani v případě salivárního kortizolu nebyl statisticky významný.

Oproti fyziologickým parametrům, kde byl signifikantní vliv certifikace zaznamenán pouze u salivárního kortizolu, deskriptory pohybové aktivity psů během pátrací akce vykazovaly nezanedbatelný vliv certifikace. Rychlost horizontálního pohybu se sice nelišila u certifikovaných psů oproti necertifikovaným, celkový čas pátrání byl nicméně u certifikovaných psů kratší, a především efektivita pohybu se v případě certifikovaných psů ukázala jako významně vyšší vzhledem k faktu, že certifikovaní psi strávili relativně více času energeticky šetrnějším horizontálním pohybem. Přesto je nutné konstatovat, že především

vnější faktory simulované pátrací akce, tedy objem zátěže a terénní podmínky byly činitelem, který bez rozdílu ovlivnil všechny zúčastněné psy. Během první terénní sekce psi vykazovali vyšší rychlost horizontálního pohybu v porovnání s druhou a třetí terénní sekcí, rychlost vertikálního pohybu byla rovněž nejvyšší během první terénní sekce, zatímco efektivita pohybu nebyla závislá na konkrétní terénní sekcí. Se zvyšující se sklonitostí terénu poklesla rychlost horizontálního pohybu, celkový čas pátrání naproti tomu dle očekávání vzrostl. Obtížnější prostupnost terénu signifikantně snížila rychlost vertikálního pohybu i efektivitu pohybu (která s obtížnější prostupností terénu poklesla až o třetinu), a dle předpokladu přispěla také k delšímu celkovému času pátrání. Teploty okolí rovněž přispěly ke změnám pohybové aktivity, kdy horizontální rychlost pohybu byla nejvyšší při středních okolních teplotách (11 až 20 °C), zatímco vertikální rychlost pohybu byla nejvyšší v relativně nejnižších teplotách (do 10 °C).

Z fyziologického hlediska lze konstatovat, že vývoj tělesné teploty psů během terénních sekcí odpovídal očekávatelnému schématu, kdy po terénní sekcí byly naměřeny vyšší hodnoty, přičemž po následující hodinové relaxaci došlo k jejich snížení. Faktor jednotlivých po sobě následujících zátěží a relaxací během celodenní pátrací akce vykazoval velmi významný vliv na vývoj tělesné teploty zúčastněných psů, přičemž tento výsledek rovněž není překvapivý vzhledem k faktu, že intenzivní fyzická zátěž obecně vede k aktivaci metabolismu a dočasnému zvýšení tělesné teploty (např. Rovira et al. 2008; Robbins et al. 2017). Během druhé terénní sekce tento proces pravděpodobně kulminoval, čemuž napovídá i paralelně zaznamenané snížení horizontální rychlosti pohybu psů oproti první terénní sekcí. Oba výsledky byly pravděpodobně ovlivněné zvyšující se fyzickou únavou psů, kdy pokračující či stále rostoucí zvýšení tělesné teploty lze chápat jako důsledek určité metabolické disbalance a fyzického stresu (Schneider & Slotta-Bachmayr 2009). Mírnější zvýšení tělesné teploty oproti fyziologickým klidovým hodnotám již po první terénní sekcí, které bylo rovněž zaznamenáno, je možné odůvodnit v kontextu současných poznatků o motivaci k práci u služebních a sportovních psů. Psi jsou v průběhu tréninku odměňováni (hrou s psovodem či potravními odměnami) (Diverio et al. 2016), přičemž tento přístup založený na pozitivním posilování vede u psa k anticipaci práce jako činnosti provázené a zakončené příjemnými podněty. Naprostá většina psovodů, kteří se účastnili terénních cvičení tento přístup využívala, je tedy pochopitelné, že psi silně motivovaní k práci měli tendenci pohybovat se při první terénní sekcí velmi aktivně, což spolu s náročným charakterem práce vedlo ke zvýšení tělesné teploty. Po hodinové přestávce, která následovala po pátrání v terénu, došlo ke snížení tělesné teploty vlivem relaxace – odpočinku a podání vody, navíc pokud možno na stinném místě. Význam

přestávek byl z hlediska zdraví a welfare psa zdůrazněn již ve veterinární rešerši dle Jones et al. (2004), aniž byl uskutečněn výzkum zaměřený na porovnání fyziologických parametrů zátěže při různě dlouhých intervalech odpočinku mezi jednotlivými sekcemi náročné fyzické aktivity. V případě naší studie bylo na základě poznatků z české literatury zabývající se vyhledáváním pohřešovaných osob (Makeš 2009) rozhodnuto o zařazení přestávky trávající minimálně 1 hodinu mezi jednotlivé terénní sekce. V důsledku vždy přítomné, byť neúplné regenerace fyziologických parametrů (v případě tělesné teploty došlo k výraznějšímu poklesu do či směrem ke klidovému rozmezí mezi 37,5 a 39 °C během první přestávky oproti přestávce druhé) lze konstatovat, že tento interval odpočinku, je-li skutečně dodržen (bez rušivých podnětů např. ze strany jiných psů) je v rámci jednodenní pátrací akce dostatečný. V každém případě výsledky měření tělesné teploty poukazují na vliv kumulativního účinku fyzické zátěže, potenciálně vedoucí ke snížené regenerační schopnosti organismu psa v důsledku opakovaného nasazení. Z hlediska welfare psa není možné tuto skutečnost přehlížet, ve shodě s poznatky předchozí studie dle Schneider & Slotta-Bachmayr (2009). Na druhé straně, schopnost regenerace organismu zejména u trénovaných psů na vrcholu fyzické kondice byla v jiné z dřívějších studií prověřena při relativně náročných pohybových aktivitách v extrémních podmínkách, zejména vysokých okolních teplotách, kdy psi za předpokladu přístupu k vodě a pravidelných přestávek nevykazovali ani po celodenní práci medicínsky významné známky dehydratace či oxidativního stresu (Spoo et al. 2015).

Slabý korelační vztah mezi naměřenou tělesnou teplotou a hodnotami z termografické analýzy zjištěný v rámci této disertační práce je poněkud v rozporu s výsledky pilotní studie, která naopak vyzdvihuje silnou pozitivní korelaci těchto parametrů, a tedy vysokou vypovídající hodnotu termografického snímkování (téměř 0,7 - Travain et al. 2015). V souvislosti s metodikou této disertační práce je však třeba zdůraznit dosud netestovaný terénní charakter měření, kdy snímkování termografickou kamerou na rozdíl od výše zmíněné studie záměrně neprobíhalo ve zcela kontrolovaných podmínkách jedné klimatizované místnosti. Nejednotné, během dne proměnlivé podmínky okolní teploty a vlhkosti v různých místnostech, které byly k dispozici na jednotlivých pěti lokalitách, tak pravděpodobně ovlivnily objektivitu termografického snímkování. Z tohoto pohledu lze doporučit pro příští studie v oblasti výzkumu psů vyhledávajících pohřešované osoby využití termografie, pokud autoři budou schopni zajistit vhodné a kontrolované podmínky pro snímkování.

Obecně vzato, na základě snížení variability srdeční frekvence (vyjádřené např. pomocí parametru pNN50) po fyzické zátěži lze usuzovat na vysokou metabolickou zátěž organismu,

kteří s sebou nese aktivaci sympatického nervového systému, dočasné potlačení vlivu parasympatiky, a snížení variability srdeční frekvence, v souladu s poznatky dle Acharya et al. (2006). Z analýzy dat v rámci této disertační práce vyplývá, že žádný z fixních faktorů nevykazoval statisticky významný vliv na změny srdeční variability, nevyjímaje ani faktor jednotlivých zátěží a relaxací, u kterého byl vliv předpokládán. Regenerace autonomního nervového systému může probíhat v rámci několika hodin, zejména po delší aerobní zátěži s vysokou intenzitou (Hautala et al. 2001). Vzhledem k faktu, že přestávky mezi jednotlivými terénními sekcemi trvaly minimálně 1 hodinu a maximálně 2,5 hodiny, je pravděpodobné, že nemohlo dojít k úplné regeneraci autonomního nervového systému a variabilita srdeční frekvence se nemohla opět zvýšit na hodnoty naměřené před první terénní sekcí. Nicméně, tento předpoklad zde není podpořen signifikantními výsledky, a dokonce ani očekávaným trendem snižování srdeční variability v důsledku zátěže a následným zvyšováním během relaxace. O vývoji srdeční variability během simulované pátrací akce v podmínkách této studie tedy nelze konstatovat nic určitého. Je třeba zmínit, že z organizačního hlediska nebylo možné psům měřit srdeční činnost již bezprostředně po ukončení práce v terénním sektoru, tedy ještě před návratem na základnu, což může představovat faktor ovlivňující objektivitu měření (návraty trvaly zúčastněným pátracím týmům nestejnou dobu, na některých lokalitách šlo o pěší přesun, zatímco na jiných o transport vozidlem Horské Služby, a tedy i doba od bezprostředního ukončení práce v terénu do zahájení měřeného času relaxace se mezi jednotlivými psy lišila). Spolehlivost měření fyziologických parametrů nutně závisí také na spolehlivosti použité techniky. V souvislosti s měřením srdeční činnosti v rámci této studie je třeba uvést přednosti a slabiny systému Polar Team² SW, který zde použit pro veškeré měření srdeční činnosti zúčastněných psů. Tento systém skýtá řadu předností, jako je možnost online přenosu dat do PC, dále také snadná manipulace, malé rozměry, plochý tvar a nízká hmotnost snímače, takže měřený subjekt není omezován v pohybu (Jonckheer-Sheehy et al. 2012). Systém nicméně není vhodný (stejně jako zatím žádný jiný komerčně dostupný snímač) k měření srdeční činnosti psů v průběhu celé pátrací akce. Hrudní pás s přijímačem během pohybu psa mění svou polohu, což znemožňuje efektivní přenos signálu, a srdeční činnost tak nemůže být měřena kontinuálně. Systém Polar Team² SW je primárně vyvinut pro humánní využití, zejména pro měření srdeční frekvence při sportovních aktivitách, a z toho důvodu jeho využití při měření srdeční činnosti pracujících psů, lišících se anatomií, biomechanikou pohybu a přítomností srsti, není zcela spolehlivé. Jak bylo uvedeno v kapitole Metodika (viz str. 30), úspěšnost přenosu dat zvyšuje (vedle omezení pohybu zvířete) také využití ultrazvukových gelů v místě kontaktu přijímače s trupem psa.

Vývoj hodnot salivárního kortizolu během simulované pátrací akce vykazoval odlišný průběh než v případě tělesné teploty, když s výjimkou II. zátěže byly při všech měřeních jak po relaxaci, tak i po zátěži zjištěny nižší hodnoty kortizolu oproti počátečnímu měření. Dále se u salivárního kortizolu neprojevil statistický význam faktoru jednotlivých zátěží a relaxací. Naproti tomu trend negativní korelace s variabilitou srdeční frekvence, jakkoli nepotvrzený vyšší hodnotou korelačního koeficientu, zjištěn byl a lze ho považovat za biologicky opodstatněný vzhledem k aktivaci srdeční činnosti zvýšenou koncentrací vylučovaného kortizolu, která s sebou zároveň nese snížení variability srdeční frekvence (Sapolsky et al. 2000). Na rozdíl od tělesné teploty a variability srdeční frekvence byl v případě kortizolu zjištěn signifikantní vliv certifikace psa, který by byl pravděpodobně ještě významnější při větším statistickém souboru psů s odebíranými a analyzovanými slinami. Výraznější pokles koncentrace kortizolu během relaxace u necertifikovaných psů se může jevit jako překvapivý vzhledem k předpokladu významnější „stresové“ reakce na zátěž u méně trénovaných a zkušených psů (v souladu s výsledky, které naznačuje studie dle Wojtaš et al. (2020)). Je však možné, že v případě certifikovaných psů se projevil pozitivní vliv tréninku, který vede ke zlepšení vytrvalosti psa, a tedy méně intenzivní krátkodobé reakci na zátěž, právě na relativně stabilní, málo kolísavé, i když ne nutně nižší koncentraci kortizolu během celodenní pátrací akce. Vzhledem ke komplexnímu a v první řadě metabolickému účinku kortizolu lze usuzovat, že u méně trénovaných a zkušených psů může výraznější pokles ve vylučování kortizolu po zátěži zároveň znamenat významnější pokles metabolické aktivity, což nemusí být z hlediska krátkodobé výkonnosti žádoucí. V případě platnosti tohoto zjištění by certifikování, a tedy relativně trénovanější a zkušenější psi byli skutečně lépe kondičně připraveni na tento typ práce a dokázali zvládnout intenzivnější pracovní nasazení, jak naznačují výsledky studie dle Slotta-Bachmayr & Schwarzenberger (2007). Tento předpoklad je nicméně nutné ověřit dalšími studiemi, včetně detailního porovnání vlivu jednotlivých úrovní certifikace na hodnoty vylučovaného kortizolu. Výzkum metabolického účinku kortizolu u psa v souvislosti se služebními a sportovními aktivitami, které nejsou primárně spojeny ani tak s potenciálními psychickými stresory a akutní stresovou zátěží organismu (Chmelíková et al. 2020), jako spíše se zvýšenou, emočně vzrušující fyzickou aktivitou a mobilizací energetických rezerv (např. Horváth et al. 2008; Bergamasco et al. 2010) je dalším směrem, kterým by se příští studie mohly vydat.

Z hlediska relevance výsledků pro praxi považuji za hlavní přínos této disertační práce realizaci první detailní analýzy pohybové aktivity psů v terénu, včetně determinace faktorů,

kteře pohybovou aktivitu nejvíce ovlivňují (Novák et al. 2022). V tomto kontextu je třeba zmínit především sklonitost terénu, která vykazovala zásadní vliv na většinu zvolených parametrů pohybové aktivity a zatížení psů, konkrétně na vertikální rychlost pohybu během stoupaní do svahu, celkový čas pátrání a efektivitu pohybu. Sklonitost rovna či vyšší 11° způsobila zvýšení vertikální rychlosti pohybu a celkového času pátrání, zatímco efektivita pohybu poklesla. Tyto změny lze považovat za logický důsledek vertikálního pohybu ve sklonitém terénu. Na základě porovnání vertikální rychlosti pohybu během stoupaní do svahu a efektivitu pohybu výsledky jasně ukazují, že v nejvíce sklonitém terénu (se sklonitostí > 21°), byli psi během pohybu v terénu motivováni k optimalizaci pohybu, což se projevilo úspornějším pohybem do svahu, vedeným přibližně podél vrstevnic v terénu. V důsledku tohoto stylu pohybu došlo k relativnímu zvýšení podílu horizontálního pohybu, což mělo za následek mírné zvýšení efektivitu pohybu.

Obtížná prostupnost terénem způsobená hustou vegetací způsobila snížení horizontální i vertikální rychlosti, dále snížení efektivitu a prodloužení celkového času pátrání. Tento poznatek se zdá být evidentní, ačkoli nebyl dosud v žádné studii fakticky zdokumentován. Psi bez ohledu na certifikaci měli obtíže s proniknutím hustě zarostlým terénem, což je faktor, který může při reálné pátrací akci po pohřešovaných osobách způsobit nezanedbatelné zpoždění. Vypovídající hodnota této studie je v tomto směru poněkud nižší vzhledem ke zjednodušenému kategoriálnímu hodnocení prostupnosti terénu na stupnici od 1 do 3, uskutečněnému na základě kvalifikovaného odhadu vegetace na lokalitách, kde terénní cvičení probíhala. K této metodice bylo nutné přistoupit vzhledem k neexistenci průběžně aktualizovaných map vegetačního krytu. Pro budoucí studie bych doporučil tuto zásadně zpřesňující informaci získat.

Dalším faktorem prostředí, u něhož byl očekáván nezanedbatelný vliv na pohybovou aktivitu a zátěž psů, byla teplota okolí. Ta byla v předchozích studiích opakovaně zjištěna jako důležitý environmentální faktor ovlivňující aktivitu a výkonnost psa v různých disciplínách. Vytrvalost psa klesá se zvyšující se teplotou okolí, která má negativní vliv na účinnost respirační evaporace, hlavního ochlazovacího mechanismu u psa (Robbins et al. 2017). Nicméně nízké vnější teploty mohou rovněž negativně ovlivnit výkonnost psa vzhledem k tomu, že zvyšující se tepelné ztráty způsobují u psa stres a snížení výkonnosti (Schneider & Slotta-Bachmayr 2009). Při nejvyšších okolních teplotách (přes 20 °C) byl celkový čas pátrání delší oproti středním hodnotám okolních teplot (11 až 20 °C), z čehož vyplývá, že psi se při nejvyšších teplotách obecně pohybovali pomaleji. V tomto případě není dostatek dat pro vytvoření obecných závěrů, nicméně je třeba konstatovat, že v podmínkách této studie psi

nikdy nebyli vystaveni velmi horkému počasí (přes 30 °C v denním průměru) jako ve studii dle Spoo et al. (2015).

V podmínkách této studie nebyl kumulativní efekt tří po sobě následujících pátracích akcí faktorem, který by významně ovlivňoval způsob pohybu psa v terénu. Tento poznatek je povzbudivý z hlediska praktického využití kynologických pátracích týmů, které mohou být při reálné pátrací akci opakovaně nasazováni do terénu. Ačkoli předchozí studie shodně popisují vyhledávání pohřešovaných osob ve volném terénu jako fyzicky náročnou disciplínu (např. Rovira et al. 2008; Schneider & Slotta-Bachmayr 2009), a výše uvedené výsledky fyziologických analýz dle Chaloupková et al. (v přípravě) rovněž dokládají náročnost této disciplíny, i přes patrné známky fyzické únavy nebyly v žádné studii včetně této disertační práce zjištěny klinické příznaky vážných zdravotních obtíží vyvolaných fyzickým vyčerpáním, jako je dehydratace či poruchy svalové činnosti. V podmínkách studie dle Novák et al. (2022) během první terénní sekce psi obecně projevovali aktivnější pohyb, což je pochopitelné vzhledem k faktu, že všichni zúčastnění psi bez ohledu na to, zda získali či nezískali certifikaci v oblasti vyhledávání pohřešovaných osob, měli určité sportovní či služební využití (k těmto psům lze řadit např. psy dobrovolnických kynologických brigád nebo psy Policie ČR, s uděleným předpisem výjezdové či hlídkové kategorie). Služební i sportovní psi jsou obecně vysoce motivováni k práci, o níž ze zkušenosti předpokládají, že bude následně odměněna, ať už potravní odměnou či společnou hrou s psovodem (dle způsobu odměňování, který psovod upřednostňuje i preferencí konkrétního psa). To představuje významný mentální faktor přispívající k vyšší pohybové aktivitě na začátku pracovního dne (Diverio et al. 2016), který pravděpodobně hrál roli i v případě této studie.

Navzdory tomu, že zkoumaný soubor psů byl poměrně variabilní z hlediska věku (2 až 10 let), věk psa neměl významný vliv na žádný z deskriptorů pohybové aktivity (Novák et al. 2022). Tento poznatek je poněkud v rozporu s výsledky studie dle Schneider & Slotta-Bachmayr (2009), kteří uvádějí, že psi starší sedmi let byli ve srovnání s mladšími psy tímto typem práce fyzicky vyčerpáváni. Na rozdíl od věku, další individuální charakteristika – certifikace v oblasti vyhledávání pohřešovaných osob – významně ovlivnila všechny deskriptory pohybové aktivity s výjimkou horizontální rychlosti pohybu. Především lze konstatovat, že certifikovaní psi se v terénu pohybovali v porovnání s necertifikovanými psy efektivněji; ačkoli mezi certifikovanými a necertifikovanými psy nebyl zjištěn rozdíl v rychlosti pohybu ve sklonitém či těžko propustném terénu, významný rozdíl spočíval v ekonomičtějším pohybu certifikovaných psů podél vrstevnic. Tento pohyb s vyšším relativním podílem

energeticky šetrnějšího horizontálního pohybu vedl k vyšší efektivitě, jakkoli mohl být krátkodobě pomalejší při stoupání do svahu. Je pravděpodobné, že během dlouhých a z hlediska terénu náročných reálných pátracích akcí certifikovaní psi projevují ekonomičtější pohybovou aktivitu s nižší intenzitou fyzického stresu. Navíc byli certifikovaní psi schopni daný sektor propátrat v kratším čase, což může být ovlivněno jednak zkušenostmi psa s tímto typem práce, a tedy lepším využitím pachových podmínek v prostředí při větření (Jones et al. 2004), jednak lepší koordinací s pohybem psovoda. Vzhledem k tomu, že tyto výzkumné otázky leží mimo oblast této disertační práce, nemohu se k této problematice vyjádřit konkrétněji, v každém případě by měla být dále zkoumána. Vzhledem k celkově vyšší efektivitě pohybu u certifikovaných psů lze konstatovat, že atesty v oblasti plošného vyhledávání pohřešovaných osob, které jsou v současné době v České republice realizovány (s nejvyšším stupněm v podobě atestu Ministerstva Vnitřní záležitostí ČR a úrovní odpovídajícího atestu Horské služby ČR) jsou relativně vypovídající, a adekvátně odrážejí nároky, které reálné pátrací akce v terénu kladou na zúčastněné psy. V celkovém kontextu lze tento poznatek považovat za pravděpodobně nejvýznamnější v této disertační práci.

Studie, o jejichž výsledky se opírá tato disertační práce (Novák et al. 2022: [Factors affecting](#) a Chaloupková et al. v přípravě: Search and rescue dogs on fire - body temperature, heart rate variability and salivary cortisol as measures of physiological performance of search and rescue dogs during simulated rescue mission) jistě vykazují metodologické i organizační limity, které je na tomto místě vhodné shrnout. V rámci simulace náročné celodenní pátrací akce jsme zařadili tři po sobě následující terénní sekce pátrání, kdy jednak z důvodu logistiky (např. nutnosti transportu kynologických pátracích týmů do terénních sektorů na lokalitách pomocí vozidel horské služby), jednak z důvodu individuální variability kynologických pátracích týmů (a tedy nestejného času potřebného k propátrání terénních sektorů) docházelo ke zpožděním. Pátrací akce tak pokračovala do večerních hodin po setmění, což nebylo z organizačního a bezpečnostního hlediska možné. Tyto problémy plynoucí z pilotního charakteru studie vedly k nutnosti odvolání třetí, tzn. poslední terénní sekce, a to na dvou z celkem pěti lokalit, kde pátrací akce probíhaly. Důsledkem byla nezanedbatelná ztráta dat a redukce souboru kynologických pátracích týmů, které absolvovaly všechny tři terénní sekce během daného cvičení. Přesto lze konstatovat, že tato ztráta informace nebyla tak velká, aby ohrozila vypovídající hodnotu statistických analýz, když 54 % zúčastněných kynologických pátracích týmů absolvovalo kompletní pátrací akci se třemi terénními sekcemi. Významné snížení statistického souboru psů pro analýzu fyziologických parametrů způsobila nutnost

odběru slin pro analýzu salivárního kortizolu. Někteří psi nebyli ochotni nechat si aplikovat tampon do ústní dutiny (případně jejich psovodi předem upozornili na fakt, že nebudou ochotni tuto manipulaci tolerovat), u jiných psů představoval problém nedostatek vylučovaných slin (zejména u psů plemene Belgický ovčák Malinois) či výrazné krvácení dásní, které hrozilo znehodnocením odebíraného vzorku (i v případě odebraných vzorků proběhla následně v laboratoři kontrola a vzorky s příměsí krve musely být z analýzy vyřazeny). Z metodologického hlediska nicméně nebylo možné tomuto problému nijak předejít. V kontextu celého souboru zúčastněných psů nelze zanedbat ani fakt, že v celkovém souboru přihlášených a zúčastněných kynologických pátracích týmů byla významná převaha týmů s certifikovanými psy oproti necertifikovaným. Nicméně, vzhledem ke značné variabilitě certifikací a dalších zkoušek (od specializovaných atestů pro vyhledávání pohřešovaných osob na úrovni MVČR až po interní zkoušky a předpisy např. Policie ČR, které s vyhledáváním pohřešovaných osob nesouvisí), a vzhledem k faktu, že se v souboru nevyskytovali psi bez jakékoli pracovní či sportovní zkušenosti, které by bylo možné označit za čistě „pet“ jedince, můžeme o námi zkoumaném souboru psů hovořit jako o poměrně variabilním souboru služebních a sportovních psů, kde naprostá většina jedinců má určitou úroveň tréninku a zkušeností s pracovní zátěží. Z hlediska vypovídající hodnoty analýzy pohybové aktivity psů bylo jediným problematickým bodem pouze přibližné stanovení vegetačního krytu, a tedy prostupnosti terénu, jak bylo diskutováno výše (str. 56). Tento fakt si uvědomuji, a pro příští studie doporučuji autorům pokusit se o významně přesnější klasifikaci terénu z hlediska prostupnosti. Nezanedbatelným faktorem ovlivňujícím pohyb psa v terénu je pochopitelně také zkušenost, trénovanost a osobnost psovoda, který svým chováním (např. nižší motivací) jistě ovlivňuje vnímání a přístup psa k práci, jak se ukázalo v řadě studií (např. Diverio et al. 2017; Wojtaš et al. 2020). V případě této disertační práce nicméně není možné tento předpoklad ověřit vzhledem k tomu, že metodika práce z pohledu psovoda ani interakce mezi psem a psovodem nebyly předmětem zkoumání.

V reálné pátrací akci s nasazením kynologických pátracích týmů je nejcennějším faktorem čas potřebný k vyhledání pohřešované osoby, která může být zraněná, dehydrovaná, dezorientovaná či jinak fyzicky a mentálně vyčerpaná (Makeš 2009). Na základě našich výsledků jsou nejdůležitějšími faktory přispívajícími k prodloužení doby pátrání sklonitost terénu (od sklonitosti 11 ° výše) a těžká prostupnost terénu způsobená hustou vegetací. Se zvyšující se sklonitostí terénu jsou psi více nuceni k energeticky náročnému vertikálnímu pohybu do svahu namísto energeticky šetrnějšího pohybu podél vrstevnic, který je v terénu o

nižší sklonitosti preferovaný zejména certifikovanými psy. V takové situaci efektivita pohybu všech psů klesá, z biomechanického pohledu je totiž způsob, jakým se v terénu musí pohybovat, objektivně náročnější, než při nižší sklonitosti (Strasser et al. 2014). Z analýzy pohybové aktivity a zátěže vyplývá, že pro organizace zodpovědné za nasazení kynologických pátracích týmů (např. Policii ČR) by měl být pro plánování konkrétní záchranné akce ve volném terénu nejdůležitější tento poznatek: se zvyšující se sklonitostí terénu a/nebo hustěji zarostlým a tedy těžko prostupným terénem je nutné nasadit do akce co nejvíce kynologických pátracích týmů, přičemž kynologické pátrací týmy s dosaženou specializovanou certifikací (odrážející specifický typ tréninku) v oblasti plošného vyhledávání by měly být nasazovány přednostně. I za těchto podmínek je však nutné počítat s delším časem pátrání, ovlivněným objektivně obtížnými podmínkami prostředí.

7. ZÁVĚR

Závěrem této disertační práce lze konstatovat nízkou vzájemnou korelovanost fyziologických parametrů tělesné teploty, variability srdeční frekvence a salivárního kortizolu, která vybízí k opatrné interpretaci každého jednotlivého parametru a podporuje předchozí poznatky o vyhledávání pohřešovaných v terénu jako velmi komplexní disciplíně, jejíž účinek na fyziologický stav psa nelze hodnotit pouze na základě jednotlivých fyziologických markerů. Výsledky v oblasti fyziologie i pohybové aktivity psů potvrzují všestrannou náročnost tohoto typu práce, která by vždy měla být dávkována s pravidelnými přestávkami umožňujícími regeneraci a dostatečnou hydrataci psa, s přihlédnutím k potenciálně snižující se fyzické výkonnosti psů během pracovního dne. Vnější faktory prostředí, v první řadě sklonitost terénu a prostupnost vegetace, v menší míře také vysoké okolní teploty, objektivně ztěžují pohyb všech zúčastněných psů. Na lokalitách s výraznou sklonitostí terénu a/nebo hustým porostem je tak nutné počítat s delším časem potřebným pro pátrání a zvýšenou fyzickou náročností práce. Pozitivní vliv certifikace psů na parametry pohybové aktivity psů nicméně potvrzuje důležitost předchozího tréninku a zkušeností psa s touto disciplínou a značný potenciál připravených psů pro úspěch reálných pátracích akcí. Lze předpokládat, že poznatky o efektivnějším pohybu v terénu by měly být v příštích studiích doplněny také výsledky naznačujícími vyšší efektivitu certifikovaných psů při samotném vyhledávání a označování osob, což aktuální studie nezkoumala. Věk zúčastněných psů na základě dat pro tuto studii nebyl významným faktorem,

což lze považovat za povzbudivý výsledek vzhledem ke zjištění, že i služební a sportovní psi ve věku okolo devíti let jsou schopni bez pohybových omezení a fyziologických rizik vykonávat tento práce, pochopitelně v případě, že vykazují celkově dobrý zdravotní stav.

Vzhledem k faktu, že v oblasti výzkumu fyziologie, pohybové aktivity a chování psů při vyhledávání pohřešovaných osob ve volném terénu stále existuje řada nezodpovězených otázek, zejména ve vztahu k reálné efektivitě vyhledávání kynologických pátracích týmů, rád bych jako autor této disertační práce zdůraznil potřebu nových studií a výsledků. Za nejvýznamnější výzkumný a praktický přínos stávající disertační práce považuji detailní analýzu pohybové aktivity psů při simulovaných celodenních pátracích akcích blízkých reálnému nasazení, a vybraných fyziologických faktorů odrážejících fyzickou, a nepřímo i emoční zátěž psů při této disciplíně. Povzbudivým poznatkem je vysoká schopnost psů pracovat v terénu i při opakovaném nasazení během dne v různých podmínkách prostředí, podmíněná vysokou regenerační schopností psiho organismu. Dále je to relativně vysoká vypovídající hodnota v ČR realizovaných atestů a zkoušek souvisejících s plošným vyhledáváním pohřešovaných osob, které, jakkoli postrádají jednotná kritéria a metodologii, alespoň do jisté míry odrážejí dobrou fyzickou kondici a všestrannou trénovanost psů. Věřím, že tato práce může představovat relevantní vědecko-výzkumný zdroj informací pro navazující studie podobného zaměření.

Poděkování

Jako autor práce bych rád poděkoval své školitelce doc. Ing. Heleně Chaloupkové, Ph.D., za pomoc při realizaci statistické analýzy dat, cenné postřehy k textu práce a interpretaci výsledků, a vedení časově i energeticky náročného sběru dat pro tuto práci. Dále Ing. Ivoně Svobodové, Ph.D. za organizační a materiální zajištění celého projektu, Mgr. Václavu Bittnerovi za realizaci statistické analýzy dat pro publikovaný manuskript vycházející z dat této práce, spolupráci při sběru dat a poskytnuté informace týkající se metodiky, doc. Ing. Marku Koubovi, Ph.D. za spolupráci při sběru dat, poskytnuté obrazové materiály a cenné postřehy k textu práce, Ing. Vladimíru Makešovi a Pavlu Smejkalovi za organizační vedení terénních cvičení, realizaci kvalifikovaného odhadu prostupnosti vegetačního krytu a praktické postřehy k metodice a analýze dat této práce, Ing. Petře Eretové za postřehy k formálním úpravám textu. Za stálou morální i materiální podporu během studia děkuji své manželce Lucii a svým rodičům Nině a Milanovi.

Tato disertační práce vznikla v rámci projektu „Využití vyspělých technologií a čichových schopností psů při vyhledávání pohřešovaných osob v terénu“, financovaného grantem MVČR (MV_CR_VI20172020088) a podpořeného grantem grantové komise České zemědělské univerzity v Praze (SV20-15-21370).

8. PUBLIKOVANÉ A PŘIPRAVOVANÉ VÝSTUPY TÉTO DISERTAČNÍ PRÁCE

Chaloupková H, Bartošová J, Novák K, Šebková N, Bagiová M. 2019. Heart rate – the effect of the handler on the dog after potential stressful situation. Proceedings of the 53rd Congress of the ISAE. 5.- 9.8. 2019. Bergen. Norway. p.234

Chaloupková H, Bolechová P, Novák K, Chmelíková E. v přípravě. Search and rescue dogs on fire – body temperature, heart rate variability and salivary cortisol as measures of physiological performance of search and rescue dogs during simulated rescue mission.

Novák K, Chaloupková H, Bittner V, Svobodová I, Kouba M. 2022. Factors affecting locomotor activity of search and rescue dogs: The importance of terrain, vegetation and dog certification. Applied Animal Behaviour Science **253**. DOI: [10.1016/j.applanim.2022.105674](https://doi.org/10.1016/j.applanim.2022.105674)

Růžička J, Makeš V, Chaloupková H, Svobodová I, Novák K, Hradec M, Kouba M, Bittner V, Smejkal P, Hepnar J. 2021. Software pro plánování a řízení vyhledávání pohřešovaných osob v terénu. Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha

Svobodová I, Chaloupková H, Makeš V, Smejkal P, Hepnar J, Růžička J, Novák K, Eretová P, Polónyiová A, Kouba M, Bartošová J. 2021. Metodika použití kynologických pátracích týmů k vyhledávání pohřešovaných osob v terénu (Certifikovaná metodika dog – CMD). Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha.

Svobodová I, Chaloupková H, Růžička J, Makeš V, Novák K, Hradec M, Kouba M, Bittner V, Smejkal P, Hepnar J. 2021. Metodika pro plánování a řízení pátrání po pohřešovaných osobách v terénu za využití informačních technologií (Certifikovaná metodika area – CMA). Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha.

9. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- Acharya UR, Paul Joseph K, Kannathal N, Choo ML, Jasjit S. S. 2006. Heart rate variability: a review. *Medical and Biological Engineering and Computing* **44**:1031-1051.
- Bailey DW, Trotter MG, Knight CW, Thomas, MG. 2018. Use of GPS-tracking collars and accelerometers for rangeland livestock production research. *Transl. Anim. Sci.* **2(1)**:81-88.
- Baisan RA, Condurachi EI, Vulpe V. 2020. Short-term heart-rate variability in healthy small and medium-sized dogs over a five-minute measuring period. *Journal of Veterinary Research* **64(1)**:161-167.
- Beerda B, Schilder MBH, Janssen MSCR, Mol JA. 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.
- Beerda B, Schilder MBH, van Hooff JARAM, de Vries HW, Mol JA. 1998. Behavioural, saliva cortisol and heart rate responses to different types of stimuli in dogs. *Applied Animal Behaviour Science* **58(3-4)**:365-381.
- Beerda B, Schilder MBH, Bernadina W, van Hooff JARAM, de Vries HW, Mol JA. 1999. Chronic stress in dogs subjected to social and spatial restriction. II. Hormonal and Immunological responses. *Applied Animal Behaviour Science* **66(2)**:243-254.
- Beerda B, Schilder MBH, van Hooff JARAM, de Vries HW, Mol JA. 2000. Behavioural and hormonal indicators of enduring environmental stress in dogs. *Animal Welfare* **9**:49-62.
- Bergamasco L, Osella MC, Savarino P, Larosa G, Ozella L, Manasero M, Badino P, Odore R, Barbero R, Re G. 2010. Heart rate variability and saliva cortisol assessment in shelter dog: human –animal interaction effects. *Applied Animal Behaviour Science* **125**:56-68.
- Berntson GG, Bigger JT, Eckberg DL, Grossman P, Kaufmann PG, Malik M, Nagaraja HN, Porges SW, Saul JP, Stone PH, VanderMolen MW 1997. Heart rate variability: origins, methods, and interpretive caveats. *Psychophysiology* **34**:623-648.
- Bogucki S, Noszczyk-Nowak A. 2015. Short-term heart rate variability (HRV) in healthy dogs. *Polish Journal of Veterinary Sciences* **18(2)**.
- Brookes VJ, VanderWaal K, Ward, MP. 2020. The social networks of free-ranging domestic dogs in island communities in the Torres Strait, Australia. *Preventive Veterinary Medicine* **181**:1-9.
- Brosh A. 2006. Energy cost of cow's grazing activity: use of the heart rate method and the global positioning system for direct field estimation In: Bailey DW, Trotter MG, Knight CW, Thomas, MG. 2018. Use of GPS-tracking collars and accelerometers for rangeland livestock production research. *Transl. Anim. Sci.* **2(1)**:81-88.
- Bruchim Y. 2012. Canine heatstroke. *Isr J Vet Med.* **67(2)**: 92-95.
- Camm AJ, Malik M, Bigger JT, Breithardt G, Cerutti S, Cohen RJ, Coumel P. 1996. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. In: Zupan M, Buskas J, Altimiras J, Keeling LJ. 2016. Assessing positive emotional states in dogs using heart rate and heart rate variability. *Physiology & Behavior* **155**:102-111.

- Carter AJ, Hall EJ. 2018. Investigating factors affecting the body temperature of dogs competing in cross country (canicross) races in the UK. *Journal of Thermal Biology* **72**:33-38.
- Cobb ML, Iskandarani K, Chinchilli VM, Dreschel NA. 2016. A systematic review and meta-analysis of salivary cortisol measurement in domestic canines. *Domestic Animal Endocrinology* **57**:31-42.
- Coppola CL, Grandin T, Enns RM. 2006. Human interaction and cortisol: Can human contact reduce stress for shelter dogs? *Physiology and Behavior* **87**:537-541.
- Český úřad zeměměřičský a katastrální. Analýzy výškopisu. Available from: <https://ags.cuzk.cz/av/> (accessed August 2020).
- Darwish IA. 2006. Immunoassay methods and their applications in pharmaceutical analysis: basic methodology and recent advances. *International Journal of Biomedical Science* **2**(3):217-235.
- Davis MS. 2009. Physiological demands and adaptations of working dogs. Page 245 in Helton WS, editor. *Canine ergonomics: The Science of Working Dogs*. CRC Press. Boca Raton, FL. U.S.A.
- Davis MS, Cummings SL, Payton ME. 2017. Effect of brachycephaly and body condition score on respiratory thermoregulation of healthy dogs. *JAVMA* **251**(10):1160-1165.
- De Paula PMC, Secco RAM, Molento CFM, Filho PLP. 2020. Construction of a prototype for tracking dogs in the streets using Arduino. *Acta Veterinaria Brasilica* **14**:61-67.
- Diverio S., Barbato O, Cavallina R, Guelfi G, Iaboni M, Zasso R, Di Mari W, Santoro MM, Knowles TG. 2016. A simulated avalanche search and rescue mission induces temporary physiological and behavioural changes in military dogs. *Physiology and Behavior* **163**:193-202.
- Essner A, Sjostrom R, Ahlgren E, Gustas P, Edge-Hughes L, Zetterberg L, Hellstrom K. 2015. Comparison of Polar® RS800CX heart rate monitor and electrocardiogram for measuring inter-beat intervals in healthy dogs. *Physiology and Behavior* **138**:247-253.
- Fenton V. 1992. The use of dogs in search, rescue and recovery. *Journal of Wilderness Medicine* **3**:292-300.
- Frail JL, Nielsen SE, Merrill EH, Lele SR, Boyce MS, Munri RH. 2004. Removing GSP collar bias in habitat selection studies. In: Justicia LS, Rosell F, Mayer M. 2018. Performance of GPS units for deployment on semiaquatic animals. *PLoS One* **13**(12):1-16.
- Frondelius L, Jarvenranta K, Koponen T, Mononen J. 2015. The effect of body posture and temperature on heart rate variability in dairy cows. *Physiology and Behavior* **139**:437-441.
- Gazit I, Terkel J. 2003. Domination of olfaction over vision in explosives detection by dogs. *Applied Animal Behaviour Science* **82**:65-73.
- Greatbatch I, Gosling RJ, Allen S. 2015. Quantifying search dog effectiveness in a terrestrial search and rescue environment. *Wilderness and Environmental Medicine* **26**:327-334.
- Greer RJ, Cohn LA, Dodam JR, Wagner-Mann CC, Mann FA. 2007. Comparison of three methods of temperature measurement in hypothermic, euthermic, and hyperthermic dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association* **230**(12):1841-1848.

- Hampson BA, Morton JM, Mills PC, Trotter MG, Lamb DW, Pollitt CC. 2010. Monitoring distance travelled by horses using GPS tracking collars. *The Journal of Australian Veterinary Association* **88**:176-181.
- Hampson BA, McGowan CM. 2007. Physiological responses of the Australian cattle dog to mustering exercise. *Equine and comparative exercise physiology* **4**(1):37-41.
- Handlin L, Hydbring-Sandberg E, Nilsson A, Ejdeback M, Jansson A, Uvnäs-Moberg K. 2011. Short-term interaction between dogs and their owners: effects on oxytocin, cortisol, insulin and heart rate – an exploratory study. *Anthrozoos* **24**(3):301-315.
- Haubelhofer D, Möstl E, Kirchengast S. 2005. Cortisol concentrations in saliva of humans and their dogs during intensive training courses in animal-assisted therapy. *Veterinary Medicine of Austria* **92**:66-73.
- Haubelhofer D. 2009. Signs of physiological stress in dogs performing AAA/T work. Page 281 in Helton WS, editor. *Canine ergonomics: The Science of Working Dogs*. CRC Press. Boca Raton. FL. U.S.A.
- Hautala A, Tulppo MP, Makikallio TH, Laukkanen R, Nissila S, Huikuri HV. 2001. Changes in cardiac autonomic regulation after prolonged maximal exercise. *Clinical Physiology* **21**:238-245.
- Hedges S. 2014. *Practical canine behaviour: for veterinary nurses and technicians*. CABI. Wallingford.
- Hennessy MB. 2013. Using hypothalamic-pituitary-adrenal measures for assessing and reducing the stress of dogs in shelters: A review. *Applied Animal Behaviour Science* **149**:1-12.
- Horváth Z, Dóka A, Miklósi A. 2008. Affiliative and disciplinary behavior of human handlers during play their dogs affects cortisol concentrations in opposite directions. *Hormones and Behavior* **54**:107-114.
- Johnson SR, Rao S, Hussey SB, Morley PS, Traub-Dargatz JL. 2011. Thermographic eye temperature as an index to body temperature in ponies. *Journal of Equine Veterinary Science* **31**(2):63-66.
- Jonckheer-Sheehy VSM, Vinke CM, Ortolani A. 2012. Validation of a Polar® human heart rate monitor for measuring heart rate and heart rate variability in adult dogs under stationary conditions. *Journal of Veterinary Behavior* **7**:205-212.
- Jones KE, Dashfield K, Downend AB, Otto CM. 2004. Search-and-rescue dogs: an overview for veterinarians. *JAVMA* **225**(6):854-860.
- Justicia LS, Rosell F, Mayer M. 2018. Performance of GPS units for deployment on semiaquatic animals. *PLoS One* **13**(12):1-16.
- Katayama M, Kubo T, Mogi K, Ikeda K, Nagasawa M, Kikusui T. 2016. Heart rate variability predicts the emotional state in dogs. *Behavioural Processes* **128**:108-112.
- Kobelt AJ, Hemsworth PH, Barnett JL, Butler KL. 2003. Sources of sampling variation in saliva cortisol in dogs. *Research in Veterinary Science* **75**:157-161.
- Kolevská J, Brunclík V, Svoboda M. 2003. Circadian Rhythm of cortisol secretion in dogs of different daily activities. *Acta Veterinaria Brno* **72**:599-605.
- Koyama T, Omata Y, Saito A. 2003. Changes in salivary cortisol concentrations during 24-hour period in dogs. *Hormone and Metabolism Research* **35**(6):355-357.

- Kuhne F, Höbner JC, Struwe R. 2014. Behavioral and cardiac responses by dogs to physical human–dog contact. *Journal of Veterinary Behavior*. **9**(3):93-97.
- Lamb AP, Meurs KM, Hamlin RL. 2010. Correlation of heart rate to body weight in apparently normal dogs. *Journal of veterinary cardiology*, **12**(2): 107-110.
- Lavers C. 2003. Proč mají sloni velké uši? Argo. Praha.
- Lefebvre D., Giffroy J. M., Diederich C. 2009. Cortisol and behavioral responses to enrichment in military working dogs. *Journal of Ethology* **27**(2): 255-265.
- Lepš J, Šmilauer P. 2021. Biostatistika. Nakladatelství Jihočeské Univerzity. České Budějovice.
- Lit L, Boehm D, Marzke S, Schweitzer J, Oberbauer AM. 2010. Certification testing as an acute naturalistic stressor for disaster dog handlers. *Stress-The International Journal on the Biology of Stress* **13**:392-401.
- Makeš V. 2009. Vyhledávání osob kynologickými pátracími týmy. Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství. Ostrava.
- Maros K, Dóka A, Miklósi Á. 2008. Behavioural correlation of heart rate changes in family dogs. *Applied Animal Behaviour Science* **109**:329-341.
- Menchetti L, Iaboni M, Santoro MM, Guelfi G, Diverio S. 2022. How do avalanche dogs (and their handlers) cope with physical exercise? Heart rate changes during endurance in a snowy environment. *Animals* **12**(2):168.
- Moberg GP. 2000. *The Biology of Animal Stress: basic principles and implications for animal welfare*. CABI. Wallingford.
- Mysliveček J, Trojan S. 2004. *Fyziologie do kapsy*. Triton. Praha.
- Niedermeyer, G. M., Hare, E., Brunner, L. K., Berk, R. A., Kelsey, K. M., Darling, T. A., ... & Otto, C. M. (2020). A randomized cross-over field study of pre-hydration strategies in dogs tracking in hot environments. *Frontiers in Veterinary Science* **7**:292.
- Novák K, Chaloupková H, Bittner V, Svobodová I, Kouba M. 2022. Factors affecting locomotor activity of search and rescue dogs: The importance of terrain, vegetation and dog certification. *Applied Animal Behaviour Science* **253**:105674.
- Otto CM, Hare E, Nord JL, Palermo SM, Kelsey KM, Darling TA, Schmidt K, Coleman D. 2017. Evaluation of three hydration strategies in detection dogs working in a hot environment. *Frontiers on Veterinary Science* **4**:1-10.
- Palme R, Rettenbacher S, Touma C, El-Bahr SM, Möstl E. 2005. Stress hormones in mammals and birds: comparative aspects regarding metabolism, excretion, and noninvasive measurement in fecal samples. *Ann. Y. Acad. Sci.* **1040**:162-171.
- Pavlík T, Dušek L. 2012. *Biostatistika*. Akademické nakladatelství CERM. Brno.
- Petersson M, Uvnäs-Moberg K, Nilsson A, Gustafson LL, Hydbring-Sandberg E, Handlin L. 2017. Oxytocin and cortisol levels in dog owners and their dogs are associated with behavioral patterns: an exploratory study. *Frontiers in Psychology* **8**(1796):1-8.
- Piccione G, Caola G, Refinetti R. 2005. Daily rhythms of blood pressure, heart rate, and body temperature in fed and fasted male dogs. *J. Vet. Med. A.* **52**:377-381.
- Piccione G, Giudice E, Fazio F, Refinetti R. 2011. Association between obesity and reduced body temperature in dogs. *International Journal of Obesity* **35**:1011-1018.

- Poole DC, Erickson HH. 2011. Highly athletic terrestrial mammals: horses and dogs. *Comprehensive Physiology* **1**:1-37.
- Pryce CR, Ruedi-Bettschen D, Dettling AC, Feldon J. 2002. Early life stress: long-term physiological impact in rodents and primates. *News Physiol Sci.* **17**:150-155.
- Pumprla J, Howorka K, Groves D, Chester M, Nolan J. 2002. Functional assessment of heart rate variability: physiological basis and practical applications. *International Journal of Cardiology* **84**:1-14
- Robbins PJ, Ramos MT, Zanghi BM, Otto CM. 2017. Environmental and physiological factors associated with stamina in dogs exercising in high ambient temperatures. *Frontiers in Veterinary Science* **4**(144):1-9.
- Rovira S, Munoz A, Benito M. 2008. Effect of exercise on physiological, blood and endocrine parameters in search and rescue-trained dogs. *Veterinarni Medicina* **5**:333-346.
- Sapolsky RM, Romero LM, Munck AU. 2000. How do glucocorticoids influence stress responses? Integrating permissive, suppressive, stimulatory, and preparative actions. *Endocrine Reviews* **21**(1):55-89.
- Shumba T, Montgomery RA, Rasmussen GSA, Macdonald DW. 2018. African wild dog habitat use modelling using telemetry data and citizen scientist sightings: are the results comparable? *African Journal of Wildlife Research* **48**(1):1-13.
- Schatz S, Palme R. 2001. Measurement of faecal cortisol metabolites in cats and dogs: a non-invasive method for evaluating adrenocortical function. *Veterinary Research Communications* **25**:271-287.
- Schneider M, Wilhelm S, Scheideler A, Erhard M. 2009. Effectiveness of and physical and mental strain in search and rescue dogs during a three day search operation. *Journal of Veterinary Behavior* **4**(2):82.
- Schneider M, Slotta-Bachmayr L. 2009. Physical and mental stress of SAR dogs during search work. Page 263 in Helton WS, editor. *Canine ergonomics: The Science of Working Dogs*. CRC Press. Boca Raton. FL. U.S.A.
- Schöberl I, Wedl M, Beetz A, Kotrschal K. 2017. Physiological factors affecting cortisol variability in human-dog dyads. *PLoS ONE* **12**(2):1-18.
- Slotta-Bachmayr L, Schwarzenberger F. 2007. Faecal cortisol metabolites as indicators of stress during training and search missions in avalanche dogs. *Wiener Tierärztliche Monatsschrift* **94**:110-117.
- Sousa MG, Carareto R, Pereira-Junior VA, Aquino MCC. 2011. Comparison between auricular and standard rectal thermometers for the measurement of body temperature in dogs. *The Canadian Veterinary Journal* **52**(4):403-406.
- Spoo JW, Zoran DL, Downey RL, Bischoff K, Wakshlag JJ. 2015. Serum biochemical, blood gas and antioxidant status in search and rescue dogs before and after simulated fieldwork. *The Veterinary Journal* **206**:47-53.
- Svobodová I, Chaloupková H, Končel R, Bartoš L, Hradecká L, Jebavý L. 2014. Cortisol and secretory immunoglobulin a response to stress in German shepherd dogs. *PLoS ONE* **9**(3):1-5.
- Tarvainen MP, Niskanen JP, Lipponen JA, Ranta-aho PO, Karjalainen PA. 2014. Kubios HRV – Heart rate variability analysis software. *Computer Methods and Programs in Biomedicine* **113**:210-220.

- Terrien J, Perret M, Aujard F. 2011. Behavioral thermoregulation in mammals: a review. *Frontiers in Bioscience* **16**(4):1428-1444.
- Travain T, Colombo ES, Heinzl E, Bellucci D, Prato Previde E, Valsecchi P. 2015. Hot dogs: thermography in the assessment of stress in dogs. *Journal of Veterinary Behavior* **10**:17-23.
- Trut L, Oskina I, Kharlamova A. 2009. Animal evolution during domestication: the domesticated fox as a model. *Bioessays* **31**(3):1-24.
- Tsuji H, Larson MG, Venditti FJ, Manders ES, Evans JC, Feldman CL, Levy D. 1996. Impact of reduced heart rate variability on risk for cardiac events. *Circulation* **94**:2850–2855.
- Tuber DS, Hennessy MB, Sanders S, Miller JA. 1996. Behavioural and glucocorticoid responses of adult domestic dogs (*Canis familiaris*) to companionship and social separation. *Journal of Comparative Psychology* **110**(1):103-108.
- Ulrich-Lai YM, Herman JP. 2009. Neural regulation of endocrine and autonomic stress responses. *Nat. Rev. Neurosci.* **10**(6):397-409.
- Van Bommel L, Johnson CN. 2014. Where do livestock guardian dogs go? Movement patterns of free-ranging Maremma Sheepdogs. *PLoS ONE* **9**(10):1-12.
- Vining RF, McGinley RA, Maksvytis JJ, Ho KY. 1983. Salivary cortisol: a better measure of adrenal cortical function than serum cortisol. *Ann. Clin. Biochem.* **20**:329-335.
- Von Borell E, Langbein J, Després G, Hansen S, Leterrier C, Marchant-Forde J, Marchant-Forde R, Minero M, Mohr E, Prunier A, Valance D, Veissier I. 2007. Heart rate variability as a measure of autonomic regulation of cardiac activity for assessing stress and welfare in farm animals. *Physiology and Behavior* **92**:293-316.
- Wilkins AS, Wrangham RW, Tecumseh Fitch W. 2014. The „Domestication Syndrome“ in mammals: a unified explanation based on neural crest cell behavior and genetics. *Genetics* **197**:795-808.
- Wojtaś J, Karpinski M, Czyzowski P. 2020. Salivary cortisol interactions in search and rescue dogs and their handlers. *Animals* **10**(595):1-13.
- Zanghi BM. 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):1-9.
- Zeagler, C., Byrne, C., Valentin, G., Freil, L., Kidder, E., Crouch, J., Starner, T., & Jackson, M. M. (2016). Search and rescue: dog and handler collaboration through wearable and mobile interfaces. In *Proceedings of the Third International Conference on Animal-Computer Interaction* (pp. 1-9).
- Zupan M, Buskas J, Altimiras J, Keeling LJ. 2016. Assessing positive emotional states in dogs using heart rate and heart rate variability. *Physiology & Behavior* **155**:102-111.

10. SAMOSTATNÉ PŘÍLOHY

Změny chování a fyziologie psa v souvislosti s vyhledáváním pohřešovaných osob v terénu – příloha disertační práce

Tabulka P1: Deskriptory lokomoční aktivity psů použité pro analýzu pohybové aktivity a souvisejících faktorů.

Descriptors of volume of locomotor load:

t (min/ha)

Total time of searching (related to one hectare of area covered by searching) – **celkový čas pátrání (vztažený k jednomu hektaru propátrané plochy)**

t_a (min/ha)

Total time of locomotion during ascending (related to one hectare of area covered by searching) – **celkový čas pohybu během stoupání v terénu (vztažený k jednomu hektaru propátrané plochy)**

t_d (min/ha)

Total time of locomotion during descending (related to one hectare of area covered by searching) – **celkový čas pohybu během klesání v terénu (vztažený k jednomu hektaru propátrané plochy)**

s (km/ha)

Total distance covered by locomotion (related to one hectare of area covered by searching) – **celková uražená dráha (vztažený k jednomu hektaru propátrané plochy)**

h_a (m/ha)

Sum of metres covered by ascending (related to one hectare of area covered by searching) – **suma metrů uražených během stoupání (vztažená k jednomu hektaru propátrané plochy)**

h_d (m/ha)

Sum of metres covered by descending (related to one hectare covered by searching) - **suma metrů uražených během klesání (vztažená k jednomu hektaru propátrané plochy)**

Descriptors of locomotor intensity:

v_h (km/h)

Median of horizontal speed of locomotion – **medián horizontální rychlosti pohybu**

v_a (m/s)

Median of vertical speed of locomotion during ascending – **medián rychlosti vertikálního pohybu během stoupání**

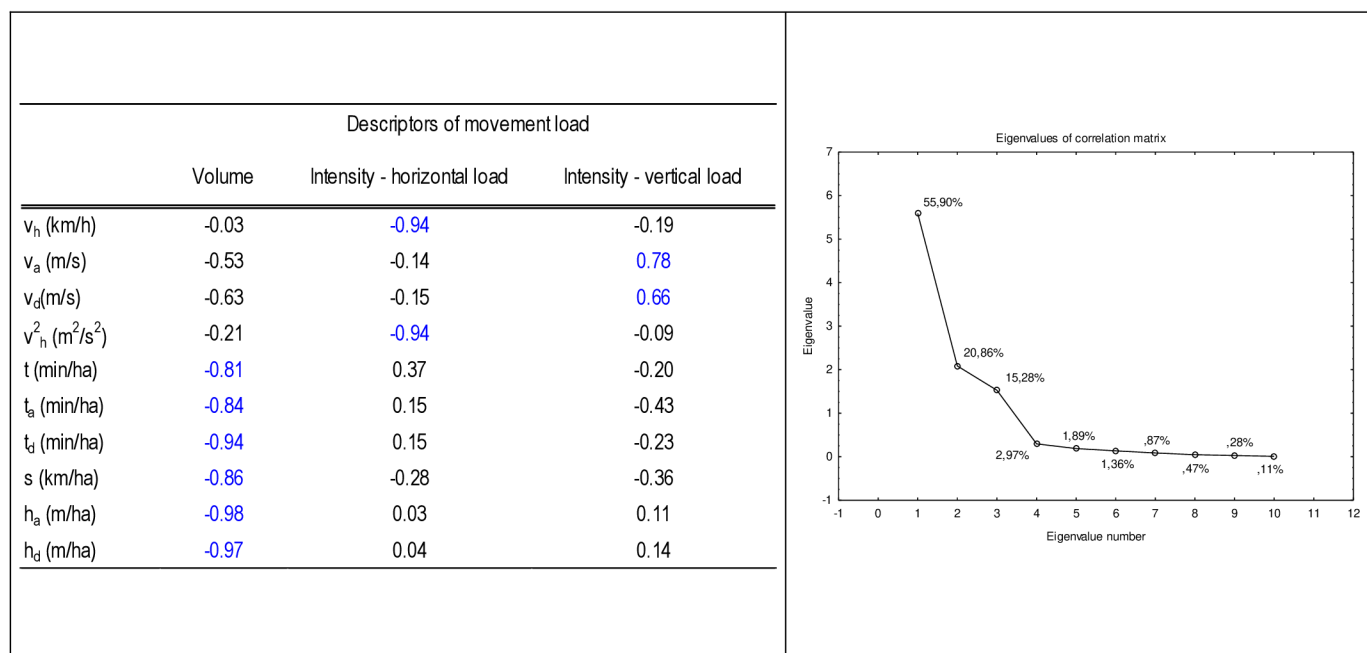
v_d (m/s)

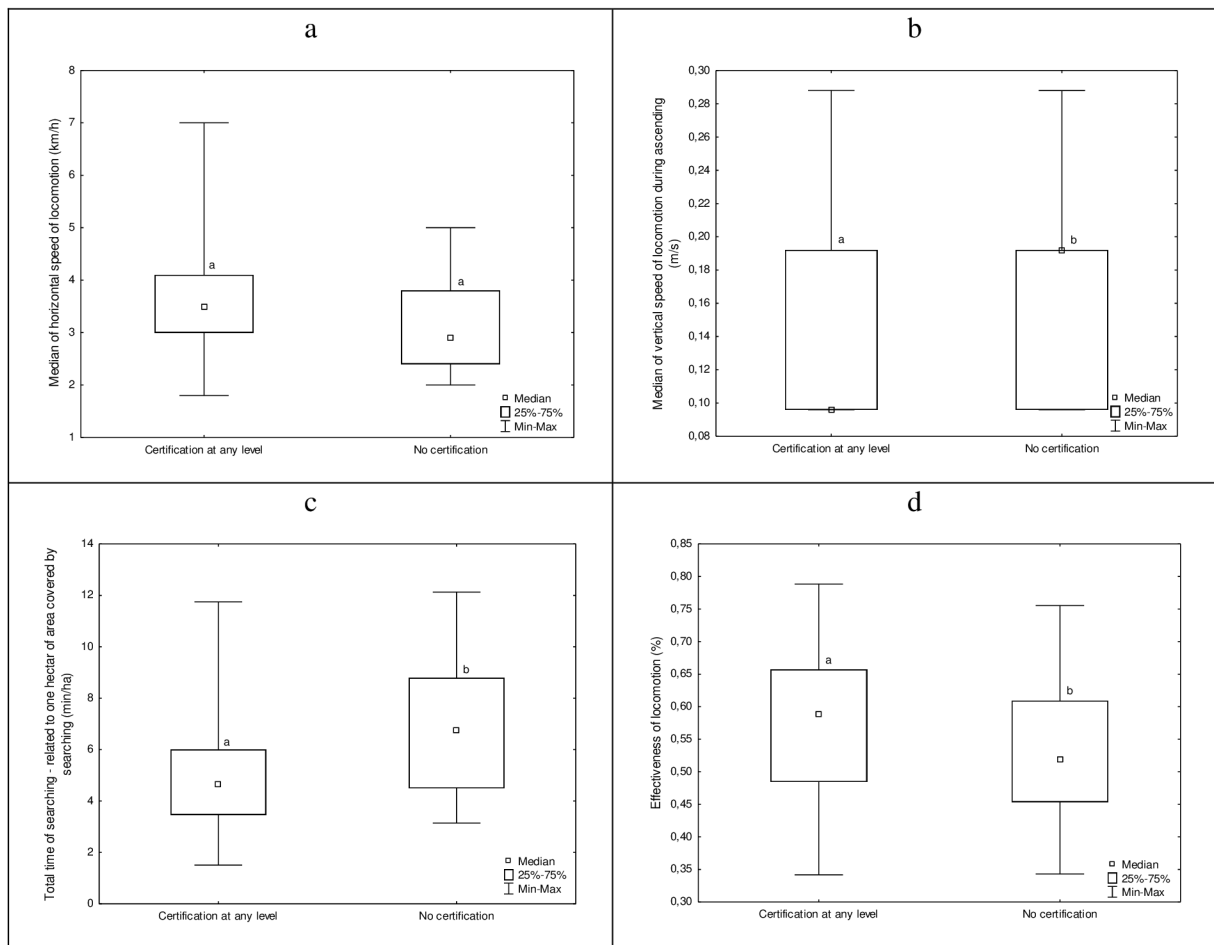
Median of vertical speed of locomotion during descending – **medián rychlosti vertikálního pohybu během klesání**

$v^2_h (m^2/s^2)$

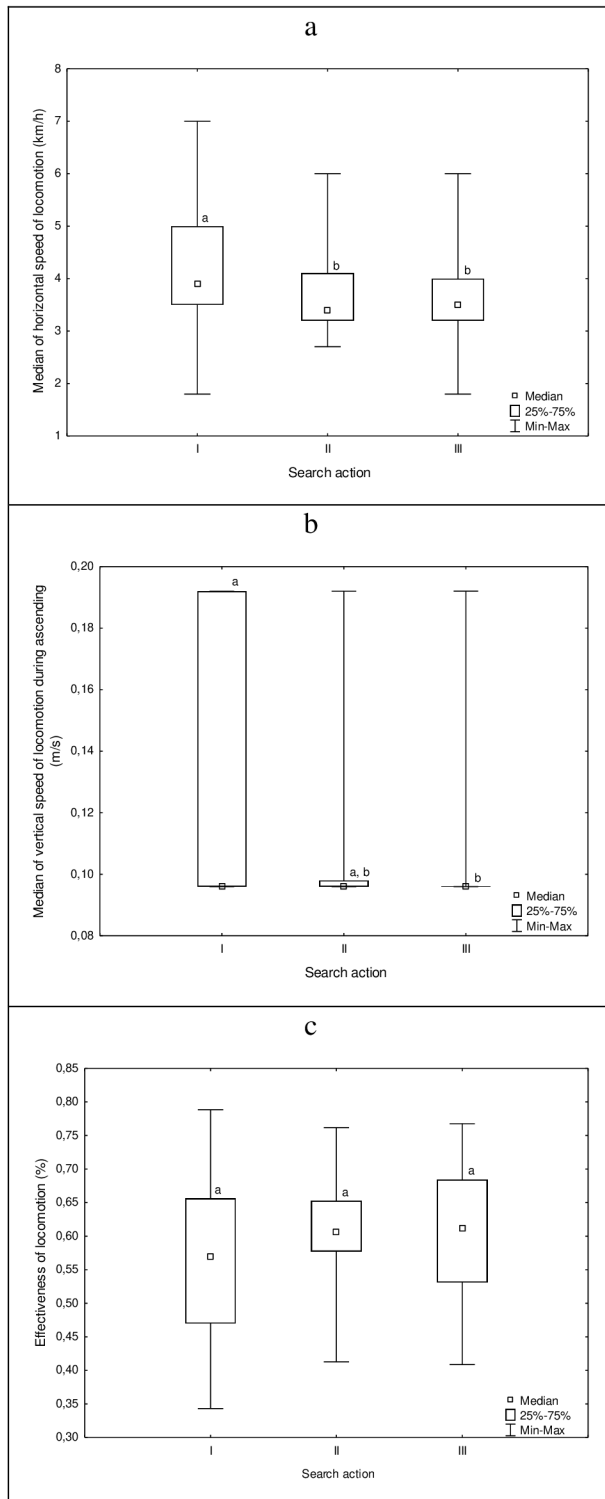
Median of squared horizontal speed of locomotion – **medián rychlosti horizontálního pohybu umocněný na druhou**

Tabulka P2: Analýza hlavních komponent, porovnávající 10 deskriptorů pohybové aktivity psa během vyhledávání pohřešovaných osob v terénu. Pro determinaci počtu hlavních komponent byla použita metody “eigenvalue”. Interní konzistence hlavních komponent byla ověřena pomocí metody Cronbach's alpha. Vysoce vlivné deskriptory (determinované pomocí Pearsonova lineárního korelačního koeficientu, přes 0,6 resp. přes -0,6) jsou zbarveny modře.

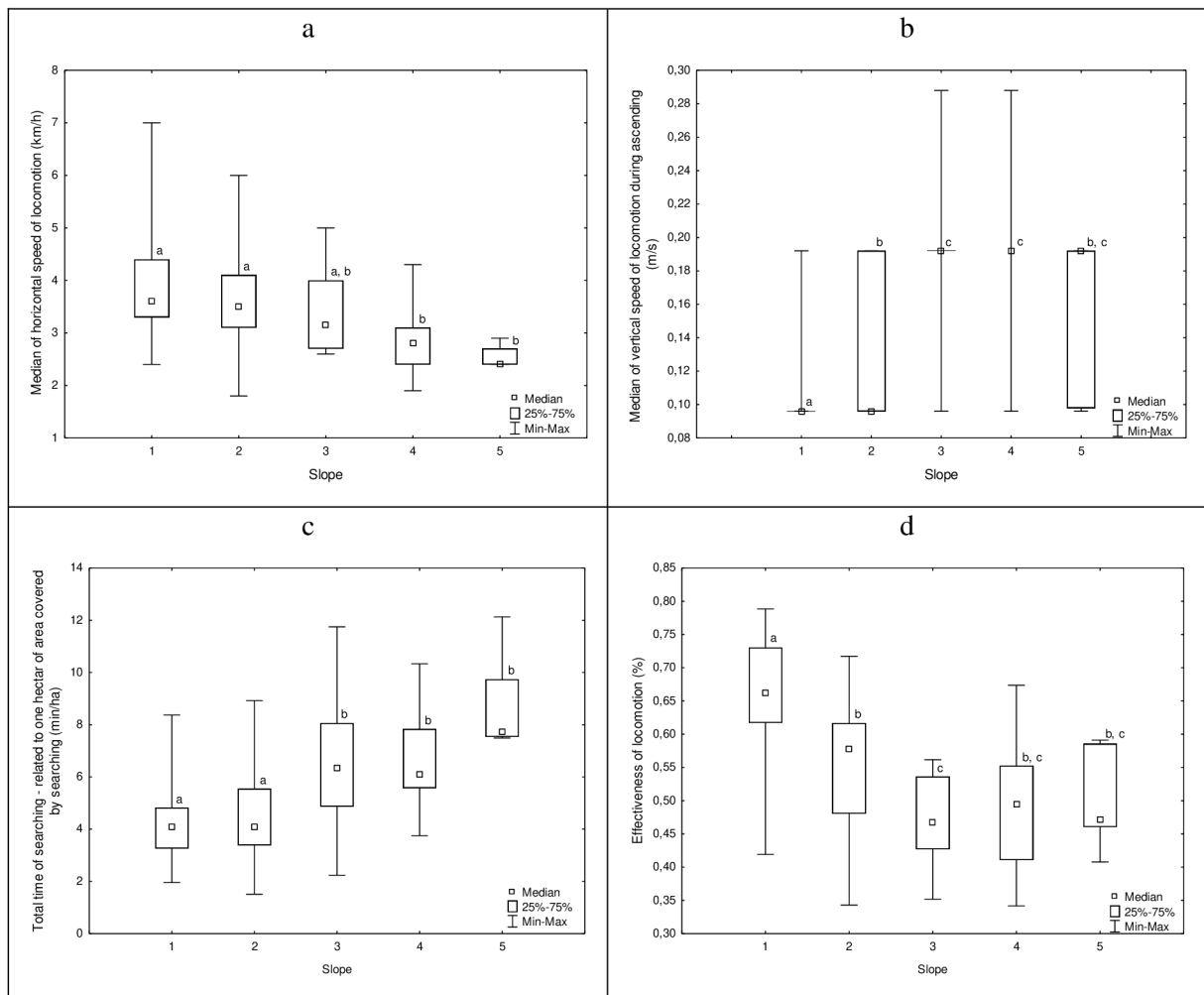




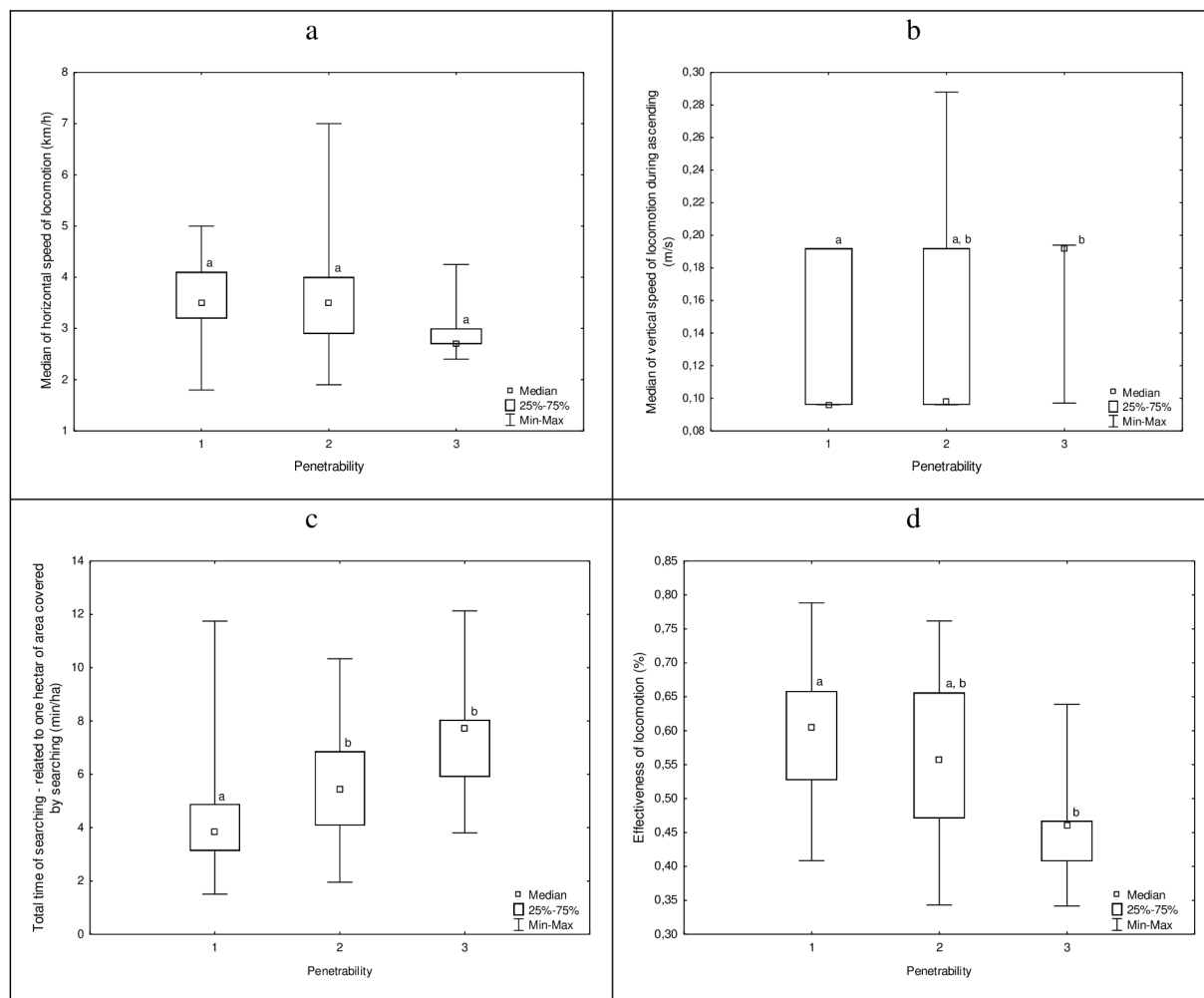
Graf P1 a–c: Vliv certifikace psa (certification) na deskriptory pohybové aktivity: a) rychlost horizontálního pohybu (v_h), b) rychlost vertikálního pohybu (v_a), c) celkový čas pátrání (t), d) efektivita pohybu (η). Významnost Mann-Whitney U Testu pro každou kategorii je označena indexy nad krabicovými grafy (a, b) (dle Novák et al. 2022).



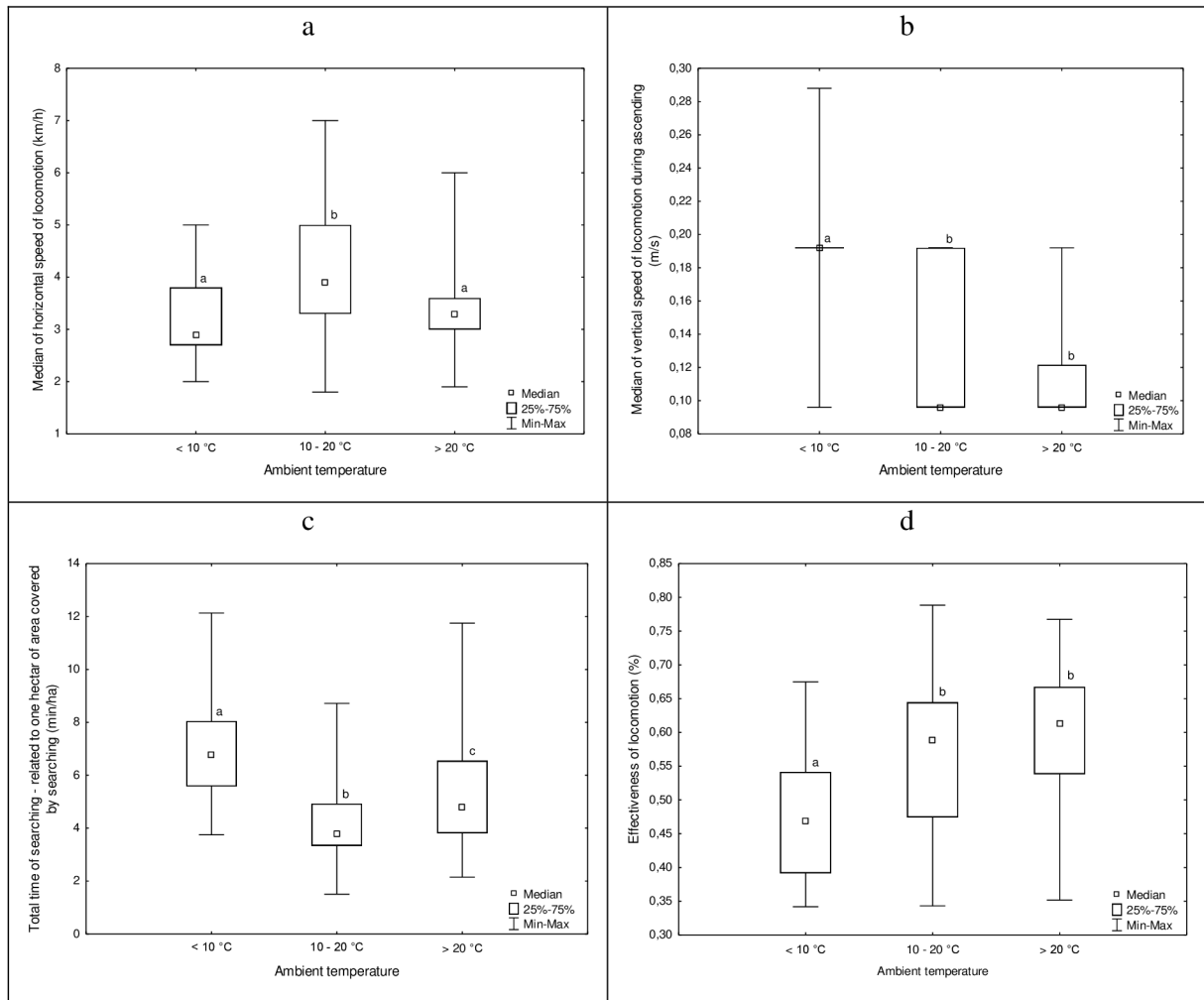
Graf P2 a–c: Vliv terénní sekce (search action) na deskriptory pohybové aktivity: a) rychlost horizontálního pohybu (v_h), b) rychlost vertikálního pohybu (v_a), c) celkový čas pátrání (t), d) efektivita pohybu (η). Významnost Friedman ANOVA testu pro každou kategorii je označena indexy nad krabicovými grafy (a, b) (dle Novák et al. 2022).



Graf P3 a–d: Vliv sklonitosti terénu (slope) na deskriptory pohybové aktivity: a) rychlost horizontálního pohybu (v_h), b) rychlost vertikálního pohybu (v_a), c) celkový čas pátrání (t), d) efektivita pohybu (η). Významnost Kruskal-Wallis testu pro každou kategorii je označena indexy nad krabicovými grafy (a, b, c) (dle Novák et al. 2022).



Graf P4 a–d: Vliv prostupnosti vegetačního krytu (penetrability) na deskriptory pohybové aktivity: a) rychlost horizontálního pohybu (v_h), b) rychlost vertikálního pohybu (v_a), c) celkový čas pátrání (t), d) efektivita pohybu (η). Významnost Kruskal-Wallis testu pro každou kategorii je označena indexy nad krabicovými grafy (a, b) (dle Novák et al. 2022).



Graf P5 a–d: Vliv teploty okolí (ambient temperature) na deskriptory pohybové aktivity: a) rychlost horizontálního pohybu (v_h), b) rychlost vertikálního pohybu (v_a), c) celkový čas pátrání (t), d) efektivita pohybu (η). Významnost Kruskal-Wallis testu pro každou kategorii je označena indexy nad krabicovými grafy (a, b) (dle Novák et al. 2022).

