

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra veterinárních disciplín**



**Fakulta agrobiologie,  
potravinových a přírodních zdrojů**

**Možnosti stanovení pohybového zatížení psa domácího  
(Canis familiaris) při aktivitách ve volném terénu**

**Diplomová práce**

**Tereza Siegelová**

**Management welfare a zdraví zvířat**

**Mgr. Václav Bittner, Ph.D.**

**©2024 vypracování ČZU v Praze**

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Možnosti stanovení pohybového zatížení psa domácího (*Canis familiaris*) při aktivitách ve volném terénu" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 21.4. 2024

---

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala svému vedoucímu práce panu Mgr. Václavu Bittnerovi Ph.D. za odborné vedení práce a jeho podnětné rady a čas, který mi věnoval při řešení problematiky, čímž mi pomohl práci zkompletovat. Dále bych chtěla poděkovat své rodině a přátelům, kteří mě během tvorby podporovali.

# **Možnosti stanovení pohybového zatížení psa domácího (Canis familiaris) při aktivitách ve volném terénu**

## **Souhrn**

Tato diplomová práce řeší možnosti stanovení pohybového zatížení psa domácího ve volném terénu. V souvislosti s hlavním cílem byly stanoveny následující dílčí úkoly a výzkumné otázky. Prvním dílčím úkolem bylo shrnout aktuální poznatky o fyziologických a fyzikálních aspektech pohybového zatížení psa domácího. Následně bylo důležité sjednotit metodologické aspekty monitorování pohybového zatížení psa domácího při aktivitách ve volném terénu. Dále byla prováděna statistická analýza datových sad z experimentálních šetření zaměřených na monitorování pohybové aktivity psa domácího ve volném terénu. Na základě zjištěných poznatků byly identifikovány vhodné deskriptory - intenzita pohybového zatížení, objem pohybového zatížení a míra pohybového zatížení psa domácího při aktivitách ve volném terénu. K monitorování ukazatelů pohybového zatížení byly využity extenzivní deskriptor - celkový čas pohybu vztažený na plochu a intenzivní deskriptory medián horizontální rychlosti pohybu a medián vertikální rychlosti pohybu.

Datové sady obsahující informace o pohybové aktivitě psa domácího ve volném terénu byly získány v rámci projektu PÁTRAC (MVČR VI20172020088). Experimentální šetření probíhalo v pěti simulovaných terénních akcích na pěti různých místech v České republice. Jednalo se o lokality s různou náročností terénu. V každé lokalitě byly provedeny jedno nebo dvě celodenní pozemní průzkumné relace. Pohybová aktivita psů byla monitorována za pomoci GPS, konkrétně přijímačů Garmin Astro 230. Psovod byl vybaven GPS přijímačem a pes GPS obojkem. Obojky zaznamenávaly polohu psa v jedno sekundových intervalech.

Statistické vyhodnocení vzájemných závislostí mezi deskriptory pohybového zatížení byla využita PCA faktorová analýza založená na dekompozici korelační matice a to včetně rotace faktorů. Celková míra pohybového zatížení a její závislost na sklonitosti, prostupnosti, teplotě ovzduší a věku psa byla vyhodnocena s využitím rozptylových grafů s konfidenčními elipsami.

Výsledky prokázaly, že sklonitost terénu bude významným faktorem, který pohybové zatížení psa ovlivňuje. Můžeme se domnívat, že v terénu o nízkém sklonu bude celkové pohybové zatížení nižší než v terénu svažitém. Co se týká prostupnosti terénem, tak je zřejmé, že variabilita celkové míry pohybového zatížení bude u málo prostupných ploch nižší, než u ploch se špatnou prostupností. U teploty ovzduší jsme došli k závěru, že zásadně neovlivňuje

celkovou míru pohybové aktivity psa při pátracích akcích ve volném terénu. U posledního faktoru - věku psa jsme zjistili, že starší psi během pátrací akce absolvují nižší míru celkového pohybového zatížení než psi mladšího věku.

Celkově lze konstatovat, že porozumění vlivu terénu a individuálním faktorům na pohybové zatížení psů je klíčové pro úspěšné provádění záchranných operací. Zvyšuje bezpečnost a účinnost těchto misí.

**Klíčová slova:** celkové pohybové zatížení; objem a intenzita pohybového zatížení; pes domácí; pátrací akce ve volném terénu

# **Possibilities of determining the movement load of the domestic dog (*Canis familiaris*) during activities in open terrain**

## **Summary**

This thesis addresses the possibilities of determining the movement load of a domestic dog in the open field. In relation to the main objective, the following sub-tasks and research questions were set. The first sub-task was to summarise the current knowledge on the physiological and physical aspects of the exercise load of the domestic dog. Subsequently, it was important to unify the methodological aspects of monitoring the exercise load of the domestic dog during outdoor activities. Furthermore, statistical analysis of datasets from experimental investigations aimed at monitoring the exercise activity of the domestic dog in the open field was performed. Based on the findings, suitable descriptors - intensity of locomotor load, volume of locomotor load and level of locomotor load of the domestic dog during outdoor activities - were identified. The extensive descriptor - total movement time per area and the intensive descriptors - median horizontal movement rate and median vertical movement rate were used to monitor the movement load indices.

The datasets containing information on the locomotor activity of the domestic dog in open terrain were obtained within the framework of the project PÁTRAČ (MVČR VI20172020088). The experimental investigation was conducted in five simulated field events at five different locations in the Czech Republic. These were locations with different terrain severity. One or two full-day ground survey sessions were conducted in each location. The movement activity of the dogs was monitored using GPS, specifically Garmin Astro 230 receivers. The handler was equipped with a GPS receiver and the dog with a GPS collar. The collars recorded the dog's location at one-second intervals.

PCA factor analysis based on correlation matrix decomposition including factor rotation was used to statistically evaluate the interdependencies between the movement load descriptors. The total locomotor load and its dependence on slope, permeability, air temperature and dog age were evaluated using scatter plots with confidence ellipses.

The results showed that the slope of the terrain would be a significant factor influencing the movement load of the dog. It can be assumed that in low slope terrain the total locomotor load will be lower than in sloping terrain. As far as terrain permeability is concerned, it is clear that

the variability of the total locomotion load will be lower in low permeability areas than in areas with poor permeability. For air temperature, we concluded that air temperature does not significantly affect the overall exercise rate of the dog during search operations. For the last factor, the age of the dog, we found that older dogs undergo a lower rate of total exercise during a search event than younger dogs.

Overall, we conclude that understanding the influence of terrain and individual factors on the exercise load of dogs is crucial for successful rescue operations. It enhances the safety and effectiveness of these missions.

**Keywords:** total exercise load; volume and intensity of exercise load; domestic dog; outdoor searches

# Obsah

<b>1 Úvod</b>	<b>10</b>
<b>2 Cíle práce a výzkumné otázky</b>	<b>11</b>
<b>3 Literární rešerše</b>	<b>12</b>
<b>3.1 Fyziologické aspekty pohybového zatížení psa domácího</b>	<b>13</b>
3.1.1 Lokomoce	14
3.1.2 Svalová soustava	14
3.1.3 Dýchací soustava	16
3.1.4 Tělesná teplota	17
3.1.5 Kardiovaskulární soustava	18
<b>3.2 Fyzikální aspekty pohybového zatížení psa</b>	<b>19</b>
3.2.1 Míra pohybového zatížení psa během pátrací akce	20
3.2.2 Vnější faktory ovlivňující pohybové zatížení psa	22
<b>3.3 Metody monitorování pohybového zatížení psa domácího při aktivitách ve volném terénu</b>	<b>23</b>
3.3.1 Global Positioning System (GPS)	23
3.3.2 Geografický informační systém (GIS)	25
3.3.3 Elektrokardiogram (EKG)	26
3.3.4 Systém Polar	26
3.3.5 Spirometrie	27
3.3.6 Nepřímá kalorimetrie (IC)	28
<b>4 Metodika</b>	<b>30</b>
4.1 Charakteristika výzkumného souboru	30
4.2 Charakteristika sběru dat	30
4.3 Experimentální metody	31
4.4 Statistická analýza dat	32
<b>5 Výsledky</b>	<b>34</b>
<b>6 Diskuze</b>	<b>41</b>
<b>7 Závěr</b>	<b>44</b>
<b>8 Literatura</b>	<b>45</b>
<b>9 Seznam použitých zkratk a symbolů</b>	<b>53</b>



# 1 Úvod

Oblast pátrání a záchrany zahrnuje mnoho speciálních oblastí, které se vyznačují různorodým typem terénu, ve kterém se pátrání provádí. Do těchto kategorií spadá: záchrana v horách či divočině, pozemní pátrání a záchrana, městské pátrání a záchrana ve městech, bojové pátrání a záchrana na bojišti (Zeagler et al. 2016). Každá ušetřená sekunda při hledání zvyšuje šance na nalezení obětí, proto právě většina týmů využívá ke své práci psy (Chiu et al. 2002). Tito psi musí pokrýt velké plochy terénů, někdy i v náročných klimatických podmínkách (Rovira et al. 2008). Pro tyto účely bývají velmi často využíváni belgický ovčák malinois, německý ovčák či border kolie (Menchetti et al. 2022).

Cvičení, kondice a fyzická zdatnost jsou velmi důležité právě pro pracovní psy (Pierce 2009). Fitness pracovního psa bývá určeno kombinací kardiopulsačních funkcí, síly, flexibility držení těla, propriocepce, vytrvalosti a také svalové síly. Právě vytrvalost však může být ovlivněna mnoha faktory, které mohou zahrnovat vnitřní a vnější faktory sportovce. Mezi vnitřní faktory se řadí například svalová aktivita, tělesná hmotnost a kondice. Mezi vnější faktory je řazena nadmořská výška, teplota a vlhkost prostředí, typ vegetace a sklon terénu (Baltzer et al. 2012).

U monitorování zvířat je důležité využít neinvazivní přístroje. Ke sledování pohybové aktivity psa ve volném terénu lze využít detektor srdeční frekvence a Systém globálního určení satelitem (GPS). K modelování polohy bývá používán systém Globální informační systém (GIS). Systém Polar se využívá především ke sledování změn srdeční frekvence během zátěžových testů. Tento systém bývá výhodnější než elektrokardiogram, jelikož by měl být šetrnější ke zvířatům (von Borell et al. 2007).

Cílem této práce je provést analýzu pohybového zatížení pracovních psů v reálných podmínkách při pohybu ve volném terénu. Je třeba identifikovat klíčové faktory ovlivňující jejich výkon a pohybovou efektivitu. Na základě této analýzy se pokusíme vyvodit závěr a případně doporučení, které pomohou k optimalizaci tréninku a využití těchto psů v praxi. Věříme, že tato práce přispěje k lepšímu porozumění potřeb a fyziologických omezení pracovních psů ve volném terénu.

## 2 Cíle práce a výzkumné otázky

Hlavním cílem práce je analyzovat možnosti stanovení pohybového zatížení psa domácího při aktivitách ve volném terénu. V souvislosti s hlavním cílem byly stanoveny následující dílčí úkoly a výzkumné otázky.

Dílčí úkoly:

- 1) Shrnout aktuální poznatky o fyziologických a fyzikálních aspektech pohybového zatížení psa domácího.
- 2) Shrnout metodologické aspekty monitorování pohybového zatížení psa domácího při aktivitách ve volném terénu.
- 3) Provést statistickou analýzu datových sad z experimentálních šetření zaměřených na monitorování pohybové aktivity psa domácího ve volném terénu.
- 4) Na základě zjištěných poznatků identifikovat vhodné deskriptory pohybového zatížení psa domácího při aktivitách ve volném terénu a popsat jejich vzájemné souvislosti.
- 5) Vytvořit souhrn doporučení pro stanovení pohybového zatížení psa domácího při aktivitách ve volném terénu.

Výzkumné otázky:

V1: Jakým způsobem lze vhodně stanovit pohybové zatížení psa domácího při aktivitách ve volném terénu?

V2: Jaké faktory (reliéf povrchu, vegetační kryt, povětrnostní podmínky atd.) a jakým způsobem ovlivňují pohybové zatížení psa domácího při aktivitách ve volném terénu?

### 3 Literární rešerše

Pátrací a záchranářští psi mají poměrně významný společenský dopad, jelikož jsou velmi důležitou složkou při pátrání především po pohřešovaných lidech při různých katastrofách (Rovira et al. 2008). Obecná oblast pátrání a záchrany zahrnuje mnoho speciálních oblastí, které se vyznačují typem terénu, ve kterém se pátrání provádí. Mezi tyto oblasti patří: záchrana v horách či divočině, pozemní pátrání a záchrana, městské pátrání a záchrana ve městech, bojové pátrání a záchrana na bojišti (Zeagler et al. 2016). Je více než známé, že každá ušetřená sekunda při hledání zvyšuje šance na nalezení obětí, proto právě většina týmů využívá ke své práci psy (Chiu et al. 2002).

Mezi nejdůležitější dovednosti těchto psů patří hlavně poslušnost, pouto k psovodovi a detekce lidského pachu, dále musí mít odpovídající úroveň zdatnosti. Tito psi musí pokrýt velké plochy terénů, někdy i v náročných klimatických či terénních podmínkách (Rovira et al. 2008). Většina psů pátrací a záchranné služby (SAR - search and rescue) patří k pracovním, pasteveckým, aportérským nebo sportovním plemenům. Co se plemen týká, tak mohou být v práci se SAR úspěšní psi mnoha plemen, včetně smíšených (Jones et al. 2004). Velmi často bývá využíván belgický ovčák malinois, německý ovčák či border kolie (Mechetti et al. 2022). Je velmi důležité, aby potenciální pes SAR měl sportovní potenciál. Proto kromě zdravého pohybového aparátu musí být bez kardiovaskulárních a respiračních abnormalit (Jones et al. 2004). Dále je velmi důležité, aby psi byli schopni pracovat 4-8 hodin bez rozptylování (Zeagler et al. 2016).

Co se týká historie, tak k prvnímu oficiálnímu zdokumentování při využití pátracích psů došlo během první světové války konkrétně mezi lety 1914 a 1918. Vojenští psi byli využíváni především k lokalizaci raněných a pak také k doručování zásob první pomoci (Jones et al. 2004).

#### 3.1 Fyziologické aspekty pohybového zatížení psa domácího

Podobně jako u divokých druhů zůstává u domácích psů zachována celková struktura kloubů a končetin. Což znamená, že i přes domestikaci a různá výběrová šlechtění mají domácí psi stále podobnou anatomii kloubů a končetin jako jejich divocí příbuzní (Serpell & Duffy 2014). Psi dosahují větší pohyblivosti než lidé a dokáží se pohybovat po nerovném terénu za pomoci vysoce kvalitních pokynů od svého psovoda (Arnold et al. 2018). Je známo, že svalovou výkonnost psa ovlivňují především fyziologické, anatomické, biomechanické faktory (Saunders 2007).

Cvičení, kondice a fyzická zdatnost jsou velmi důležité jak pro pracovní, tak pro aktivní psy. K dosažení úrovně připravenosti pracovních psů v terénu, je nutné, aby pes dosahoval a udržoval špičkový sportovní výkon (Pierce 2009). Fitness pracovního psa bývá určeno kombinací kardiorepiračních funkcí, síly, flexibility držení těla, propiocepce, vytrvalosti a také svalové síly. Vytrvalost je schopnost vydržet po delší čas vysoce energeticky náročné činnosti. Může být ovlivněna mnoha faktory, které se dále dělí na vnitřní a vnější. Mezi vnitřní faktory se řadí svalová aktivita, metabolismus tuků a elektrolytů, tělesná hmotnost a kondice. Mezi vnější faktory je řazena teplota a vlhkost prostředí, věk zvířete, plemeno, či pohlaví (Baltzer et al. 2012). Dále může hrát roli například aklimatizace na prostředí a aktivitu (Kozlowski et al. 1985). Pracovní a sportovní psi mají vyšší vnitřní teplotu a srdeční regulaci, protože mají vyšší kardiovaskulární a termoregulační nároky. Během cvičení je pes schopný zvýšit svůj srdeční výdej o 74 až 200 %, přičemž zvyšuje průtok krve karotidou až o 500 % (Baker et al. 1982).

Míra tělesného zatížení, bývá nejčastěji vyjádřena dobou trvání konkrétní pohybové aktivity. Případně jinou možností je počet cyklicky se opakujících jednotek konkrétního režimu za časovou jednotku. Tuto časovou jednotku může představovat hodina, týden a další. Intenzita pohybového zatížení je nejčastěji hodnocena za pomoci srdeční frekvence (Bittner et al. pilot study)

Dle Autorů Rovira et al. a jejich článku z roku 2008 cvičení vyvolává řadu fyziologických a laboratorních změn. Tyto změny závisí především na době trvání a intenzitě prováděného cvičení, dále také na kondici a trénovanosti psa. Dle studie od Slotta-Bachmayr & Schwarzenbergera z roku 2009 emoční a fyzické stresové faktory před a během pátrání, stejně jako nervozita psovoda, negativně ovlivňují jeho efektivitu. Pro vylepšení výkonnosti lavinových psů je třeba rozumět fyziologickým důsledkům možného vzrušení, vyrušení a stresu. Proměnlivost srdeční frekvence (HR - heart rate), tělesné teploty (RT - rectal temperature) a dechové frekvence (RR - respiratory rate) jsou taktéž považovány za užitečné ukazatele pro hodnocení stresu (Beerda et al. 1998).

### **3.1.1 Lokomoce**

Pohyby těla jsou vytvářeny prostřednictvím lokomotorické výstupní osy. Nervový systém řídí motorický výkon muskuloskeletálního systému a koordinuje kroky či chůzi. Energetické náklady na lokomoci přímo souvisí s celkovou svalovou námahou. Úroveň

samotné svalové aktivity je modulována konstrukcí končetin, chůzí a několika mechanismy pro úsporu energie (Reilly et al. 2007).

Metabolické náklady na lokomoci bývají určovány za pomoci spotřeby kyslíku v ustáleném stavu na jednotku vzdálenosti nebo času během lokomoce konstantní rychlostí (Taylor 1985). Dále se dají metabolické náklady na pohyb vypočítat jako hmotnostně specifická rychlost spotřeby kyslíku nad klidovými hladinami klesajících rychlostí  $v$  v ml  $O_2/kg \times m$  případně  $O_2 / J \times kg$  je taktéž větší u malých druhů. V podstatě to znamená, že malá zvířata spotřebují více energie k přesunu 1 kg hmoty na vzdálenost 1 m než zvířata velká (Schmidt - Nielsen 1972).

### 3.1.2 Svalová soustava

Svalové vlákna se dělí do tří typů. Rozdíly, které dávají vláknům jejich jména lze částečně vysvětlit specifickou složkou myozinového vlákna, konkrétně těžkým řetězcem myosinu, který existuje ve třech variantách: typ I, typ IIa a typ IIb. Vlákna se liší rychlostí uvolňování vápníku, a aktivitou enzymu, který štěpí ATP. Obě tyto charakteristiky jsou rychlejší u vláken II typu (Fitts & Widrick 1996).

Vlákna prvního typu se vyznačují pomalou dobou kontrakce a zároveň vysokou odolností proti únavě. Mají malý motorický neuron, vysokou mitochondriální a kapilární hustotu a vysoký obsah myoglobinu. Co se týká energie, tak mají nízký obsah glykogenu a kreatinfosfátu (CP) a bohatou zásobu triglyceridů. Tyto vlákna obsahují málo enzymů zapojených do glykolýzy, ale obsahují mnoho enzymů zapojených do Krebsova cyklu. Funkčně se vlákna typu I používají pro aerobní aktivity vyžadující produkci nízké síly, například při chůzi, či udržování polohy (Fitts et al. 1996).

Vlákna typu IIa mají střední odolnost proti únavě a představují přechod mezi dvěma extrémy vláken typu I a typu IIb. Strukturálně vlákna IIa obsahují velký motorický neuron, vysokou mitochondriální hustotu, střední kapilární hustotu a střední obsah myoglobinu. Mají vysoký obsah CP a glykogenu a střední úroveň zásob triglyceridů. Jejich oxidační a enzymatická aktivita je vysoká. Využívají pro dlouhodobé anaerobní aktivity s vysokým výkonem jako je například dlouhý sprint (Anderson et al. 2000).

Vlákna typu IIb jsou velmi citlivá na únavu a používají se pro krátké anaerobní činnosti s vysokou silou, jako je sprint či skákání. Tyto vlákna se stahují desetkrát rychleji než vlákna typu I. Taktéž produkují více energie než vlákna typu I. Vlákna typu IIb obsahují velký motorický neuron, ale na rozdíl od vláken IIa mají nízkou mitochondriální a kapilární

hustotu a obsah myoglobinu. Taktéž mají vysoký obsah CP a glykogenu, ale nízký obsah triglyceridů (Anderson et al. 2000). Je důležité zmínit, že psi nemají klasická svalová vlákna typu IIb. Místo nich mají další dva druhy vláken typu II, která jsou více oxidační, konkrétně typ II Dogg a IIc. Právě to je důvod, proč jsou psi tak dobrými běžci (Snow et al, 1982).

Celkově se zdá, že u psů převažují svalová vlákna typu I a IIa s vyšší oxidační kapacitou ve srovnání s glykolytickou kapacitou (Duan et al. 2017). Podle studie od autorů Boom et al. z roku 2023 do kategorie plemen, s vyšším podílem vláken prvního typu patří například německý ohař nebo jezevčík.

Svaly přeměňují energii z adenosintrifosfátu (ATP) na užitečnou práci. ATP je zcela zásadní pro funkci všech buněk, jelikož slouží v těle jako univerzální zdroj energie. Díky ATP probíhají v těle energeticky náročné děje, kterými jsou například aktivní transport iontů přes membrány nebo svalová kontrakce. Energie, která není přeměněná na práci se přeměňuje na teplo. Na začátku kontrakce se teplo produkuje, zejména, když se váže vápenatý kationt na troponin-C a na parvalbumin. Troponin-C je protein, který je součástí tenkých svalových vláken. Parvalbumin je taktéž protein, který se nachází v rychle se stahujících svalech. Svaly využívají ATP během izometrické kontrakce rychlostí. Tato kontrakce pohání pumpující vápenaté kationty a sodné kationty ven z myoplazmy (Barclay 2015).

Při zkracování nebo-li izotonické kontrakci svaly produkují menší sílu, ale větší rychlost než při izometrické kontrakci. Izometrická kontrakce je taková kontrakce, během které dochází k aktivaci svalu, ale není během ní generovaný žádný pohyb. Při této kontrakci zůstává délka svalu konstantní. Pro výpočet izometrické kontrakce je nutné použít nepřímou kalorimetrii. Mírou práce je spotřeba kyslíku (Barclay 2015).

### **3.1.3 Dýchací soustava**

Plíce jsou dýchací orgány, které jsou odpovědné za výměnu plynů mezi krevním řečištěm a atmosférou (Amador et al. 2019). Krev se nasytí kyslíkem poté, co projde plícemi. Plíce disponují velkým povrchem a zároveň tenkou epiteliální vrstvou, díky které dochází k rychlé difuzi plynů mezi krví a prostředím. Při průchodu alveolárními a plicními kapilárami se kyslík a oxid uhličitý mohou vyrovnat přes bariéru krev-vzduch. Díky tomu dochází k odstranění oxidu uhličitého z krve a současně k vstřebávání kyslíku. Dále je okysličená krev vedena kardiovaskulárním systémem do periferních tkání. Ve tkáních se kyslík pohybuje dolů svým koncentračním gradientem z vysokých do nízkých koncentrací. Následně dochází k

dodání kyslíku do buněk. V buňce působí jako terminální akceptor elektronů při generování ATP (Rhodes et al. 2019).

Naprostá většina kyslíku je vázána na hemoglobin v červených krvinkách. Malé množství kyslíku je rozpuštěno v plazmě. Regulace uvolňování kyslíku z hemoglobinu v cílových tkáních je řízena gradientem koncentrace kyslíku, teplotou, pH a koncentrací sloučeniny 2,3-bisfosfoglycerátu v erytrocytech. Dalším aspektem transportu kyslíku je dodávka kyslíku do tkání každou minutu. Tato dodávka závisí na srdečním výdeji a na obsahu arteriálního kyslíku. Minutovou spotřebu kyslíku lze vypočítat součinem srdečního výdeje a arteriálního kyslíku. Změny srdečního výdeje, saturace hemoglobinu a koncentrace hemoglobinu ovlivňují dodávku kyslíku (Rhodes et al. 2019).

Co se týká dechové frekvence, tak ta se během cvičení a bezprostředně po něm zvyšuje, jako kompenzace zvýšené potřeby kyslíku. Kyslík je nezbytně nutný k uvolnění energie. Výdech slouží k vypuzení oxidu uhličitého a odpadních produktů dýchání. Během cvičení plíce a dýchací systém poskytují více kyslíku do krve a svalů, aby byl zaručen oxidační svalový metabolismus. Dále může být hyperventilace vyvolána vzrušením, metabolickou acidózou či stimulací dýchacích center mozku (Matwichuk et al. 1999).

K testování funkce plic bývají velmi často využívány dynamické plicní objemy. Dynamické plicní objemy zahrnují dechový objem, inspirační rezervní objem, expirační rezervní objem a vitální kapacitu plic. Dechový objem je množství vzduchu, které se v plicích vymění během jednoho klidného nádechu a výdechu. Dechový objem psa činí 10 až 20 ml/kg. Počet dechů za minutu se u psa pohybuje v rozmezí 10-30 dechů za minutu v závislosti na jeho velikosti (Rozanski & Hoffman).

Inspirační rezervní objem je takové množství vzduchu, které je možné vdechnout po klidovém nádechu. Na rozdíl expirační rezervní objem je takové množství vzduchu, které je možné vydechnout nad rámec normálního výdechu. Zbytkový objem je vzduch, který zbývá v plicích po expiračním rezervním objemu. Součet těchto dvou rezervních objemů tvoří vitální kapacitu plic. Vitální kapacita plic spolu s reziduálním objemem plic představuje celkovou kapacitu plic. Funkční reziduální kapacita je objem vzduchu zbývajících v plicích po ukončeném klidovém výdechu. Funkční reziduální kapacita se také rovná součtu expiračního rezervního objemu a reziduálního objemu plic (Rozanski & Hoffman).

### 3.1.4 Tělesná teplota

Psi generují teplo prostřednictvím svalové aktivity během cvičení. Často pracují v ekologicky náročných podmínkách. Na rozdíl od lidí, mají psi minimální schopnost pocení (Otto et al. 2019). Jejich termoregulace závisí především na odpařování vody pomocí lapání po dechu. Zvýšené slinění a lingvální průtok krve umožňují proudění a chlazení odpařováním (Crawford 1962). Tepelný stres představuje pro pracovní psy nebezpečí. Může mít za následek vážné zranění nebo úhyn zvířete (Otto et al. 2019).

Normální tělesná teplota měřená u psů v konečniku se pohybuje v rozmezí od 37,5 °C do 39 °C. Zvýšení rektální a svalové teploty, což je teplota vyšší než 39,8 °C, způsobené dlouhodobým cvičením psů je spojeno se sníženými hladinami vysokoenergetických fosfátů, konkrátně ATP, kreatinfosfátu a kreatinu. Dále dochází ke zvýšení hladin svalového laktátu a pyruvátu (McNicholl et al. 2016). Právě laktát patří k jednomu z nejdůležitějších biochemickému parametru ve sportovní medicíně. Je to metabolit odvozený z glykolytických drah, který je indikátorem nástupu únavy (Rovira et al. 2007b). Výsledky studie od autorů Kozłowski et al. z roku 1985 naznačují, že hypertermie vznikající během prodloužené svalové práce má nepříznivý účinek na svalový metabolismus. Tato skutečnost může vést například k omezení vytrvalostních schopností psa.

### 3.1.5 Kardiovaskulární soustava

Kardiovaskulární soustava se skládá ze srdce a cév, kde srdce funguje jako pumpa v rámci cévního systému. Primární funkcí této soustavy je zajištění přísunu živin do všech orgánů a tkání těla. Dále pomáhá odstraňovat odpadní látky. Tento proces je umožněn díky rytmickému střídání systoly a diastoly, přičemž systola představuje fázi srdeční kontrakce a vypuzení krve z předsíní či komor. Diastola je naopak obdobím srdečního klidu (Miller & Gal. 2017).

Fyzická aktivita je závislá na kardiovaskulárním systému, konkrétně na tom, aby plnil metabolické a termoregulační požadavky cvičení. Zvířata, která pravidelně cvičí vyžadují dobře uzpůsobené srdce. Variabilita velikosti srdce souvisí na typu fyzické aktivity, které se zvířata obvykle věnují. Psi, kteří běhají delší čas ať už za účelem lovu nebo sportovního výkonu mají výrazně větší srdce než ti, kteří jsou méně fyzicky aktivní (Williams et al. 2015). Aerobní cvičení, které využívají SAR psi je spojeno se zvýšenými metabolickými a termoregulačními nároky. Aby cvičení mohlo pokračovat po delší čas musí být konkurenční požadavky splněny zvýšeným přísunem krve jak do pracujícího svalu, tak do kapilárních



lůžek odpovědných za výměnu krevních plynů a tepla. Tato potřeba zvýšení průtoku krve během cvičení vysvětluje úzký vztah mezi srdečním výdejem ( $Q$  = součin srdeční frekvence a tepového objemu) a objemem kyslíku spotřebovaného za minutu (Liguzinski & Korzeniewski 2007).

Srdeční frekvence je parametrem srdeční aktivity, který ukazuje sympato-vagální rovnováhu organismu. Měří se stanovením neustále měnícího časového intervalu mezi následujícími srdečními tepy (Mohr et al. 2002). Srdeční frekvence u malých plemen či štěňat je zhruba 120-160 úderů za minutu. U psů nad 15 kg se pohybuje v rozmezí od 60 do 120 úderů za minutu. Obecně platí pravidlo, že čím větší je pes, tím pomalejší je jeho tepová frekvence. Podobně jako u sportujících lidí bylo u psů prokázáno, že atletický trénink má za následek snížení klidové HR u psů (Tipton et al. 1974). Kromě spotřeby kyslíku se HR používá jako alternativní měřítko energetického výdeje zvířete (Butler et al. 2004). Srdeční frekvence se u savců zvyšuje nejčastěji v bezprostřední reakci na různé faktory, například na trvalou práci (Sanders et al. 1977).

Tepová frekvence (PR) byl ve studii od autorů Diverio et al z roku 2016 jediný parametr, který se významně zvýšil v předsoutěžních fázích hledání SAR psů v prostředí na sutí a otevřeném poli. Tato fyziologická odpověď byla pravděpodobně způsobena sekrecí adrenalinu, která předpokládá intenzivní fyzickou aktivitu, prostřednictvím aktivace sympatického nervového systému a osy hypotalamus-hypofýza-nadledviny hormonálním kortizolem. Fyziologický rozsah srdeční frekvence dospělých psů představuje 70-160 tepů za minutu.

Tato emocionální reakce je také známá jako „Eureka efekt“ (McGowan et al. 2014). Předpokládané zvýšení kortizolu před sportovní soutěží je zásadní pro přípravu na psychologické a fyziologické požadavky. Vysoce ovlivňuje sportovní výkon svým vlivem na kognitivní procesy (Van Paridon et al. 2017). Jako neinvazivní kardiovaskulární marker odráží variabilita srdeční frekvence změny sympato-parasympatické rovnováhy autonomního nervového systému v reakci na vnější podněty jako indikátor stresu a welfare zvířat (Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing Electrophysiology 1996)

Je zřejmé, že trénink může mít vliv na klidovou tepovou frekvenci u psů, ale nejsou k dispozici žádné informace o tom, zda se také změnila klidová spotřeba kyslíku, a nelze vyvozovat závěry, zda trénink mění vztah mezi srdeční frekvencí a spotřebou kyslíku. Pokud se srdeční frekvence používá jako náhrada energetického výdeje u psů, mohou být pro různé tréninkové podmínky zapotřebí kalibrační křivky specifické pro plemeno, aby se objasnili

účinky tréninku a plemene. Kromě toho se psi různých plemen, velikostí, úrovně aktivity a podmínek ubykací mohou lišit ve svých regresních parametrech. Budoucí práce s různými plemeny proto bude nezbytná ke zpřesnění předpovědi energetického výdeje z měření HR (Gerth et al. 2016).

### **3.2 Fyzikální aspekty pohybového zatížení psa**

Velmi důležitá je schopnost psa pohybovat se v terénu ve vztahu k délce a rychlosti hledání. Terény bývají dosti specifické, velkou roli hraje například nadmořská výška, typ povrchu nebo třeba vegetace. V kombinaci s dalšími faktory prostředí, jako je například okolní teplota a vlhkost, směr a rychlost větru může ovlivnit výkon týmu pátrací a záchranné služby (SAR) definovaný jako schopnost provést pečlivé pátrání ve stanovené oblasti (Novák et al. 2022).

Sprint, skákání, zastavování, otáčení a iniciace pohybu produkují nejvyšší síly a největší rozsahy pohybu v chůzi psa. Vyvolání pohybu vzniká kombinace protipohybu a prvního celého cyklu chůze. Hlavní účel již zmíněného protipohybu je uvést tělo do stanovené polohy, aby bylo vyrovnáno a připraveno k pohybu vpřed. Pohon vpřed začíná pohybem čtyřnohého jedince, který vede k prvnímu úplnému cyklu chůze. První úplný cyklus chůze se skládá z fáze postoje zadní končetiny, fáze postoje přední končetiny, fáze švihu zadní končetiny, fáze švihu přední končetiny. Celý tenhle cyklus je velmi ovlivněn povrchem, na kterém se odehrává (Angle et al. 2012). Co se konkrétně týká SAR psů, tak musí být schopni fyzicky překonat nebezpečný terén a rozpoznat nebezpečí. Jejich obvyklými pohyby často bývá šplh, skok, či plazení se, aby se dostali včas k oběti (Jones et al. 2004).

Výkon je v tomto případě definovaný jako schopnost provést důkladné pátrání ve stanovené oblasti v kombinaci s jejich úspěšností při nalezení pohřešované osoby. Je všeobecně známo, že čím déle psi SAR stráví v terénu, tím více se změní úroveň fyzické výkonnosti. Schopnost práce psů by měla odpovídat zhruba 4 až 8 hodinám bez rozptylování (Zeagler et al. 2016).

#### **3.2.1 Míra pohybového zatížení psa při pohybu ve volném terénu**

Během pohybu psa ve volném terénu dochází vlivem mnoha faktorů (např. reliéf terénu, vegetativní kryt, povětrnostní podmínky, způsob vyhledávání, trénovanost a fyzická kondice psa atd.) ke změnám jeho pohybové aktivity a tudíž i ke změnám intenzity ( $I(t)$  – intenzity)

pohybu. Za předpokladu, že mezi dvěma časovými okamžiky ( $t_i$  a  $t_{i-1}$ ) lze tuto intenzitu  $I_i$  považovat za konstantní, lze míru ( $M_i$  - measure) pohybového zatížení psa v tomto časovém úseku vyjádřit rovnicí 1.

$$M_i = I_i \Delta t_i, \quad \text{kde} \quad \Delta t_i = t_i - t_{i-1}, \quad i \in \{1, \dots, N\} \quad (1)$$

Budeme-li na intenzitu  $I(t)$  pohybové aktivity nahlížet jako na náhodnou veličinu s diskrétním rozdělením  $P[I_i] = p_i$  pak střední hodnota  $EI$  je definována rovnicí 2.

$$E(I) = \sum_{i=1}^N I_i p_i = \sum_{i=1}^N I_i \frac{\Delta t_i}{t}, \quad \text{kde} \quad t = \sum_{i=1}^N \Delta t_i \quad (2)$$

S využitím rovnic (1) a (2) lze odvodit, že celková míra pohybového zatížení ( $M(t)$ ) může být kvantifikována jako součin střední hodnoty intenzity pohybu a celkového času, po který je pohybová aktivita vykonávána (eq. 3).

$$M(t) = \sum_{i=1}^N M_i = \sum_{i=1}^N I_i \Delta t_i = E(I)t \quad (3)$$

V zobecněném smyslu se jedná o součinu střední hodnoty vybrané intenzivní veličiny s příslušným extenzivním deskriptorem objemu pohybového zatížení. Přirozeně se nabízí volit za intenzivní veličinu okamžitý mechanický výkon ( $P$  [W]) spojený s lokomocí psa. Potom míra pohybového zatížení bude odpovídat celkové mechanické energii/práci ( $W$  [J]) potřebné k vykonání příslušné pohybové aktivity (eq. 4).

$$M(t) \equiv W(t) = \sum_{i=1}^N P_i \Delta t_i = E(P)t \quad (4)$$

Problém je, jak okamžitý mechanický výkon, který pes při lokomoci vynakládá, stanovit. Alternativou může být okamžitá rychlost pohybu ( $v$  [km/h]). Tu lze s využitím GPS relativně snadno monitorovat. Příslušná míra pohybového zatížení pak bude celková délka prošlé trasy ( $s$  [km]) spočtená podle rovnice (5).

$$M(t) \equiv s(t) = \sum_{i=1}^N v_i \Delta t_i = E(v)t \quad (5)$$

Měr pohybového zatížení lze sledovat i více současně. Může se jednat např. o kombinaci délky prošlé trasy s celkovým překonaným převýšením, tedy s počtem nastoupených a sestoupaných metrů. Potíž je s jejich vzájemnou aditivitou a to i v případě, že mají stejné jednotky. Tak např. již zmíněný horizontální a vertikální pohyb nejsou z hlediska lokomoce psa ekvivalentní. Problém lze částečně vyřešit využitím jiné intenzivní veličiny, např. srdeční frekvence ( $HR$  [bpm]). Příslušnou mírou pohybového zatížení bude celkový počet srdečních tepů ( $N_{beats}$  [ ]) během vykonávané aktivity (eq. 6).

$$M \equiv N_{beats} = \sum_{i=1}^N HR_i \Delta t_i = E(HR)t \quad (6)$$

Bohužel srdeční frekvence je silně ovlivněna i psychickým stavem psa. Při pátracích akcích ve volném terénu pak navíc vyvstává problém s jejím monitorováním.

Pro úplnost zbývá dodat, že za střední hodnotu příslušné intenzivní veličiny bývá často vybírán vážený aritmetický průměr. Alternativou může být medián, který je méně citlivý na odlehlé hodnoty. Tedy na případy, kdy pes odpočívá, nebo se pohybuje vysokou rychlostí.

### 3.2.2 Vnější faktory ovlivňující pohybové zatížení psa

Studie od autorů Menchetti et al. z roku 2022 popisuje změny srdeční frekvence psů a psovodů během vytrvalostního cvičení v čerstvém sněhu. Tato studie naznačuje, že nadmořská výška 2 100 metrů nad mořem může velmi významně ovlivnit SAR psa během jeho činnosti. Konkrétně tato nadmořská výška může být kritickým prahem pro zvýšení HR.

Dalším velmi důležitým faktorem který ovlivňuje pracovní činnost psů je teplota okolí. Konkrétně ve studii od autorů Novák et al. z roku 2022 bylo dokázáno, že při okolních teplotách nad 20 °C se psi obecně pohybují pomaleji. Ve studii od McNicholl et al. z roku 2016 byla u chrtů pozorována souvislost mezi okolní teplotou a tělesnou teplotou po cvičení. Tito autoři uvedli, že když okolní teplota dosáhla 38 °C, 39 % zahrnutých psů vykazovalo RT vyšší než 41,5 °C. Dále je v této studii uvedeno, pokud teplota prostředí překročí tělesnou teplotu, může dojít ke ztrátě tepla pouze odpařováním skrz dýchací cesty.

Ve studii od autorů Novák et al z roku 2022 byla horizontální rychlost SAR psů nejvyšší při mírných okolních teplotách, což je 10-20 °C. Při této teplotě prostředí potřebovali týmy k prohledání sektoru nejméně času. Díky těmto faktům byla charakterizována termoneutrální zóna. Pod pojmem termoneutrální zóna bychom si měli představit takovou teplotu okolí, při níž není potřeba k udržování žádoucí teploty těla termoregulačních mechanismů. Jednodušeji řečeno je to taková teplota okolí, která je nižší než teplota těla. National Research Council v roce 2006 uvedl, že termoneutrální zóna se u většiny domácích psů pohybuje od 20 do 30 °C.

V průběhu namáhavého cvičení dochází ke zvýšení frekvence dýchání, ale vysoká vlhkost může omezit množství ztraceného tepla. Jiná nedávná studie nenašla žádnou přímou korelaci mezi okolními podmínkami a tělesnou teplotou po závodě psů soutěžících v canicrossových závodech. Jejich výsledky však naznačovaly, že samci, psi s tmavou srstí a zvýšená rychlost běhu mohou představovat riziko úpalu (Carter & Hall 2018). Chrti po i krátkých obdobích namáhavého cvičení běžně vykazují křeče a svalovou únavu. Náchylnost se však může lišit mezi jednotlivými plemeny psů a především na základě specifického cvičení a délky aktivity (Blythe et al. 2007).

Dalším velmi významným faktorem při práci SAR psů je vegetace. Podle studie od autorů Novák et al. z roku 2022 vegetační pokryv výrazně snížil vertikální rychlost a účinnost psů. V této studii je uvedeno, že se silnější vegetací klesá účinnost psů až o 33%. Dále také silnější vegetace přispívá k delší době hledání. Zdá se, že vegetační pokryv je jedním z nejdůležitějších faktorů, který je třeba brát v úvahu. Bohužel zatím neexistuje žádná jiná studie, která by dokázala odhalit víc.

Mezi další velmi důležité faktory patří stupeň sklonu terénu. Stupeň sklonu terénu má velmi zásadní vliv na vertikální rychlost během výstupu, na celkovou dobu hledání a samozřejmě na efektivitu. Konkrétně lze říci, že pokud je sklon kopce 11° či vyšší, dochází k prodlouženému času hledání (Novák et al. 2022). Ve svažitéch terénech jsou psi nuceni využívat vertikální pohyb. Vertikální pohyb je fyzicky náročnější, snižuje účinnost a všeobecně je pro psa náročnější udržet chůzi. Při chůzi napříč svahem dochází k velkým úpravám pozemní reakční síly. Tyto změny jsou důležité zejména pro udržení nerušené lokomoce, konkrétně k udržení rovnováhy, která zabraňuje pádu (Strasser et al. 2014). Dále strmost terénu velmi úzce souvisí s tepovou frekvencí psa. Se zvyšující se strmostí se zvyšuje i jeho srdeční frekvence (Bittner et al. pilot study).

### **3.3 Metody monitorování pohybového zatížení psa domácího při aktivitách ve volném terénu**

S ohledem na welfare zvířete je důležité využívat k monitorování zvířete neinvazivní přístroje. Ke sledování pohybové aktivity psa ve volném terénu lze využít detektor srdeční frekvence a Systém globálního určení satelitem. Nejčastěji bývají tyto systémy využívány člověkem, následně s nimi bývají sledování závodní koně a v ojedinělých případech i psi (Bittner et al. pilot study ).

K modelování polohy bývají využívány především geografický informační systém a již výše zmíněný Systém globálního určení satelitem. Ke sledování změny srdeční frekvence během zátěžových testů bývá využíván Systém Polar nebo například elektrokardiogram. Spirometrie a nepřímá kalorimetrie bývají využívány ke sledování nádechových a výdechových objemů plic.

#### **3.3.1 Global Positioning System (GPS)**

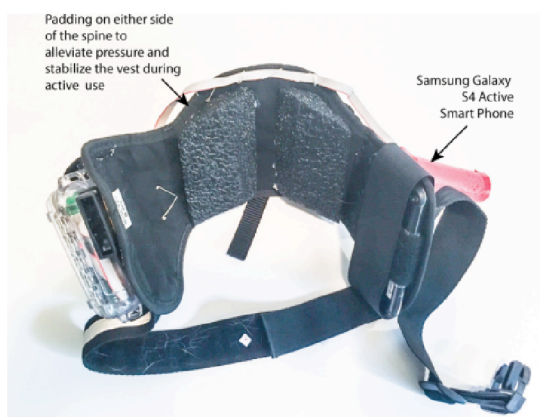
Technologie Global Positioning System, či Systém globálního určení satelitem je široce využívaná ve výzkumu divoké zvěře. Využívá se především ke studiu pohybu zvířat, nebo také ke zjištění využití stanovišť. V poslední době došlo ke značnému rozšíření GPS. Toto zařízení nám umožňuje lépe porozumět pohybu a preferencím stanovišť (Justicia et al. 2018). Díky GPS jsme schopni kvantifikovat vzdálenost, kterou v určitých časových obdobích zvíře urazí (Brosh et al. 2006).

GPS byla vytvořena v 70. a 80. letech 20. století v USA ministerstvem obrany. Systém se skládá ze tří prvků a to ze sítě satelitů, pozemních řídicích stanic a uživatelů obsluhující přijímače. Satelity vysílají signály ve formě elektromagnetických vln. Zařízení GPS přijímá tyto signály a je schopno měřit svou vzdálenost od každého ze satelitů, což znamená, že zařízení zná souřadnice polohy daného subjektu (ať už nás, nebo psa, záleží, co je zrovna sledováno). Toto zařízení GPS pak určí polohu přesným určením souřadnic na mapě integrované do jeho navigačního systému (Nuno Crato 2008).

Ve spojení se zvířaty bývá GPS nejčastěji využíván k průzkumu divoké zvěře (Hampson et al. 2010), k monitorování pohybu hospodářských zvířat (Ungar et al. 2005) a také k měření uběhnuté vzdálenosti u loveckých psů (Alstrom et al. 2006). Taktéž bývá často využíváno u SAR psů. Podle studie od autorů Greatbatch et al. z roku 2015 bylo právě díky GPS zaznamenáno, že psi během vyšetřování urazí průměrnou vzdálenost, která je 2,4 krát

delší než ujdou jejich psovodi. Dále bylo zaznamenáno, že se pohybovali zhruba průměrnou rychlostí lidské chůze.

Jak již bylo zmíněno, GPS poskytuje informace o rychlosti a poloze psa. Zdá se být ideálním nástrojem pro kvantifikaci skutečné pracovní zátěže zvířat používaných k práci, sportu a rekreaci (Munsters et al. 2014). Občas může dojít k přerušení signálu a to především v případě, že přijímač ztratí satelitní kontakt z důvodu neprostupné vegetace, vybitých baterií či náhodného dotyku tlačítka vypnutí (Alstrom et al. 2006).



**Obrázek 1:** Psí služební vesta (převzato ze Zeagler et al. 2016)

Zařízení GPS bývá využíváno například ve psích služebních vestách viz obrázek 1. Tyto vesty zahrnují kapacitní snímač, kterým pes upozorní psovoda, že něco našel. Toto upozornění probíhá tak, že do snímače pes kousne. Dále se na vestě nachází centrální rozbočovač s Bluetooth, který bývá využíván k vysílání tónů zpětné vazby. Aktivuje senzor psovi a taktéž díky němu přijde upozornění psovodovi na jeho mobilní telefon. Mobilní telefon sleduje přesnou GPS polohu psa a odesílá výstrahy z kapacitního senzoru kousnutí do behkendového serveru (Zeagler et al. 2016).

### 3.3.2 Geografický informační systém (GIS)

Od 70. let 20. století se GIS vyvinul ve vyspělou výzkumnou a aplikační oblast zahrnující řadu akademických oborů. Databáze GIS lze použít pro různé účely, od tvorby map až po analýzu tržních oblastí pro umístění produktu a prodejny. Vzhledem k tomu, že geografické informační systémy poskytují schopnost zadávat, upravovat, získávat, analyzovat, mapovat a vizualizovat prostorová data (Church 2002). V loňském roce začal hrát GIS klíčovou roli ať už při mapování oblastí, při aplikaci dalších metod analýzy a zejména při

modelování s cílem snížit čas a úsilí a uvést záchranné týmy správným směrem (Almujalli & Altuwaijri 2023).

Taktéž začíná být velmi významnou součástí při plánování misí (Ferguson 2008). Postup mise bývá obvykle zaznamenává na papírovou mapu. Papírová mapa má ovšem nevýhodu, jelikož je zobrazená pouze v jednom měřítku, tudíž musí být všechny detaily znázorněny na jedné mapě nebo je nutné použít víc map s různými měřítky. Pro srovnání všechny informace mohou být reprezentovány na jedné mapě pomocí GIS, protože takový systém umožňuje kontrolu zobrazených detailů s ohledem na měřítko (Světová zdravotnická organizace 2000).

Velkou výhodou je, že data shromážděná a uložená v GIS pro jeden účel lze snadno zpřístupnit řadě aplikací, včetně modelování polohy a tím sdílet náklady na sběr a ukládání dat. Některé GIS obsahují vložené modely polohy a většina poskytuje příležitost integrovat modely v rámci grafického uživatelského rozhraní založeného na mapách. Vzhledem k tomu, že GIS lze použít k sestavení dat z různých zdrojů zahrnujících různá měřítka a transformace map, což je významnou pomůckou pro lokální analytiku (Church 2002).

Během pátrací akce bývá geografický informační systém využíván k získání terénních prvků a bližších informací o životním prostředí. Díky tomuto systému bývají vypracované pravděpodobnostní mapy, které následně SAR týmy využívají. Díky tomuto systému je zaznamenána například sklonitost terénu (Guoxiang & Maofeng 2010).

### **3.3.3 Elektrokardiogram (EKG)**

Signál EKG v podstatě odpovídá elektrické aktivitě srdce. EKG signál bývá využíván k měření srdeční frekvence, zkoumání rytmu srdečních tepů, k diagnostice srdečních abnormalit nebo k rozpoznávání emocí konkrétně k detekci úrovně stresu (Berkaya et al. 2018). EKG se měří z rozdílu potenciálů mezi elektrodami, které jsou umístěny na kůži zvířete (Ohno et al. 2022). Nejčastěji bývá využíván v oblasti kardiovaskulárních onemocnění (Berkaya et al. 2018).

Srdeční frekvence měřená za pomoci EKG může být použita pro fyziologické měření emočního stavu. Měkké jednorázové elektrody se využívají k měření srdeční frekvence při cvičení pracujících psů. Data odrážející emoce pracujícího psa během cvičení je klíčovou záležitostí pro provádění spolehlivého odhadu a vizualizace emočních stavů pracovního psa. Srdeční frekvence je důležitý biologický signál, který indikuje emoční stav zvířete. K tomuto



měření bývají využívány elektrody, které snižují riziko poranění nárazem do předmětů (Ohno et al. 2022).

Avšak tyto jednorázové elektrody mají i značnou nevýhodu, jelikož jsou nestabilní. Během intenzivního pohybu dochází k odpojení elektrod od těla zvířete. Před jejich využitím je nutné zvíře oholit, aby nedocházelo k těsnému kontaktu s kůží (Ohno et al. 2022).

### **3.3.4 Systém Polar**

Ve studii od autorů Menchetti et al. z roku 2022 byl právě tento systém využit a to především ke sledování změn HR které souvisely se sklonem, rychlostí a délkou trvání pokusu. Bylo zde zařazeno třináct jednotek (jeden pes a jeden psovod) ze skupiny Avalanche SAR Military. Tohoto pokusu se účastili tři feny a osm psů ve věku od tří do devíti let. Co se rasy týká, tak byli využiti čtyři belgičtí ovčáci malinois, pět německých ovčáků, tři border kolie a jedno smíšené plemeno. Jejich tělesná hmotnost byla od 24 do 42 kg. Všechny jednotky byly certifikovány k provádění pátracích a záchranných misí po dobu nejméně jednoho roku.

Experimentální pokus spočíval v provedení vytrvalostního cvičení s časovým limitem jedné hodiny, brzy po vyhledávacím pokusu na navržených a sledovaných vytrvalostních trasách. Vyhledávací zkouška před cvičením spočívala v objevení teplého vonného předmětu pohřbeného pod sněhem v hloubce přibližně jednoho metru v poli, připomínající prostředí pádu laviny o rozměrech 25 x 25 metrů. Maximální doba povolená pro vyhledávání byla 15 minut. Během vytrvalostní aktivity byli psovodi a psi vybaveni systémem Polar (vestavěný GPS, snímač tepové frekvence a měkký elastický pás). Hmotnost zařízení činila 180 gramů, přičemž vzdálenost, nadmořská výška a HR byly zaznamenávány tep po tepu (Menchetti et al. 2022).

Před přiložením elektrod systému Polar byla psům v místě přiložení zastřižena srst a kůže byla očištěna alkoholem. Elektrodotový pás byl umístěn ventrálně a elektrody byly umístěny na obou stranách hrudní kosti. Údaje získané z GPS byly považovány za faktory, které mohou ovlivnit HR (Menchetti et al. 2022).

Informace o nadmořské výšce byly využity ke klasifikaci sklonu na rovinu, stoupání, klesání. Dále zde byla vyhodnocována rychlost ve čtyřech úrovních (0 km/h, 0,1 - 5,4 km/h, 5,5-11,2 km/h a >11 km/h). Dalšími hodnotícími prvky byly časové intervaly vytrvalostní aktivity taktéž ve čtyřech úrovních (0-15 min, 16-30 min, 31-45 min a >46 min), trať (trať A a

B), počet pokusů (první a druhé opakování) a plemeno (německý ovčák, belgický ovčák malinois a border kolie) (Menchetti et al. 2022).

System Polar je velmi obtížně využitelný v přírodě. Kolem hrudníku psa bvá připevněn elektrodový pás, který během prostupu hustníků nedrží na správném místě. Jeho četnější a přesnější využití lze vidět například na běžeckém páse. Tento systém však bývá podle zdroje od autorů von Borell et al. z roku 2007 narozdíl od EKG šetrnější ke zvířatům a podstatně ekonomičtější.

### **3.3.5 Spirometrie**

Spirometrie patří u lidí k jednomu z nejužitečnějších a běžně dostupným vyšetřením plic. Jedná se o fyziologický test, který měří rychlost proudění plynu z čeho, jednotlivé nádechové a výdechové objemy vzduchu. Tato diagnostická metoda informuje, zda plíce plní své základní funkce (Hayes & Kraman 2009).

Cílem testování funkce plic je poskytnout objektivní hodnocení účinnosti dýchacího systému při pohybu vzduchu a výměně plynů. Dynamická měření objemu plic se obvykle měří pomocí spirometru. Spirometr je jednoduchý nástroj, který je kalibrován pro měření objemů. U psů a koček bývají využívány ruční spirometry. Spirometr je schopen přesně měřit dechový objem a minutovou ventilaci plic. Bývá připojen k vzduchotěsné obličejové masce nebo k endotracheální trubici (Rozanski & Hoffman).

Spirometrie patří mezi nákladnější metody přístrojového monitoringu. Její značnou nevýhodou je omezené využití. Toto vyšetření lze provádět pouze v laboratoři.

### **3.3.6 Nepřímá kalorimetrie (IC)**

Podle studie od autorů Haugen et al. z roku 2007 probíhá měření energetického výdeje za pomoci nepřímé kalorimetrie. Výdej energie se se určuje za specifických podmínek, konkrétně měřením dýchacích plynů. Měření se týká spotřebovaného kyslíku a produkovaného oxidu uhličitého. Nepřímá kalorimetrie je definována jako množství tepelné energie využívané tělem pro každodenní fungování. IC lze rozdělit do třech hlavních složek: energie potřebná k udržení základní buněčné metabolické aktivity těla a orgánových funkcí, energie použitá během metabolismu substrátu a energie využívaná při fyzické aktivitě. Energie pochází z chemické energie, která se uvolňuje ze živin oxidací potravinových substrátů. Živiny na bázi uhlíku se přeměňují na oxid uhličitý, vodu a teplo v přítomnosti kyslíku. IC posuzuje množství tepla generovaného nepřímo podle množství a vzoru použitých

substrátu a produkce vedlejších produktů. Konkrétně lze energetický výdej vypočítat měřením množství kyslíku použitého v těle a uvolněného oxidu uhličitého (chemická reakce 1).



Množství použitého kyslíku se nazývá spotřeba kyslíku ( $VO_2$ ). Množství plynného oxidu uhličitého produkovaného buňkami se nazývá produkce oxidu uhličitého ( $VCO_2$ ). Výpočet  $VO_2$  a  $VCO_2$  lze provést za pomoci Fickova principu, který nám říká, že rozdíl mezi množstvím kyslíku, který odečte za jednu minutu z plic v arteriální krvi  $QO_2(\text{art})$ , a množstvím, které přiteče ve venózní krvi  $QO_2(\text{ven})$  se rovná množství  $O_2$ , které se za jednu minutu spotřebuje z dýchaného vzduchu  $QO_2(\text{air})$ . Vyjádřeno rovnicí (7):

$$QO_2(\text{art}) - QO_2(\text{ven}) = QO_2(\text{air}) \quad (7)$$

Vzorec pro srdeční výdej (SV) vyjádřen rovnicí (8):

$$SV = QO_2(\text{air}) / (CO_2(\text{art}) - CO_2(\text{ven})) \quad (8)$$

Jelikož u psa zatím nebyla nepřímá kalorimetrie hlouběji zkoumána, tak je nutné využít vzorec, který je platný pro člověka. Tato metoda je taktéž laboratorního charakteru, tudíž ji nelze provádět během terénní akce. Na rozdíl od spirometrie lze alespoň na odhadnout energetické zatížení organismu.

## 4 Metodika

Metodika byla vypracována podle článku Novák et al. z roku 2022. Experimentální postupy byly v souladu s předpisy Českého ústředního výboru pro ochranu zvířat (číslo povolení 63479/2016-MZE-17214). Datové sady obsahující informace o pohybové aktivitě psa domácího ve volném terénu byly získány v rámci projektu PÁTRAČ (MVČR VI20172020088) realizovaného na FAPPZ ČZU v letech 2015 - 2022.

### 4.1 Charakteristika výzkumného souboru

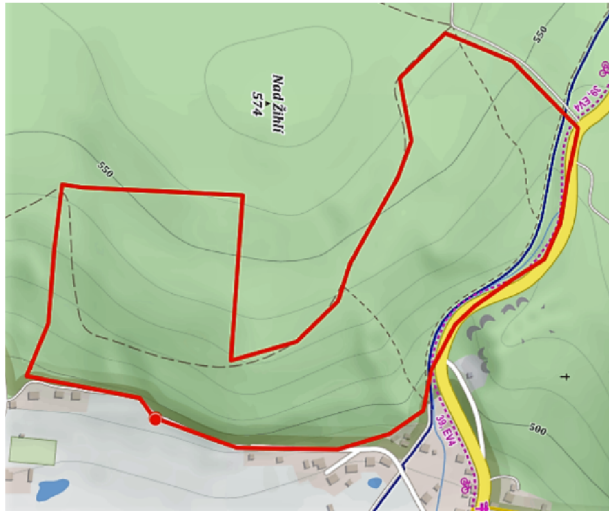
Studie se zúčastnilo 54 SAR psů, konkrétně 46 psů a 8 fen. Jednalo se o rasy ovčáckých plemen, konkrétně německý ovčák, belgický ovčák malinois, australský ovčák, border kolie a kříženec německý ovčák/belgický ovčák malinois. Věk psů se pohyboval v rozmezí od 2,1 do 10,4 let, s průměrem 5,5 roku. Z 54 psů bylo 45 certifikovaných v práci SAR.

V dané relaci v konkrétní lokalitě působilo paralelně 9 týmů SAR. Každý SAR tým se vyskytoval ve svém sektoru. V základně SAR týmy začínaly a končily své vyhledávací relace. Pro simulaci skutečného pátrání byli v této studii využiti dobrovolníci. Tito dobrovolníci zastupovali pohřešované osoby. Dobrovolníci byli odvedeni do jejich příslušných sektorů před každým pátracím sezením. Manipulátoři neměli informaci zda a případně kolik dobrovolníků se v sektoru vyskytuje. SAR týmy měly dva úkoly: (i) hledat pohřešované osoby zastoupené dobrovolníky a (ii) během pátrání pokrývat rovnoměrně terénní sektory.

### 4.2 Charakteristika sběru dat

Tato studie byla prováděna od září 2017 do května 2019. Konkrétně proběhlo pět terénních akcí na pěti různých místech v České republice. Jednalo se o lokality s různou náročností terénu (viz obrázek číslo 2) . V každé lokalitě byly provedeny jedno nebo dvě celodenní pozemní průzkumné relace. Každá relace byla rozdělena do 9 polních sektorů, které pokrývaly přibližně 20 hektarů. Každý SAR tým se zúčastnil pouze jedné terénní akce v rámci jednoho celodenního průzkumu. Týmy SAR podílející se na této studii se skládaly z Policie ČR, Horské služby ČR, Hasičského záchranného sboru ČR a dobrovolných kynologických sborů. Sklon terénu byl posuzován s odkazem na Český geodetický a katastrální úřad a následně byla data sklonu přiřazena ke každému místu vyhledávání pomocí

softwaru ArcGIS 10.4. Vegetační pokryv byl rozdělen do tří kategorií: (1) snadno proniknutelný, (2) středně prostupný a (3) obtížně prostupný.



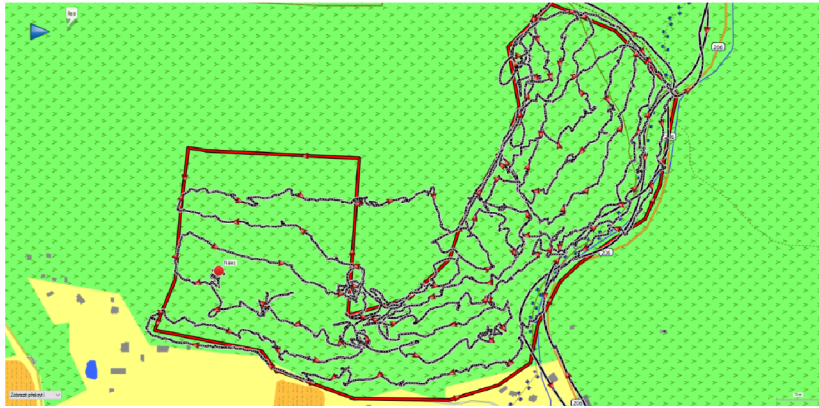
**Obrázek 2:** plocha, na které probíhala pátrací akce

Každá relace probíhala podle jednotného plánu. Cílem bylo co nejvěrněji simulovat opakující se operace skutečného pozemního vyhledávání SAR. Každý SAR tým provedl tři po sobě jdoucí pátrací operace se třemi různými polními sektory. Pokud to bylo možné, tak bylo vše provedené během jednoho dne. Mezi druhou a třetí pátrací akcí následovala hodinová přestávka.

Stupeň sklonu terénu a propustnost má zásadní vliv na vertikální rychlost během vzestupu, času vyhledávání a účinnosti. Sklon terénu byl rozdělen do třech kategorií. Sklonitost terénu 1 označuje sklon od  $0^\circ$  do  $5^\circ$ , sklonitost terénu 2 a 3 označuje sklon od  $5^\circ$  do  $15^\circ$ , sklon 4 a 5 označuje sklon od  $15^\circ$  do  $25^\circ$ . Propustnost terénu byla taktéž rozdělena do třech kategorií. Prostupnost 1 značí snadno proniknutelný terén, prostupnost 2 značí středně prostupný terén a prostupnost 3 značí obtížně prostupný terén.

### 4.3 Experimentální metody

Průběžně byla monitorována pohybová aktivita psů za pomoci GPS, konkrétně přijímačů Garmin Astro 230. Garmin Astro 230 byly použity k monitorování pohybové aktivity. Následně byly data zpracována pomocí Garmin BaseCamp software. Psovod byl vybaven GPS přijímačem a pes GPS obojkem. Obojky zaznamenávaly polohu psa v jedno sekundových intervalech.



**Obrázek 3:** vizualizace pohybových trajektorií psa

U každého psa bylo získáno desítky až tisíce polohových bodů viz obrázek číslo 3. GPS systém poskytl informace o: uběhnuté vzdálenosti, o času, za který byla vzdálenost překonána; o rychlosti a azimutu. Pro každý GPS bod bylo také známo datum a čas uložení souřadnice a okolní teplota.

#### 4.4 Statistická analýza dat

V rámci této studie byly monitorovány následující ukazatele pohybového zatížení psů.

Extenzivní deskriptory pohybové zátěže (objem pohybového zatížení):

- $t$  (min/ha) Celkový čas pohybu vztažený na jeden hektar propátrané plochy
- $t_s$  (min/ha) Celkový čas pohybu během stoupání vztažený na jeden hektar propátrané plochy
- $t_k$  (min/ha) Celkový čas pohybu během klesání vztažený na jeden hektar propátrané plochy

Intenzivní deskriptory pohybové zátěže (intenzita pohybového zatížení):

- $v_h$  (km/h) Medián horizontální rychlosti pohybu
- $vv_s$  (m/s) Medián vertikální výstupové rychlosti pohybu
- $vv_k$  (m/s) Medián vertikální sestupové rychlosti pohybu
- $v_h^2$  (m/s)<sup>2</sup> Medián druhé mocniny horizontální rychlosti pohybu

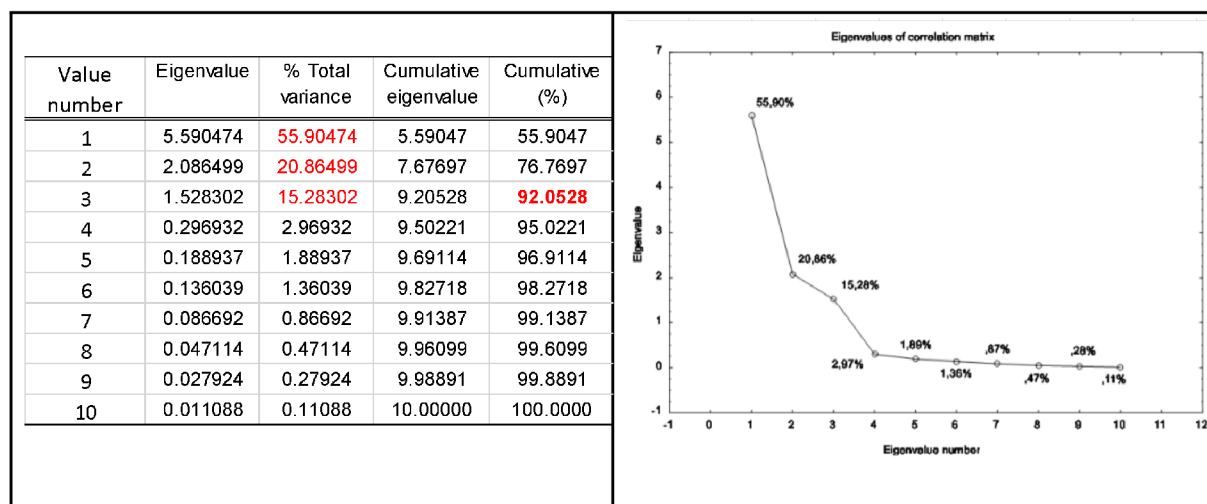
Příslušné míry pohybového zatížení pak jsou:

- $s$  (km/ha) Celková dráha pohybu vztažená na jeden hektar propátrané plochy
- $h_s$  (m/ha) Celkové nastoupané metry při pohybu vztažené na jeden hektar propátrané plochy
- $h_k$  (m/ha) Celkové sestoupané metry při pohybu vztažené na jeden hektar propátrané plochy

## 5 Výsledky

První část statistických analýz je věnována problematice možné redukce původního, námi vybraného počtu deseti deskriptorů pohybového zatížení. Za tímto účelem byla provedena PCA faktorová analýza.

**Tabulka 1:** PCA faktorová analýza.



**Legenda:** Eigenvalue – vlastní číslo korelační matice, % Total Variance. – Procento celkového rozptylu, Cumulative eigenvalue.. – Kumulativní vlastní čísla, Cumulative (%) – Kumulativní procento celkového rozptylu.

Z výsledků v tab. 1 vyplývá, že tři zobecněné faktory vysvětlují 92% celkového rozptylu. Rotace faktorů nepřináší žádný efekt. Přehled faktorových zátěží, viz tab. 2, dává těmto faktorům poměrně jasný fyzikální význam. První sdružený faktor odpovídá sjednocení extenzivních ukazatelů pohybové zátěže a celkových měř pohybového zatížení. Druhý faktor sdružuje ukazatele intenzity horizontálního pohybu. Třetí faktor představuje intenzitu vertikálního pohybu, tedy medián výstupové a sestupové rychlosti.

**Tabulka 2:** Přehled faktorových zátěží.

	Factor of extensive variables and measures	Factor of intensive variables - horizontal movement	Factor of intensive variables - vertical movement	Factor 4	Factor 5	Factor 6	Factor 7	Factor 8	Factor 9	Fact. 10
v_h (km/h)	-0.03	<b>-0.94</b>	-0.19	-0.14	0.04	0.20	-0.12	0.03	0.01	0.00
w_s (m/s)	-0.53	-0.14	<b>0.78</b>	-0.17	-0.18	-0.12	-0.12	0.00	0.00	0.00
w_k (m/s)	-0.63	-0.15	<b>0.66</b>	0.30	0.22	0.06	-0.02	-0.02	0.02	0.00
v_h^2 (m/s)^2	-0.21	<b>-0.94</b>	-0.09	-0.01	0.06	-0.18	0.10	-0.06	-0.05	-0.01
t (min/ha)	<b>-0.81</b>	0.37	-0.20	-0.27	0.29	-0.09	-0.05	0.02	0.00	0.01
t_s (min/ha)	<b>-0.84</b>	0.15	-0.43	0.23	-0.07	-0.04	-0.15	0.00	-0.09	0.01
t_k (min/ha)	<b>-0.94</b>	0.15	-0.23	-0.07	-0.08	0.07	0.01	-0.15	0.04	-0.04
s (km/ha)	<b>-0.86</b>	-0.28	-0.36	0.12	-0.08	-0.09	0.02	0.06	0.11	0.03
h_s (m/ha)	<b>-0.98</b>	0.03	0.11	-0.04	-0.05	0.05	0.09	0.12	-0.03	-0.06
h_k (m/ha)	<b>-0.97</b>	0.04	0.14	-0.08	-0.05	0.13	0.12	-0.02	-0.04	0.07

**Legenda:**

- v\_h [km/h] - Medián horizontální rychlosti pohybu
- vv\_s (m/s) - Medián vertikální výstupové rychlosti pohybu
- vv\_k (m/s) - Medián vertikální sestupové rychlosti pohybu
- v\_h^2 (m/s)^2 - Medián druhé mocniny horizontální rychlosti pohybu
- t (min/ha) - Celkový čas pohybu vztažený na jeden hektar propátrané plochy
- t\_s (min/ha) - Celkový čas pohybu během stoupaní vztažený na jeden hektar propátrané plochy
- t\_k (min/ha) - Celkový čas pohybu během klesání vztažený na jeden hektar propátrané plochy
- s (km/ha) - Celková dráha pohybu vztažená na jeden hektar propátrané plochy
- h\_s (m/ha) - Celkové nastoupené metry při pohybu vztažené na jeden hektar propátrané plochy
- h\_k (m/ha) - Celkové sestoupané metry při pohybu vztažené na jeden hektar propátrané plochy
- Factor of extensive variables and measures - Faktor Objemu a míry pohybového zatížení
- Factor of intensive variables - horizontal movement - Faktor Intenzity horizontálního pohybu
- Factor of intensive variables - vertical movement - Faktor Intenzity vertikálního pohybu

Tato zjištění dobře korespondují s úvahami z kap. 3.2.1 a umožňují učinit následující závěr. V rámci monitorování míry pohybového zatížení je možné se zaměřit pouze na tři nové latentní proměnné: **Objem** pohybového zatížení (Factor of extensive variables), **Intenzita horizontálního pohybu** (Factor of intensive variables - horizontal movement) a **Intenzita vertikálního pohybu** (Factor of intensive variables - vertical movement). Tento poznatek je zásadní pro další úvahy o variabilitě celkového pohybového zatížení psa během pátracích akcí.

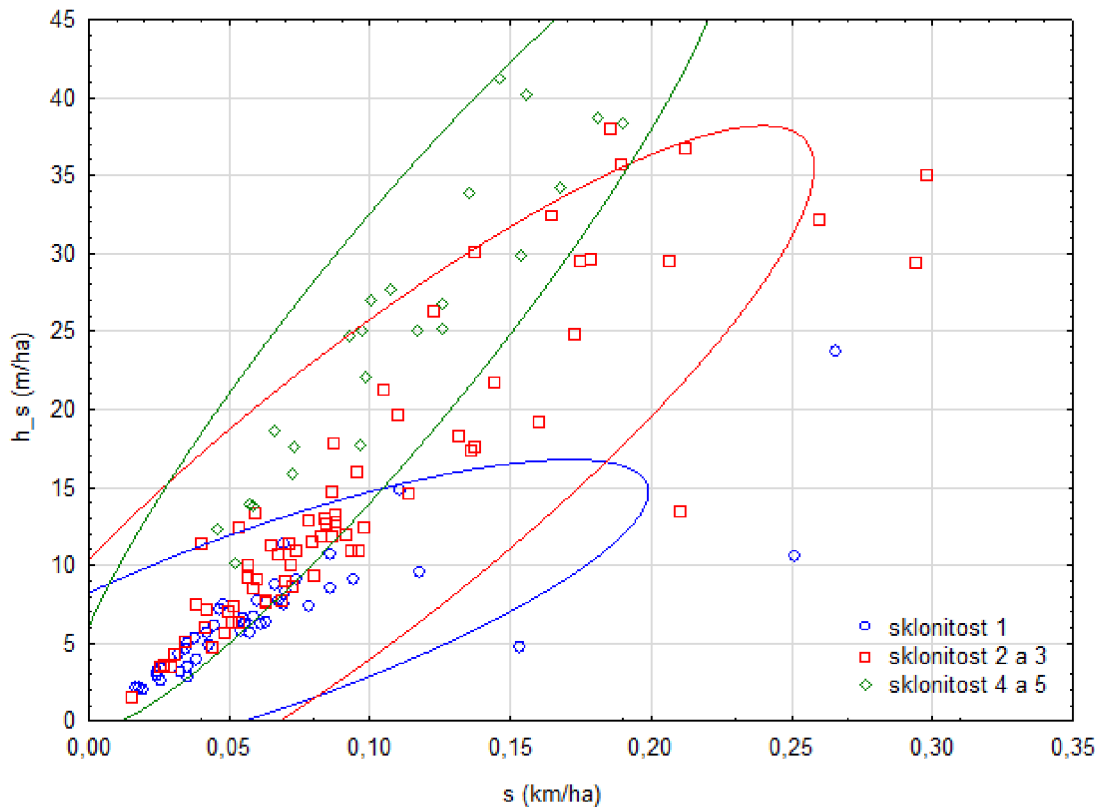
Z výše uvedeného vyplývá, že celkovou míru pohybového zatížení budou tvořit dvě nezávislé komponenty. Bude se jednat o kombinaci celkové dráhy pohybu vztažené na jeden



hektar propátrané plochy ( $s$  [km/ha]) a celkové nastoupané metry při pohybu vztažené na jeden hektar propátrané plochy ( $h_s$  [m/ha]). Dvě je nutné volit, protože máme dvě nezávislé komponenty intenzity pohybu a to složku horizontální a vertikální.

V další části vyhodnocení získaných dat se zaměříme na vyhodnocení celkové míry pohybového zatížení a na faktory, které tuto míru ovlivňují. Vzhledem k nezávislosti  $s$  [km/ha] a  $h_s$  [m/ha] byla celková míra pohybového zatížení vyhodnocena s využitím 95% konfidenčních elips. Výsledky jsou zpracovány v obr. 4-7. Z nich vyplývají následující poznatky.

Z obrázku číslo 4 vyplývá, že sklonitost terénu bude významným faktorem, který pohybové zatížení psa ovlivňuje. Při pohledu na konfidenční elipsy je jasně patrné, v terénu s malým až nulovým sklonem psi logicky nastoupají malé množství výškových metrů. Je zřejmé, že převládá horizontální komponenta pohybového zatížení. S rostoucím sklonem svahu začne vertikální komponenta nabývat na významu, sklon elipsy se zvětšuje. Současně je dobře vidět, že v převážně rovinném terénu je celkový rozptyl pohybového zatížení psů menší než v terénu svažitém (plocha modré elipsy je menší než zbývajících dvou). To může souviset zejména se strategií, s jakou se pátrací týmy ve svažitém terénu pohybují. Zda volí spíše pohyb po vrstevnicích nebo vrstevnicový kolmo na ně. Taktéž se lze domnívat, že v terénu o nízkém sklonu bude celkové pohybové zatížení nižší než v terénu svažitém (modrá elipsa má geometrický střed blíže počátku soustavy souřadnic než elipsy jiné barvy).

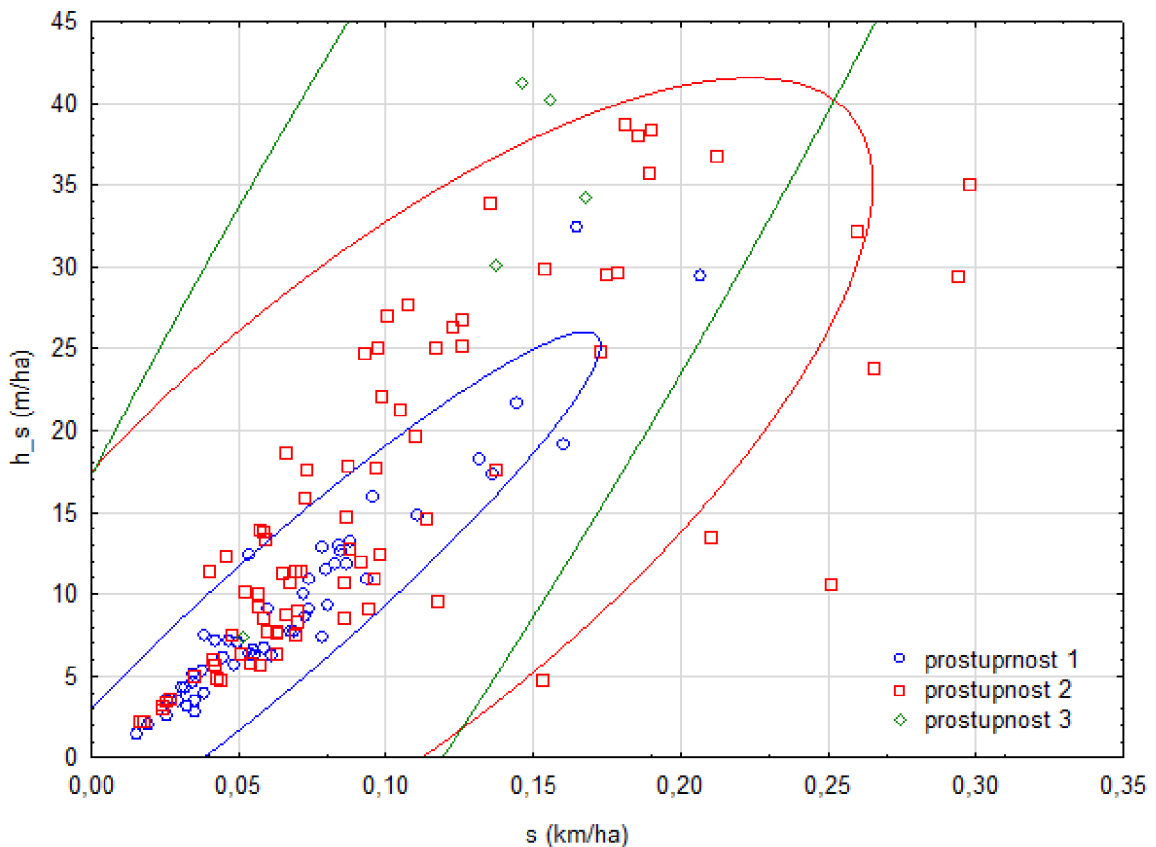


**Obrázek 4:** Graf celkové míry pohybového zatížení (dráha a převýšení) v závislosti na sklonitosti terénu

**Legenda:**

- $h_s$  [m/ha] - celkové nastoupené metry při pohybu vztahované na jeden hektar propátrané plochy
- $s$  (km/ha) - celková dráha pohybu vztahovaná na jeden hektar propátrané plochy
- sklonitost 1 - sklon  $0 - 5^\circ$
- sklonitost 2 - sklon  $5 - 15^\circ$
- sklonitost 3 - sklon  $15 - 25^\circ$

Vliv prostupnosti terénu na celkové pohybové zatížení je zpracováno v obr. č. 5. Je zřejmé, že variabilita celkové míry pohybového zatížení bude u málo prostupných ploch nižší, než u ploch se špatnou prostupností. Opět bude záležet na volbě strategie propátrávání takového terénu. Současně je patrné, že tato strategie bude mít vliv i na celkovou míru pohybového zatížení. Čím dále od počátku souřadné se bod v grafu nachází, tím větší pohybové zatížení bude.

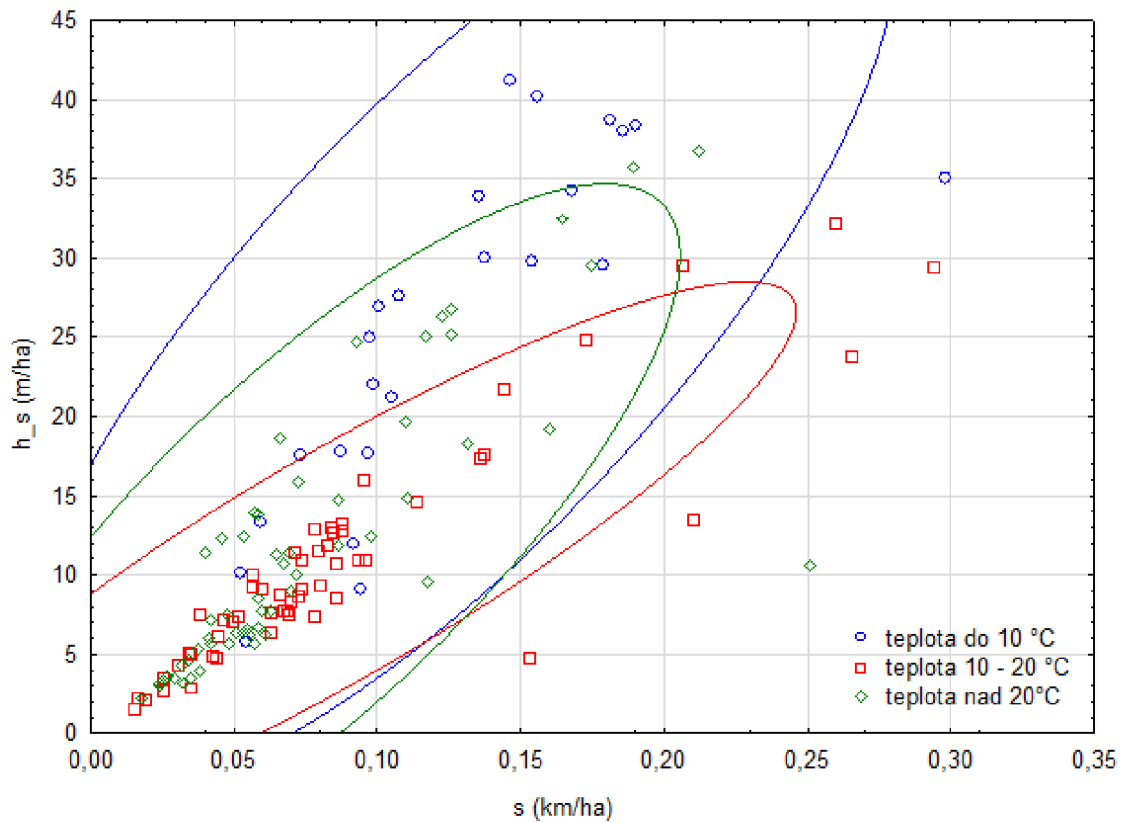


**Obrázek 5:** Graf prostupnosti terénu (dráha a převýšení) v závislosti na prostupnosti terémem

**Legenda:**

- $h_s$  [m/ha] - celkové nastoupené metry při pohybu vztahované na jeden hektar propátrané plochy
- $s$  (km/ha) - celková dráha pohybu vztahovaná na jeden hektar propátrané plochy
- Prostupnost 1 - snadno proniknutelný terén
- prostupnost 2 - středně prostupný terén
- prostupnost 3 - obtížně prostupný terén.

Nejednoznačné výsledky dostaneme při posuzování vlivu teploty ovzduší na pohybovou aktivitu psů během pátrací akce. Z obr. č. 6. Vyplývá, že teplota nad 10 °C nemá na míru pohybového zatížení psa zásadní vliv. Zdá se, že nízké teploty pod 10 °C však zvyšují její rozptyl. Na tomto místě je nutné podotknout, že převážné množství dat s nízkými teplotami ovzduší byla shromážděna při cvičeních odehrávajících se v Krkonoších, kde z podstaty převládá vyšší sklonitost terénu. Proto se spíše přikláníme k tvrzení, že teplota ovzduší zásadně neovlivňuje celkovou míru pohybové aktivity psa při pátracích akcích. Pozor neznamená to, že není ovlivněna celková zátěž organismu. Lze předpokládat, že pátrání při nízkých a naopak vysokých teplotách ovzduší bude pro psa více zatěžující.

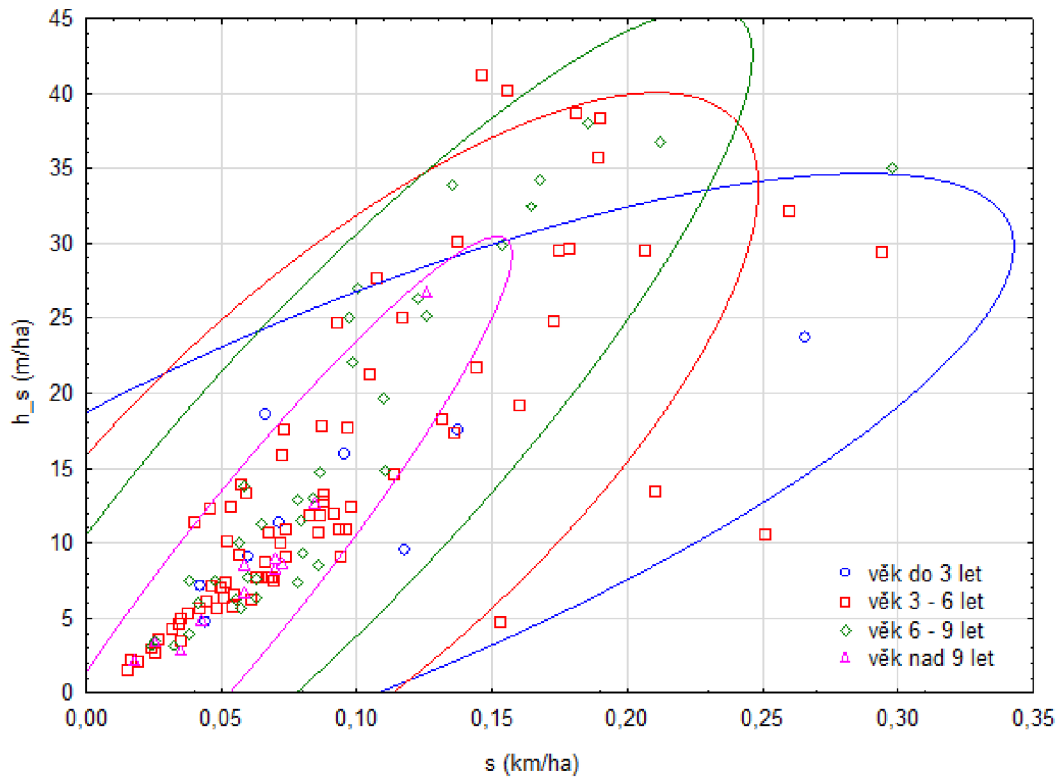


**Obrázek 6:** Graf celkové míry pohybového zatížení (dráha a převýšení) v závislosti na teplotě ovzduší

**Legenda:**

- $h_s$  [m/ha] - celkové nastoupené metry při pohybu vztažené na jeden hektar propátrané plochy
- $s$  (km/ha) - celková dráha pohybu vztažená na jeden hektar propátrané plochy

Posledním faktorem, který jsme v rámci naší studie posuzovali, byl věk psa. Z obr. č. 7 celkem jasně vyplývá, že mladší psi vykazují vyšší variabilitu v celkovém pohybovém zatížení, než psi staršího věku. Dále je patrné, že psi nad 9 let během pátrací akce absolvují nižší celkové pohybové zatížení, než psi mladšího věku (urazí menší dráhu a nastoupají nižší počet metrů).



**Obrázek 7:** Graf celkové míry pohybového zatížení (dráha a převýšení) v závislosti na věku psa

**Legenda:**  $h_s$  [m/ha] - celkové nastoupené metry při pohybu vztažené na jeden hektar propátrané plochy

-  $s$  (km/ha) - celková dráha pohybu vztažená na jeden hektar propátrané plochy

## 6 Diskuze

Hlavním cílem této diplomové práce bylo analyzovat možnosti stanovení pohybového zatížení psa domácího při aktivitách ve volném terénu. Nejdříve byla provedena literární rešerše, díky které jsme zavrhlí měření tepů a dechu psa, jelikož nejsou ve volném terénu přesně měřitelné. Proto jsme se rozhodli měřit pohybové zatížení psa za pomoci GPS. Ve studii byly analyzovány rozmanité ukazatele pohybového zatížení záchranářských psů, které byly monitorovány během simulovaných pátracích akcí. Tyto ukazatele zahrnují extenzivní deskriptory pohybového zatížení, jako je celkový čas pohybu vztážený na plochu a intenzivní deskriptory, jako medián horizontální a vertikální rychlosti pohybu. Statistické zpracování dat bylo provedeno pomocí PCA faktorové analýzy, která umožnila redukci původních deseti deskriptorů pohybového zatížení na tři zobecněné faktory, konkrétně na objem pohybového zatížení, intenzitu horizontálního pohybu a intenzitu vertikálního pohybu. Z nich pak lze stanovit míru pohybového zatížení při vertikálním a horizontálním pohybu. Celková míra pohybového zatížení je tvořena těmito dvěma nezávislými komponentami. Tato míra celkového pohybového zatížení je závislá na sklonitosti terénu, prostupnosti terénu. Vliv teploty ovzduší je neprůkazný. Mladší psi vykazují vyšší variabilitu v pohybovém zatížení než psi staršího věku.

GPS je nejpoužívanějším systémem monitoringu aktuální polohy, jeho využití se vyskytuje i v dalších studiích například ve studiích od autorů Greatbatch et al. (2015), Zeagler et al. (2016). V naší studii byl využit přijímač Garmin Astro 230. Psovod byl vybaven GPS přijímačem a pes GPS obojkem. Obojky zaznamenávaly polohu psa v jedno sekundových intervalech. Ve studii od Zeagler et. (2016) byla využita pracovní přenosná počítačová vesta, která obsahuje i senzor, který psi spouští prostřednictvím kousnutí. Tímto senzorem pes upozorní svého psovoda, že našel něco důležitého.

Co se týká sklonitosti, tak v terénu s nízkým sklonem bude celkové pohybové zatížení nižší než v terénu svažitém. Podle studie od autorů Strasser et al. (2014) vyplývá, že ve svažitém terénu psi využívají vertikální pohyb. Vertikální pohyb je fyzicky náročnější, jelikož při chůzi napříč svahem dochází k velkým úpravám pozemní reakční síly. Tyto změny jsou důležité zejména pro udržení nerušené lokomoce, konkrétně k udržení rovnováhy, která zabraňuje pádu psa. V důsledku tohoto faktu mají psi vysoké nároky na energii. Chůze přes svah vyžaduje funkční muskuloskeletální adaptace. Je nutné, aby psi přizpůsobili svůj způsob chůze. Zejména je nutné přizpůsobit délku kroku, aby kompenzovali nesrovnalosti zdánlivé délce nohou způsobené příčným sklonem. Podle autorů Driscoll et al. (2007) vysoké

metabolické rozsahy u psů jsou pravděpodobně jedním z atributů, které upřednostňují jejich domestikaci jako pracovních zvířat v extrémních podmínkách prostředí a v běhu na dlouhé vzdálenosti. Vysoké aerobní schopnosti se pravděpodobně vyvinuly jako součást běžných loveckých strategií psů, které vyžadují, aby běhali po dlouhou dobu, aby vyčerpali svou kořist. To je v kontrastu s lovem kočkovitých šelem, které nikdy nezdomácněly jako pracovní zvířata, ale byly domestikovány v různých kontextech.

U prostupnosti terénu je zřejmé, že variabilita celkové míry pohybového zatížení bude u málo prostupných ploch nižší, než u ploch se špatnou prostupností. Významným vlivem během prostupnosti terénem je strategie propátrávání. Bohužel zatím neexistuje žádná jiná studie, která by dokázala odhalit víc ohledně pohybového zatížení psa v závislosti s prostupností terénu. K dispozici jsou pouze studie, týkající se vlivu vegetace na vyhledání - například od autorů del Valle et al. (2020). Studie od autorů Wilshin et al. (2019) hodnotí variabilitu chůze napříč různými terény. Tato tematika je dost individuální, jelikož někteří psi měli vyšší variabilitu na svažitém terénu než na plochem a jiní na plochem spíše než na hrubém terénu.

Dále z naší práce vyplynuly nejednoznačné výsledky týkající se vlivu teploty ovzduší na pohybovou aktivitu psů během pátrací akce. Velké množství dat s nízkými teplotami ovzduší bylo shromážděno při cvičeních odehrávajících se v Krkonoších, kde z převládá vyšší sklonitost terénu. Proto se spíše přikláníme k tvrzení, že teplota ovzduší zásadně neovlivňuje celkovou míru pohybové aktivity psa při pátracích akcích. Neznamena to, že není ovlivněna celková zátěž organismu. Lze předpokládat, že pátrání při nízkých a naopak vysokých teplotách ovzduší bude pro psa více zatěžující. Tuto naši domněnku nám potvrzují i další studie. Studie od autorů Robbins et al. (2009) říká, že se zvyšující se okolní teplotou se snižuje vytrvalost pracovního psa. Dochází tomu v důsledku omezených termoregulačních schopností psa. Následný tepelný stres může vést k fyziologickým problémům, případně až k úmrtí psa. Podle autorů Smith et al. (2013) vedou vyšší okolní teploty ovzduší vedou k nadměrnému dýchání a rychlejší únavě. Nízké teploty ovzduší podle studie od autorů Schneider & Slotta-Bachmayr (2009) taktéž negativně ovlivňují výkonnost psa. Je to především v důsledku zvyšující se tepelné ztráty, která následně přispívá k vyšší fyzické zátěži.

Co se týká věku, tak jsme zjistili, že psi nad 9 let během pátrací akce absolvují nižší celkové pohybové zatížení, než psi mladšího věku. Nejspíš na základě zkušeností urazí menší dráhu a nastoupají nižší počet metrů. Podle studie od autora Kumar (2022) trvá plný výcvik těchto psů většinou něco okolo dvanácti měsíců, přičemž dobrým pracovním psem se pes

stává zhruba okolo druhého roku života. Nejčastěji záchranářští psi bývají ve službě do deseti let věku. Z toho vyplývá, že nižší celkové pohybové zatížení mají psi až ke konci jejich pracovního života. Ve studii od autora Greatbatch et al. (2015) neměl věk psa během pátrací akce žádný vliv na pohybové zatížení psa.

Všeobecně je málo literatury, týkající se pohybového zatížení psa v závislosti na přírodních podmínkách. Myslím si, že by bylo zajímavé zjistit, jakým způsobem pracuje pátrací tým - psovod a pes s povětrnostními podmínkami. Víme, že psovod do značné míry ovlivňuje, jakým způsobem nechá psa pátrat, zda půjde například kolmo na vítr, nebo kolmo na vrstevnice a podobně.



## 7 Závěr

V první části studie jsme se pokoušeli najít odpověď na první výzkumnou otázku: *“Jakým způsobem lze vhodně stanovit pohybové zatížení psa domácího při aktivitách ve volném terénu?”* Na základě literární rešerše jsme došli k závěru, že k monitorování míry pohybového zatížení bylo nejvhodnější využití GPS systému. Na základě analýzy rozmanitých ukazatelů jsme došli k závěru, že využijeme extenzivní deskriptory pohybové zátěže, jako je celkový čas pohybu vztažený na plochu a intenzivní deskriptory, jako medián horizontální a vertikální rychlosti pohybu. Statistické zpracování dat bylo provedeno pomocí PCA faktorové analýzy, která umožnila redukci původních deseti deskriptorů pohybového zatížení na tři zobecněné faktory, konkrétně na objem pohybového zatížení reprezentovaného celkovým časem pohybové aktivity, dále intenzitu horizontálního pohybu a intenzitu vertikálního pohybu reprezentované příslušnými rychlostmi v daných směrech. Celkovou míru pohybového zatížení pak tvoří dvě nezávislé komponenty a to celková uražená dráha a celkový počet nastoupaných výškových metrů. Pro další analýzy doporučujeme oba ukazatele vztáhnout na hektar propátrané plochy.

V druhé části studie jsme se pokoušeli najít odpověď na druhou výzkumnou otázku: *Jaké faktory (reliéf povrchu, vegetační kryt, povětrnostní podmínky atd.) a jakým způsobem ovlivňují pohybové zatížení psa domácího při aktivitách ve volném terénu?* Domníváme se, že různé faktory prostředí a vlastností psů mají vliv na celkovou míru pohybového zatížení. Mezi analyzované faktory patřily: sklon terénu, prostupnost terénu, teplota ovzduší a věk psa. Z výsledků vyplývá, že sklon terénu a prostupnost terénu mají významný vliv na pohybové zatížení psů. U terénu s nízkým sklonem bude celkové pohybové zatížení nižší než v terénu svažitém. U prostupnosti terénu je zřejmé, že variabilita celkové míry pohybového zatížení bude u málo prostupných ploch nižší, než u ploch se špatnou prostupností. Vliv teploty ovzduší je podle naší studie neprůkazný. Podle naší studie mladší psi vykazují vyšší variabilitu v pohybovém zatížení než psi staršího věku.

Domníváme se, že výše uvedené poznatky jsou klíčové pro pochopení faktorů ovlivňujících pohybové zatížení záchranářských psů a mohou sloužit k optimalizaci tréninkových programů a strategií nasazení psů při pátracích operacích. Myslíme si, že by dále bylo zajímavé zjistit, jakým způsobem pracuje pátrací tým - psůvůd a pes s povětrnostními podmínkami.

## 8 Literatura

1. Aerts JM, Gebruers F, Van Camp E, Berckmans D. 2008. Controlling horse heart rate as a basis for training improvement. *Computers and Electronics in agriculture*. **64**:78-84
2. Ahlstrom O, Skrede A, Speakman J et al. 2006. Energy Expenditure and Water Turnover in Hunting Dogs: A Pilot Study. *The WALTHAM International Nutritional Science Symposia*. **136**:2063-2065
3. Al Mujalli SF, Altuwaijri AH. 2023. Wilderness Search and Rescue: Adopting a New Approach for Finding Missing People Using GIS Techniques in Saudi Arabia. *Research Square*. **1**:1-14
4. Amador C, Weber C, Varacallo M. 2019. Anatomy, Thorax, Bronchial. *StatPearls Publishing*. PMID: 30726038
5. Andersen JL, Schjerling P, Saltin B. 2000. Muscle, genes, and athletic performance. *Scientific American*. **3**:48-55
6. Angle CT, Wakshlag JJ, Gillette LR, Stokol T, Geske S, Adkins OT, Gregor C. 2009. Hematologic, serum biochemical, and cortisol changes associated with anticipation of exercise and short duration high-intensity exercise in sled dogs. *Veterinary Clinical Pathology*. **38**:370-374
7. Angle TC, Gillette RL, Weimar WH. 2012. Kinematic analysis of maximal movement initiation in Greyhounds. *Australian Veterinary Journal*. **90**:60-68.  
DOI: 10.1111/j.1751-0813.2011.00892.x
8. Arnold S, Ohno K, Hamada R. 2018. An image recognition system aimed at search activities using cyber search and rescue dogs. *Wiley*. **36**:677-695. DOI: 10.1002/rob.21848
9. Arokoski J, Miettinen VAP, Säämänen MA, Haapanen K, Parviainen M, Tammi M, Helminen JH. 1993. Effects of aerobic long distance running training (up to 40km/day) of 1-year duration on blood and endocrine parameters of female beagle dog. *European Journal of Applied Physiology*. **67**:321-329
10. Baker MA, Hawkins MJ, Radek RD. 1982. Thermoregulatory influences on common carotid blood flow in the dog. *Journal of Applied Physiology*. **52**:1138-1146
11. Baltzer WI, Firshman MA, Stang B, Warnock JJ, Gorman E, McKenzie CE . 2012. The effect of agility exercise on eicosanoid excretion, oxidant status, and plasma lactate in dogs. *BMC Veterinary Research*. **8**:249. DOI: 10.1186/1746-6148-8-249

12. Barclay JC. 2015. Energetics of Contraction. *Comprehensive Physiology*. **5**:961-985
13. Beerda B, Schilder BM, Bernadina W, van Hooff JA, de Vries HW, Mol JA. 1999. Chronic stress in dogs subjected to social and spatial restriction. II. Hormonal and immunological responses. *Physiology & Behavior*. **66**:243-254
14. Beerda B, Schilder HBM, van Hooff MARAJ, de Vries WH, Mol AJ. 1998. Behavioral, saliva cortisol and heart rate responses to different types of stimuli in dogs. *Applied Animal Behaviour Science*. **58**:365-381  
DOI:10.1016/S0168-1591(97-00145-7.
15. Berkaya KS, Uysal KA, Gunal SE, Ergin S, Gunal S, Gulmezoglu BM. 2018. A survey on ECG analysis. *Elsevier*. **43**:216-235
16. Bittner V, Palacká A, Svobodová I, Rydval A, Končel R. Possibilities of a heart rate monitoring of the dog (*canis familiaris*) in behavioral Physiology - a pilot study. Supported by grant of the Ministry of Interior of the Czech Republic: MVCR VF20112014012 and VG20132015133
17. Blythe LL, Gannon JR, Craig AM, Fegan DP. 2007. Care of the Racing and Retired Greyhound. *American Greyhound Council:Abilene*. **1**:155-197
18. Breitschwerdt EB, Kornegay JN, Wheeler SJ, Stevens JB, Baty CJ. 1992. Episodic weakness associated with exertional lactic acidosis and myopathy in old English sheepdog littermates. *Journal of American Veterinary Medical Association*. **201**:731-736
19. Butler PJ, Green JA, Boyd IL, Speakman JR. 2004. Measuring metabolic rate in the field: the pros and cons of the doubly labeled water and heart rate methods. *Functional Ecology*. **18**:168-183
20. 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
21. Crawford EC. 1962. Mechanical aspects of panting in dogs. *Journal of Applied Physiology*. **17**:249-251
22. del Valle DJ, Peralta CF, Arjona JIM. 2020. Factors affecting carcass detection at wind farms using dogs and human searchers. *Journal of Applied Ecology*. **57**:1926-1935
23. Dhama K, Latheef KS, Dadar M, Samad AH, Munjal A, Khandia R, Karthik K, Tiwari R, Yatoo IM, Bhatt P, Chakraborty S, Singh PK, Iqbal MNH, Chaicumpa W, Joshi KS.

2019. Biomarkers in Stress Related Diseases/Disorders: Diagnostic, Prognostic, and Therapeutic Values. *Frontier in Molecular Biosciences*. **6**:1-34
24. 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 & Behavior* **163**:193-202
25. Duan Y, Li F, Tan B, Yao K, Yin Y. 2017. Metabolic control of myofibers: Promising therapeutic target for obesity and type 2 diabetes. *Obesity Reviews*. **18**:647-659
26. Engeland CW, Miller P, Gann SD. 1990. Pituitary - adrenal and adrenomedullary responses to noise in awake dogs. *American Journal of Physiology*. **258**: 672-677
27. Ferguson D. 2008. GIS for wilderness search and rescue. ESRI Federal User Conference. 20-22. 2. 2008. Washington DC
28. Fitts RH & Widrick JJ. 1996. Muscle mechanics: Adaptations with exercise training. *Exercise and Sport Sciences Reviews*. **24**:427-473
29. Gerth N, Redman P, Speakman J. 2010. Energy metabolism of Inuit sled dogs. *Journal of Comparative Physiology B*. **180**:577-589
30. Gerth N, Ruoß C, Dobenecker B, Reese S, Strack M. 2016. Using heart rate to predict energy expenditure in large domestic dogs. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. **100**:464-470
31. Goldberg MB, Langman VA, Taylor RC. 1981. Panting dogs: paths of airflow in response to heat and exercise. *Respir Physiol* **43**:327-338
32. Greatbatch I, Gosling JR, Allen S. 2015. Quantifying Search Dog Effectiveness in Terrestrial Search and Rescue Environment. *Wilderness & Environmental Medicine*. **26**:327-334
33. Guoxiang L, Maofeng L. 2010. SARGIS: GIS-Based decision making support system for maritime search and rescue. *ICEE*. **398**:1571-1574
34. Guelfi G, Iaboni M, Sansone A, Capaccia C, Santoro MM, Diverio S. 2022. Extracellular circulating miRNAs as stress-related signature to search and rescue dogs. *Scientific Reports*. **12**:1-12
35. Hayes D, Kraman SS. 2009. The Physiologic Basis of Spirometry. *Respiratory Care*. **54**:1717-1726
36. Heglund CN, Taylor RC. 1988. Speed Stride Frequency and Energy Cost Per Stride: How Do They Change With Body Size and Gait? *The Journal of Experimental Biology*. **138**:301-318

37. Chanoit GP, Lefebvre HP, Orcel K, Laroute V, Toutain PL, Braun JP. 2001. Use of plasma creatine kinase pharmacokinetics to estimate the amount of exercise induced muscle damage in Beagles. *American Journal of Veterinary Research*. **62**:1375-1380
38. Chiu W, Arnold J, shih YT, Hsiung KH, Chi HY, Chiu CH, Tsai WC. 2002. A survey of international urban search - and - rescue teams following the Ji Ji earthquake. *Disasters*. **26**:85-94
39. Church LR. 2002. Geographical information systems and location science. *Computers & Operations Research*. **29**:541-562
40. Jackson MM, Valentin G, Freil L, Burkeen L, Teagler C, Gilliland S, Currier B, Starner T. 2014. Facilitating interactions for dogs with occupations: wearable communication interfaces for working dogs.
41. Jones EK, Dashfield K, Downend BA et al. 2004. Search-and-rescue dogs: an overview for veterinarians. *Disaster Medicine*. **225**:854-860
42. Justicia SL, Rosell F, Mayer M. 2018. Performance of GPS units for deployment on semiaquatic animals. *Plos one*. **13**:1-16
43. Keytel LR, Geodecke JH, Noakes TD, Hiiloskorpi H, Laukkanen R, van der Merwe L, Lambert EV. 2005. Prediction of energy expenditure from heart rate monitoring during submaximal exercise. *Journal of sport science*. **23**:289-297
44. Korhonen H, Harri M, Hohtola E. 1985. Response to cold in the blue fox and raccoon dog as evaluated by metabolism, heart rate and muscular shivering: a re-evaluation. *Comparative Biochemistry and Physiology*. **82**: 959-964
45. Kozłowski S, Brzezinska Z, Kruk B, Kaciuba-Uscilko H, Greenleaf EJ, Nazar K. 1985. Exercise hyperthermia as a factor limiting physical performance - temperature effect on muscle metabolism. *Journal of Applied Physiology*. **59**:766-773
46. Kumar A. 2022. The Role of Dogs in Search and Rescue. *Management of Animals Disasters*. **392**:177-188
47. Liguzinski P & Korzeniewski B. 2007. Oxygen delivery by blood determines the maximal VO<sub>2</sub> and work rate during whole body exercise in humans: In silico studies. *American Journal Physiology Heart Circulatory Physiology*. **293**:343-353
48. Matwichuk CL, Taylor S, Shmon CL, Kass PH, Shelton GD. 1999. Changes in rectal temperature and hematologic, biochemical, blood gas and acid-base values in healthy Labrador Retrievers before and after strenuous exercise. *American Journal of Veterinary Research*. **60**:88-92

49. McGowan RTS, Rehn T, Norling Y, Keeling LJ. 2014. Positive affect and learning: Exploring the “Eureka Effect” in dogs. *Animal Cognition*. **17**:577-587
50. McNicholl J, Howarth GS, Hazel SJ. 2016. Influence of the environment on body temperature of racing greyhounds. *Frontier in Veterinary Science*. **3**:53
51. Meijer GA, Wessterterp KR, Koper H, Ten Hoor F. 1989. Assessment of energy expenditure by recording heart rate and body acceleration. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. **21**:343-347
52. 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 Snow Environment. *Animals*. **12**:1-17. DOI:.org/10.3390/ani12020168
53. Miller ML, Gal A. 2017. *Cardiovascular System and Lymphatic Vessels*. Elsevier. 561-616.
54. Mohr E, Langbein J, Nürnberg G. 2002. Heart rate variability: A noninvasive approach to measure stress in valves and cows. *Physiology & Behavior*. **75**:251-259
55. Munoz A, Riber C, Santisteban R, Rubio DM, Agüera IE, Castejón MF. 1999. Cardiovascular and metabolic adaptations in horses competing in cross-country events. *Journal of Veterinary Medical Science* **61**:13-20
56. Munsters CBM, Iwaarden A, Weeren R et al. 2014. Exercise testing in Warmblood sport horses under field conditions. *The Veterinary Journal*. **202**:11-19
57. Munsters CCBM, van Iwaarden A, van Weeren R, Sloet van Oldruitenborgh-Oosterbaan MM. 2014. Exercise testing in Warmblood sport horses under field conditions. *The Veterinary Journal*. **202**: 11-19
58. National Research Council. 2006. *Nutrient Requirements of Dogs and Cats*. National Academies Press. Washington, DC
59. Nieman DC & Pedersen BK. 1999. Exercise and immune function. Recent developments. *Sports Medicine*. **27**:73-80
60. Novák K, Chaloupková H, Bittner V et al. 2022. Factors affecting locomotor activity of search and rescue dogs: The importance of terrain, vegetation and dog certification. *Applied Animal Behaviour Science*. **253**:1-11. DOI: 10.1016/j.applanim.2022.105674
61. Nuno Crato. 2008. *Figuring It Out: Entertaining Encounters with Everyday Math*. Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa
62. Ohno K, Sato K, Hamada R, Kubo T, Ikeda K, Nagasawa M, Kikusui T, Nayak KS, Kojima S, Tadokoro S. 2022. Electrocardiogram Measurement and Emotion Estimation of Working Dogs. *IEEE Robotics and Automation Letters*. **7**:4047-4054

63. Otto MC, Cobb LM, Wilsson E. 2019. Editorial: Working Dogs: Form and Function. *Frontiers in Veterinary Science*. **6**:1-4
64. Pierce BJ. 2009. Physical conditioning and injury prevention for working dog. *Journal of Veterinary Behavior*. **4**:250-25. DOI-10.1016/j.jveb.2009.05.019
65. Poso AR & Hyyppa S. 1999. Metabolic and hormonal changes after exercise in relation to muscle glycogen concentrations. *Equine Veterinary Journal*. **30**:332-336
66. Rhodes EC, Denault D, Varacallo M. 2019. Physiology, Oxygen, Transport. StatPearls Publishing LLC. PMID: 30855920
67. Rovira S, Munoz A, Benito M. 2007b. Hematologic and biochemical changes during canine agility competitions. *Veterinary Clinical Pathology*. **36**:30-35
68. Rovira S, Munoz A, Benito M. 2008. Effect of exercise on physiological blood and endocrine parameters in search and rescue-trained dogs. *Veterinary medicine*. **53**:333-346
69. Sanders M, White F, Bloor C. 1977. Cardiovascular responses of dogs and pigs exposed to similar physiological stress. *Comparative Biochemistry and Physiology*. **58**:365-370
70. Saunders DG. 2007. Therapeutic Exercise. *Clinical Techniques in Small Animal Practice* **22**: 155-159
71. Slensky KA, Drobatz KJ, Downend AB, Otto CM. 2004. Deployment morbidity among search-and-rescue dogs used after the september 11, 2001, terrorist attacks. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. **225**:868-873
72. Slotta-Bachmayr L & Schwarzenberger F. 2007. Fecal cortisol metabolites as indicators of stress during training and search missions in avalanche dogs. *Veterinary Medicine Austria*. **94**:110-117
73. Snow DH, Billeter R, Mascarello F, Carpene E, Rowlerson A, Jenny E. 1982. No classical type IIB fibers in dog skeletal muscle. *Histochemistry*. **75**:53-65.
74. Snow DH, Harris CR, Stuttard E. 1988. Changes in haematology and plasma biochemistry during maximal exercise in greyhounds . *Veterinary Record*. **123**:487-489
75. Spoo JW, Zoran LD, Downey LR, 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

76. Strasser T, Peham C, Bockstahler AB. 2014. A comparison of ground reaction forces during level and cross-slope walking in Labrador Retrievers. *BMC Veterinary Research*. **10**:1-8
77. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing Electrophysiology. 1996. Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. *Circulation*. **93**:1043-1065
78. Tipton CM, Carey RA, Eastin WC, Erickson HH. 1974. A submaximal test for dogs: Evaluation of effects of training, detraining, and cage confinement. *Journal of Applied Physiology*. **37**:271-275
79. Touma C & Palme R. 2005. Measuring fecal glucocorticoid metabolites in mammals and birds: the importance of validation. *Annals of the New York Academy of Sciences journal*. **1046**:1-21
80. van Boom MK, Schoeman PJ, Steyl ACJ, Kohn AT. 2023. Fiber type and metabolic characteristics of skeletal muscle in 16 breeds of domestic dogs. *The Anatomical Record*. **306**:2572-2586
81. Van Paridon KN, Timmis MA, Nevison CM, Bristow M. 2017. The anticipatory stress response to sport competition; a systematic review with meta-analysis of cortisol reactivity. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*.
82. von Borell E, Langbein J, Després G, Hansen S, Leterrier C, Marchant - Forde R, Minero M, Mohr E, Prunier A. 2007. Heart rate variability as a measure of autonomic regulation of cardiac activity for assessing stress and welfare in farm animals. *Physiology & Behavior*. **92**:293-316
83. Wasser SK, Hunt KE, Brown JL, Cooper K, Crockett CM, Bevhertha U, Millspaugh JJ, Larson S, Monfort SL. 2000. A generalized fecal glucocorticoid assay for use in a diverse array of non domestic mammalian and avian species. *General and Comparative Endocrinology*. **120**:260-275
84. Williams TM, Bengtson P, Steller DL, Croll DA, Davis RW. 2015. The healthy heart: Lessons from nature's elite athletes. *Physiology*. **30**:349-357
85. Wilshin S, Reeve AM, Spence JA. 2021. Dog galloping on rough terrain exhibits similar limb co-ordination patterns and gait variability to that on flat terrain. **16**:1-14 DOI:10.1088/1748-3190/abb17a
86. Witte TH, Wilson AM. 2004. Accuracy of WAAS-enabled GPS for the determination of position and speed over ground. *Journal of Biomechanics*. **38**:1717-1722



87. World Health Organization. 2000. Natural Disasters: Protecting the Public's Health. Scientific Publication 575. Washington DC
88. Zeagler C, Byrne C, Valentin G, Freil L, Kidder E, Crouch J, Starner T, Jackson MM. 2016. Search and Rescue: Dog and Handler Collaboration Through Wearable and Mobile Interfaces. 6:1-9.

## 9 Seznam použitých zkratek a symbolů

ATP = adenosintrifosfát

CP = kreatinfosfát

EKG = elektrokardiogram

GIS = geografický informační systém

GPS = global positioning system

HR = srdeční frekvence

IC = nepřímá kalorimetrie

O<sub>2</sub> = kyslík

PR = tepová frekvence

RT = rektální teplota

SAR = pátrací a záchranná služba

SV = srdeční výdej

VCO<sub>2</sub> = produkce oxidu uhličitého

VO<sub>2</sub> = spotřeba kyslíku

zJ = zepto joule