**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta lesnická a dřevařská**

**Katedra myslivosti a lesnické zoologie**

# Využívají lovečtí psi krátké zastávky ke kontrole směru při homingu?

**Diplomová práce**

**Autor práce: Bc. Šárka Korbelová**

**Vedoucí práce: doc. Ing. Vlastimil Hart, Ph.D.**

**© 2021 ČZU v Praze**

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Šárka Korbelová

Lesní inženýrství
Lesní inženýrství

Název práce

**Využívají lovečtí psi krátké zastávky ke kontrole směru při homingu?**

Název anglicky

**Do the hunting dogs use short stops to check direction when homing?**

---

**Cíle práce**

S využitím poznatků o prostorové orientaci loveckých psů a audio-video záznamů získaných v rámci řešení bakalářské práce, analyzovat chování psů během samostatné práce v terénu a potvrdit či vyvrátit hypotézu, že krátké zastávky identifikované předběžnou analýzou videozáznamů během „outbound" a „inbound" fáze orientace, by mohly sloužit ke kontrole směru při budoucím návratu zpět k majiteli.

**Metodika**

Z dostupné literatury budou popsány způsoby prostorové orientace obratlovců a jejich navigační strategie, se zaměřením na chování známé jako „Vicarious trial and error" (VTE). V experimentální části budou analyzovány a vyhodnoceny video záznamy tras psů získaných během sběru dat pro bakalářskou práci. Každý videozáznam bude zpracován pomocí programu Matlab, který identifikuje předem definované chování psa a sestříhá zkrácenou verzi trasy. Způsoby chování psa budou rozřazeny do kategorií a jednotlivé kategorie budou dále analyzovány s cílem identifikovat VTE chování. Ke každému video záznamu trasy budou zpracována poziční data (v programu Matlab), změřeny důležité parametry a po synchronizaci s video záznamem budou data pomocí vhodných statistických metod vyhodnocena s cílem potvrdit výše zmíněnou hypotézu. Zjištění budou porovnána s výsledky publikovanými ve vědeckých časopisech.

Formální úprava diplomové práce a použitý systém citací budou v souladu s platnými předpisy ČZU a FLD.

Harmonogram zpracování:

Studentka bude min. 1x měsíčně konzultovat postup zpracování a vyhodnocení dat se svým vedoucím nebo konzultantem, dále bude dodržovat následující harmonogram:

Zpracování video záznamů a GPS tras softwarem Matlab: do 30. 6. 2020

Analýza zpracovaných záznamů: do 30. 9. 2020

Odevzdání rešeršní části práce a kapitoly Metodika: do 30. 10. 2020

Statistické vyhodnocení dat: do 31. 12. 2020

---

Sepsání a okomentování výsledků: do 28.2.2021

Kompletní rukopis práce bude předložen nejpozději 31. 3. 2021.

Diplomová práce bude po předchozích konzultacích s vedoucím práce odevzdána na studijní oddělení FLD v termínu a dle pokynů studijního oddělení.

**Doporučený rozsah práce**

min. 40 normostran

**Klíčová slova**

lovecký pes, prostorová orientace, video data, zastávky, homing

---

**Doporučené zdroje informací**


Bruck, J. N., Allen, N. A., Brass, K. E., Horn, B. A., & Campbell, P. (2017). Species differences in egocentric navigation: the effect of burrowing ecology on a spatial cognitive trait in mice. Animal Behaviour, 127, 67–73. https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2017.02.023

Dudchenko, P. A., & Bruce, C. (2005). Navigation without landmarks: Can rats use a sense of direction to return to a home site? Connection Science, 17(1–2), 107–125. https://doi.org/10.1080/09540090500138127

Fagan, W. F., Lewis, M. A., Auger-Méthé, M., Avgar, T., Benhamou, S., Breed, G., ... Mueller, T. (2013). Spatial memory and animal movement. Ecology Letters, 16(10), 1316–1329. https://doi.org/10.1111/ele.12165

Frost, B. J., & Mouritsen, H. (2006). The neural mechanisms of long distance animal navigation. Current Opinion in Neurobiology, 16(4), 481–488. https://doi.org/10.1016/j.conb.2006.06.005

Gaunet, F., & Besse, S. (2019). Guide dogs' navigation after a single journey: A descriptive study of path reproduction, homing, shortcut and detour. PLOS ONE, 14(7), e0219816. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219816

Jacobs, L. F., & Menzel, R. (2014). Navigation outside of the box: what the lab can learn from the field and what the field can learn from the lab. Movement Ecology, 2(1), 3. https://doi.org/10.1186/2051-3933-2-3

McNaughton, B. L., Battaglia, F. P., Jensen, O., Moser, E. I., & Moser, M. B. (2006, August). Path integration and the neural basis of the "cognitive map." Nature Reviews Neuroscience, Vol. 7, pp. 663–678. https://doi.org/10.1038/nrn1932

Nahm, M. (2015). Mysterious Ways : the Riddle of the Homing Ability. Journal of the Society for Psychical Research, 79(920), 140–155.

Yoder, R. M., Goebel, E. A., Köppen, J. R., Blankenship, P. A., Blackwell, A. A., & Wallace, D. G. (2015). Otolithic information is required for homing in the mouse. Hippocampus, 25(8), 890–899. https://doi.org/10.1002/hipo.22410


---

**Předběžný termín obhajoby**

2020/21 LS – FLD

**Vedoucí práce**

doc. Ing. Vlastimil Hart, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra myslivosti a lesnické zoologie

Elektronicky schváleno dne 30. 4. 2020

**doc. Ing. Vlastimil Hart, Ph.D.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 18. 10. 2020

**prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.**

Děkan

V Praze dne 14. 03. 2021

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma " Využívají lovečtí psi krátké zastávky ke kontrole směru při homingu?" vypracoval/a samostatně pod vedením doc. Ing. Vlastimila Harta, Ph.D. a použila jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědoma že zveřejněním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Praze dne 20. 4. 2021 Podpis autora

**Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala mé konzultantce Ing. Kateřině Benediktové za ochotu, trpělivost a odbornou pomoc v průběhu celého zpracovávání této diplomové práce. Také bych chtěla poděkovat mé rodině a všem blízkým osobám, které mi poskytovali morální podporu.

# Využívají lovečtí psi krátké zastávky ke kontrole směru při homingu?


## Abstrakt

Prostorová orientace je nedílnou součástí života všech živočichů. Napomáhá jim s orientací v prostoru tak, aby bylo dosaženo jejich potřebného cíle. Například lovečtí psi mohou tuto schopnost využívat k tomu, aby se při jejich práci mohli vracet zpět k majiteli. Cílem této práce bylo zjistit, zda lovečtí psi využívají krátké zastávky ke kontrole směru při homingu. Pro zjištění této hypotézy byla použita data, která byla nasbírána v rámci bakalářské práce autorky (Korbelová, 2019) a také další záznamy z obdobných prací. Celkem se vyhodnocovala data od 4 jedinců (2 němečtí křepeláci a 2 jezevčíci drsnosrstí trpasličí), která byla nasbírána pomocí GPS technologie a audiovizuální techniky. Zpracovávaly se zejména audiovizuální záznamy pomocí softwaru MatLab R2018a. Tento software identifikoval předem definované chování psa. Následně byla data vyhodnocena v programu MS Excel a v programu Oriana 4.02. Dle výsledků z nasbíraných dat bylo zjištěno, že psi při krátkých zastávkách vykazují VTE chování – rozhlížejí se. Délka těchto zastávek a způsob rozhlížení souvisí s délkou uběhnuté trasy. Čím je trasa delší, tím psi využívají delší zastávky s vícenásobným rozhlížením se. Průměrná délka tras, ve kterých k zastávkám nedošlo byla výrazně kratší než u tras se zastávkami. Ze záznamů bylo také zjištěno, že ve většině zastávek dochází v jejich začátku k přivření či úplnému zavření mordy. Dále bylo zjištěno, že vyběhnutí severním směrem ze zastávek napomáhá k přesnějšímu kurzu a tím k delším vzdálenostem mezi zastávkami. Pokud došlo při běhu severním směrem k odchýlení (chybě) pes dokázal rychle svou chybu napravit. Při porovnávání odchylek azimutů mezi vyběhnutím ze zastávky a azimutů směrem k cíli byl zjištěn statisticky signifikantní výsledek odchylky 18°. Na základě vyhodnocení dat v této diplomové práci bylo zjištěno, že psi využívají krátké zastávky ke kontrole směru při homingu, pravděpodobně i za použití schopnosti vnímat magnetického pole Země**.**



**Klíčová slova:** lovecký pes, prostorová orientace, video data, zastávky, homing

# Do the hunting dogs use short stops to check direction when homing?

**Abstract**

Spatial orientation is an integral part of the life of all animals. It helps them with orientation in space for achieve their desired goal. For example, hunting dogs can use this ability to return to the owner during their work. The aim of this work was to find if do the hunting dogs use short stops to check direction when homing. For finding this hypothesis, were used data from the bachelor's thesis of the author (Korbelová, 2019) as well as other records from similar works. A total data were evaluated from 4 dogs (2 German spaniels and 2 Dachshunds) and were tested with GPS technology and audiovisual technology. Audiovisual recordings were processed by MatLab R2018a software. This software identified dog behavior that was predefined. Then, the data were evaluated in MS Excel and Oriana 4.02. According to the results from the collected data, it was found that dogs show VTE behavior during short stops - they are looking around. The length of these stops and the way of looking around are related to the length of the route. When the route is longer, the stops are longer too, and dogs are doing a multiple looking around in this stops. The average length of routes without stops was significantly shorter than in the case of routes with stops. From the records was also found that the dogs close a little or completely close their mouth at the beginning of stops in most of the stops. It was also found that when the dogs run out of the stop in a northerly direction, they determine the course more precisely. If there was a deviation (error) while dogs were running to the north, the dog was able to quickly correct his error. When comparing the azimuth deviations between the stop and the azimuths to goal, was found a statistically significant result of the deviation of 18 °. Based on the evaluation of data in this thesis, it was found that dogs use short stops to check direction when homing, probably they are using the ability to perceive the Earth's magnetic field.

**Keywords**: hunting dog, spatial orientation, video recordings, stops, homing

# Obsah


**1. Seznam tabulek, obrázků a grafů ..... 11**

**2. Úvod ..... 12**

**3. Cíl práce ..... 13**

**4. Literární rešerše ..... 14**

**4.1. Prostorová orientace ..... 14**

4.1.2 Ekologie pohybu ..... 14

4.1.3 Homing ..... 16

4.1.3.1 Integrace cest ..... 18

4.1.3.2 Pilotování ..... 18

4.1.3.3 Tracking a scouting ..... 18

4.1.3.4 Kompas ..... 19

4.1.3.5 Mapy ..... 20

4.1.3.5.1 Kognitivní mapa ..... 20

4.1.4 Paměťové schopnosti ..... 21

4.1.5 Neurobiologie ..... 23

4.1.6 Smyslové vjemy a jejich využití při orientaci ..... 25

4.1.6.1 Čichový aparát ..... 25

4.1.6.2 Sluchové ústrojí ..... 27

4.1.6.3 Zrakový smysl ..... 27

4.1.7 Lovečtí psi ..... 28

**4.2 „Vicarious trial and error“ (VTE) ..... 29**

**5. Metodika ..... 31**

**5.1 Zdroj dat ..... 31**

**5.2 Studovaní psi ..... 31**

**5.3 Zpracování tras ..... 32**

**5.4 Zpracování audio-video záznamů ..... 32**

**5.5 Analýza dat ..... 32**

**5.6 Rozdělení zastávek v trasách ..... 33**

**5.7 Rozdělení zastávek podle otevřené mordy ..... 34**

**5.8 Statistická analýza ..... 34**

**6. Výsledky ..... 35**
**6.1 Vyhodnocení chování psů během zastávek ..... 35**
6.1.1 Zastávka „NO“ ..... 37
6.1.2 Zastávka „ONE A“, „ONE B“ ..... 37
6.1.3 Zastávka „TWO“ ..... 37
6.1.4 Zastávka „MORE“ ..... 37
**6.2 Rozdíly chování v zastávkách mezi studovanými plemeny psů ..... 38**
6.2.1 Německý křepelák ..... 38
6.2.2 Jezevčík drsnosrstý trpasličí ..... 39
**6.3 Vyhodnocení směrových odchylek ..... 41**
6.3.1 Analýza směrů a směrových preferencí během zastávek ..... 42
**7. Diskuze ..... 46**
**8. Závěr ..... 48**
**9. Seznam literatury a použitých zdrojů ..... 49**

# 1. Seznam tabulek, obrázků a grafů

Obrázky:

Obrázek č. 1 – Ekologie pohybu ……15
Obrázek č. 2 – Homing – bludiště ……17
Obrázek č. 3 – Homing – vyhodnocení bludiště …….....17
Obrázek č. 4 – Rozvržení trojúhelníkové sítě ……24
Obrázek č. 5 – Trasy holubů ……..26
Obrázek č. 6 – VTE u potkanů ……29
Obrázek č. 7 – Vyhodnocení směru pohybu majitele ……43
Obrázek č. 8 – Vyhodnocení směrů po zastávkách x směrů k cíli ……44

Tabulky:

Tabulka č. 1 – Charakteristika studovaných psů …….....31
Tabulka č. 2 – Základní parametry tras s použitím a bez použití zastávek ……36
Tabulka č. 3 – Počet zastávek rozdělených podle druhu chování ……..36
Tabulka č. 4 – Základní hodnoty zastávek s VTE chováním ……36
Tabulka č. 5 – Základní charakteristika zastávek v návr. strategii scouting……41
Tabulka č. 6 – Základní hodnoty sloučených zastávek ……. 41
Tabulka č. 7 – Výsledky stat. analýzy náhodného postavení majitele ……..……43
Tabulka č. 8 – Výsledky stat. analýzy pro vyhodnocení návratnosti psů ……. 44
Tabulka č. 9 – Rozdělení průměrné vzdálenosti mezi zastávkami …… 45
Tabulka č. 10 – Vzdálenosti mezi zastávkami ve vztahu k azimutu …….. 45

Grafy:

Graf č. 1 – Vyhodnocení tras s použitím a bez použití zastávek ……... 35
Graf č. 2 – Vyhodnocení zastávek, ve kterých došlo k zavření mordy ……. 37
Graf č. 3 – Vyhodnocení zastávek v odchozí a příchozí fázi …… 38
Graf č. 4 – Porovnání délky zastávek mezi plemeny ……. 40

# 2. Úvod

Schopnosti spojené s prostorovou orientací jsou u živočichů pozorovány už velmi dlouhou dobu. Prostorová orientace je schopnost, která umožňuje živočichům, ale i lidem, orientovat se v prostředí, ve kterém se nacházejí. Může se jednat o nám méně známé prostředí dokonce až neznámé prostředí. Tato problematika oslovila nemalé množství vědců, kteří se na ni blíže zaměřili. Jejich zjištění nám lépe objasňují, jak jsou zvířata schopna se orientovat.

S prostorovou orientací nedílně souvisí jeden ze způsobů orientace v terénu a tím je homing. V rámci homingu mohou zvířata využívat různé strategie za účelem návratu do cílové lokality. Výběr vhodné strategie závisí např. na dostupnosti orientačních bodů, či jiných orientačních vodítek, pokud nejsou známé orientační body dostupné.

Ke správnému výkonu s použitím výše zmíněných schopností přispívají paměťové procesy. Proto je tato oblast vědy velice podstatnou částí pro pochopení fungování orientačních schopností. Jedním z důležitých momentů paměťových schopností, který se děje v mezipaměti, je řetězec akcí. Tento řetězec působí jako proces rozhodování. V této souvislosti bylo popsáno VTE chování („Vicarious trial and error), jinak řečeno pomocné pokusy a omyly. Prvopočátek tohoto objevu sahá k Tolmanovu bludišti, ve kterém potkani toto chování vykazovali. Výsledky dalších výzkumů nám mohou pomoci lépe pochopit tento druh chování.

# 3. Cíl práce

Cílem práce bylo s využitím poznatků o prostorové orientaci loveckých psů a audio-video záznamů získaných v rámci řešení bakalářské práce, analyzovat chování psů během samostatné práce v terénu a potvrdit či vyvrátit hypotézu, že krátké zastávky identifikované předběžnou analýzou videozáznamů během „outbound“ a „inbound“ fáze orientace, by mohly sloužit ke kontrole směru při budoucím návratu zpět k majiteli.

# 4. Literární rešerše

## 4.1. Prostorová orientace

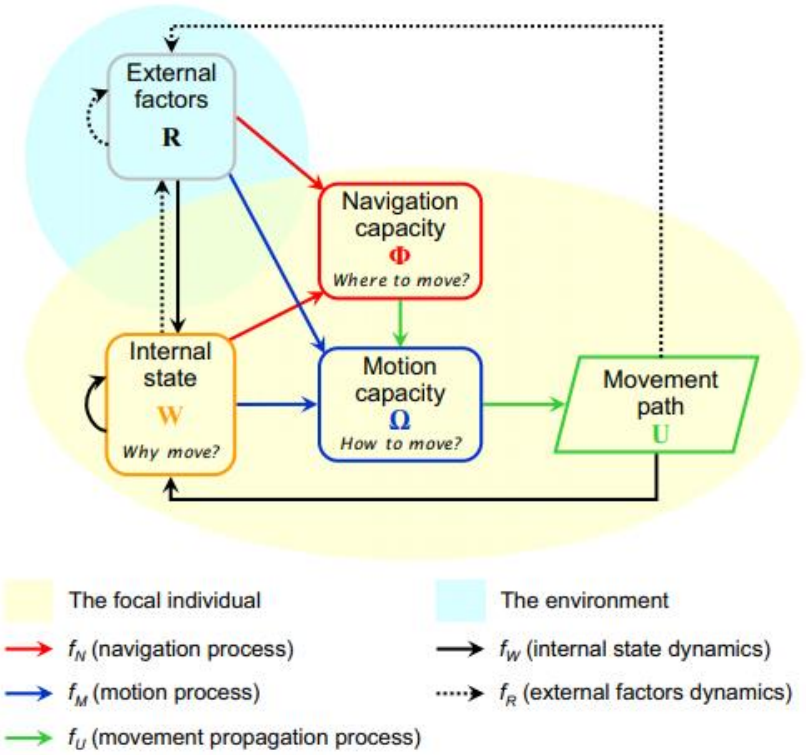
Orientace v prostoru je dlouhodobě zkoumanou schopností nejen u savců (Papi, 1992), ale také u ryb (McDowall, 1988) či ptáků (Åkesson, 2003).

Orientace v prostoru je pro zvířata velmi užitečná schopnost, kterou využívají při jejich pohybu. Mohou najít cestu k potřebnému cíli, i když zdolávají cesty na velké vzdálenosti. Může se jednat o migraci, pátrací chování nebo homing. Migrační cesty zvířata podstupují z důvodu přemístění do zimovišť či do reprodukčních oblastí (Åkesson & Hansson, 2014). Migraci za účelem rozmnožování podstupují např. ryby, jež využívají diadromní migraci (McDowall, 1988). Pátrací chování lze u zvířat pozorovat při hledání vhodného partnera, úkrytu nebo během hledání potravy, většinou v rámci domovského okrsku (Mueller & Fagan, 2008). Tomu tak je například u mravence pouštního *(Cataglyphis fortis)*, který dokáže najít potravní příležitost i ve vyprahlé poušti (Wehner et al., 1996). Další možnost využití prostorové orientace nastává u homingu, což se prokázalo i v bakalářské práci autorky z roku 2019 (Korbelová, 2019).

### 4.1.2 Ekologie pohybu

Pohyb organismů je zkoumán od pradávna. Lze ho definovat jako činnost, která je změnou umístění v prostoru jedince v daném čase. Jedná se o základní charakteristiku života (Nathan et al., 2008).

Nathan et al. (2008) se touto myšlenkou začali zabývat a zavedli koncepční rámec, který rozdělili do čtyřech základních mechanických složek pohybu organismu. Tyto složky jsou následující: 1. – vnitřní stav (Proč se pohybovat?), 2. – pohyb jako takový (Jak se pohybovat?), 3. – navigační schopnosti (Kdy a kam se pohybovat?), 4. – vnější faktory, které představují všechny hlediska jak abiotického, tak biotického prostředí ovlivňující pohyb.




*Obrázek č. 1 – Rozdělení koncepčního rámce pro mechanismus ekologie pohybu. Tři základní složky, ovlivňující vnitřní stav (ve žlutém poli) a vnější faktory, ovlivňující pohyb (modré pole). Znázornění vztahu a ovlivnění jednotlivých složek mezi sebou. Šipky znázorňují směr dopadu následného ovlivnění (Nathan et al., 2008).*

Výše uvedený rámec by měl pomoci s pochopením ekologie pohybu a vzorci pohybu v rámci jednotlivců, komunit či populací (Nathan et al., 2008).

Touto problematikou se dále zabývali další vědci, kteří se ji snažili zjednodušit za pomoci výkonných výpočetních zdrojů (Tang & Wang, 2009) a matematických analýz (Csilléry et al., 2010).

### 4.1.3 Homing

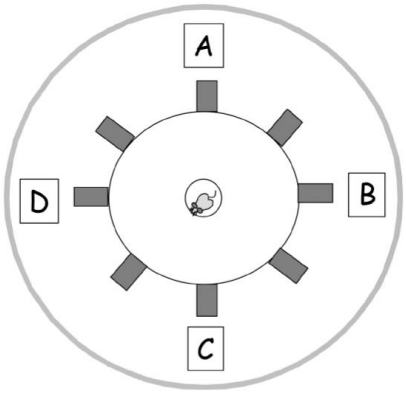
Homing je schopnost navigování v neznámém i známém prostoru na krátkou či střední vzdálenost. Hlavním atributem je zde přiblížení se ke známým podnětům (cílům), které následně vytvoří konzistentní přechody v průběhu trasy (Frost & Mouritsen, 2006).

Již práce plukovníka Richardsona (1921) poukázala na schopnosti psů vracet se z neznámých míst domů. Richardson, který strávil mnoho let výcvikem psů, v roce 1917 založil psí školu. V této škole probíhal výcvik psů, jehož cílem bylo vycvičit psy k návratu z neznámých míst. Po ukončení výcviku byli psi využiti jako kurýři a ochranáři frontové linie za I. světové války. Plukovník Richardson si byl velice dobře vědom faktu, že u každého psa je schopnost homingu vyvinuta jinak, a tak se zaměřil i na pozorování jeho psychologické stránky. Dalším faktem, kterým se zabýval, bylo využití vrozených homingových schopností psů. Richardson sdílel myšlenku, že homing psů nemůže být spjato jen s jejich běžnými smysly. Což bylo také pozorováno při úspěšných návratech psů za absolutní tmy či mlhy, kdy bylo využití např. zrakového smyslu vyloučeno .

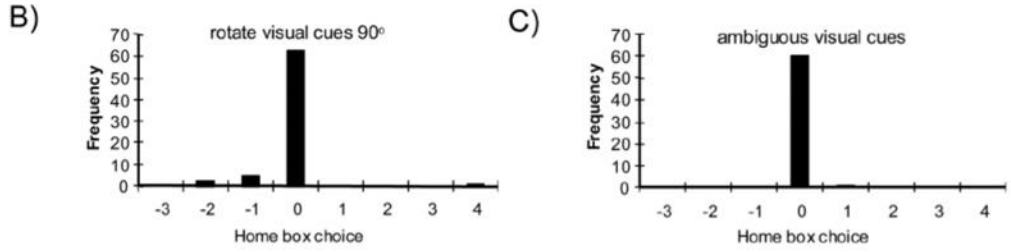
Mezi další významné vědce, kteří se zabývali homingem, se řadí výzkum pana Schmida (1932). Schmid přišel s novým termínem „absolutní smysl pro orientaci“, který zamítal schopnost orientace jen pomocí běžných smyslů psa (zrak, sluch, čich). Tento termín vznikl během výzkumu, kdy se 2 ze 3 pokusných psů dokázali vrátit z neznámého místa domů. Zdálo se mu, že psi, kteří byli vysazeni 4,5 km vzdušnou čarou od domova, nepoužívali pro svůj návrat čich. Protože po vysazení se otočili směrem k domovu a kráčeli tímto směrem se zdviženou hlavou.

Dudchenko et al. (2005), kteří prováděli pokus s potkany zjišťovali, jak moc jsou orientační body pro potkany důležité při homingu a jak se zachovají po jejich odstranění. Jejich výzkum byl rozdělen do dvou částí. První částí byla orientace potkanů bez orientačních bodů, pouze s obsahem osmi krabic v bludišti. Druhá metoda byla zaměřena na čtyři přidané orientační body v bludišti. Pozorovalo se chování potkanů po přidání těchto bodů a následně chování po jejich odstranění. Každý z orientačních bodů byl jiný a postupně se s nimi manipulovalo. Ve

výsledcích se však nepotvrdila přímá závislost na orientačních bodech. Návratnost do domovských krabic byla úspěšná i po manipulaci s orientačními body.




*Obrázek č. 2 – Bludiště se 4 orientačními body, se kterými bylo postupně manipulováno. V bludišti se nachází 8 krabic, ale pouze jedna je „domácí“. Z této domácí krabice je potkan vypouštěn, následně jde do středu bludiště, kde je umístěna miska s odměnou a poté je jeho úkolem najít svou „domácí“ krabici (Dudchenko et al., 2005).*




*Obrázek č. 3 – Grafické vyhodnocení návratnosti potkanů do „domácí“ krabice (0). Graf B ukazuje úspěšné návraty ve chvíli, kdy s orientačními body bylo pohnuto o 90°. A graf C také poukazuje na úspěšnost návratnosti potkanů po manipulaci s orientačními body (Dudchenko et al., 2005).*

V nedávné době byly pozorovány schopnosti vodících psů. Vodící psi díky svým orientačním schopnostem zajišťují svému nevidomému psovodovi mobilitu a orientaci (Craigon et al., 2017). Gaunet et al. (2019) se zamýšleli na tím, jak lépe pochopit vodící psy při jejich práci. Proto udělali studii, ve které se soustředili na navigační schopnosti těchto psů. V projektu se vyhodnocovaly 4 druhy tras (napodobení trasy, navádění, objížďka, zkratka), které vedly k jednomu cíli, a to k dodávce. K cíli šel pes při nácviku vždy po jedné trase jen jednou.

Úspěšnost správné návratnosti k dodávce nebyla příliš vysoká. Psi byli úspěšnější při využití zkratky či objížďky, což byly cesty kratší než cesty s použitím napodobení a navádění.

#### 4.1.3.1 Integrace cest

Jednou z mnoha možností, jak se orientovat v prostoru při homingovém chování, je využití integrace cesty. Integrace cest znamená využití interních informací o svém pohybu. Tím má zvíře neustálé informace o svém směrovém vektoru a o vzdálenosti k domovu (Wehner, 2003). Hlavními zdroji informací pro pohyb při využití integrace cest jsou výstupy z vestibulárního, motorického a proprioceptivního systému. Tyto systémy poskytují informace o vlastním pohybu zvířete (Frost & Wylie, 2000).

Integrace cest se od ostatních typů orientace liší právě tím, že k integraci nejsou zapotřebí orientační body pro navigování (Schulman et al, 2005). Tuto možnost navigování využívají například pouštní mravenci či hlodavci při laboratorních výzkumech (Frost & Mouritsen, 2006). Již Etienne et al. (1996) se zaměřili na možnost, že hlodavci tuto schopnost využívají pro určení své polohy.

#### 4.1.3.2 Pilotování

O pilotování mluvíme jako o orientaci na cíl, která je využita na základě sledování dané posloupnosti známých orientačních bodů, které mohou být různého typu (Able, 2000). Tímto orientační body poskytují mapu cesty k cíli, ale neurčují, kde se zvíře v daný čas a v daném prostoru nachází vzhledem k cíli na mapě (Åkesson et al., 2014). Zapamatování si pořadí jednotlivých orientačních bodů při cestě tam může být následně využíváno při cestě zpět (Able, 2000).

#### 4.1.3.3 Tracking a scouting

Tracking, neboli sledování stop, ať už vlastních nebo cizích, je díky dobře vyvinutému čichovému ústrojí vrozeným smyslem psů. Této schopnosti psů lze využít ve smyslu pracovního využití například pro pátrání (Hepper & Wells, 2005).

Schopnost využití trackingu a scoutingu lze pozorovat i u loveckých psů, kde se sledovaly jejich návratové strategie (Benediktová et al., 2020). Toto pozorování bylo provedeno ve volné přírodě, kde se sledovalo chování psa při útěku od vůdce nebo majitele. Ve chvíli, kdy pes šel po stopě zvěře a ztratil se z dohledu psovoda, bylo jeho chování zaznamenáno pomocí systému GPS obojku, který měl připevněn na krku. Hodnotilo se, jakým způsobem se pes dokáže vrátit zpět k majiteli. Mezi dva způsoby, které psi volili, patřil výše zmíněný scouting a tracking. Scouting je způsob návratu psa po zcela nové trase. Kdežto tracking je návrat po vlastní stopě. Během vyhodnocování těchto návratových strategií byl u scoutingu vypozorován jev zvaný „kompasový běh“. Zjistilo se, že kompasový běh je psy využíván v první fázi návratu. Jedná se o krátký běh (zhruba 20 m dlouhý), během kterého se psi zarovnávali podél severojižní magnetické osy, a to bez ohledu na to, jakým směrem byl jejich majitel (Benediktová et al., 2020).

#### 4.1.3.4 Kompas

Kompasová orientace je schopnost zvířat, kterou využívají pro určení správného kurzu k cíli . Tyto kompasy pomáhají živočichům určit správný směr bez využití orientačních bodů, pouze za použití externích informací o daném kompasu (Sandberg, 1994).

Jedním ze vzdálenějších objektů, který pomáhá s orientací, je Slunce. Je to druh kompasu, který je používán k orientaci při pohybu na velké vzdálenosti, např. při migraci za dne (Mouritsen & Frost, 2002). Bohužel není zcela objasněno, jakým způsobem jsou informace o poloze Slunce zpracovány. Některá zvířata mohou detekovat samotnou polohu Slunce jiná by mohla využívat mechanické informace o délce a směru stínů, které sluneční svit vytvoří. Určení mechanických schopností by nadále mohlo pomoci s určením části mozku, která tyto informace zpracovává (Frost & Mouritsen, 2006).

Podle Pettigrew (1978) by to u ptáků mohl být právě pekten, který by mohl napomáhat s vedením slunečního stínu přímo na pozadí oční bulvy.

Dalšími vodítky pro orientaci správným směrem jsou pro zvířata například hvězdy (Wiltschko et al., 1987), polarizované světlo (Sauman, 2005) nebo také magnetické pole Země (Mouritsen et al., 2004).

#### 4.1.3.5 Mapy

Zvířata využívají několik druhů map. Jedním z nich je například mapa mozaikovitá či mapa gradientní neboli mapa přechodu. Mapa založená na mozaice využívá pro orientaci orientační body. Gradientní mapa je založena na jednom nebo více gradientech, které se mění na základě geografických směrů (Lohmann, 2001).

Dalším druhem mapy je magnetická mapa. Typ této mapy zahrnuje veškeré informace o poloze zvířete ve vztahu k magnetickému poli Země. Tyto informace mohou být zděděné nebo naučené a jsou využívány dle závislosti na daných potřebách zvířete. Mohou tedy živočichům například poskytnou informaci, že právě dorazili na potřebné místo jejich migrační cesty a nyní se mají orientovat například na západ (Wiltschko & Wiltschko, 2003). Pro svou orientaci v prostoru mohou živočichové využívat i další typ map, konkrétně mapy kognitivní (O'Keefe & Nadel, 1978).

##### 4.1.3.5.1 Kognitivní mapa

Mentální mapy neboli kognitivní mapy využívají mnohé organismy pro svou orientaci v prostoru. Vznik kognitivních map probíhá v mozku. Jedná se o reprezentaci okolí, přenášenou do mozku na základě důkladného prozkoumání okolního prostředí zvířete. Na funkčnost kognitivních map nemá vliv ztráta orientačních bodů v prostoru (O'Keefe & Nadel, 1978).

Problematikou kognitivních map se již zabývalo nemalé množství lidí. Prvním z nich byl Tolman (1948), jehož práce poukazovala na možnosti využívání nových tras a na prostorové vztahy mezi orientačními body a subjektem. Jednalo se o studii na potkanech, kteří využívali nové trasy ve chvíli, kdy jim byla do cesty (přímé trajektorie) přidána překážka a potkani tak zvolili novou trasu, která jim

umožnila překážku bez problému obejít. V kognitivních mapách by mohly být uchované informace jak o prostoru dříve navštívených lokalit, tak také ekologické atributy těchto lokalit. Tyto uchované informace pak mohou mít za následek opětovné navštívení daného místa (Fagan et al., 2013).

### 4.1.4 Paměťové schopnosti

Na vznik pohybových vzorců se zaměřil Fagan et al. (2013), kteří se snažili objasnit, za jaké situace se vytvoří vzorec pro konkrétní pohybové chování. Toto chování se objeví jako důsledek adaptace, která je vyvolána získáním a následným uchováním informací o svém okolí. Pohyb a navigaci mohou ovlivnit kognitivní a informační procesy, přičemž paměť je jedním z těchto procesů.

Paměťové schopnosti mohou být buď genetického rámce (genetické spouštěče migrace) nebo se může jednat o paměťové schopnosti získané během života. Paměť získaná vzniká za pomoci přímé zkušenosti nebo sociální komunikace. S paměťovými schopnostmi jsou také spojovány další kognitivní procesy, například odvození. Odvození napomáhá s určením aktuálního stavu místa, které chtějí zvířata navštívit, na základě získaných informací z návštěv okolních míst (Fronhofer et al., 2011).

Typů paměťových schopností je více, ale Fagan et al. (2013) se specializovali zejména na prostorovou paměť a paměť atributů, která zaznamenává dané znaky určitého místa. Oba druhy této paměti jsou velice důležité pro pohyb a mohou spolu korelovat (Fagan et al., 2013).

Tyto paměťové možnosti umožňují zvířatům volbu nejvhodnější cesty k jejich cíli. K cíli jsou tedy navigováni pomocí paměťových vjemů, které mají zakódované již z minulých cest. Následné zapamatování si vhodného místa, například se silným zdrojem potravy, vede k vhodnému vyhodnocení alternativní cesty. Tomu tak je například u čmeláků *Bombus terrestris* (Lihoreau et al., 2011).

Lihoreau et al. (2011) se zaměřili na druh čmeláků, u kterých zkoumali jejich reakce na vzdálenost ke krmným místům. Zjistili, že si častěji vyberou takové

krmné místo, které bude nejblíže. Upřednostňují tak cestu na krátké vzdálenosti, i když potravy tam může být méně než na květině, která je dále.

Mluvíme-li o atributové paměti, tak ta nemusí být natolik stálá a přesná, jako paměť prostorová. Síla atributové paměti se může měnit podle toho, jak důležité zdroje v dané oblasti jsou. Jedná-li se naopak o něco méně zásadního, neutrálního, tyto oblasti jsou následně opomíjené (Wolf et al., 2009).

Práce Wolfa et al. (2009) také podpořila výše zmíněné studie. Jejich studovaným objektem se stal *Cervus elaphus* a jeho pohybová ekologie. I zde se prokázalo, že paměť hraje hlavní roli ve výběru navštívených míst. Místa, kam se *C. elaphus* vraceli, byla atraktivnější a bezpečnější než místa, která už znovu nevyhledávali. Toto opět vypovídá o zapamatování si skutečností z daného místa a následné využití těchto získaných informací do budoucna.

Díky uchované paměti k danému místu se zvířata mohou do této lokality opět vrátit, je-li ekologicky kvalitní, nebo se mu naopak budou vyhýbat. Tak tomu je i u bizonů (*Bison bison*), kteří tyto paměťové smysly využívají pro návrat do ekologicky výhodných stanovišť (Merkle et al., 2014).

I včely medonosné si zachovaly své paměťové schopnosti, které využívají pro budoucí orientaci. Orientace potom spočívá ve vzpomínkách, podle kterých se vrací na místa se silným zdrojem potravy. Jedná se tedy o navigování založeném na minulých zkušenostech. Zároveň mezi sebou včely vnímají své chování. Hlavně chování po nalezení potravní příležitosti. Tyto nově získané veřejné informace zpracují a společně s jejich zkušenostmi, z minulých letů, si vytvoří prostorovou mapu (Menzel et al., 2011).

Musíme však brát v potaz kapacitu paměti. Ta je odvozena od důležitosti zapamatovaných dat. Jakmile nastane úpadek některých prostorových vzpomínek, může to mít za důsledek ovlivnění pohybu v krajině a tím snížení návštěvnosti dříve oblíbených míst (Avgar et al., 2013).

### 4.1.5 Neurobiologie

Důležitým posunem v chápání navigačních smyslů u zvířat bylo objevení neuronů souvisejících s orientací v prostoru. Tyto neurony jsou uloženy v hipokampální části mozku a slouží k zapamatování si nových míst (O'Keefe & Dostrovsky, 1971).

Hipokampus, jinak řečeno archikortex, je evolučně stará mozková kůra, jejíž propojení sestává v širší funkční síť. Tato síť je tvořena z *hippocampus proper, gyrus dentatus* a subikulárního komplexu (Amaral & Witter, 1989).

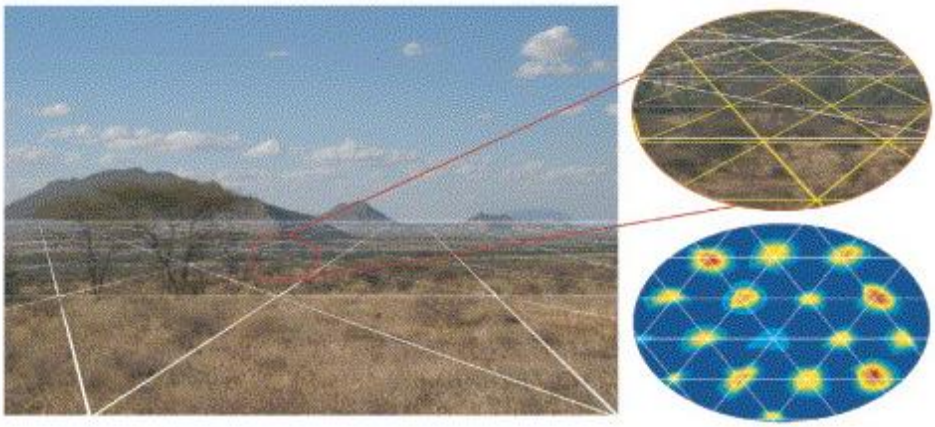
Ostatní oblasti mozkové kůry, jako je entorhinální kůra, perirhinální kůra a postrhinální kůra tvoří společně s hipokampusem tzv. komplex mediálního spánkového laloku (Eichenbaum, 2001).

Entorhinální kůra je hlavním informačním vstupem do hipokampu. S tím souvisí neurony, které jsou důležité pro již zmíněnou prostorovou aktivitu. Takzvané pyramidové neurony jsou označovány jako buňky místa (place cells). Tyto buňky mají za následek významné zvýšení vzruchové aktivity, která nastane ve chvíli, pokud se objekt (hlodavec) nachází v omezené části prostoru (O'Keefe, 1976). Společně s „place cells" korelují buňky směru hlavy (head direction cells), nacházející se v hipokampu (Taube et al., 1990).

V roce 2005 Hafting se svými kolegy udělali další posun v této oblasti. Při pozorování potkanů zjistili, že se v entorhinální kůře nacházejí prostorové mapy. Entorhinální kůra je tak hlavním zdrojem pro zpracování směrově orientované a topograficky uspořádané neurální mapy okolního prostředí (Hafting et al., 2005).

Tato mapa funguje na základě vytvoření virtuální sítě, která je složena z rovnostranných trojúhelníků. Forma této sítě pak pokrývá celý prostor, který zvířata právě zkoumají. Tato trojúhelníková síť je neustále v pohybu. Jednotlivé trojúhelníky mají možnost pohybu (posunu či otočení). Avšak nejdůležitějším faktorem je zde možnost změny velikosti jednotlivých dlaždic (trojúhelníků) nebo i dokonce celé mřížky. Ta se systematicky zvětšuje od dorsální až po ventrální část dorsocaudální mediální oblasti entorhinální kůry (Hafting et al., 2005).

Tyto trojúhelníkové mřížky by tak mohly mít za následek vytvoření si měřítka na vzdálenost až tisíce kilometrů v prostoru, který zrovna zvíře prozkoumává a ve kterém využívá navigační systémy (Hafting et al., 2005).



*Obrázek č. 4 – Rozdělení prostoru do rovnostranných trojúhelníků, na jejichž základě následně vzniká mapa okolního prostoru. Tato mřížka je ukotvena k vizuálním orientačním bodům. Teplejší barvy v modrém poli ukazují zvýšenou aktivitu neuronů, která je způsobená reakcí na zpracování informací z okolí (Hafting et al., 2005).*

### 4.1.6 Smyslové vjemy a jejich využití při orientaci

#### 4.1.6.1 Čichový aparát

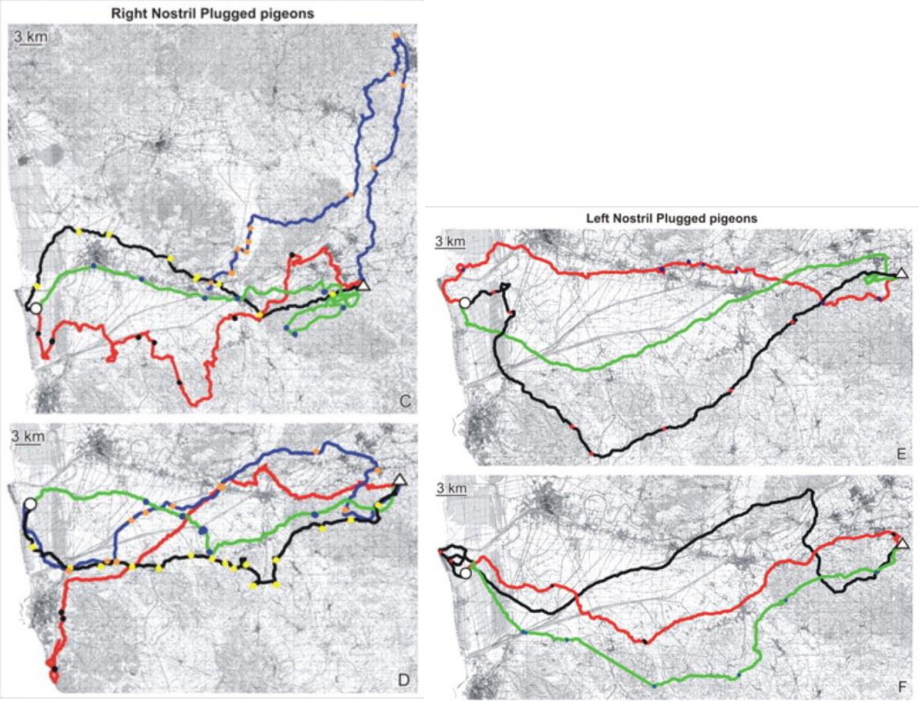
U psů je čichový aparát různorodý. Jednotlivá plemena psů se liší podle různě vyvinutých čichových schopností. Což je důsledkem šlechtění, které bylo prováděno pro určité pracovní využití. Psi, kteří byli vyšlechtěni pro sledování, mají nejlépe vyvinutý čich. Člověk má pachovou sliznici o ploše zhruba 5 $cm^2$, ale psi, určeni ke sledování, mají tuto sliznici o ploše 170 $cm^2$ (Hanzal et al., 2016). Jejich čichová sliznice obsahuje zhruba 22 milionů čichových buněk a část mozku, která se podílí na jejich zpracování váží přibližně 60 g. Pro porovnání s člověkem je tato sliznice čtyřikrát větší, než mají lidé a čichových buněk mají lidé pouze 5 milionů (Procházka, 1989). Tomu také odpovídá velikost čichové oblasti v mozku psa, která je větší. To jim umožňuje velice dobře rozeznat různé druhy pachů. Díky tomu mohou ze skupiny několika pachů vybrat ten pravý, který potřebují následovat. Například se může jednat o pach jeho majitele, kterého hledá v prostoru (Hanzal et al., 2016).

Čichová sliznice psů je velmi zvrásněná a tím vytváří záhyby. Na těchto záhybech se tak daleko četněji zachycují pachy (Taylor, 1994).

Psi rozhodně nejsou jediní tvorové, kterým čich slouží při orientaci ve svém okolí. Dalšími jsou například holubi. Holubi jsou pro své orientační schopnosti pozorováni už velmi dlouhou dobu. Jednou z jejich zajímavých vlastností je využívání čichového aparátu. Za jeho pomoci rozeznávají pachy na jejichž základě si sestaví „pachovou mapu“ svého okolí (Ioalè et al., 1990).

Stejně jako u lidí, tak i u holubů funguje čichový aparát tak, že pravá nosní dírka má lepší detekci pachů než levá nosní dírka. Pachy tedy nejsou oběma dírkami zpracovávány stejně (Gagliardo et al., 2011). Tato možnost využívání pravé nosní dírky k rozpoznání předmětů známých a neznámých byla již pozorována také u kuřat (Vallortigara & Andrew, 1994). Významnější interakce pravé nosní dírky byly pozorovány u naivních mladých holubů nežli u zkušených holubů (Gagliardo et al., 20011). Proto se Gagliardo et al. (2011) zaměřily na studii situace chování, která nastane po ucpání pravé či levé nosní dírky.

Holubi byli rozděleni do dvou skupin, kdy jedné skupině zacpaly gumovou zátkou pravou nosní dírku a druhé skupině levou nosní dírku. Následně sledovaly, jaký to bude mít vliv na jejich orientaci a pomocí GPS lokátoru porovnávali rozdíly mezi těmito skupinami. Z výsledků bylo patrné, že ptáci, kteří mají ucpanou pravou nosní dírku, tak ti nevolili přímou cestu. Jejich cesta byla klikatější a obsahovala větší množství zastávek. Zastávky dělali z toho důvodu, že jejich čichový smysl omezoval jejich pohyb. Proto přestávka v letu nebyla volena jen pro odpočinku, ale také pro to, aby mohli kroužit nad místem, kde zastavili, čímž zjišťovali navigační možnosti z okolí.




*Obrázek č. 5 – Trasy holubů z místa vypuštění (trojúhelník) domů (kruh). Na obrázku C a D jsou znázorněny trasy holubů (1 barva trasy = 1 holub), kteří měli zacpanou pravou nosní dírku. Obrázek E a F naopak ukazuje holuby, kteří měli pravou nosní dírku volnou. Jejich trasa není tolik klikatá a obsahuje méně zastávek (barevné body v jednotlivých trasách – barva neurčuje nic zásadního, je volena pro kontrastní rozlišení v dané trase) (Gagliardo et al., 2011).*

#### 4.1.6.2 Sluchové ústrojí

Sluch je po čichu druhým velice dobře vyvinutým smyslovým orgánem psa. Pes oproti člověku slyší až na šestkrát větší vzdálenost, a i rozsah vnímání zvuků je u psů větší. Pes vnímá tóny, které dosahují frekvence až 36 kHz. Kdežto lidské ucho vnímá frekvence pouze v rozsahu 16–20 kHz. Pro psa je tedy důležitější, při povelové technice, modulace tónu nežli význam slova (Hanzal et al., 2016).

Navzdory rozdílnosti tvaru uší napříč plemeny jsou sluchové smysly u všech plemen stejné (Taylor, 1994).

#### 4.1.6.3 Zrakový smysl

Oproti čichu a sluchu je tento smysl u psů vyvinutý méně. Víme, že psi mají oproti lidem dichromatické vidění (Miller & Murphy, 1995). To jim umožňuje vnímat odstíny modrého spektra (spektrální vrchol 555 nm) a žlutého spektra (spektrální vrchol 429 nm) (Jacobs et al., 1992). Ze starších studií vyplývalo, že psi nevnímají rozdíly mezi zelenou, žlutou a červenou barvou (Neitz et al., 1989). Novější výzkum z roku 2000 však poukazuje na možnost, že psi jsou schopni modrou, zelenou a červenou barvu rozeznat od šedé barvy (Tanaka et al., 2000).

Za šera jsou psi schopni lepšího vidění nežli lidé. To způsobuje hned několik faktorů. Jedním z nich je například přítomnost rhodopsinového proteinu, který je vysoce citlivý na světlo. Citlivost rhodopsinu na světlo je u psů o vlnových délkách 506 - 510 nm (Miller & Murphy, 1995). Jedním z dalších atributů, který zvyšuje citlivost na světlo, je přítomnost vrstvy *tapetum lucidum* v sítnici oka (Taylor, 1994).

V sítnici oka ptáků, ale také savců, se nachází kryptochrom, což je protein, který pomáhá s vnímáním magnetického pole Země. Tyto kryptochromy patří do skupiny flavoproteinů a absorbují modré světlo. Tato funkce je důležitá v cirkadiánních hodinách. U ptáků se tento kryptochrom nazývá Cry1a a u savců – psovitých šelem je to kryptochrom Cry1 (Nießner et al., 2016).

### 4.1.7 Lovečtí psi

Loveckým psem je podle zákona o myslivosti pes, který je loveckého plemene uznaného Mezinárodní kynologickou federací (FCI). Tento pes má průkaz původu a složil potřebnou zkoušku z výkonu (Petr, 2015).

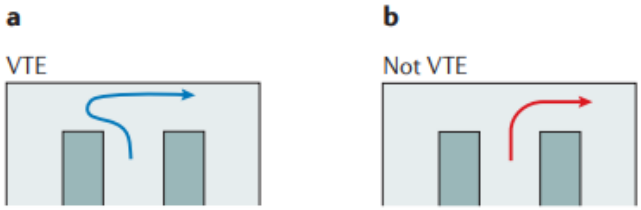
Historie domestikace psů je široká, ale již známá. Právě při lovu došlo ke spojení mezi psem a člověkem. Úkolem psů bylo zvěř vystopovat, vyplašit, pronásledovat, strhnout a následně donést pánovi. Tento proces je podobný i dnes a je zřejmé, že pro návrat k pánovi musí mít pes jisté orientační schopnosti (Coren et al., 2017).

Na lovecké psy bylo zaměřeno několik studií, které pozorovaly jejich chování ve spojitosti s magnetickým polem Země. Vnímání magnetického pole Země můžeme vidět na jejich každodenních potřebách. Jednou z těchto potřeb je například značkování terénu. Psi byli ovlivňováni stabilitou magnetického pole. Pokud bylo magnetické pole klidné, zarovnání jejich těl bylo podél severojižní osy. V momentě, kdy bylo magnetické pole nestabilní, bylo natočení jejich těl náhodné (Hart et al., 2013). O ovlivnění psů magnetickým polem Země se také uvažovalo ve spojení s lateralitou. Ve výzkumu z roku 2017 se prokázalo, že pokud má pes možnost výběru mezi miskou, která leží směrem na sever a miskou, která leží směrem k východu, volí si častěji severní umístění misky. Toto rozhodnutí je nazýváno jako „tah severu“ (Adámková et al., 2017). „Tah severu“ se pozoroval i nadále. Další studie byla provedena v magnetické cívce, kde se výběr misek umístěných na sever také potvrdil. V této studii se také ukázal „tah severu“ a zároveň „odpor jihu“ (Adámková et al., 2021).

## 4.2 „Vicarious trial and error“ (VTE)

VTE můžeme nazvat jako pomocné pokusy a omyly. Jedná se o příležitostné chování, které bylo pozorováno u potkanů. Projevuje se tak, že se potkani ve vybraných bodech v bludišti pozastaví a rozhlížejí se po bludišti. Jedná se o proces rozhodování, který lze popsat jako řetězec akcí v mezipaměti, které zvíře bude následně dělat v dané situaci. Jinak řečeno, VTE je odrazem chování základních uvažovacích procesů (Radish, 2016).

S myšlenkou o VTE si již v minulosti pohrával například Tolman (1939), který si všiml, že potkani využívají v určitém bodě bludiště možnost volby. Což vypadalo tak, že se potkan na chvilku zastavil a díval se tam a zpět (rozhlížel se). Tím vznikla spekulace o tom, že si potkani představují budoucí možnosti a toto chování bylo pak nazváno jako „zprostředkovaný pokus a omyl“ (Tolman, 1939).




*Obrázek č. 6 – Znázornění pohybu potkana ve chvíli, kdy použije VTE (**a**) a ve chvíli, kdy VTE nepoužije (**b**). Na obrázku **a** je patrné, že potkan využil možnost porovnání obou stran (Radish, 2016).*

Hlavní činností při studii VTE je sledování chování během jednotlivých procesů, které jsou důležité pro deliberativní i procesní rozhodování. Jakmile zvíře dosáhne opakovaně svého cíle, vytvoří se mu v mezipaměti řetězec akcí, které k úspěchu byly potřeba a tím automatizují své chování pro další pokusy. Tímto se vyznačuje procesní rozhodování (Dezfouli & Balleine, 2012).

VTE se u potkanů začne projevovat většinou hned v začátku učení nebo následně ve chvíli, kdy nastane nějaká změna, za kterou jsou však odměněni. Od tohoto chování se tedy odráží deliberativní procesy (O’Keefe & Nadel, 1978). Zprostředkovaný pokus a omyl je tedy odrazem zkušeností a znalostí potkanů. Jinak řečeno, jedná se o mentální model nebo kognitivní mapu prostředí. Vytvoření této

mapy potkanům umožňuje následné vyhodnocení budoucí aktivity ještě před přijetím rozhodnutí (Tolman, 1948).

Všechny výše zmíněné studie se tedy odvíjí od Tolmanova bludiště, kde testování začíná prvotním návykem zvířat na bludiště. To trvá několik dní a po navyknutí si, jsou potkani učeni tomu, aby zahýbali doleva směrem do západní části bludiště. V tomto případě dochází k VTE hned v rané fázi učení. Lze z toho také odvodit, že k VTE dojde ve chvíli, kdy se potkani naučí znát tvar bludiště. Znají tedy tvar, ale ještě nevědí, co mají v bludišti dělat. Pokud by dále v učení udrželi deliberativní strategii, tak by i nadále vykazovali VTE. Jestliže však přejdou do procesní strategie, tak už VTE nevykazují. Další možností, jak vykazovat VTE je, že úkoly budou zkonstruovány za použití odměny. Odměnu dostanou ve chvíli, kdy použijí deliberativní strategii (Gardner et al., 2013). Naopak VTE zmizelo ve chvíli, kdy už zvíře vědělo, co má dělat (automatizovalo), aby se dostalo k odměně. Tím se už tedy jednalo o procesní strategii (Schmidt et al., 2013).

Z těchto informací tedy víme, že k VTE dochází ve chvíli, kdy zvíře stojí před obtížnými a měnícími se úkoly. Pokud se potkanům dostává stabilně odměny, tak VTE zmizí z důvodu automatizace úkolu (Radish, 2016).

Z neurofyziologického hlediska je také důležité zaměřit se na hipokampus. Hipokampus potlačuje funkci VTE, hlavně v průběhu fáze učení. Zároveň může zvýšit expresi VTE v pozdějších fázích (Hu & Amsel, 1995). Nadále hipokampus způsobuje narušení chování ve chvíli, kdy nastane pauza. Toto chování u potkanů nastává v okamžiku, než vejdou do otevřené části bludiště. Z toho lze vyvodit, že hipokampus zabraňuje potkanům snadný přechod do fáze plánování a případně následné automatizace (Radish, 2016).

# 5. Metodika

## 5.1 Zdroj dat

Zdrojem dat pro vytvoření této diplomové práce byly video záznamy, které byly získány při vypracovávání bakalářské práce autorky v roce 2019 (Korbelová, 2019). Využitými daty jsou tedy jednotlivá videa, která byla vytvořena jako vizuální zdroj informací k trasám útěků. Každá trasa psa má svůj audio a video záznam, který byl pořízen akční kamerou Garmin VIRB Elite. K těmto záznamům byla ještě přidána další video data, která byla nasbírána v rámci podobných výzkumů. Celkem se tedy vyhodnocovaly video záznamy od 4 psů, jejichž základní údaje jsou uvedeny níže (Tabulka č. 1).

## 5.2 Studovaní psi

*Tabulka č. 1 – Charakteristika studovaných psů.*

** Lovecká zkušenost: 1- začátečník, 2 – pokročilý, 3- zkušený. ** NK – německý křepelák. *** JDrT – jezevčík drsnosrstý trpasličí*

| | **NK**** | **NK**** | **JDrT***** | **JDrT***** |
|---|---|---|---|---|
| **Jméno** | Barny | Dona | Hurvínek | Vendulka |
| **Datum narození** | 10.03.2015 | 12.4.2013 | 24.1.2011 | 25.3.2007 |
| **Pohlaví** | Pes | Fena | Pes | Fena |
| **Lovecká zkušenost (1-3)*** | 2 | 3 | 3 | 3 |
| **S PP** | ano | ano | ano | ano |
| **Původ/CHS** | Axally | x | Valentinka | Valentinka |
| **Barva** | hnědý bělouš | hnědá | divočáka | divočáka |

## 5.3 Zpracování tras

Trasy se zpracovávaly na podobném principu jako v bakalářské práci autorky (Korbelová, 2019). Základní údaje o trasách byly vygenerovány pomocí systému MatLab R2018a (The MathWorks, Inc.). Tento systém vygeneroval GPS pozici, čas začátku útěku, časovou délku útěku, délku v metrech, ale také bod návratu či jednotlivé azimuty v průběhu trasy.

## 5.4 Zpracování audio-video záznamů

Pro zpracování audio-video záznamů byl použit software, který byl vytvořený v prostředí MatLab R2018a (The MathWorks, Inc.). Tento software byl využitý k identifikaci předem definovaného chování psa – k rozpoznání zastávek psa. Zpracování bylo rozděleno do tří kroků. V první fázi se do systému MatLab nahrály potřebné soubory, které software zpracoval tak, že výsledkem byly dva výstupy: audio file a video file. S těmito výstupy se následně pracovalo ve druhém kroku, kde byly v těchto souborech podstatné ty momenty, kdy se pes pohyboval a kdy naopak ne. S tím byla spojena intenzita pohybu. Pokud nastala situace, kdy hodnoty rychlosti v jedné trase klesly výrazně nízko oproti ostatním rychlostem, stala se tato činnost naší oblastí zájmu. Tento úsek jsme následně označili a tím se spustil třetí krok. V rámci třetího kroku byly jednotlivé oblasti zájmu sestříhány do jednoho krátkého videa. Tento video záznam obsahoval místa zastavení (naše oblast zájmu) v jedné konkrétní trase.

## 5.5 Analýza dat

Pro analýzu dat byly použity sestříhané video soubory, které byly vytvořeny ve třetím kroku zpracování. V oblasti zájmu byl důležitý moment, kdy pes jednoznačně vykazoval VTE chování. Toto chování se projevovalo tak, že pes zastavil a pohyboval hlavou se strany na stranu, jako by se rozhlížel. Z další analýzy byly vyřazeny ty zastávky, ve kterých bylo zaznamenáno jiné chování

(např. koupání, pití, zpomalení z důvodu překážek v terénu apod.). Následně byly vyhodnoceny údaje z jednotlivých VTE zastávek. Vyhodnocoval se počet těchto zastávek v jedné trase a jejich délka. Další vyhodnocování bylo zaměřeno na chování v daném bodu zastavení. Zároveň bylo pozorováno, zda docházelo k VTE zastávkám při trackingu (návrat psa po vlastní stopě), scoutingu (návrat psa po nové trase) nebo v obou případech. Další analýza byla zaměřena na směr, kterým pes běžel před zastavením a následně na směr po zastavení. S tím byla také spojena analýza délky mezi jednotlivými zastávkami. Také bylo pozorováno, zda k těmto zastávkám dochází spíše v odchozí části trasy nebo v příchozí části trasy. Všechny získané informace byly zapisovány do programu MS Excel 2010.

## 5.6 Rozdělení zastávek v trasách

Zastávky byly rozděleny podle toho, jaké pes vykazoval chování v průběhu zastavení. První pozorovanou činností bylo zastavení z důvodu potřeb psa, tedy moment, kdy nevykazoval VTE chování. Tím je myšleno pití, urinace, válení nebo také zdolávání terénních překážek.

Další třídění zastávek bylo rozděleno do čtyřech skupin podle druhu chování. První možností bylo, že pes zastavil, ale nic nedělal (nerozhlédl se, nepil) a opět pokračoval v běhu stejným směrem jako před zastavením. Tato možnost je označena jako „NO“. Další tři možnosti jsou rozděleny podle znatelného pohybu hlavy v zastávkách (podle počtu rozhlédnutí se) na jedno rozhlédnutí („ONE“), dvě rozhlédnutí („TWO“) nebo více rozhlédnutí („MORE“). Jedno rozhlédnutí bylo pozorováno jako chování, které vykazovalo zastavení, podívání se k jedné straně a následné vyběhnutím tímto směrem („ONE A“). Další možností „ONE“ bylo, že pes zastavil, podíval se jedním směrem a poté vrátil hlavu zpět na střed a pokračoval ve stejném směru, kterým běžel před zastavením („ONE B“). Při rozhlédnutí se na dvě strany byl zaznamenán znatelný pohyb hlavy po zastavení na jednu stranu a následně na stranu druhou a tím směrem bylo také vyběhnuto. Čtvrtou možností byl vícenásobný pohyb hlavy ze strany na stranu. Toto chování bylo nazváno jako „MORE“.

## 5.7 Rozdělení zastávek podle otevřené mordy

Během zastávek se také pozorovalo, zda v jejich začátku dojde k zavření mordy. Jakmile se pes v trase zastavil, tak nastala chvíle, kdy pes mohl či nemusel mordu zavřít. Tyto možnosti byly roztříděny na ANO či NE a ke každé zastávce byla tato možnost přiřazena dle chování psa při zastavení.

## 5.8 Statistická analýza

Základní statistická data (průměrné hodnoty apod.) byla vyhodnocena v programu MS Excel 2010. Pro vyhodnocení směrových preferencí a odchylek byla použita cirkulární statistika v programu Oriana 4.02 (Kovach Computing Services).

# 6. Výsledky

## 6.1 Vyhodnocení chování psů během zastávek

Celkem bylo vyhodnoceno 195 tras. V těchto trasách psi udělali 635 zastávek, ve kterých vykazovali VTE chování a 63 zastávek za účelem splnění potřeb psa nebo zdolávání obtížného terénu. Bez zastávek se projevilo pouze 28 tras. Procentuální vyhodnocení využívání zastávek je 85,6 %. Tento výsledek je znázorněn v grafu č. 1. Průměrná délka tras bez použití zastávek je 529 m a průměrná délka tras s použitím zastávek je 1361 m. Tyto základní informace o délkách tras se zastavením a bez zastavení jsou uvedeny v tabulce č. 2. Celkových 635 zastávek bylo dále rozděleno podle druhu chování na „NO“, „ONE A“, „ONE B“ „TWO“ a „MORE“. Počty jednotlivých druhů zastávek jsou blíže upřesněny v tabulce č. 3. Zároveň jsou v další tabulce (Tabulka č. 4) uvedeny průměrné délky jednotlivých zastavení, kdy nejkratší průměrné zastavení psi vykazují v zastávkách „ONE A“ a trvá 2,2 s. Naopak nejdelší zastavení nastává při zastávkách „MORE“ a délka těchto zastávek je v průměru 10,5 s. Dále se vyhodnocovala situace v zastávkách, kdy pes zastavil a výrazně přivřel či na krátkou dobu úplně zavřel mordu. Procentuální využití zavírání mordy v zastávkách je 74,6 %. Tento výsledek je uvedeno v grafu č. 2.

*Graf č. 1 – Procentuální vyhodnocení tras s použitím zastávek (85,60 %) a bez použití zastávek (14,40 %) v průběhu trasy.*

*Tabulka č. 2 – Základní parametry tras s použitím zastávek a bez jejich použití.*

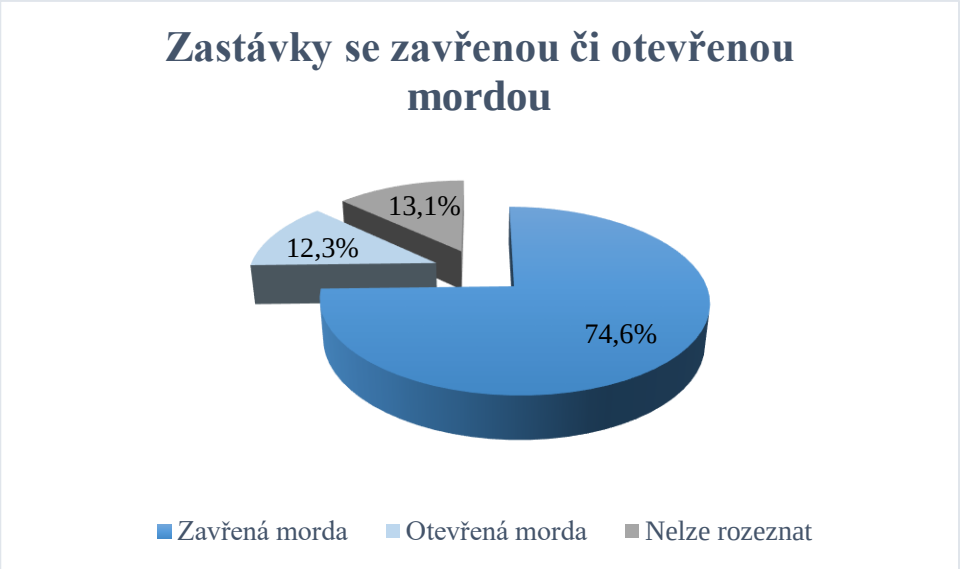
| | **Trasy bez zastavení** | **Trasy se zastávkou** |
|---|---|---|
| Prům. délka (m) | 529 | 1361 |
| MIN délka (m) | 201 | 156 |
| MAX délka (m) | 2010 | 7500 |

*Tabulka č. 3 – Počet zastávek rozdělených podle druhu chování.*

| **Počet zastávek daného typu** | |
|---|---|
| Zastávky bez chování VTE (pití apod.) | 63 |
| Nerozhlédl se (NO) | 67 |
| Rozhlédl se na jednu stranu (ONE A) | 282 |
| Rozhlédl se na jednu stranu (ONE B) | 100 |
| Rozhlédl se na dvě strany (TWO) | 83 |
| Rozdlédl se vícekrát (MORE) | 103 |

*Tabulka č. 4 – Základní hodnoty jednotlivých typů zastávek, ve kterých psi vykazovali VTE chování.*

| **Délka trvání zastávek** | | | |
|---|---|---|---|
| | PRŮM (s) | MIN (s) | MAX (s) |
| Délka zastavení "NO" | 2,4 | 1 | 10 |
| Délka zastavení "ONE A" | 2,2 | 1 | 12 |
| Délka zastavení "ONE B" | 3,0 | 1 | 6 |
| Délka zastavení "TWO" | 2,9 | 1 | 7 |
| Délka zastavení "MORE" | 10,5 | 3 | 82 |




*Graf č. 2 – Procentuální vyhodnocení situací, ve kterých docházelo k zavírání mordy při zastavení, případně kdy k tomuto chování nedošlo. V 74,6 % k zavření mordy došlo, ve 12,3 % k zavírání nedošlo. Zbylých 13,1 % je přiřazeno situaci, kdy nebylo možné toto chování rozpoznat (špinavá kamera, šero, slecho bránilo výhledu apod.).*

### 6.1.1 Zastávka „NO“

Zastávky, ve kterých nebylo použito rozhlížení, obsahuje celkem 47 tras z celkových 195. Průměrná délka tras s tímto způsobem chování je 1723,8 km.

### 6.1.2 Zastávka „ONE A“, „ONE B“

Druh zastávky „ONE A“ byl psy využit ve 117 trasách z celkových 195. Průměrná délka těchto tras je 1339,2 km. Zastávky „ONE B“ byly psy využity v 51 trasách a jejich průměrná délka je 1668,1 km.

### 6.1.3 Zastávka „TWO“

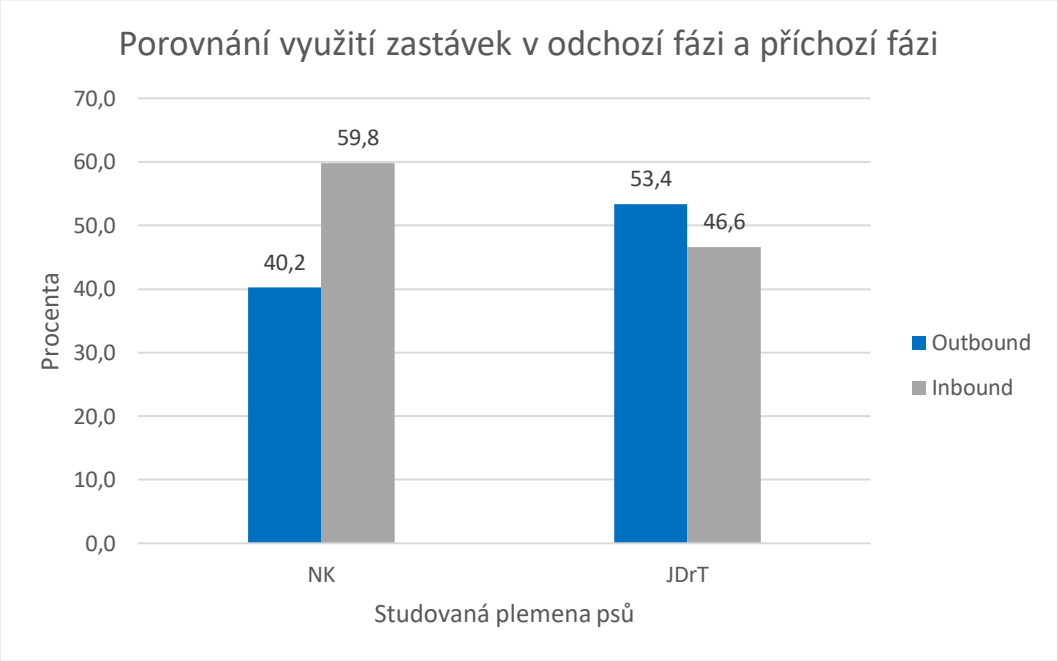
Zastávky s rozhlédnutím na dvě strany byly použity v 62 trasách. Průměrná délka těchto tras je 1489,2 km.

### 6.1.4 Zastávka „MORE“

Zastávky, ve kterých psi využili vícenásobné rozhlížení, byly použity v 50 trasách. Průměrná délka těchto tras je 2406,2 km.

## 6.2 Rozdíly chování v zastávkách mezi studovanými plemeny psů

Mezi studovanými plemeny (NK a JDrT) se projevily rozdílnosti ve využívání zastávek v příchozích a odchozích částech trasy. Němečtí křepeláci využívali zastávky častěji v příchozích částech trasy a to z 59,8 %. Naopak jezevčíci více využívali zastávky v odchozí části trasy, a to celkem v 53,4 %. Graf č. 3 znázorňuje, kdy a u kterého plemene jsou zastávky využívány.




*Graf č. 3 – Procentuální vyhodnocení využívání zastávek v odchozí fázi útěku (Outbound) a příchozí fázi útěku (Inbound)) a jejich porovnání mezi studovanými plemeny. Německý křepelák (NK) využívá častěji zastávky v příchozí fázi útěku, naopak jezevčíci (JDrT) vykazují častější zastavení v outbound fázi útěku.*

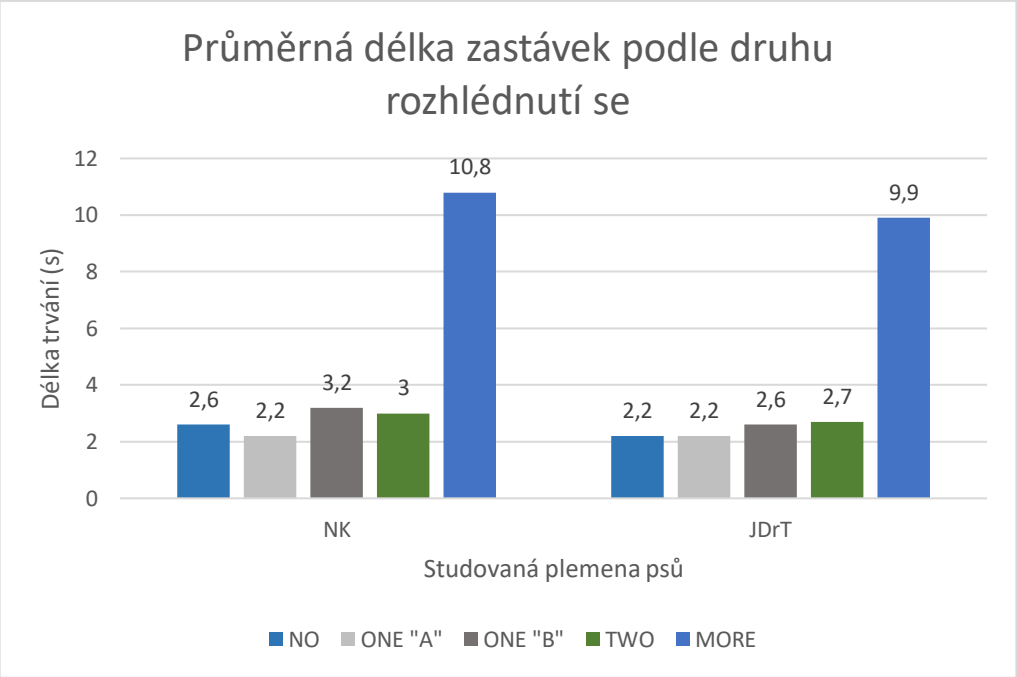
### 6.2.1 Německý křepelák

Němečtí křepeláci (dále jen NK), využili nejčastěji při zastávkách rozhlížení „ONE A“. Celkem bylo toto chování vypozorováno ve 136 případech z 356 zastávek. Využití tohoto chování je tedy 38,2 %. Dalším nejčastějším chováním při

zastavení bylo vícenásobné rozhlédnutí se „MORE“, a to bylo u NK využito v 75 případech, což je 21,0 %. Možnost, že se NK zastavili a rozhlíželi se jednou („ONE B“) byla vypozorována u 54 zastávek. Využití tohoto chování je 15,2 %. Rozhlížení se na dvě strany („TWO“) bylo využito v 53 zastávkách, což je z celkového počtu 356 zastávek 14,9 %. V 38 zastávkách nastala situace, kdy se NK zastavili, ale nikam se nerozhlédli („NO“) a opět pokračovali stejným směrem. Těchto 38 zastávek je z celkového počtu 356 zastávek 10,7 %. Průměrná doba jednotlivých zastávek je u NK delší než u jezevčíků. Nejdelší strávený čas v zastávkách NK projevili při vícenásobném rozhlížení se („MORE“). Čas zde strávený je v průměru 10,8 s. Naopak nejkratšími zastávkami se jeví takové zastávky, kde se psi rozhlédli jen jednou „ONE A“. Doba trvání takovýchto zastávek je v průměru 2,2 s. Všechny průměrné délky jednotlivých zastávek jsou zaznamenány v grafu č. 4.

### 6.2.2 Jezevčík drsnosrstý trpasličí

Během zastávek v trasách jezevčíků se nejčastěji projevilo chování s rozhlédnutím se na jednu stranu („ONE A“). Tento způsob rozhlédnutí byl využit ve 146 případech z celkových 279 zastávek. Využití tohoto chování je tedy 52,3 %. Druhým nejčastějším chováním při zastavení bylo rozhlédnutí se na jednu stranu („ONE B“). Toto chování bylo psy využito ve 46 případech z 279. Tento výsledek je 16,5 %. V pořadí třetím nejčastěji pozorovaným chováním u jezevčíků je rozhlédnutí se na dvě strany („TWO“). Tato možnost byla jezevčíky využita při 30 zastávkách. Z celkového počtu 279 zastávek to je 10,8 %. Nerozhlídnutí se („NO“) jezevčíci využili v 29 případech, což je 10,4 %. Vícenásobné rozhlížení („MORE“) bylo využito v 28 zastávkách. Využití tohoto chování je 10,0 %. Průměrná doba zastávek s daným druhem chování je u jezevčíků kratší. Nejdéle se jezevčíci zastavili, když využili vícenásobného rozhlížení se („MORE“). Doba trvání těchto zastávek je v průměru 9,9 s. Na druhou stranu, nejkratší zastávky jezevčíci vykazovali při použití rozhlížení se jen na jednu stranu („ONE A“) a při nerozhlížení se („NO“). Délka trvání těchto zastávek je v průměru 2,2 s. Na průměrné délky zastávek poukazuje graf č. 4.




*Graf č. 4 – Porovnání doby trvání jednotlivých zastávek rozdělených podle druhu chování – rozhlížení se. Obě studovaná plemena vykazují průměrně stejnou délku zastávek typu ONE „A“, která je 2,2 s. U jezevčíků je tato hodnota totožná i se zastávkami typu „NO“. Naopak nejdelšími zastávkami u obou plemen se jeví takové zastávky, kde pes stojí a rozhlíží se vícekrát (MORE).*

## 6.3 Vyhodnocení směrových odchylek

K vyhodnocení směrových odchylek bylo použito celkem 56 tras, ve kterých psi vykazovali návratovou strategii scouting. V těchto trasách bylo celkem 157 zastávek, kdy v průměru připadají 3 zastávky na jednu trasu (Tabulka č. 5). Ostatní trasy pro tuto analýzu nebyly vyhodnocovány z důvodu použití trackingu nebo jiných odlišných chování od scoutingu. Jelikož je velikost vzorku mezi jednotlivými psy nerovnoměrná, tak bylo jejich rozdělení na jednotlivé podvzorky nemožné. Z toho důvodu bylo všech 157 zastávek spojeno dohromady a analyzováno jako jeden celek. Tabulka č. 6 ukazuje základní hodnoty sloučených zastávek, kde byl určen medián vzdálenosti mezi zastávkami 90 m a medián délky zastávek 3 s.

*Tabulka č. 5 – Základní charakteristika zastávek v návratové strategii scouting, rozdělených mezi všechny 4 studované jedince.*

| Psi | Trasy s 1 zastávkou | Trasy s 2 zastávkami | Trasy s 3 zastávkami | Trasy s 4 zastávkami | Trasy s 5 zastávkami | Trasy s 6 zastávkami | Trasy celkem | Zastávky celkem | Délka zastávek / trasa |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Barny | 15 | 10 | 11 | 11 | 10 | 35 | 27 | 92 | 3,4 |
| Dona | 6 | 6 | / | 1 | / | 1 | 11 | 14 | 1,3 |
| Hurvínek | 2 | 2 | 4 | 2 | 3 | 30 | 14 | 43 | 3,1 |
| Vendulka | 2 | / | 1 | / | 1 | 4 | 4 | 8 | 2,0 |
| Celkem | 25 | 18 | 16 | 14 | 14 | 70 | 56 | 157 | 2,8 |

*Tabulka č. 6 – Základní hodnoty statistické analýzy pro sloučené zastávky*

| Azimut ze zastávky do cíle | Všechny zastávky |
|---|---|
| Počet zastávek | 157 |
| Střední vektor (μ) | 48° |
| Délka středního vektoru (r) | 0.03 |
| Kruhová směrodatná odchylka | 152° |
| Rayleigh Test (p) | 0.87 |

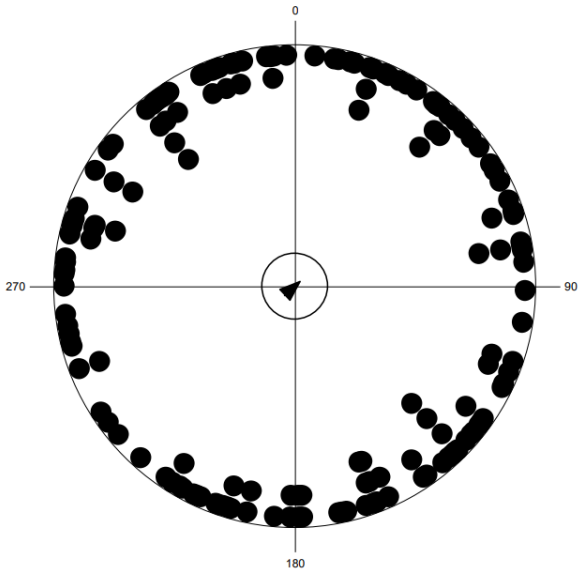
### 6.3.1 Analýza směrů a směrových preferencí během zastávek

Směr, kterým byl majitel, tedy výsledný azimut k cíli počítaný ze všech zastávek, byl náhodný. (Obrázek č. 7, tabulka č. 7).

Rozdíl mezi azimutem k cíli a azimutem, kterým pes skutečně vybíhal ze zastávek (tzn. jak přesně pes odhadl směr, ve kterém se nachází majitel) byl v průměru 18° (Obrázek č. 8, tabulka č. 8).

Pokud pes po zastávce vyběhl severně (316° – 45°), potřeboval udělat další zastávku až po průměrně 508 m. Pokud došlo v tomto běhu k odchýlení se od správného směru, uvědomil si pes chybu už po 142 m a následně svůj směr zkorigoval. Na druhou stranu, když pes vyběhl jiným než severním směrem (46° - 135°; 136° - 225°; 226° - 315°), jeho další zastávka byla dříve, a to v průměru po 155 m. Pokud se ze směru k majiteli odchýlil a začal se pohybovat špatným směrem, trvalo mu průměrně 336 metrů, než si této chyby všiml (Tabulka č. 9).

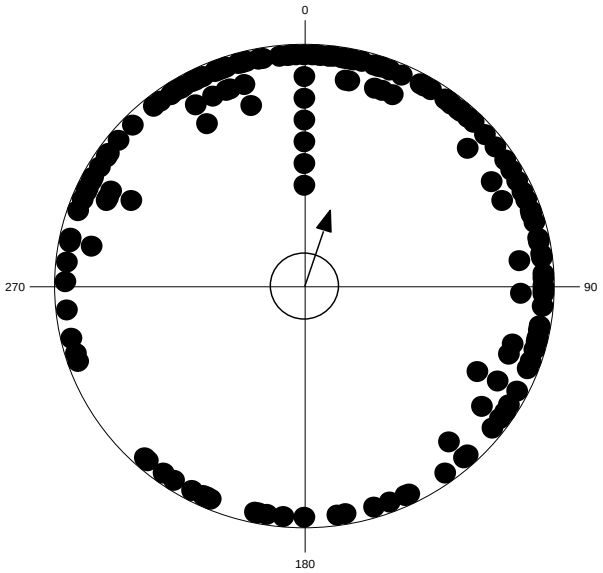
Pokud pes při návratu běžel severním směrem a držel správný azimut (odchylka < ± 45°), další zastávku potřeboval v průměru až po 132 m. Pokud se za této situace od správného azimutu odchýlil, všiml si toho už po 54 m. Naopak, pokud se pohyboval v ostatních směrech, potřeboval v případě správného azimutu další zastávku už po 90 m a v případě odchýlení se od správného směru si chyby všiml až po 82 m. (Tabulka č. 10).




*Obrázek č. 7 – Vyhodnocení polohy majitele . Každý bod znázorňuje polohu majitele a psa. Vnitřní kruh znázorňuje 5 % hladinu významnosti a šipka znázorňuje směr a délku výsledného vektoru.*

*Tabulka č. 7 - Výsledky statistické analýzy náhodného postavení majitele v průběhu celého měření.*

| Course (= azimuth to the goal") | Azimuth to goal |
|---|---|
| Number of Observations | 157 |
| Mean Vector (μ) | 48,099° |
| Length of Mean Vector (r) | 0,03 |
| Circular Standard Deviation | 151,881° |
| 95 % Confidence Interval (-/+) for μ | 195,402° |
| | 260,797° |
| 99 % Confidence Interval (-/+) for μ | 128,589° |
| | 327,609° |
| Rayleigh Test (Z) | 0,139 |
| Rayleigh Test (p) | 0,87 |




*Obrázek č. 8 – Vyhodnocení směru, kterým pes vybíhal ze zastávek v rozdílnosti se směrem, kterým byla poloha majitele. Tato hodnota je 18°. Jednotlivé body znázorňují směr pohybu psa, poloha majitele je vztažena k nule. Vnitřní kružnice znázorňuje 5 % hladinu významnosti a šipka znázorňuje délku a směr výsledného vektoru.*

*Tabulka č. 8 – Výsledky statistické analýzy pro vyhodnocení směru, kterým pes vybíhal ze zastávek v rozdílnosti se směrem, kterým byla poloha majitele.*

| Heading error | All dogs |
|---|---|
| Data Type | Angles |
| Number of Observations | 157 |
| Mean Vector (μ) | 17,89° |
| Length of Mean Vector (r) | 0,33 |
| Circular Standard Deviation | 85,278° |
| 95% Confidence Interval (-/+) for μ | 359,248° |
| | 36,532° |
| 99% Confidence Interval (-/+) for μ | 353,392° |
| | 42,388° |
| Rayleigh Test (Z) | 17,132 |
| Rayleigh Test (p) | 0,0000000363 |

*Tabulka č. 9 – Rozdělení průměrné vzdálenosti mezi zastávkami podle toho, jakým směrem pes vybíhal a rozdělení průměrné vzdálenosti, po které si pes všiml případné chyby.*

| Segmenty kompasu | Azimut po zastávce | Azimut do cíle |
|---|---|---|
| 315°- 45° (S) | 508 m | 142 m |
| Ostatní segmenty (V, J, Z) | 155 m | 336 m |

*Tabulka č. 10 – Vzdálenosti mezi zastávkami ve vztahu k azimutu a přesnosti.*

| | Azimut do cíle | |
|---|---|---|
| Rozdíl mezi "azimut po" mínus "azimut do cíle" | Sever | Ostatní segmenty (V, J, Z) |
| Správně (pokud je rozdíl <± 45°) | 132 m | 90 m |
| Špatně (pokud je rozdíl >± 45°) | 54 m | 82 m |

# 7. Diskuze

Výskyt krátkých zastávek během návratu k majiteli byl pozorován u 4 jedinců. Jednalo se o 2 německé křepeláky a 2 jezevčíky drsnosrsté trpasličí. Individuální vycházky se psy probíhaly již v minulých letech v rámci vypracovávání bakalářské práce a obdobných prací. Celkem se vyhodnocovalo 195 tras. Z tohoto počtu bylo 28 tras bez zastavení a byly z další analýzy vyloučeny. Ke každé trase byl k dispozici audio-video záznam, ze kterého byla získána podrobná data o chování psů během zastávek.

Vyhodnocení zastávek ukázalo, že se psi na krátkou chvíli zastaví a rozhlížejí se. Tento okamžik by pro psy mohl být momentem, kdy u nich nastane proces rozhodování o tom, co pes bude následně v dané situaci dělat. Podobné chování bylo popsáno také u potkanů (Radish, 2016). Toto chování bylo pozorováno v průběhu všech tras, a to bez ohledu na to, zda se jednalo o první či poslední trasu studovaného jedince. To poukazuje na to, že se toto chování projevuje hned v prvopočátku učení. Stejný typ chování vykazují i potkani (O'Keefe & Nadel, 1978). I když bylo „rozhlížení se" použito ve všech trasách se zastávkami, nemůžeme mluvit o tom, že by psi automatizovali své chování na základě úspěšnosti návratů v předchozích trasách. A to proto, že útěky neprobíhaly na jednom místě, kde by se mohla trasa případně opakovat. Tomuto chování psů lze tedy přisuzovat deliberativní strategii jednotlivých procesů v rámci každé trasy (Dezfouli & Balleine, 2012). V opačném případě, když by psi automatizovali, bylo by použito procesní chování, jak tomu je i u potkanů, kteří jsou testováni v bludišti (Schmidt et al., 2013).

Další vlastností, kterou psi vykazují při zastavení, je přivření či úplné zavření mordy. K tomuto chování došlo v 75 % zastávek, což je značná většina. Ale proč tomu tak je? Napomáhá jim částečné přerušení vnímání pomocí jednoho smyslu k lepšímu vnímání pomocí smyslu druhého? Může to tak být. Stejně tak je také možné, že k tomu dochází z důvodu přesnějšího odvození pachových stop, které by nemuselo být tak přesné při zapojení dýchání (Bräuer & Blas, 2021). To by se mohlo dít při využívání návratové strategie tracking, ale při návratové strategii scouting, to je méně pravděpodobné, a to z toho důvodu, že zde žádné pachové stopy, podle kterých by se pes mohl během návratu orientovat, nejsou k dispozici.

S tímto také souvisí jedna podstatná otázka, a to taková, zda psi mohou dýchat a čichat společně? To je otázka, kolem které probíhá nepřetržitá diskuze mezi vědci zabývajícími se touto problematikou (Gazit & Terkel, 2003).

Další analýza se zabývala posouzením směrové odchylky a jejím vlivem na úspěšnost návratu k majiteli. K tomuto vyhodnocení bylo použito 56 tras v návratové strategii scouting. Trasy s využitím návratové strategie tracking (po vlastní stopě) nebyly do této analýzy zahrnuty, protože pes během této strategie nesleduje a nepotřebuje korigovat směr k majiteli, jelikož se drží svojí stopy. Bylo zde zjištěno, že když psi běželi severním směrem, tak lépe drželi kurz svého běhu. Korigování tohoto kurzu nastávalo až po delší době, než tomu bylo v případě běhů jinými směry. Tento výsledek by mohl potvrzovat, že preference některých směrů může psům napomáhat při orientaci v prostoru (Hart et al., 2013; Benediktová et al., 2020).

Zároveň, pokud psi běželi po zastávce severním směrem a z nějakého důvodu se odchýlili od správného směru, dokázali tuto chybu daleko dříve detekovat (už po 142 m) a svůj směr opět zkorigovat. Pokud došlo k chybě ve směru běhu v ostatních směrech, zjištění této chyby nastalo později (až po 336 m). Tuto směrovou preferenci určující snadnější rozpoznání chybovosti lze pozorovat také u lišek, kterým se zvyšuje jejich úspěšnost lovu, pokud jsou jejich skoky v severovýchodním směru (Červený et al., 2011). Jinými slovy, pokud pes vybíhal ze zastávek severním směrem, potřeboval během návratu méně zastávek a případných chyb si všiml dříve. Výhodnost zarovnání podél severojižní magnetické osy byla potvrzena ve studii zaměřené na homing loveckých psů, kde toto zarovnání zvyšovalo efektivitu návratu během scoutingu (Benediktová et al., 2020).

Porovnáním směrů, kterými psi vyráželi po zastávce se směry, kterými byl majitel (a tedy cíl), bylo zjištěno, že odchylka směrem k cíli činila jen 18°. Pokud by krátké zastávky nesloužily ke kontrole směru při homingu, odchylka by měla být daleko větší a byla by pravděpodobně v náhodných směrech. Velikost odchylky jen 18 ° se dá interpretovat i tak, že pes po zastávce začal opět běžet správným směrem k majiteli.

# 8. Závěr

Cílem práce bylo zjistit, zda lovečtí psi využívají krátké zastávky ke kontrole směru při homingu a dále popsat chování psů v průběhu těchto zastávek.

V práci bylo zjištěno, že zastávky opravdu slouží ke kontrole směru, protože rozdílnost mezi azimuty po zastávce a azimuty k cíli byla velice malá (18°) a tím psi vyráželi ze zastávek poměrně přesně směrem k majiteli.

Dále bylo zjištěno, že psi nepotřebují tak časté kontroly (vzdálenost mezi zastávkami je delší) pokud po zastávce běží v severním segmentu (výseč 316° - 45°). Zároveň případná chyba, tj. odchýlení se od správného směru, byla zjištěna dříve, než když pes běžel jinými směry. Což znamená, že psi při běhu severním směrem jsou schopni rychleji zjistit případnou chybu a udělat korekci.

V této práci se objevily velmi zajímavé poznatky (náznaky trendů) a určitě by bylo vhodné v tomto výzkumu pokračovat s větším počtem sledovaných psů, což už bohužel překračuje rozsah diplomové práce. Lze říci, že výsledky této práce potvrzují, že psi skutečně krátké zastávky využívají pro kontrolu směru při homingu. Navíc bylo zjištěno, že během navigace psi využívají i magnetické pole Země, protože pohyb v určitých směrech zvyšuje efektivitu návratu.

# 9. Seznam literatury a použitých zdrojů


1. ABLE, K. P. The concepts and terminology of bird navigation. *Journal of Avian Biology.* 2001, 32(2), 174-183. ISSN 09088857.

2. ADÁMKOVÁ, J., BENEDIKTOVÁ K., SVOBODA J., BARTOŠ L., VYNIKALOVÁ L., NOVÁKOVÁ P., HART V., PAINTER M. S., BURDA H. Turning preference in dogs: North attracts while south repels. *PLOS ONE*. 2021, 16(1). ISSN 19326203.

3. ADÁMKOVÁ, J., SVOBODA, J., BENEDIKTOVÁ, K., MARTINI, S., NOVÁKOVÁ, P., TŮMA, D., KUČEROVÁ, M., DOVIŠOVÁ, M., BEGALL, S., HART, V., BURDA, H. Directional preference in dogs: Laterality and "pull of the north". *PLOS ONE*. 2017, vol 12, no. 9. ISSN 1932-6203.

4. ÅKESSON, S. Avian Long-Distance Navigation: Experiments with Migratory Birds. Avian Migration. Berlin, *Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg*, 2003, 471-492. ISBN 978-3-642-07780-7.

5. ÅKESSON, S., HANSSON, A. L. Animal Movement Across Scales. 2014-08-21. Doi:10.1093/acprof:oso/9780199677184.001.0001

6. AMARAL, D.G., WITTER, M. P. The three-dimensional organization of the hippocampal formation: A review of anatomical data. *Neuroscience.* 1989, 31(3), 571-591. ISSN 03064522.

7. AVGAR, T., DEARDON, R., FRYXELL, J. M. An empirically parameterized individual based model of animal movement, perception, and memory. *Ecological Modelling*. 2013, 251, 158-172. ISSN 03043800.

8. BANNERMAN, D. M., BUS, T., TAYLOR, A., SANDERSON, D. J., SCHWARZ, I., JENSEN, V., HVALBY, Ø., RAWLINS, J. N. P., SEEBURG, P. H., SPRENGEL, R. Dissecting spatial knowledge from spatial choice by hippocampal NMDA receptor deletion. *Nature Neuroscience*. 2012, 15(8), 1153-1159. ISSN 1097-6256.

9. BENEDIKTOVÁ, K., ADÁMKOVÁ, J., SVOBODA, J., PAINTER, M. S., BARTOŠ, L., NOVÁKOVÁ, P., VYNIKALOVÁ, L., HART, V., PHILLIPS, J., BURDA, H. Magnetic alignment enhances homing efficiency of hunting dogs. *ELife.* 2020, 9(1). ISSN 2050-084X.

10. BRÄUER, J., BLASI, D. Dogs display owner-specific expectations based on olfaction. *Scientific Reports*. 2021, 11(1). ISSN 2045-2322.

11. COREN, S. *Inteligence psů: průvodce myšlením, emocemi a vnitřním životem našich psích společníků.* Vydání třetí (v Euromedia Group první). Praha: Euromedia, 2017, 296 s. Esence. ISBN 978–80–7549–174–9.

12. CRAIGON, P. J., HOBSON - WEST, P., ENGLAND, G. C. W., WHELAN, C., LETHBRIDGE, E., ASHER, L., ROSENFELD, S. C. "She's a dog at the end of the day": Guide dog owners' perspectives on the behaviour of their guide dog. *PLOS ONE.* 2017, 12(4). ISSN 1932-6203.

13. CSILLÉRY, K., BLUM M. G. B., GAGGIOTTI O. E., FRANÇOIS, O. Approximate Bayesian Computation (ABC) in practice. *Trends in Ecology & Evolution*. 2010, 25(7), 410-418. ISSN 01695347.

14. ČERVENÝ, J., BEGALL, S., KOUBEK, P., NOVÁKOVÁ, P., BURDA, H. Directional preference may enhance hunting accuracy in foraging foxes. *Biology Letters.* 2011, vol 7, no. 3, s. 355-357. ISSN 1744-9561.

15. DEZFOULI, A., BALLEINE, B. W. Habits, action sequences and reinforcement learning. *European Journal of Neuroscience*. 2012, 35(7), 1036-1051. ISSN 0953816X.

16. EICHENBAUM, H. The Hippocampus as a Cognitive Map … of Social Space. *Neuron*. 2015, 87(1), 9-11. ISSN 08966273.

17. EICHENBAUM, H. The hippocampus and declarative memory: cognitive mechanisms and neural codes. *Behavioural Brain Research*. 2001, 127(1-2), 199-207. ISSN 01664328.

18. ETIENNE, A. S., MAURER R., SÉGUINOD, V. Path integration in mammals and its interaction with visual landmarks. *Journal of Experimental Biology*. 1996, 199(1), 201-209. ISSN 00220949.

19. FAGAN, W. F., LEWIS, M. A., AUGER-MÉTHÉ, M., AVGAR, T., BENHAMOU, S., BREED, G. A., LADAGE, L. D., SCHLÄGEL., U., TANG, W., PAPASTAMATIOU, Y. P., FORESTER, J., MUELLER, T. Spatial memory and animal movement. *Ecology Letters*. 2013, 16(10), 1316-1329. ISSN 1461023X.

20. FRONHOFER, E. A., PASURKA, H., POITRINEAU, K., MITESSER, O., POETHKE, H. J. Risk sensitivity revisited: from individuals to populations. *Animal Behaviour*. 2011, 82(4), 875-883. ISSN 00033472.

21. FROST, B. J., MOURITSEN, H. The neural mechanisms of long distance animal navigation. *Current Opinion in Neurobiology*. 2006, 16(4), 481-488. ISSN 09594388.

22. FROST, B. J., WYLIE. D. R. W. A Common Frame of Reference for the Analysis of Optic Flow and Vestibular Information. *Neuronal Processing*

*of Optic Flow.* Elsevier, 2000, 2000, 44, 121-140. International Review of Neurobiology. ISBN 9780123668448.

23. GAGLIARDO, A., FILANNINO, C., IOALE, P., PECCHIA, T., WIKELSKI, M., VALLORTIGARA, G. Olfactory lateralization in homing pigeons: a GPS study on birds released with unilateral olfactory inputs. *Journal of Experimental Biology*. 2011, 214(4), 593-598. ISSN 0022-0949.

24. GARDNER, R. S., UTTARO, M. R., FLEMING, S. E., SUAREZ, D. F., ASCOLI, G. A., DUMAS, T. C. A secondary working memory challenge preserves primary place strategies despite overtraining. *Learning & Memory.* 2013, 20(11), 648-656. ISSN 1072-0502.

25. GAUNET, F, BESSE, S., SUTHERLAND, R. Guide dogs' navigation after a single journey: A descriptive study of path reproduction, homing, shortcut and detour. *PLOS ONE*. 2019, 14(7). ISSN 1932-6203.

26. GAUTESTAD, A. O., LOE, L. E., MYSTERUD, A., COULSON, T. Inferring spatial memory and spatiotemporal scaling from GPS data: comparing red deer Cervus elaphus movements with simulation models. *Journal of Animal Ecology*. 2013, 82(3), 572-586. ISSN 00218790.

27. GAZIT, I., TERKEL, J. Domination of olfaction over vision in explosives detection by dogs. *Applied Animal Behaviour Science*. 2003, 82(1), 65-73. ISSN 01681591.

28. HAFTING, T., FYHN, M., MOLDEN, S., MOSER, M. B., MOSER, E. I. Microstructure of a spatial map in the entorhinal cortex. *Nature*. 2005, 436(7052), 801-806. ISSN 0028-0836.

29. HANZAL, V. *Myslivost I*. I. vydání. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze ve spolupráci s Druckvo, spol. s r.o., 2016. ISBN 978-80-213-2637-8.

30. HART, V., NOVÁKOVÁ, P., MALKEMPER, E. P., BEGALL, S., HANZAL, V., JEŽEK, M., KUŠTA, T., NĚMCOVÁ, V., ADÁMKOVÁ, J., BENEDIKTOVÁ, K., ČERVENÝ, J., BURDA, H. Dogs are sensitive to small variations of the Earth's magnetic field. *Frontiers in Zoology*. 2013, vol 10, no. 1. ISSN 1742-9994.

31. HEPPER, P. G., WELLS, D. L. How Many Footsteps Do Dogs Need to Determine the Direction of an Odour Trail? *Chemical Senses*. 2005, 30(4), 291-298. ISSN 1464-3553.

32. HU, D., AMSEL, A. A simple test of the vicarious trial-and-error hypothesis of hippocampal function. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 1995, 92(12), 5506-5509. ISSN 0027-8424.

33. IOALÈ, P., NOZZOLINI, M., PAPI, F. Homing pigeons do extract directional information from olfactory stimuli. *Behavioral Ecology and Sociobiology*. 1990, 26(5), 301-305. ISSN 0340-5443.

34. JACOBS, G. H., DEEGAN, J. F., CROGNALE, M. A., FENWICK, J. A. Photopigments of dogs and foxes and their implications for canid vision. *Visual Neuroscience*. 1993, 10(1), 173-180. ISSN 0952-5238.

35. LIHOREAU, M., CHITTKA, L., RAINE, N. E. Trade-off between travel distance and prioritization of high-reward sites in traplining bumblebees. *Functional Ecology*. 2011, 25(6), 1284-1292. ISSN 02698463.

36. LOHMANN, K. J. Regional Magnetic Fields as Navigational Markers for Sea Turtles. *Science*. 2001, 294(5541), 364-366. ISSN 00368075

37. MCDOWALL, R.M. The evolution of diadromy in fishes (revisited) and its place in phylogenetic analysis. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*. 1997, 7(4), 443-462. ISSN 09603166.

38. MENZEL, R., FUCHS, J., NADLER, L., WEISS, B., KUMBISCHINSKI, N., ADEBIYI, D., HARTFIL, S., GREGGERS, U. Dominance of the odometer over serial landmark learning in honeybee navigation. *Naturwissenschaften.* 2010, 97(8), 763-767. ISSN 0028-1042.

39. MENZEL, R., KIRBACH, A., HAASS, W. D., FISCHER, B., FUCHS, J., KOBLOFSKY, M., LEHMANN, K., REITER, L., MEYER, H., NGUYEN, H., JONES, S., NORTON, P., GREGGERS, U. A Common Frame of Reference for Learned and Communicated Vectors in Honeybee Navigation. *Current Biology*. 2011, 21(8), 645-650. ISSN 09609822.

40. MERKLE, J. A., FORTIN, D., MORALES, J. M., GRETHER, G. A memory-based foraging tactic reveals an adaptive mechanism for restricted space use. *Ecology Letters*. 2014, 17(8), 924-931.

41. MINIACI, M. C., DE LEONIBUS, E. Missing the egocentric spatial reference: a blank on the map. *F1000Research*. 2018, 7(1). ISSN 2046-1402.

42. MOURITSEN, H., FEENDERS, G., LIEDVOGEL, M., KROPP, W. Migratory Birds Use Head Scans to Detect the Direction of the Earth's Magnetic Field. *Current Biology*. 2004, 14(21), 1946-1949. ISSN 09609822.

43. MOURITSEN, H., FROST, B. J. Virtual migration in tethered flying monarch butterflies reveals their orientation mechanisms. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2002, 99(15), 10162-10166. ISSN 0027-8424.

44. MOU, W., MCNAMARA, T. P., VALIQUETTE, C. M., RUMP, B. Allocentric and Egocentric Updating of Spatial Memories. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 2004, 30(1), 142-157. ISSN 1939-1285.

45. MUELLER, T., FAGAN, W. F. Search and navigation in dynamic environments - from individual behaviors to population distributions. *Oikos*. 2008, 117(5), 654-664. ISSN 00301299.

46. MUNTYANU, A. I. Ecological features of an overwintering population of the hillock mouse (Mus hortulanus Nordm.) in the south-west of the U.S.S.R. *Biological Journal of the Linnean Society*. 1990, 41(1-3), 73-82. ISSN 00244066.

47. NATHAN, R., GETZ, W. M., REVILLA, E., HOLYOAK, M., KADMON, R., SALTZ, D., SMOUSE, P. E. A movement ecology paradigm for unifying organismal movement research. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2008, 105(49), 19052-19059. ISSN 0027-8424.

48. NEITZ, J., GEIST, T., JACOBS, G. H. Color vision in the dog. *Visual Neuroscience*. 1989, 3(2), 119-125. ISSN 0952-5238.

49. NIESSNER, C, DENZAU, S., MALKEMPER, E. P., GROSS, J. C., BURDA, H., WINKLHOFER, M., PEICHL, L. Cryptochrome 1 in Retinal Cone Photoreceptors Suggests a Novel Functional Role in Mammals. *Scientific Reports*. 2016, 6(1). ISSN 2045-2322.

50. O'KEEFE, J., DOSTROVSKY, J. The hippocampus as a spatial map. Preliminary evidence from unit activity in the freely-moving rat. *Brain Research*. 1971, 34(1), 171-175. ISSN 00068993.

51. O'KEEFE, J. Place units in the hippocampus of the freely moving rat. *Experimental Neurology*. 1976, 51(1), 78-109. ISSN 00144886.

52. O'KEEFE, J., NADEL, L. *The Hippocampus as a Cognitive Map*. 1. Oxford University Press, 1978. ISBN 0-19-857206-9.

53. PAPI, F. *Animal homing*. 1. London: Springer Netherlands, 1992, 390 s. ISBN 978-94-010-4691-6.

54. PETR, B. *Zákon o myslivosti: komentář*. Praha: Wolters Kluwer, 2015. Komentáře (Wolters Kluwer ČR). ISBN 978-80-7478-781-2.

55. PETTIGREW, J. D. A Role for the Avian Pectén Oculi in Orientation to the Sun? *Animal Migration, Navigation, and Homing*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 1978, 1978, , 42-54. Proceedings in Life Sciences. ISBN 978-3-662-11148-2.

56. PROCHÁZKA, Z. *Chov psů*. 2. a rozš. vyd. Brno: vl. n., 1994. ISBN 80-209-0015-2.

57. REDISH, A. D. Vicarious trial and error. *Nature Reviews Neuroscience*. 2016, 17(3), 147-159. ISSN 1471-003X.

58. RICHARDSON, E. H. *The homing instinct in dogs*. Psyche 2 (new series), 1921, 52-56

59. RULIFSON, R. A. Fish Migration Diadromy in Fishes: Migrations between Freshwater and Marine Environments Robert M. McDowall. *BioScience*. 1989, 39(8), 565-566. ISSN 00063568.

60. SANDBERG, R. Interaction of body condition and magnetic orientation in autumn migrating robins, Erithacus rubecula. *Animal Behaviour*. 1994, 47(3), 679-686. ISSN 00033472.

61. SAUMAN, I., BRISCOE, A. D., ZHU, H., SHI, D., FROY, O., STALLEICKEN, J., YUAN, Q., CASSELMAN, A., REPPERT, S. M. Connecting the Navigational Clock to Sun Compass Input in Monarch Butterfly Brain. *Neuron*. 2005, 46(3), 457-467. ISSN 08966273.

62. SHETTLEWORTH, S. J. *Cognition, Evolution, and Behavior*. 2. New York: Oxford University Press, 2010, 720 s. ISBN 978-0-19-531984-2.

63. SCHMID, B. *Zeitschrift für Hundeforschung 2*. 1932, 133 - 156.

64. SCHMIDT, B., PAPALE, A., REDISH, A. D., MARKUS, E. J. Conflict between place and response navigation strategies: Effects on vicarious trial and error (VTE) behaviors. *Learning & Memory*. 2013, 20(3), 130-138. ISSN 1072-0502.

65. SCHULMAN, L.S. *Techniques and applications of path integration*. Mineola: Dover Publ., 2005. ISBN 04-864-4528-3.

66. SZENCZI, P., KOPCSÓ, D., BÁNSZEGI, O., ALTBÄCKER, V. The contribution of the vegetable material layer to the insulation capacities and water proofing of artificial Mus spicilegus mounds. *Mammalian Biology*. 2012, 77(5), 327-331. ISSN 16165047.

67. TANAKA, T., WATANABE, T., EGUCHI, Y., YOSHIMOTO, T. Color Discrimination in Dogs. *Nihon Chikusan Gakkaiho*. 2000, 71(3), 300-304. ISSN 1346-907X.

68. TANG, W., WANG, S. HPABM: A Hierarchical Parallel Simulation Framework for Spatially-explicit Agent-based Models. *Transactions in GIS*. 2009, 13(3), 315-333. ISSN 13611682.

69. TAUBE, J. S., MULLER, R. U., RANCK, J. B. Head-direction cells recorded from the postsubiculum in freely moving rats. I. Description and quantitative analysis. *The Journal of Neuroscience*. 1990, 10(2), 420-435. ISSN 0270-6474.

70. TAYLOR, D. *Váš pes: Všestranný průvodce pro chovatele psů: Péče o psy, o jejich zdraví a chování*. 2. vyd. Bratislava: Prúdy, 1994. ISBN 80-853-5515-9.

71. TOLMAN, E. C. Prediction of vicarious trial and error by means of the schematic sowbug. *Psychological Review*. 1939, 46(4), 318-336. ISSN 0033-295X.

72. TOLMAN, E. C. Cognitive maps in rats and men. *Psychological Review*. 1948, 55(4), 189-208. ISSN 1939-1471.

73. VALLORTIGARA, G., ANDREW, R. J. Olfactory lateralization in the chick. *Neuropsychologia*. 1994, 32(4), 417-423. ISSN 00283932.

74. WEHNER, R. Desert ant navigation: how miniature brains solve complex tasks. *Journal of Comparative Physiology A: Sensory, Neural, and Behavioral Physiology*. 2003, 189(8), 579-588. ISSN 0340-7594.

75. WILTSCHKO, R., WILTSCHKO, W. Avian navigation: from historical to modern concepts. *Animal Behaviour*. 2003, 65(2), 257-272. ISSN 00033472.

76. WILTSCHKO, W., DAUM, P., FERGENBAUER-KIMMEL, A., WILTSCHKO, R. The Development of the Star Compass in Garden Warblers, Sylvia borin. *Ethology*. 1987, 74(4), 285-292. ISSN 01791613.

77. WOLF, M., FRAIR, J., MERRILL, E., TURCHIN, P. The attraction of the known: the importance of spatial familiarity in habitat selection in wapiti Cervus elaphus. *Ecography*. 2009, 32(3), 401-410. ISSN 09067590.